

**T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**AZ KATLI YAPILARDA YAPI SİSTEMLERİNİN GÜVENLİK VE
MALİYETLERİ AÇISINDAN KARŞILAŞTIRILMASI**

Esmâ İslim ÇARHOĞLU

**Danışman
Prof. Dr. Zeki AY**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ISPARTA - 2019**



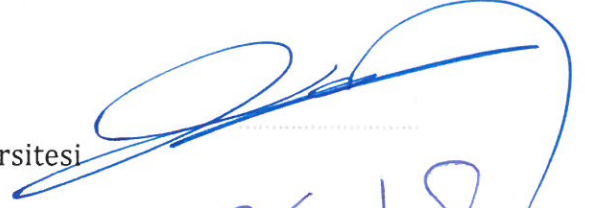
©2019 [Esmâ İslim ÇARHOĞLU]

TEZ ONAYI

Esmâ İslim ÇARHOĞLU tarafından hazırlanan "**Az Katlı Yapılarda Yapı Sistemlerinin Güvenlik ve Maliyetleri Açısından Karşılaştırılması**" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri üyeleri önünde Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak başarı ile savunulmuştur.

Danışman

Prof. Dr. Zeki AY
Süleyman Demirel Üniversitesi



Jüri Üyesi

Doç. Dr. Kemal Tuşat YÜCEL
Süleyman Demirel Üniversitesi



Jüri Üyesi

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet FENKLİ
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi



Enstitü Müdürü

Doç. Dr. Şule Sultan UĞUR

TAAHHÜTNAME

Bu tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

Esmâ İslim ÇARHOĞLU



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER.....	i
TEŞEKKÜR.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xi
1.GİRİŞ.....	1
2.KAYNAK ÖZETLERİ.....	5
3.MATERYAL VE METOT	9
3.1. Kompozit Kolonlar	9
3.1.1.Kompozit kolonlarda taşıma gücü hesabı	11
3.1.1.1.Tek eksenli basınç etkisinde kompozit kolon davranışı	11
3.1.1.2.Eksenel kuvvet ve moment etkisinde taşıma gücü	14
3.2.Kompozit Kirişler.....	23
3.2.1.Kompozit kirişlerin sınıflandırılması	26
3.2.2. Kompozit kirişlerin hesabı.....	27
3.2.2.1. Etkili tabla genişliği hesabı.....	27
3.2.2.2. Pozitif momentler bölgesinde taşıma gücü.....	27
3.2.3. Kompozit kirişlerde kesme kuvveti	33
3.3.Kompozit Döşemeler	34
3.3.1.Kompozit döşemenin pozitif moment taşıma kapasitesi	37
3.4. Çalışmaya Esas Yapı Sistemleri.....	40
3.4.1.Yapıların sismik etkiler altında göstermiş olduğu davranış	49
3.4.1.1. Zaman tanım alanı yöntemi	49
3.4.1.2. Mod birleştirme yöntemi ile analiz	53
3.4.1.3. Yapı sistemlerinin mod birleştirme yöntemi analizlerinde kullanılan davranış spektrumları	59
4.ARAŞTIRMA VE BULGULAR.....	62
4.1.Zaman Tanım Alanı Yöntemi	62
4.1.1.Yer değiştirmelerin incelenmesi	62
4.1.2.Taban kesme kuvveti değerlerinin incelenmesi	70
4.2.Mod Birleştirme Yöntemi Analizi Sonucu Elde Edilen Değerlerin İncelenmesi.....	78
4.2.1.Yer değiştirme ve taban kesme kuvveti değerlerinin İncelenmesi	78
4.3 Yapıların periyodu ile ağırlık arasındaki ilişkinin incelenmesi	91
5. MALİYET HESABI.....	92
6 .SONUÇ VE ÖNERİLER.....	94
KAYNAKLAR	101
ÖZGEÇMİŞ.....	105

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

AZ KATLI YAPILARDA YAPI SİSTEMLERİNİN GÜVENLİK VE MALİYETLERİ AÇISINDAN KARŞILAŞTIRILMASI

Esmâ İslim ÇARHOĞLU

**Süleyman Demirel Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**

Danışman: Prof. Dr. Zeki AY

Ülkemiz deprem kuşağında yer almasından dolayı şu ana kadar birçok deprem meydana gelmiştir. Son yıllarda meydana gelen 17 Ağustos 1999 ve 2011 Van depremlerinde birçok can ve mal kaybı meydana gelmiştir.

Depremlerde meydana gelen zararı azaltmak için depreme dayanıklı yapılar inşa etmek gereklidir. Bu amaçla kullanımı çok olan betonarme yapıları güçlendirerek depreme dayanıklı hale getirmek oldukça önem taşımaktadır.

Bu tez çalışmasında betonarme ve çelik gibi yapılar ele alınarak kompozit elemanlar kullanılarak kompozit yapılar oluşturulmakta ve bu kompozit yapıların deprem etkisindeki davranışları ele alınmaktadır.

Ele alınan yapı türleri; betonarme yapı, çelik yapı, çelik yapı merkezi ters V, çelik yapı merkezi ters V- dış merkez ve yığma yapıdır. Ele alınan bu yapılara farklı güçlendirme şekilleri uygulanmaktadır. Yapılar; kompozit kirişli, kompozit döşemeli, kompozit kolonlu olarak modellenmiştir. Kompozit kolon iki ayrı durumda ele alınmıştır. Birinci durumda betona gömülü ikinci durumda içi beton dolu kompozit kolon olarak tasarlanmıştır. Daha sonra her yapı için güçlendirme şekilleri birlikte ele alınarak yapılar tasarlanmıştır. Tüm yapılar betona gömülü kompozit kolonlu, içi beton dolu kompozit kolonlu, kompozit döşemeli, kompozit kolonlu- kompozit döşemeli olarak tasarlanmıştır.

Yapılan tasarım ETABS sonlu elemanlar programı kullanılarak yapılmıştır. Tasarım AISC 360-10 ve TS 500 yönetmeliklerine uygun olarak yapılmıştır. Analizler sırasında zaman tanım alanı yöntemi ve mod birleştirme yöntemi uygulanmıştır. Deprem analizlerinde TBDY 2018 kullanılmıştır. Mod birleştirme yöntemi kullanılarak gerçekleştirilen analizlerde tüm deprem düzeyleri ve tüm zemin sınıfları göz önüne alınarak analizler gerçekleştirilmiştir. Zaman tanım alanı yöntemi kullanılarak gerçekleştirilen analizlerde 5 farklı özelliğe sahip deprem kullanılmıştır. Analizler sonucunda periyot, yer değiştirme, taban kesme kuvvetleri elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Tez çalışması altı bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde giriş yapılarak kompozit yapılar hakkında genel bilgi, ikinci bölümde; daha önce yapılan çalışmalar hakkında bilgi, üçüncü bölümde; kompozit kolonlar, kompozit kirişler, kompozit döşemeler, tasarlanan yapılar ve deprem analiz yöntemleri hakkında bilgi verilmiştir. Dördüncü bölümde; analiz sonuçlarından elde edilen değerler incelenmiş olup beşinci bölümde maliyet hesabı yapılmıştır. Altıncı bölümde; sonuçlar incelenmiştir.

Anahtar kelimeler: Kompozit kiriş, kompozit döşeme, kompozit kolon, çelik yapı, betonarme yapı, zaman tanım alan yöntemi, mod birleştirme yöntemi.

2019, 105 sayfa



ABSTRACT

M.Sc. Thesis

THE COMPARISON OF SECURITY AND COSTS OF CONSTRUCTION SYSTEMS IN LOW-STOREY BUILDINGS

Esma İslim ÇARHOĞLU

**Süleyman Demirel University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Civil Engineering**

Supervisor: Prof. Dr. Zeki AY

Many earthquakes have occurred since our country located in the earthquake zone. The earthquake of 17 August 1999, 2011 Van earthquake which occurred in recent years, caused the loss of many lives and properties.

It is necessary to construct earthquake resistant structures in order to reduce the damage caused by earthquakes. For this purpose, to strengthen the reinforced concrete structures which are very useable are of great importance. In this thesis, composite structures are formed by dealing with reinforced concrete and steel structures and by using composite elements and the behavior of composite structures under earthquake effect are discussed.

The types of building are reinforced concrete structure, steel structure, steel structure (center V), the steel structure outer center V. Different forms of reinforcement to these structures are applied.

Structures are modeled with composite columns, composite beams and composite deck. The composite column is discussed in two separate cases. In the first case, it is designed as a composite filled column with concrete, in the second case; it is designed as a embedded composite column. Later on, these structures were designed by taking these reinforcement forms. All structures are designed with embedded composite column, filled composite columns and composite decks.

The design is made by using ETABS finite element program. The design was carried out in accordance with the AISC 360-10 and TS 500 standard. TBDY 2018 is used in the earthquake analysis. During the analysis, time history analysis and response spectrum analysis were applied. In the response spectrum analysis, all earthquake levels and all soil classes were analyzed. In the time history analysis, five different earthquake ground motions were used. As a result of the analysis, period displacement and base shear forces were obtained. The results were compared.

The thesis consists of 6 chapters. In the first chapter; information, In the second chapter; previous studies, in the third chapter; the information are given about the composite columns, composite beams, composite deck, earthquake analysis methods. In the fourth chapter; the values of the analysis result; in the fifth chapter; the cost calculation is made and in the sixth chapter; the results are evaluated.

Keywords: Composite beams, composite deck, composite column, steel structure, reinforced concrete structure, time history method, response spectrum method.

2019, 105 pages



TEŞEKKÜR

Tez çalışmam süresince bana destek veren ve düşünceleriyle beni yönlendiren danışmanım Sayın Prof. Dr. Zeki AY Hocama teşekkürlerimi sunarım. Hayatım boyunca her an yanımda olup desteklerini benden esirgemeyen aileme sonsuz teşekkür ederim.

Esma İslim ÇARHOĞLU
ISPARTA, 2019



ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 3.1. Kompozit kolon türleri.....	9
Şekil 3.2. Lokal burkulmayı önlemek açısından kompozit kolon maksimum (d/t), (h/t) ve (b/tf) değerleri.....	11
Şekil 3.3. Basınç etkisindeki kompozit kolonun plastik dayanımı	11
Şekil 3.4. Eurocode 4 ve AISC'ye göre burkulma eğrileri.....	12
Şekil 3.5. Kompozit kolonlar için M-N etkileşim eğrisi.....	14
Şekil 3.6. Etkileşim eğrisindeki noktalar için gerilme dağılımları.....	15
Şekil 3.7. Betona gömülü I profil kesitli kompozit kolonlarda moment ve normal kuvvet.....	15
Şekil 3.8. Basınç ve eğilme etkisindeki kolon için dizayn grafiği	17
Şekil 3.9. Kompozit kolonlarda etkileşim eğrisi	18
Şekil 3.10. Betona gömülü I profil kesitli kompozit kolonlarda moment ve normal kuvvet değerleri (x-x aksı).....	18
Şekil 3.11. Betona gömülü I profil kesitli kompozit kolonlarda moment ve normal kuvvet değerleri (y-y aksı).....	20
Şekil 3.12. Betonla dolu kutu profil kesitli kompozit kolonlarda moment ve normal kuvvet değerleri (x-x veya y-y aksı).....	21
Şekil 3.13. Betonla dolu kutu profil kesitli kompozit kolonlarda moment ve normal kuvvet değerleri.....	22
Şekil 3.14. Karma kirişin aynı taşıma gücüne sahip çelik kirişlerle karşılaştırılması.....	23
Şekil 3.15. Kompozit kirişlerde kullanılan çelik enkesitler	24
Şekil 3.16. Kompozit kirişlerde doğrudan dökülen ve hazır olarak kullanılan betonarme plak durumları	25
Şekil 3.17. Kompozit kiriş türleri.....	25
Şekil 3.18. Kompozit kirişler için dönme-moment şekilleri.....	26
Şekil 3.19. Kompozit kirişler için pozitif eğilme momenti dayanımı.....	27
Şekil 3.20. Kompozit kesitte pozitif momentler durumunda plastik gerilmeler.....	29
Şekil 3.21. Kompozit kesitte düz ve nervürlü kısımlar için beton genişliği	31
Şekil 3.22. Kompozit kirişin negatif moment bölgesinde plastik gerilme dağılımı.....	31
Şekil 3.23. Kompozit kirişte negatif moment için plastik gerilme dağılımı	32
Şekil 3.24. Kompozit döşeme sistemi	34
Şekil 3.25. Kompozit döşemelerdeki ters ağızlı ve trapez profil çelik saclar	35
Şekil 3.26. Kompozit döşeme ile geçilebilecek açıklıklar	36
Şekil 3.27. Kompozit döşeme sacı ve boyutları.....	37
Şekil 3.28. Tarafsız eksenin beton içinde kalması durumunda kompozit döşemenin pozitif moment bölgesi dayanımı.....	38
Şekil 3.29. Tarafsız eksenin çelik sacın içinde kalması durumunda pozitif moment bölgesinde dayanım	38
Şekil 3.30. Çelik sacda oluşan moment-normal kuvvet etkileşimi	39
Şekil 3.31. Manivela kolu ile normal kuvvet arasındaki ilişki	40
Şekil 3.32. Betonarme yapı görünümü	42
Şekil 3.33. Çelik yapı görünümü	43
Şekil 3.34. Çelik yapı merkezi ters V görünümü	44

Şekil 3.35. Çelik yapı merkezi ters V –dışmerkez görünümü	45
Şekil 3.36. Yığma yapı görünümleri.....	46
Şekil 3.37. İçi beton dolu kompozit.....	47
Şekil 3.38. Betona gömülü kompozit.....	47
Şekil 3.39. Kompozit döşeme	47
Şekil 3.40. Türkiye deprem tehlike haritası	49
Şekil 3.41. Analizlerde kullanılan depremlere ait ivme zaman grafikleri.....	52
Şekil 3.42. İvme Spektrumu	56
Şekil 3.43. Yer değiştirme spektrumu	56
Şekil 3.44. Düşey Elastik tasarım spektrumu	57
Şekil 3.45. Deprem düzeyi 1 ve zemin sınıflarına göre davranış spektrumu eğrileri.....	60
Şekil 3.46. Deprem düzeyi 2 ve zemin sınıflarına göre davranış spektrumu eğrileri.....	60
Şekil 3.47. Deprem düzeyi 3 ve zemin sınıflarına göre davranış spektrumu eğrileri.....	61
Şekil 3.48. Deprem düzeyi 4 ve zemin sınıflarına göre davranış spektrumu eğrileri.....	61
Şekil 4.1. Betonarme yapı X yönü yer değiştirme değerleri.....	62
Şekil 4.2. Çelik yapı X yönü yer değiştirme değerleri	62
Şekil 4.3. Çelik yapı merkezi ters V-X yönü yer değiştirme değerleri	63
Şekil 4.4. Çelik yapı merkezi ters V –dışmerkez X yönü yer değiştirme değerleri.....	63
Şekil 4.5. Betonarme yapı Y yönü yer değiştirme değerleri.....	66
Şekil 4.6. Çelik yapı Y yönü yer değiştirme değerleri	66
Şekil 4.7. Çelik yapı merkezi ters V - Y yönü yer değiştirme değerleri	67
Şekil 4.8. Çelik yapı merkezi ters V –dışmerkez Y yönü yer değiştirme değerleri.....	67
Şekil 4.9. Yığma yapının X ve Y yönlerinde elde edilen yer değiştirme değerleri.....	70
Şekil 4.10. Betonarme yapı X yönü taban kesme kuvveti değerleri	70
Şekil 4.11. Çelik yapı X yönü taban kesme kuvveti değerleri	71
Şekil 4.12. Çelik yapı merkezi ters V -X yönü taban kesme kuvveti değerleri	71
Şekil 4.13. Çelik yapı merkezi ters V –dışmerkez X yönü taban kesme kuvveti değerleri	72
Şekil 4.14. Betonarme yapı Y yönü taban kesme kuvveti değerleri.....	74
Şekil 4.15. Çelik yapı Y yönü taban kesme kuvveti değerleri	74
Şekil 4.16. Çelik yapı merkezi ters V -Y yönü taban kesme kuvveti değerleri	75
Şekil 4.17. Çelik yapı merkezi ters V –dışmerkez Y yönü taban kesme kuvveti değerleri	75
Şekil 4.18. Yığma yapı X ve Y yönleri taban kesme kuvveti değerleri.....	77
Şekil 4.19. Betonarme yapıda elde edilen X yönü yer değiştirme değerleri.....	78
Şekil 4.20. Betonarme yapıda elde edilen Y yönü yer değiştirme değerleri.....	79
Şekil 4.21. Betonarme yapıda elde edilen X yönü taban kesme kuvveti değerleri	80
Şekil 4.22. Betonarme yapıda elde edilen Y yönü taban kesme kuvveti değerleri	80
Şekil 4.23. Çelik yapıda elde edilen X yönü yer değiştirme değerleri	81
Şekil 4.24. Çelik yapıda elde edilen Y yönü yer değiştirme değerleri	82

Şekil 4.25. Çelik yapıda elde edilen X yönü taban kesme kuvveti değerleri.....	83
Şekil 4.26. Çelik yapıda elde edilen Y yönü taban kesme kuvveti değerleri.....	83
Şekil 4.27. Çelik yapı merkezi ters V yapıdan elde edilen X yönü yer değiştirme değerleri	84
Şekil 4.28. Çelik yapı merkezi ters V yapıda elde edilen Y yönü yer değiştirme değerleri	85
Şekil 4.29. Çelik yapı merkezi ters V yapıda elde edilen X yönü taban kesme kuvveti değerleri.....	86
Şekil 4.30. Çelik yapı merkezi ters V yapıda elde edilen Y yönü taban kesme kuvveti değerleri.....	86
Şekil 4.31. Çelik yapı merkezi ters V –dışmerkez yapıda elde edilen X yönü yer değiştirme değerleri	87
Şekil 4.32. Çelik yapı merkezi ters V –dışmerkez yapıda elde edilen Y yönü yer değiştirme değerleri	88
Şekil 4.33. Çelik yapı merkezi ters V –dışmerkez yapıda elde edilen X yönü taban kesme kuvveti değerleri.....	89
Şekil 4.34. Çelik yapı merkezi ters V –dışmerkez yapıda elde edilen y yönü taban kesme kuvveti değerleri.....	89
Şekil 4.35. Yığma yapıda elde edilen yer değiştirme değerleri.....	90
Şekil 4.36. Yığma yapıda elde edilen taban kesme kuvveti değerleri.....	91
Şekil 4.37. Yapı ağırlığı ile periyodu arasındaki ilişki.....	91

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 1.1. Güvenlik faktörleri	4
Çizelge 1.2. Beton karakteristik değerleri.....	4
Çizelge 1.3. Çelik karakteristik değerleri.....	4
Çizelge 3.1. Kompozit kirişler için kesme alanları	33
Çizelge 3.2. Farklı tip yapıların güçlendirilme şekilleri	40
Çizelge 3.3. Yığma yapının malzeme özelliği.....	48
Çizelge 3.4. Betonarme ve çelik yapılarda kullanılan malzemeler	48
Çizelge 3.5. Analizlerde kullanılan depremlerin özellikleri	52
Çizelge 3.6. Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayıları	54
Çizelge 3.7. 1 sn periyot için yerel zemin etki katsayıları.....	55
Çizelge 3.8. Zemin sınıfları	58
Çizelge 3.9. Spektrum eğrileri oluşturulmasında kullanılan değerler	59
Çizelge 5.1. Yapıların maliyetleri	92

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

A_a	Çelik kesit alanı
A_c	Beton kesit alanı
A_p	Sacın kesit alanı
A_r	Betonarme donatısı alanı
A_s	Donatı kesit alanı
A_v	Kesme alanı
c	Donatı üstünde kalan beton yüksekliği
d_1	Donatı ağırlık merkezinin profil üst başlığına uzaklığı
d_2	Profil çekme kuvveti ağırlık merkezinin profil üst başlığına uzaklığı
d_3	Profil ağırlık merkezinin profil üst başlığına uzaklığı.
E_{cm}	Elastisite modülü
e_p	Levhadaki plastik tarafsız eksen yüksekliği
$(EI)_e$	Kompozit kesitin efektif eğilme rijitiliği
f_{ck}	28 günlük karakteristik silindir dayanımı
f_{ctm}	Ortalama çekme dayanımı
F_{sr}	Genleşme donatısının çekme kuvveti
f_{sk}	Betonarme çeliğin akma dayanımı
f_y	Çelik kesitin kesme dayanımı
f_{yk}	Çelik kesit akma dayanımı
f_{ys}	Betonarme donatısına ait akma gerilmesi
I_c	Çatlamamış kolon kesitinin merkezine göre beton alanının atalet momenti
M_n	Anma momenti
$M_{pl,cs}$	Plastik tasarım eğilme dayanımı
$M_{pl,Rd}$	Tasarım momenti
$M_{pl,s}$	Çelik kesitin plastik momenti
$N_{\alpha,pl}$	Çelik kesit basınç kuvveti
N_{cf}	Beton tasarım basınç kuvveti
N_{cr}	Kritik taşıma kapasitesi
$N_{pl,c}$	Beton basınç kuvveti
$N_{pl,pa}$	Çelik sacın eğilme kuvveti
$N_{pl,Rd}$	Kolon eksenel kuvvet dayanımı
N_{sd}	Kompozit kolona gelen maksimum eksenel basınç kuvveti
γ_a	Çelik kesitin güvenlik faktörü
γ_s	Betonarme çeliğin güvenlik faktörü
γ_c	Betonun güvenlik faktörü
γ_m	malzeme güvenlik
δ	Çelik katkı oranı
Z_s	Çelik kesitin plastik mukavemet momenti
X_d	Dizayn narinlik faktörü

1.GİRİŞ

Kompozit yapılar beton, çelik, ahşap gibi malzemelerden oluşan taşıyıcı sistemlerin kayma bağlantıları ile birlikte çalışmasıyla oluşturulan yapı sistemleridir.

Yapılar genellikle betonarme olarak inşa edilmektedir. Betonarme yapılar çok katlı olarak inşa edilmesi durumunda kat yüksekliği artıkça deprem yükü artacağından dolayı inşaatları çok güvenilir olmayabilir. Çelik yapıların deprem sırasında göstereceği davranış betonarme yapılara göre oldukça güvenilirdir. Çelik yapıların yüksek sıcaklık durumunda mukavemeti düşecektir. Bununla birlikte çelik elemanların paslanma dayanımında düşüktür (Emre, 2010).

Kompozit elemanlar çelik ve betonun birlikte kullanılmasıyla oluşmakta olup betonarme ve çelik elemanların üstün özellikleri birlikte kullanılabilir. Kompozit yapı daha büyük rijitliğe sahip olup küçük kesitli elemanlarla daha güvenilir ve ekonomik yapılar oluşturulabilmektedir (Emre , 2010).

Kompozit elemanlarla ilgili ilk çalışmalar Kuzey Amerika'da yapılmıştır. 1894'de inşa edilen bir köprüde ve Pittsburg'da inşa edilen bir yapıda kompozit kirişler kullanılmıştır. 1922'de Kanada'da Dominion Köprüsünde kompozit kirişlerle ilgili olarak testler yapılmıştır. 1957'de Amerika Devlet Yolları Kurumu (AASHTO)'da kompozit kirişlerin hesabına yer vermiştir. Kompozit kolonlarla ilgili ilk laboratuvar testleri 1908 yılında Kolombiya üniversitesinde gerçekleştirilmiştir (Nethercot, 2004; Emre, 2010).

Japonya'da 1910 yılında beton ile kaplama sayesinde yangın ve deprem güvenliği sağlanmıştır. Çelik elemanların betonla güçlendirilmesinin kullanımı çok katlı yapılarda giderek artmıştır. 1929 yılında Japonya'da kompozit kiriş ve kolonlarla ilgili testler yapılmaya başlanmış fakat şartnameler çok geç oluşturulmuştur. İlk şartname 1958'de Japonya Mimari Enstitüsü (AIJ) tarafından oluşturulmuştur (Nethercot, 2004; Emre, 2010).

Avrupa'da 1957 'de Alman araştırmacı Godfrey tarafından Kompozit Yapıda Kirişlerin Dizaynı İçin Geçici Yönetmelikler' yayınlanmıştır. şuan Avrupa'da elik ve beton kompozit kolonların dizaynında Eurocode 4 (EC4) kullanılmaktadır (Nethercot, 2004; Emre, 2010).

elik sac ilk kez 1920'de beton bir döşemede kalıcı kalıp olarak kullanılmıştır. 1926'da Loucks ve Gillet elik sac sistem patentini almıştır. 1950 yılında elik sac betonda donatı olarak kullanılmıştır. 1954'de Friberg tarafından bu sistem, geleneksel donatılı beton gibi analiz edilerek deneysel testler yapılmıştır. 1961'de Inland-Ryerson şirketi tarafından ikizkenar yamuk şeklinde profil üzerinde çentikler yer alan elik sac üretilerek betonla elik arasında yatay kaymanın iletilmesi sağlanmıştır (Nethercot, 2004; Emre, 2010).

1967'de Amerika Demir ve elik Enstitüsü, Iowa State Üniversitesi'nde kompozit döşemelerin dizaynı ile ilgili olarak araştırmalar yapmaya başlamıştır. Bu araştırmaların sonucu; 1976'da ASCE, 1985 ve diğer ulusal standartların temelini oluşturmuştur. (CEN, 2001; Emre, 2010).

Amerika, İngiltere, Japonya, Avustralya ve Almanya'da 1980'lerden itibaren kompozit yapı kullanımı; yüksek yapılarda ve endüstri yapılarında artmıştır. Kompozit yapı sistemlerinin ağırlığı betonarme yapılara göre daha az olması nedeniyle deprem gibi kuvvetlerin etkisiyle uygun yapı sünekliği oluşmakta olup yapının sismik yükler etkisindeki performansı artmaktadır (Emre S., 2010).

Betonun basınç dayanımı yüksek çekme dayanımı düşüktür. Çeliğin ekme ve basınç dayanımları hemen hemen aynıdır. Kompozit yapılarda; betonun yüksek basınç dayanımı ve çeliğin yüksek çekme dayanımı etkili olmasından dolayı yüksek basınç ve çekme dayanımına sahip bir sistem elde edilmektedir (Köroğlu, 2007).

Kompozit yapıda kullanılan elemanların tümü kompozit olarak inşa edilmeyebilir. elik ve betonarme bir yapının sadece döşemesi kompozit olarak inşa edilebilir. Ayrıca kolonlar kompozit olarak tasarlanabilir. Kompozit

elemanlar; kompozit kiriş, kompozit kolon ve kompozit döşeme olarak tasarlanmaktadır (Emre, 2010).

Çelik ve kompozit elemanlar yeterli düktiliteye sahip olmaları nedeniyle bir başka deyişle elastik sınır gerilmelerine eşit olan sabit gerilmeler altında büyük gerilmeler yapabilmektedirler. Bu nedenle hesaplarda plastik davranışa dayanmakta olan taşıma gücü hesap ilkeleri kullanılabilmektedir. Malzemenin düktil olması elastik bölge aşıldığı durumda yüklerin artması durumunda, sistemdeki plastikleşmiş elemanlar şekil değiştirmektedir. Bu şekil değiştirmeler sistemin elastik kalan kısımları içinde bulunmakta olduğundan dolayı sınırlı olmakta ek yükler elastik kısımlar tarafından alınmaktadır. Bu durum plastikleşmiş kesit üzerinde $M_{pl,Rd}$ momentine eşit bir momentin etkili olduğunu bir mafsal gibi hareket ettiğini göstermektedir. Yüklerdeki artış bir mekanizma oluşturarak yeterli plastikleşme meydana gelmekte ve sistem ek yük taşımadığı durumda sistem taşıma gücüne ulaşmaktadır (Avcı, 2001).

Kompozit yapıların tasarımında taşıma sınır durum ve kullanım sınır durum olmak üzere iki yöntem kullanılmaktadır. Taşıma sınır durum elemanların plastik kapasitelerinin hesabında, kullanım sınır durum ise elemanların deformasyonu, betonda oluşan çatlama gibi elastik hesaplarda kullanılmaktadır (Kuzu, 2009).

Malzeme dayanımları elde edilirken karakteristik değerler güvenlik faktörlerine bölünmektedir. Çizelge 1.1’de güvenlik faktörleri, Çizelge 1.2 ve Çizelge 1.3’de yapısal çelik ve beton için karakteristik değerler verilmektedir. Burada; γ_m : malzeme güvenlik faktörüdür.

Çizelge 1.1. Güvenlik faktörleri (Kuzu, 2009)

Malzeme	Yapısal Çelik	Betonarme Çeliği	Çelik Saç	Beton	Kesme Birleşimi
Karakteristik Değerler	f_y	f_{sk}	f_{yp}	f_{ck} veya f_{cu}	P_{Rk}
γ_M için sembol	γ_a	γ_s	γ_{ap}	γ_c	γ_v
Taşıma sınır durumu	1.1	1.15	1.10	1.5	1.25
Kullanım sınır durumu	1.0	1.0	1.0	1.0 veya 1.3	1.0

Çizelge 1.2. Beton karakteristik değerleri

	Beton Sınıfı						
	C20/25	C25/30	C30/37	C35/45	C40/50	C45/55	C50/60
f_{ck} (N/mm ²)	20	25	30	35	40	45	50
f_{ct} (N/mm ²)	2.2	2.6	2.9	3.2	3.5	3.8	4.1
E_c (N/mm ²)	29	30.5	32	33.5	35	36	37

f_{ck} : 28 günlük karakteristik silindir dayanımı

f_{ctm} : Ortalama çekme dayanımı

E_{cm} : Elastisite modülü

Çizelge 1.3. Çelik karakteristik değerleri (Kuzu, 2009)

Çelik Sınıfı	Akma Dayanımı (N/mm ²)					
	Kalınlık t (mm)					
	t≤16	16<t≤40	40<t≤63	63<t≤80	80<t≤100	100<t≤150
S235 (ST 37)	235	225	215	215	215	195
S275 (ST 44)	275	265	255	245	235	225
S355 (ST 52)	355	345	335	325	315	295

2.KAYNAK ÖZETLERİ

Avcı (2001) , çalışmasında 9 katlı bir yapıyı ele alarak zeminin sert kum ve çakıl olması ve yapının birinci derece deprem bölgesinde yer alması durumları için incelemeler yapmıştır. Çelik yapı ve kompozit yapının gözönüne alındığı çalışmada kolon, kiriş ve diyagonallerin metrajları belirtilmiştir. İki yapı da maliyetler açısından karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmalar sonucunda kompozit yapının çelik yapıya göre daha ekonomik olduğu görülmüştür.

Damar (2006), çalışmasında kompozit kiriş, kompozit döşeme ve kompozit kolon tasarımı ile ilgili bilgiler vermiştir. Bununla birlikte, kompozit kolonlarla ilgili olarak sayısal örneklere yer vermiştir.

Taşkıran (2012), kompozit yapıların tasarımını Eurocode 4 ve AISC'e göre açıklamıştır. Çalışmada; Kompozit kolonlu ve kompozit kirişli yapı, çelik kirişli ve kompozit kolonlu yapı, kompozit kirişli ve çelik kolonlu yapı olmak üzere üç yapı tipi incelenmiştir. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007 gözönüne alınarak eşdeğer deprem yükü ve mod birleştirme yöntemi kullanılmıştır. Yapıların doğrusal olmayan statik itme analizi uygulanarak deprem performansları belirlenmiştir. Çelik kiriş kompozit kolonlu yapıda ağırlığın en fazla, kompozit kiriş ve çelik kolonlu yapıda ağırlığın en az olduğunu yer değiştirmenin en fazla olduğunu belirlemiştir. Bununla birlikte performans analizi ile ilgili sonuçlar incelenmiştir.

Kuzu (2009), çalışmasında kompozit bir yapı elemanının tasarımını yaparak, betonarme yapıların kapasitelerinin belirlenmesi ve güçlendirilmesini çelik elemanlar kullanarak gerçekleştirmiştir. Betonarme yapının kesitlerinde değişim yapmadan çelikte güçlendirilmesi sonucu yapının dayanımının arttığı görülmüştür. Yapının deprem performansının belirlenmesi açısından doğrusal olmayan artımsal itme analizi yapılmıştır. Betonarme yapının ve çelik diyagonaller uygulanan betonarme yapının analizleri yapılp kapasite eğrileri belirlenmiştir. Bununla birlikte güçlendirilmiş durum ve güçlendirilmemiş

durum için yerdeğiştirme ve görelı kat ötelenme değlerlerı de belırlenerek karşılaştırmalar yapılmıştır.

Yılmaz (2015), çalışmasında kompozit yapıların tasarım ve hesap kurallarını Eurocode 4 (Design of composite steel and concrete structures) ve AISC (American Institute of Steel Construction)'e göre açıklamıştır. Öncelikle kompozit bir kolonun tasarımını AISC ve Eurocode 4'e göre gerekleştirmışlerdir. Bununla birlikte, elik bir yapıyı ele alarak ETABS programı ile modellemış ve analizlerı yapmışlardır. elik yapıyı kompozit kolonlu olarak da tasarlayarak AISC yönetmeliğine göre analizlerı gerçekleştirerek kompozit kolonlu ve elik kolonlu yapıları karşılaştırmışlardır. Bu yapıları yer değıştırmeler, eleman kesitlerı ve maliyet açısından karşılaştırmışlardır.

Günbay (2005), Kompozit kirişlerin hesabını AISC, AASHTO, DIN 1078 Yönetmeliklerine uygun olarak incelemış ve karşılaştırmıştır. Bununla birlikte elik döşeme-kiriş sisteminin, betonarme döşeme-elik kiriş sisteminin, betonarme döşeme-elik kiriş kompozit sisteminin (AISC, AASTHO yönetmeliklerine göre) hesabı yapılmıştır.

Emre (2010), Kompozit yapıların tasarımını açıklamıştır. Betonarme ve kompozit kolonlu yapılar tasarlayarak bu yapıların deprem etkisindeki davranışını incelemıştır. Yapılar ETABS programı ile modellenerek AISC yönetmeliğine göre tasarlanmıştır. Analizler sonucunda yapılarda meydana gelen yer değıştırme değlerlerini karşılaştırmışlardır.

şenoğlu (2016), 47 katlı kompozit bir yapının tasarımını yaparak zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yöntemini kullanmıştır. Çalışma ETABS programı ile gerekleştirilmıştır. Yapının düşey yükler etkisindeki tasarımı için AISC 360-10 yönetmeliği, yük ve tasarım katsayıları tasarımı için LRFD yöntemi kullanılmıştır.

Erinç (2009), Kırkbeş katlı bir yapının döşeme sistemi kompozit döşeme olarak, döşemenin üzerine oturduğu tali kirişler kompozit kiriş olarak tasarlanmıştır. Yapı Etabs programı ile modellenerek rüzgar, kar ve deprem yükü hesabı yapılmıştır. Deprem analizlerinde mod birleştirme yöntemi kullanılmıştır.

Uzun (2018), 19m yüksekliğinde 6 katlı ofis yapısını moment aktaran çerçeve sistem olarak tasarlamıştır. Bu yapının kolonları beton dolgulu çelik boru profilden oluşan kompozit kolonlardır. Kullanılan kompozit kolonlar üç farklı boyutta ele alınmıştır. Deprem hesaplarında DBYBHY 2007 ve TBDY 2018 kullanılmıştır. Bununla birlikte yapıya etkiyen kar ve rüzgar yükleri de belirlenmiştir. ETABS programı kullanılarak gerçekleştirilen analizlerde kapasite spektrum yöntemi ve katsayı spektrum yöntemleri kullanılmıştır. Analiz sonuçlarına göre; plastik mafsalların sadece kiriş elemanlarda oluştuğu, kolon elemanlarda oluşmadığı ve performans düzeyi olarak belirlenmiş olan kontrollü hasar performans düzeyine ulaşıldığı belirlenmiştir.

Dong Keon Kim A., (2005), yapmış olduğu çalışmada; kompozit kolonlarla ilgili yapılan testler ele alınmış AISC 2005 yönetmeliğine göre incelenmiştir. Betonla dolu dikdörtgen ve dairesel kompozit kolonlar ve betona gömülü kolonlar ele alınmıştır. Örneklerin herbirinin malzeme ve geometrik özellikleri verilmiştir.

Weng C.C., (2000), çalışmasında beton dolu kompozit kolonların tasarımı için ACI-318 ve AISC-LRFD standartlarını kullanmışlardır. Önceki araştırmacılar tarafından alınan deney sonuçlarını alarak ACI-318 ve AISC-LRFD yönetmelikleri ile karşılaştırmışlardır.

Jirage, D.M., (2015), çok katlı betonarme yapıyı ve kompozit yapıyı ETABS programı ile tasarlamış mod birleştirme yöntemi ile analizleri gerçekleştirmişlerdir. Analizler sonucunda elde edilen taban kesme kuvveti, eksenel kuvvet, periyot ve yer değiştirme değerlerini karşılaştırmışlardır. Taban kesme kuvveti ve eksenel kuvvet yapı ağırlığının fazla olduğu betonarme yapıda kompozit yapıya göre daha büyük elde edilirken periyot ve yer değiştirme değeri kompozit yapıda daha fazla elde edilmiştir.

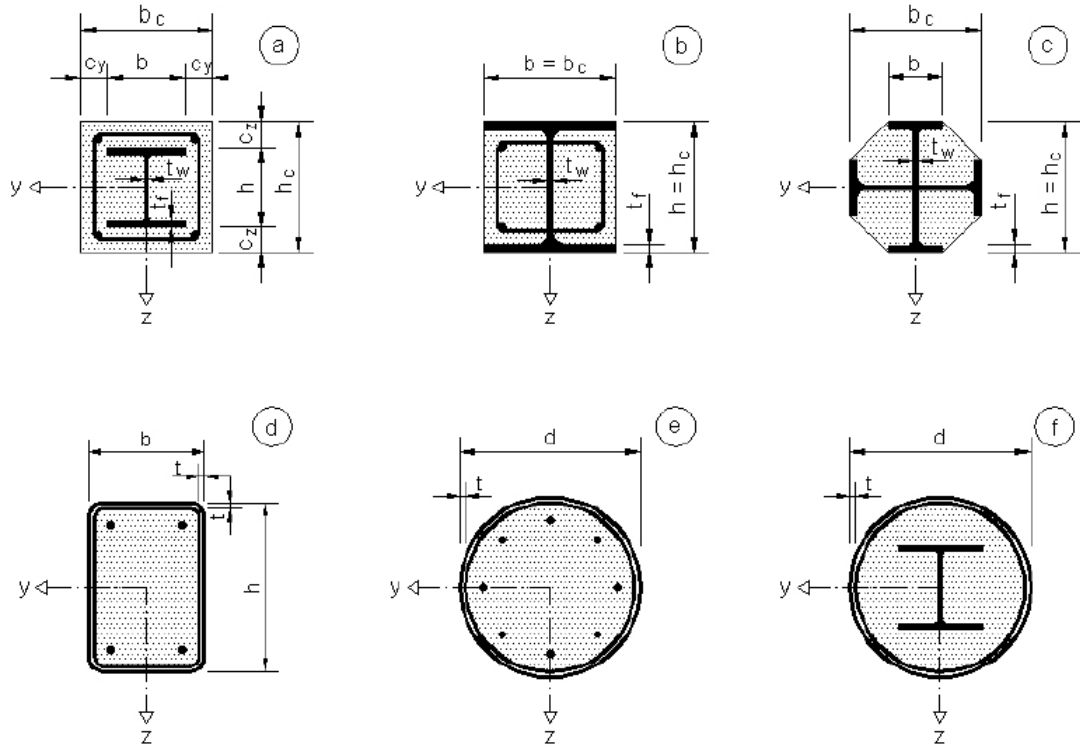
Taylor vd. (2017), çalışmalarında, beton kaplı çelik kutu profilden oluşan kompozit kolonlu yapının performansını statik ve dinamik analizler yaparak incelemişlerdir. Aynı zamanda maliyet analizinde yapmışlardır. Mevcut bir çelik yapı ele alarak yapının kolonlarını kompozit olarak tasarlamışlardır. Kompozit kolon tasarımını kare ve dairesel kolon olarak gözönünde bulundurmuşlardır. Kompozit sistemin performans analizleri sonucunda kompozit sistemin çelik sisteme göre daha uygun sonuçlar verdiğini göstermişlerdir (Taylor ve diğ 2017).

Jianguo (2006), 10 katlı içi beton kaplı çelik profilden oluşan kompozit kolonlu ve çelik kirişlerden oluşan moment aktaran çerçeve sistemlerin statik itme analizini gerçekleştirmişlerdir. Analiz sonuçlarına göre süneklik ve dayanım açısından kompozit yapının betonarme yapıya göre daha uygun olduğunu belirlemişlerdir.

3.MATERYAL VE METOT

3.1. Kompozit Kolonlar

Kompozit kolonlar beton, çelik ve donatı elemanlarından meydana gelmekte olup çelik ve betonarme kolonlu sistemlere göre daha avantajlıdır. Kompozit kolon türleri Şekil 3.1’de mevcuttur.



Şekil 3.1. Kompozit kolon türleri (Eurocode 4)

Kompozit kolon türleri;

1. Tamamen betona gömülü kesitler
2. Kısmen betona gömülü kesitler
3. Betonla doldurulmuş kesitler olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır.

Şekil 3.1.a’da tamamen betona gömülü kesit, Şekil 3.1.b ve Şekil 3.1.c kısmen betona gömülü kesitler olup çelik profilin başlık kısmı betona gömülü olmayıp gövde kısmı betona gömülüdür. Şekil (3.1 d, e)’ de beton içi boş çelik kesite yerleştirilmektedir.

Tamamen veya kısmen betona gömülü kesitler yangına karşı dayanıklıdır. Betonla doldurulmuş çelik sistemlerde çelik profiller kalıp durumundadır (Cosenza ve Zaudonini, 1999; Yılmaz, 2015). Betonla dolu çelik elemanlar köprü ayaklarında, depolama tanklarına destek olan kolonlarda, demiryolu döşemelerinde, yüksek yapı kolonlarında ve kazıklarda kullanılmaktadır. Bu kolon türlerinde yangına karşı korumayı sağlamak amacıyla ek yangın yalıtımı gereklidir (Shanmugam ve Lakshmi, 2001; Emre, 2010).

Detaylandırma Kuralları;

Eurocode 4'e göre kompozit kolonlu sistemlerde kullanılan çelik sınıfı S235 ($f_y=235 \text{ N/mm}^2$) ve S460 ($f_y=460 \text{ N/mm}^2$), beton sınıfı C20-C50'dir.

Eurocode 4'e göre, tamamen betona gömülü kesitlerde h_c/b_c oranı denklemdeki koşulu sağlamalıdır. Boyuna donatı miktarı beton alanının % 6'sını geçmemelidir (Emre, 2010).

$$0.2 \leq h_c/b_c \leq 5.0$$

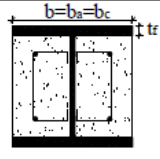
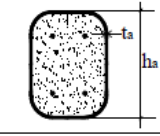
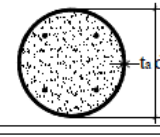
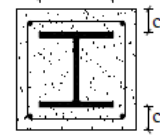
Lokal burkulmanın etkili olmaması için (d/t) , (h/t) ve (b/t_f) değerleri Şekil 3.2'de görülmektedir. Yangın durumunda çelik profili korumak amacıyla betona gömülü kolonlarda minimum beton paspayı değeri çelik profilleri için 40mm, donatı çeliği için 20mm olması gereklidir (Taşkiran 2012).

Çelik katkı oranı δ ;

$$0.2 < \delta < 0.9$$

$\delta < 0.2$ olması durumunda kompozit kolon betonarme kolon gibi, $\delta > 0.9$ olması durumunda çelik kolon gibi davranmaktadır.

$$\delta = \frac{A_a \frac{\alpha_{af_yk}}{\gamma_a}}{N_{pl,Rd}} \quad (3.1)$$

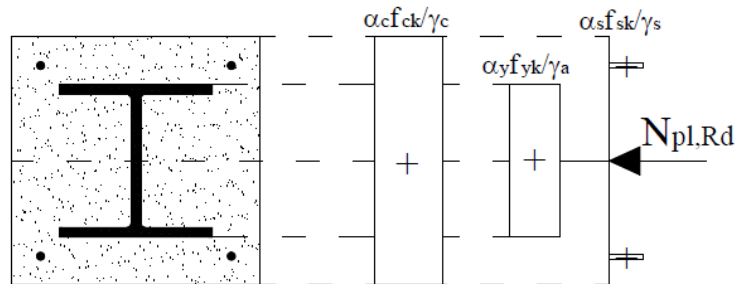
Kompozit Kolon Türleri	Limit Değerleri	St37	St44	St52
	$b / t_f \leq$	44	41	36
	$h_a / t_a \leq$	52	48	42
	$d_a / t_a \leq$	90	77	60
	$c_z \geq \text{maksimum (40mm ; } b_a/6 \text{)}$ $c_z \leq 0,3h_a$			

Şekil 3.2. Lokal burkulmayı önlemek açısından kompozit kolon maksimum (d/t), (h/t) ve (b/t_f) değerleri (Eurocode 4; Taşkıran, 2012)

3.1.1. Kompozit kolonlarda taşıma gücü hesabı

3.1.1.1. Tek eksenli basınç etkisinde kompozit kolon davranışı

Kompozit kolonun eksenel kuvvet taşıma gücü, çelik, beton ve donatının eksenel taşıma güçlerinin toplamından oluşmaktadır. Şekil 3.3' de basınç etkisindeki kompozit kolonun plastik dayanımı mevcuttur.



Şekil 3.3. Basınç etkisindeki kompozit kolonun plastik dayanımı (Taşkıran, 2012)

Eurocode 4'e göre;

$$N_{pl,Rd} = A_a \frac{\alpha_{af_{yk}}}{\gamma_a} + A_c \frac{\alpha_{cf_{ck}}}{\gamma_c} + A_s \frac{\alpha_{sf_{sk}}}{\gamma_s} \quad (3.2)$$

Betona gömülü kesitlerde α_c ; 0.85, beton ile doldurulan kesitlerde 1,0 olarak alınmaktadır.

A_a : Çelik kesit alanı

A_c : Beton kesit alanı

A_s : Donatı kesit alanı

f_{yk} : Çelik kesit akma dayanımı

f_{ck} : Betonarme karakteristik basınç dayanımı

f_{sk} : Betonarme çeliğin akma dayanımı

γ_a : Çelik kesitin güvenlik faktörü

γ_s : Betonarme çeliğin güvenlik faktörü

γ_c : Betonun güvenlik faktörü

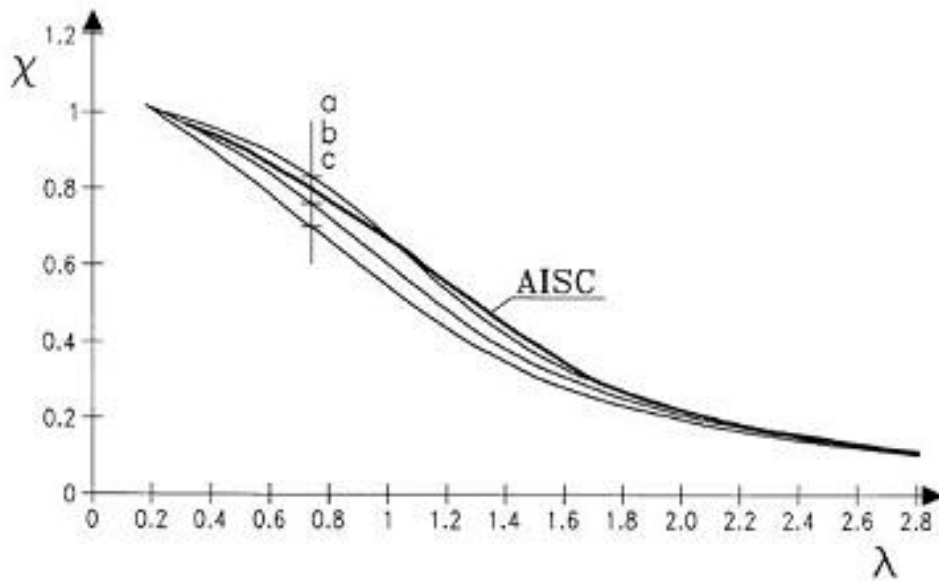
Dizayn Narinlik faktörü;

$$X_d = \frac{N_{sd}}{N_{pl,Rd}} \quad (3.3)$$

N_{sd} : Kompozit kolona gelen maksimum eksenel basınç kuvveti

$N_{pl,Rd}$: Kolon eksenel kuvvet dayanımı

X_d : Dizayn narinlik faktörüdür. X_d faktörü AISC ve Eurocode 4'e göre incelenmektedir.



Şekil 3.4. Eurocode 4 ve AISC'ye göre burkulma eğrileri (Kuzu, 2009)

Şekil 3.4' de Eurocode 4 ve AISC'ye göre burkulma eğrileri bulunmaktadır. Eurocode 4 'de üç AISC'de tek eğri mevcuttur. Betonla doldurulmuş kolonlar a eğrisi, betona gömülü kesitler b ve c eğrileri ile gösterilmiştir α değeri a eğrisi için 0.21, b eğrisi için 0.34 ve c eğrisi için 0.49 alınmaktadır (Cosenza ve Zandonini, 1999).

X faktörünün narinlik katsayısına bağlı olarak değişimi denklem (3.4) de görülmektedir

$$X = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda^2}} \quad (3.4)$$

$$\phi = 0.5 [1 + \alpha(\lambda - 0.2) + \lambda^2] \quad (3.5)$$

AISC'e göre; narinlik ile X arasında Cosenza ve Zandonini,1999; (Kuzu,2004).

$$\lambda \leq 1.5 \quad X = (0.658\lambda^2) \quad (3.6)$$

$$\lambda > 1.5 \quad X = \left(\frac{0.877}{\lambda^2}\right) \quad (3.7)$$

Eurocode 4'e göre; narinlik katsayısı:

$$\lambda = \sqrt{\frac{N_{Pl}}{N_{cr}}} \quad (3.8)$$

N_{cr} : Kritik taşıma kapasitesi:

$$N_{cr} = \pi^2 \frac{(EI)_e}{l^2} \quad (3.9)$$

Kompozit kesitin efektif eğilme rijitliği:

$$(EI)_e = E_a I_a + 0.8 E_{cd} I_c + E_s I_s \quad (3.10)$$

$$E_{cd} = \frac{E_{cm}}{\gamma_c} \quad (3.11)$$

γ_c : 1.35 alınmaktadır.

I_c : Çatlamamış kolon kesitinin merkezine göre beton alanının atalet momentidir.

$N_{pl,Rd}$ hesabında $\gamma_m = 1$ alınarak hesaplanmaktadır.

$$N_A = N_{pl,R} = A_a f_y + A_c (0.85 f_{ck}) + A_s f_{sk} \quad (3.12)$$

$$A_c = b_c h_c - A_a - A_s \quad (3.13)$$

AISC'e göre hesap:

Betona gömülü kompozit kolonlarda beton basınç dayanımı:

$$N_{pl,Rd} = 0.85 (A_a f_{yd} + c_1 A_s f_{sd} + c_2 A_c f_{cd}) \quad (3.14)$$

Beton kaplı kompozit kolonlarda; c_1 :0.70, c_2 :0.85

Betonla doldurulmuş kompozit kolonlarda; c_1 :1.00, c_2 :0.85 olarak alınmaktadır.

N_{cr} : Kritik taşıma kapasitesi:

$$N_{cr} = \pi^2 \frac{(EI)_e}{(kl)^2} \quad (3.15)$$

Kompozit kesitin efektif eğilme rijitiliği:

$$(EI)_e = E_s I_s + 0.5 E_{sr} I_{sr} + c_1 E_c I_c \quad (3.16)$$

$$c_1 = 0.1 + 2 \left(\frac{A_s}{A_c + A_s} \right) \leq 0.3 \quad (3.17)$$

Kolonun burkulma sınır durumunda narinlik:

$$N_{cr} \geq 0.44 N_{pl,Rd} \quad (3.18)$$

$$\lambda = N_{pl,Rd} \left[0.658^{\left(\frac{N_{pl,Rd}}{N_{cr}} \right)} \right] \quad (3.19)$$

$$N_{cr} < 0.44 N_{pl,Rd} \lambda = 0.877 N_{pl,Rd} \quad (3.20)$$

ise;

Betonla doldurulmuş kolonlarda tasarım basınç dayanımı:

$$N_{PL,Rd} = A_s F_y + A_{sr} F_{yr} + c_2 A_c f'_c \quad (3.21)$$

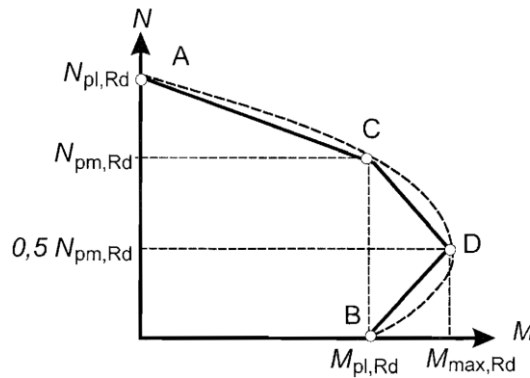
c katsayıları; Dikdörtgen kolonlarda; $c_2=0.85$, Dairesel kolonlarda; $c_2=0.95$ olarak alınmaktadır.

$$(EI)_e = E_s I_s + E_s I_{sr} + c_3 E_c I_c \quad (3.22)$$

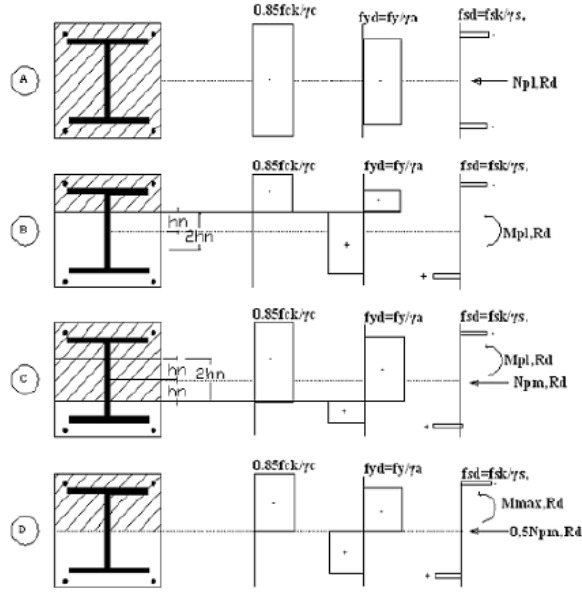
$$c_3 = 0.6 + 2 \left(\frac{A_s}{A_c + A_s} \right) \leq 0.9 \text{ (Yılmaz, 2015)}. \quad (3.23)$$

3.1.1.2. Eksenel kuvvet ve moment etkisinde taşıma gücü

Eurocode 4'e göre; Kompozit kolonların moment ve normal kuvvet etkisindeki davranışı için M-N etkileşim eğrisi kullanılmaktadır. Bu eğri Şekil 3.5'de verilmiştir.



Şekil 3.5. Kompozit kolonlar için M-N etkileşim eğrisi (Eurocode 4)



Şekil 3.6. Etkileşim eğrisindeki noktalar için gerilme dağılımları (Kuzu, 2009; Eurocode 4)

Şekil 3. 6' da etkileşim eğrisindeki noktalar için gerilme dağılımları mevcuttur. (Eurocode 4, 2004; Kuzu 2009). Şekil 3.7 'de betona gömülü I profil kesitli kompozit kolonlarda moment ve normal kuvvet diyagramları ve kullanılan denklemler mevcuttur (Eurocode 4, 2004; Kuzu, 2009; Yılmaz 2015; Dong Keon Kim, 2005).

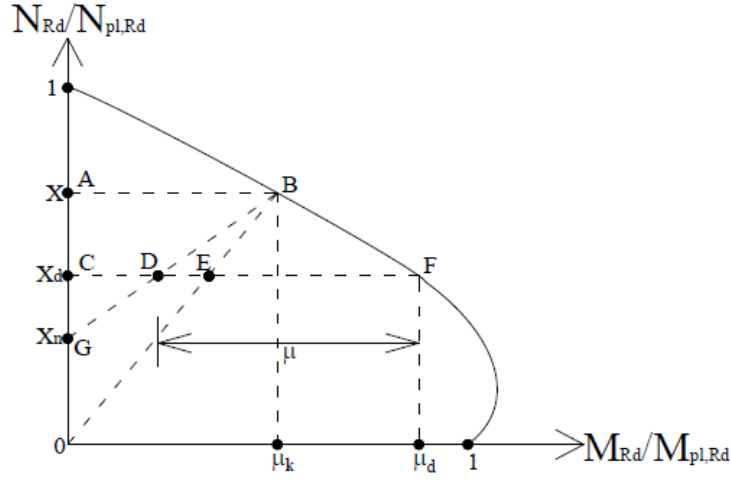
BETONA GÖMÜLÜ I PROFİL KESİTLİ KOMPOZİT KOLONLARDA MOMENT VE NORMAL KUVVET DEĞERLERİ		
Kesit	Gerilme Dağılımı	
		$N_A = N_{pl,Rd} = A_c f_{cd} + A_s f_{yd} + A_r f_{rd}$ $f_{cd} = 0.85 \frac{f'_c}{\gamma_c} f_{yd} = \frac{F_y}{\gamma_s} f_{rd} = \frac{F_{yr}}{\gamma_r}$ $M_A = 0$ A_a: Çelik kesit alanı A_c: Beton kesit alanı A_s: Donatı kesit alanı $A_c = h_1 h_2 - A_s - A_r$ $\gamma_c, \gamma_s, \gamma_r$: Betonun, çeliğin ve donatının güvenlik faktörü

Şekil 3.7. Betona gömülü I profil kesitli kompozit kolonlarda moment ve normal kuvvet

	$N=0$ $M=M_{pl,Rd}$
B noktası	
	$N_{pm,Rd} = A_c f_{cd}$ (Betonla doldurulmuş kesitlerde) $N_{pm,Rd} = 0.85 A_c f_{cd}$ (Betona gömülü kesitlerde) $M_{pl,Rd} = M_{Max,Rd} - Z_{sn} f_{yd} - Z_{cn} \frac{f_{cd}}{2}$ $Z_{sn} = t_w h_n^2$ $Z_{cn} = (b_c - t_w) h_n^2$ $h_n = \frac{A_c f_{cd}}{2 b_c f_{cd} + 2 t_w (2 f_{yd} - f_{cd})}$
C noktası	
	$N_{pm,Rd} = A_c f_{cd} / 2$ $M = M_{max} = Z_s f_{yd} + \frac{1}{2} Z_c f_{cd} + Z_r f_{rd}$ Z_s : Çelik kesitin plastik mukavemet momenti Z_{sr} : Betonarme çeliğinin plastik mukavemet momenti Z_c : Betonun plastik mukavemet momenti $Z_s = \frac{(h - 2t_f) t_w^2}{4} + b t_f (h - t_f)$ $Z_r = A_s e_z$ $Z_c = \frac{b_c h_c^2}{4} - Z_s - Z_r$
D noktası	

Şekil 3.7. Betona gömülü I profil kesitli kompozit kolonlarda moment ve normal kuvvet (Devam)

Betona gömülü I kesitli sistemlerde AC düz çizgi alınarak E noktası hesaplanmayabilir (Kuzu, 2009).



Şekil 3.8. Basınç ve eğilme etkisindeki kolon için dizayn grafiği (Taşkiran, 2012)

Tasarım grafiğinde eksenel yük durumunda eğilme momenti kolon uç momentlerinin M_2/M_1 oranının 1,0'ın altına düşmesi durumunda azalır. Bu durumda; BEO doğrusu yerine BDG doğrusu oluşur. Bu durumda G noktasının ordinatı denklem ile bulunmaktadır. Şekil 3.8'de basınç ve eğilme etkisindeki kolon için dizayn grafiği verilmektedir (Taşkiran, 2012).

$$X_n = X \frac{1 - M_2/M_1}{4} \quad (3.24)$$

Eğilme dayanımı EF'den DF'ye artmaktadır.

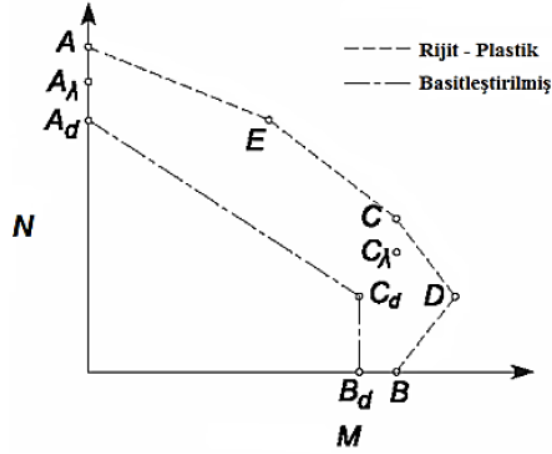
$$\frac{N}{N_{pl}} \leq X_n \quad (3.25)$$

$$M_{sd} \leq M_{Rd} = 0.9\mu M_{pl,Rd} \quad (3.26)$$

$$\mu = \mu_d - \mu_k \frac{X_d - X_n}{X - X_n} \quad (\text{Taşkiran, 2012}) \quad (3.27)$$

AISC'ye göre moment ve eksenel kuvvet değerlerinin belirlenmesi;

Moment ve eksenel kuvvet eğrisi çizilir. A, B, C, D, E noktalarındaki değerler belirlenir. λ narinlik katsayısı belirlenerek narinlik katsayısını içeren etkileşim yüzeyleri oluşturulur. A, B, C, D, E noktalarında belirlenen eksenel kuvvet değerlerinin λ narinlik azaltma katsayısı değeri ile çarpılması ile A',B',C',D',E' noktalarındaki değerler belirlenir. Tasarım etkileşim yüzeyini belirlemek amacıyla eksenel kuvvet ve moment değerleri güvenlik ve dayanım faktörleri ile çarpılarak A'',B'',C'',D'',E'' değerleri belirlenir (Yılmaz, 2015). Şekil 3.9' da kompozit kolonlarda etkileşim eğrisi yer almaktadır (AISC V13.2005, Yılmaz, 2015).

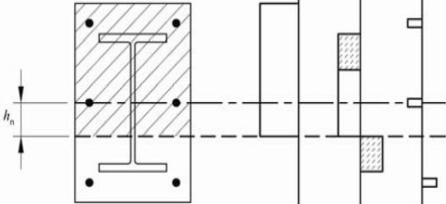
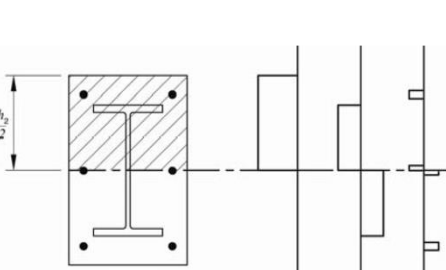
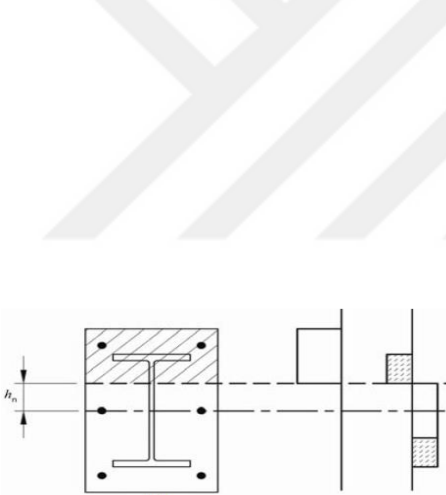


Şekil 3.9. Kompozit kolonlarda etkileşim eğrisi (AISC V13, 2005; Yılmaz, 2015)

Şekil 3.10 'da x-x aksı için betona gömülü I profil kesitli kompozit kolonlarda moment ve normal kuvvet değerleri, Şekil 3.11'de y-y aksı için betona gömülü I profil kesitli kompozit kolonlarda moment ve normal kuvvet değerleri, Şekil 3.12'de x-x veya y-y aksı betonla dolu kutu profil kesitli kompozit kolonlarda moment ve normal kuvvet değerleri, Şekil 3.13'de betonla dolu kutu profil kesitli kompozit kolonlarda moment ve normal kuvvet değerleri mevcuttur (AISC V13, 2005, Dong Keon Kim, 2005).

BETONA GÖMÜLÜ I PROFİL KESİTLİ KOMPOZİT KOLONLARDA MOMENT VE NORMAL KUVVET DEĞERLERİ (X-X AKSI)		
Kesit	Gerilme Dağılımı	
		$N_A = A_s F_y + A_{sr} F_{yr} + 0.85 f_c A_c$ $M_A = 0$ A_a : Çelik kesit alanı A_c : Beton kesit alanı A_s : Donatı kesit alanı $A_c = h_1 h_2 - A_s - A_{sr}$
A noktası		

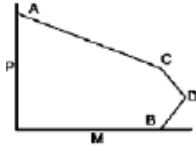
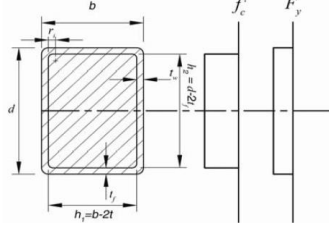
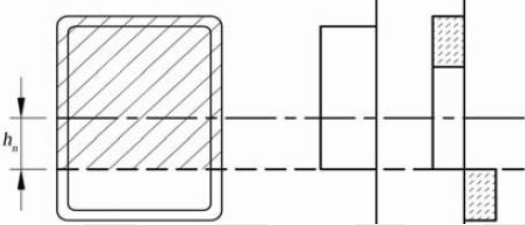
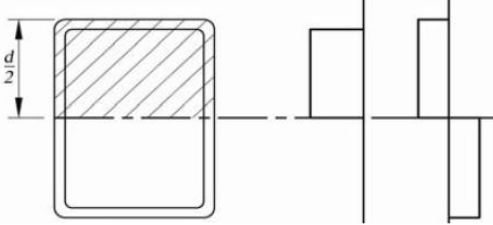
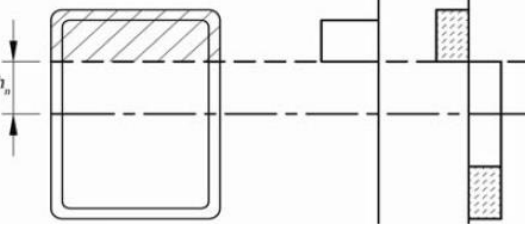
Şekil 3.10. Betona gömülü I profil kesitli kompozit kolonlarda moment ve normal kuvvet değerleri (x-x aksı) (AISC V13, 2005, Dong Keon Kim, 2005)

	$N_C = 0.85 f_c A_c$ $M_C = M_B$
C noktası	
	$N_D = \frac{0.85 * f'_c * A_c}{2}$ $M_D = Z_s F_y + Z_r F_{yr} + \frac{1}{2} Z_c (0.85 f_c)$ Z_s: Çelik kesitin plastik mukavemet momenti $Z_r = (A_{sr} - A_{srs}) \left(\frac{h_2}{2} - c \right)$ $Z_c = \frac{h_1 * h_2^2}{4} Z_s - Z_r$
D noktası	
	$N_B = 0$ $M_B = M_D - Z_{sn} F_y + Z_r F_{yr} + \frac{1}{2} Z_{cn} (0.85 f_c)$ $Z_{cn} = h_1 * h_n^2 - Z_{sn}$ $h_n \leq \frac{d}{2} - t_f \text{ ise;}$ $h_n = \frac{0.85 f_c (A_c + A_{srs}) - 2 F_{yr} A_{srs}}{2 [0.85 f_c (h_1 - t_w) + 2 F_y t_w]}$ $Z_{cn} = t_w * h_n^2$ $\frac{d}{2} - t_f < h_n \leq \frac{d}{2}$ $h_n = \frac{0.85 f_c (A_c + A_s - db_f + A_{srs}) - 2 F_y (A_s - db_f) - 2 F_{yr} A_{srs}}{2 [0.85 f_c (h_1 - b_f) + 2 F_y b_f]}$ $Z_{sn} = Z_s - b_f \left(\frac{d}{2} - h_n \right) \left(\frac{d}{2} + h_n \right)$ $h_n > \frac{d}{2}$ $h_n = \frac{0.85 f_c (A_c + A_s + A_{srs}) - 2 F_y A_s - 2 F_{yr} A_{srs}}{2 (0.85 f_c h_1)}$
B noktası	

Şekil 3.10. Betona gömülü I profil kesitli kompozit kolonlarda moment ve normal kuvvet değerleri (x-x aksı) (Devam) (AISC V13, 2005, Dong Keon Kim, 2005)

BETONA GÖMÜLÜ I PROFİL KESİTLİ KOMPOZİT KOLONLARDA MOMENT VE NORMAL KUVVET DEĞERLERİ (Y-Y AKSI)		
Kesit	Gerilme Dağılımı	
		$N_A = A_s F_y + A_{sr} F_{yr} + 0.85 f_c A_c$ $M_A = 0$ A_a: Çelik kesit alanı A_c: Beton kesit alanı A_s: Donatı kesit alanı $A_c = h_1 h_2 - A_s - A_{sr}$
A noktası		
		$N_E = A_s F_y + (0.85 f_c) [A_c - \frac{h_1}{2} (h_1 - b_f) + \frac{A_{sr}}{2}]$ $M_B = M_D - Z_{sE} F_y - \frac{1}{2} Z_{cE} (0.85 f_c)$ $Z_c = \frac{h_1 * b_f^2}{4} Z_{sE}$ $Z_{sE} = Z_{sy}$
E noktası		
		$N_C = 0.85 f_c A_c$ $M_C = M_B$
C noktası		
		$N_D = \frac{0.85 * f'_c * A_c}{2}$ $M_D = Z_s F_y + Z_r F_{sr} + \frac{1}{2} Z_c (0.85 f'_c)$ Z_s: Çelik kesitin plastik mukavemet momenti $Z_r = (A_{sr}) (\frac{h_2}{2} - c)$ $Z_c = \frac{h_1 * h_2^2}{4} - Z_s - Z_r$
D noktası		

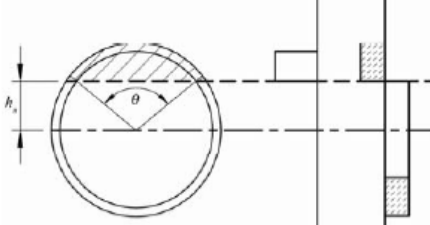
Şekil 3.11. Betona gömülü I profil kesitli kompozit kolonlarda moment ve normal kuvvet değerleri (y-y aksı) (AISC V13, 2005, Dong Keon Kim, 2005)

BETONLA DOLU KUTU PROFİL KESİTLİ KOMPOZİT KOLONLARDA MOMENT VE NORMAL KUVVET DEĞERLERİ (X-X veya Y-YAKSI)		
Kesit	Gerilme Dağılımı	
		$N_A = A_s F_y + 0.85 f'_c A_c$ $M_A = 0$ A_a : Çelik kesit alanı A_c : Beton kesit alanı A_s : Donatı kesit alanı $A_c = h_1 h_2 - 0.858 r_i^2$
A noktası		
		$N_C = 0.85 f'_c A_c$ $M_C = M_B$
C noktası		
		$N_D = \frac{0.85 * f'_c * A_c}{2}$ $M_D = Z_s F_y + \frac{1}{2} Z_c (0.85 f'_c)$ Z_s : Çelik kesitin plastik mukavemet momenti $Z_c = \frac{h_1 * h_2^2}{4} - 0.192 r_i^3$
D noktası		
		$N_B = 0$ $M_B = M_D - Z_{sn} F_y - \frac{1}{2} Z_{cn} (0.85 f'_c)$ $Z_{sn} = 2 t_w h_n^2$ $Z_{cn} = h_1 h_n^2$
B noktası		

Şekil 3.12. Betonla dolu kutu profil kesitli kompozit kolonlarda moment ve normal kuvvet değerleri (x-x veya y-y aksı) (AISC V13, 2005, Dong Keon Kim, 2005)

BETONLA DOLU KUTU PROFİL KESİTLİ KOMPOZİT KOLONLARDA MOMENT VE NORMAL KUVVET DEĞERLERİ		
Kesit	Gerilme Dağılımı	
	$N_A = A_s F_y + 0.85 f'_c A_c$ $M_A = 0$ $A_s = \pi (d^2 - r^2)$ $A_c = \frac{\pi h^2}{4}$	
A noktası		
	$N_C = 0.85 f'_c A_c$ $M_C = M_B$	
C noktası		
	$N_D = \frac{0.85 * f'_c * A_c}{2}$ $M_D = Z_s F_y + \frac{1}{2} Z_c (0.85 f'_c)$ Z_s: Çelik kesitin plastik mukavemet momenti $Z_s = \frac{d^3}{6} - Z_c$ $Z_c = \frac{h^3}{6}$	
D noktası		

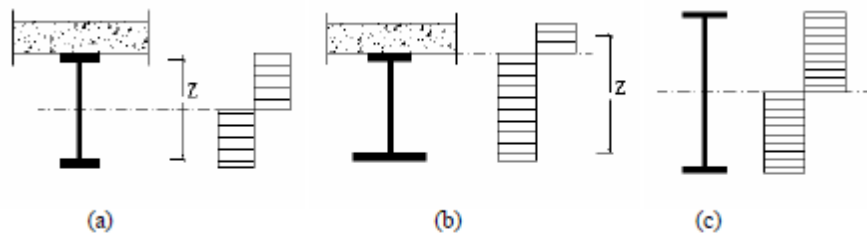
Şekil 3.13. Betonla dolu kutu profil kesitli kompozit kolonlarda moment ve normal kuvvet değerleri (AISC V13, 2005, Dong Keon Kim, 2005)

	$N_B = 0$ $M_B = Z_{sB} F_y - \frac{1}{2} Z_{cB} (0.85 f'_c)$ $Z_{sB} = \frac{d^3 \sin^3(\frac{\theta}{2})}{6} - Z_{cB}$ $Z_{cB} = \frac{h^3 \sin^3(\frac{\theta}{2})}{6}$ $\theta = \frac{0.0260 K_c - 2 K_s \sin^3(\frac{\theta}{2})}{0.0848 K_c}$ $+ \frac{\sqrt{(0.0260 K_c + 2 K_s)^2 + 0.857 K_c K_s f'_c A_c}}{0.0848 K_c}$ $K_c = f'_c h^2$ $K_s = F_y (\frac{d-t}{2}) t$ $h_n = \frac{h}{2} \sin(\frac{\pi - \theta}{2}) \leq \frac{h}{2}$
B noktası	

Şekil 3.13. Betonla dolu kutu profil kesitli kompozit kolonlarda moment ve normal kuvvet değerleri (Devam) (AISC V13, 2005, Dong Keon Kim, 2005)

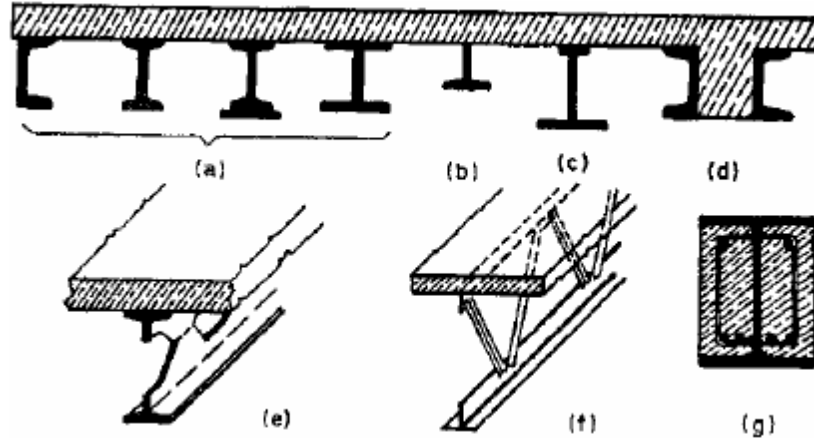
3.2. Kompozit Kirişler

Kompozit kirişler çelik döşeme kirişleri ile betonarme döşeme elemanlarının birlikte çalıştırılmasıyla oluşmaktadır. Bu kirişler betonarme plağı taşıyan çelik kirişlere göre daha ekonomik ve dayanımlıdır. Kompozit kirişlerde eğilme etkisiyle oluşan kuvvetin çekme bileşeni çelik profil tarafından, basınç bileşeni ise betonarme plak tarafından çelik profilin yada betonarme plağın bir kısmıyla taşınmaktadır (Arda ve Yardımcı, 2000).



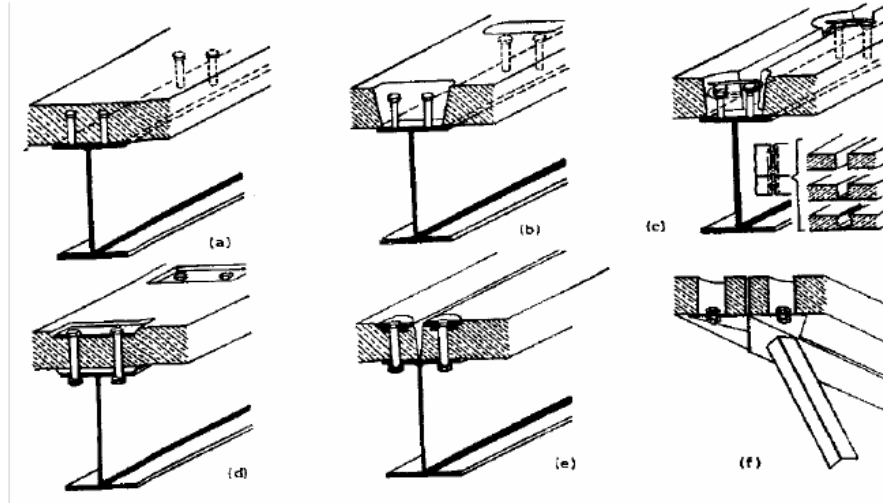
Şekil 3.14. Karma kirişin aynı taşıma gücüne sahip çelik kirişlerle karşılaştırılması (Arda ve Yardımcı, 2000; Damar, 2006)

Kompozit sistemlerde betonarme elemanlar sadece ölü yük olmayıp aynı zamanda sistemde basınç bileşenini taşımaktadır. Şekil 3.14a' da aynı konstrüksiyon yüksekliğine sahip çelik kiriş, Şekil 3.14b' de betonarme tablalı kirişlere benzeyen karma kiriş, Şekil 3.14c' de serbest yükseklikli çelik kiriş mevcuttur.



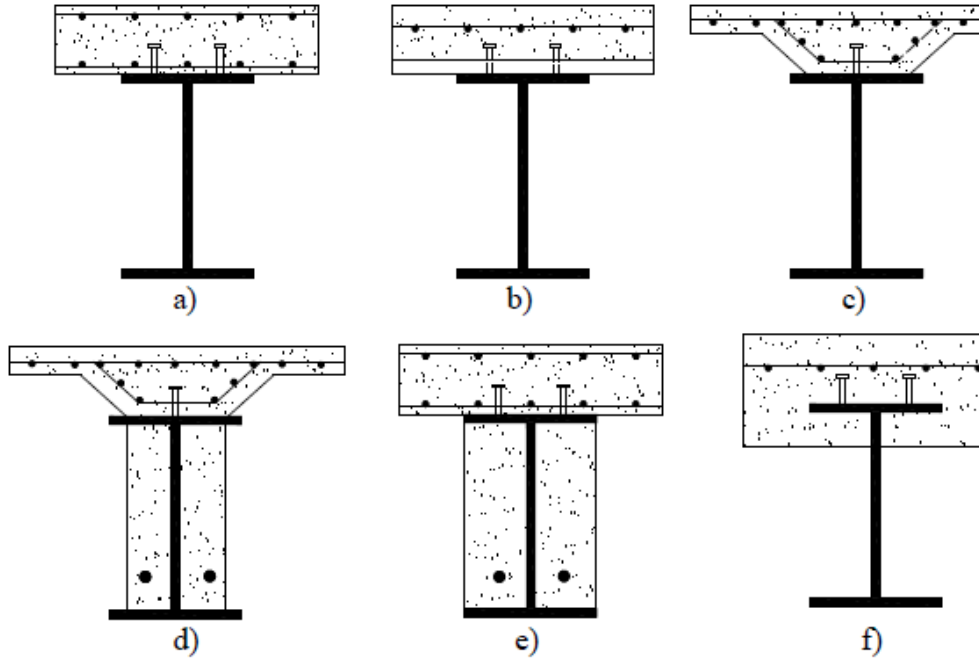
Şekil 3.15. Kompozit kirişlerde kullanılan çelik enkesitler (Arda ve Yardımcı, 2000; Damar, 2006)

Kompozit kirişlerde betonarme plağın altındaki çelik kısmı Şekil 3.15a' da görüldüğü gibi I veya U profillerinden oluştuğu gibi Şekil 3.15b' deki gibi ters V veya yarım I profillerinden, Şekil 3.15c' deki gibi basınç başlıkları çekme başlıklarından daha küçük olan kesitlerden, Şekil 3.15d d,g' deki gibi gövde betonlu çift U ve I profillerinden oluşmaktadır. Bununla birlikte Şekil 3.15e' de görüldüğü gibi petek (Castella) kesitler ve Şekil 3.15f' deki gibi çelik kafes gövdeli olarak oluşabilmektedir (Arda ve Yardımcı, 2000).



Şekil 3.16. Kompozit kirişlerde doğrudan dökülen ve hazır olarak kullanılan betonarme plak durumları (Arda ve Yardımcı 2000; Damar, 2006)

Kompozit kirişlerde basınç başlığı olan betonarme plak kısmı Şekil 3.16a' da görüldüğü gibi çelik kirişlerin üzerine betonun doğrudan dökülmesi ile elde edilebileceği gibi önceden dökülmüş hazır plak olarak da çelik elemanlara bağlanabilmektedir. Hazır plak kullanılması durumunda betonarme plak ve çelik profillerin bağlantısı Şekil 3.16b-c' deki gibi yerinde döküm betonla veya Şekil 3.16d-f' deki gibi yüksek mukavemetli ve öngermeli bulonlarla sağlanmaktadır (Arda ve Yardımcı, 2000).

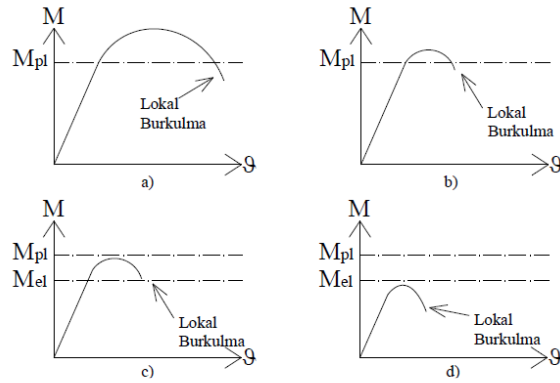


Şekil 3.17. Kompozit kiriş türleri (Taşkiran, 2012)

Şekil 3.17' de yapılarda kullanılan kompozit kiriş türleri mevcuttur. Kompozit kirişler oluşturulurken döşeme ile kirişin birlikte çalışmasını sağlayan ankraj elemanları mutlaka kullanılmalıdır. Şekil 3.17 a,b' de çelik kiriş üzerinde betonarme plak mevcuttur. Şekil 3.17 c ve d' de çelik kiriş üzerinde trapez kesitli döşeme sacı kullanılarak oluşturulan betonarme döşeme mevcuttur. Şekil 3.17 e' betona sarılı çelik I profili bulunmaktadır. Beton sayesinde çelik ısıya karşı korunmaktadır. Şekil 3.17f' de çelik kiriş betona kısmen sokularak çeliğin basınç bileşeninin bir kısmını taşıması sağlanmaktadır (Taşkiran, 2012).

3.2.1.Kompozit kirişlerin sınıflandırılması

Kompozit kirişlere etkiyen kuvvetlerin etkisine bağlı olarak kirişler farklı davranış göstermektedir. Eğilme momentinden dolayı çelik profillerde lokal burkulmalar ve plastik mafsallar meydana gelmektedir. Kompozit kirişte oluşan farklı davranışlara bağlı olarak plastik kompozit kirişler, kompakt kompozit kirişler ve yarı kompakt kompozit kirişler olmak üzere farklı kompozit kiriş türleri oluşmaktadır. Plastik kompozit kirişleri plastik dayanım ve dönme kapasitesine sahip çelik elemanlar oluşturmaktadır. Kompakt kompozit kirişleri oluşturan çelik profiller yeterli plastik dayanıma sahip olup yeterli dönme kapasiteleri yoktur. Yarı kompakt kompozit kirişleri oluşturan çelik profiller elastik dayanım kapasitesine sahiptir. Narin kompozit kirişli sistemlerde çelik profillerin moment ve basınç kapasitelerinin hesabında lokal burkulma etkileri dikkate alınmalıdır (Leon, 1999; Taşkiran, 2012).



Şekil 3.18. Kompozit kirişler için dönme-moment şekilleri (Leon, 1999; Taşkiran, 2012)

Şekil 3.18a' da plastik kiriş, Şekil 3.18b' de kompakt kiriş, Şekil 3.18c' de yarı kompakt kiriş ve Şekil 3.18d' de narin kiriş durumları için dönme moment şekilleri mevcuttur (Leon, 1999; Taşkiran, 2012).

3.2.2. Kompozit kirişlerin hesabı

Kompozit kiriş hesabı önceleri elastik teoriye göre yapılmakta iken şuan plastik teoriye dayanan taşıma gücü hesap yöntemlerine göre yapılmaktadır.

3.2.2.1. Etkili tabla genişliği hesabı

Kompozit kirişlerin hesabında öncelikle etkili tabla genişliğinin belirlenmesi gerekmektedir.

b_{eff} : Etkili tabla genişliği

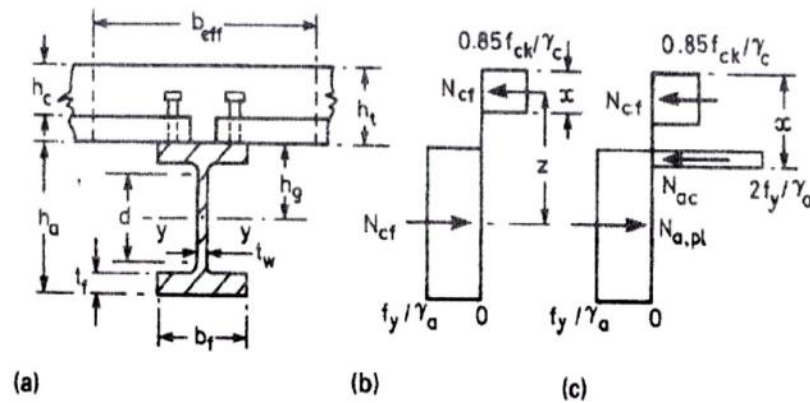
l_x : Kirişler arası aks aralığı

l : Kiriş açıklığı

3.2.2.2. Pozitif momentler bölgesinde taşıma gücü

Eurocode 4'e göre;

Plastik ve kompakt kirişlerde aşağıdaki şekilde belirlenmektedir. Şekil 3.19' da pozitif eğilme momenti dayanımı görünümü mevcuttur.



Şekil 3.19. Kompozit kirişler için pozitif eğilme momenti dayanımı (Kuzu, 2009)

a) Tarafsız eksenin beton içinde olması durumu:

($x \leq h_c$ olması durumu)

$$N_{cf} = \frac{A_a f_y}{\gamma_a} = b_{eff} \frac{0.85 f_{ck}}{\gamma_c} \quad (3.28)$$

Denklemden;

N_{cf} : Beton tasarım basınç kuvveti

$N_{a,pl}$: Çelik kesit basınç kuvveti

x : Kompozit döşemede plastik tarafsız eksenin yeridir.

$$M_{pl,Rd} = \frac{A_a f_y}{\gamma_a} (h_c + h_t - \frac{x}{2}) \quad (3.29)$$

b) Tarafsız eksenin çelik üst başlığı içinde olması durumu:

($x > h_c$ olması durumu)

$$N_{cf} = b_{eff} h_c \frac{0.85 f_{ck}}{\gamma_c} \quad (3.30)$$

$$N_{a,pl} = \frac{A_a f_y}{\gamma_a} \quad (3.31)$$

N_{cf} : Beton tasarım basınç kuvveti

$N_{a,pl}$: Çelik kesit basınç kuvveti

Beton tasarım basınç kuvvetinin çelik kesit basınç kuvvetinden az olması gereklidir. Bu durumda;

$$N_{a,pl} - N_{cf} \leq 2b_f t_f \frac{f_y}{\gamma_a} \quad (3.32)$$

x değeri aşağıdaki formülden hesaplanmaktadır.

$$N_{a,pl} = N_{cf} + N_{ac} \quad (3.33)$$

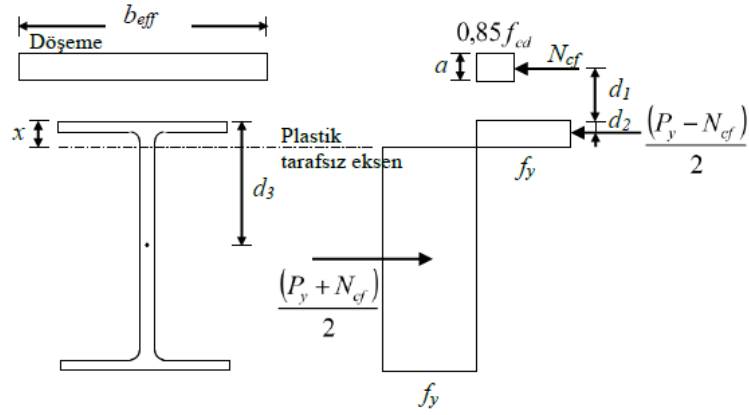
$$N_{a,pl} = N_{cf} + 2b_f (x - h_t) \frac{f_y}{\gamma_a} \quad (3.34)$$

Eğilme dayanım momenti denklem ile belirlenmektedir.

$$M_{pl,Rd} = N_{a,pl} \left(h_g + h_t - \frac{h_c}{2} \right) - N_{ac} \left(\frac{x - h_c + h_t}{2} \right) \quad (3.35)$$

x $h_t + t_f$ den fazla elde edilirse tarafsız eksen gövde içinde olup $M_{pl,Rd}$ aynı yöntemle belirlenmektedir.

Yarı kompakt ve narin kiriş durumunda; eğilme dayanımları, elastik teoriye göre belirlenen çelik kesitteki maksimum gerilmeye bağlı olup $0.7M_{pl,Rd}$ kadar düşük olabilir. Bu nedenle plastik ve kompakt kiriş durumunda pozitif eğilme momenti kesitlerini sağlamak daha uygundur (Kuzu, 2009).



Şekil 3.20. Kompozit kesitte pozitif momentler durumunda plastik gerilmeler (Aydın ve Günaydın, 2013; Yılmaz, 2015)

Beton basınç kuvveti;

$$N_{cf} = 0.85f_{cd}A_c \quad (3.36)$$

$$N_{cf} = f_y A_s \quad (3.37)$$

$$N_{cf} = \Sigma P_{Rd} \quad (3.38)$$

A_c : Etkili beton genişliği için hesaplanan alan

A_s : Çelik en kesit alanı

ΣP_{Rd} : Maksimum pozitif moment ile sıfır moment arasındaki bölgedeki başlıkları saplamaların kesme dayanımları toplamı

Denklem (3.36) ve (3.37)'daki N_{cf} değerleri malzeme ve kesite bağlı olarak belirlenirken, (3.38) denklemindeki N_{cf} kuvveti kayma bağlantılarının taşıdığı kesme kuvvetini göstermektedir. Kayma bağlantıları belirlenmediğinden ilk olarak bu değer belirlenemez. Öncelikle (3.36) ve (3.37) denkleminde N_{cf} değerlerinin küçüğünden daha küçük bir değer seçilerek işleme devam edilmektedir. İlk yaklaşımda denklem (3.36) ve (3.37)' dan elde edilen N_{cf} değerinin yarısı alınabilir. Yapılan bu kabul kayma bağlantısı hesabı sonucunda minimum koşulların kontrol edilmesi ile belirlenmektedir (Aydın ve Günaydın, 2013; Yılmaz, 2012). Şekil 3.20 'de kompozit kesitte pozitif momentler durumunda plastik gerilme şekli bulunmaktadır. (Aydın ve Günaydın, 2013; Yılmaz, 2015).

Beton bloğun yüksekliği;

$$a = \frac{N_{cf}}{0.85f_{cd}b_{eff}} \quad (3.39)$$

Tarafsız eksen çekme ve basınç bölgesindeki kuvvetlerin eşit olması kuralına göre belirlenmekte olup I kesitinin üst başlığından itibaren başlık içinde veya gövdede bulunmaktadır.

Tarafsız eksenin başlık içinde yer alması durumunda x uzaklığı:

$$x = \frac{A_s f_y - N_{cf}}{2b_f f_y} \quad (3.40)$$

Tarafsız eksenin gövde içinde yer alması durumunda x uzaklığı:

$$x = \frac{A_s f_y - 2b_{eff} t_f f_y + 2t_w t_f f_y - N_{cf}}{2t_w f_y} \quad (3.41)$$

Anma momenti;

$$M_n = N_{cf}(d_1 + d_2) + P_y(d_3 - d_2) \quad (3.42)$$

Taşıma gücü;

$$M_{pl,Rd} = \phi M_n \quad (3.43)$$

$$\phi = 0.9$$

Sistem analiz edilerek taşıma gücü kontrolü yapılmaktadır.

AISC 'de sehim hesabı Eurocode ile aynıdır.

$$\delta = \frac{5qL^4}{384EI} \leq \frac{L}{360} \quad (3.44)$$

Sehim hesaplarında yükler yük katsayıları ile artırılmadan alınmaktadır. Sehimi hesabı için gerekli olan atalet momenti;

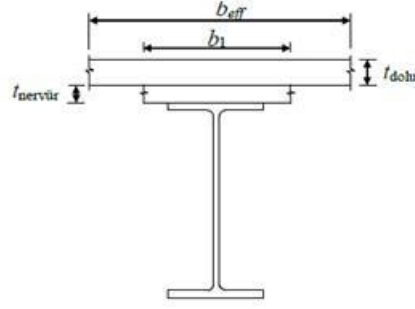
$$I = I_s + \sqrt{\frac{\Sigma P_{Rd}}{N_{cf}}} (I_{tr} - I_s) \quad (3.45)$$

I_s : Profilin atalet momenti

I_{tr} : Elastik tarafsız eksene göre profilin ve betonda sadece basınç bölgesi dikkate alınarak hesaplanan toplam atalet momenti

ΣP_{Rd} : Maksimum pozitif moment ve sıfır moment arasındaki bölgedeki kayma bağlantılarının toplam kesme dayanımı

N_{cf} : (3.36) ve (3.37) denklemlerinden elde edilecek kuvvetlerin küçüğü



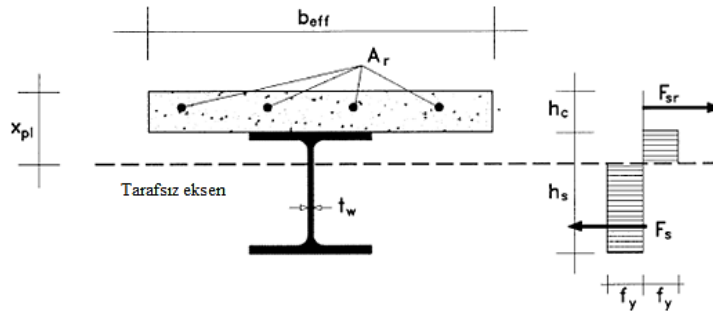
Şekil 3.21. Kompozit kesitte düz ve nervürlü kısımlar için beton genişliği (Aydın ve Günaydın, 2013; Yılmaz, 2012)

Şekil 3.21 'de kompozit bir kiriş görünümü mevcuttur. Betonun düz ve nervürlü kısımları ayrı ayrı ele alınmakta olup düz kısımda genişlik b_{eff} , nervürlü kısımda b_1 'dir. b_1 ; nervürlerin dolu bölgeye oranına bağlı olarak belirlenen etkili genişliktir (Aydın ve Günaydın, 2013; Yılmaz, 2015).

Negatif moment bölgesinde eğilme dayanımı:

Kompozit kirişlerde iç mesnetlerin yer aldığı kısımlarda negatif moment bölgesi oluşmaktadır. Bu kısımda betonarme plak içine mesnet donatıları yerleştirilmekte olup betonarme plağın sadece bu donatılarla çalıştığı kabul edilmektedir. Bu durumda kaymayı önleyici bağlantılar negatif momentler bölgesinde kullanılmalıdır (Değerli, 2010).

Eurocode 4'e göre;



Şekil 3.22. Kompozit kirişin negatif moment bölgesinde plastik gerilme dağılımı (Cosenza ve Zandonini, 1999; Yılmaz, 2015)

Şekil 3.22' de kompozit kirişin negatif moment bölgesindeki plastik gerilme dağılımı mevcuttur. Plastik tarafsız eksenin yeri belirlenmektedir.

$$x_{pl} = \frac{h_s}{2} + h_c - \frac{F_{sr}}{2t_w f_y} \quad (3.46)$$

F_{sr} : Genleşme donatısının çekme kuvveti

$$F_{sr} = A_r f_{ys} \quad (3.47)$$

f_{ys} : Betonarme donatısına ait akma gerilmesi

A_r : Betonarme donatısı alanı

Tarafsız eksene göre alınan plastik moment:

$$M_{pl} = M_{pl,s} + F_{sr} \left(\frac{h_s}{2} + h_c - c \right) - \frac{F_{sr}^2}{4t_w f_y} \quad (3.48)$$

$M_{pl,s}$: Çelik kesitin plastik momenti

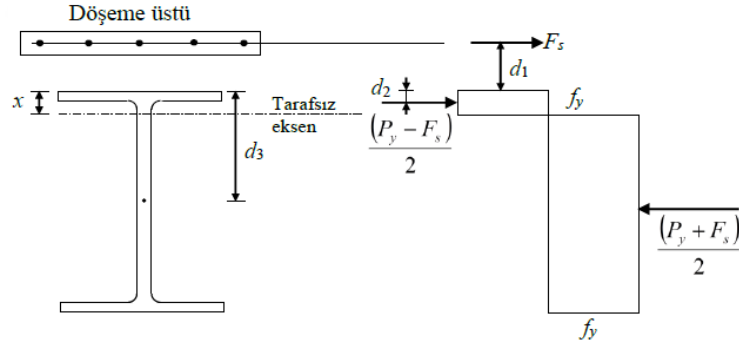
c : Donatı üstünde kalan beton yüksekliği

Negatif moment bölgesinde plastik moment kapasitesi çelik profil ve genleşme donatısı ile saptanmaktadır.

$M_{pl,Rd}$: Tasarım momenti

$$M_{pl,Rd} = \frac{M_{pl,s}}{\gamma_s} + \frac{F_{sr}}{\gamma_s} \left(\frac{h_s}{2} + h_c - c \right) - \frac{\gamma_s}{\gamma_s^2} \frac{F_{sr}^2}{4t_w f_y} \quad (3.49)$$

AISC'e göre;



Şekil 3.23. Kompozit kirişte negatif moment için plastik gerilme dağılımı (Aydın ve Günaydın, 2013; Yılmaz, 2015)

$$F_s = \Sigma P_{Rd} \quad (3.50)$$

Anma momenti:

$$M_n = F_s(d_1 + d_2) + P_y(d_3 - d_2) \quad (3.51)$$

Taşıma gücü:

$$M_{pl,Rd} = \phi M_n \quad (3.52)$$

$$\phi = 0.9$$

$$P_y = A_s f_y \quad (3.53)$$

d_1 : Donatı ağırlık merkezinin profil üst başlığına uzaklığı

d_2 : Profil çekme kuvveti ağırlık merkezinin profil üst başlığına uzaklığı

d_3 : Profil ağırlık merkezinin profil üst başlığına uzaklığı (Aydın ve Günaydın, 2013; Yılmaz, 2015). Şekil 3.23 'de kompozit kirişte negatif moment için plastik gerilme dağılımı mevcuttur. (Aydın ve Günaydın, 2013; Yılmaz, 2015)

3.2.3. Kompozit kirişlerde kesme kuvveti

Kompozit sistemlerde kesme kuvveti çelik profil gövdesiyle karşılanmaktadır. Çelik flanş ve beton döşemenin etkisi ihmal edilmektedir. Kesme dayanımı denklemle hesaplanmaktadır. Çizelge 3.1'de kompozit kirişler için kesme alanları formülleri mevcuttur.

AISC'e göre: (Kuzu, 2009)

$$V_{pl,Rd} = h_s t_w (0.6 f_y) \quad (3.54)$$

Eurocode'a göre;

$$V_{pl,Rd} = A_v f_y \quad (3.55)$$

A_v : Kesme alanı

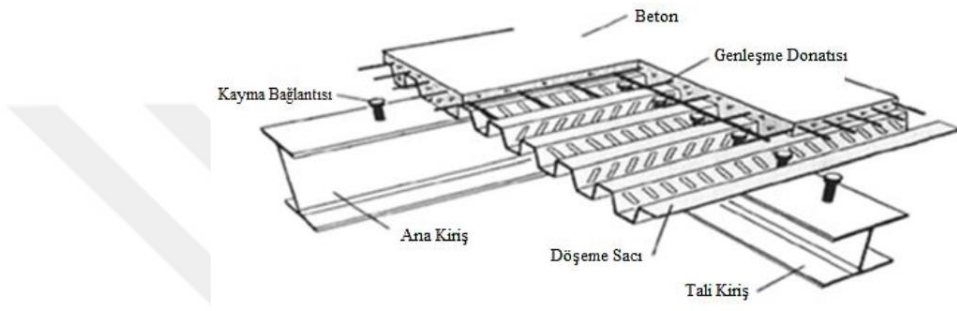
f_y : Çelik kesitin kesme dayanımı

Çizelge 3.1. Kompozit kirişler için kesme alanları (Taşkıran, 2012)

Yüklemeye Gövdeye Paralel		$A_{v,z} = A - 2bt_f + (t_w + 2t_f)t_f$	Kaynaklı
Yüklemeye Başlığa Paralel		$A_{v,y} = 2bt_f + (t_w + t_f)t_w$	Kaynaklı
Yüklemeye Gövdeye Paralel		$A_{v,z} = (h - 2t_f)t_w$	Kaynaklı
Yüklemeye Başlığa Paralel		$A_{v,y} = A - (h - 2t_f)t_w$	Kaynaklı
Yüklemeye Uzun Kenara Paralel		$A_{v,z} = Ah/b + h$	Kaynaklı
Yüklemeye Kısa Kenara Paralel		$A_{v,y} = Ab/b + h$	Kaynaklı
Yüklemeye Eşit		$A_{v,z} = 2A/\pi$	Kaynaklı

3.3.Kompozit Döşemeler

Kompozit döşemeler, çelik sac ile betonun birlikte çalışması ile oluşmaktadır. Çelik döşeme sac inşaat sırasında betonun prizini alması aşamasında kalıp, daha sonra pozitif çekme donatısı olarak çalışmaktadır (Yorgun, 2002). Kompozit döşeme sistemi Şekil 3.24' deki gibi ana kirişlere oturan çelik döşeme sacdan, çelik sac üzerinden kirişlere kaynaklanan kayma bağlantılarından (shearstud), genişleme donatısı ve betondan meydana gelmektedir (Yorgun, 2002; Yılmaz 2015).



Şekil 3.24. Kompozit döşeme sistemi (Başüşürücü ve Türker, 2013; Yılmaz, 2015)

Kompozit döşeme sistemlerinin birçok avantajları bulunmaktadır.

İnşaat sırasında emniyetli bir platform görevi görmektedir.

Pozitif moment bölgesinde donatı görevi görmektedir.

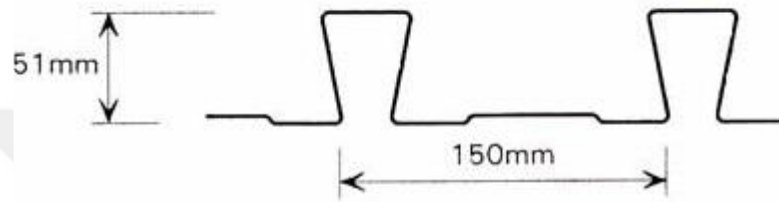
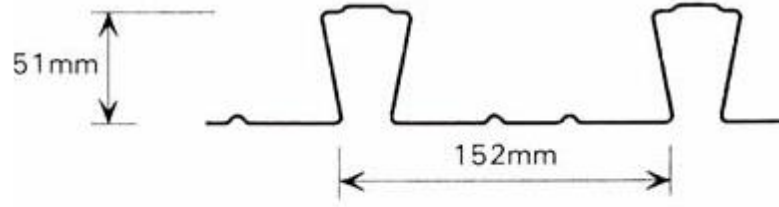
Kalıp, iskele işçiliği ve maliyeti ortadan kalkmaktadır.

İnşa aşama hızı artmaktadır.

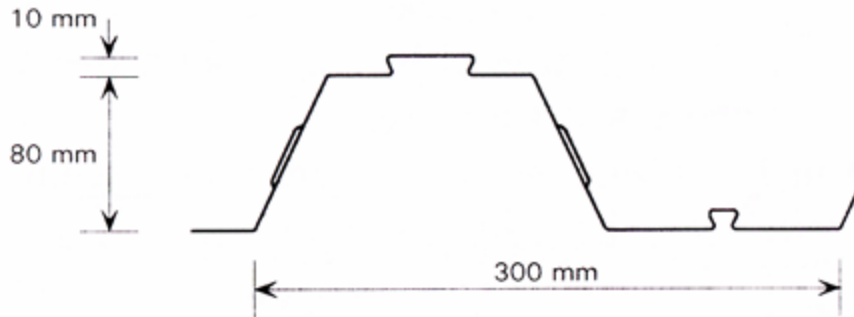
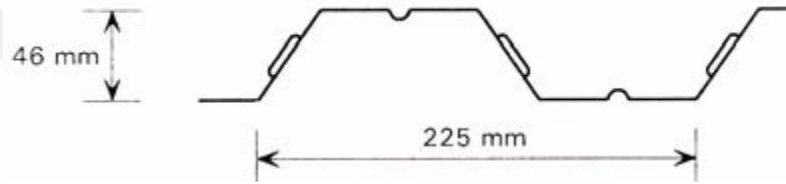
Döşeme kalınlığı betonarme döşemeden daha az olduğundan dolayı maliyet azalır (Yorgun, 2005).

Kompozit kirişlerde kullanılan çelik saclar, inşaat sırasında geçici yükleri, taze betonu ve gerekli donatıyı taşımak olup esas görevi; betonla çalışarak kompozit bir sistem oluşturup yükleri taşımaktır. Sac kalınlıkları 0.8 mm ile 1.2 mm olup nervür yükseklikleri 50 ile 70 mm arasında değişmektedir. Çelik sac korozyona karşı korunabilmesi açısından galvanizle kaplanmaktadır (Kuzu, 2009).

Kompozit döşemelerde kullanılan çelik saclar ters ağızlı ve trapez oluklu sac olarak iki çeşittir (Işık, 2003). Şekil 3.25a ve b'de ters ağızlı ve trapez oluklu çelik sac tipleri mevcuttur (Kuzu, 2009).



a) Ters ağızlı çelik sac

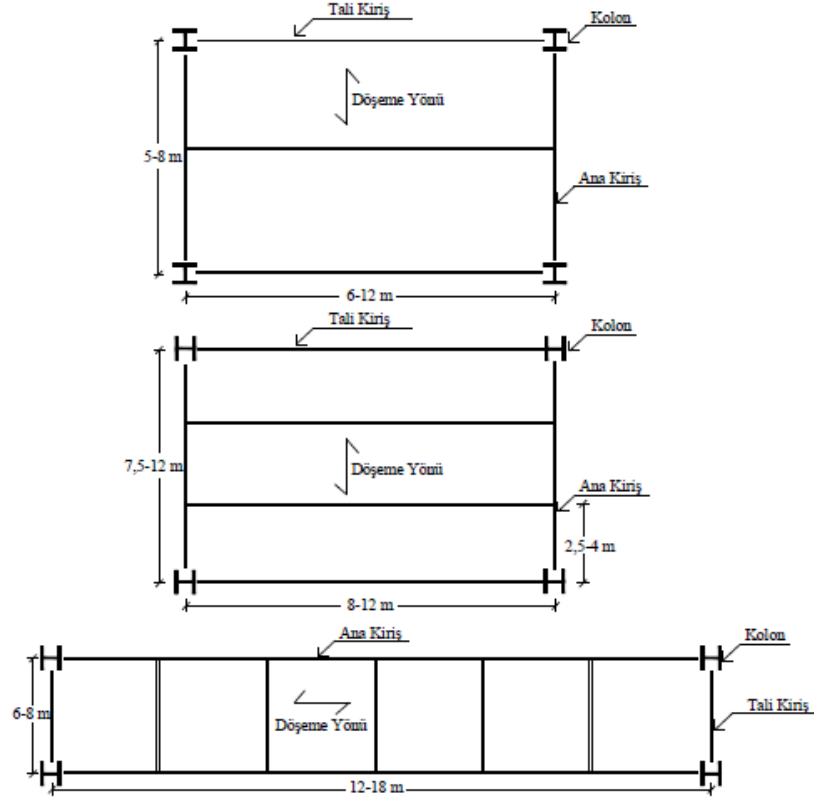


b) Trapez profil çelik sac

Şekil 3.25. Kompozit döşemelerdeki ters ağızlı ve trapez profil çelik saclar (Kuzu, 2009; Garcia)

Eurocode 4'e göre 3m*3m'lik alana 1.5 KN/mm² yük alınması önerilmekte olup 9m açıklığındaki ana kirişler 3m aralıklarla yerleştirilen tali kirişler ve çelik saclar birlikte 9m*9m'lik alanlarda rahatlıkla kullanılabilir. Bununla birlikte AISC' de

ise 1 KN/mm^2 veya 2.2 KN/mm^2 'lik yükün uygulanması önerilmektedir (Schleich ve Mathieu, 2000; Taşkiran 2012). Şekil 3.26'da kompozit döşeme ile geçilebilecek açıklıklar mevcuttur (Taşkiran 2012).

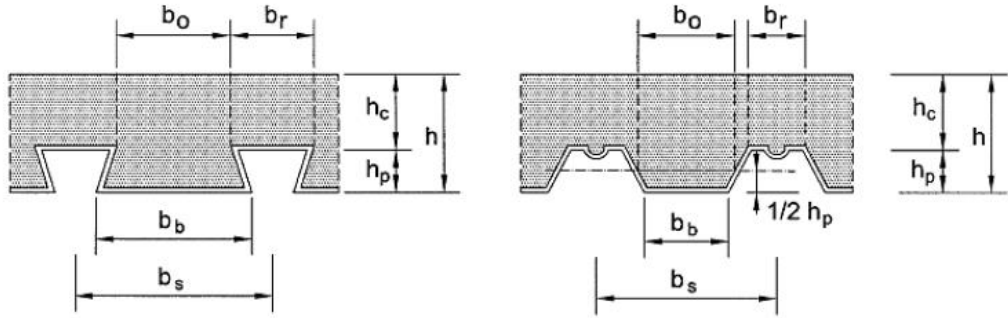


Şekil 3.26. Kompozit döşeme ile geçilebilecek açıklıklar (Taşkiran, 2012)

Eurocode 4'e göre; h kalınlığı 80mm 'de az olmamalıdır. Levhanın üst kısmındaki ana yüzey üzerindeki beton kalınlığı h_c 40mm 'den az olmamalıdır. Genellikle h_c kalınlığı yük dayanımını artırmak, ses ve yangın izolasyonunu sağlamak amacıyla 60mm veya daha fazla olmalıdır. Genleşme donatılarının aralığı $2h$ veya 350mm 'de fazla olmamalıdır. Bununla birlikte genleşme donatısı miktarı her iki yönde $80\text{mm}^2/\text{m}$ 'den az olmamalıdır (Eurocode 4, 2004; Yılmaz, 2015). Şekil 3.27'de kompozit döşeme sacı ve boyutları mevcuttur.

AISC'e göre; nervür yüksekliği h_p olup 75mm 'den büyük olamaz. Nervür genişliğinin (b_p 50mm 'den büyük olmalıdır. Çelik sacın üstünde kalan beton kalınlığının 50 mm 'den az olmaması gerekir. Sac sehiminin $L/180$ veya 20mm 'den az olması gereklidir. Çelik sacların lokal burkulmasını önlemek amacıyla

genişlik/kalınlık oranı 35'ten küçük olmalıdır (AISC 360-10, 2010; Yılmaz 2015).



Şekil 3.27. Kompozit döşeme sacı ve boyutları (Eurocode 4, 2004; Yılmaz, 2015)

3.3.1. Kompozit döşemenin pozitif moment taşıma kapasitesi

Kompozit döşeme analizleri AISC'de birleşik kesit olarak çelik kirişle birlikte verilmesinden dolayı Eurocode 4'e göre hesaplar belirtilmiştir (Yılmaz, 2015).

EC4'e göre kompozit döşeme analizlerinde taşıma gücü sınır durumları için; Doğrusal elastik analiz, yeterli dönme kapasitesine sahip kesit durumlarında rijit plastik analiz, doğrusal olmayan malzeme özelliklerinin ele alınması durumunda elastik-plastik analiz kullanılabilir.

Kullanma sınır durumunda sadece doğrusal elastik yöntemi kullanılabilir. Taşıma gücü sınır durumunda ise beton çatlama etkisinin ihmal edilmesi durumunda; ara mesnetlerdeki eğilme momentleri %30'a kadar azaltılabilmektedir (Yılmaz 2015).

Kompozit döşeme genişliği; b genellikle 1m olarak alınmaktadır.

A_p : 1m genişlik için etkili alan

e : Testlere dayalı olan levhanın alt kısmının üstündeki alanın merkez yüksekliği

e_p : Levhadaki plastik tarafsız eksen yüksekliğidir.

Kompozit döşemenin eğilme dayanımı plastik teoriye göre yapılmaktadır. Üç durum mevcuttur.

38

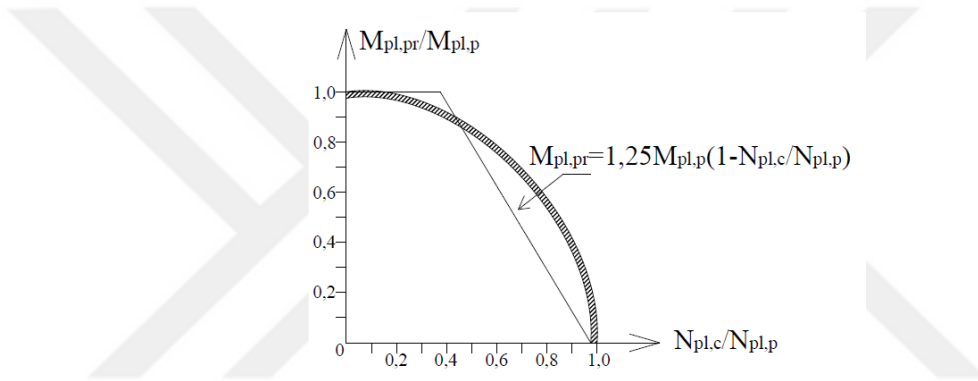
$$x_{pl} > h_c$$

$$N_{pl,c} = N_{pl,pt} = 0.85h_c f_d \quad (3.59)$$

$$x_{pl} = \frac{A_p f_{yd,p}}{b(0.85 \frac{f_{ck}}{\gamma_c})} \quad (3.60)$$

$$N_{pl,p} = A_p f_{yd,p} \quad (3.61)$$

Şekil 3.29'da tarafsız eksenin çelik sacın içinde kalması durumunda pozitif moment bölgesinde dayanımı mevcuttur (Viest, 1997; Taşkıran, 2012). Şekil 3.30'da çelik sacda oluşan moment-normal kuvvet etkileşimi, Şekil 3.31' de manivela kolu ile normal kuvvet arasındaki ilişki yer almaktadır.



Şekil 3.30. Çelik sacda oluşan moment-normal kuvvet etkileşimi (Taşkıran, 2012)

$$M_{pl,pr} = 1.25M_{pl,p} \left(1 - \frac{N_{pl,c}}{N_{pl,p}}\right) \leq M_{pl,p} \quad (3.62)$$

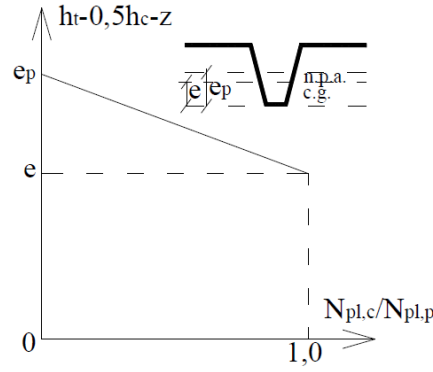
$M_{pl,cs}$: Plastik tasarım eğilme dayanımı

$$M_{pl,cz} = M_{pl,pr} + 0.85bh_c f_{cd}z = M_{pl,pc} + N_{pl,c}z \quad (3.63)$$

z manivela kolu olup iki yöntem ile hesaplanabilir.

$$z = d_p - 0.5h_c = h_t - e - 0.5h_c \quad (3.64)$$

Deneylere dayanan ve daha net sonuç veren yöntemle göre;



Şekil 3.31. Manivela kolu ile normal kuvvet arasındaki ilişki (Taşkıran, 2012)

3.4. Çalışmaya Esas Yapı Sistemleri

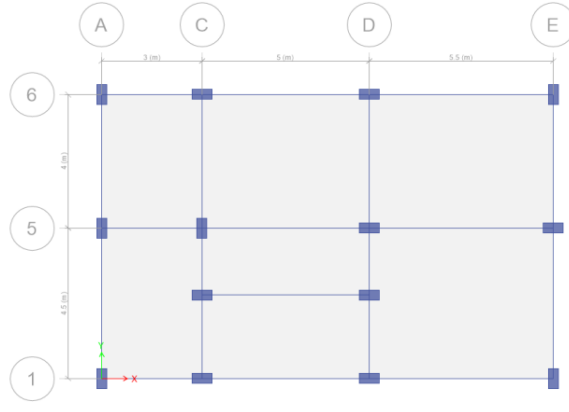
Bu çalışmada betonarme, çelik, çelik yapı merkezi ters V, çelik yapı merkezi ters V dış merkez ve yığma yapı olmak üzere 5 farklı yapı tipi ele alınmıştır. Bu yapılar ETABS sonlu elemanlar programı ile modellenmiştir. Yığma yapı shell (kabuk) eleman olarak sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak modellenmiştir. Bununla birlikte, çelik ve betonarme yapılara farklı güçlendirme şekilleri uygulanmıştır. Betonarme ve çelik yapılar betona gömülü kompozit kolonlu olarak, ayrıca içi beton dolu kompozit kolonlu olarak tasarlanmıştır. Çelik ve betonarme yapılar kompozit kirişli, kompozit döşemeli olarak da tasarlanmıştır. Ayrıca çelik ve betonarme yapılar hem kompozit kolon hem de kompozit kirişli-döşemeli olarak da tasarlanmıştır. Yapıların tasarımında AISC 360-10 ve TS 500 yönetmelikleri kullanılmıştır. Ölü ve hareketli yükler 2 KN/m^2 olarak alınmıştır. Çizelge 3.2’de yapılara uygulanan güçlendirme şekilleri bulunmaktadır. Şekil 3.32-Şekil 3.36’da incelenen yapıların ETABS programı kullanılarak modellenen görünüşleri mevcuttur.

Çizelge 3.2. Farklı tip yapıların güçlendirilme şekilleri

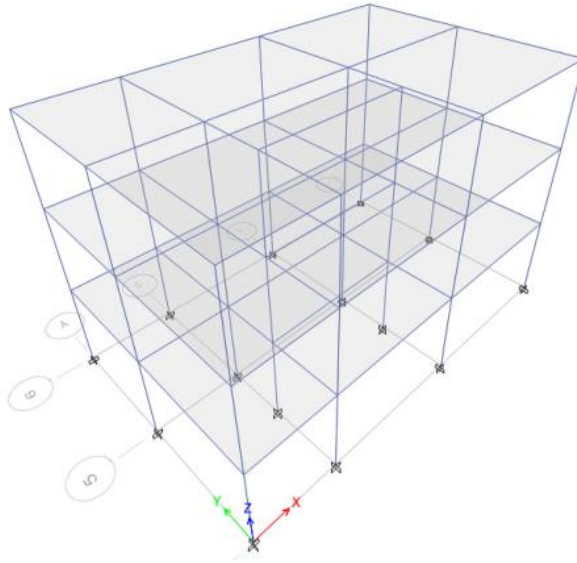
Model 1	Betonarme Yapı (Güçlendirilmemiş Durum)
Model 2	Betona gömülü kompozit kolonlu (Şekil 3.38) ve betonarme döşemeden oluşan yapı
Model 3	İçi beton dolu kompozit kolonlu (Şekil 3.37) ve betonarme döşemeden oluşan yapı

Çizelge 3.2. Farklı tip yapıların güçlendirilme şekilleri (Devam)

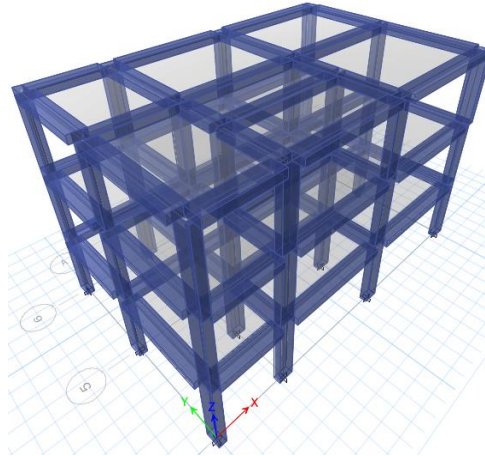
Model 4	Kompozit döşemeli-betonarme kolonlu yapı
Model 5	Betona gömülü kompozit kolonlu (Şekil 3.38)-Kompozit döşemeli (Şekil 3.39) yapı
Model 6	Çelik yapı (Güçlendirilmemiş Durum)
Model 7	Betona gömülü kompozit kolonlu (Şekil 3.38) -kompozit kirişli yapı
Model 8	İçi beton dolu kompozit kolonlu (Şekil 3.37)-kompozit kirişli
Model 9	Kompozit döşemeli-çelik kolonlu yapı
Model 10	Kompozit döşemeli-betona gömülü kompozit kolonlu yapı (Şekil 3.38)
Model 11	Çelik yapı merkezi ters V (Güçlendirilmemiş Durum)
Model 12	Betona gömülü kompozit kolonlu (Şekil 3.38) -kompozit kirişli yapı (Çelik yapı merkezi ters V)
Model 13	İçi beton dolu kompozit kolonlu (Şekil 3.37)- kompozit kirişli yapı (Çelik yapı merkezi ters V)
Model 14	Kompozit döşemeli-çelik kolonlu yapı (Çelik yapı merkezi ters V)
Model 15	Kompozit döşemeli-betona gömülü kompozit kolonlu yapı (Şekil 3.38) (Çelik yapı merkezi ters V)
Model 16	Çelik yapı merkezi ters V –dış merkez (Güçlendirilmemiş Durum)
Model 17	Betona gömülü kompozit kolonlu(Şekil 3.38) - kompozit kirişli yapı (Çelik yapı merkezi ters V –dışmerkez)
Model 18	İçi beton dolu kompozit kolonlu (Şekil 3.37)- kompozit kirişli yapı (Çelik yapı merkezi ters V –dışmerkez)
Model 19	Kompozit döşemeli-çelik kolonlu yapı (Çelik yapı merkezi ters V – dışmerkez)
Model 20	Kompozit döşemeli-betona gömülü kompozit kolonlu yapı (Şekil 3.38) (Çelik yapı merkezi ters V –dışmerkez)
Model 21	Yığma Yapı



a) Yapı kat planı

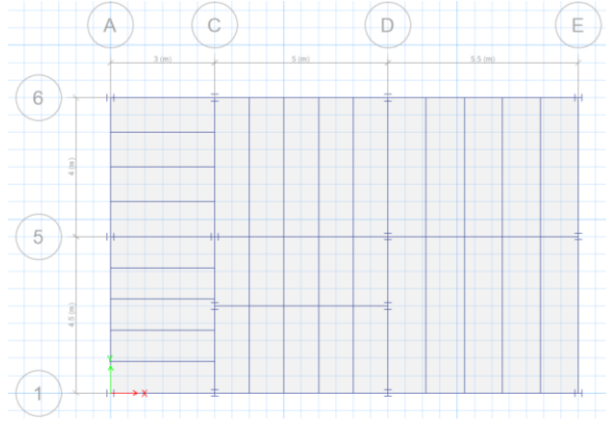


b) 3 boyutlu görünümü

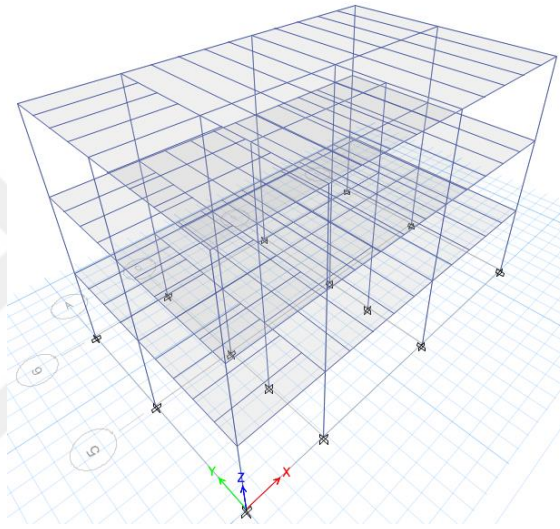


c) Dolu gövdeli 3 boyutlu görünümü

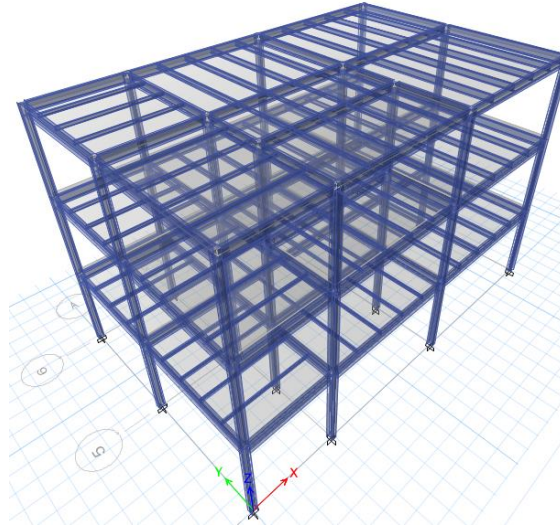
Şekil 3.32. Betonarme yapı görünümü



a) Yapı kat planı

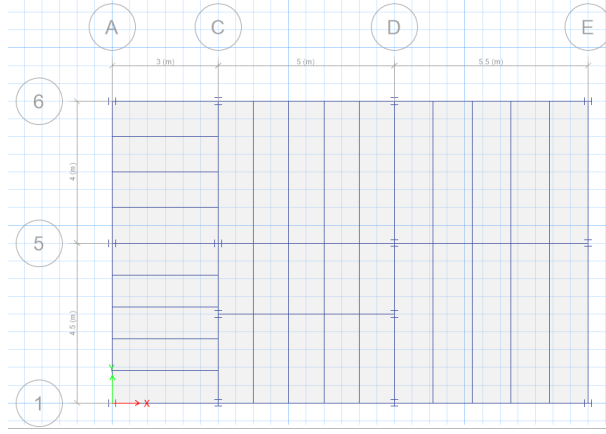


b) 3 boyutlu görünümü

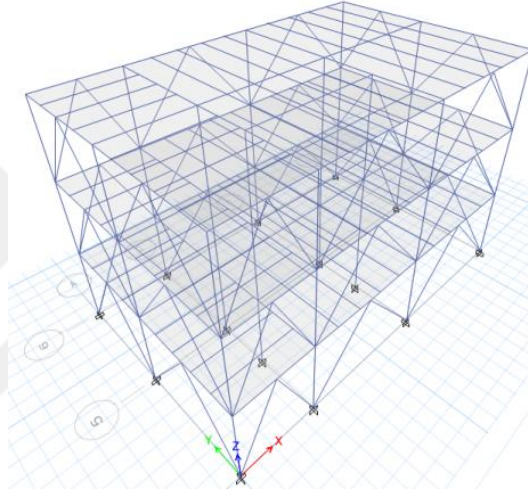


c) Dolu gövdeli 3 boyutlu görünümü

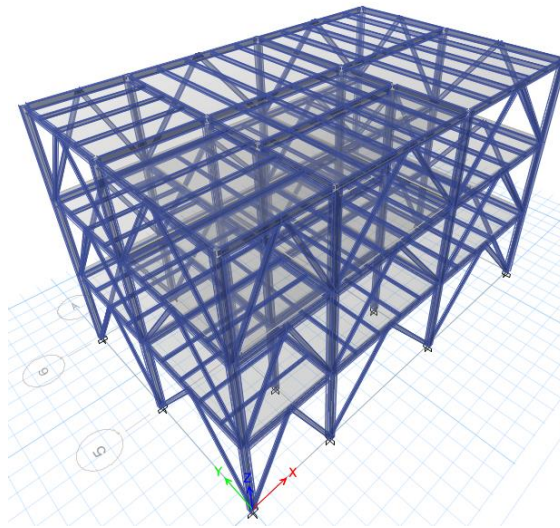
Şekil 3.33. Çelik yapı görünümü



a) Yapı kat planı



b) 3 boyutlu görünümü

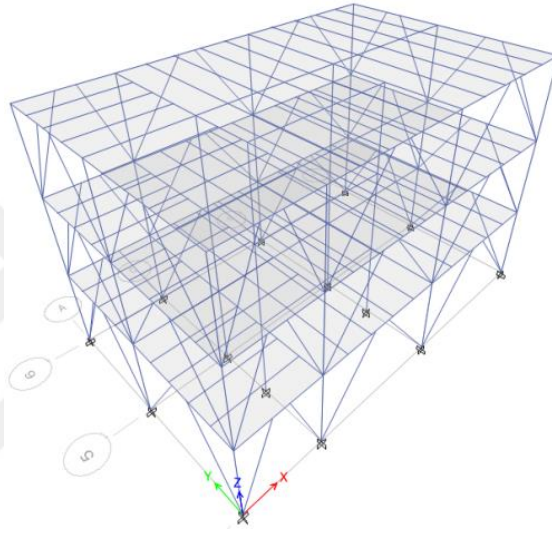


c) Dolu gövdeli 3 boyutlu görünümü

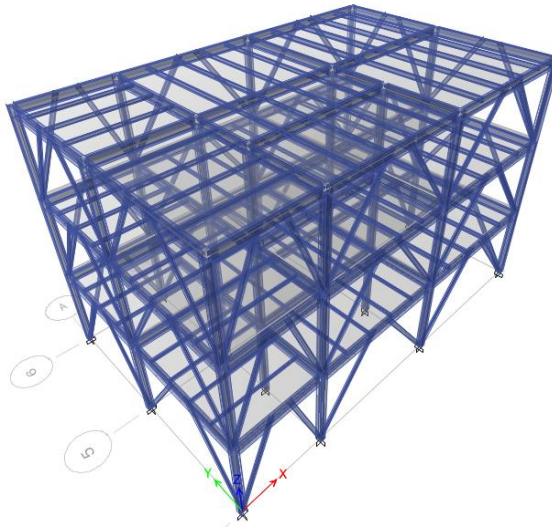
Şekil 3.34. Çelik yapı merkezi ters V görünümü



a) Yapı kat planı

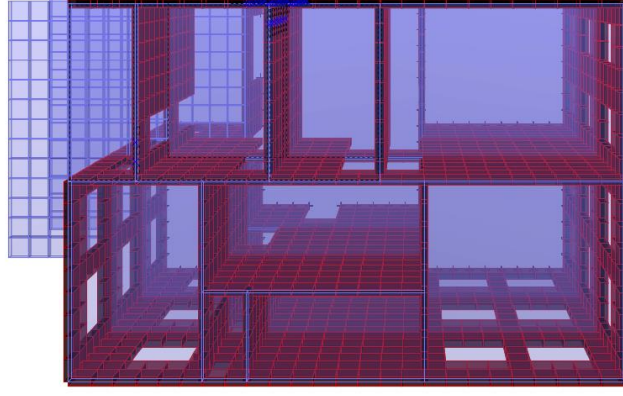


b) Üç boyutlu görünümü

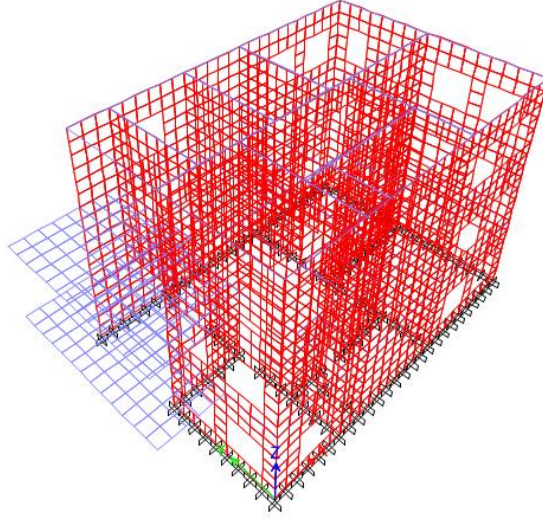


c) Yapı dolu gövdeli görünümü

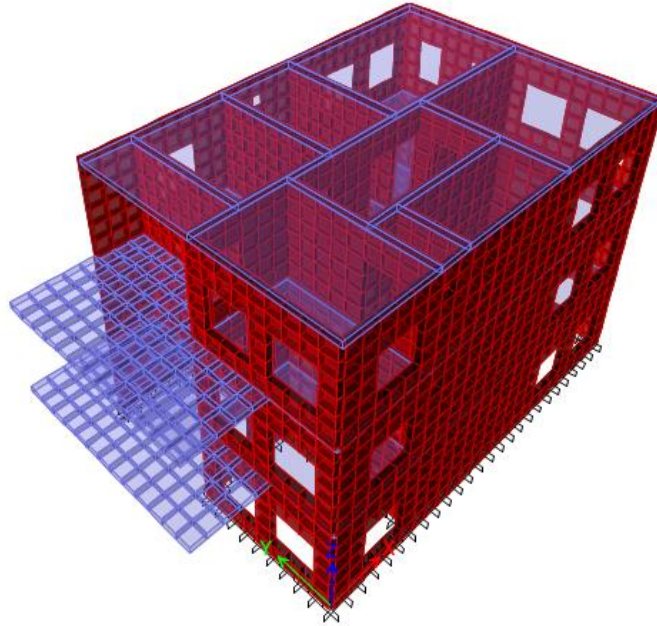
Şekil 3.35. Çelik yapı merkezi ters V – dışmerkez görünümü



a) Yığma yapı üst görünümü

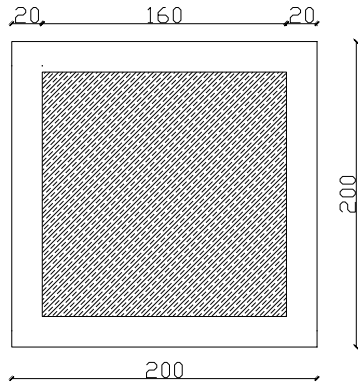


b) Yığma yapı üç boyutlu ağ görünümü

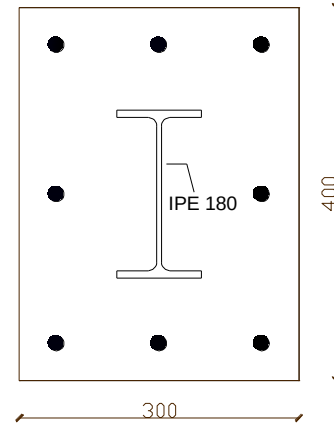


c) Yığma yapı üç boyutlu katı görünümü

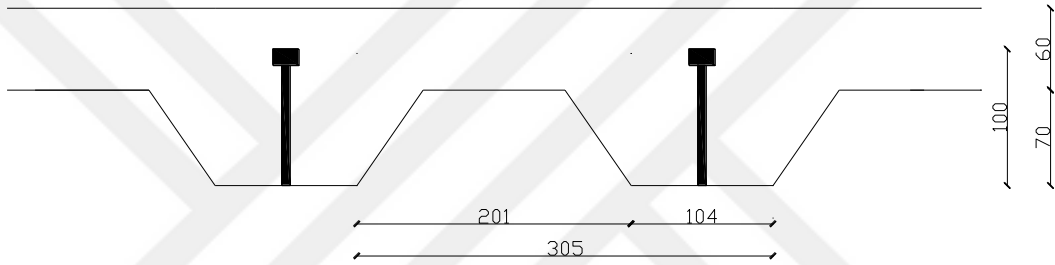
Şekil 3.36. Yığma yapı görünümleri



Şekil 3.37. İçi beton dolu kompozit



Şekil 3.38. Betona gömülü kompozit



Şekil 3.39. Kompozit döşeme

Şekil 3.37’de yapılar güçlendirilirken kullanılan içi beton dolu kompozit kolon Şekil 3.38’de betona gömülü kompozit kolon görünümü mevcuttur. Şekil 3.39’da kompozit döşeme tasarlanırken beton altında kullanılan kompozit trapez sac boyutları mevcuttur.

Çizelge 3.2’de tasarlanan yapılara ait modellerin açıklamaları mevcuttur. Çalışmada ele alınan yapı sistemleri Model 1, Model 6, Model 11, Model 16 ve Model 21’de belirtildiği gibi herhangi bir güçlendirme yapılmadan tasarlanmıştır. Güçlendirme sırasında kompozit kolon iki şekilde gözönüne alınmıştır. Kompozit kolon çelik ve betonarme yapılarda öncelikle Şekil 3.38’deki gibi betona gömülü kompozit kolonlu olarak Model 2,7,12 ve 17’de belirtildiği gibi modellenmiştir. Daha sonra kolonlar Şekil 3.37’ da gösterildiği gibi içi beton dolu kompozit kolon olarak Model 3,8,13,18’deki belirtildiği gibi modellenmiştir.

Betonarme yapı Model 4’de belirtildiği gibi kompozit döşemeli-betonarme kolonlu olarak tasarlanmıştır. Kompozit döşeme tasarımı yapılırken beton altında Şekil 3.39’da gösterilen trapez sac boyutları kullanılmaktadır. Model 9,14 ve 19’da çelik yapı türleri şekil 3.39’deki beton altı trapez sac kullanılarak kompozit döşemeli-çelik kolonlu ve kirişli olarak modellenmiştir.

Model 5’de belirtildiği gibi betonarme yapı betona gömülü kompozit kolonlu ve kompozit döşemeli olarak tasarlanmıştır. Kompozit kolon oluşturulurken Şekil 3.38, kompozit döşemede beton altı sacı oluşturulurken Şekil 3.39 kullanılmıştır. Model 10, 15 ve 20 oluşturulurken çelik yapı sistemi kompozit döşemeli ve kompozit kolonlu olarak tasarlanmıştır. Kompozit kolon Şekil 3.38’deki gibi betona gömülü olarak alınmış, kompozit döşeme oluşturulurken ise Şekil 3.39 beton altı trapez sacı kullanılmıştır.

Yığma yapı modeli (Model 21), sonlu elemanlar programı kullanılarak shell (kabuk) eleman olarak modellenmiştir. Yığma yapı malzemesi oluşturulurken tuğla malzeme kullanılmıştır. Çizelge 3.4’de tuğla, Çizelge 3.5’de betonarme ve çelik malzemelerin özellikleri mevcuttur.

Çizelge 3.3. Yığma yapının malzeme özelliği

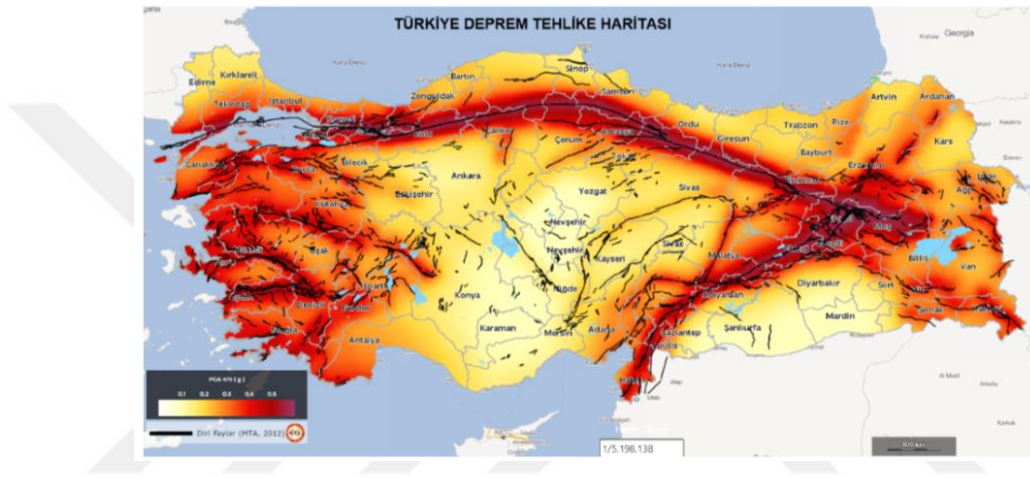
Malzeme	Elastisite Modülü (MPa)	Poisson Oranı	Birim Hacim Ağırlığı (KN/m ³)
Tuğla	3000	0.2	20

Çizelge 3.4. Betonarme ve çelik yapılarda kullanılan malzemeler

Beton	C 25
Çelik	S 235
Donatı	S 420

3.4.1.Yapıların sismik etkiler altında göstermiş olduğu davranış

Ülkemiz deprem kuşağında yer almakta olup günümüze kadar oldukça büyük depremler meydana gelmiştir. Meydana gelen bu depremlerde oldukça can ve mal kaybı meydana gelmiştir. Ülkemizde 1939 Erzincan depremi, 17 Ağustos 1999 Kocaeli depremi , Türkiye Depreminde, 2011 Van depreminde can ve mal kaybı açısından oldukça büyük zararlar meydana gelmiştir. Şekil 3.40'da Türkiye deprem tehlike haritası bulunmaktadır.



Şekil 3.40. Türkiye deprem tehlike haritası (<https://www.afad.gov.tr/tr/24212/Turkiye-Deprem-Tehlike-Haritasi>)

3.4.1.1. Zaman tanım alanı yöntemi

Zaman tanım alanı yönteminde yapı sistemi deprem hareketi etkisinde adım adım çözülmemektedir. Yapı davranışı sistemin boyutlarına bağlı olması nedeniyle projelendirme aşamasında hesaba katılan bir yöntem değildir (Celep, 1996; Ağcakoca, 2004). Deprem etkisinde yapı sisteminin çözümünde zaman tanım alanında adım adım integrasyon yöntemi en çok kullanılan yöntemlerden biridir. Yapı sistemlerinin dinamik davranışını belirlemek için hareket denklemlerinin yazılması gereklidir.

Hareket denklemi:

$$[M][\ddot{u}] + [C][\dot{u}] + [K][u] = [F] \quad (3.65)$$

Burada;

M: Kütle rijitlik matrisi

C: Sönüm matrisi

K: Rijitlik matrisi

F: Dış yük vektörüdür.

Yapı sisteminin yer hareketinin etkisinde olması durumunda F dış vektörü denklem (3.66)' da gösterilmektedir.

$$F = -[M][I]\ddot{u}_g \quad (3.66)$$

[I]: Birim kolon vektör

$\ddot{u}_g$:Yer ivmesi

u:Zamana bağlı hız vektörü

$\dot{u}$:Zamana bağlı yer değiştirme vektörü

$\ddot{u}$: Zamana bağlı ivme vektörü

Bir t zamanından $t + \Delta t$ zamanına gelindiğinde $\Delta u(t)=u(t+\Delta t)-u(t)$ şeklinde yer değiştirmelerde değişimler meydana gelmektedir. Artımlar türünden hareket denklemleri denklem (3.67)' deki gibidir. Zaman tanım alanında adım adım integrasyon yönteminin kullanıldığı doğrusal ivme değişim yöntemi aşağıdaki gibi belirtilmektedir.

$$[M][\Delta \ddot{u}(t)] + [C(t)][\Delta \dot{u}(t)] + [K(t)][\Delta u(t)] = [\Delta F(t)] \quad (3.67)$$

Hız ifadesinin $u(t+\Delta t)$ olup kuvvet serisine açılmaktadır. Serinin ilk üç adımı gözönünde bulundurulduğunda;

$$\dot{u}(t + \Delta t) = \dot{u}(t) + \ddot{u}(t)\Delta t + \ddot{\ddot{u}}(t) \frac{(\Delta t)^2}{2} \quad (3.68)$$

Bu durumda meydana gelen yer değiştirme:

$$u(t + \Delta t) = u(t) + \dot{u}(t)\Delta t + \ddot{u}(t) \frac{(\Delta t)^2}{2} + \ddot{\ddot{u}}(t) \frac{(\Delta t)^3}{6} \quad (3.69)$$

İvmenin doğrusal değiştiği kabul edilirse: $\ddot{\ddot{u}}(t) = \frac{\Delta \ddot{u}(t)}{\Delta t}$ sabit alınmakta ve yukarıdaki denklemler:

$$\Delta \dot{u}(t) = \ddot{u}(t)\Delta t + \Delta \ddot{u}(t) \frac{(\Delta t)^2}{2} \quad (3.70)$$

$$\Delta u(t) = \dot{u}(t)\Delta t + \ddot{u}(t) \frac{(\Delta t)^2}{2} + \Delta \ddot{u}(t) \frac{(\Delta t)^2}{6} \quad (3.71)$$

şekline gelmektedir.Bu denklemlerden hız ve ivme artımlarının hesaplanması sonucunda

$$\Delta\ddot{u}(t) = \frac{6\Delta\Delta(t)}{(\Delta t)^2} - 6\frac{\dot{u}(t)}{\Delta t} - 3\ddot{u}(t) \quad (3.72)$$

$$\Delta\dot{u}(t) = \frac{3\Delta\Delta(t)}{(\Delta t)} - 3\dot{u}(t) - \frac{\ddot{u}(t)\Delta t}{2} \quad (3.73)$$

elde edilmektedir. Elde edilen bu sonuçlar hareket denkleminde yazıldığında yerdeğiştirmedeki artım için denklem (3.74) elde edilmektedir.

$$[K^*(t)][\Delta u(t)] = [\Delta F^*(t)] \quad (3.74)$$

Etkili rijitik ve etkili yük artım vektörleri denklem 6.11 de mevcuttur.

$$[K^*(t)] = [K(t)] + 3\frac{[C(t)]}{\Delta t} + 6\frac{[M]}{(\Delta t)^2} \quad (3.75)$$

$$[\Delta F^*(t)] = [\Delta F(t)] + [M]\left(6\frac{[\dot{u}(t)]}{\Delta t} + 3\ddot{u}(t)\right) + [C(t)]\left(3\dot{u}(t) + [\ddot{u}(t)]\frac{\Delta t}{2}\right) \quad (3.76)$$

Burada:

Etkili rijitik: $[K^*(t)]$

Etkili yük artım vektörleri: $[\Delta F^*(t)]$

$u(t)$ ve $\dot{u}(t)$ değerleri başlangıç şartları olarak veya bir önceki adımın sonuçları olarak belirlenmektedir. İvme vektörü denklem 6.12'de verilmektedir.

$$[\ddot{u}(t)] = ([F(t)] - [C(t)][\dot{u}(t)] - [K(t)][u(t)])[M]^{-1} \quad (3.77)$$

Bu işlemlerden sonra etkili rijitlik matrisi, etkili yük artım vektörü ve yer değiştirmelerde meydana gelen artım vektörü belirlenmektedir. Yerdeğiştirmelerden meydana gelen artım denklem (3.74) ile hızlarda meydana gelen artım ise denklem (3.73) ile hesaplanmaktadır.

Sonuç olarak: Hız ve yerdeğiştirme değerleri denklem (3.78) ve (3.79) ile belirlenmektedir.

$$u(t + \Delta t) = u(t) + \Delta v(t + \Delta t) \quad (3.78)$$

$$\dot{u}(t + \Delta t) = \dot{u}(t) + \Delta \dot{u}(t + \Delta t) \quad (3.79)$$

(Celep 2000; Celep 2001; Çağlar 2001; Akkoca 2004).

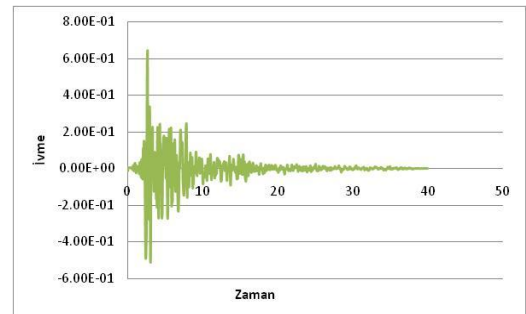
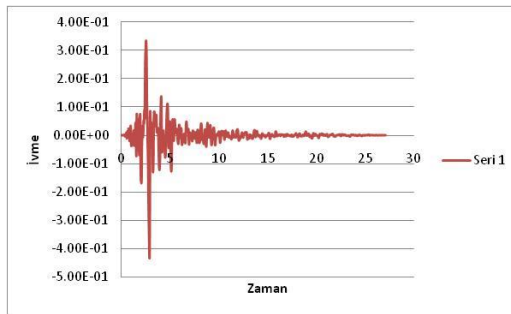
Analiz sonuçlarındaki doğruluk zaman adımının küçölmesine bağlıdır. Yaklaşık olarak belirlenen periyodun onda birinden küçük zaman adımları kabul edilerek

yapılan analiz sonuçları daha güvenilir. Çok serbestlik dereceli sistemlerin analizlerinde de serbestlik dereceleri arttırılıp yüksek mod değerleri işleme katılması durumunda bu mod durumlarındaki periyotlar küçülecek bu durumda zaman adımıda küçülecektir (Akkoca, 2004).

Çalışmada, deprem analizleri sırasında yapı modellerine zaman tanım alanında analiz yöntemi uygulanmıştır. Analizlerde zamana bağlı farklı özelliklerde 5 adet deprem ivme kaydı kullanılmıştır. Çizelge 3.5’de analizlerde kullanılan depremlerin özellikleri, Şekil 3.41’de depremlerin zamana bağlı ivme kayıtları bulunmaktadır.

Çizelge 3.5. Analizlerde kullanılan depremlerin özellikleri (<http://peer.berkeley.edu>)

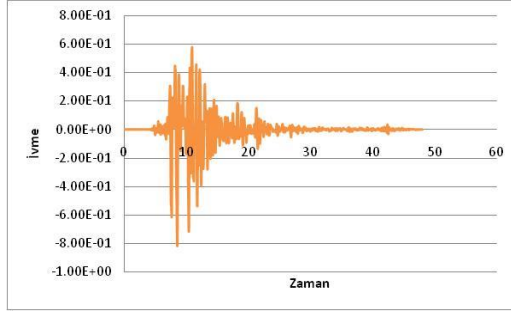
No	Deprem	Tarih	Moment Büyüklük (M_w)	Kayıt	Yer Hızı (cm/s)	Yer ivmesi (g)	Odak Uzaklığı (km)	Tip
1	Coyote Lake	06/08/1979	5.8	G06230	49.2	0.4339	3.1	Yanal Atımlı
2	Loma Prieta	18/10/1989	7.1	CLS000	55.2	0.6437	5.1	Ters Oblik Atımlı
3	Kobe	16/01/1995	6.9	KJM000	79.3	0.8213	6.9	Yanal Atımlı
4	Livemore	27/01/1980	7.4	LMO355	9.8	0.252	8.0	Yanal Atımlı
5	Anza [Horse Canyon]	25/02/1980	4.9	RDA045	6.7	0.097	19.6	Yanal Atımlı



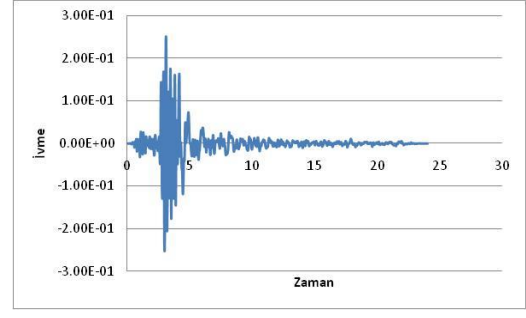
a) Coyote Lake depreminin zamana bağlı ivme kaydı

b) Loma Prieta depreminin zamana bağlı ivme kaydı

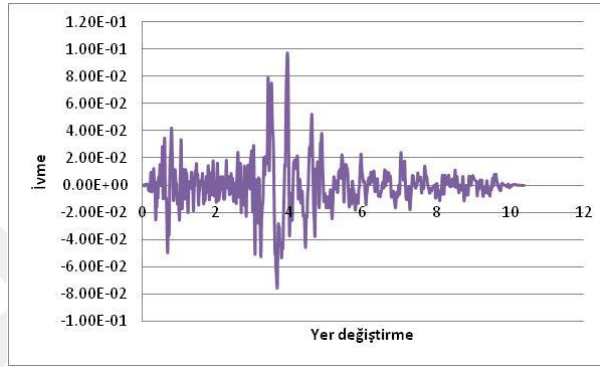
Şekil 3.41. Analizlerde kullanılan depremlere ait ivme zaman grafikleri



c) Kobe depreminin zamana bağlı ivme kaydı



d) Livemor depreminin zamana bağlı ivme kaydı



b) Anza depreminin zamana bağlı ivme kaydı

Şekil 3.41. Analizlerde kullanılan depremlere ait ivme zaman grafikleri (Devam)

3.4.1.2. Mod birleştirme yöntemi ile analiz

Bina kullanım sınıfları; binaların kullanım amaçlarına uygun olarak belirlenmektedir.

Deprem yer hareketi düzeyleri:

Yönetmelikte dört farklı deprem yer hareketi düzeyi mevcut olup bu düzeyler; Deprem yer hareketi düzeyi 1 (DD-1): Spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %2 ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 2475 yıl olduğu çok seyrek yer hareketi özelliğinde olup en büyük deprem yer hareketidir.

Deprem yer hareketi düzeyi 2 (DD-2): Spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %10 ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 475 yıl olduğu çok seyrek yer hareketi özelliğinde olup standart tasarım deprem yer hareketidir.

Deprem yer hareketi düzeyi 3 (DD-3): Spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %50 ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 72 yıl olduğu sık deprem yer hareketidir.

Deprem yer hareketi düzeyi 4 (DD-4): Spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %68 ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 43 yıl olduğu çok sık deprem yer hareketidir. Servis deprem yer hareketi olarak da adlandırılmaktadır.

Standart deprem yer hareketi spektrumları:

Deprem yer hareketi spektrumları, belli bir deprem hareketi düzeyi esas alınarak %5 sönüm oranı için harita spektral ivme katsayıları ve yerel zemin etki katsayılarına bağlı olarak özel deprem tehlikesi analizleri ile belirlenmektedir.

S_s : Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı

S_1 : 1 sn periyot için harita spektral ivme katsayısı

S_s ve S_1 tasarım spektral ivme katsayılarına dönüştürülmektedir.

$$S_{DS} = S_s F_s \quad (3.80)$$

$$S_{D1} = S_1 F_1 \quad (3.81)$$

F_s, F_1 ; Yerel zemin etki katsayıları

Yatay ve düşey elastik tasarım spektrumları tasarım spektral ivme katsayılarından yararlanılarak elde edilmektedir. Yerel Zemin Etki Katsayıları (F_s, F_1) belirlenmesi Çizelge 3.6 ve Çizelge 3.7 ile belirlenmektedir.

Çizelge 3.6. Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayıları (Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, 2018; <https://tdth.afad.gov.tr/TDTH/>)

Yerel Zemin Sınıfı	Kısa periyot bölgesi için Yerel Zemin Etki Katsayısı F_s					
	$S_s \leq 0.25$	$S_s = 0.50$	$S_s = 0.75$	$S_s = 1.00$	$S_s = 1.25$	$S_s \geq 1.50$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
ZC	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2
ZD	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
ZE	2.4	1.7	1.3	1.1	0.9	0.8
ZF	Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır.					

Çizelge 3.7. 1 sn periyot için yerel zemin etki katsayıları (Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, 2018; <https://tdth.afad.gov.tr/TDTH/>)

Yerel Zemin Sınıfı	1.0 saniye periyot için Yerel Zemin Etki Katsayısı F_1					
	$S_1 \leq 0.10$	$S_1 = 0.20$	$S_1 = 0.30$	$S_1 = 0.40$	$S_1 = 0.50$	$S_1 \geq 0.60$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZC	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4
ZD	2.4	2.2	2.0	1.9	1.8	1.7
ZE	4.2	3.3	2.8	2.4	2.2	2.0
ZF	Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır.					

Yatay Elastik Tasarım Spektrumu;

Ele alınan bir deprem yer hareketi düzeyi için yatay elastik tasarım ivme spektrumunun ordinatları olan yatay elastik tasarım spektral ivmeleri S_{ae} aşağıdaki şekillerde tanımlanmaktadır.

S_{DS} ve S_{D1} tasarım ivme katsayısı olup T ise doğal titreşim periyodunu göstermektedir. Şekil 3.42’de ivme spektrumu mevcuttur.

Yatay tasarım spektrumu köşe periyotları T_A ve T_B ;

$$S_{ae}(T) = S_{DS} \left(0.4 + 0.6 \frac{T}{T_A} \right) \quad (0 \leq T \leq T_A) \quad (3.82)$$

$$S_{ae}(T) = S_{DS} \quad (T_A \leq T \leq T_B) \quad (3.83)$$

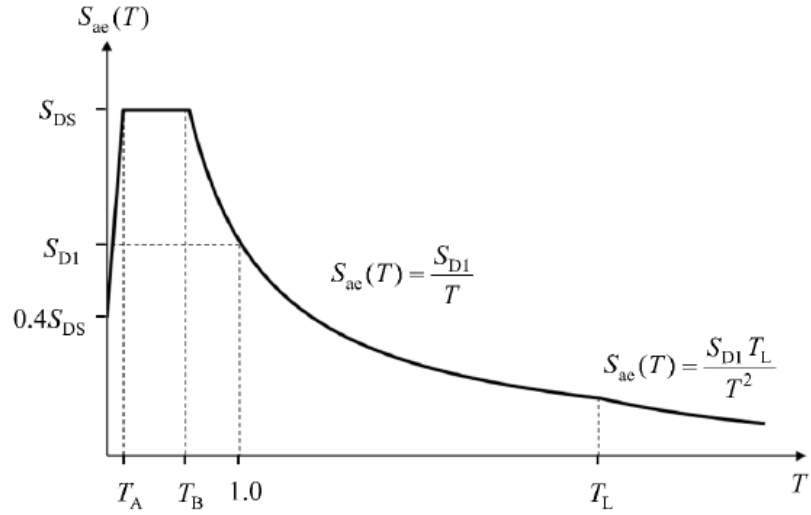
$$S_{ae}(T) = \frac{S_{D1}}{T} \quad (T_B \leq T \leq T_L) \quad (3.84)$$

$$S_{ae}(T) = \frac{S_{D1} T_L}{T^2} \quad (T_L \leq T) \quad (3.85)$$

$$T_A = 0.2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (3.86)$$

$$T_B = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (3.87)$$

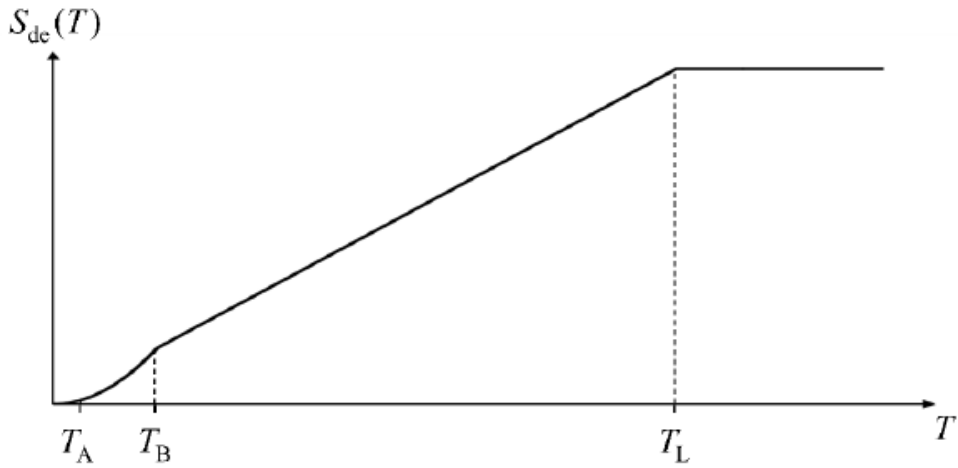
Sabit yerdeğiştirme bölgesine geçiş periyodu $T_L=6$ s alınmaktadır.



Şekil 3.42. İvme Spektrumu

Ele alınan deprem yer hareketi düzeyi için yatay elastik deprem yerdeğiştirme spektrumunun ordinatları $S_{de}(T)$ ve doğal titreşim periyoduna bağlı olarak belirlenmektedir. Şekil 3.43’de yer değiştirme spektrumu mevcuttur.

$$S_{de}(T) = \frac{T^2}{4\pi^2} g S_{ae}(T) \quad (3.88)$$



Şekil 3.43. Yer değiştirme spektrumu

Düşey elastik tasarım spektrumu:

Ele alınan deprem yer hareketi düzeyi için düşey elastik tasarım ivme spektrumunun ordinatları; $S_{aeD}(T)$, yatay deprem yer hareketi için tanımlanan kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısına ve doğal titreşim periyoduna

bağlı olarak belirlenmektedir. T_{AD} , T_{BD} ve T_{LD} aşağıdaki şekilde belirlenmektedir. Şekil 3.44’de düşey elastik spektrumu mevcuttur. Çizelge 3.8’de zemin sınıfları mevcuttur (<https://tdth.afad.gov.tr/TDTH/>).

$$S_{aeD}(T) = S_{DS}(0.32 + 0.48 \frac{T}{T_{AD}}) \quad (0 \leq T \leq T_{AD}) \quad (3.89)$$

$$S_{ae}(T) = 0.8S_{DS} \quad (T_{AD} \leq T \leq T_{BD}) \quad (3.90)$$

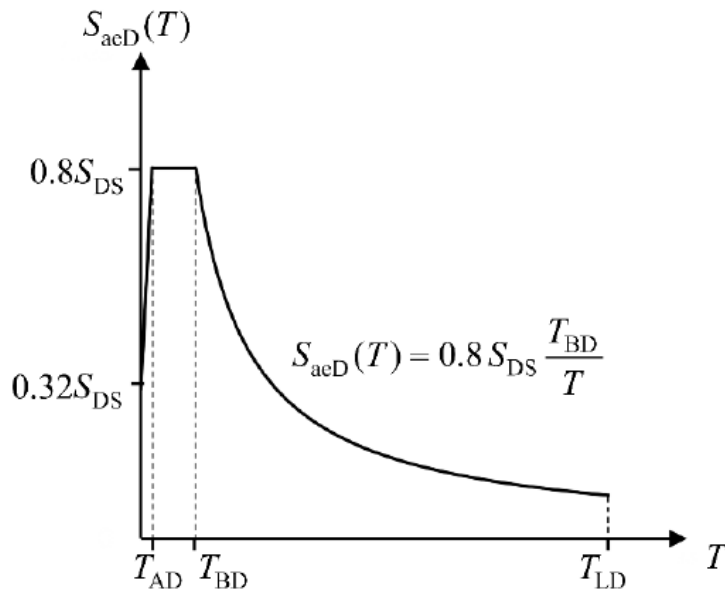
$$S_{ae}(T) = \frac{S_{D1}}{T} \quad (T_B \leq T \leq T_L) \quad (3.91)$$

$$S_{aeD}(T) = 0.8S_{DS} \frac{T_{BD}}{T} \quad (T_{BD} \leq T \leq T_{LD}) \quad (3.92)$$

$$T_{AD} = \frac{T_A}{3} \quad (3.93)$$

$$T_{BD} = \frac{T_B}{3} \quad (3.94)$$

$$T_{LD} = \frac{T_L}{3} \quad (3.95)$$



Şekil 3.44. Düşey Elastik tasarım spektrumu

Çizelge 3.8. Zemin sınıfları (<https://tdth.afad.gov.tr/TDTH/>)

Yerel Zemin Sınıfı	Zemin Cinsi	Üst 30 metrede ortalama		
		(Vs) ₃₀	(N ₆₀) ₃₀	(Cu) ₃₀
ZA	Sağlam Sert Kayalar	>1500	-	-
ZB	Az ayrıışmış, orta sağlam kayalar	760-1500	-	-
ZC	Çok sıkı kum, çakıl ve sert kil tabakaları veya ayrıışmış, çok çatlaklı zayıf kayalar	360-760	>50	>250
ZD	Orta sıkı- sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları	180-360	15-50	70-250
ZE	Gevşek kum, çakıl veya yumuşak -katı kil tabakaları veya Pl >20 ve w>%40 koşullarını sağlayan toplamda 3 metreden daha kalın yumuşak kil tabakası (Cu<25 kPa) içeren profiller	<180	<15	<70
ZF	Sahaya özel araştırma ve değerlendirme gerektiren zeminler: 1) Deprem etkisi altında çökme ve potansiyel çökme riskine sahip zeminler, (sıvılaşabilir zeminler, yüksek derecede hassas killer, göçebilir zayıf çimentolu zeminler vb.) 2) Toplam kalınlığı 3 metreden fazla turba ve/veya organik içeriği yüksek killer, 3) Toplam kalınlığı 8 metreden fazla olan yüksek plastisiteli (Pl>50) killer, 4) Çok kalın (>35 m) yumuşak veya orta katı killer			

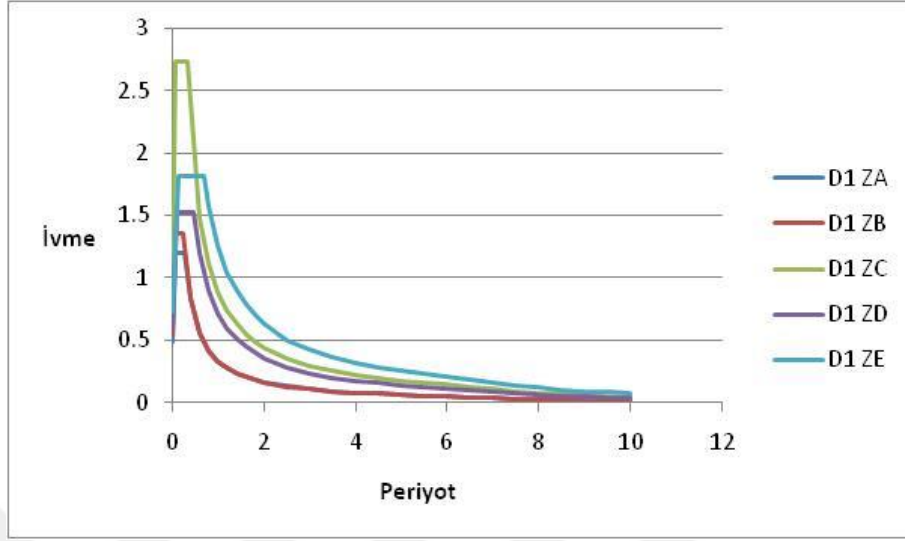
3.4.1.3. Yapı sistemlerinin mod birleştirme yöntemi analizlerinde kullanılan davranış spektrumları

Spektrum eğrileri İstanbul Avcılar gözönüne alınarak oluşturulmuştur. Çizelge 3.9'da tüm deprem düzeyleri ve tüm deprem sınıflarına ait spektrum eğrileri çiziminde kullanılan değerler mevcuttur (<https://tdth.afad.gov.tr/TDTH/>).

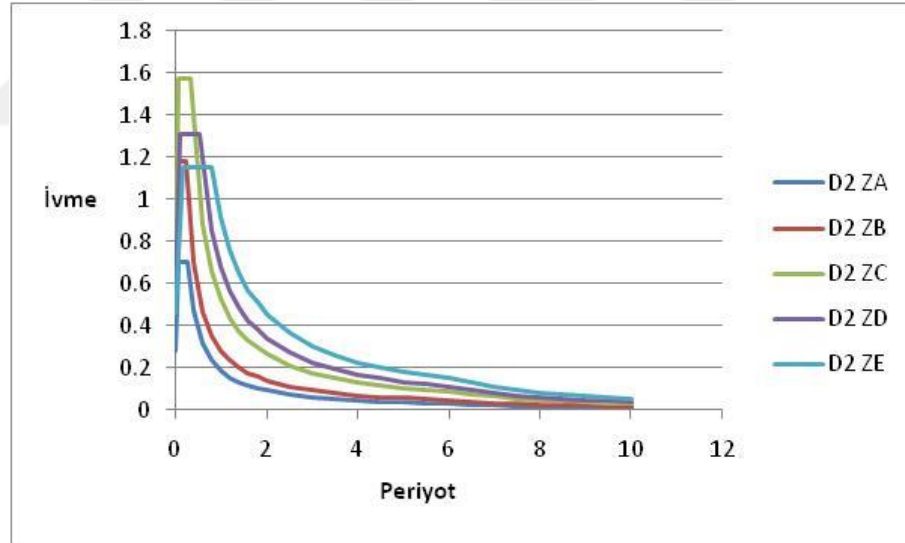
Çizelge 3.9. Spektrum eğrileri oluşturulmasında kullanılan değerler (<https://tdth.afad.gov.tr/TDTH/>)

Deprem düzeyi ve zemin sınıfı	S _s	S ₁	PGA	PGV	F _s	F ₁	S _{DS}	S _{D1}
D1 ZA	2.279	0.632	0.896	56.458	0.80	0.80	1.823	0.506
D1 ZB	2.279	0.632	0.896	56.458	0.90	0.80	2.051	0.506
D1 ZC	2.279	0.632	0.896	56.458	1.20	1.40	2.735	0.885
D1 ZD	2.279	0.632	0.896	56.458	1.00	1.70	2.279	1.074
D1 ZE	2.279	0.632	0.896	56.458	0.80	2.00	1.823	1.264
D2 ZA	1.310	0.352	0.535	32.848	0.80	0.80	1.048	0.282
D2 ZB	1.310	0.352	0.535	32.848	0.90	0.80	1.179	0.282
D2 ZC	1.310	0.352	0.535	32.848	1.20	1.50	1.572	0.528
D2 ZD	1.310	0.352	0.535	32.848	1.00	1.948	1.310	0.686
D2 ZE	1.310	0.352	0.535	32.848	0.876	2.592	1.148	0.912
D3 ZA	0.476	0.123	0.203	12.417	0.80	0.80	0.381	0.098
D3 ZB	0.476	0.123	0.203	12.417	0.90	0.80	0.428	0.098
D3 ZC	0.476	0.123	0.203	12.417	1.30	1.50	0.619	0.185
D3 ZD	0.476	0.123	0.203	12.417	1.419	2.354	0.676	0.290
D3 ZE	0.476	0.123	0.203	12.417	1.767	3.993	0.841	0.491
D4 ZA	0.293	0.075	0.127	7.479	0.80	0.80	0.234	0.060
D4 ZB	0.293	0.075	0.127	7.479	0.90	0.80	0.264	0.060
D4 ZC	0.293	0.075	0.127	7.479	1.30	1.50	0.381	0.113
D4 ZD	0.293	0.075	0.127	7.479	1.566	2.40	0.459	0.180
D4 ZE	0.293	0.075	0.127	7.479	2.28	4.2	0.668	0.315

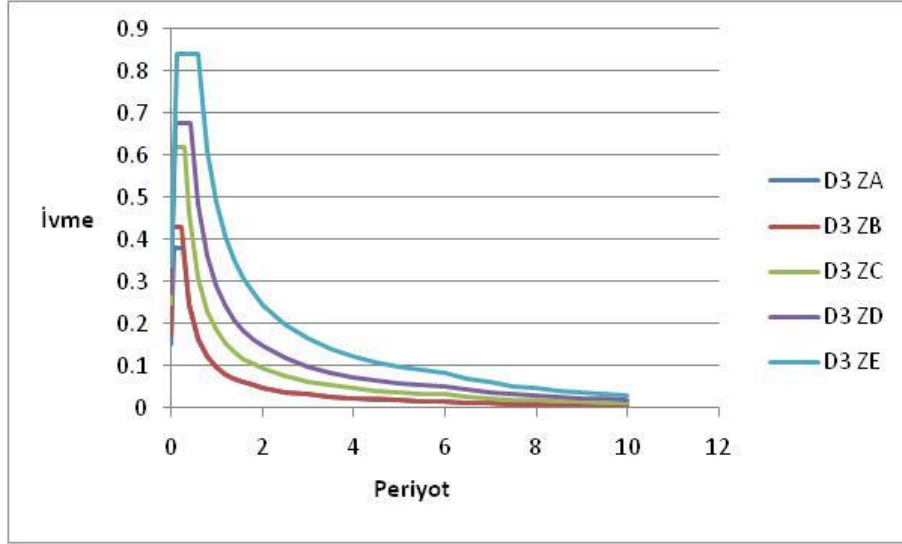
Şekil 3.45-Şekil 3.48’de mod birleştirme yöntemi analizlerinde kullanılan tüm deprem sınıfı ve tüm zemin sınıflarına ait spektrum eğrileri mevcuttur.



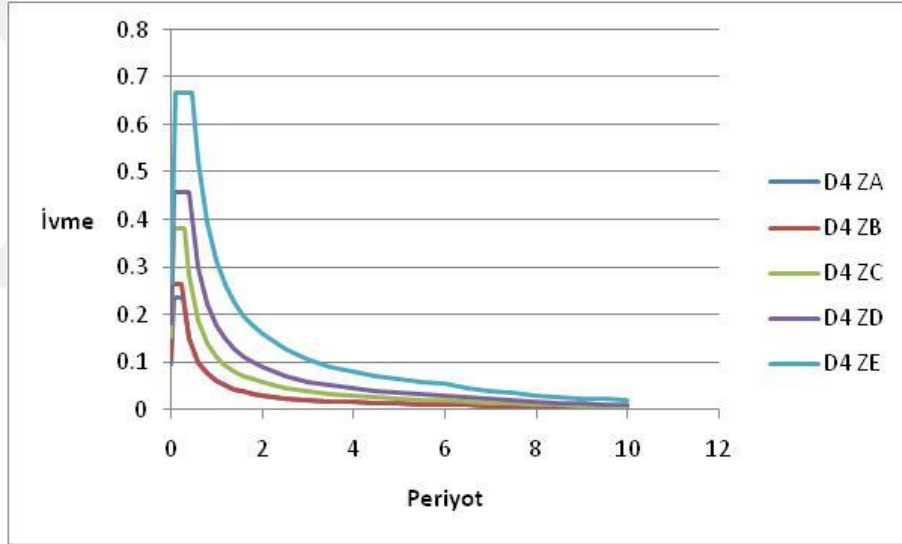
Şekil 3.45. Deprem düzeyi 1 ve zemin sınıflarına göre davranış spektrumu eğrileri



Şekil 3.46. Deprem düzeyi 2 ve zemin sınıflarına göre davranış spektrumu eğrileri



Şekil 3.47. Deprem düzeyi 3 ve zemin sınıflarına göre davranış spektrumu eğrileri



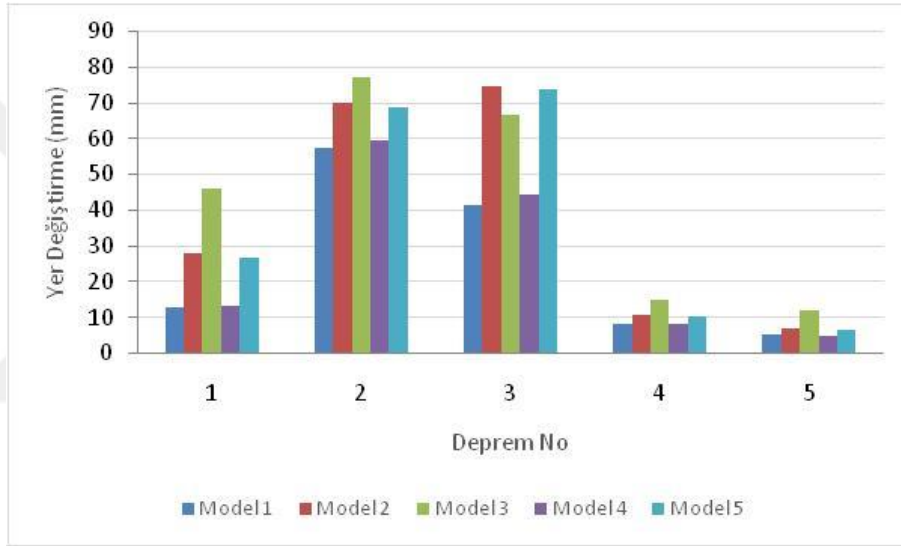
Şekil 3.48. Deprem düzeyi 4 ve zemin sınıflarına göre davranış spektrumu eğrileri

4.ARAŞTIRMA VE BULGULAR

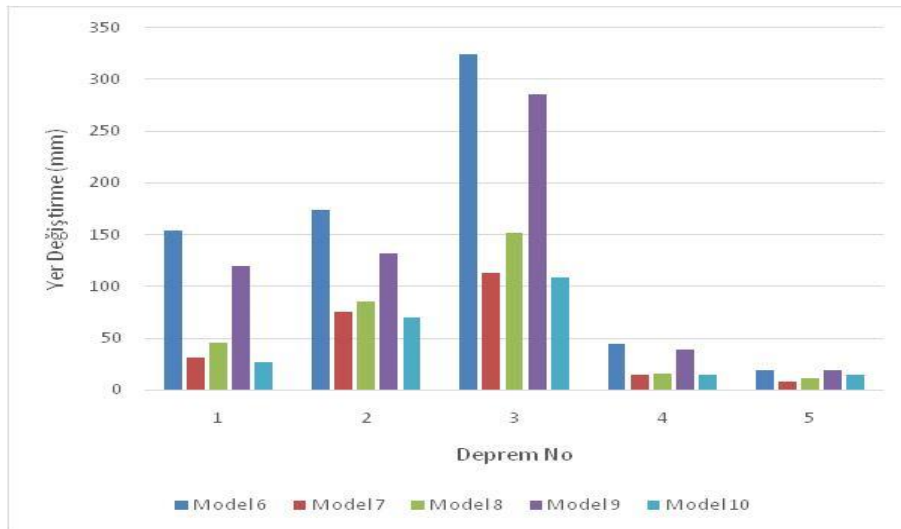
4.1.Zaman Tanım Alanı Yöntemi

4.1.1.Yer değiştirmelerin incelenmesi

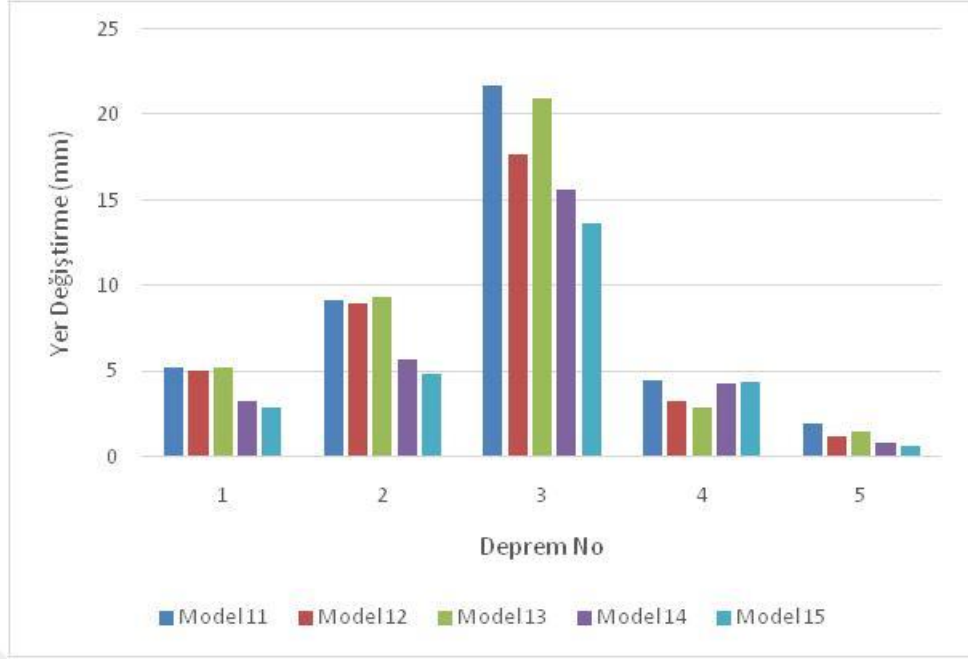
Çelik yapılar incelendiğinde; x yönündeki yer değiştirmeler genel olarak Kobe depreminde en büyük değerdayken bunu 2, 1, 4 ve 5 nolu depremler izlemektedir. Şekil 4.1-Şekil 4.4’de yapıların X yönü yer değiştirme değerleri mevcuttur.



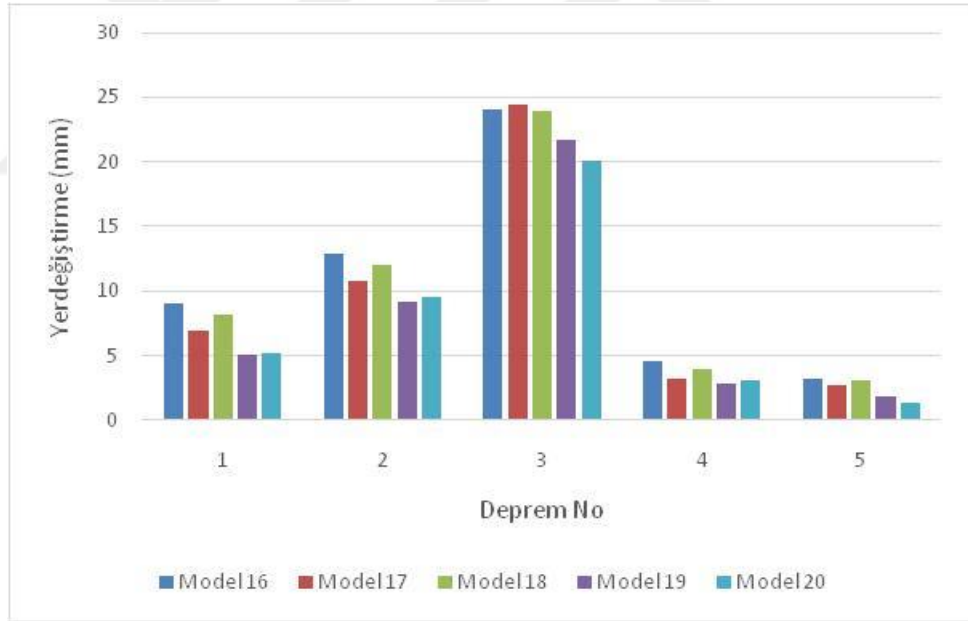
Şekil 4.1. Betonarme yapı X yönü yer değiştirme değerleri



Şekil 4.2. Çelik yapı X yönü yer değiştirme değerleri



Şekil 4.3. Çelik yapı merkezi ters V-X yönü yer değiştirme değerleri



Şekil 4.4. Çelik yapı merkezi ters V dışmerkez X yönü yer değiştirme değerleri

X yönünde; Güçlendirme açısından incelendiğinde;

Çelik yapıda; Kobe depreminde en büyük değerler elde edilmiş olup güçlendirilmemiş durumda (Model 6) 324 mm, kompozit döşemeli çelik kolonlu (Model 9) durumda 286 mm, içi beton dolu kompozit kolonlu kompozit kirişli

(Model 8) durumunda 152 mm, betona gömülü kompozit kolonlu kompozit kirişli yapı durumunda (Model 7) 113,5 mm elde edilirken kompozit döşemeli betona gömülü kompozit kolonlu yapıda (Model 10) 109 mm elde edilmiştir. En büyük yerdeğiştirme güçlendirmesiz durumda, en küçük yer değiştirme kompozit döşemeli betona gömülü kompozit kolonlu yapıda (Model 10) 'da elde edilmektedir.

Çelik yapı merkezi ters V –dışmerkez yapıda 7 nolu depremde güçlendirilmemiş durumda 12,9mm, içi beton dolu kompozit kolonlu kompozit kirişli yapıda (Model 18)12 mm, betona gömülü kompozit kolonlu kompozit kirişli yapı durumunda (Model 17) 10,8mm, kompozit döşemeli betona gömülü kompozit kolonlu yapıda (Model 20) 9,mm, kompozit döşemeli çelik kolonlu (Model 19) yapıda 9,2 mm elde edilmekte iken 8 nolu depremde en büyük yerdeğiştirme güçlendirilmemiş durumda 25,mm, betona gömülü kompozit kolonlu kompozit kirişli yapı durumunda (Model 17) 24,4mm, içi beton dolu kompozit kolonlu kompozit kirişli yapıda (Model 18) 23,9mm, kompozit döşemeli çelik kolonlu yapıda (Model 19) 21,7mm kompozit döşemeli betona gömülü kompozit kolonlu yapıda (Model 20) 20,1mm elde edilmektedir. Diğer depremlerde incelendiğinde genel olarak kompozit döşemeli betona gömülü kompozit kolonlu yapıda (Model 20) ve kompozit döşemeli çelik kolonlu yapıda (Model 19) en küçük değerler elde edildiği görülmektedir. Betonarme yapı durumunda 7 nolu depremde en büyük yerdeğiştirme içi beton dolu kompozit kolonlu kompozit kirişli yapıda (Model 2) 77,2 mm oluşurken betona gömülü kompozit kolonlu betonarme döşemeden oluşan yapı durumunda (Model 2) 70mm, kompozit döşemeli betona gömülü kompozit kolonlu yapıda (Model 5) 68,8mm, kompozit döşemeli betonarme kolonlu yapıda (Model 4) 59,7mm ve güçlendirilmemiş durumda (Model 1) 57,5 mm elde edilmiştir. Genel olarak içi beton dolu kompozit kolonlu kompozit kirişli yapıda (Model 2) en büyük değer oluşurken en küçük değer güçlendirilmemiş durumda (Model 1) elde edilmiştir.

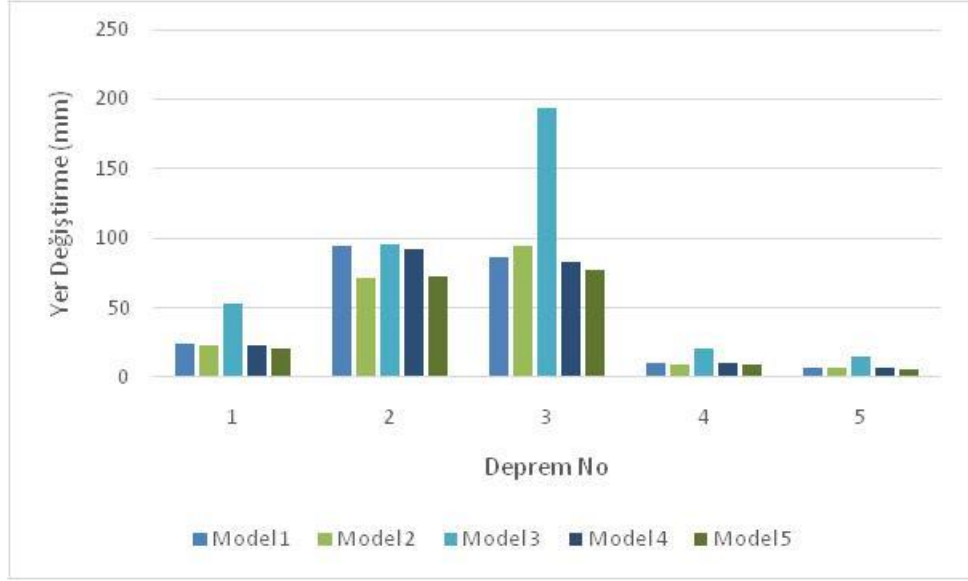
Yapı türleri açısından incelendiğinde;

En büyük yerdeğiştirme Kobe depreminde çelik yapı türünde güçlendirilmemiş durumda (Model 6) 324 mm iken bunu 41,4 mm ile betonarme yapı (Model 1),

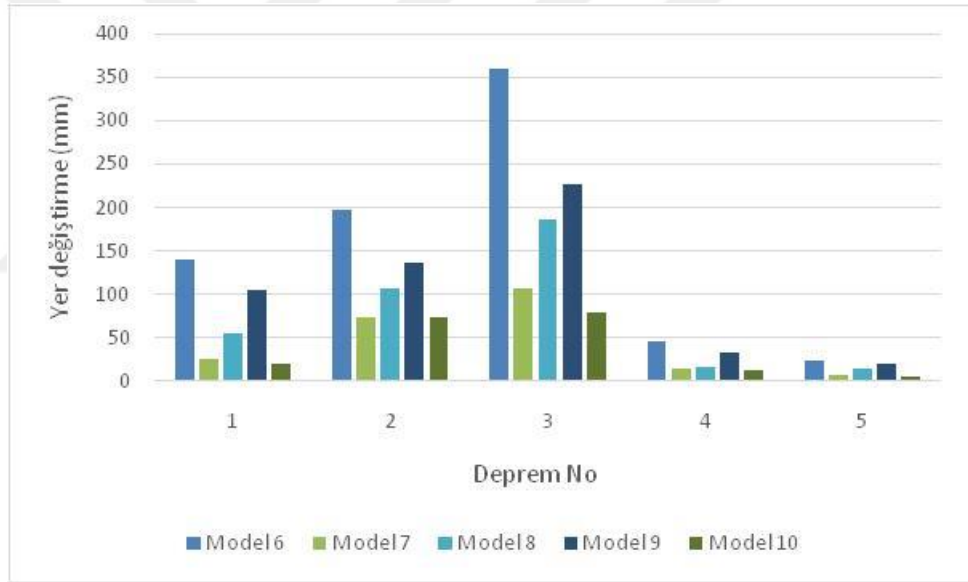
24,1 mm ile çelik yapı merkezi ters V dışmerkez yapı ve çelik yapı merkezi ters V yapısı izlemektedir.

Depremler açısından incelendiğinde;

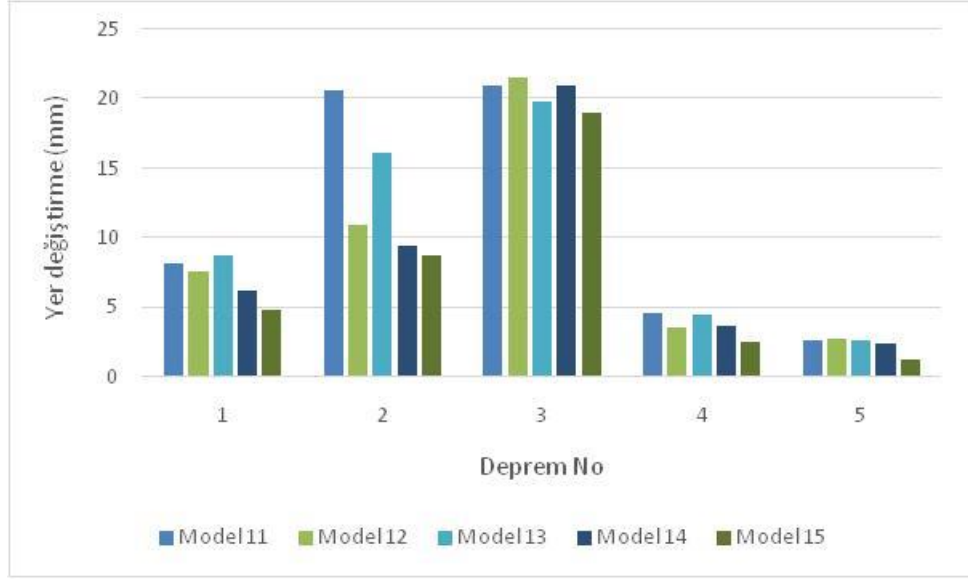
Çelik yapı güçlendirilmemiş durumda (Model 6) ele alındığında; en büyük yer değiştirme Kobe depreminde; 324mm elde edilirken, 2 nolu depremde; 174mm, 1 nolu depremde 154 mm 4 nolu depremde 44 mm, 5 nolu depremde 18.5 mm elde edilmiştir. Çelik yapı kompozit döşemeli çelik kolonlu yapı (Model 9) ele alındığında; en büyük yer değiştirme Kobe depreminde; 286mm elde edilirken, 2 nolu depremde; 132,2 mm, 1 nolu depremde 119,8 mm 4 nolu depremde 38,9 mm, 5 nolu depremde 19,1 mm elde edilmiştir. Çelik yapı içi beton dolu kompozit kolonlu kompozit kirişli yapı (Model 8) ele alındığında; en büyük yer değiştirme Kobe depreminde; 152 mm elde edilirken, 2 nolu depremde; 84,9 mm, 1 nolu depremde 45,9 mm 4 nolu depremde 15,3 mm, 5 nolu depremde 11 mm elde edilmiştir. Çelik yapı betona gömülü kompozit kolonlu kompozit kirişli durum (Model 7) ele alındığında; en büyük yer değiştirme Kobe depreminde; 113.5 mm elde edilirken, 2 nolu depremde; 75.2 mm, 1nolu depremde 30.5 mm 4 nolu depremde 14.5 mm, 5 nolu depremde 7.5 mm elde edilmiştir. Çelik yapı kompozit döşemeli betona gömülü kompozit kolonlu yapı durumu ele alındığında; en büyük yerdeğiştirme Kobe depreminde; 109 mm elde edilirken, 2 nolu depremde; 70 mm, 1 nolu depremde 27 mm 4 nolu depremde 14,7 mm, 5 nolu depremde 14,6 mm elde edilmiştir. En büyük yer değiştirme çelik yapı güçlendirilmemiş durumda (Model 6) oluşurken bunu kompozit döşemeli çelik kolonlu yapı (Model 9), içi beton dolu kompozit kolonlu kompozit kirişli yapı (Model 8), betona gömülü kompozit kolonlu kompozit kirişli yapı (Model 7) ve kompozit döşemeli betona gömülü kompozit kolonlu yapı (Model 10) izlemektedir.



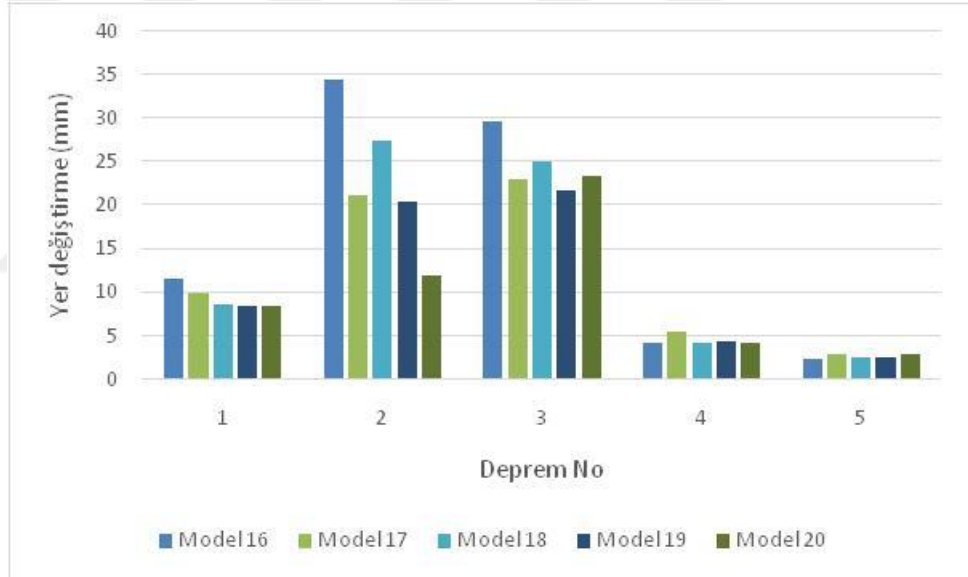
Şekil 4.5. Betonarme yapı Y yönü yer değiştirme değerleri



Şekil 4.6. Çelik yapı Y yönü yer değiştirme değerleri



Şekil 4.7. Çelik yapı merkezi ters V - Y yönü yer değiştirme değerleri



Şekil 4.8. Çelik yapı merkezi ters V dışmerkez Y yönü yer değiştirme değerleri

Şekil 4.5-Şekil 4.8'de yapıların Y yönü yer değiştirme değerleri mevcuttur.

Güçlendirme Açısından İncelendiğinde;

Y yönünde çelik yapı merkezi ters V-dış merkez yapıda güçlendirilmemiş durumda (Model 16) en büyük yer değiştirme meydana gelirken bunu içi beton dolu kompozit kolonlu kompozit kirişli yapı (Model 18), betona gömülü kompozit kolonlu kompozit kirişli yapı (Model 17), kompozit döşemeli-çelik kolonlu yapı (Model 19), ve kompozit döşemeli-betona gömülü kompozit kolonlu yapı (Model 20) izlemektedir. Güçlendirilmemiş durumda (Model 16)

Kobe depreminde 29,6mm, betona gömülü kompozit kolonlu kompozit kirişli yapıda (Model 17), 23mm, içi beton dolu kompozit kolonlu kompozit kirişli yapıda 25 mm, kompozit döşemeli-çelik kolonlu yapıda (Model 19) 21,7mm ve kompozit döşemeli-betona gömülü kompozit kolonlu yapıda (Model 20) 23,4 mm elde edilmektedir.

Çelik yapı merkezi ters V durumunda; en büyük yer değiştirme güçlendirmesiz durumda (Model 11) meydana gelirken bunu genel olarak içi beton dolu kompozit kolonlu kompozit kirişli yapı (Model 13), betona gömülü kompozit kolonlu kompozit kirişli yapı (Model 12), kompozit döşemeli çelik kolonlu yapı (Model 14) ve kompozit döşemeli-betona gömülü kompozit kolonlu yapı (Model 15) izlemektedir.

2 nolu depremde güçlendirmesiz durumda (Model 11) 20,6mm, içi beton dolu kompozit kolonlu kompozit kirişli yapıda (Model 13) 16mm, betona gömülü kompozit kolonlu kompozit kirişli yapıda (Model 12) 11mm, kompozit döşemeli-çelik kolonlu yapıda (Model 14) 9,5mm, kompozit döşemeli-betona gömülü kompozit kolonlu yapıda (Model 15) 8,7mm elde edilmiştir. En büyük yer değiştirme güçlendirilmesiz durumda (Model 11) en küçük yer değiştirme kompozit döşemeli betona gömülü kompozit kolonlu yapıda (Model 15) elde edilmiştir.

Çelik yapıda; en büyük yer değiştirme güçlendirilmesiz durumda (Model 6) meydana gelirken bunu kompozit döşemeli çelik kolonlu yapı (Model 9), içi beton dolu kompozit kolonlu kompozit kirişli (Model 8), betona gömülü kompozit kolonlu kompozit kirişli yapı (Model 7) ve kompozit döşemeli betona gömülü kompozit kolonlu yapı (Model 10) izlemektedir. Örneğin; Kobe depreminde; güçlendirilmesiz durumda (Model 6) 359mm, kompozit döşemeli çelik kolonlu yapı (Model 9) 226mm, içi beton dolu kompozit kolonlu kompozit kirişli yapıda (Model 8) 187mm, betona gömülü kompozit kolonlu kompozit kirişli yapı (Model 7) 107,4 ve kompozit döşemeli betona gömülü kompozit kolonlu yapıda (Model 10) 79 mm elde edilmiştir.

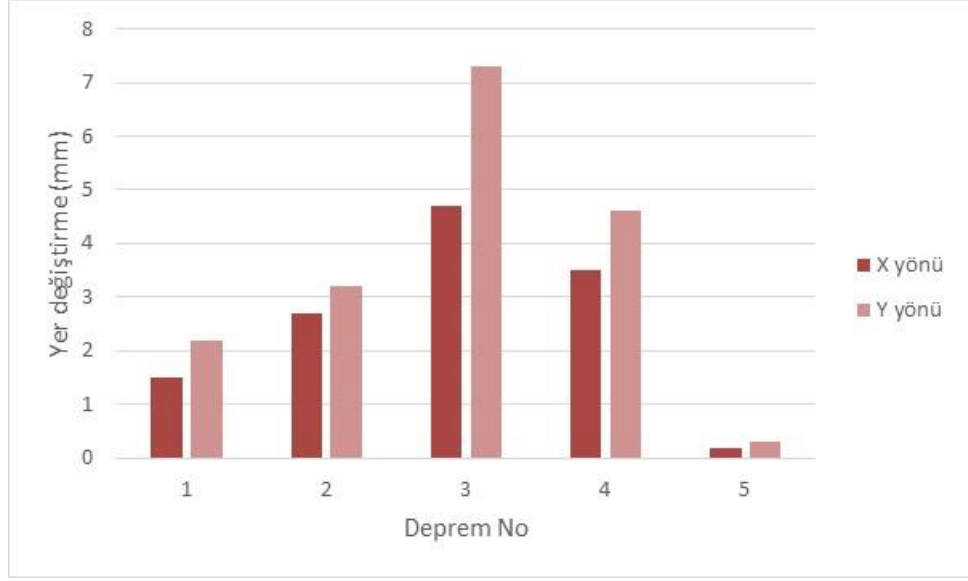
Betonarme yapıda; Kobe depreminde içi beton dolu kompozit kolonlu betonarme döşemeden oluşan yapı (Model 3) 193 mm, betona gömülü kompozit kolonlu betonarme döşemeden oluşan (Model 2) 94,1mm, güçlendirilmemiş durumda 86,5mm (Model 1), betona gömülü kompozit kolonlu kompozit döşemeli yapı (Model 5) 77,7 mm elde edilmiştir. En büyük yer değiştirme içi beton dolu kompozit kolonlu betonarme döşemeden oluşan yapıda (Model 3) oluşurken en küçük yer değiştirme betona gömülü kompozit kolonlu kompozit döşemeli yapıda (Model 5) oluşmaktadır.

Yapılar türleri açısından incelendiğinde;

Y yönünde en büyük yerdeğiştirmeler çelik yapı durumunda oluşurken bunu betonarme yapı, çelik yapı merkezi ters V dış merkez, çelik yapı merkezi ters V izlemektedir. Kobe depreminde çelik yapı güçlendirmesiz durumda yer değiştirme 359mm iken betonarme yapıda 86.5mm, çelik yapı merkezi ters V dışmerkez durumunda 29.6mm çelik yapı merkezi ters V durumunda 24.5mm elde edilmiştir. Güçlendirilmiş durumlar içinde aynı sıra mevcuttur.

Depremler açısından incelendiğinde;

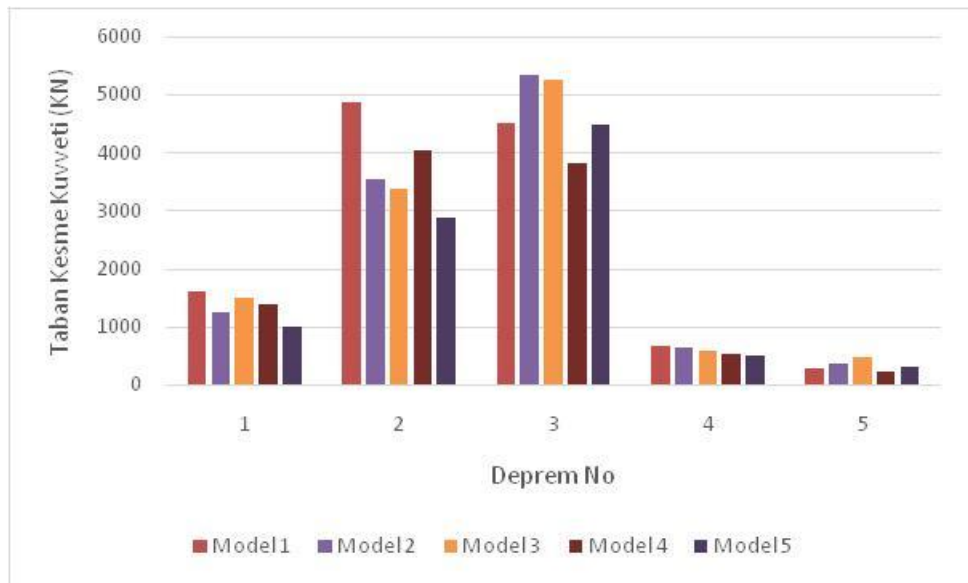
Y yönünde en büyük yer değiştirme değeri Kobe depreminde elde edilirken en küçük yer değiştirme 5 nolu depremde elde edilmektedir. Örneğin; çelik yapıda Kobe depreminde 359 mm yer değiştirme elde edilirken 2 nolu depremde 197,5 mm 1 nolu depremde 141 mm, 4 nolu depremde 46 mm ve 5 nolu depremde 23,2 mm elde edilmektedir. Bu değerler depremin büyüklüğü, etkin ivme katsayısı ve odak derinliğine bağlı olarak değişmektedir.



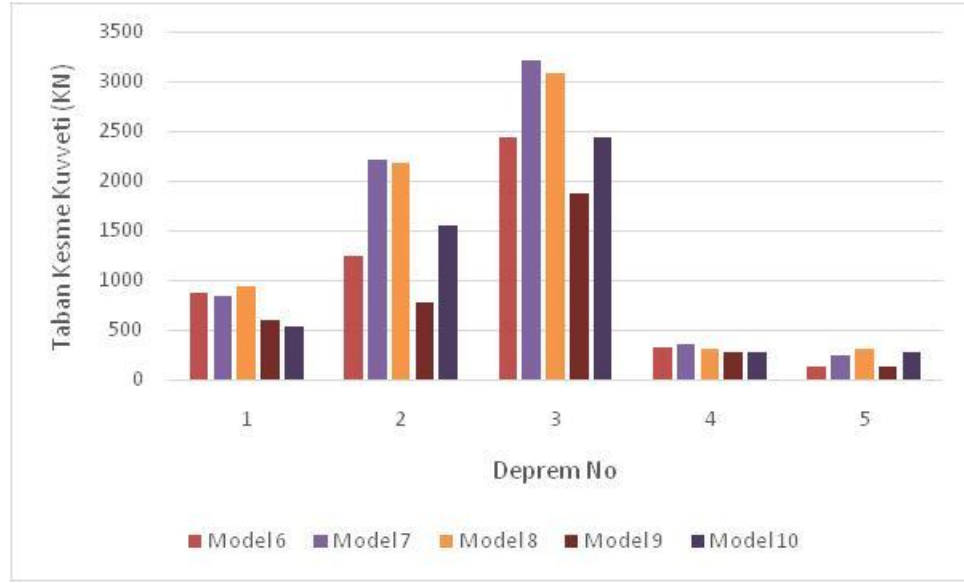
Şekil 4.9. Yığma yapının X ve Y yönlerinde elde edilen yer değiştirme değerleri

Şekil 4.9’ da yığma yapının X ve Y yönlerinde elde edilen yer değiştirme değerleri bulunmaktadır. Yığma yapıda Y yönü yer değiştirme değerleri X yönü yer değiştirme değerlerinden daha küçük elde edilmiştir. En büyük değerler Kobe depreminde meydana gelirken en küçük değer 5 nolu depremdedir. Kobe depreminde Y yönünde 7.3 mm yer değiştirme meydana gelirken X yönünde 4.7 mm yer değiştirme elde edilmiştir.

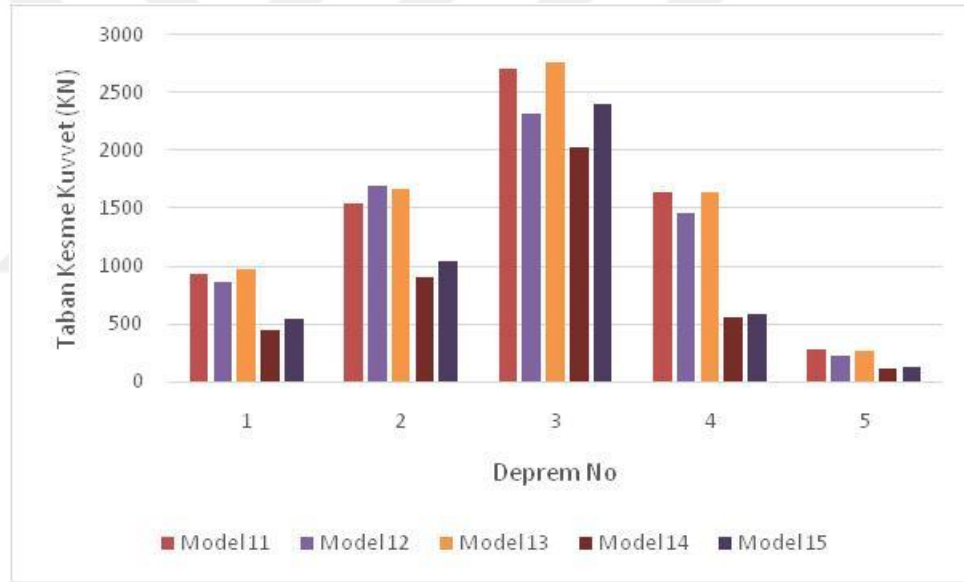
4.1.2.Taban kesme kuvveti değerlerinin incelenmesi



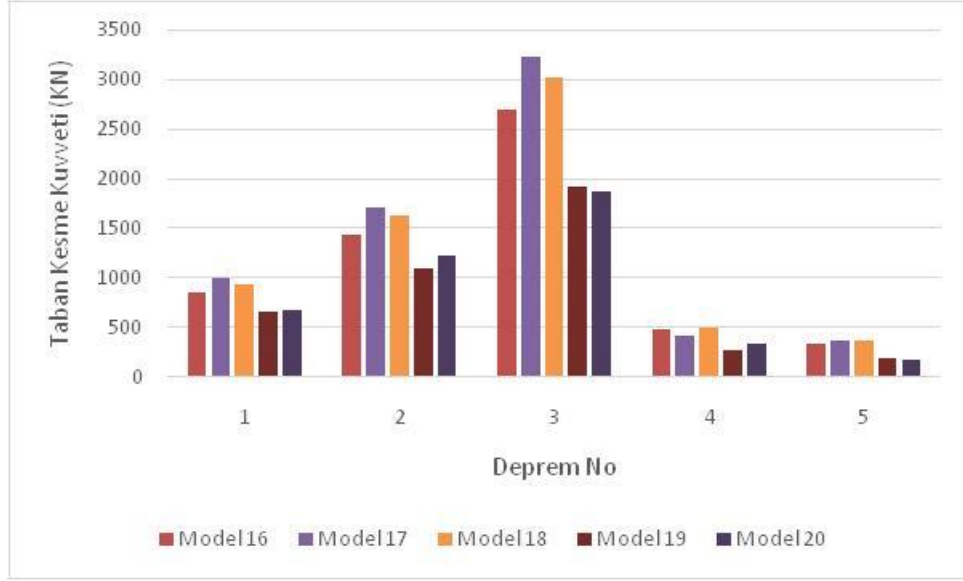
Şekil 4.10. Betonarme yapı X yönü taban kesme kuvveti değerleri



Şekil 4.11. Çelik yapı X yönü taban kesme kuvveti değerleri



Şekil 4.12. Çelik yapı merkezi ters V -X yönü taban kesme kuvveti değerleri



Şekil 4.13. Çelik yapı merkezi ters V dışmerkez X yönü taban kesme kuvveti değerleri

Şekil 4.10-Şekil 4.13’de yapılarda meydana gelen taban kesme kuvveti değerleri mevcuttur.

Güçlendirme durumu açısından;

Çelik yapı merkezi ters V dışmerkez; en büyük taban kesme kuvveti betona gömülü kompozit kolonlu kompozit kirişli yapıda (Model 17) 3221 KN iken, içi beton dolu kompozit kolonlu kompozit kirişli yapıda (Model 18) 3010 KN, güçlendirmesiz durumda (Model 16) 2691 KN, kompozit döşemeli çelik kolonlu yapıda 1923 KN, kompozit döşemeli betona gömülü kompozit kolonlu yapıda (Model 20) 1876 KN elde edilmektedir.

Çelik yapı merkezi ters V Kobe depreminde; İçi beton dolu kompozit kolonlu kompozit kirişli yapıda (Model 13) 2769 KN ile en büyük değer, güçlendirmesiz durumda (Model 11) 2713 KN, kompozit döşemeli betona gömülü kompozit kolonlu yapıda (Model 15) 2406 KN, betona gömülü kompozit kolonlu kompozit kirişli yapıda (Model 12) 2324KN ve kompozit döşemeli çelik kolonlu yapıda (Model 14) 2032 KN olarak elde edilmiştir. En büyük değer içi beton dolu kompozit kolonlu kompozit kirişli yapıda (Model 13) en küçük değer kompozit döşemeli çelik kolonlu yapıda (Model 14) elde edilmektedir.

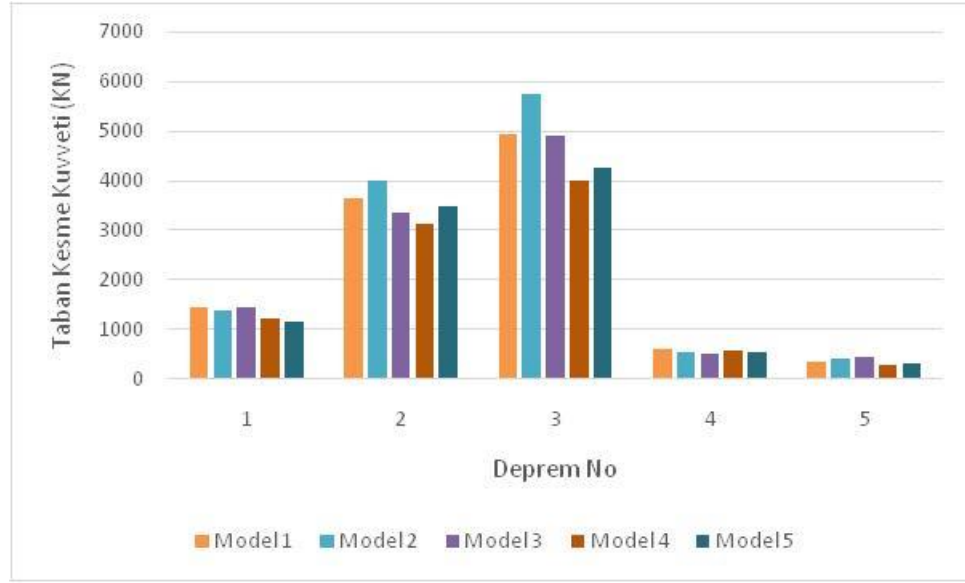
Çelik yapı durumunda; betona gömülü kompozit kolonlu kompozit kirişli yapıda (Model 7) 3203KN, içi beton dolu kompozit kolonlu kompozit kirişli yapıda (Model 8) 3086 KN, kompozit döşemeli-betona gömülü kompozit kolonlu yapıda (Model 10); 2441KN, güçlendirmesiz durumda (Model 6) 2428 KN ve kompozit döşemeli-çelik kolonlu yapıda (Model 9) 2441 KN elde edilmiştir. En büyük değer betona gömülü kompozit kolonlu kompozit kirişli yapıda (Model 7) elde edilirken en küçük değer kompozit döşemeli çelik kolonlu yapıda (Model 9) oluşmuştur.

Betonarme yapı durumunda; Kobe depreminde en büyük değer güçlendirmesiz durumda (Model 1) oluşurken bunu Betona gömülü kompozit kolonlu ve betonarme döşemeden oluşan yapı (Model 2) 5341 KN, içi beton dolu kompozit kolonlu ve betonarme döşemeden oluşan yapı (Model 3) 5256 KN, betona gömülü kompozit kolonlu kompozit döşemeli yapıda (Model 5) 4478 KN ve kompozit döşemeli betonarme kolonlu yapıda (Model 4) 3810 KN izlemektedir. Diğer depremler incelendiğinde depremlerin bazısında en küçük değer betona gömülü kompozit kolonlu kompozit döşemeli yapıda (Model 5) elde edildiği görülmektedir.

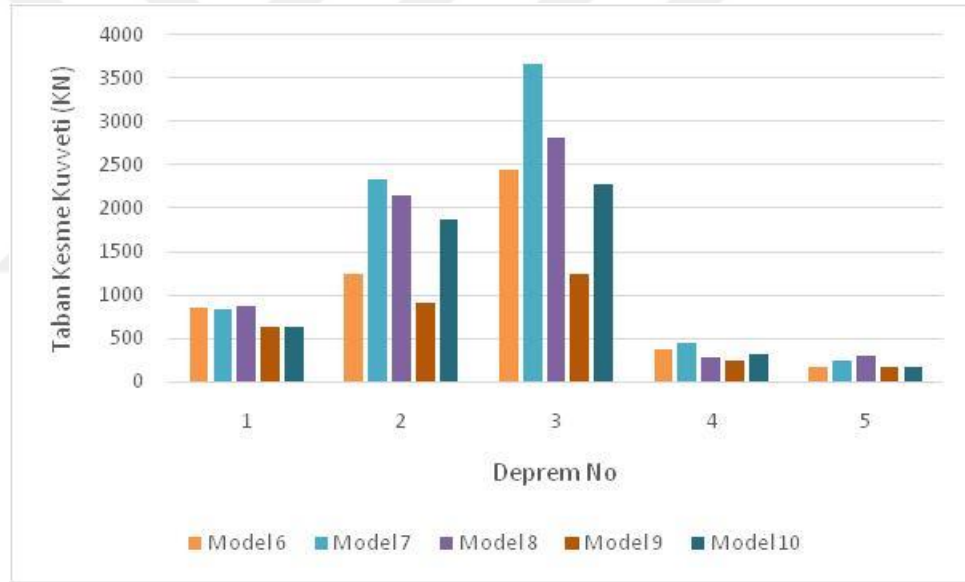
Yapı türleri açısından incelendiğinde;

Güçlendirme durumunda Kobe depreminde; en büyük taban kesme kuvveti değeri betonarme yapıda 4514 KN, genel olarak çelik merkezi ters V yapıda, çelik merkezi ters V dışmerkez yapıda 2713 KN ve çelik yapıda 2428 KN olarak elde edilmektedir. En büyük değer betonarme yapıda elde edilirken en küçük değer çelik yapıda oluşmaktadır.

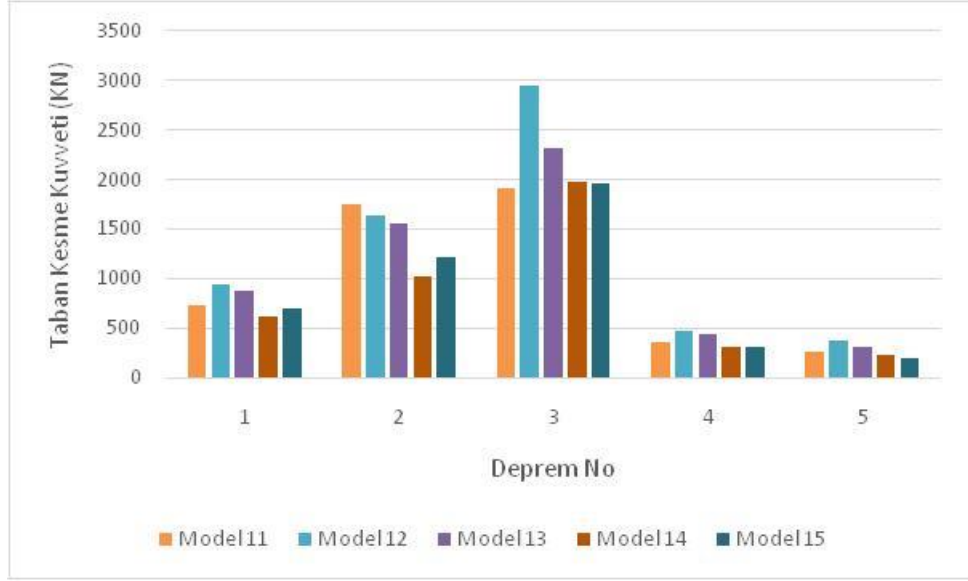
Çelik yapıda güçlendirmesiz durumda; en büyük taban kesme kuvveti değeri 2428 KN iken 2 nolu depremde 1239 KN, 1 nolu depremde 863 KN, 4 nolu depremde 134 KN elde edilmiştir. Deprem büyüklüğüne, ivme değerine ve odak derinliğine bağlı olarak değerlerin değiştiği görülmüştür.



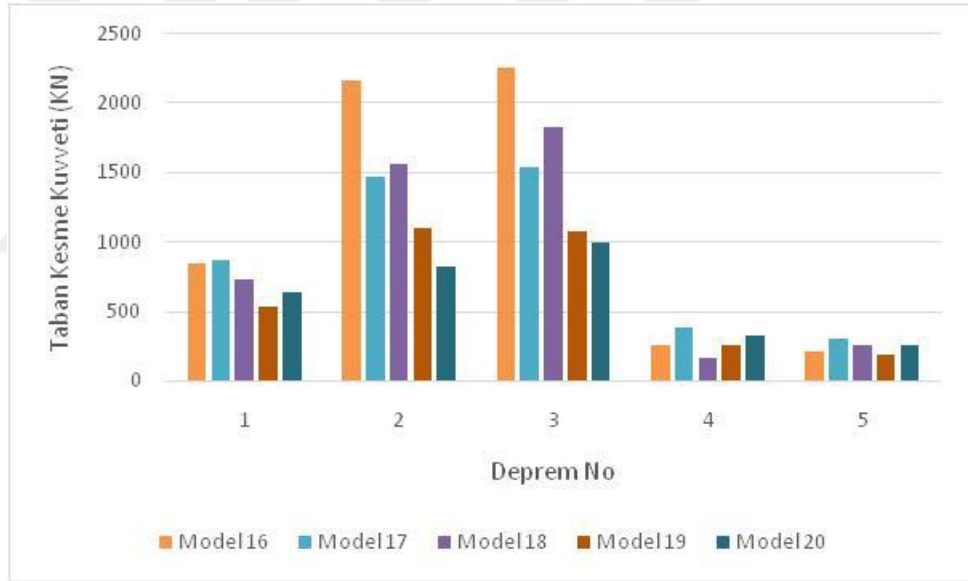
Şekil 4.14. Betonarme yapı Y yönü taban kesme kuvveti değerleri



Şekil 4.15. Çelik yapı Y yönü taban kesme kuvveti değerleri



Şekil 4.16. Çelik yapı merkezi ters V -Y yönü taban kesme kuvveti değerleri



Şekil 4.17. Çelik yapı merkezi ters V dışmerkez Y yönü taban kesme kuvveti değerleri

Şekil 4.14-Şekil 4.17’de yapılarda meydana gelen taban kesme kuvvetinin Y yönü değerleri mevcuttur.

Güçlendirme açısından yapılan incelemelerde;

Çelik yapı merkezi ters V dışmerkez durumunda; Kobe depreminde; güçlendirmesiz durumda (Model 16) en büyük değer 2261 KN elde edilirken, içi beton dolu kompozit kolonlu kompozit kirişli yapıda (Model 18) 1833 KN, kompozit döşemeli çelik kolonlu yapı (Model 19) 1072 KN, kompozit döşemeli

betona gömülü kompozit kolonlu yapıda (Model 20) 996 KN elde edilmektedir. En büyük taban kesme kuvveti tüm depremler için güçlendirmesiz durumda (Model 16) oluşurken en küçük değer bazı depremlerde kompozit döşemeli betona gömülü kompozit kolonlu yapıda (Model 20) bazılarında kompozit döşemeli çelik kolonlu yapıda (Model 19) oluşmaktadır.

Çelik yapı durumunda Kobe depreminde betona gömülü kompozit kolonlu kompozit kirişli yapıda (Model 7) 3668 KN, içi beton dolu kompozit kolonlu kompozit kirişli yapıda (Model 8) 2807KN güçlendirmesiz durumda (Model 6) 2438 KN, kompozit döşemeli betona gömülü kompozit kolonlu yapıda (Model 10) 2284 KN, kompozit döşemeli çelik kolonlu yapıda (Model 9) 1243 KN elde edilmektedir. En büyük değer betona gömülü kompozit kolonlu kompozit kirişli yapıda (Model 7) oluşurken en küçük değer bazı depremlerde kompozit döşemeli çelik kolonlu yapıda (Model 9) bazı depremlerde kompozit döşemeli betona gömülü kompozit kolonlu yapıda (Model 10) oluşmaktadır.

Betonarme Yapıda; Kobe depreminde betona gömülü kompozit kolonlu ve betonarme döşemeden oluşan yapıda (Model 2) 5747 KN ile en büyük taban kesme kuvveti değeri oluşurken, güçlendirmesiz durumda (Model 1) 4928 KN, içi beton dolu kompozit kolonlu ve betonarme döşemeden oluşan yapıda (Model 3) 4892 KN betona gömülü kompozit kolonlu kompozit döşemeli yapıda (Model 5) 4274 KN ve kompozit döşemeli betonarme kolonlu yapıda (Model 4) 4008 KN elde edilmektedir.

En büyük değer betona gömülü kompozit kolonlu ve betonarme döşemeden oluşan yapıda (Model 2) oluşurken en küçük değer bazı depremlerde betona gömülü kompozit kolonlu kompozit döşemeli yapıda (Model 5) bazı depremlerde kompozit döşemeli betonarme kolonlu yapıda (Model 4) elde edilmektedir.

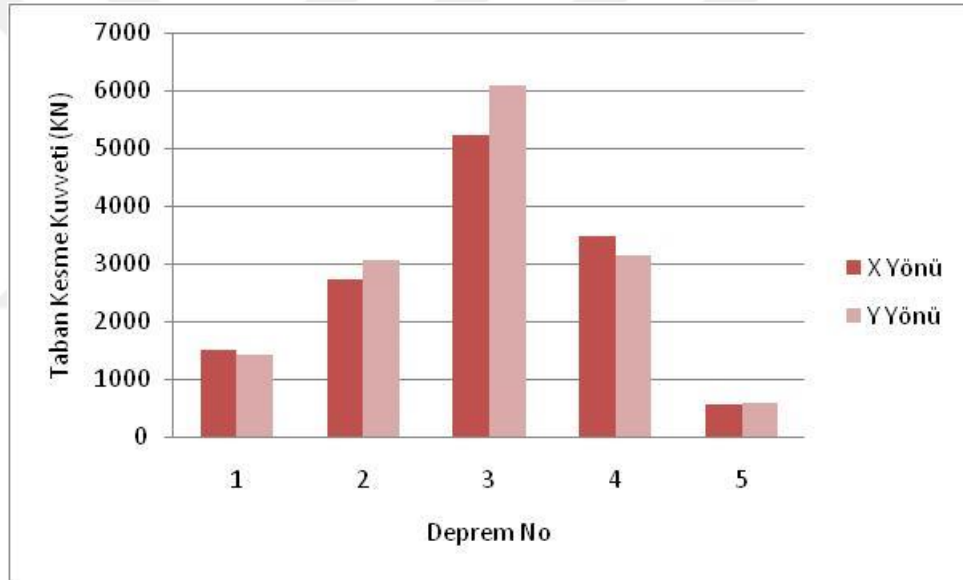
Yapı türleri açısından yapılan incelemelerde;

Kobe depreminde; güçlendirmesiz durumda (Model 1) betonarme yapıda 4928 KN ile en büyük değer oluşurken çelik yapıda (Model 6) 2438 KN, Çelik yapı

merkezi ters V –dışmerkez durumunda (Model 16) 2261 KN ve çelik merkezi ters V yapıda (Model 11) 1914 KN elde edilmektedir. En büyük değer betonarme yapıda (Model 1) oluşurken en küçük değer çelik merkezi ters V yapıda (Model 11) elde edilmektedir.

Depremeler açısından incelendiğinde;

Çelik yapıda güçlendirmesiz durumda; en büyük değer Kobe depreminde 2438 KN, elde edilirken bunu 2 nolu deprem; 1239 KN, 1 nolu deprem 855 KN, 4nolu deprem; 367 KN ve 5 nolu deprem 174 KN izlemektedir. Deprem analizleri sonuçlarının depremin büyüklüğü, odak derinliği, etkin yer ivmesi değeri ile uygun olarak değişim gösterdiği görülmektedir.



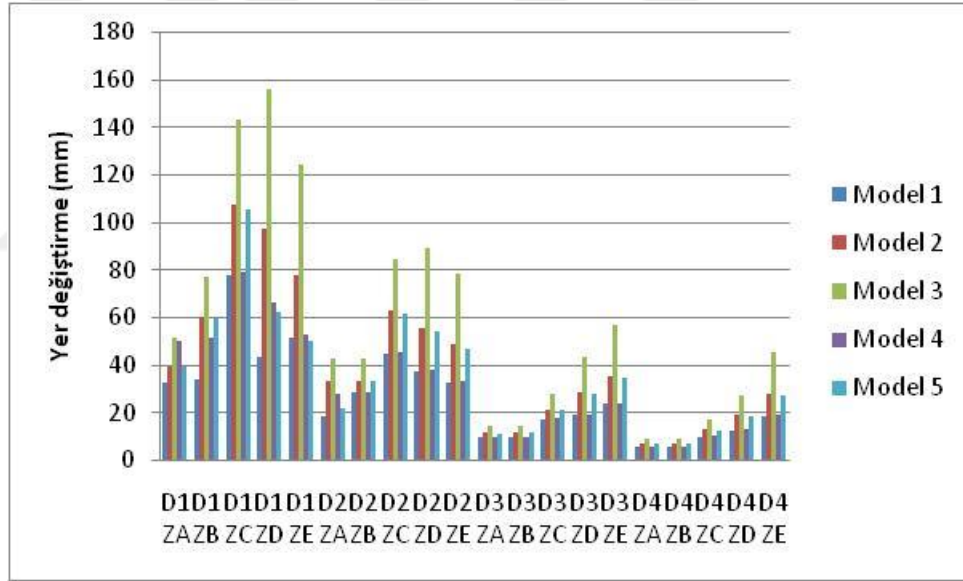
Şekil 4.18. Yığma yapı X ve Y yönleri taban kesme kuvveti değerleri

Şekil 4.18 'de yığma yapının X ve Y yönlerindeki taban kesme kuvveti değerleri mevcuttur. Bu değerler depremlerin özelliklerine bağlı olarak değişim göstermektedir. Kobe depreminde en büyük değer oluşurken Anza depreminde en küçük değer oluşmaktadır.

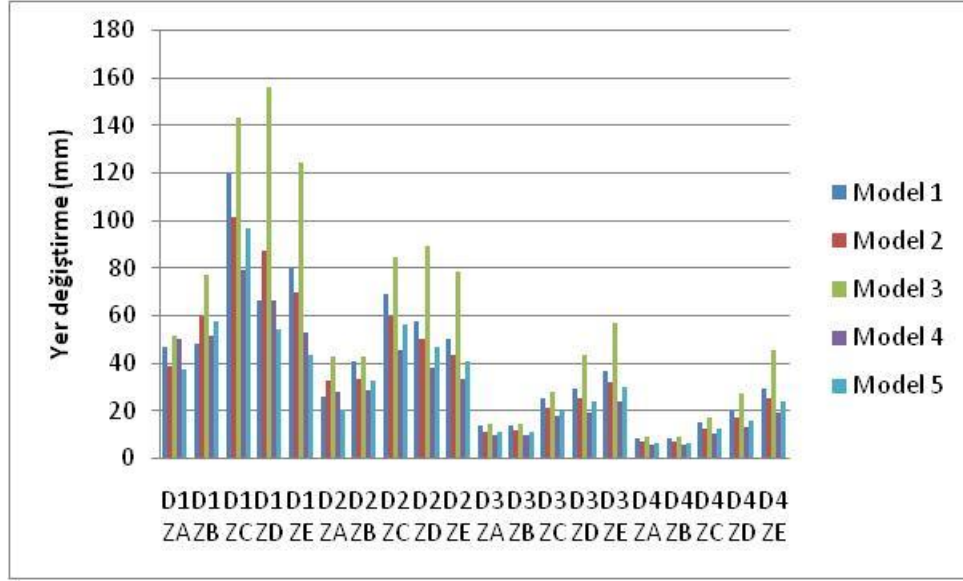
4.2. Mod Birleştirme Yöntemi Analizi Sonucu Elde Edilen Değerlerin İncelenmesi

4.2.1. Yer değiştirme ve taban kesme kuvveti değerlerinin İncelenmesi

Deprem düzeyleri ve zemin sınıfları açısından incelendiğinde; Y yönünde elde edilen yer değiştirme değerleri X yönünde elde edilen değerlerden daha küçüktür. X yönünde elde edilen taban kesme kuvveti değerleri Y yönüne göre daha büyüktür. DD1'den DD4'e doğru gidildikçe yer değiştirme ve taban kesme kuvveti değerleri azalmaktadır. Ancak, D1ZD ve D1ZE durumunda yer değiştirme ve taban kesme kuvveti değerlerinin zemin sınıfının durumuna göre artması gerekirken azaldığı görülmektedir.



Şekil 4.19. Betonarme yapıda elde edilen X yönü yer değiştirme değerleri

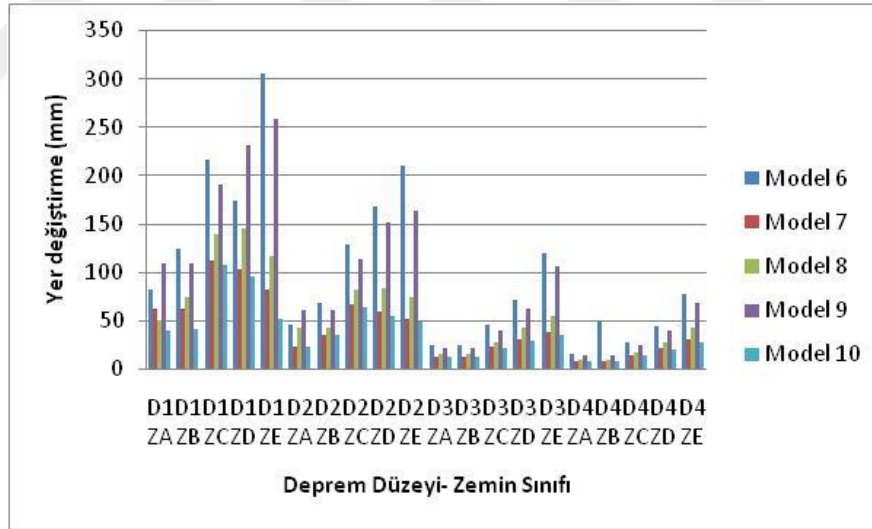


şekil 4.20. Betonarme yapıda elde edilen Y yönü yer değiştirme değerleri

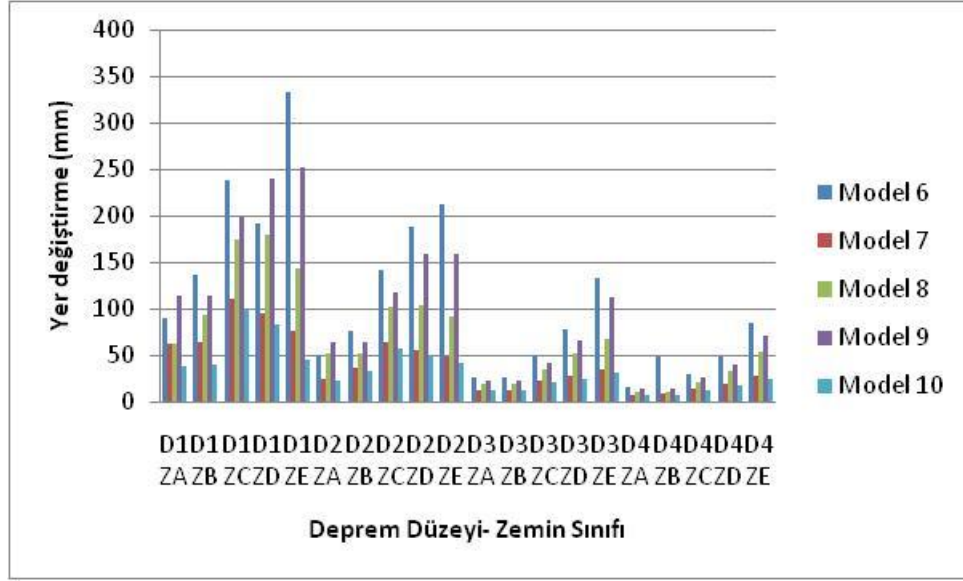
şekil 4.19 ve şekil 4.20’de betonarme yapıda tüm deprem düzeyleri ve tüm zemin sınıfları için elde edilen X ve Y yönü yer değiştirme değerleri mevcuttur. Betonarme Yapıda en büyük yer değiştirme değerleri; X yönünde güçlendirmesiz durumda (Model 1) 78.2 mm, kompozit döşemeli-betonarme kolonlu yapıda (Model4) 79.8 mm, betona gömülü kompozit kolonlu kompozit döşemeli yapıda (Model 5)105.8 mm, içi beton dolu kompozit kolonlu ve betonarme döşemeden oluşan yapıda (Model 3) 143.6mm, betona gömülü kompozit kolonlu- betonarme döşemeli yapıda (Model 2) 108.1 mm, yer değiştirme meydana gelmiştir. Y yönünde güçlendirmesiz durumda (Model 1) 120.1 mm, kompozit döşemeli-betonarme kolonlu yapıda (Model 4) 116.9 mm, içi beton dolu kompozit kolonlu-betonarme döşemeden oluşan yapıda (Model 3) 173.7 mm, betona gömülü kompozit kolonlu- betonarme döşemeli yapıda (Model 2) 102.1 mm, betona gömülü kompozit kolonlu kompozit döşemeli yapıda (Model 5) 97.1 mm elde edilmiştir.

kompozit kolonlu-betonarme döşemeli yapıda (Model 2) 5381 KN, kompozit döşemeli-betonarme kolonlu (Model 4) 5146 KN, içi beton dolu kompozit kolonlu-betonarme döşemeli yapıda (Model 3) 4610 ve kompozit döşemeli-betona gömülü kompozit kolonlu yapı durumunda (Model 5) 4483 KN meydana gelmektedir.

Betonarme yapıda, Y yönünde en büyük değer betonarme yapı (Model1) durumunda elde edilirken en küçük değer kompozit döşemeli-betona gömülü kompozit kolonlu yapı durumunda (Model 5) elde edilmektedir. Büyükten küçüğe doğru; betona gömülü kompozit kolonlu ve betonarme döşemeden oluşan yapıda (Model 2) 5675 KN, betonarme yapıda (Model 1) 5549 KN, kompozit döşemeli-betona gömülü kompozit kolonlu yapıda (Model 5) 4720 KN kompozit döşemeli- betonarme kolonlu yapıda (Model 4) 4637 KN, içi beton dolu kompozit kolonlu-betonarme döşemeden oluşan yapıda 4398 KN meydana gelmektedir.

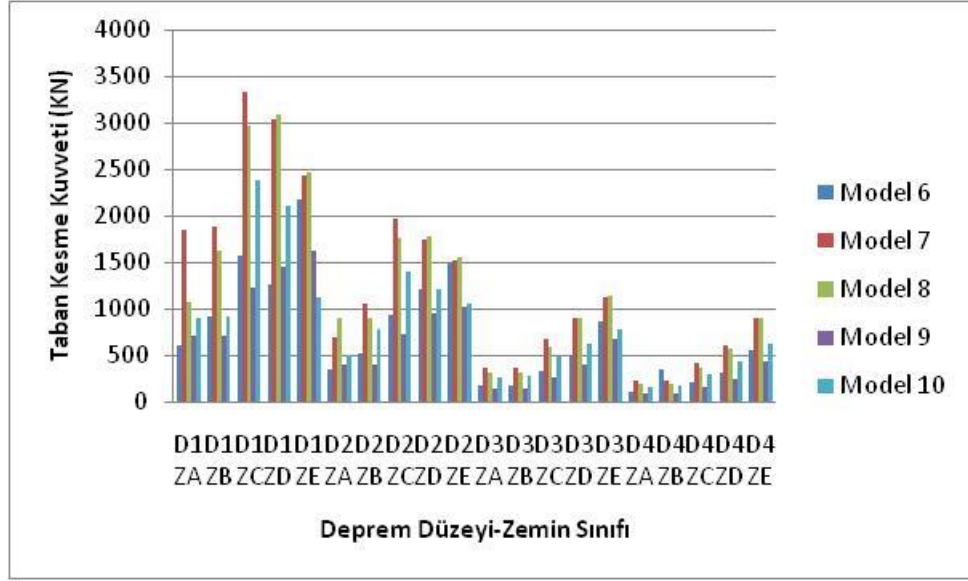


Şekil 4.23. Çelik yapıda elde edilen X yönü yer değiştirme değerleri

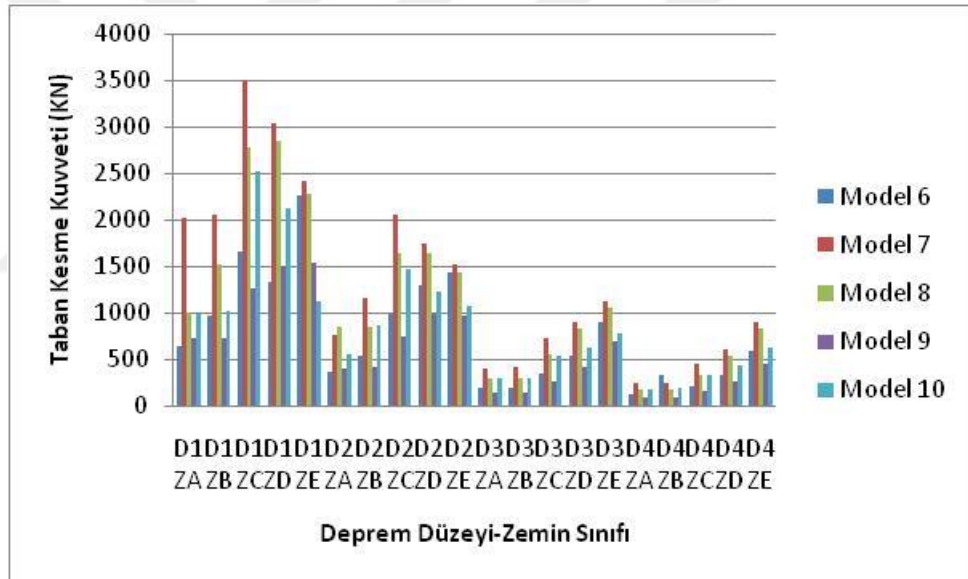


Şekil 4.24. Çelik yapıda elde edilen Y yönü yer değiştirme değerleri

Şekil 4.23 ve Şekil 4.24’de çelik yapıda tüm deprem düzeyleri ve tüm zemin sınıfları için elde edilen X ve Y yönü yer değiştirme değerleri mevcuttur. Çelik Yapı durumunda; X yönünde güçlendirmesiz durumda (Model 6) 216.3 mm, kompozit döşemeli-çelik kolonlu yapıda (Model 9) 191.1 mm, içi beton dolu kompozit kolonlu kompozit kirişli yapıda (Model 8) 139.5mm, betona gömülü kompozit kolonlu kompozit kirişli yapıda (Model 7) 112.7 mm, kompozit döşemeli betona gömülü kompozit kolonlu yapıda (Model 10)107.2 mm yerdeğiştirme meydana gelmiştir. Y yönünde güçlendirmesiz durumda (Model 6) 238,3 mm, kompozit döşemeli-çelik kolonlu yapıda (Model 9) 198.4 mm, içi beton dolu kompozit kolonlu kompozit kirişli yapıda (Model 8) 174.4 mm, betona gömülü kompozit kolonlu kompozit kirişli yapıda (Model 7) 110.5 mm, kompozit döşemeli betona gömülü kompozit kolonlu yapıda (Model 10) 99.6 mm elde edilmiştir.

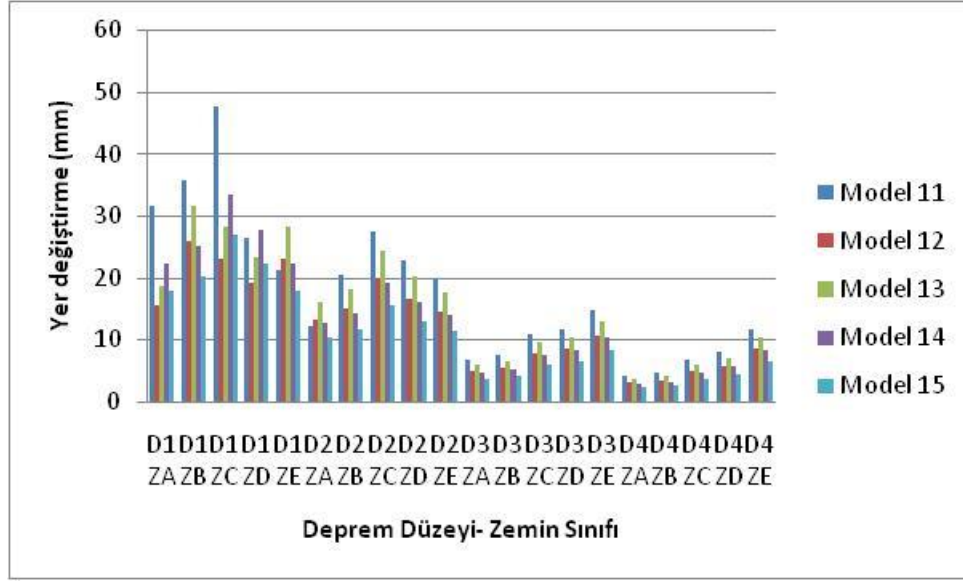


Şekil 4.25. Çelik yapıda elde edilen X yönü taban kesme kuvveti değerleri



Şekil 4.26. Çelik yapıda elde edilen Y yönü taban kesme kuvveti değerleri

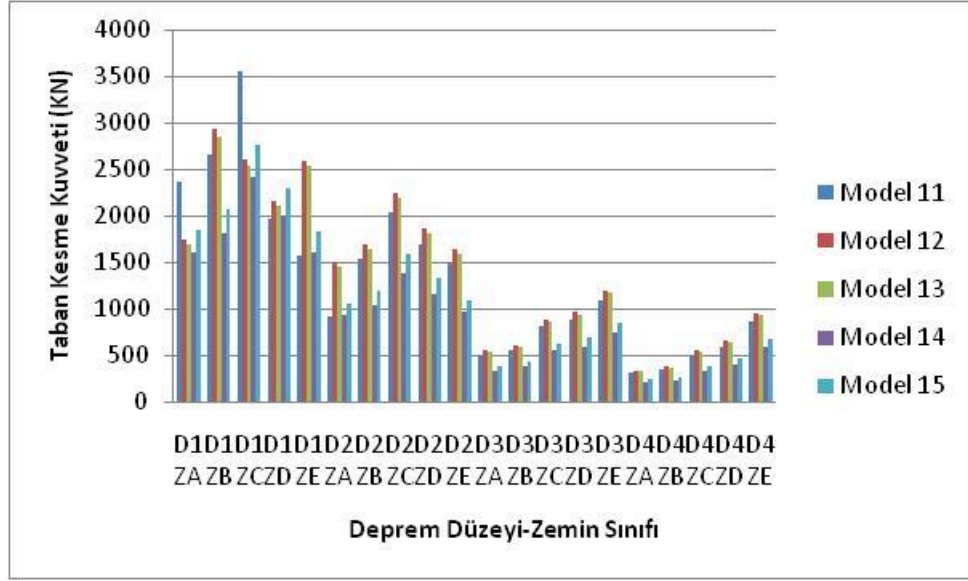
Şekil 4.25 ve Şekil 4.26'da çelik yapıda tüm deprem düzeyleri ve tüm zemin sınıfları için elde edilen X ve Y yönü yer değiştirme değerleri mevcuttur. Çelik Yapıda, en büyük değer betona gömülü kompozit kolonlu kompozit kirişli yapıda (Model 7), en küçük değer kompozit döşemeli-çelik kolonlu yapıda (Model 9) meydana gelmiştir. Büyükten küçüğe doğru; betona gömülü kompozit kolonlu kompozit kirişli yapıda (Model 7) 3347 KN, İçi beton dolu kompozit kolonlu kompozit kirişli yapıda (Model 8)2984 KN, kompozit döşemeli-betona



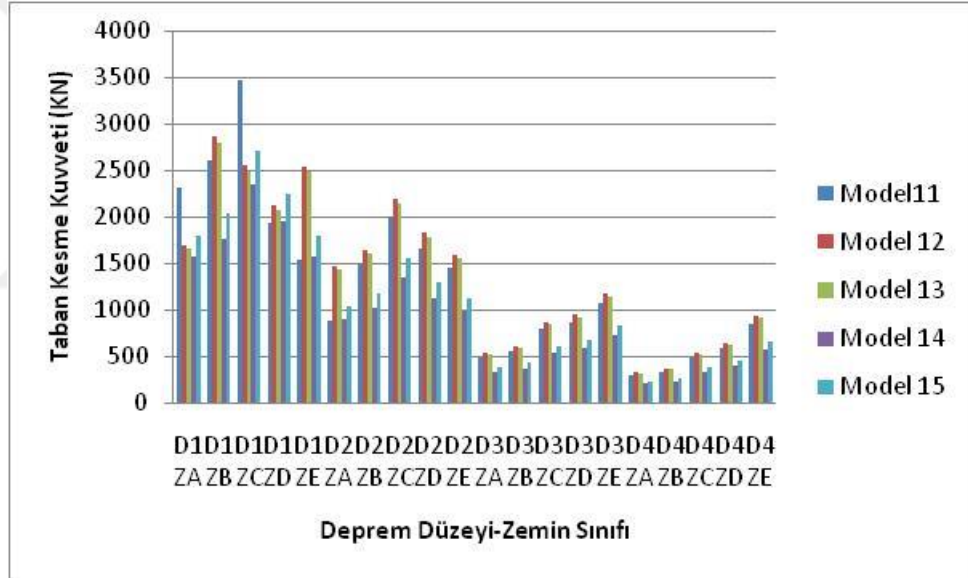
Şekil 4.28. Çelik yapı merkezi ters V-Y yönü yer değiştirme değerleri

Şekil 4.27 ve Şekil 4.28' de Çelik yapı merkezi ters V yapıda tüm deprem düzeyleri ve tüm zemin sınıfları için elde edilen X ve Y yönü yer değiştirme değerleri mevcuttur. Yer değiştirmeler açısından incelendiğinde; Çelik merkezi ters V yapıda X yönünde güçlendirmesiz durumda (Model 11) 27.4 mm, kompozit döşemeli-çelik kolonlu yapıda (Model 14) 18.9 mm, kompozit döşemeli-betona gömülü kompozit kolonlu yapıda (Model 15) 17.7 mm, İçi beton dolu kompozit kolonlu kompozit kirişli yapıda (Model 13) 17.2mm, betona gömülü kompozit kolonlu kompozit kirişli yapıda (Model 12) 15.9 mm yer değiştirme meydana gelmiştir.

Y yönünde güçlendirmesiz durumda (Model 11) 47.8 mm, kompozit döşemeli-çelik kolonlu yapıda (Model 14) 33.5 mm, içi beton dolu kompozit kolonlu kompozit kirişli yapıda (Model 13) 28.2 mm, kompozit döşemeli-betona gömülü kompozit kolonlu yapıda (Model 15) 26.9 mm, betona gömülü kompozit kolonlu kompozit kirişli yapıda (Model 12) 23.2 mm elde edilmiştir.



Şekil 4.29. Çelik yapı merkezi ters V-X yönü taban kesme kuvveti değerleri

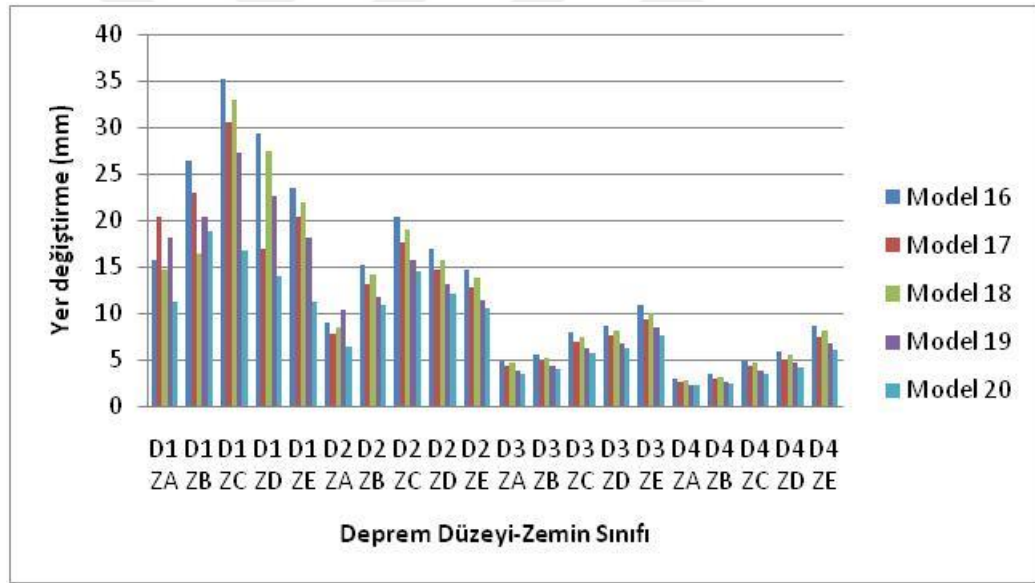


Şekil 4.30. Çelik yapı merkezi ters V-Y yönü taban kesme kuvveti değerleri

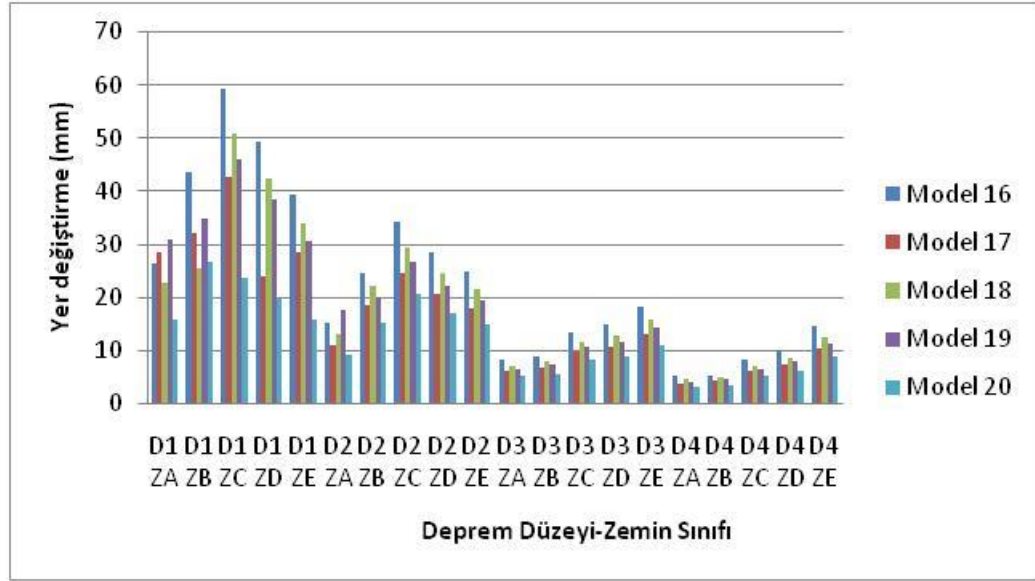
Şekil 4.29 ve Şekil 4.30'da Çelik yapı merkezi ters V yapıda tüm deprem düzeyleri ve tüm zemin sınıfları için elde edilen X ve Y yönü taban kesme kuvveti değerleri mevcuttur. Çelik merkezi ters V yapıda; X yönündeki en büyük taban kesme kuvveti güçlendirmesiz durumda (Model 11) meydana gelirken en küçük taban kesme kuvveti kompozit döşemeli-çelik kolonlu yapıda (Model 14) meydana gelmektedir. Büyükten küçüğe doğru; güçlendirmesiz durum (Model 11) 3561 KN, kompozit döşemeli-betona gömülü kompozit kolonlu yapıda (Model 15) 2773, betona gömülü kompozit kolonlu kompozit kirişli yapıda

(Model 12) 2611KN, içi beton dolu kompozit kolonlu kompozit kirişli yapıda (Model 13) 2541 KN, kompozit döşemeli-çelik kolonlu yapıda (Model 14) 2417 KN olarak meydana gelmektedir.

Çelik merkezi ters V yapıda; Y yönündeki en büyük taban kesme kuvveti güçlendirmesiz durumda (Model 11) meydana gelirken en küçük taban kesme kuvveti kompozit döşemeli-çelik kolonlu yapıda (Model 14) meydana gelmektedir. Büyükten küçüğe doğru; güçlendirmesiz durum (Model 11) 3483 KN, kompozit döşemeli-betona gömülü kompozit kolonlu yapıda (Model 15) 2712, betona gömülü kompozit kolonlu kompozit kirişli yapıda (Model 12) 2555, içi beton dolu kompozit kolonlu kompozit kirişli yapıda (Model 13) 2490 KN, kompozit döşemeli-çelik kolonlu yapıda (Model 14) 2361 KN olarak meydana gelmektedir.



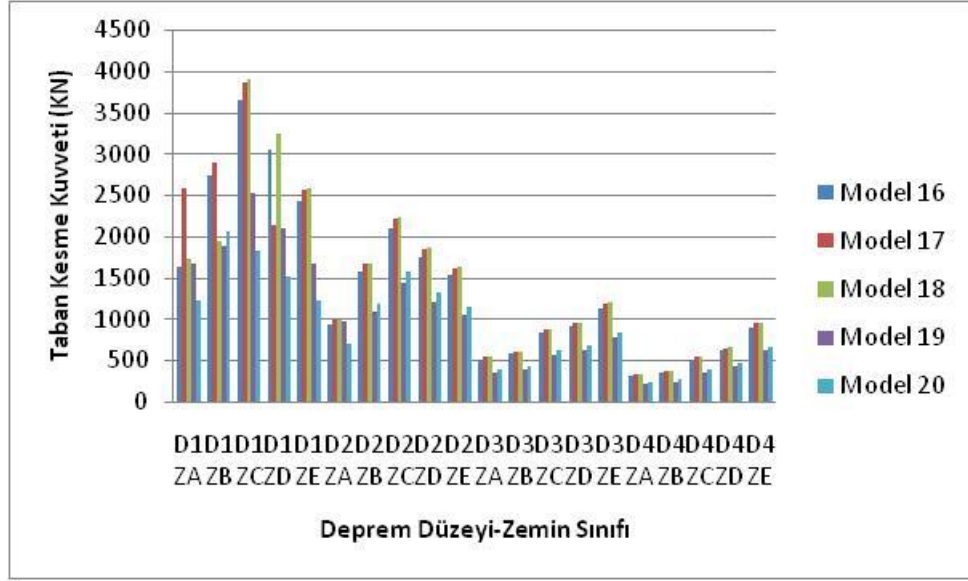
Şekil 4.31. Çelik yapı merkezi ters V dışmerkez X yönü yer değiştirme değerleri



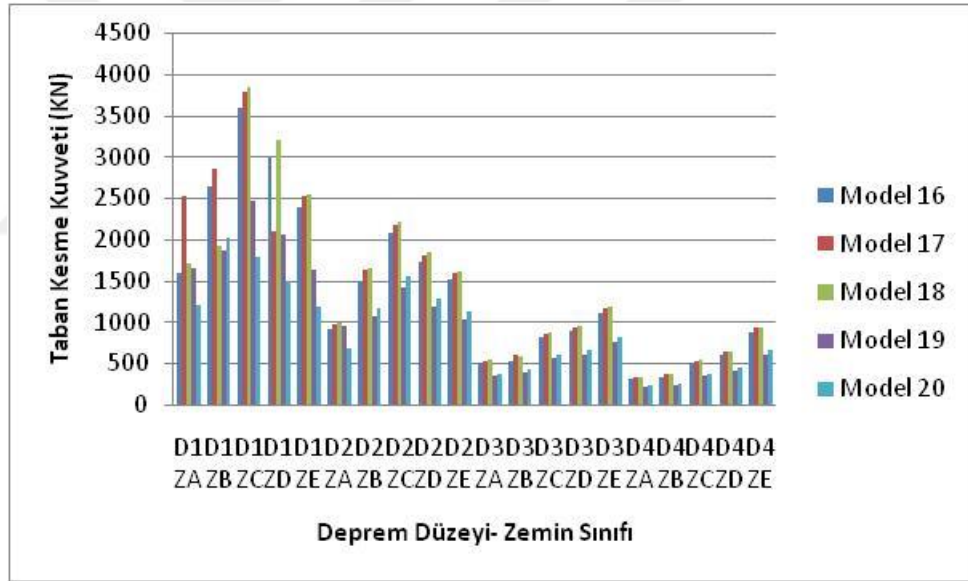
Şekil 4.32. Çelik yapı merkezi ters V dışmerkez Y yönü yer değiştirme değerleri

Şekil 4.31 ve Şekil 4.32’de çelik yapı merkezi ters V yapıda tüm deprem düzeyleri ve tüm zemin sınıfları için elde edilen X ve Y yönü yer değiştirme değerleri mevcuttur. Çelik yapı merkezi ters V –dışmerkez durumunda yer değiştirmeler açısından incelendiğinde; X yönünde güçlendirmesiz durumda (Model 16) 35.4 mm, içi beton dolu kompozit kolonlu kompozit kirişli yapıda (Model 18) 33mm, betona gömülü kompozit kolonlu kompozit kirişli yapıda (Model 17) 30.7 mm, kompozit döşemeli –çelik kolonlu yapıda (Model 19) 27.3 mm, kompozit döşemeli-betona gömülü kompozit kolonlu yapıda (Model 20) 16.8 mm yer değiştirme meydana gelmiştir.

Y yönünde güçlendirmesiz durumda (Model 16) 59.3 mm, içi beton dolu kompozit kolonlu kompozit kirişli yapıda (Model 18) 50.9 mm, kompozit döşemeli –çelik kolonlu yapıda (Model 19) 46.2 mm, betona gömülü kompozit kolonlu kompozit kirişli yapıda (Model 17) 42.8 mm ve kompozit döşemeli-betona gömülü kompozit kolonlu yapıda (Model 20) 23.7 mm elde edilmiştir.



Şekil 4.33. Çelik yapı merkezi ters V dışmerkez X yönü taban kesme kuvveti değerleri

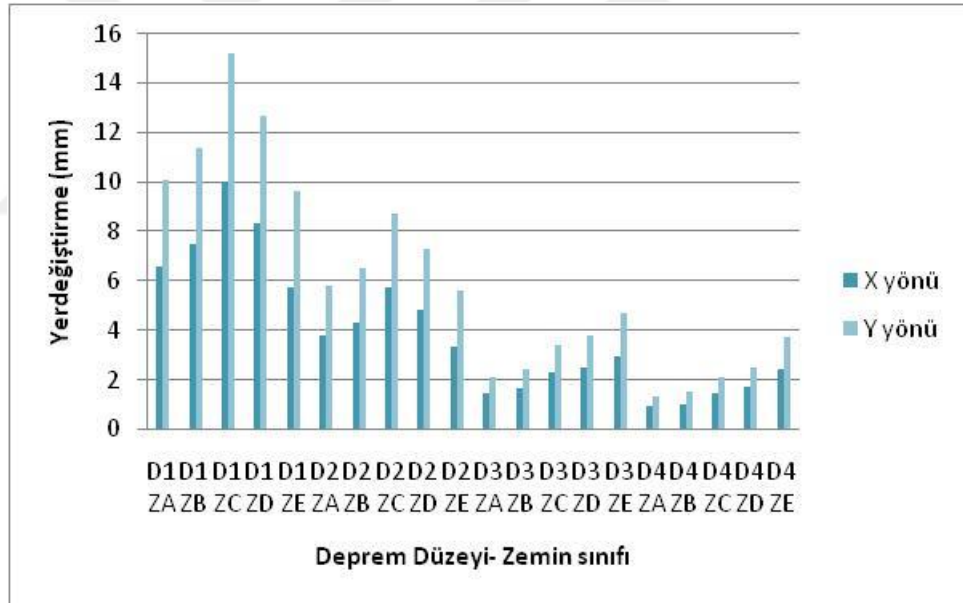


Şekil 4.34. Çelik yapı merkezi ters V dışmerkez Y yönü taban kesme kuvveti değerleri

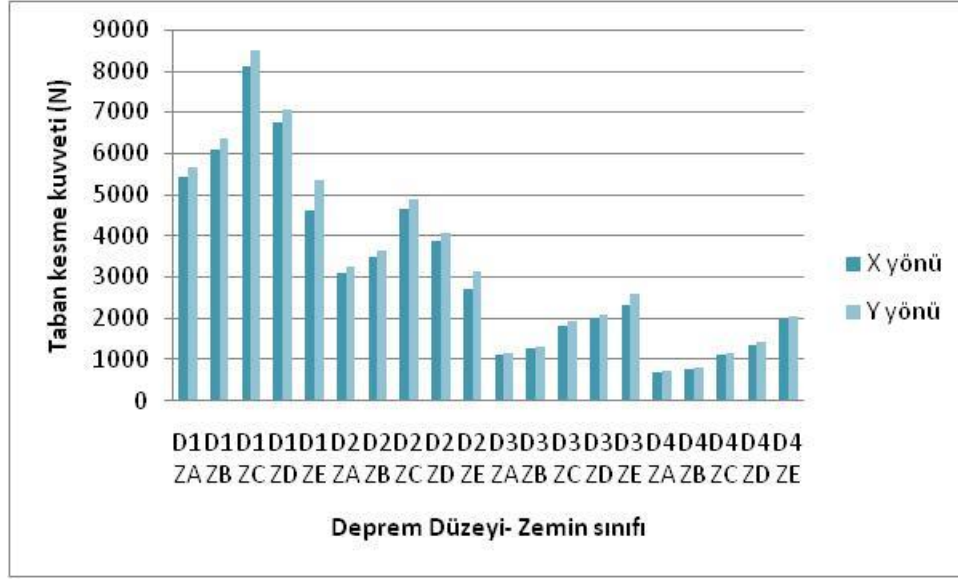
Şekil 4.33 ve Şekil 4.34’de çelik yapı merkezi ters V –dışmerkez yapıda tüm deprem düzeyleri ve tüm zemin sınıfları için elde edilen X ve Y yönü yer değiştirme değerleri mevcuttur. Çelik yapı merkezi ters V–dışmerkez durumunda en küçük taban kesme kuvveti kompozit döşemeli-betona gömülü kompozit kolonlu yapıda (Model 20) 1836 KN, en büyük taban kesme kuvveti içi beton dolu kompozit kolonlu kompozit kirişli yapıda (Model 18) 3906 KN

oluşmaktadır. X yönünde; büyükten küçüğe doğru İçi beton dolu kompozit kolonlu kompozit kirişli yapıda (Model 18) 3906 KN, Betona gömülü kompozit kolonlu kompozit kirişli yapıda (Model 17) 3878 KN, güçlendirmesiz durum (Model 16) 3671 KN, kompozit döşemeli –çelik kolonlu yapıda (Model 19) 2524 KN ve kompozit döşemeli-betona gömülü kompozit kolonlu yapıda (Model 20) 1836 KN olarak meydana gelmektedir.

Çelik merkezi ters V dışmerkez yapı modelinde Y yönünde; büyükten küçüğe içi beton dolu kompozit kolonlu kompozit kirişli yapıda (Model 18) 3852 KN, Betona gömülü kompozit kolonlu kompozit kirişli yapıda (Model 17) 3807 KN, güçlendirmesiz durumda (Model 16) 3611 KN, kompozit döşemeli- çelik kolonlu yapıda (Model 19) 2482 KN ve kompozit döşemeli-betona gömülü kompozit kolonlu yapıda (Model 20) 1800 KN olarak meydana gelmektedir.



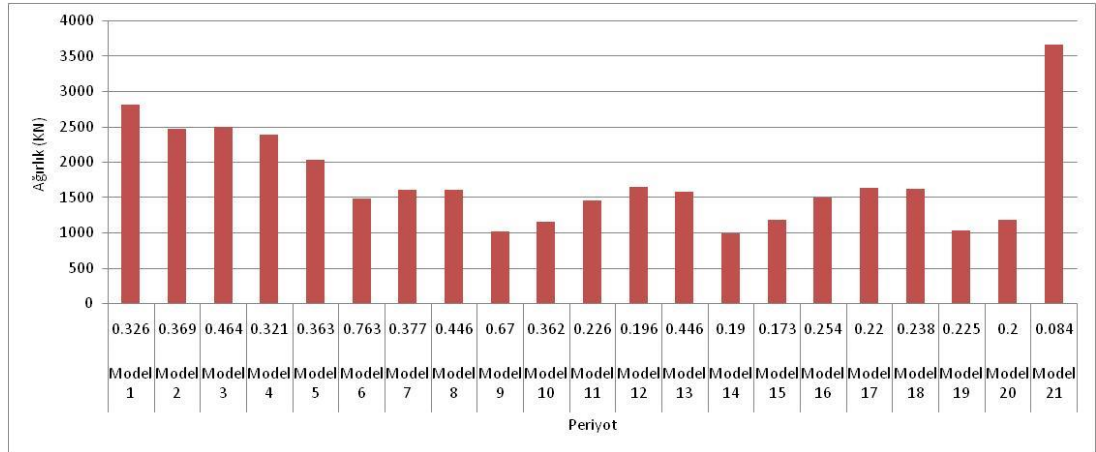
Şekil 4.35. Yığma yapıda elde edilen yer değiştirme değerleri



Şekil 4.36. Yığma yapıda elde edilen taban kesme kuvveti değerleri

Şekil 4.35 ve Şekil 4.36’da çelik yapı merkezi ters V –dışmerkez yapıda tüm deprem düzeyleri ve tüm zemin sınıfları için elde edilen X ve Y yönü yer değiştirme değerleri mevcuttur. Yığma yapıda yer değiştirme ve taban kesme kuvveti değerleri deprem düzeyi 1’den 4’e doğru gidildikçe azalmaktadır.

4.3 Yapıların periyodu ile ağırlık arasındaki ilişkinin incelenmesi



Şekil 4.37. Yapı ağırlığı ile periyodu arasındaki ilişki

Şekil 4.37’de yapıların ağırlığı ile periyodu arasındaki ilişki mevcut olup periyodun genel olarak yapı ağırlığı arttıkça arttığı görülmektedir.

5. MALİYET HESABI

Yapıların tasarımında deprem sırasında göstereceği davranış oldukça önemlidir. Bununla birlikte yapılar ekonomik olarak da tasarlanmalıdır. Yapıların tasarımında inşaat süresi ve taşıyıcı sistemin ekonomik değerleri oldukça önem taşımaktadır. Yapıların ekonomik olarak tasarımında yapının kat adedi, yapı yüksekliğinin taban alanına oranı, zemin durumu, malzeme gibi kriterler göz önünde bulundurularak tasarlanması gereklidir.

Bu çalışmada, Maliyet hesabında sadece yapı çeliği ve beton miktarı dikkate alınmış betonarme donatısı dikkate alınmamıştır. 20 farklı az katlı yapı modeli mevcut olup çelik, betonarme ve kompozit döşeme beton altı sacı fiyatları aşağıdaki gibi alınmıştır. Her yapı türü ve her güçlendirme şekli için maliyet hesabı yapılmıştır. Çizelge 5.1’de maliyet hesabı mevcuttur.

HEA-IPE: 3000 TL/ton

Beton: 85 TL/ton (204 TL/m³)

Kompozit döşeme beton altı sacı: 4000 TL/ton alınmıştır.

Çizelge 5.1. Yapıların maliyetleri

	Kir iş (t)	Kolon (t)	Diagonal	Döşeme Betonu (t)	Döşeme (Beton altı sacı) (t)	Fiyat TL
Model 1	56.6	94.9	-	129	-	23842.5
Model 2	97.9	19.1		129		76586.5
Model 3	101.8	17.8		129		73018
Model 4	97.7	56.7		79.6	3.7	34690
Model 5	97.9	19.1		79.6	3.7	87187.5
Model 6	12.9	5.2	-	129	-	65265
Model 7	12.6	19.1		129		106065
Model 8	12.9	17.6		129		102465
Model 9	12.9	5.2		79	3.7	75815
Model 10	12.6	19.1		79	3.7	116615

Çizelge 5.1. Yapıların maliyetleri (Devam)

Model 11	8.2	5.2	2.8	129	-	59565
Model 12	11.9	20.2	2.8	129		115665
Model 13	8.2	17.6	2.8	129		96765
Model 14	8.2	5.2	2.8	79	3.7	70115
Model 15	12.5	19.1	2.8	79	3.7	124715
Model 16	12.2	5.2	2.6	129		70965
Model 17	11.9	19.1	2.6	129		111765
Model 18	12.2	17.6	2.6	129		108165
Model 19	12.2	5.2	2.6	79.1	3.7	81515
Model 20	12.6	19.1	2.6	79.1	3.7	124415

Yapılan hesaplar sonucunda; Model 15 (kompozit döşemeli betona gömülü kompozit kolonlu çelik yapı merkezi ters V) ve Model 20 (kompozit döşemeli betona gömülü kompozit kolonlu çelik yapı merkezi ters V-dış merkez)'de elde edilen maliyetler oldukça yakın olup en büyük değerdedir. En az maliyet Model 1 (Betonarme yapı)'de elde edilmiştir.

6 .SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada kompozit yapı tasarımı esasları Eurocode 4 ve AISC 360-10'a göre açıklanmıştır.

3 katlı yığma, betonarme ve çelik yapılar ETABS programı ile tasarlanarak betonarme ve çelik yapıların kompozit kolonlu (betona gömülü çelik profil ve içi beton dolu çelik profil), kompozit döşeme-kirişli, kompozit kolonlu ve kompozit döşeme-kirişli durumlar için AISC 360-10'a göre incelemeler yapılmıştır.

Zaman Tanım Alanı yöntemine göre;

X yönünde; Çelik yapı durumunda yer değiştirme değerleri büyükten küçüğe doğru; güçlendirmesiz durum (Model 6) , kompozit döşemeli çelik kolonlu yapıda (Model 9), içi beton dolu kompozit kolonlu kompozit kirişli yapıda (Model 8), betona gömülü kompozit kolonlu kompozit kirişli yapıda (Model 7) oluşmaktadır. En büyük değer güçlendirmesiz (Model 6) en küçük değer kompozit döşemeli betona gömülü kompozit kolonlu yapıda (Model 10) elde edilmektedir.

Çelik merkezi ters V yapıda; büyükten küçüğe doğru güçlendirmesiz durumda (Model 11), içi beton dolu kompozit kolonlu kompozit kirişli yapıda (Model 13), betona gömülü kompozit kolonlu kompozit kirişli yapıda (Model 12), kompozit döşemeli çelik kolonlu yapıda (Model 14)ve kompozit döşemeli betona gömülü kompozit kolonlu yapıda (Model 15) oluşmaktadır. En büyük değer güçlendirmesiz durumda(Model 11) en küçük değer kompozit döşemeli betona gömülü kompozit kolonlu yapıda (Model 15)oluşmaktadır.

Çelik yapı merkezi ters V- dışmerkez durumunda yapıda büyükten küçüğe doğru güçlendirmesiz durumda (Model 16), içi beton dolu kompozit kolonlu kompozit kirişli yapıda (Model 18), betona gömülü kompozit kolonlu kompozit kirişli yapıda (Model 17), kompozit döşemeli çelik kolonlu yapıda (Model 19) ve kompozit döşemeli betona gömülü kompozit kolonlu yapıda (Model 20) elde

edilmektedir. Bazı depremlerde en küçük değer kompozit döşemeli çelik kolonlu yapıda (Model 19) oluşmaktadır.

Betonarme yapıda; en büyük yer değiştirme içi beton dolu kompozit kolonlu ve betonarme döşemeden oluşan yapıda (Model 3) ve güçlendirmesiz durum (Model 1) izlemektedir.

Yapı türleri açısından:

Güçlendirmesiz durumda; çelik yapıda en büyük değer oluşurken bunu betonarme yapı, çelik yapı merkezi ters V –dışmerkez durumunda ve çelik yapı merkezi ters V izlemektedir.

Y yönünde; Çelik yapı durumunda; yer değiştirme değeri güçlendirmesiz durumunda en büyükken bunu kompozit döşemeli çelik kolonlu yapıda (Model 9), içi beton dolu kompozit kolonlu kompozit kirişli yapıda (Model 8) , betona gömülü kompozit kolonlu kompozit kirişli yapıda (Model 7) izlemektedir. En büyük değer güçlendirmesiz (Model 6), en küçük değer kompozit döşemeli betona gömülü kompozit kolonlu yapıda (Model 10) oluşmaktadır. Çelik yapı merkezi ters V –dışmerkez durumunda en büyük yer değiştirme; güçlendirmesiz durumda en küçük değer kompozit döşemeli betona gömülü kompozit kolonlu yapıda (Model 20) meydana gelmektedir. Betonarme yapıda; içi beton dolu kompozit kolonlu ve betonarme döşemeden oluşan yapıda (Model 3) en büyük yer değiştirme elde edilirken betona gömülü kompozit kolonlu ve betonarme döşemeden oluşan yapıda (Model 2), kompozit döşemeli betonarme kolonlu yapıda (Model 4) ve betona gömülü kompozit kolonlu kompozit döşemeli yapıda (Model 5) izlemektedir.

Yapı türleri açısından incelendiğinde; Büyükten küçüğe doğru çelik yapıda, betonarme yapıda, çelik yapı merkezi ters V –dışmerkez durumunda ve çelik merkezi ters V yapıda oluşmaktadır.

Taban kesme kuvveti değerleri incelendiğinde; Güçlendirme açısından incelendiğinde; X yönünde çelik yapı merkezi ters V –dışmerkez durumunda en

büyük taban kesme kuvveti betona gömülü kompozit kolonlu kompozit kirişli yapıda (Model 17) meydana gelmekte bunu içi beton dolu kompozit kolonlu kompozit kirişli yapı (Model 18), kompozit döşemeli çelik kolonlu yapı (Model 19) ve kompozit döşemeli betona gömülü kompozit kolonlu yapıda (Model 20) izlemektedir. En büyük değer betona gömülü kompozit kolonlu kompozit kirişli yapıda (Model 17) en küçük değer kompozit döşemeli betona gömülü kompozit kolonlu yapıda (Model 20) oluşmaktadır.

Çelik yapı merkezi ters V en büyük taban kesme kuvveti değeri, içi beton dolu kompozit kolonlu kompozit kirişli yapıda (Model 13) oluşurken bunu güçlendirmesiz durum (Model 11), kompozit döşemeli betona gömülü kompozit kolonlu yapıda (Model 15), betona gömülü kompozit kolonlu kompozit kirişli yapıda (Model 12) ve kompozit döşemeli çelik kolonlu yapı (Model 14) izlemektedir. En büyük değer içi beton dolu kompozit kolonlu kompozit kirişli yapıda (Model 13) en küçük değer kompozit döşemeli çelik kolonlu yapıda (Model 14) oluşmaktadır.

Çelik yapı durumunda en büyük değer betona gömülü kompozit kolonlu kompozit kirişli yapıda (Model 7) oluşurken bunu içi beton dolu kompozit kolonlu kompozit kirişli yapıda (Model 8), kompozit döşemeli betona gömülü kompozit kolonlu yapıda (Model 10), güçlendirmesiz durum (Model 6) ve kompozit döşemeli çelik kolonlu yapı (Model 9) izlemektedir. En büyük değer betona gömülü kompozit kolonlu kompozit kirişli yapıda (Model 7), en küçük değer kompozit döşemeli çelik kolonlu yapıda (Model 9) oluşmaktadır.

Betonarme yapı durumunda; taban kesme kuvvetinin en büyük değeri güçlendirmesiz durumda (Model 1) oluşmaktadır. Bunu betona gömülü kompozit kolonlu ve betonarme döşemeden oluşan yapı (Model 2 içi beton dolu kompozit kolonlu ve betonarme döşemeden oluşan yapı (Model 3) izlemektedir.

Yapı türleri açısından incelendiğinde; en büyük değer betonarme yapıda (Model 1) en küçük değer çelik yapıda (Model 6) oluşmaktadır.

Y yönü taban kesme kuvveti değerleri incelendiğinde; çelik yapı merkezi ters V –dışmerkez durumunda; güçlendirmesiz durumda (Model 16) en büyük değer oluşmakta bunu içi beton dolu kompozit kolonlu kompozit kirişli yapı (Model 18), kompozit döşemeli çelik kolonlu yapı (Model 19) ve kompozit döşemeli betona gömülü kompozit kolonlu yapıda (Model 20) izlemektedir. En büyük değer güçlendirmesiz durumda (Model 16) da elde edilmektedir. En küçük değer kompozit döşemeli çelik kolonlu yapıda (Model 19) elde edildiği gibi kompozit döşemeli betona gömülü kompozit kolonlu yapıda da (Model 20) elde edilmektedir.

Çelik yapı durumunda büyükten küçüğe sırasıyla; betona gömülü kompozit kolonlu kompozit kirişli yapıda (Model 7), içi beton dolu kompozit kolonlu kompozit kirişli yapıda (Model 8), güçlendirmesiz durum (Model 6), kompozit döşemeli betona gömülü kompozit kolonlu yapıda (Model 10), kompozit döşemeli çelik kolonlu yapıda (Model 9) şeklindedir. En küçük taban kesme kuvveti değeri bazı depremlerde kompozit döşemeli betona gömülü kompozit kolonlu yapıda (Model 10) bazı değerlerde kompozit döşemeli çelik kolonlu yapıda (Model 9) elde edilmektedir.

Betonarme yapıda; betona gömülü kompozit kolonlu ve betonarme döşemeden oluşan yapıda (Model 2) en büyük değer oluşurken bunu, güçlendirmesiz durum (Model 1), betona gömülü kompozit kolonlu kompozit döşemeli yapıda (Model 5) ve kompozit döşemeli betonarme kolonlu yapıda (Model 4) izlemektedir. Bazı depremlerde en küçük değer kompozit döşemeli betonarme kolonlu yapıda (Model 4) bazı değerlerde betona gömülü kompozit kolonlu kompozit döşemeli yapıda (Model 5) oluşmaktadır.

Mod birleştirme yöntemine göre:

Betonarme yapıda en küçük yer değiştirme güçlendirme yapılmayan betonarme yapıda meydana gelirken çelik elemanların hafif olmasından dolayı çeliğin uygulandığı yapılarda yapı ağırlığı azalmakta olup yer değiştirme değerleri artmaktadır. Betona gömülü kompozit kolonlu ve kompozit döşemeli yapıda en

büyük yer değıştirme değeri elde edilmiştir. Bununla birlikte taban kesme kuvvetinin en büyük değeri yapı ağırlığı en fazla olan betonarme döşeme ve betonarme kolondan meydana gelen yapıda oluşmaktadır. En az değeri ise x yönü için kompozit döşemeli betona gömülü kompozit kolonlu yapıda oluşmaktadır. Y yönünde ise içi beton dolu kompozit kolonlu-betonarme döşemeden oluşan yapıda oluşmaktadır.

Çelik yapıda; X ve Y yönünde en büyük yer değıştirme çelik yapının güçlendirilmemiş durumda meydana gelirken en küçük yer değıştirme kompozit döşemeli-betona gömülü kompozit kolonlu yapı durumunda elde edilmiştir. X ve Y yönlerindeki taban kesme kuvveti ise; en büyük değeri betona gömülü kompozit kolonlu kompozit kirişli yapıda en küçük taban kesme kuvveti kompozit döşemeli-çelik kolonlu yapıda elde edilmektedir.

Çelik merkezi ters V yapıda; X ve Y yönlerinde en büyük yer değıştirme güçlendirmesiz durumda oluşurken en küçük yer değıştirme betona gömülü kompozit kolonlu kompozit döşemeli yapıda meydana gelmektedir. X ve Y yönlerindeki taban kesme kuvveti değerleri ise; çelik merkezi ters V yapıda güçlendirmesiz durumda elde edilirken en küçük değeri kompozit döşemeli çelik kolonlu yapıda elde edilmiştir.

Çelik yapı merkezi ters V –dışmerkez durumunda yer değıştirmeler açısından incelendiğinde; X ve Y yönlerinde en büyük yer değıştirme güçlendirmesiz durumda meydana gelirken en küçük yer değıştirme kompozit döşemeli-betona gömülü kompozit kolonlu yapıda elde edilmektedir. Çelik yapı (dışmerkez diyagonalı) modelde X ve Y yönünde en büyük taban kesme kuvveti içi beton dolu kompozit kolonlu kompozit kirişli yapıda, en küçük taban kesme kuvveti kompozit döşemeli-betona gömülü kompozit kolonlu yapıda meydana gelmektedir.

Yığma yapıda yer değıştirme ve taban kesme kuvveti değerleri Deprem düzeyi 4' den 1'e doğru gidildikçe artmaktadır.

Sonuç olarak; Çelik yapı sistemleri ağırlık yönünden ele alındığında en ağır yapılar kompozit kolonlu yapılar ağırlığı en az olan yapı kompozit kirişli yapılardır. Betonarme yapıda; en ağır yapı güçlendirilmemiş betonarme yapı ağırlığı en az olan yapı tamamen kompozit olan yapıdır. Yapılan analiz sonuçlarında; çoğunlukla da, ağırlığı fazla olan yapılarda taban kesme kuvveti daha büyük değerler almakta ağırlığı az olan yapılarda daha küçük değerler almaktadır.

Zaman tanım alanı ve mod birleştirme yöntemi kullanılarak yapılan analiz sonuçlarına göre;

Çelik yapı, çelik yapı merkezi ters V ve çelik yapı merkezi ters V-dışmerkez durumlarında yer değiştirme değerleri güçlendirmesiz durumda en büyükken, kompozit döşemeli ve betona gömülü kompozit yapıda (tamamen kompozit) en küçüktür. Çelik yapı merkezi ters V-dışmerkez durumundaki yapıda bazı deprem durumlarında en küçük değer kompozit döşemeli ve betona gömülü kompozit yapıda elde edilirken bazı depremlerde kompozit döşemeli çelik kolonlu yapıda elde edilmektedir. Betonarme yapıda ise en büyük yer değiştirme zaman tanım alanı yöntemi ile yapılan analizlerde içi beton dolu kompozit kolonlu ve betonarme döşemede oluşurken mod birleştirme yönteminde; betona gömülü kompozit kolonlu ve betonarme döşemede oluşmakta olup, en küçük yer değiştirme ise güçlendirilmesiz durumda oluşmaktadır. Çelik yapı sistemleri kompozit duruma gelirken yapıda kullanılan betondan dolayı ağırlık artacağından dolayı yer değiştirme daha küçük elde edilmektedir. Betonarme yapıda ise çelik elemanların kullanımı ile yapı ağırlığı azalacağından yer değiştirme değerleri azalmaktadır.

Çelik yapılarda güçlendirme yapılmaması durumunda en büyük yer değiştirme meydana gelmekte en küçük yer değiştirme kompozit yapılarda oluşmaktadır. Betonarme yapıda ise güçlendirme yapılmadan önce en küçük yer değiştirme oluşmakta güçlendirme yapılan sistemlerde yer değiştirme artmaktadır. Yer değiştirme değerinin artması güçlendirme sırasında betonarme yapı elemanlarının çelik elemanlarla birleşimi sağlanmakta olup yapının ağırlığı

azalmaktadır. Buna bağlı olarak yer değiştirme azalmakta olup taban kesme kuvveti değeri artmaktadır.

Yapı türleri açısından yapılan incelemelerde zaman tanım alanı yöntemi ve mod birleştirme yöntemi kullanılarak yapılan analiz sonuçlarına göre; en büyük yer değiştirme değerleri elik yapıda oluşmaktadır. Bunu elik yapı merkezi ters V – dışmerkez ve elik yapı merkezi ters V izlemektedir. Betonarme yapı yerdeğiştirme değeri elik yapıdan küçük diğer elik yapı türlerinden büyük elde edilmiştir.

Taban kesme kuvveti değerleri;

Yapı türleri açısından incelendiğinde; taban kesme kuvvetinin en büyük değeri beton malzemenin ağırlığından dolayı betonarme yapıda en küçük değeri elik elemanın ağırlığının az olmasından dolayı elik yapıda meydana gelmektedir.

Tüm değerlerler genel olarak ele alındığında, güçlendirmeli durumda güçlendirmesiz duruma göre özellikle tamamen kompozit yapı durumunda daha uygun değerler elde edildiği görülmektedir.

Genel olarak depremler açısından incelemeler sonucunda en büyük yer değiştirme ve taban kesme kuvveti değerleri Kobe depreminde elde edilmekte olup bunu Loma Prieta, Coyote Lake, Livemor ve Anza depremleri izlemektedir. Depremlerdeki moment büyüklüğü, etkin yer ivmesi, yer hızı ve odak derinliğine bağlı olarak bu değerler değişim göstermektedir.

Maliyetler açısından yapılan incelemelere göre en büyük maliyetler kompozit döşemeli betona gömülü kompozit kolonlu elik yapı merkezi ters V ve kompozit döşemeli betona gömülü kompozit kolonlu elik yapı merkezi ters V- dış merkez yapılarında elde edilirken en küçük değer betonarme yapıda elde edilmektedir.

KAYNAKLAR

- Ağcakoca, E., Elmas M., 2004. Binalarda Düşey Deprem Etkisinin Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi ile İncelenmesi. SAÜ Fen Bilimleri Dergisi, Cilt 8, Sayı:1.
- AISC 360-10, 2010. Specification for Structural Steel Buildings, American Institute of Steel Construction, 612 p.
- AISC V 13, 2005. Desing Examples, American Institute of Steel Construction, 524p.
- AISC V 14, 2011. Desing Examples, American Institute of Steel Construction, 884p.
- Arda, T.S. ve Yardımcı, N., 2000. Çelik Yapıda Karma Elemanların Plastik Hesabı. Birsen Yayınevi Ltd. Sti., 92 s.
- Avcı, Ç., 2001. Çok Katlı Bir Yapının Çelik ve Kompozit Çözümlerinin Karşılaştırılması. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Aydın, M.R. ve Günaydın, A., 2013. Çelik Yapılar, Birsen Yayınevi, 413s.
- Başüşürücü, M. ve Türker, H.T., 2013. Profillenmiş Çelik-Sac Beton Kompozit Döşeme Sistemlerinin Boyuna Kayma Dayanımının Deneysel Olarak Belirlenmesi. Niğde Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt 2, Sayı 1, 17-26 s.
- Celep, Z.,Kumbasar, N., 1996. Betonarme Yapılar, Sema Matbaacılık, İstanbul, 669-679.
- Celep, Z.,Kumbasar, N., 2000. Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, Beta Dağıtım, s.9, 84-87, İstanbul.
- Celep, Z.,Kumbasar, N., 2001. Yapı Dinamiği, Rehber Matbaacılık, Beta Dağıtım, s. 18-20, 241, İstanbul.
- Cosenza, E., & Zandonini, R.,1999. Composite Construction, W. Chen, (Ed.), Structural Engineering Handbook (6.1-6.122).
- CSI ETABS, Extended Three Dimensional Analysis of Building Systems Analysis Reference Manual. Computer and Structures Inc. Berkeley, California.
- Çağlar N., 2001. Yapay Sinir Ağları İle Binaların Dinamik Analizi. Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kasım.
- Damar, M., 2006. Kompozit Yapılarda Taşıma Gücü. Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Eskisehir.
- Değerli, A., 2010. Bulonlar İle Birleştirilmiş Kompozit Kirişlerin Negatif (-) Moment Bölgesindeki Yapısal Davranışı, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 99 s, Sakarya.

- Dong Keon Kim A., 2005. Database for Composite Columns, Georgia Institute of Technology, 261 p.
- Emre S., 2010. Çelik Beton Karma Yapıların Sismik Tasarımı. Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İzmir.
- Erinç O., 2009. Çok Katlı Kompozit Bir Binanın Düşey ve Yatay Yükler Altında İrdelenmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Bölümü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- ETABS, Extended Three Dimensional Analysis of Building Systems.
- Eurocode 4, 2004, Design of Composite Steel and Concrete Structures, Part 1-1, General Rules And Rules For Buildings.
- European Committee for Standardization (CEN), 2001. EN 1992-1, Design Of Concrete Structures-Part 1-General Rules And Rules For Buildings, United Kingdom.
- Garcia A.R., Design of Composite Beams Using Light Steel Sections.
- Günbay S., 2005. Çelik-Beton Kompozit Enkesitli Kirişlerin Gerilme ve Şekil Değiştirmelerinin Araştırılması. Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kayseri.
- <https://deprem.afad.gov.tr/deprem-tehlike-haritasi>
- <https://tdth.afad.gov.tr/TDTH/>
- <https://www.afad.gov.tr/tr/24212/Turkiye-Deprem-Tehlike-Haritasi>
- Işıl, N., 2003. Çelik Yapı Tasarımı, Dünya İnşaat, 50-52s.
- Jianguo N., Kai Q., Yan X., 2006. Push-Over Analysis of the Seismic Behavior of a Concrete-Filled Rectangular Tubular Frame Structure, Tsinghua Science and Technology, 11, 124-130.
- Jirage, D.M., Sayagavi, V.G., Gore N.G., 2015. Comparative Study of RCC and Composite Multi-storeyed Building. International Journal of Scientific Engineering and Applied Science (IJSEAS) - Volume-1, Issue-6.
- Johnson, R.P., 1994. Composite Structures of Steel and Concrete. Vol, 1 Beams, Slabs, Columns and Frames for Buildings (2nd edition), Blackwell. pp.210.
- Köroğlu, M.A., 2007. Kompozit Döşemelerde Kayma Bağlayıcısı Olarak Ek Sismik Çeliğinin Kullanılabilirliği. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 128 s., Konya.
- Kuzu, H., 2009. Kompozit Elemanların Tasarımı ve Mevcut Betonarme Yapıların Kapasitelerinin Belirlenmesi ve Güçlendirilmesi. Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 191 s, İzmir.

- Leon, R., 1999. Composite Connections, Structural Engineering Handbook, Ed. Chen Wai-Fah, CRC Press LCC, Atlanta.
- Nethercot, A. D., 2004. Composite Construction. (2nd ed.). London and New York: Spon Pres Taylor and Francis Group.
- Pacific Earthquake Engineering Research (PEER) Center, PEER Strong Motion, <http://peer.berkeley.edu>.
- Shanmugam, N. E., & Lakshmi, B., 2001. State of Art Report on Steel-Concrete Composite Columns. Journal of Constructural Steel Research, 57, 1041-1080.
- Sütçü, F., 2003. Kompozit Döşemelerde Etkili Tabla Genişliğinin İncelenmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Şenoğlu G., 2016. Kompozit Yüksek Bir Yapının Deprem Performansının Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Yöntem Kullanılarak Belirlenmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Tailor A., Dalal S.P., Desai A.K., 2017. Comparative Performance Evaluation of Steel Column Building & Concrete Filled Tube Column Building under Static and Dynamic Loading, Procedia Engineering 173, 1847-1853.
- Taşkıran A. 2012. Kompozit Bir Yapı Örneğinde Analiz Yaklaşımları ve Performans Değerlendirmesi. İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- TS 500, 2000. Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ankara, 2018.
- Uzun S., 2018. Beton Dolgulu Kompozit Kolonlu Bir Ofis Binasının Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği-2018 Esas Alınarak Tasarımı Ve Doğrusal Olmayan Analizi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Viest, I.M., 1997. Composite Construction Design For Buildings, American Society of Civil Engineers, New York.
- Weng C.C., Yen S.I., 2000. Comparisons of Concrete-Encased Composite Column Strength Provisions of ACI Code And AISC Specification. Engineering Structures, 24, 59-72.
- Yılmaz, M., A., A., 2015. Çelik- Beton Kompozit Yapı Elemanlarının Eurocode 4 ve AISC Yönetmeliklerine Göre Tasarımlarının Karşılaştırılması, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir.

Yorgun, C., 2002. Kompozit Döşemeler, Türk Yapısal Çelik Derneği Yayınları, Teknik Yayınlar Dizisi, No:2.

Yorgun, C., 2005. Çelik Sac-Beton Kompozit Döşeme Sistemlerinin Uygulamalarına Yönelik Değerlendirmeler. Türkiye Mühendislik Haberleri Dergisi, Sayı 435, 5 s.



ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Esmâ İslim ÇARHOĞLU

Doğum Yeri : İzmir

Yabancı Dili : İngilizce

E-posta : esmacarh@gmail.com

Eğitim Durumu

Lise : İzmir Selma Yiğitalp Lisesi

Lisans : SDÜ İnşaat Mühendisliği Bölümü