

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

**ÇELİK TELEKOMÜNİKASYON KULE YAPILARININ YAPISAL  
DAVRANIŞLARININ İNCELENMESİ**

**Hüseyin Hilmi TAŞ**

**Danışman  
Dr. Öğr. Üyesi Asuman Işıl ÇARHOĞLU**

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



© 2019 [Hüseyin Hilmi TAŞ]

## TEZ ONAYI

Hüseyin Hilmi TAŞ tarafından hazırlanan " Çelik Telekomünikasyon Kule Yapılarının Yapısal Davranışlarının İncelenmesi" 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

**Dr. Öğr. Üyesi Asuman Işıl ÇARHOĞLU**  
Süleyman Demirel Üniversitesi



Jüri Üyesi

**Doç. Dr Hamide Tekeli**  
Süleyman Demirel Üniversitesi



Jüri Üyesi

**Dr. Öğr. Üyesi Gülhan İnce**  
Burdur Mehmet Akif Ersoy 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.

**Hüseyin Hilmi TAŞ**



## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER.....	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT.....	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	v
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	x
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	3
3. MATERYAL VE METOT.....	6
3.1. Yapıların Sismik Yükler Etkisindeki Davranışı.....	13
3.1.1. Zaman tanım alanı yöntemi.....	14
3.1.1.1. Doğrusal integreasyon yöntemi ile çözüm.....	15
3.1.1.2. Doğrudan integrasyon yönteminin uygulanması.....	15
3.1.2. Mod birleştirme yöntemi.....	18
3.1.2.1. Modal katkı çarpanı ve taban kesme kuvveti modal etkin kütleli.....	19
3.1.2.2. Kat modal etkin kütleleri.....	19
3.1.2.3. Birim modal davranış büyüklüğü.....	19
3.1.2.4. Mod birleştirme yöntemi ile deprem hesabı.....	20
3.1.2.5. Deprem yer hareketi spektrumları.....	22
3.2. Yapıların Rüzgâr Etkisindeki Davranışı.....	25
3.2.1. Genel tanımlamalar.....	25
3.2.2. Rüzgar hız basıncı.....	27
3.2.3. Temel rüzgar hızı.....	27
3.2.4. Rüzgar doğrultu faktörü, $K_d$ .....	28
3.2.5. Maruz kalma kategorisi.....	29
3.2.6. Topoğrafik faktör, $K_{zt}$ .....	29
3.2.7. Rüzgar basıncı maruz kalma katsayısı, $K_z$ .....	30
3.2.8. Rüzgâr yükü hesap yöntemleri.....	32
3.2.8.1. Rüzgar dayanım sistemi için tasarım basınçlarının hesabı.....	32
3.2.8.2. Fırtına etkisi faktörü.....	33
3.2.8.2.1. Rijit ve diğer binalarda fırtına etkisi faktörü hesabı.....	33
3.2.8.2.2. Esnek veya dinamik olarak hasas bina ve yapılar.....	35
3.3. Yapıların Kar Yüğü Etkisindeki Davranışı.....	36
4. ARAŞTIRMA BULGULARI.....	38
4.1. Modal Analizlerden Elde Edilen Değerler.....	38
4.2. Deprem Analizleri.....	42
4.2.1. Zaman tanım alanı yöntemi sonucu elde edilen değerler.....	42
4.2.2. Mod birleştirme analizleri sonucu elde edilen değerler.....	53
4.3. Rüzgar Yüğü Analizlerinden Elde Edilen Değerler.....	65
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	87
KAYNAKLAR.....	92
ÖZGEÇMİŞ.....	95

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### ÇELİK TELEKOMÜNİKASYON KULE YAPILARININ YAPISAL DAVRANIŞLARININ İNCELENMESİ

Hüseyin Hilmi TAŞ

Süleyman Demirel Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Asuman Işıl ÇARHOĞLU

Telekomünikasyon kule yapıları günümüzde büyük önem taşımaktadır. İletişimin sağlanması bu kuleler sayesinde sağlanmaktadır. İletişim gücünü arttırmak amacıyla bu kulelerin sayısı ve yüksekliği giderek artmaktadır. Ayrıca herhangi bir doğal afet sırasında bu tür yapıların zarar görmesinden dolayı meydana gelecek iletişim eksikliği arama ve kurtarma çalışmalarının aksamasına neden olacaktır. Böyle bir durum, telekomünikasyon kule yapılarının ne kadar önemli olduğu göstermektedir.

Bu tez çalışmasında çelik telekomünikasyon kule yapıların deprem, rüzgâr gibi dinamik etkiler altındaki davranışları incelenmiştir. Giriş bölümünde telekomünikasyon kule yapılarının özelliklerinden ve öneminden bahsedilmiştir. Materyal ve metot bölümünde tasarlanan modellerden ve bu modellere uygulanan yüklerden bahsedilmiştir. Ayrıca bu modellere uygulanan deprem hesap yöntemleri ve rüzgâr hesap yönteminden bahsedilmiştir. Deprem hesap yöntemi olarak zaman tanım alanında analiz ve mod birleştirme yöntemi kullanılmıştır. Rüzgâr hesabı ASCE 07-10 yönetmeliğine göre yapılmıştır. Araştırma ve bulgular kısmında modellere uygulanan deprem ve rüzgâr yüklerinden dolayı elde edilen yerdeğiştirme ve taban kesme kuvveti değerleri bulunmaktadır. Sonuçlar kısmında, analiz sonuçlarından elde edilen bu değerlere göre karşılaştırmalar yapılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Çelik Telekomünikasyon Kule Yapıları, Zaman tanım alanı yöntemi, mod birleştirme yöntemi, ASCE 07-10, sonlu elemanlar metodu

2019, 95 sayfa

## **ABSTRACT**

**M.Sc. Thesis**

### **INVESTIGATION OF STRUCTURAL BEHAVIOR OF STEEL TELECOMMUNICATION TOWER STRUCTURES**

**Hüseyin Hilmi TAŞ**

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

**Supervisor: Asst. Prof. Dr. Asuman Işıl ÇARHOĞLU**

Telecommunication tower structures are of great importance today. Communication is provided thanks to these towers. The number and height of these towers are increasing in order to increase the communication power. In addition, the lack of communication to be occurred because of the damage of such structures during a natural disaster will cause disruption of search and rescue efforts. Such a situation shows how important telecommunication tower structures are.

In this thesis study, behaviors of steel telecommunication tower structures under dynamic effects such as earthquake and wind were investigated.

In the introduction chapter, the function and importance of telecommunication tower structures are mentioned. In the material and method chapter, Models designed and the loads applied to these models are explained. In addition, the earthquake calculation methods and wind calculation method applied to these models were mentioned. Time history analysis and response spectrum method as earthquake calculation method were used. Wind calculation was made according to ASCE 07-10 regulation. In the research and findings chapter, the displacement and shear force values obtained due to earthquake and wind loads applied to the models are found. In the results section, it was made comparisons according to the values obtained from the analysis results.

**Keywords:** Steel telecommunication tower structures, Time history analysis, Response spectrum method, ASCE 07-10, Finite element method.

**2019, 95 pages**

## **TEŞEKKÜR**

Bu araştırma için beni ynlendiren, karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrbesi ile aşmamda yardımcı olan ayrıca bilimsel anlamda kendimi geliştirmeme katkı sağlayan değerli danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Asuman Işıl ARHOğLU teőekkürlerimi sunarım.

Tezimin her aşamasında beni yalnız bırakmayan aileme sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

Hüseyin Hilmi TAŞ  
ISPARTA, 2019





## ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 1.1. Rüzgar etkisiyle çöken telekomünikasyon yapısı.....	2
Şekil 3.1. Telekomünikasyon kule yapılarının 3 boyutlu görünümü.....	7
Şekil 3.2. Telekomünikasyon kule yapılarının 2 boyutlu görünümü.....	9
Şekil 3.3. Sonlu bir eleman modeli .....	13
Şekil 3.4. Deprem ivme kayıtları .....	16
Şekil 3.5. Deprem spektrum eğrisi .....	23
Şekil 3.6. Modellerde kullanılan deprem spektrum eğrileri .....	25
Şekil 3.7. Topoğrafik etkiler.....	30
Şekil 4.1. Model 1'e ait mod şekilleri ve periyot değerleri.....	38
Şekil 4.2. Model 2'ye ait mod şekilleri ve periyot değerleri .....	38
Şekil 4.3. Model 3'e ait mod şekilleri ve periyot değerleri.....	39
Şekil 4.4. Model 4'e ait mod şekilleri ve periyot değerleri.....	39
Şekil 4.5. Model 5'e ait mod şekilleri ve periyot değerleri.....	39
Şekil 4.6. Model 6'ya ait mod şekilleri ve periyot değerleri .....	40
Şekil 4.7. Model 7'e ait mod şekilleri ve periyot değerleri.....	40
Şekil 4.8. Model 8'e ait mod şekilleri ve periyot değerleri.....	40
Şekil 4.9. Model 9'a ait mod şekilleri ve periyot değerleri.....	41
Şekil 4.10. Model 10'a ait mod şekilleri ve periyot değerleri .....	41
Şekil 4.11. Model 11'e ait mod şekilleri ve periyot değerleri .....	41
Şekil 4.12. Model 12'e ait mod şekilleri ve periyot değerleri .....	42
Şekil 4.13. Modellerin periyot değerleri.....	42
Şekil 4.14. 36m, 60m ve 84 m yüksekliğindeki üst kısmı düz yapılarda elde edilen yerdeğiştirme değerleri.....	43
Şekil 4.15. 36 m, 60 m ve 84 m yüksekliğindeki tamamen eğimli yapılarda elde edilen yerdeğiştirme değerleri.....	44
Şekil 4.16. 36 m, 64 m ve 84 m yüksekliğindeki tamamen eğimli ve üst kısmı düz olan yapılarda meydana gelen yerdeğiştirme değerleri .....	44
Şekil 4.17. 36 m, 60 m ve 84 m yüksekliğindeki üstü düz yapılarda elde edilen taban kesme kuvveti değerleri.....	45
Şekil 4.18. 36 m, 60 m ve 84 m yüksekliğindeki tamamen eğimli yapılarda elde edilen taban kesme kuvveti değerleri.....	46
Şekil 4.19. 36 m, 64 m ve 84 m yüksekliğindeki tamamen eğimli ve üst kısmı düz olan yapılarda meydana gelen taban kesme kuvveti değerleri .....	46
Şekil 4.20. 60 m ters V tipi ve 60 m ters V tipi 3m aralıklı olan tamamen eğimli yapılarda elde edilen yerdeğiştirme değerleri .....	47
Şekil 4.21. 60 m ters V tipi ve 60 m K tipi 3m aralıklı olan tamamen eğimli yapılarda elde edilen yerdeğiştirme değerleri .....	48
Şekil 4.22. Model 7 ile model 12 arasındaki modellerin yerdeğiştirme açısından karşılaştırılması.....	48
Şekil 4.23. Model 7 ile model 12 arasındaki modellerin taban kesme kuvveti açısından karşılaştırılması.....	49
Şekil 4.24. 60 m yüksekliğindeki yapının K, X ve ters V tipi çaprazlama şekilleri için yerdeğiştirme değerleri .....	49
Şekil 4.25. 60 m yüksekliğindeki yapının K, X ve ters V tipi çaprazlama şekilleri için taban kesme kuvveti değerleri .....	50

Şekil 4.26. Tüm yapılarda elde edilen yerdeğiştirme değerleri .....	51
Şekil 4.27. Tüm yapılarda elde edilen taban kesme kuvveti değerleri .....	52
Şekil 4.28. 36 m K tipi üst düz model (model 1) için her bir deprem ve zemin sınıfına göre meydana gelen en büyük yerdeğiştirme değerleri .....	53
Şekil 4.29. 36 m K tipi üst düz model (model 1) için her bir deprem ve zemin sınıfına göre meydana gelen taban kesme en büyük kuvveti değerleri .....	54
Şekil 4.30. 60 m K tipi üst düz model (model 2) için her bir deprem ve zemin sınıfına göre meydana gelen en büyük yerdeğiştirme değerleri .....	54
Şekil 4.31. 60 m K tipi üst düz model (model 2) için her bir deprem ve zemin sınıfına göre meydana gelen en büyük taban kesme kuvveti .....	54
Şekil 4.32. 84 m K tipi üst düz model (model 3) için her bir deprem ve zemin sınıfına göre meydana en büyük gelen yerdeğiştirme .....	55
Şekil 4.33. 84 m K tipi üst düz model (model 3) için her bir deprem ve zemin sınıfına göre meydana en büyük gelen taban kesme kuvveti .....	55
Şekil 4.34. 36 m K tipi eğimli model (model 4) için her bir deprem ve zemin sınıfına göre meydana gelen en büyük yerdeğiştirmeler .....	56
Şekil 4.35. 36 m K tipi eğimli model (model 4) için her bir deprem ve zemin sınıfına göre meydana gelen en büyük taban kesme kuvveti .....	57
Şekil 4.36. 60 m K tipi eğimli model (model 5) için her bir deprem ve zemin sınıfına göre meydana en büyük gelen yerdeğiştirme .....	57
Şekil 4.37. 60 m K tipi eğimli model (model 5) için her bir deprem ve zemin sınıfına göre meydana gelen en büyük taban kesme kuvveti .....	58
Şekil 4.38. 84 m K tipi eğimli model (model 6) için her bir deprem ve zemin sınıfına göre meydana en büyük gelen yerdeğiştirme .....	58
Şekil 4.39. 84 m K tipi eğimli model (model 6) için her bir deprem ve zemin sınıfına göre meydana en büyük gelen taban kesme kuvveti .....	59
Şekil 4.40. 60 m ters V tipi eğimli model (model 7) için her bir deprem ve zemin sınıfına göre meydana en büyük gelen yerdeğiştirme .....	59
Şekil 4.41. 60 m ters V tipi eğimli model (model 7) için her bir deprem ve zemin sınıfına göre meydana en büyük gelen yerdeğiştirme .....	60
Şekil 4.42. 60 m ters V tipi 3 m aralıklı eğimli model (model 8) için her bir deprem ve zemin sınıfına göre meydana en büyük gelen yerdeğiştirme .....	60
Şekil 4.43. 60 m ters V tipi 3 m aralıklı eğimli model (model 8) için her bir deprem ve zemin sınıfına göre meydana gelen en büyük taban kesme kuvveti .....	61
Şekil 4.44. 60 m K tipi 3 m aralıklı eğimli model (model 9) için her bir deprem ve zemin sınıfına göre meydana en büyük gelen yerdeğiştirme .....	61
Şekil 4.45. 60 m K tipi 3 m aralıklı eğimli model (model 9) için her bir deprem ve zemin sınıfına göre meydana en büyük gelen taban kesme kuvveti .....	62
Şekil 4.46. 60 m K tipi 3 m aralıklı üst düz model (model 10) için her bir deprem ve zemin sınıfına göre meydana en büyük gelen yerdeğiştirme .....	62
Şekil 4.47. 60 m K tipi 3 m aralıklı üst düz model (model 10) için her bir deprem ve zemin sınıfına göre meydana en büyük gelen taban kesme kuvveti .....	63

Şekil 4.48. 60 m K tipi 3 m aralıklı eğimli dik model (model 11) için her bir deprem ve zemin sınıfına göre meydana en büyük gelen yerdeğiştirme.....	63
Şekil 4.49. 60 m K tipi 3 m aralıklı eğimli dik model (model 11) için her bir deprem ve zemin sınıfına göre meydana en büyük gelen taban kesme kuvveti.....	64
Şekil 4.50. 60 m X tipi eğimli model (model 12) için her bir deprem ve zemin sınıfına göre meydana en büyük gelen yerdeğiştirme.....	64
Şekil 4.51. 60 m X tipi eğimli model (model 12) için her bir deprem ve zemin sınıfına göre meydana en büyük gelen taban kesme kuvveti.....	65
Şekil 4.52. 36 m K tipi üst düz model (model 1) rüzgar hızlarına göre yükseklik-yerdeğiştirme ilişkisi.....	66
Şekil 4.53. 36 m K tipi üst kısmı düz model (model 1) rüzgâr hızlarına göre elde edilen en büyük yer değıştirme değerleri .....	66
Şekil 4.54. 36 m K tipi üst düz model (model 1) rüzgar hızlarına göre en büyük taban kesme kuvveti değerleri .....	67
Şekil 4.55. 60 m K tipi üst düz model (model 2) rüzgar hızlarına göre yükseklik-yerdeğiştirme ilişkisi.....	67
Şekil 4.56. 60 m K tipi üst düz model (model 2) rüzgar hızlarına göre en büyük yerdeğiştirmeler .....	68
Şekil 4.57. 60 m K tipi üst düz model (model 2) rüzgâr hızlarına göre en büyük taban kesme kuvveti değerleri .....	68
Şekil 4.58. 84 m K tipi üst düz model (model 3) rüzgar hızlarına göre yükseklik-yerdeğiştirme ilişkisi.....	69
Şekil 4.59. 84 m K tipi üst düz model (model 3) rüzgar hızlarına göre en büyük yerdeğiştirmeler .....	69
Şekil 4.60. 84 m K tipi üst düz model (model 3) rüzgar hızlarına göre en büyük taban kesme kuvveti.....	70
Şekil 4.61. 36 m K tipi eğimli model (model 4) rüzgar hızlarına göre yükseklik-yerdeğiştirme ilişkisi.....	70
Şekil 4.62. 36 m K tipi eğimli model (model 4) rüzgar hızlarına göre en büyük yerdeğiştirmeler .....	71
Şekil 4.63. 36 m K tipi eğimli model (model 4) rüzgar hızlarına göre en büyük taban kesme kuvveti .....	71
Şekil 4.64. 60 m K tipi eğimli model (model 5) rüzgar hızlarına göre yükseklik-yerdeğiştirme ilişkisi.....	72
Şekil 4.65. 60 m K tipi eğimli model (model 5) rüzgar hızlarına göre en büyük yerdeğiştirmeler .....	72
Şekil 4.66. 60 m K tipi eğimli model (model 5) rüzgar hızlarına göre en büyük taban kesme kuvveti.....	73
Şekil 4.67. 84 m K tipi eğimli model (model 6) rüzgar hızlarına göre yükseklik-yerdeğiştirme ilişkisi.....	73
Şekil 4.68. 84 m K tipi eğimli model (model 6) rüzgar hızlarına göre en büyük yerdeğiştirmeler .....	74
Şekil 4.69. 84 m K tipi eğimli model (model 6) rüzgar hızlarına göre en büyük taban kesme kuvveti .....	74
Şekil 4.70. 60 m ters V tipi eğimli model (model 7) rüzgar hızlarına göre yükseklik -yerdeğiştirme ilişkisi.....	75

Şekil 4.71. 60 m ters V tipi eğimli model (model 7) rüzgar hızlarına göre en büyük yerdeğiştirmeler .....	75
Şekil 4.72. 60 m ters V tipi eğimli model (model 7) rüzgar hızlarına göre en büyük taban kesme kuvveti .....	76
Şekil 4.73. 60 m ters V tipi eğimli 3 m aralıklı model (model 8) rüzgar hızlarına göre yükseklik-yerdeğiştirme ilişkisi .....	76
Şekil 4.74. 60 m ters V tipi eğimli 3 m aralıklı model (model 8) rüzgar hızlarına göre en büyük yerdeğiştirmeler .....	77
Şekil 4.75. 60 m ters V tipi eğimli 3 m aralıklı model (model 8) rüzgar hızlarına göre en büyük taban kesme kuvveti .....	77
Şekil 4.76. 60 m K tipi eğimli 3 m aralıklı model (model 9) rüzgar hızlarına göre yükseklik-yerdeğiştirme ilişkisi .....	78
Şekil 4.77. 60 m K tipi eğimli 3 m aralıklı model (model 9) rüzgar hızlarına göre en büyük yerdeğiştirmeler .....	78
Şekil 4.78. 60 m K tipi eğimli 3 m aralıklı model (model 9) rüzgar hızlarına göre en büyük taban kesme kuvveti .....	79
Şekil 4.79. 60 m K tipi üst düz 3 m aralıklı model (model 10) rüzgar hızlarına göre yükseklik-yerdeğiştirme ilişkisi .....	79
Şekil 4.80. 60 m K tipi üst düz 3 m aralıklı model (model 10) rüzgar hızlarına göre en büyük yerdeğiştirmeler .....	80
Şekil 4.81. 60 m K tipi üst düz 3 m aralıklı model (model 10) rüzgar hızlarına göre en büyük taban kesme kuvveti .....	80
Şekil 4.82. 60 m K tipi eğimli 3 m aralıklı dik model (model 11) rüzgar hızlarına göre yükseklik-yerdeğiştirme ilişkisi .....	81
Şekil 4.83. 60 m K tipi eğimli 3 m aralıklı dik model (model 11) rüzgar hızlarına göre en büyük yerdeğiştirmeler .....	81
Şekil 4.84. 60 m K tipi eğimli 3 m aralıklı dik model (model 11) rüzgar hızlarına göre en büyük taban kesme kuvveti .....	82
Şekil 4.85. 60 m X tipi eğimli model (model 12) rüzgar hızlarına göre yükseklik-yerdeğiştirme ilişkisi .....	82
Şekil 4.86. 60 m X tipi eğimli model (model 12) rüzgar hızlarına göre en büyük yerdeğiştirmeler .....	83
Şekil 4.87. 60 m X tipi eğimli model (model 12) rüzgar hızlarına göre en büyük taban kesme kuvveti .....	83
Şekil 4.88. 25 m/sn rüzgar hızı için en büyük yerdeğiştirmelerin karşılaştırılması .....	84
Şekil 4.89. 35 m/sn rüzgar hızı için en büyük yerdeğiştirmelerin karşılaştırılması .....	84
Şekil 4.90. 45 m/sn rüzgar hızı için en büyük yerdeğiştirmelerin karşılaştırılması .....	85
Şekil 4.91. 25 m/sn rüzgar hızı için en büyük taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması .....	85
Şekil 4.92. 35 m/sn rüzgar hızı için en büyük taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması .....	86
Şekil 4.93. 45 m/sn rüzgar hızı için en büyük taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması .....	86

## ÇİZELGELER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Çizelge 3.1. Modeller ve isimleri.....	6
Çizelge 3.2. Kullanılan depremler ve özellikleri .....	18
Çizelge 3.3. Periyotlara göre rüzgar hızları (ASCE 07-10; Özlek, 2015) .....	28
Çizelge 3.4. Rüzgar doğrultu katsayısı(ASCE 07-10; Özlek, 2015) .....	28
Çizelge 3.5. Topoğrafik parametreler(ASCE 07-10; Özlek, 2015).....	30
Çizelge 3.6. Rüzgâr basıncı maruz kalma katsayısı(ASCE 07-10) .....	31
Çizelge 3.7. İç basınç katsayısı(ASCE 07-10; Özlek, 2015) .....	32
Çizelge 3.8. Fırtına etkisi faktörü sabitler(ASCE 07-10; Özlek, 2015). .....	34
Çizelge 3.9. Uygulanan rüzgâr hızları.....	36
Çizelge 3.10. Zati kar yükü ( $P_{k0}$ ) değerleri $kn/m^2$ .....	37



## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

$A_0$	Pozitif Dış Basınca Maruz Duvarlarda Bulunan Boşluk Alanının Toplamı
$A_{0g}$	Bina Örtüsündeki (Duvar Ve Çatı ) Boşluk Alanlarının Toplamı
$A_g$	Pozitif Dış Basınca Maruz Kalan Duvarların Brüt Alanı
$B$	Binanın Rüzgar Doğrultusuna Dik Yöndeki Yatay Uzunluğu
$[C]$	sönüm matrisi
$C$	Türbülans Yoğunluğu Faktörü
$[D]$	Bilinmeyen Değerler Vektörü
$D$	Dayanım Fazlalığı Katsayısı
$F$	Dış yük vektörü
$F_1$	Periyot Bölgesi İçin Yerel Zemin Etki Katsayıları
$F_s$	1.0 Saniye Periyot İçin Yerel Zemin Etki Katsayısıdır.
$GC_{pi}$	İç Basınç Katsayısı
$G$	Fırtına Etki Faktörü
$g_Q$	Zemin Tepkisi İçin Tepe Faktörü
$g_R$	Rezonans Tepkisi İçin Tepe Faktörü
$g_v$	Rüzgar Tepkisi İçin Tepe Faktörü
$G_f$	Esnek Yapılar İçin Fırtına Etki Faktörü
$H$	Ortalama Bina Yüksekliği Ya Da Diğer Binaların Yüksekliği
$I_{\bar{z}}$	$\bar{z}$ Yüksekliğindeki Türbülans Yoğunluğu
$I$	Yekpare Uzunluk Ölçeği Faktörü
$I$	Bina Kullanım Sınıfı
$[K]$	Rijitlik Matrisi
$K_z$	Rüzgar Basıncına Maruz Kalma Katsayısı
$K_{zt}$	Topoğrafya Etki Katsayısı
$K_d$	Rüzgar Doğrultu Katsayısı
$K_1, K_2, K_3$	Topoğrafik Çarpanlar
$L_{\bar{z}}$	Eşdeğer Yükseklikte Türbülansın Yekpare Uzunluk Ölçeği
$M_{oxn,max}^{(X)}$	En Büyük Taban Devrilme Momenti
$m_{txn}^{(X)}$	Taban Kesme Kuvveti Modal Etkin Kütleli
$[M]$	kütle matrisi
$m_{ixn}^{(X)}$	Kat Modal Etkin Kütleleri
$N_1$	Azaltılmış Frekans
$n_1$	Binanın Doğal Frekansı
$p$	Eşdeğer Statik Basınç Tasarım Basıncı
$P_{k0}$	Zati Kar Yükü
$q_h$	Ortalama Çatı Yüksekliğindeki Basınç
$q_z$	$z$ Yükseklikteki Rüzgar Hızı Basıncı
$q_i$	İç Basınç
$q_h$	Hız Basıncı
$Q$	Zemin Tepki Faktörü
$q_z$	Hız Basıncı
$[R]$	Yük Vektörü
$R$	Rezonans Tepki Faktörü
$R_i$	Azaltma Faktörü
$R_B, R_n, R_h, R_L$	Rezonans Tepki Faktörü Sabitleri

$R_a(T)$	Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı
$r_{n,max}^{(X)}$	En Büyük Modal Davranış Büyüklüğü
$\bar{r}_n^{(X)}$	Birim Modal Davranış Büyüklüğü
$S_{aR}(T_n)$	İse N'inci Doğal Titreşim Periyodu İçin ( $T_n$ )Azaltılmış Tasarım Spektral İvmesi
$S_{DS}$	Tasarım Spektral İvme Katsayısı
$S_{D1}$	Tasarım Spektral İvme Katsayısı
$T$	Sistemin Doğal Titreşim Periyodu
$T_L$	Sabit Yerdeğiştirme Bölgesine Geçiş Periyodu
$T_A$	Yatay Tasarım Spektrumu Köşe Periyodu
$T_B$	Yatay Tasarım Spektrumu Köşe Periyodu
$u$	yerdeğiştirme
$\dot{u}$	Hız vektörü
$\ddot{u}$	İvme vektörü
$V$	Temel Rüzgar Hızı
$V_{txn,max}^{(X)}$	En Büyük Taban Kesme Kuvveti
$V_i$	Ayrılmamış İç Hacim
$\bar{V}_z$	Z Yüksekliğindeki Ortalama Saatlik Rüzgar Hızı
$\bar{z}$	Yapının Eşdeğer Yüksekliğini
$z_{min}$	Maruz Kalma Sabiti
$\bar{\epsilon}$	Yekpare Uzunluk Ölçeği Güç Sayısı Üssü
$\beta$	Sönümlenme Oranı
$\Gamma_n^{(X)}$	Modal Katkı Çarpanı
$\Phi_{in}$	İ'inci Kattaki Ele Alınan Deprem Doğrultusundaki Doğal Titreşim Mod Şekli Genliğini
$\rho_{mn}$	Çapraz Korelasyon Katsayısı
$\beta_{mn}$	M'inci Ve N'inci Doğal Titreşim Periyotlarının Oranını
$\xi_n, \xi_m$	Modal Sönüm Oranları

## 1. GİRİŞ

Günümüzde iletişim sektörü, teknolojinin gelişmesiyle oldukça hızlı gelişim göstermektedir. İletişim sektöründeki bu gelişmeler, telekomünikasyon şirketlerinin sayısında artışa neden olmakta ve dolayısıyla iletişim sektöründe rekabet artmaktadır. Rakebetin artmasıyla, telekomünikasyon kulelerinin sayılarında ve yüksekliklerinde artışlar meydana gelmektedir. Kulelerin yüksekliklerinin artmasıyla telekomünikasyon kulelerinde meydana gelebilecek dinamik etkilerin de önemi artmaktadır. Deprem, rüzgâr gibi dinamik etkilerden kule tipi yapılar oldukça fazla etkilenmektedir. Bu nedenle kule tipi yapıların dinamik etkilere karşı dayanıklı olmaları gerekmektedir.

Telekomünikasyon kule yapılarının deprem etkisiyle göçmesi iletişimin kesilmesine sebep olacaktır. Deprem sonrasında iletişimin kesilmesi durumunda arama kurtarma çalışmaları aksayacaktır. Arama kurtarma çalışmalarının can ve mal güvenliği açısından oldukça büyük önem taşıdığı düşünüldüğünde, bu tür yapıların deprem sırasındaki davranışlarının belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Geçmiş yıllarda ülkemizde meydana gelen depremlerde birçok telekomünikasyon kule yapısı deprem etkisiyle hasar görmüş deprem sonrasında arama kurtarma çalışmalarında gecikmeler meydana gelmiştir (Şadiye, 2011).

Son yıllarda iletişimin hızla ve yaygınlaşmasıyla, yapısal mühendisler, uzun mesafelerde sinyal yaymak amacıyla anten sistemlerini kulelerin yüksek kısımlarına yerleştirmeye çalışmaktadırlar. Bu sistemlerin kurulumuna uygun olarak kule yapılarının yüksekliği nümerik çalışmalar sonucunda belirlenmelidir (Tupe, 2016). Kule tasarımında en etken olan kuvvetler rüzgâr ve depremdir. Kule yapıları ince uzun yapılar olmalarından dolayı bu kuvvetlere maruz kalmaktadır. Rüzgâr etkisi kule tipi yapılarda deprem kadar önem taşımaktadır.

Afet sırasında iletişim oldukça önemlidir. Telekomünikasyon kule yapıları sel, tayfun, kasırga ve deprem gibi felaketler meydana geldiğinde daha önemli hale



gelmektedir. Şiddetli bir deprem meydana geldikten sonra acil bir durumda, telekomünikasyon tesislerinin olumsuz yönde etkilenmesi birçok yönden olumsuz etkiler oluşturmaktadır. Örneğin; Avrasya plakasının güney ucunda yer alan Malezya, sismik olarak en aktif iki plaka sınırı içinde bulunmaktadır. Bu iki aktif plakada meydana gelen etkiler sonucunda telekomünikasyon kule yapılarında hasarlar meydana gelmiştir. Telekomünikasyon kuleleri gibi oldukça önemli yapılar üzerinde durulması gereken en önemli konulardandır. Hafif ve ince olan bu yapılar, yer hareketlerine ve rüzgâr yüklerine karşı özellikle hassastır (Razak, 2012).

Kule yapı yüksekliğinin artmasıyla deprem ve rüzgâr gibi etkilerin de önemi artmıştır. Yapı yüksekliği arttıkça, rüzgâr hızı buna bağlı olarak rüzgâr yükü de artmaktadır. Bu da çelik telekomünikasyon kule yapılarında olumsuz davranışlar oluşturabilecektir. Deprem ve rüzgâr gibi dinamik yükler etkisiyle çelik telekomünikasyon kule yapısında hasarlar oluşabilecek, yıkımlar meydana gelebilecektir. Şekil 1.1 'de zarar gören kule yapısı mevcuttur.



Şekil 1.1. Rüzgar etkisiyle çöken telekomünikasyon yapısı (Hugo Herná'ndez Barrios vd., 2013)

Rüzgâr yükü kule tip yapılarda oldukça etkilidir. İlk rüzgâr yönetmeliği 1945'de Danimarka'da yayınlanmış olup rüzgâr yükleri ilk olarak 1963'de İngiltere'de yapılan bir konferansta ele alınmıştır. 1945 yılındaki yönetmelikte rüzgâr yükleri statik olarak ele alınmış 1966'da fırtına etki faktöründe eklenerek dinamik etkiler göz önünde bulundurulmuştur (Özlek, 2015).

## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

Silva vd. (2005), 40 m ve 75 m yüksekliğinde çelik kule yapılarını ele alarak rüzgâr etkisinde yapıların davranışlarını incelemişlerdir. Rüzgâr doğrultusunda ve rüzgâra dik doğrultudaki yerdeğiştirme değerlerini belirlemişlerdir. Statik ve dinamik analizler sonucunda elde etmiş oldukları yerdeğiştirme, gerilme, moment ve frekans değerlerini karşılaştırmışlardır.

Harikrishna (1999), rüzgâr yükleri etkisindeki çelik kulenin analizlerini gust etki faktörünü göz önünde bulundurarak incelemişlerdir. Gust etki faktörünü uluslararası standartlara göre belirlemişlerdir. İngiliz ve Avustralya standartlarına göre tavsiye edilen değerleri göz önüne alarak tasarımları gerçekleştirmişlerdir. 52 m yüksekliğindeki kulenin rüzgâr etkisindeki yapısal analizlerini arazi özellikleri ve ölçülen rüzgâr hızlarını göz önünde bulundurarak yaparak edilen sonuçları karşılaştırmışlardır.

Harikrishna vd. (2002), mevcut bir çelik telekomünikasyon kule yapısında rüzgâr özelliklerine ve ortam koşullarına göre dinamik rüzgâr etkisindeki davranışını incelemişlerdir. Bunun sonucunda, yerdeğiştirme değerleri belirlenerek karşılaştırılmışlardır. Mevcut tasarımın yeterliliğini deneysel gözlemlere uygun olarak belirlemişlerdir.

Glanville ve Kwok (1995), yapmış olduğu çalışmada, çelik çerçeve kulesinde yapılan saha ölçüm çalışmalarında STRAND6 bilgisayar programını yardımı ile elde edilen bulguları incelemişlerdir. Kulenin rüzgâr yükü etkisi altındaki dinamik davranışını incelemişlerdir.

Tessari (2017), yapmış oldukları çalışmada, çelik kuleler üzerinde olasılıklı analizler gerçekleştirmişlerdir. Farklı özelliklere sahip rüzgârların yapıda oluşturdukları etkileri incelemişlerdir. Çelik kuleler üzerine etki eden rüzgâr kuvvetlerinin tahmininde Brezilya standardı olan NBR6123:88 kullanılmıştır. Kulelerin rüzgâr etkisinde güvenilirlik analizini gerçekleştirmişlerdir.

Fu vd. (2016), çalışmasında, kule yapılarının rüzgâr etkisindeki kırılma analizlerini gerçekleştirmişlerdir. Temel rüzgâr hızlarına bağlı olarak kritik göçme eğrisi belirleyerek kule yapılarının göçme durumlarını incelemişlerdir. Rüzgâr etki açısını ve rüzgâr spektrumunun kule üzerindeki etkisini kırılma analizleri ile belirlemişlerdir. Rüzgâr etki açısının ve rüzgâr spektrum değerlerinin kritik göçme eğrilerinde oldukça büyük etki oluşturduklarını gözlemlemişlerdir.

Martin (2016), Rüzgâr yüklerinden dolayı kulelerde oldukça fazla hasarlar meydana geldiği için rüzgâr yüklerinin yapısal tasarımdaki etkilerini incelemişlerdir. Deneysel olarak rüzgâr tünel testleri yaparak rüzgârın kulelerdeki etkisini ele almışlardır.

Razak vd. (2012), çalışmasında, Malezya'daki kule yapılarını SAP 2000 sonlu elemanlar programı ile modelleyerek sismik analizler gerçekleştirmişlerdir. Kule yapılarını Analizler sonucunda elde edilen yer değiştirme, taban kesme kuvveti değerlerini belirleyerek karşılaştırmışlardır. Çalışmalarında International Building Code (IBC 2000) ve Eurocode (EC8) kullanılmıştır.

Sharma vd. (2015) yapmış olduğu çalışmada, farklı deprem sınıfları için farklı yüksekliklere sahip telekomünikasyon kule yapılarının analizlerini yaparak karşılaştırmalar yapmışlardır. Farklı rüzgâr bölgeleri için de aynı yapılarla etki eden rüzgâr hızlarına göre analizler yapılmıştır. Rüzgâr yükü yöntemi için gust faktör yönteminden faydalanılmıştır. Deprem yükü için ise mod birleştirme yöntemi kullanılmıştır.

Gunathilaka vd. (2013), deprem yüklemesi altında telekomünikasyon kule yapılarının deprem performansını değerlendirerek mevcut telekomünikasyon yapılarında güçlendirmelerin yapılmasının uygun olup olmadığını belirlemişlerdir.

Amiri vd. (2007), çalışmasında farklı yüksekliklerde on adet mevcut telekomünikasyon kulelerini ele alarak bu mevcut çelik telekomünikasyon kule

yapılarına deprem kuvveti uygulamışlardır. Doğrusal dinamik analiz yapılarak bu kulelerin deprem etkisindeki davranışı incelenmiştir.

Chaudhari ve Kadam (2016), çalışmasında SAP 2000 programı ile farklı özellikteki telekomünikasyon kule yapılarını modelleyerek tasarlamışlardır. Farklı şekilde modellenmiş telekomünikasyon kulelerinde doğrusal ve doğrusal olmayan sismik analizler gerçekleştirilmiş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.



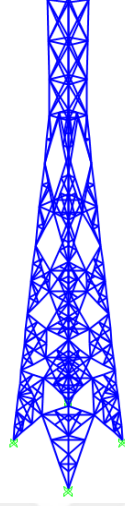
### 3. MATERYAL VE METOT

Ülkemiz deprem kuşağında yer almasından dolayı büyüklüğü az veya çok olan birçok deprem meydana gelmiştir. Bu depremler de oldukça fazla can ve mal kaybı meydana gelmiştir. Geçmişte analizler iki boyutlu olarak yapılırken günümüzde teknolojinin gelişmesiyle iki boyutlu analizler yerini yapıların gerçek davranışlarını belirleyebilen üç boyutlu analizlere bırakmıştır. Yapılan üç boyutlu dinamik analizler sonucunda sismik etkilere daha dayanıklı sağlam yapılar tasarlanabilmektedir.

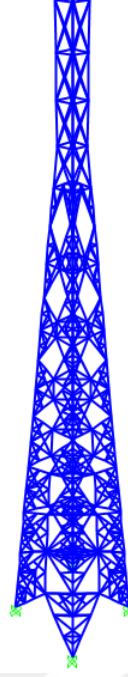
Bu çalışmada, farklı yüksekliğe ve çaprazlama şekillerine sahip çelik kule yapıları ele alınarak SAP 2000 sonlu elemanlar programı ile modellenmiş olup deprem ve rüzgâr etkisindeki davranışları incelenmiştir. Analizlerde 3 farklı rüzgâr hızı ASCE 7-10 yönetmeliğine uygun olarak alınıp yapılara uygulanmıştır. Ayrıca yapıların sismik etkiler altındaki davranışları incelenmiştir. Yapıların deprem etkisindeki davranışları incelenirken zaman tanım alanı yöntemi ve ayrıca mod birleştirme yöntemi kullanılmıştır. Zaman tanım alanı yönteminde; 15 adet zamana bağlı gerçek deprem ivme kaydı ele alınarak yapıların deprem etkisindeki davranışları incelenmiştir.

Çizelge 3.1. Modeller ve isimleri

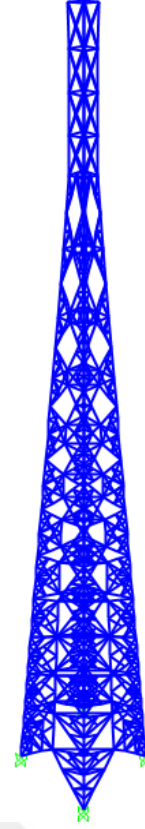
Model 1	36 m K tipi üst düz model
Model 2	60 m K tipi üst düz model
Model 3	84 m K tipi üst düz model
Model 4	36 m K tipi eğimli model
Model 5	60 m K tipi eğimli model
Model 6	84 m K tipi eğimli model
Model 7	60 m ters V tipi eğimli model
Model 8	60 m ters V tipi eğimli 3 metre aralıklı model
Model 9	60 m K tipi eğimli 3 metre aralıklı model
Model 10	60 m K tipi üst düz 3 m aralıklı model
Model 11	60 m K tipi eğimli dik 3 metre aralıklı model
Model 12	60 m X tipi eğimli model



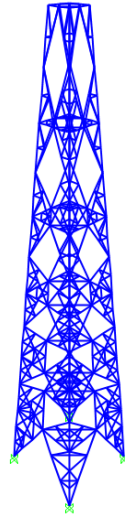
Model 1- 36 m K üst  
düz



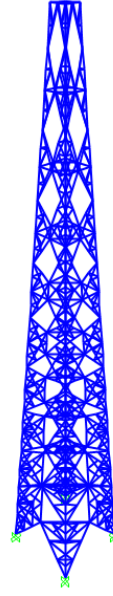
Model 2- 60 m K üst  
düz



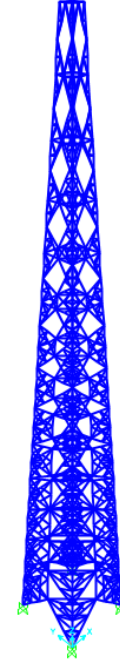
Model 3- 84 m K üst  
düz



Model 4- 36 m K  
eğimli

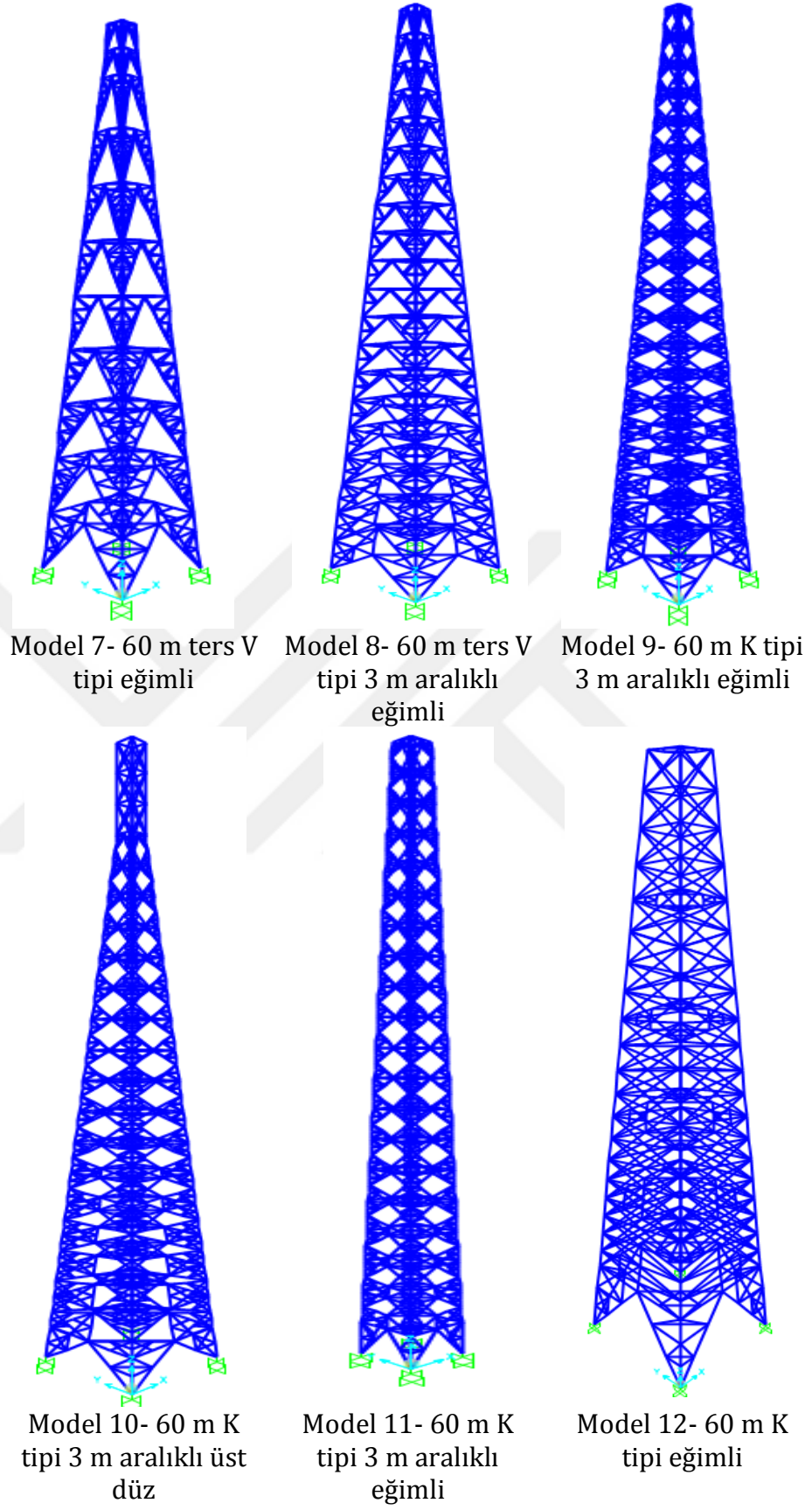


Model 5- 36 m K  
eğimli

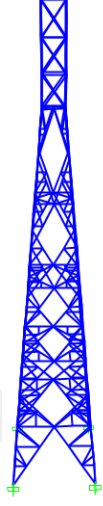


Model 6- 36 m K  
eğimli

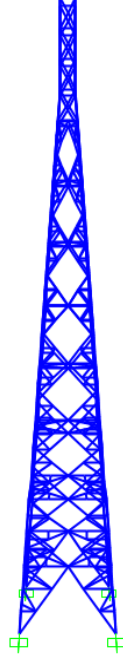
Şekil 3.1. Telekomünikasyon kule yapılarının 3 boyutlu görünümü



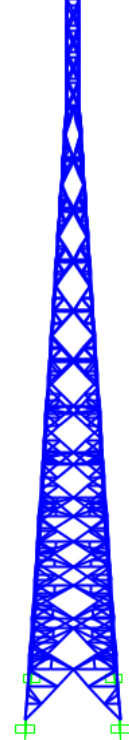
Şekil 3.2. Telekomünikasyon kule yapılarının 3 boyutlu görünümü (devamı)



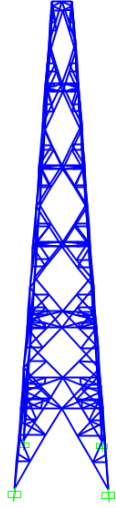
Model 1- 36 m K üst  
düz



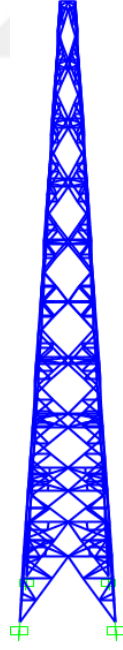
Model 2- 60 m K üst  
düz



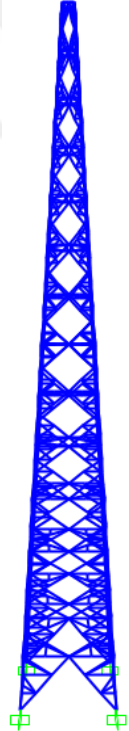
Model 3- 84 m K üst  
düz



Model 4- 36 m K  
eğimli



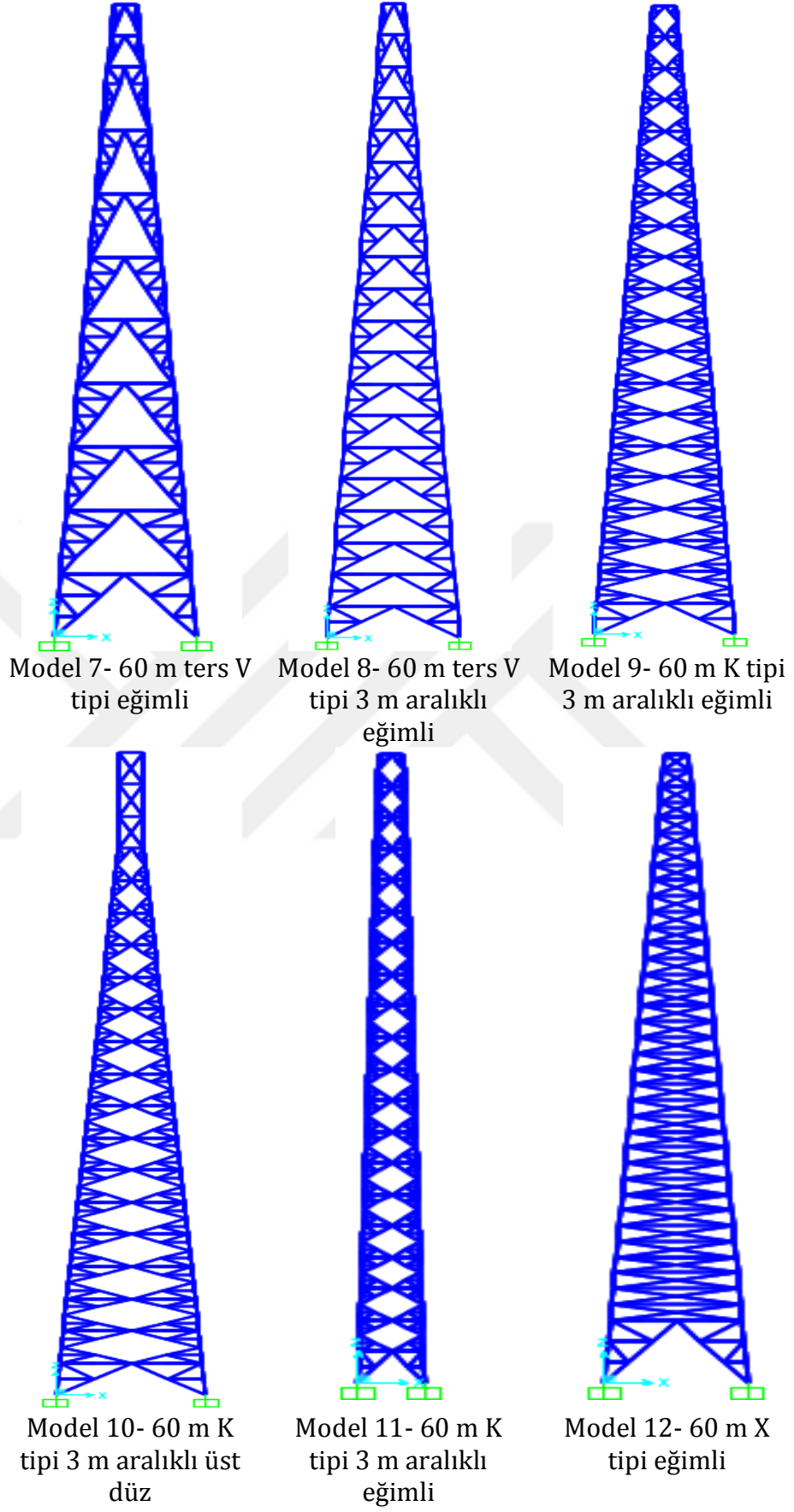
Model 5- 36 m K  
eğimli



Model 6- 36 m K  
eğimli

Şekil 3.3. Telekomünikasyon kule yapılarının 2 boyutlu görünümü





Şekil 3.4. Telekomünikasyon kule yapılarının 2 boyutlu görünümü (devamı)

Modeller 3 farklı duruma göre isimlendirilmiştir. Bunlar K tipi model, ters V tipi model ve X tipi modeldir (Sharma vd., 2015). Bu çalışmada, 12 farklı model bulunmaktadır. Bu modeller Çizelge 3.1 de isimlendirilmiş olup Şekil 3.1 ve 3.2 de sunulmuştur. İlk 6 model yükseklikleri farklı olan modellerdir ve K tipi çaprazlama şekli kullanılmıştır. 1. Model 36 m yüksekliğinde olup 30 m'ye kadar eğimli 30 m ile 36 m arasından düz olarak devam etmektedir. Ayakları arası mesafe 7 m ve üst kısmın genişliği ise 1.5 m olarak tasarlanmıştır. Kirişler arası mesafe 6 m'dir. Optimum tasarıma göre yapının ağırlığı 75145.1 N elde edilmiştir. Model 2; 60 m uzunluğunda olup 51 m'ye kadar eğimli, 51 m 'den sonra 9 m düz olarak devam etmektedir. Ayaklar arası mesafe 9 m olarak gelmektedir. Üst kısmın genişliği ise 1.5 m olarak tasarlanmıştır. Kirişler arası mesafe 6 m'dir. Optimum dizayna göre yapının ağırlığı 226868.42 N elde edilmiştir. Model 3 ise 84 m uzunluğunda olup 72 m'ye kadar eğimli 72 m'den sonra 12 m düz olarak devam etmektedir. Ayaklar arası mesafe 11 m olup üst kısmın genişliği ise 1.5 m olarak tasarlanmıştır. Kirişler arası mesafe 6 m'dir. Optimum dizayna göre yapının ağırlığı 626423.94 N elde edilmiştir. Model 4,5 ve 6 ise model 1,2 ve 3 ile aynı özelliklere sahip olup sadece üst kısmı düz olmayıp eğimli bir şekilde devam etmektedir (Şekil 3.2). Optimum dizayna göre model 4, model 5 ve model 6'nın ağırlıkları sırasıyla 78690.03 N, 289710.49 N ve 632664.38 N elde edilmiştir. Model 7 ile model 8; 60 m uzunluğunda olup K tipi çaprazlama kullanılmıştır. Model 7, model 8'den farklı olarak sadece kirişler arası mesafe 3 m olarak tasarlanmıştır. Optimum dizayna göre model 7'nin ağırlığı 354032.66 N, model 8'in ağırlığı 394338.32 N elde edilmiştir. Model 9; 60 m uzunluğunda olup model 5 ile hemen hemen aynı özelliklere sahiptir. Tek fark model 9'da kirişler arası mesafenin 3 m olarak dizayn edilmesidir. Optimum tasarıma göre yapının ağırlığı 327199.68 N elde edilmiştir. Model 10, 60 m uzunluğunda olup model 2 ile benzer özelliklere sahiptir. Sadece kirişler arası mesafe 3 m olarak tasarlanmıştır. Optimum dizayna göre yapının ağırlığı 260393.12 N elde edilmiştir. Model 11 ise model 9 ile benzer özelliklere sahiptir. Sadece eğim açısı diğer modellerin eğim açısına göre daha dik olarak tasarlanmıştır. Model 11'de ayaklar arası mesafe 4 m olup kiriş aralıkları 3 m'dir. Üst kısmın genişliği ise 1.5 m olarak dizayn edilmiştir. Optimum dizayna göre yapının ağırlığı 158250.8 N elde edilmiştir. Model 12 model 5 ile benzer

özellikte olup sadece çaprazlama şekli olarak X tipi çaprazlama şekli kullanılmıştır. Optimum dizayna göre yapının ağırlığı 664829.1 N elde edilmiştir.

Sonlu elemanlar yöntemi ilk kez uzay mühendisliği problemlerinin çözümünde Boeing, Bell Aerospace ve Rolls Royce firmaları tarafından kullanılmıştır. Mühendislikte; makine, elektrik, uçak, inşaat gibi alanlarda kullanıldığı gibi tıpta; ortopedi, kalp ve damar cerrahisi gibi dallarda kullanıldığı bilinmektedir. (Güler ve Şen, 2015).

Sonlu elemanlar yöntemi kullanılırken sistem modellenmekte ve modellenen sistemin hesabında zorluklar oluşacağından dolayı bu sistem küçük elemanlara ayrılıp ağ görünümünü durumuna getirilmektedir. Bu şekilde küçük parçalarla oluşan sistem sayısal model olarak bilinmekte olup her elemanın birleşim noktaları düğüm noktası olarak adlandırılmaktadır. Eleman sayısının fazla olması daha duyarlı sonuçların elde edilmesi açısından oldukça önemlidir. Bu sistemlere etki eden dış yük ve sınır değerlerinin etkisiyle sistem matris yöntemlerle analiz edilmekte ve gerilme ve şekil değiştirme gibi sonuçlar elde edilmektedir(Güler ve Şen, 2015).

Bu yöntemde yapı, birçok küçük elemana bölünmekte olup bu elemanlar noktalar tekrar birleştirilir. Bunun sonucunda, incelenen sistemde denklemler elde edilmektedir. Denklemleri çözmek için uzun süre gerekmektedir bu tür denklemler bilgisayar yardımıyla çözülebilmektedir. Şekil 3.3'de sonlu eleman modeli mevcuttur (Ergin, 2000).

Sonlu elemanlar yönteminde, yer değiştirme gibi büyüklükler elemanın noktalarındaki değerlerin interpolasyonu ile elde edilmektedir. Hesaplanan bilinmeyen değerler noktadaki değerlerdir. Elde edilen denklem takımlarının matris formu denklem (3.1)'de görülmektedir.

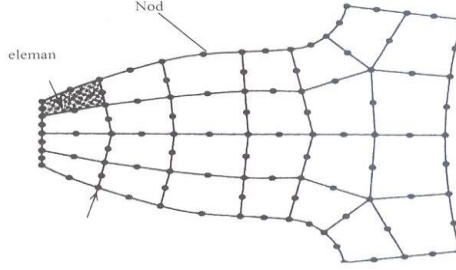
$$[K]. [D] = [R] \quad (3.1)$$

Burada;

[D] :Noktalaradaki bilinmeyen değerini temsil eden vektör,

[R]: Y¼k vektörü

[K]: Rijitlik matrisi (Ergin, 2000).



Şekil 3.5. Sonlu eleman modeli (Ergin, 2000)

Sonlu elemanlar yönteminde; yapı, küçük elemanlara ayrılmakta olup ağ yapısı oluşmaktadır. Yapının başlangıç noktası göz önüne alınarak x, y z değerleri belirlenerek modellenmektedir. Bununla birlikte, malzeme özellikleri (poisson oranı, elastisite modülü) tanıtılmakta olup sınır şartları da uygulanarak analizler gerçekleştirilmektedir. Gerilme ve şekil değiştirme değerleri elde edilmektedir (Güler ve Şen, 2015).

### 3.1. Yapıların Sismik Y¼kler Etkisindeki Davranışı

Mod birleştirme yöntemi sismik hesaplarda kullanılan yöntemlerden biridir. Mod birleştirme yönteminde maksimum iç kuvvetler ve yerdeğiştirmeler elde edilmektedir. Bu yöntemde, döşeme süreksizliği ve döşemelerin rijit olarak çalıştığı sistemlerde dinamik serbestlik derecesi göz önüne alınmaktadır. Yapı kütlelerinin kat seviyesinde bulunduğu kabul edilerek her mod durumunda yapı davranışı belirlenmekte olup bu değerler toplanmaktadır. Öncelikle periyot değerleri belirlenip sistemde kat kütlelerinden dolayı öteleme ve dönme yapılması sağlanıp ötelemeden dolayı elde edilen yanal rijitlik bununla birlikte dönmelerden dolayı oluşan burulma düzensizliği incelenmektedir. Yapılar deprem analizi yapılmadan önce düzensizlik meydana gelmeyecek şekilde

tasarlanmalıdır. Elde edilen modal kütlelerin toplamı yapı kütlelerinin yaklaşık olarak %90'ı kadar olmalıdır (Seçme 2009;Doğan 2005).

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğinde(TBDY 2018) mevcut olan deprem analiz yöntemleri; eşdeğer deprem yükü yöntemi, mod birleştirme yöntemi ve zaman tanım alanında analiz yöntemleridir. Eşdeğer deprem yükü yönteminde; deprem kuvveti, yapının ağırlık merkezine etki etmekte olup statik analiz gerçekleştirilmektedir. Mod birleştirme yönteminde; maksimum iç kuvvetler ve yerdeğiştirmeler elde edilmekte olup bu yöntem dinamik bir yöntemdir (Dilek,2006). Zaman tanım alanında hesap yönteminde; mevcut deprem ivme kayıtları yapılara uygulanarak yerdeğiştirme, gerime ve iç kuvvet değerleri elde edilmektedir. Deprem mühendisliğinde yapılan çalışmalarda en çok kullanılan yöntemler; zaman tanım alanı yöntemi ve mod birleştirme yöntemidir.

### **3.1.1. Zaman tanım alanı yöntemi**

Zamana bağlı olan yükler etkisindeki yapılarda analizler gerçekleştirilirken zaman tanım alanında analiz yöntemi kullanılmaktadır. Dış etkilerden dolayı meydana gelen hareket denklemi denklem (3.2)'de mevcuttur.

$$M\ddot{u}(t) + C\dot{u}(t) + Ku(t) = F(t) \quad (3.2)$$

Burada;

M: Sistemin kütle matrisi

C: Sistemin sönüm matrisi

K: Sistemin rijitlik matrisi

F: Dış yük vektörü

u,  $\dot{u}$  ve  $\ddot{u}$ : zamana bağlı yerdeğiştirme, hız ve ivme vektörleridir.

Bu denklem takımı Doğrudan integrasyon ve mod birleştirme yöntemi olmak üzere iki yöntemle hesaplanmaktadır. Doğrudan integrasyon yöntemi; yapı sistem matrislerinin doğrusal olmadığı durumlarda daha uygundur. Bu

yöntemde; Rayleigh veya Cauchy yöntemleri kullanılarak sönüm matrisleri belirlenebilir (Avcioğlu, 2015).

### 3.1.1.1. Doğrusal integrasyon yöntemi ile çözüm

Denklem (3.2)'de t zamanı, oldukça küçük zaman dilimi olan  $\Delta t$  için  $t+\Delta t$  şeklinde adım adım arttırılacak şekilde çözüm yapılması durumunda *doğrusal integrasyon yöntemi* gerçekleştirilmiş olmaktadır.

$t=0$  iken, sistemin yerdeğiştirmesi, hız ve ivme vektörleri  ${}^0u$ ,  ${}^0\dot{u}$  ve  ${}^0\ddot{u}$  şeklindedir.  $t=0$  anından  $t=T$  anına kadar çözüm yapılmaktadır. Zaman aralığı eşit zamanlara bölünerek;

$$\Delta t = \frac{T}{n} \quad (3.3)$$

elde edilmektedir. Hareket denklemi integrasyon yöntemi ile eşit zaman aralıkları ele alınarak çözülmektedir (Avcioğlu, 2015).

### 3.1.1.2. Doğrudan integrasyon yönteminin uygulanması

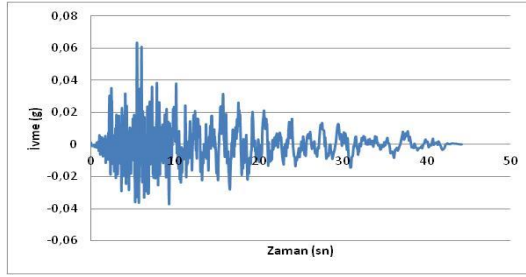
Birinci mertebe teorisi ve malzemenin elastik olması durumunda; sistemin kütle, rijitlik ve sönüm matrisleri, başlangıç koşulları, zaman adım aralıkları belirlenip, Denklem (3.4) kullanılarak gerekli hesaplar yapılmaktadır.

$$a_0 = \frac{1}{\Delta t^2}, \quad a_1 = \frac{1}{2\Delta t}, \quad a_2 = 2a_0, \quad a_3 = \frac{1}{a_2} \quad (3.4)$$

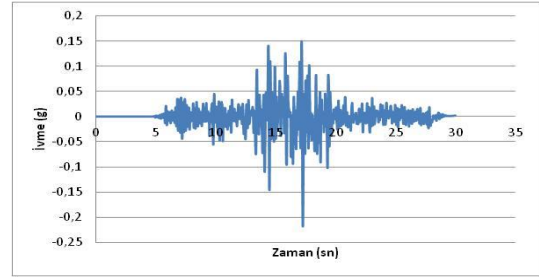
Etkin kütle matrisi olan  $\bar{M} = a_0M + a_1C$  hesaplanmaktadır. Bununla birlikte etkin kütle matrisinin tersi hesaplanarak t anındaki yük vektörü,  $t+\Delta t$  anı için yerdeğiştirme hesaplanmaktadır (Avcioğlu, 2015).

Yapılan bu çalışmada zaman tanım alanlı doğrusal dinamik analiz yöntemi kullanılmıştır. Çizelge 3.2'de analizlerde kullanılan depremlerin özellikleri

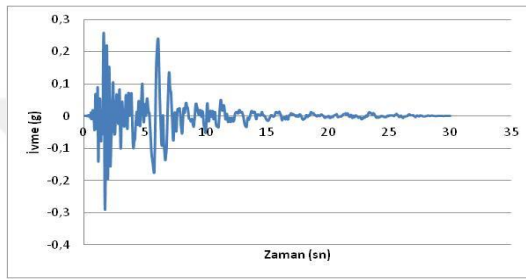
mevcuttur. Aşağıdaki şekillerde Şekil 3.4'de deprem ivme kayıtlarının zamana bağlı değişimi verilmiştir.



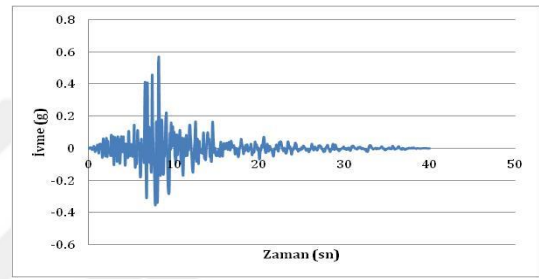
Parkfield depremi



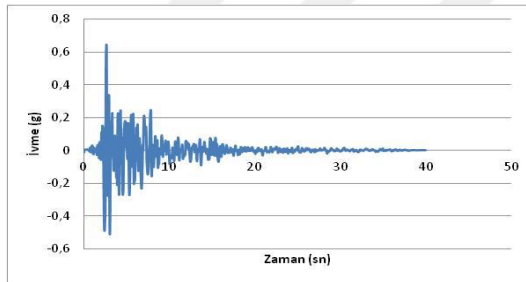
Kocaeli depremi



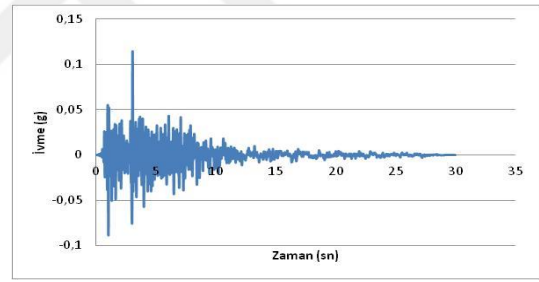
Morgan Hill depremi



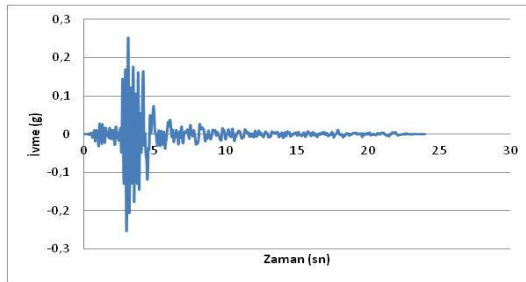
Nortridge depremi



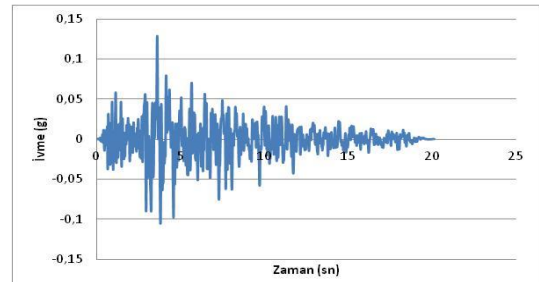
Loma Prieta depremi



Morgan Hill depremi

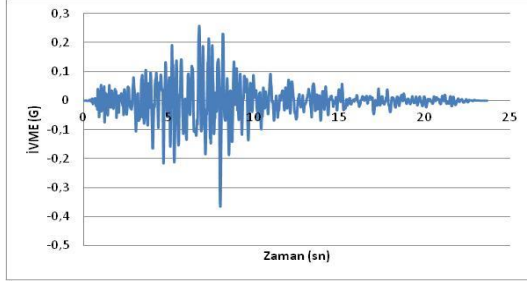


Livermor depremi

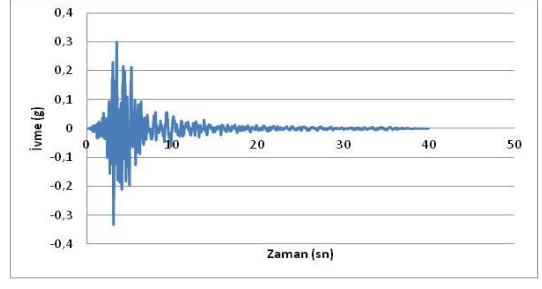


N. Palm Springs depremi

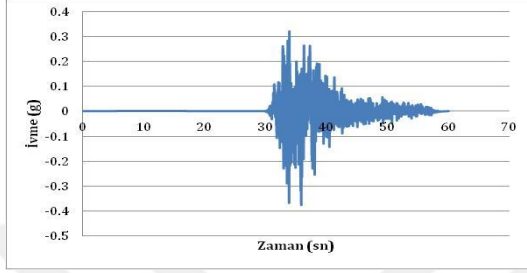
Şekil 3.6. Deprem ivme kayıtları



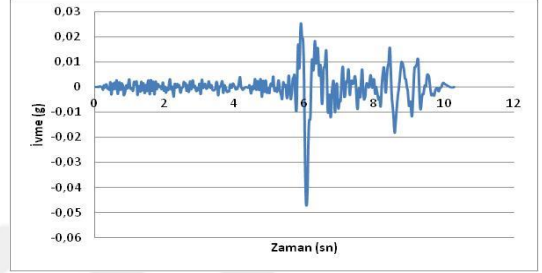
Northridge depremi



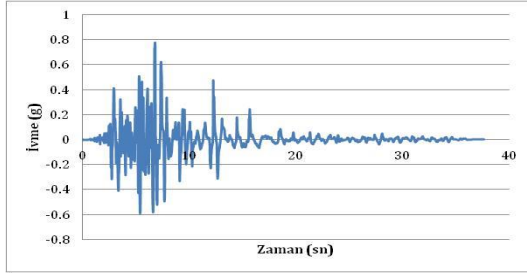
Whitter Narrows depremi



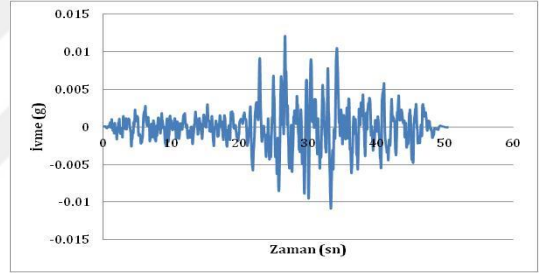
Kocaeli depremi



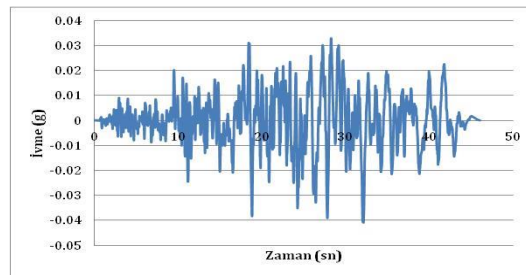
Anza (Horse Canyon) depremi



İmperial Valley depremi



Borrego Mtn depremi



Landers depremi

Şekil 3.7. Deprem ivme kayıtları (devamı)



Çizelge 3.2. Kullanılan depremler ve özellikleri

No	Deprem	Tarih	Moment Büyükük (M <sub>w</sub> )	Kayıt	Yer Hızı (cm/s)	Yer ivmesi (g)	Odak Uzaklığı (km)	Tip
1	Parkfield	28/06/1966	5.6	C12320	6.8	0.0633	14.7	Yanal Atımlı
2	Kocaeli	17/08/1999	7.4	ARC000	17.7	0.2188	17	Yanal Atımlı
3	Morgan Hill	24/04/1984	6.2	G06090	36.7	0.2920	11.8	Yanal Atımlı
4	Northridge	17/01/1994	6.7	ORR090	52.1	0.5683	22.6	Ters Eğik Atımlı
5	Loma Prieta	18/10/1989	7.1	CLS000	55.2	0.6437	5.1	Ters Oblik Atımlı
6	Morgan Hill	24/04/1984	6.2	GIL067	3.6	0.1144	16.2	Yanal Atımlı
7	Livemor	27/01/1980	7.4	LM0355	9.8	0.252	8.0	Yanal Atımlı
8	N.Palm Springs	08/07/1986	6.0	FVR045	41.2	0.129	13.0	Ters Oblik Atımlı
9	Northridge	17/01/1994	6.7	TPF000	17.6	0.364	37.9	Ters Eğik Atımlı
10	Whitter Narrows	10/01/1987	6.0	ALH180	22	0.333	13.2	Ters Eğik Atımlı
11	Kocaeli	17/08/1999	7.4	SKR090	79.5	0.376	3.1	Yanal Atımlı
12	Anza (Horse Cany)	25/02/1980	4.9	BAR225	2.6	0.047	40.6	Yanal Atımlı
13	Imperial Valley	15/10/1979	7.0	H-BCR230	40.0	0.775	2.5	Yanal Atımlı
14	Borrego Mtn	09/04/1968	6.8	A-PEL090	2.9	0.012	217.4	Yanal Atımlı
15	Landers	28/06/1992	7.3	GRN180	14.1	0.041	141.6	Yanal Atımlı

### 3.1.2. Mod birleştirme yöntemi

Bu yöntemde maksimum iç kuvvet ve yerdeğiştirme değerleri, binada yeterli miktarda doğal titreşim modunun her biri için teker teker hesaplanan en büyük katkı değerlerinin istatistiksel olarak birleştirilmesi ile elde edilmektedir (Seçme, 2009).

### 3.1.2.1. Modal katkı çarpanı ve taban kesme kuvveti modal etkin kütlesi

Modal katkı çarpanı ve taban kesme kuvveti modal etkin kütlesi Denklem (3.5) ile elde edilmektedir.

$$\Gamma_n^{(X)} = \frac{\sum_{i=1}^N m_i \Phi_{i(X)n}}{\sum_{i=1}^N (m_i \Phi_{ixn}^2 + m_i \Phi_{iyn}^2 + m_{i\theta} \Phi_{i\theta n}^2)} \quad ; \quad m_{txn}^{(X)} = \Gamma_n^{(X)} \sum_{i=1}^N m_i \Phi_{ixn} \quad (3.5)$$

olarak tanımlanır. Burada;

$\Gamma_n^{(X)}$  : (X) deprem doğrultusunda, n'inci titreşim moduna ait *modal katkı çarpanı*  
 $m_{txn}^{(X)}$  : binanın x eksenini doğrultusundaki *taban kesme kuvveti modal etkin kütlesi* dir.

### 3.1.2.2. Kat modal etkin kütleleri

X deprem doğrultusu için n'inci titreşim modunda, yukarıda tanımlanan serbestlik dereceleri için *kat modal etkin kütleleri* Denklem (3.6) ile belirlenmektedir.

$$m_{ixn}^{(X)} = m_i \Phi_{ixn} \Gamma_n^{(X)} ; m_{iyn}^{(X)} = m_i \Phi_{iyn} \Gamma_n^{(X)} ; m_{i\theta n}^{(X)} = m_{i\theta} \Phi_{i\theta n} \Gamma_n^{(X)} \quad (3.6)$$

Burada;

$\Phi_{in}$  : i'inci kattaki ele alınan deprem doğrultusundaki doğal titreşim mod şekli genliğini ifade etmektedir.

### 3.1.2.3. Birim modal davranış büyüklüğü

(X) deprem doğrultusunda n'inci titreşim modunda yerdeğiştirme, görelî kat ötelemesi, iç kuvvet bileşenleri gibi herhangi bir davranış büyüklüğüne karşılık gelen *birim modal davranış büyüklüğü*  $\bar{r}_n^{(X)}$ , Denklem (3.7) ile belirlen *kat modal etkin kütleleri*'nin ken doğrultularında etkilendiği bir statik hesap ile elde edilir.

$$m_{ixn}^{(X)} = m_i \Phi_{ixn} \Gamma_n^{(X)}; m_{iyn}^{(X)} = m_i \Phi_{iyn} \Gamma_n^{(X)}; m_{i\theta n}^{(X)} = m_i \Phi_{i\theta n} \Gamma_n^{(X)} \quad (3.7)$$

Burada;

$\Phi_{in}$ : i'inci kattaki ele alınan deprem doğrultusundaki doğal titreşim mod şekli genliğini ifade etmektedir.

### 3.1.2.4 Mod birleştirme yöntemi ile deprem hesabı

$r_{n,max}^{(X)}$ : X deprem doğrultusu için n'inci titreşim periyodunda, yerdeğiştirme, görelî kat ötelemesi, iç kuvvetlerin bileşenlerine karşılık gelen *en büyük modal davranış büyüklüğü* olup Denklem (3.8) ile belirlenmektedir.

$$r_{n,max}^{(X)} = \bar{r}_n^{(X)} S_{aR}(T_n) \quad (3.8)$$

şeklinde hesaplanır. Burada ;

$\bar{r}_n^{(X)}$ : Birim modal davranış büyüklüğü

$S_{aR}(T_n)$ : n'inci doğal titreşim periyodu için ( $T_n$ )azaltılmış tasarım spektral ivmesini göstermektedir.

Denklem (3.8)' e göre hesaplanan en büyük modal katkılar Denklem (3.9)'a göre belirlenmektedir.

1.Tam Karesel birleştirme (TKB) kuralı;

$$r_{max}^{(X)} = \sqrt{\sum_{m=1}^{YM} \sum_{n=1}^{YM} r_{m,max}^{(X)} \rho_{mn} r_{n,max}^{(X)}} \quad (3.9)$$

şeklinde tanımlanmıştır. Burada;

$r_{n,max}^{(X)}$  ve  $r_{m,max}^{(X)}$ : n'inci ve m'inci titreşim modları için Denklem (3.8) ile hesaplanan *en büyük modal davranış büyüklükleri*;

$\rho_{mn}$ : Bu modlara ait çapraz korelasyon katsayısı'nı göstermektedir.

2. Çapraz korelasyon katsayısı;

$$\rho_{mn} = \frac{8\sqrt{\xi_m \xi_n} (\beta_{mn} \xi_n + \xi_m) \beta_{mn}^{3/2}}{(1-\beta_{mn}^2)^2 + 4\xi_m \xi_n \beta_{mn} (1+\beta_{mn}^2) + 4(\xi_n^2 + \xi_m^2) \beta_{mn}^2} ; \quad \beta_{mn} = \frac{T_m}{T_n} \quad (3.10)$$

şeklinde hesaplanmaktadır. Burada ;

$\beta_{mn}$ : m'inci ve n'inci doğal titreşim periyotlarının oranını

$\xi_n$  ve  $\xi_m$ : aynı modlara ait birbirinden farklı olabilen modal sönüm oranlarını göstermektedir.

Modal sönüm oranlarının her mod için aynı olduğu varsayılırsa çapraz korelasyon katsayısı Denklem (3.11) olarak elde edilmektedir.

$$\rho_{mn} = \frac{8\xi^2(1+\beta_{mn})\beta_{mn}^{3/2}}{(1-\beta_{mn}^2)^2 + 4\xi^2\beta_{mn}(1+\beta_{mn})} ; \quad (\xi_m = \xi_n = \xi) \quad (3.11)$$

Göz önünde bulundurulan tüm mod şekilleri için  $\beta_{mn} < 0.8$  koşulunun sağlanması durumunda tam karesel birleştirme kuralı kullanılmayıp *karelerin toplamının karekökü (KTKK)* kuralı kullanılabilir. Denklem (3.12) ile *karelerin toplamının karekökü (KTKK)* elde edilmektedir.

$$r_{\max}^{(X)} = \sqrt{\sum_{n=1}^N (r_{\max}^{(X)})^2} \quad (3.12)$$

Karelerin toplamının karekökü, Denklem (3.9)'da  $\rho_{mn}=0$  ( $m \neq n$ ) ve  $\rho_{mn} = 1$  ( $m=n$ ) durumunda Denklem (3.12) olarak elde edilmektedir.

$(V_{\text{txn,max}}^{(X)})$ : X deprem doğrultusunda n'inci titreşim modunda, x eksen yönünde oluşan *en büyük taban kesme kuvveti*

$(M_{\text{oxn,max}}^{(X)})$ ; *en büyük taban devrilme momenti*

$$V_{\text{txn,max}}^{(X)} = \sum_{i=1}^N f_{\text{ixn,max}}^{(x)} = m_{\text{txn}}^{(X)} S_{aR}(T_n) \quad (3.13)$$

$$M_{\text{oxn,max}}^{(X)} = \sum_{i=1}^N f_{\text{ixn,max}}^{(x)} H_i \quad (3.14)$$

şeklinde hesaplanmaktadır.

### 3.1.2.5. Deprem yer hareketi spektrumları

Yatay Elastik deprem spektrumu:

Herhangi bir deprem düzeyi için yatay elastik tasarım ivme spektrumunda;

$$S_{ae}(T) = \left(0.4 + 0.6 \frac{T}{T_A}\right) S_{DS} \quad (0 \leq T \leq T_A) \quad (3.15)$$

$$S_{ae}(T) = S_{DS} \quad (T_A \leq T \leq T_B) \quad (3.16)$$

$$S_{ae}(T) = \frac{S_{DS}}{T} \quad (T_B \leq T \leq T_L) \quad (3.17)$$

$$S_{ae}(T) = \frac{S_{DS} T_L}{T^2} \quad (T_L \leq T) \quad (3.18)$$

Burada;

$S_{ae}(T)$ : yatay elastik spektral ivmesini

T: Doğal titreşim periyodu

$T_A$  ve  $T_B$ : Yatay tasarım spektrum köşe periyotlarını göstermektedir.

Yatay tasarım köşe periyotları;

$$T_A = 0.2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}}; \quad T_B = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (3.19)$$

şeklinde hesaplanır.

Burada;  $S_{DS}$  ve  $S_{D1}$  tasarım spektral ivme katsayıları olarak tanımlanmakta olup Denklem (3.20) ve (3.21) ile belirlenmektedir.

$$S_{DS} = S_s F_s \quad (3.20)$$

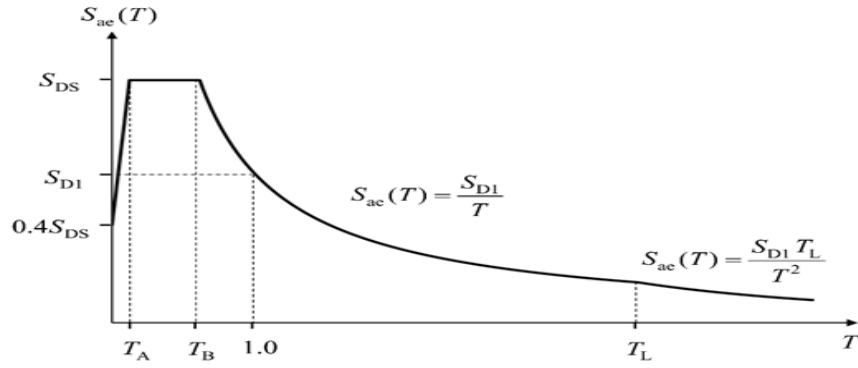
$$S_{D1} = S_1 F_1 \quad (3.21)$$

Burada;

$F_1$  : Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayıları

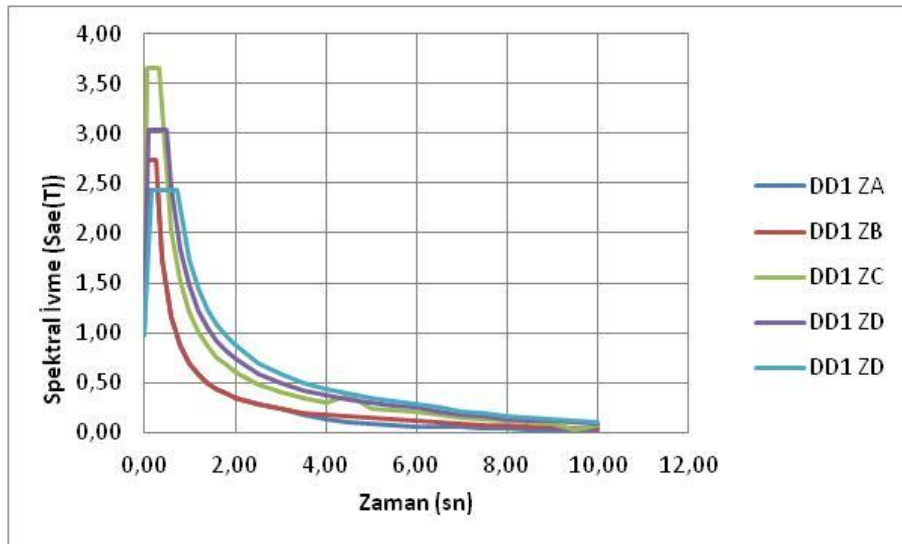
$F_s$ : 1.0 saniye periyot için yerel zemin etki katsayısıdır.

Burada  $T_L$  sabit yerdeğiştirme bölgesine geçiş periyodu olarak tanımlanmakta ve  $T_L=6$  s alınmaktadır. Şekil 3.5’de yatay elastik tasarım spektrum eğrisi mevcuttur (TBDY 2018).

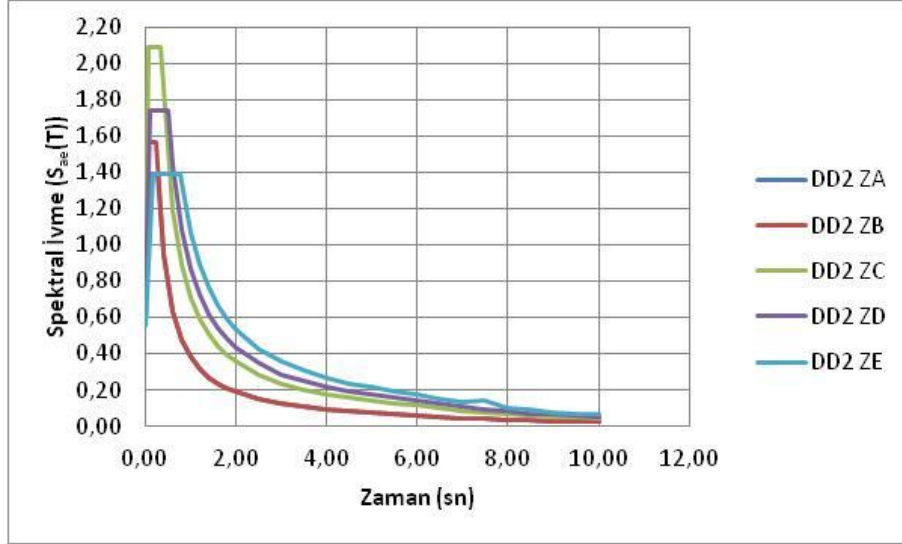


Şekil 3.8. Deprem spektrum eğrisi

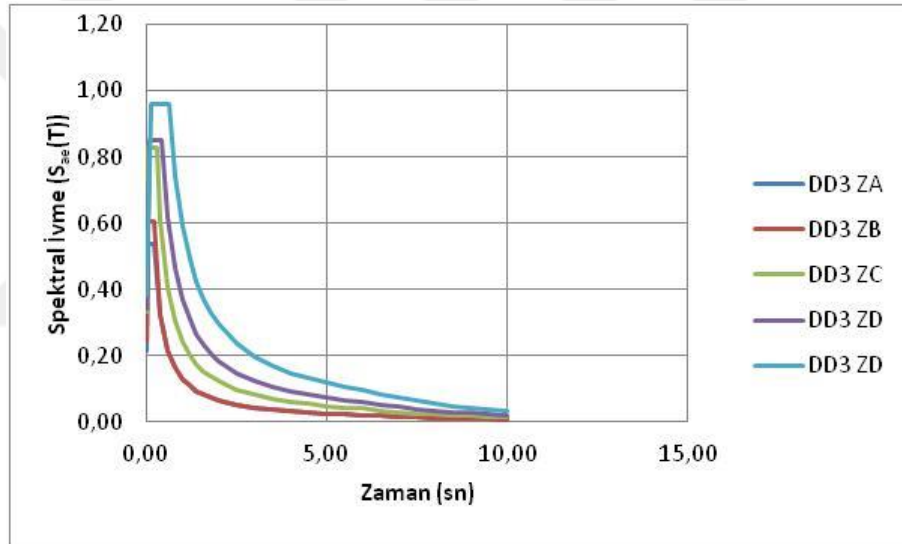
Bu çalışmada, mod birleştirme yönteminde kullanılan spektrum eğrileri Kocaeli ilinden alınan deprem değerlerine göre oluşturulmuştur. Şekil 3.6’da tüm deprem düzeyleri ve zemin sınıfları için elde edilen spektrum eğrileri mevcuttur (AFAD, 2019).



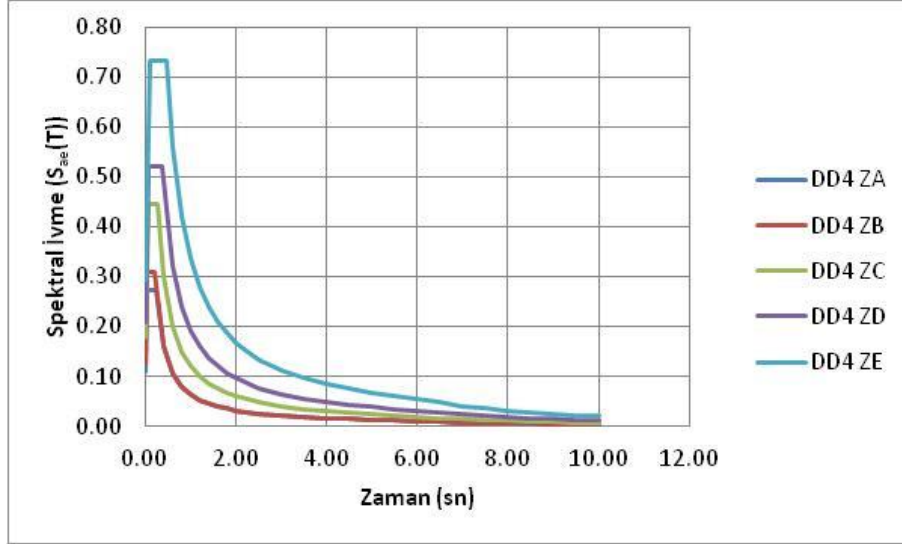
a. Deprem düzeyi 1 ve tüm zemin sınıfları



b. Deprem düzeyi 2 ve tüm zemin sınıfları



c. Deprem düzeyi 3 ve tüm zemin sınıfları



d. Deprem düzeyi 4 ve tüm zemin sınıfları

Şekil 3.9. Modellerde kullanılan deprem spektrum eğrileri

### 3.2. Yapıların Rüzgâr Etkisindeki Davranışı

#### 3.2.1. Genel tanımlamalar

- Arazi kategorisi C olan, 10 metre yükseklikteki 3 saniyelik rüzgar hızına *temel rüzgar hızı* denir.
- Kısmen kapalı ya da açık tanımına uymayan yapılar *kapalı yapı* olarak adlandırılmaktadır.
- Kaplamalar, çatı kaplamaları, dış duvarlar, camlar, kapı ve pencere bileşenleri, ışıklık bileşenleri ve bina genelindeki bütün bileşenler *yapı çeperini* oluşturmaktadır.
- Doğal frekansı 1 Hz'den düşük olan ince bina ya da diğer yapılar *esnek bina ve diğer yapılar* olarak isimlendirilmektedir.
- Ortalama çatı yüksekliği, h, 18 metreden küçük olan yapılar ve ortalama çatı yüksekliği en küçük yatay uzunluğu geçmeyen yapılar *düşük yükseklikli yapılar* olarak nitelendirilmektedir.
- Her bir duvarında %80 boşluk bulunan yapılar açık yapılar olarak adlandırılmaktadır.

$$A_0 \geq 0.8A_g$$

(3.22)



$A_0$  :pozitif dış basınca maruz duvarların boşluk alanının toplamı, m<sup>2</sup>.

$A_g$  :pozitif dış basınca maruz duvarların brüt alanı, m<sup>2</sup>.

- Pozitif dış basınca maruz duvarlarda bulunan boşluk alanlarının toplamının, bina örtüsünde (çatı, duvar vs.) bulunan boşluk alanlarının toplamının %10'undan fazla olması şartı ile ve pozitif dış basınca maruz duvarda bulunan boşluk alanlarının toplamının 0,37 m<sup>2</sup> ya da duvar alanının %1'inden (hangi değer daha büyükse o seçilir) fazla olması durumu ve bina genelinde ki açıklıkların, brüt örtü alanına oranı %20 'yi geçemeyen yapılar *kısmen kapalı bina* olarak nitelendirilir.
- Kaplama ve bileşenleri; rüzgar etkilerine karşı yapının dayanımına katkısı olmayan elemanlardır.
- Binalarda rüzgar yüklerinin belirlenmesinde kullanılan eşdeğer statik basınca *tasarım basıncı* (p) denir.
- Boyutsal yapısında olağandışı bir geometrik şekle sahip olamayan yapılar *düzgün yapılı bina ve diğer yapılar* olarak nitelendirilir.
- Doğal frekansı 1 Hz'e eşit ya da daha büyük olan yapılar *rijit bina ve diğer yapılar* olarak adlandırılır.
- Rüzgar etkilerine karşı binanın dayanıklılığını ve stabilitesini sağlayan yapısal elemanlar *rüzgar dayanım sistemlerini* oluşturur.
- Rüzgar yüklerinin, sürekli döşeme ve çatı diyaframlarıyla, çatı ve düşey doğrultudaki duvar elemanlarından, rüzgar dayanım sistemine aktaran elemanlara *diyafram elemanlar* denir (Özlek, 2015).

### 3.2.2. Rüzgar hız basıncı

Rüzgar hız basıncı;

$$q_z, q_h = 0,613 \cdot K_z \cdot K_{zt} \cdot K_d \cdot V^2 \left( \frac{N}{m^2} \right) \quad (3.23)$$

şeklinde hesaplanmaktadır (ASCE 07-10).

Burada;

$q_z$  ve  $q_h$ : Hız basıncı ( $N/m^2$ )

$K_z$ : Rüzgar basıncına maruz kalma katsayısı

$K_{zt}$ : Topoğrafya etki katsayısı

$K_d$ : Rüzgar doğrultu katsayısı

$V$ : Temel rüzgar hızı ifade etmektedir (Özlek, 2015).

### 3.2.3. Temel rüzgar hızı

Amerika sınırları içerisinde bina ve diğer yapıların rüzgar yüklerinin hesaplanması için kullanılacak olan temel rüzgar hızı, risk kategorisine göre ASCE 7-10 yönetmeliğinde verilen haritadan elde edilebilir.

Çizelge 3.3 rüzgar hızının üç saniye periyotlar ile ölçümünden edilen değerlerin, risk kategorilerine göre, on dakikalık periyotlar ile ölçümüne karşılık gelen değerleri verilmiştir. Bu değerlere göre 3 saniye periyotlarla ölçülen rüzgar hızları, 10 dakika periyotlarla ölçülen rüzgar hızlarının ortalama 1.5 katıdır (Özlek, 2015).

Çizelge 3.3. Periyotlara göre rüzgar hızları (ASCE 07-10; Özlek, 2015)

Risk Kategorisi	Rüzgar Hızları, v	
	T=3 sn Periyot	T=10 dk Periyot
1	<35	<22
2	35-45	22-30
3	45-55	30-35
4	55-65	35-40
5	>65	>40

#### 3.2.4. Rüzgar doğrultu faktörü, $K_d$

Rüzgar doğrultu faktörü; Çizelge 3.4'e göre belirlenmektedir.

Çizelge 3.4. Rüzgar doğrultu katsayısı (ASCE 07-10; Özlek, 2015)

Yapı Tipi	Rüzgar Doğrultu Katsayısı
Binalar ;	
Rüzgar dayanım sistemi	0,85
Kaplama ve bileşenleri	0,85
Kemer çatıları	
0,85	
Baca, tank ve benzeri yapılar ;	
Kare	0,90
Altıgen	0,95
Daire	0,95
Serbest duvar, serbest ve bağlı levhalar	
Açık levhalar ve kafes çerçeveler	0,85
Kafes çerçeve kuleler	
Üçgen, kare ve dikdörtgen	0,85
Diğer kesit tipleri	0,95

### 3.2.5. Maruz kalma kategorisi

Rüzgâra maruz kalınabilecek her bir yön ele alındığında, maruz kalma kategorisi doğal topoğrafi, bitki örtüsü ve inşa edilmiş diğer yapılara da göz önünde bulundurularak belirlenen zemin engebeliğine göre elde edilir. Zemin yüzeyinin engebeliği;

- Kent ve baliyo alanlarında, ormanlık alanlarda, sık ve engebeli arazi ya da büyük boyutlu konutlara sahip arazilere *yüzey engebelik kategorisi B* olarak nitelendirilir.
- Yükseklikleri 9.1 metreden az olan sık engelli açık araziler ve düz açıklıklı ülkeler ile otlak bölgeler *yüzey engebelik kategorisi C* olarak nitelenir.
- Düz engelsiz araziler ve su yüzeyleri yumuşak çamurlu ovalar ile kırılmamış buz bölgeleri *yüzey engebelik kategorisi D* olarak nitelendirilir (Özlek, 2015).

### 3.2.6. Topoğrafik faktör, $K_{zt}$

Herhangi bir maruz kalma kategorisi içinde bulunan tepe, bayır ya da yamaçlardaki rüzgar hızlarının etkileri bina, diğer saha koşulları için gerekli şartların sağlanmaması durumunda topoğrafik faktör 1 alınmakta şartların sağlanması durumunda ise;

$$K_{zt} = (1 + K_1 K_2 K_3)^2 \quad (3.24)$$

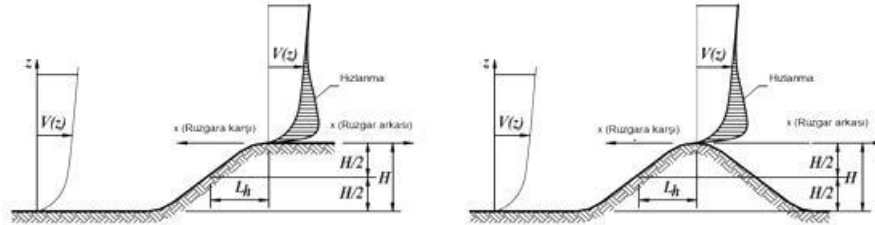
Denklem (3.24)'de belirtildiği şekilde elde ediliir. Burada  $K_{zt}$ , topoğrafik faktör,  $K_1 K_2 K_3$  ise topoğrafik çarpanları ifade eder. C kategorisi maruz kalmalar için Çizelge 3.5'den, diğer maruz kalma durumları için aşağıdaki formüllerden yararlanılır (Özlek, 2015).

Çizelge 3.5. Topoğrafik parametreler(ASCE 07-10; Özlek, 2015)

Tepe ve Yamaç Üzerindeki Hızlanma Parametreleri						
Tepe Şekli	K1/(H/Lh)			$\gamma$	$\mu$	
	Maruz Kalma				Zirvenin	Zirvenin
	B	C	D		Rüzgar Yönü	Rüzgar Arkası Yönü
2 Boyutlu Tepeler	1,30	1,45	1,55	3	1,5	1,5
2 Boyutlu Yamaçlar	0,75	0,85	0,95	2,5	1,5	4
3 Boyutlu Aksonometrik Tepeler	0,95	1,05	1,15	4	1,5	1,5

$$K_2 = \left(1 - \frac{|x|}{\mu L_h}\right) \quad (3.25)$$

$$K_3 = e^{-\gamma z/L_h} \quad (3.26)$$



Şekil 3.10. Topoğrafik etkiler (Özlek, 2015)

### 3.2.7. Rüzgar basıncı maruz kalma katsayısı, $K_z$

Rüzgar basıncı maruz kalma katsayısı; yapının maruz kalma kategorisine göre Çizelge 3.6 kullanılarak elde edilmektedir. (Özlek, 2015)

Çizelge 3.6. Rüzgâr basıncı maruz kalma katsayısı(ASCE 07-10)

Zemin Seviyesinden Yükseklik z (m)	Maruz Kalma Katagorisi		
	B	C	D
0-4,6	0,57	0,85	1,03
6,1	0,62	0,9	1,08
7,6	0,66	0,94	1,12
9,1	0,7	0,98	1,16
12,2	0,76	1,04	1,22
15,2	0,81	1,09	1,27
18	0,85	1,13	1,31
21,3	0,89	1,17	1,34
24,4	0,93	1,21	1,38
27,4	0,96	1,24	1,4
30,5	0,99	1,26	1,43
36,6	1,04	1,31	1,48
42,7	1,09	1,36	1,52
48,8	1,13	1,39	1,55
54,9	1,17	1,43	1,58
61	1,2	1,46	1,61
76,2	1,28	1,53	1,68
91,4	1,35	1,59	1,73
106,7	1,41	1,64	1,7
121,9	1,47	1,69	1,82
137,2	1,52	1,73	1,86
152,4	1,56	1,77	1,89

### 3.2.8. Rüzgâr yükü hesap yöntemleri

ASCE 7-10 yönetmeliğine uygun olarak hesaplar gerçekleştirilmektedir. Analitik yöntem; tüm yükseklikler için açık, kapalı ve yarı kapalı olan bütün yapılar için kullanılabilen bir yöntem olup tasarım aşamaları ASCE 7-10 standardında ayrı ayrı belirtilmiştir (Özlek, 2015).

#### 3.2.8.1. Rüzgar dayanım sistemi için tasarım basınçlarının hesabı

Rijit yapılar için tasarım rüzgar basıncı;

$$p = q_z G C_p - q_i (G C_{pi}) \quad (3.27)$$

Denkleminde gösterilmiştir.

Burada;

$q_i$ : iç basınç,

$G C_{pi}$ : iç basınç katsayısı,

$G$ : fırtına etkisi faktörü

$q_z$ :  $z$  yükseklikteki rüzgar hızı basıncını ifade etmektedir.

$G C_{pi}$ : İç basınç katsayısı Çizelge 3.6'a göre belirlenmektedir.

Yapıya etki eden rüzgar hızı basıncı hesabında iç basınç  $q_i$ , ortalama çatı yüksekliğindeki basınç ise  $q_h$  olarak ifade edilir. iç basınç katsayısı  $G C_{pi}$ 'nin değerleri yapının kapalılık sınıfına göre aşağıdaki Çizelge 3.6'da gösterilmiştir (Özlek, 2015).

Çizelge 3.7. İç basınç katsayısı (ASCE 07-10; Özlek, 2015)

Bina Tipi	$G C_{pi}$
Açık Binalar	0.00
Kısmi Kapalı Binalar	+0.55 -0.55
Kapalı Binalar	+0.18 -0.18

### 3.2.8.2. Fırtına etkisi faktörü

#### 3.2.8.2.1 Rijit ve diğer binalarda fırtına etkisi faktörü hesabı

Rijit ve diğer yapılar için fırtına etkisi faktörü 0,85 alınır ya da aşağıda verilen denklemde;

$$G = 0,925 \left( \frac{1+1,7g_Q I-Q}{1+1,7g_v I_{\bar{z}}} \right) \quad (3.28)$$

Burada ;

G: Fırtına etkisi faktörü

$$I_{\bar{z}} = c \left( \frac{10}{\bar{z}} \right)^{1/6} \quad (3.29)$$

Burada ;

$I_{\bar{z}}$  :  $\bar{z}$  yüksekliğindeki türbülans yoğunluğu

$\bar{z}$ : Yapının eşdeğer yüksekliğini (0,6h) ifade eder. Bu değer bütün bina yüksekliği için  $z_{\min}$ 'dan küçük olamaz,

$z_{\min}$ : Maruz kalma sabiti olup Çizelge 3.8 kullanılarak elde edilmektedir.

$g_Q$ : zemin tepkisi için tepe faktörü,

$g_v$ : rüzgar tepkisi için tepe faktörü,

C : türbülans yoğunluğu faktörü olup Çizelge 3.8 kullanılarak elde edilmektedir.

Q: zemin tepki faktörü (Denklemler(3.30))

$$Q = \sqrt{\frac{1}{1+0,3 \left( \frac{B+h}{L_{\bar{z}}} \right)^{0,63}}} \quad (3.30)$$

$$L_{\bar{z}} = l \left( \frac{\bar{z}}{10} \right)^{\bar{e}} \quad (3.31)$$



Burada;

B: binanın rüzgar doğrultusuna dik yöndeki yatay uzunluğu,

H: ortalama bina yüksekliği ya da diğer binaların yüksekliği,

$L_z$ : eşdeğer yükseklikte türbulansın yekpare uzunluk ölçeği,

$l$ : yekpare uzunluk ölçeği faktörü olup Çizelge 3.8 kullanılarak elde edilmektedir.,

$\bar{\epsilon}$ : yekpare uzunluk ölçeği güç sayısı üssü olup Çizelge 3.8 kullanılarak elde edilir.

$$R_i = 1,0 \text{ veya } R_i = 0,5 \left( 1 + \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{V_i}{22,800 A_{0g}}}} \right) < 1,0 \quad (3.32)$$

$R_i$ : Azaltma faktörü,

$A_{0g}$ : Bina örtüsündeki boşluk alanlarının toplamı,  $m^2$ ,

$V_i$ : Ayrılmamış iç hacim,  $m^3$  (Özlek, 2015).

Çizelge 3.8. Fırtına etkisi faktörü sabitler (ASCE 07-10; Özlek, 2015).

Maruz Kalma Kategorisi	$\square$	$Z_g(m)$	$a$	$\hat{b}$	$\bar{a}$	$\bar{b}$	$c$	$I(m)$	$\bar{\epsilon}$	$Z_{min}(m)$
B	7.0	365.7	1/7	0.84	1/4.	0.4	0.30	97.5	1/3.	9.1
		6			0	5		4	0	4
C	9.5	274.3	1/9.	1.00	1/6.	0.6	0.20	152.	1/5.	4.5
		2	5		5	5		4	0	7
D	11.	213.3	1/11.5	1.0	1/9	0.8	0.1	198.1	1/8.0	2.1
	5	6		7		0	5	2		3

### 3.2.8.2.2. Esnek veya dinamik olarak hasas bina ve yapılar

Esnek veya dinamik olarak hasas yapı frekansı 1 Herz'den küçük olan yapılar olarak tanımlanır. Esnek bina ve diğer yapıların fırtına etkisi faktörü;

$$G_f = 0,925 \left( \frac{1+1,7\sqrt{g_Q Q^2 + g_R R^2}}{1+1,7g_v l_z} \right) \quad (3.33)$$

şeklinde hesaplanır.

Burada;

$G_f$ : fırtına etki faktörü

$R$ : rezonans tepki faktörü

$g_R$ : rezonans tepkisi için tepe faktörü

$$g_R = \sqrt{2 \ln(3.600 \eta_1)} + \frac{0,577}{\sqrt{2 \ln(3.600 \eta_1)}} \quad (3.34)$$

$$R = \sqrt{\frac{1}{\beta} R_n R_h R_B (0,53 + 0,47 R_L)} \quad (3.35)$$

$R_n, R_h, R_B, R_L$  : rezonans tepki faktörü sabitleri,

$\beta$ : sönümlenme oranı,

$$R_n = \frac{7,47 N_1}{(1+10,3 N_1)} \quad (3.36)$$

$$R_1 = \frac{1}{\eta} - \frac{1}{2\eta^2} (1 - e^{-2\eta}) \quad (3.37)$$

$$N_1 = \frac{n_1 L_z}{\bar{V}_z} \quad (3.38)$$

$$\bar{V}_z = \bar{b} \left( \frac{z}{10} \right)^{\bar{a}} \left( \frac{88}{60} \right) V \quad (3.39)$$

$\bar{V}_z$ : z yüksekliğindeki ortalama saatlik rüzgaz hızı,

$N_1$ : azaltılmış frekans,

$\eta = 0$  durumu için  $R_1 = 1$  olarak hesaplanır.

$$R_1 = R_h \text{ için } \eta = \frac{4,6n_1 h}{\bar{V}_z} \quad (3.40)$$

$$R_1 = R_B \text{ için } \eta = \frac{4,6n_1 B}{\bar{V}_z} \quad (3.41)$$

$$R_1 = R_L \text{ için } \eta = \frac{15,4n_1 L}{\bar{V}_z} \quad (3.42)$$

Burada  $n_1$  binanın doğal frekansı olarak nitelendirilir.  $\bar{b}$  ve  $\bar{a}$ ; Çizelge 3.8'den belirlenen sabitlerdir (Özlek, 2015).

Bu çalışmada SAP 2000 programı ile modellenen 12 çelik kule yapısına 3 farklı rüzgar hızı ASCE 7-10 yönetmeliğine uygun olarak uygulanmıştır. Uygulanan rüzgar hızları Çizelge 3.9'de mevcuttur.

Çizelge 3.9. Uygulanan rüzgâr hızları

Rüzgar hızları	Birim (m/sn)
1. Rüzgar hızı	25
2. Rüzgar hızı	35
3. Rüzgar hızı	45

### 3.3. Yapıların Kar Yüğü Etkisindeki Davranışı

Kar yükü ( $P_{k0}$ ) değeri, TS498 (yapı elemanlarının boyutlandırılmasında alınacak yüklerin hesap değerleri) yönetmeliğinde belirtilen kar yağın bölgeler için düzenlenmiş olan haritadaki bölge numarasına göre belirlenmektedir. Kar yükü değerleri Çizelge 3.10'da mevcuttur. Kar yağmayan yerlerde kar yükü hesap değeri sıfır alınmaktadır (TS 498).

Çizelge 3.10. Zati kar yükü ( $P_{k0}$ ) değerleri KN/m<sup>2</sup> (TS 498).

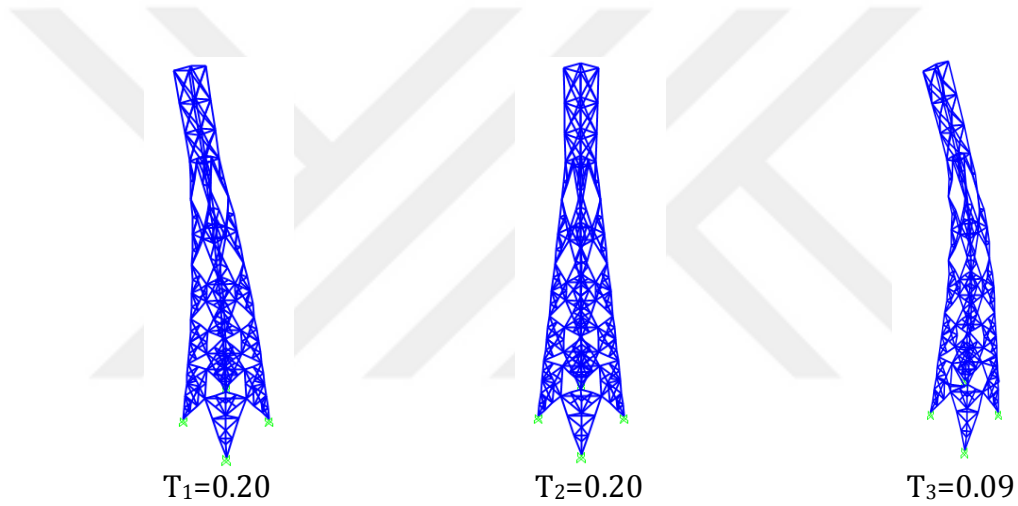
	1	2	3	4	5
1	Yapı yerinin denizden yüksekliği	BÖLGELER			
	m	1	2	3	4
	≤200	0,75	0,75	0,75	0,75
2	300	0,75	0,75	0,75	0,80
	400	0,75	0,75	0,75	0,80
	500	0,75	0,75	0,75	0,85
3	600	0,75	0,75	0,80	0,90
	700	0,75	0,75	0,85	0,95
	800	0,80	0,85	1,25	1,40
4	900	0,80	0,95	1,30	1,50
	1000	0,80	1,05	1,35	1,60
5	>1000	1000 m'ye tekabül eden değerler, 1500 m'ye kadar %10, 1500 m'den yukarı yüksekliklerde %15 artırılır.			

#### 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

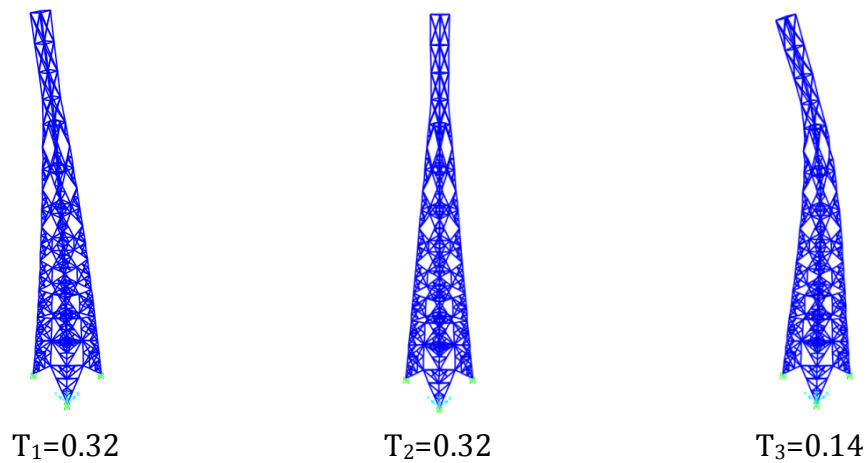
Bu çalışmada 12 çelik kule modeli SAP2000 programı ile modellenmiş modal analizler, rüzgâr yükü analizi, zaman tanım alanı yöntemi ve mod birleştirme yöntemi analizleri gerçekleştirilmiştir.

##### 4.1. Modal Analizlerden Elde Edilen Değerler

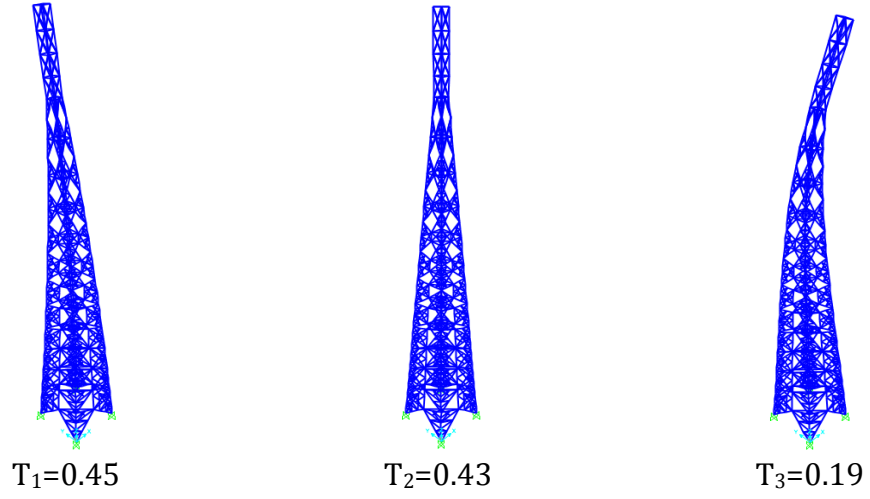
Tüm yapılara modal analizler uygulanmış olup analiz sonuçlarında yapılarda oluşan periyot ve mod şekilleri Şekil 4.1 –Şekil 4.12’de mevcuttur. Elde edilen ilk üç periyot değerleri Şekil 4.13’de verilmiştir.



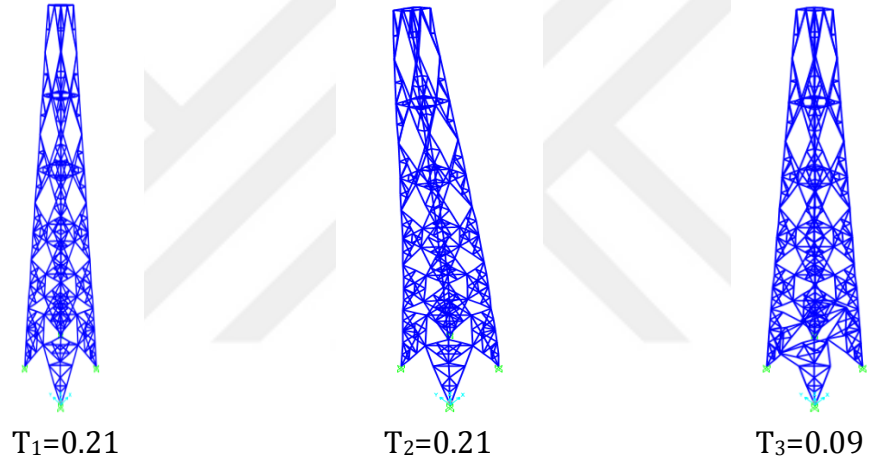
Şekil 4.1. Model 1'e ait mod şekilleri ve periyot değerleri



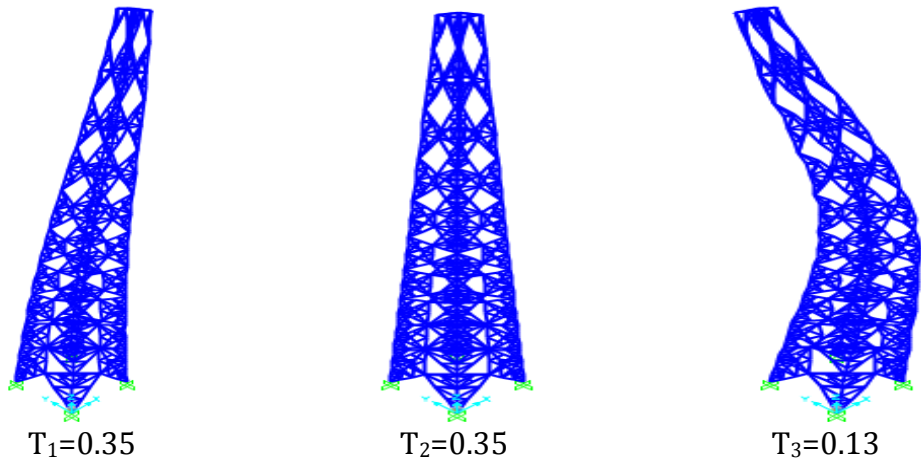
Şekil 4.2. Model 2'ye ait mod şekilleri ve periyot değerleri



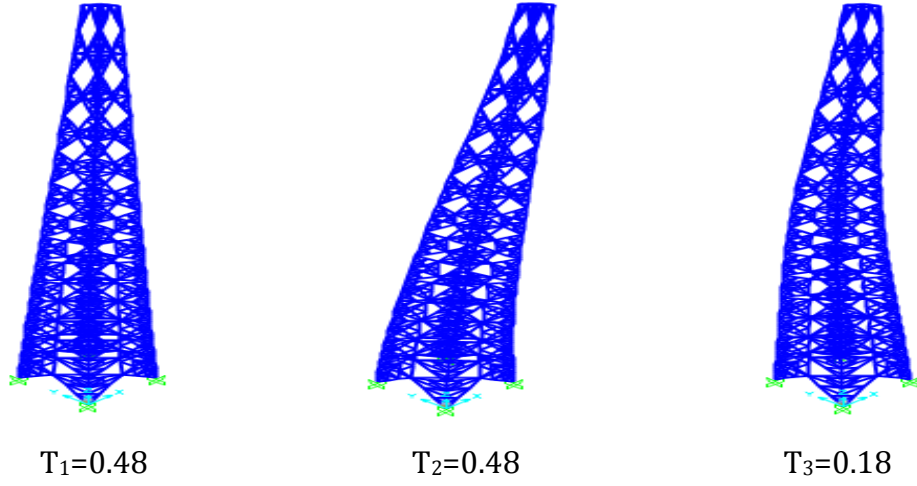
Şekil 4.3. Model 3'e ait mod şekilleri ve periyot değerleri



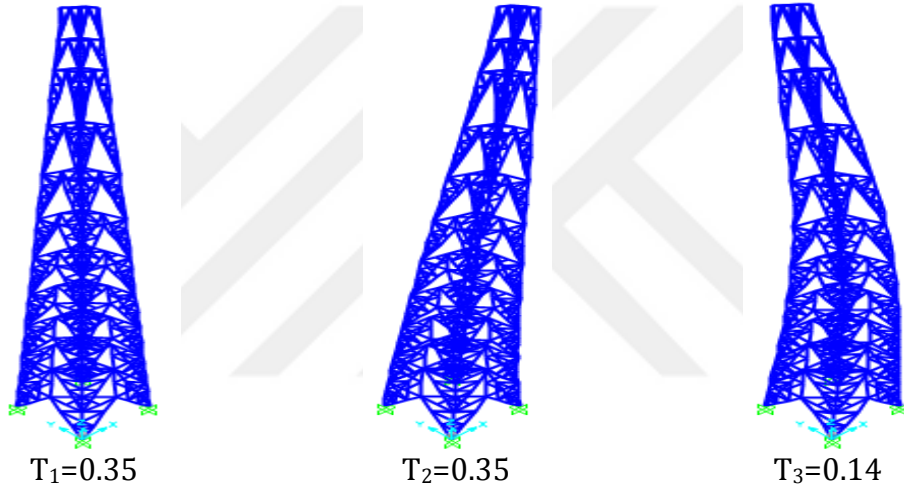
Şekil 4.4. Model 4'e ait mod şekilleri ve periyot değerleri



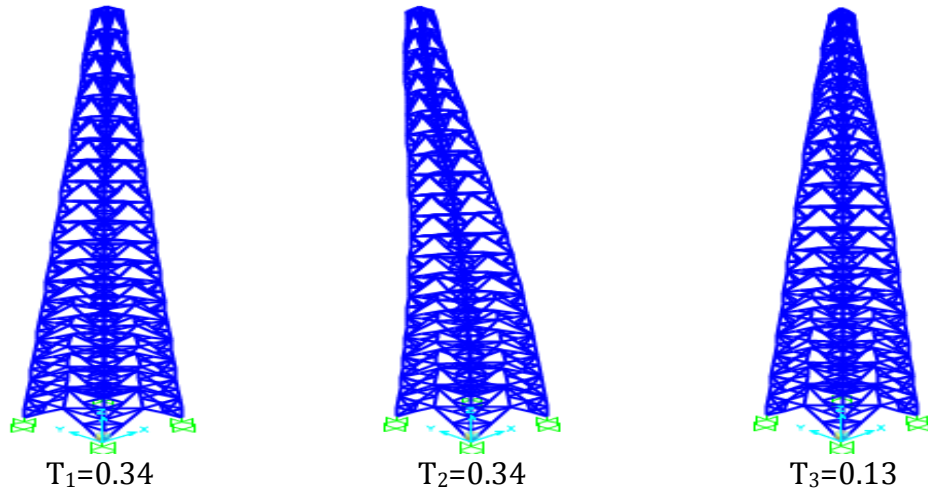
Şekil 4.5. Model 5'e ait mod şekilleri ve periyot değerleri



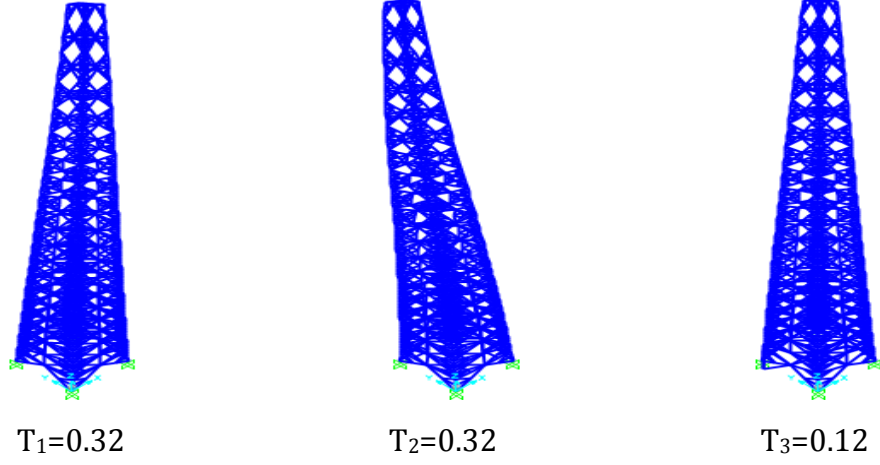
Şekil 4.6. Model 6'ya ait mod şekilleri ve periyot değerleri



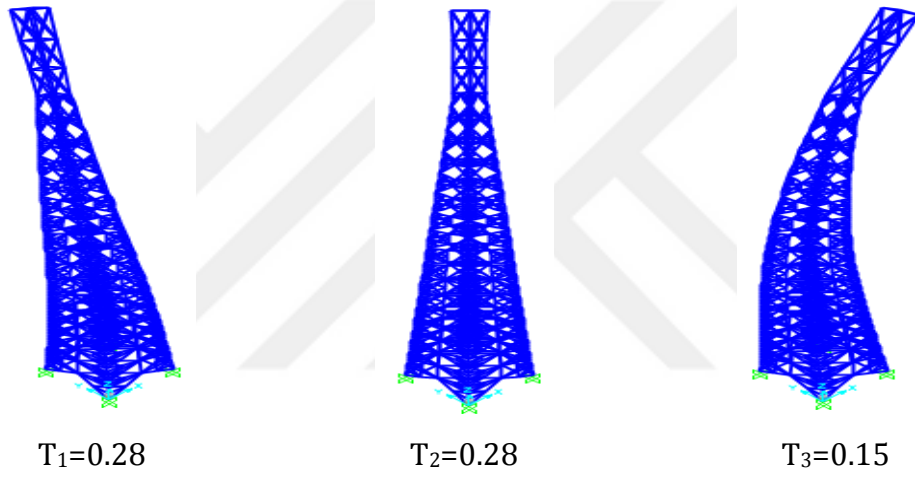
Şekil 4.7. Model 7'e ait mod şekilleri ve periyot değerleri



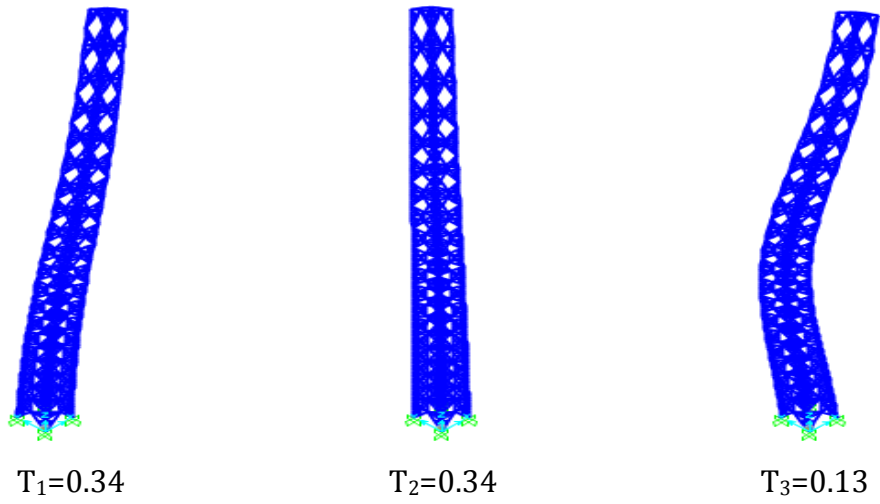
Şekil 4.8. Model 8'e ait mod şekilleri ve periyot değerleri



Şekil 4.9. Model 9'a ait mod şekilleri ve periyot değerleri

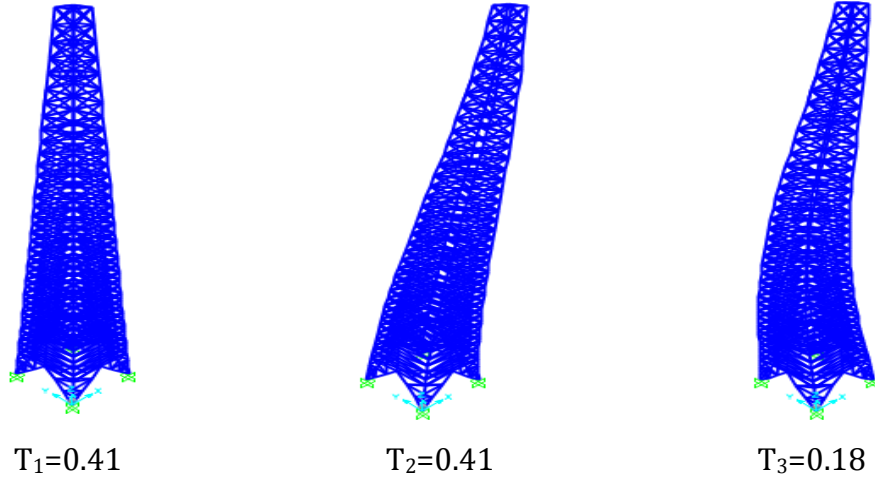


Şekil 4.10. Model 10'a ait mod şekilleri ve periyot değerleri

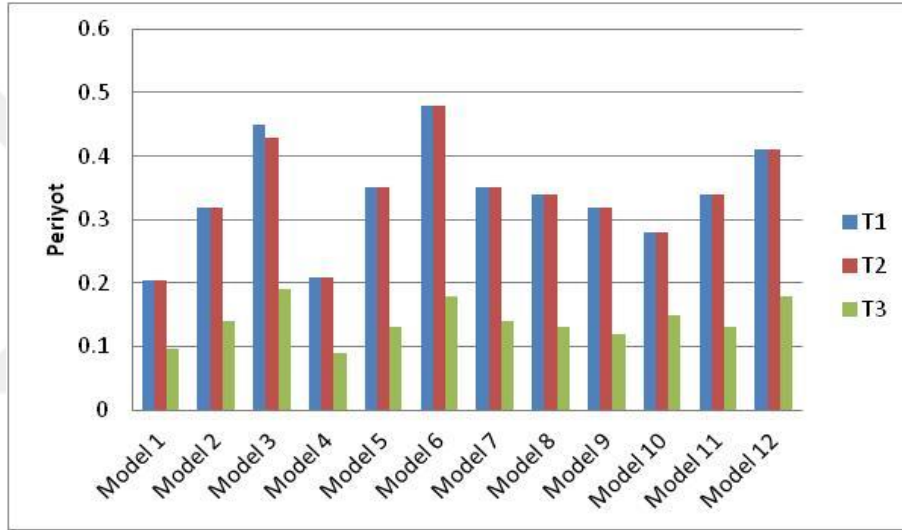


Şekil 4.11. Model 11'e ait mod şekilleri ve periyot değerleri





Şekil 4.12. Model 12'e ait mod şekilleri ve periyot değerleri

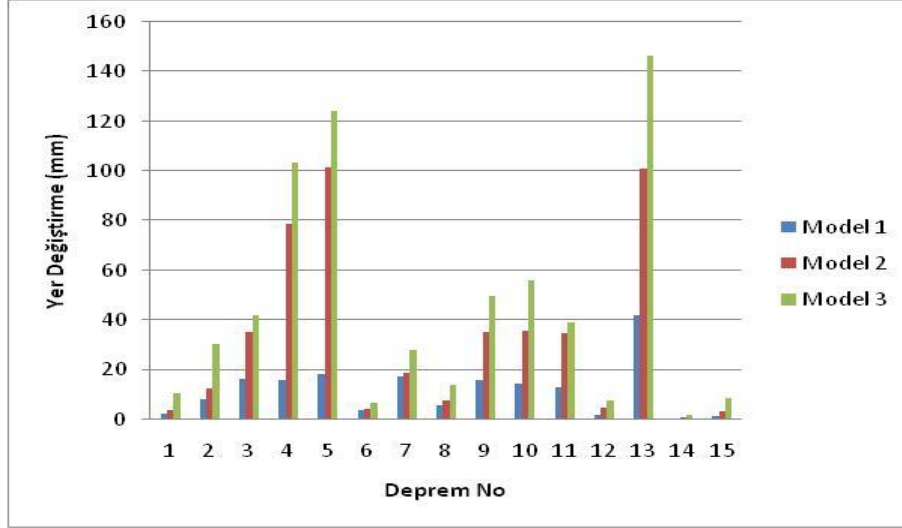


Şekil 4.13. Modellerin periyot değerleri

## 4.2. Deprem Analizleri

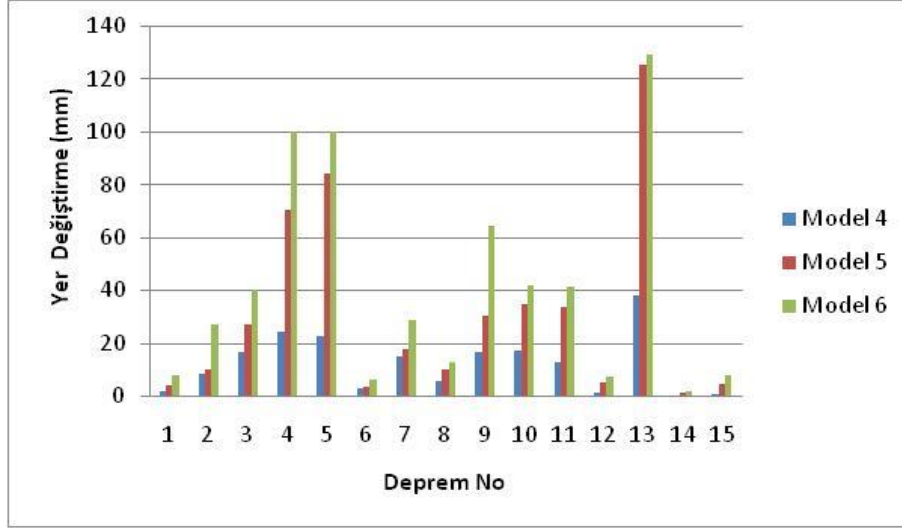
### 4.2.1 Zaman tanım alanı yöntemi sonucu elde edilen değerler

Zaman tanım alanı yöntemi ile analizlerde yapılara 15 adet zamana bağlı ivme kaydı uygulanmıştır. Aşağıdaki şekillerde 12 modele depremlerin uygulanması sonucu elde edilen yerdeğiştirme ve taban kesme kuvveti değerleri mevcuttur.



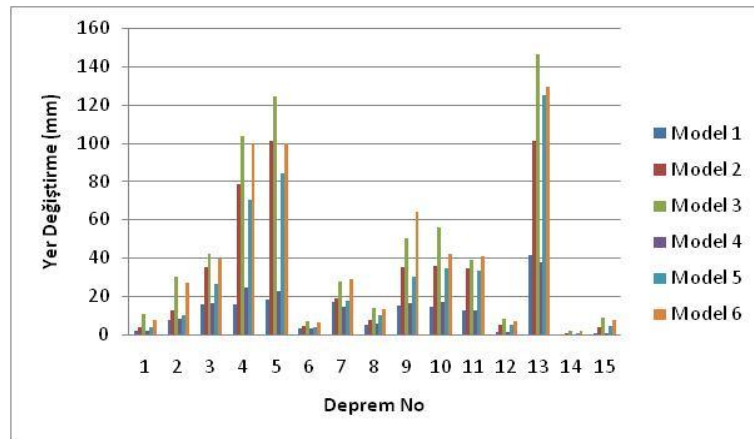
Şekil 4.14. 36m, 60m ve 84 m yüksekliğindeki üst kısmı düz yapılarda elde edilen yerdeğiştirme değerleri

Şekil 4.14'de 36m, 64m ve 84m yüksekliğindeki kulelere( model1, model 2 ve model3) 15 adet deprem ivme kaydının uygulanması sonucu elde edilen yerdeğiştirme değerleri mevcuttur. Üst kısmı düz olan yapılar Model 1, Model 2 ve Model 3 olarak adlandırılmış olup en yüksek yerdeğiştirme değeri imperial valley depreminde elde edilmiştir. Bunun sonucunda en yüksek yer değiştirme değerleri 36 m yüksekliğindeki Model 1'de 41.77 mm, 64 m yüksekliğindeki Model 2'de 100.90 mm ve 84 m yüksekliğindeki Model 3'de 146.44 mm yerdeğiştirme değerleri elde edilmiştir. Taban kesme kuvveti değerleri de 36 m yüksekliğindeki yapıda 109420.08 N, 64 m yüksekliğindeki yapıda 252060.53 N ve 84 m yüksekliğindeki yapıda 635053.22 N olarak elde edilmiştir. En küçük değerler 15 nolu Borrego Mtn depreminde elde edilmiş olup 36 m yüksekliğindeki kule yapısında 0.28 mm, 60 m yüksekliğindeki kule yapısında 0.73 mm ve 84 m yüksekliğindeki kule yapısında 1.77 mm yerdeğiştirme değeri elde edilmiştir. Yapı yüksekliğine bağlı olarak yerdeğiştirme değerlerinin arttığı görülmektedir. En büyük değerler 13 nolu İmperial Valley depreminde oluşurken en küçük değerler 14 nolu Borrego Mtn depreminde elde edilmiştir. 13 nolu İmperial Valley depremini sırasıyla ,5,4,9,10,11,3,2,7,8,1,12,15,14 nolu depremler izlemektedir.



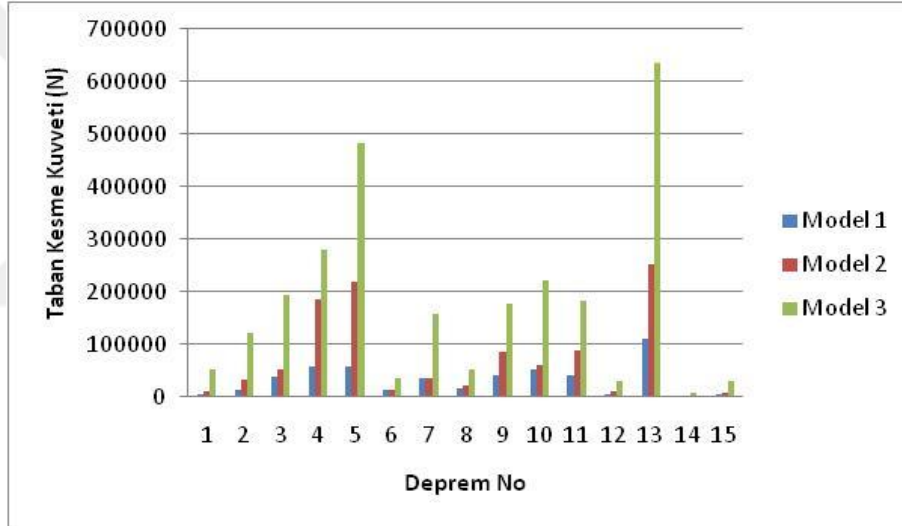
Şekil 4.15. 36 m, 60 m ve 84 m yüksekliğindeki tamamen eğimli yapılarda elde edilen yerdeğiştirme değerleri

Şekil 4.15’de 36 m, 64 m ve 84 m yüksekliğindeki kule yapıları(model 4, model5 ve model 6) tamamen eğimli tasarlanmıştır. Model 4, Model 5 ve Model 6 olarak adlandırılan kule yapılarında en yüksek yer değiştirme değeri İmperial valley depreminde gerçekleşmiştir. 36 m yüksekliğindeki kule yapısında 38.08 mm, 64 m yüksekliğindeki kule yapısında 125.12 mm ve 84 m yüksekliğindeki kule yapısında 129 mm yerdeğiştirme değerleri elde edilmiştir. Yapı yüksekliğine bağlı olarak yerdeğiştirme değerleri artmaktadır. Taban kesme kuvvetleri model 4 için 90708.21 N, model 5’da 343636.07 N ve model 6’da ise 520551.71 N gelmektedir. Yapı yüksekliğinin artmasına bağlı olarak taban kesme kuvvetinde arttığı görülmektedir.



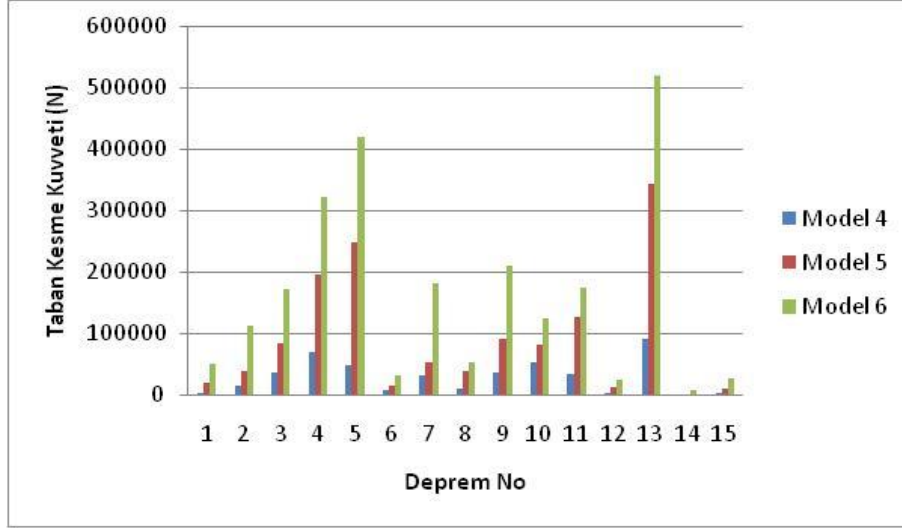
Şekil 4.16. 36 m, 64 m ve 84 m yüksekliğindeki tamamen eğimli ve üst kısmı düz olan yapılarda meydana gelen yerdeğiştirme değerleri

Şekil 4.16'de 6 model karşılaştırıldığında, imperial valley depreminde 36 m yüksekliğindeki üstü düz olan yapıda (Model 1) 41.77 mm yerdeğiştirme oluşurken tamamen eğimli olan kule yapısında Model 4'de 38.08 mm yerdeğiştirme elde edilmektedir. 60 m yüksekliğindeki üstü düz olan kule yapısında (Model 2) 100.90 mm yerdeğiştirme elde edilirken Model 5'de 125.21 mm yerdeğiştirme değeri elde edilmektedir. 84 m yüksekliğindeki kule yapısında (Model 3)'de 146.44 mm yerdeğiştirme elde edilirken 84 m yüksekliğindeki tamamen eğimli olan Model 6'da 129 mm yerdeğiştirme değeri elde edilmiştir. Genel olarak bakıldığında, yer değıştirme değeri aynı yüksekliğe sahip üst kısmı düz ve eğimli modeller birbiri arasında karşılaştırıldığında yerdeğiştirme değeri birbirine yakın olduğu gözlemlenmiştir.



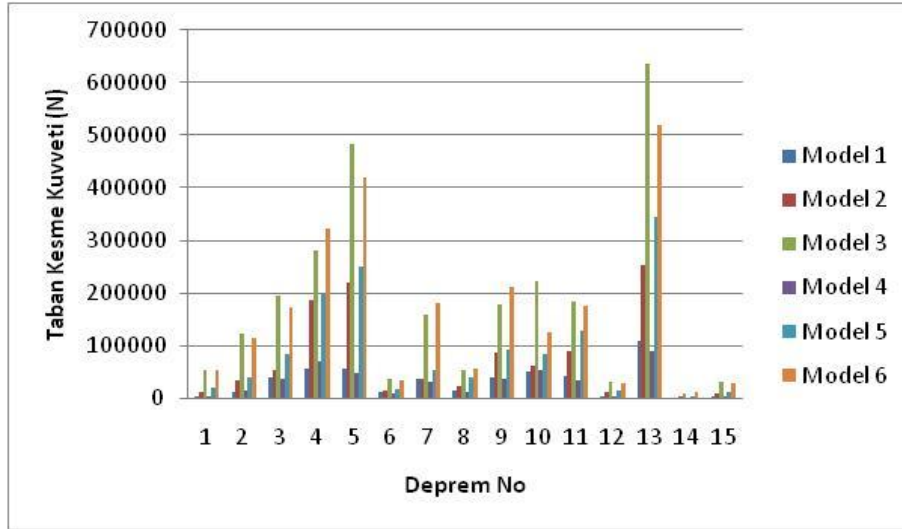
Şekil 4.17. 36 m, 60 m ve 84 m yüksekliğindeki üstü düz yapılarda elde edilen taban kesme kuvveti değeri

En küçük taban kesme kuvveti değeri 14 nolu Borrego Mtn depreminde elde edilmiş olup 36 m yüksekliğindeki kule (model 1) yapısında 1157.55 N, 60 m yüksekliğindeki kule yapısında(model 2) 2968.88 KN ve 84 m yüksekliğindeki kule yapısında (model 3) 8387.67 N elde edilmiştir. Şekil 4.17'de görüldüğü üzere taban kesme kuvveti değeri yapı yüksekliği arttıkça taban kesme kuvveti değeri arttığı görülmektedir.



Şekil 4.18. 36 m, 60 m ve 84 m yüksekliğindeki tamamen eğimli yapılarda elde edilen taban kesme kuvveti değerleri

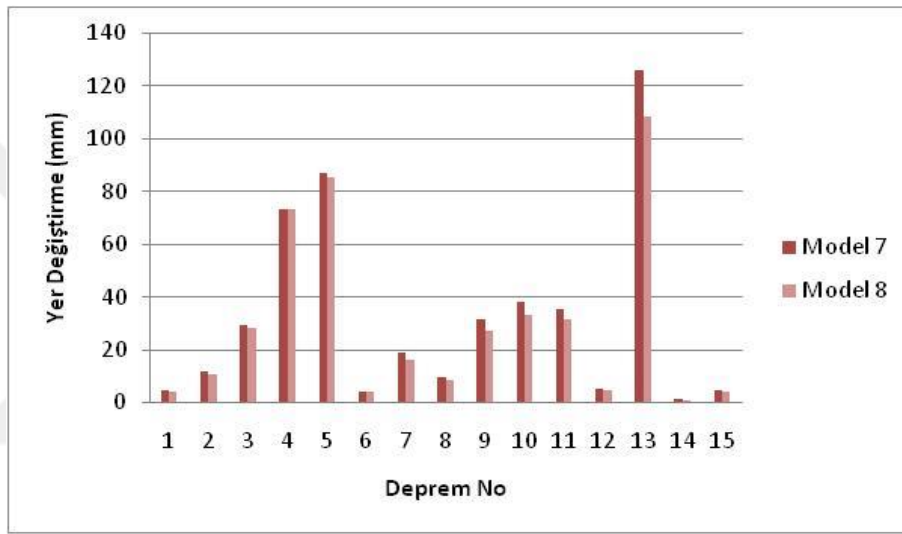
Şekil 4.18’de taban kesme kuvveti değerleri en küçük değer olan Borrego Mnt depreminde elde edilmiştir. 36 m yüksekliğindeki Model 4’de 1091,13 N, 64 m yüksekliğindeki Model 5’de 3312,13 N ve 84 m yüksekliğindeki Model 6’da 9830,76 N olarak elde edilmiştir. Yapı yüksekliğine artmasına bağlı olarak taban kesme kuvveti değerlerindeki artışı görmüştür.



Şekil 4.19. 36 m, 64 m ve 84 m yüksekliğindeki tamamen eğimli ve üst kısmı düz olan yapılarda meydana gelen taban kesme kuvveti değerleri

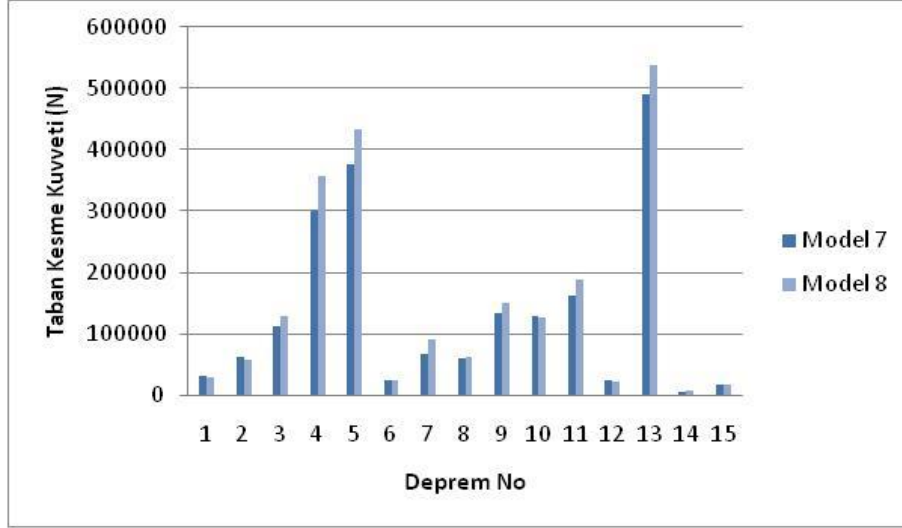
İmperial valley depreminde 36 m yüksekliğindeki üstü düz olan yapıda (Model 1) 109420.08 N taban kesme kuvveti değeri oluşurken tamamen eğimli kule

yapısında Model 4’de 252060.53 N taban kesme kuvveti değeri elde edilmektedir (Şekil 4.19). 60 m yüksekliğindeki üstü düz olan kule yapısında (Model 2) 252060.53 N taban kesme kuvveti değeri elde edilirken Model 5’de 4343636.07 N taban kesme kuvveti değeri elde edilmektedir. 84 m yüksekliğindeki kule yapısında (Model 3)’de 520551.75 N taban kesme kuvveti değeri elde edilirken 84m yüksekliğindeki tamamen eğimli olan Model 6’da 874722.75 N taban kesme kuvveti değeri elde edilmiştir. Taban kesme kuvveti açısından aynı yükseklikteki modeller incelendiğinde; yerdeğiştirmesi fazla olan modellerin taban kesme kuvvetinde fazla olduğu görölmektedir.



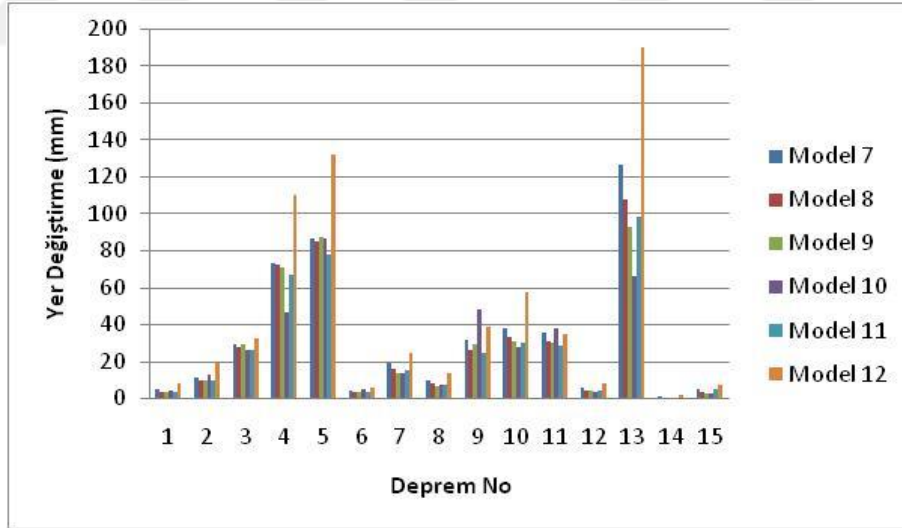
Şekil 4.20. 60 m ters V tipi ve 60 m ters V tipi 3m aralıklı olan tamamen eğimli yapılarda elde edilen yerdeğiştirme değeri

60 m kule yapısı öncelikle K olarak modellenmiş daha sonra ters V tipi olarak tasarlanmıştır. Ters V tipi olarak modellenen yapılar yükseklikleri aynı olup kirişler arası mesafe 6 m (model 7) ve 3 m aralıklı olarak tasarlanmıştır(model 8).İmperial Valley depreminde yerdeğiştirme değeri ters V tipi kat kirişleri arası mesafe 6 m olan Model 7’de 125.90 mm, Model 8’de 108.07 mm olarak elde edilmiştir. Diğer depremler açısından incelendiğinde de aynı artış durumu görölmektedir(Şekil 4.20).



Şekil 4.21. 60 m ters V tipi ve 60 m K tipi 3m aralıklı olan tamamen eğimli yapılarda elde edilen yerdeğiştirme değerleri

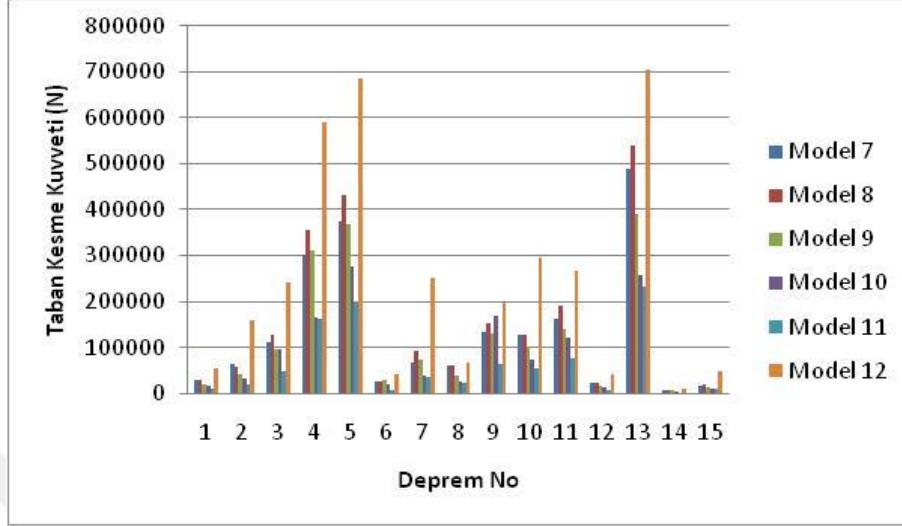
İmperial valley depreminde taban kesme kuvveti değerleri ters V tipi kat kirişleri arası mesafe 6 m olan Model 7'de 490336,78 N, Model 8'de 538922.06 N elde edilmiştir. Diğer depremler incelendiğinde aynı durum mevcuttur(şekil 4.21)



Şekil 4.22. Model 7 ile model 12 arasındaki modellerin yerdeğiştirme açısından karşılaştırılması

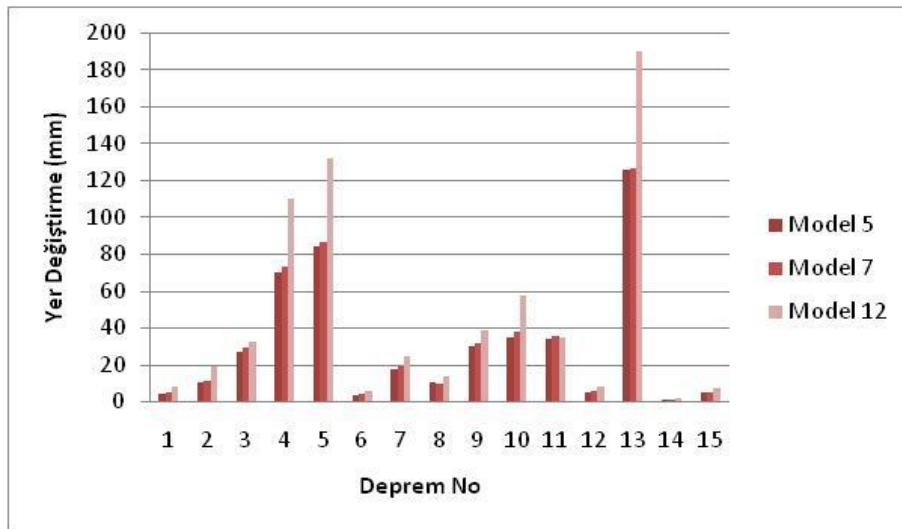
60 m yüksekliğinde K çaprazlama tipi yapı kirişler arası mesafe 3 m olarak tasarlanmıştır. Bu yapı 3 türlü incelenmiştir. Yükseklik boyunca tamamen eğimli (Model 9), üst 9 m düz (Model 10) ve yükseklik boyunca tamamen az eğimli (model11) olarak incelenmiştir. İmperial valley depreminde Model 9'da 93.17

mm yerdeğiştirme, model 10'da 66.28 mm ve model 11'de 98.22 mm yerdeğiştirme değerleri elde edilmektedir. Eğim azaldıkça yerdeğiştirmenin arttığı görülmektedir(Şekil 4.22) .



Şekil 4.23. Model 7 ile model 12 arasındaki modellerin taban kesme kuvveti açısından karşılaştırılması

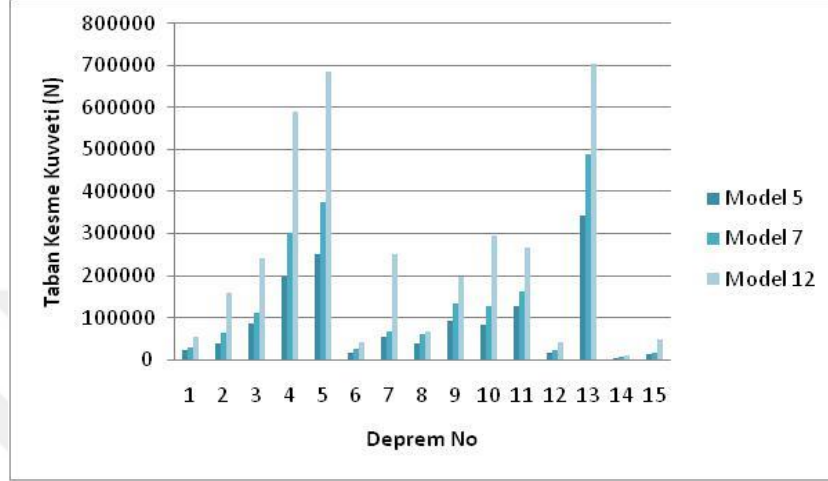
Şekil 4.23'de K tipi 60 m yüksekliğindeki yapıda; Model 9'da taban kesme kuvveti değerleri 390873.4 N, model 10'da 257790.06 N ve model 11'de 231947.45 N taban kesme kuvveti değerleri İmperial Valley depreminde elde edilmektedir.



Şekil 4.24. 60 m yüksekliğindeki yapının K, X ve ters V tipi çaprazlama şekilleri için yerdeğiştirme değerleri

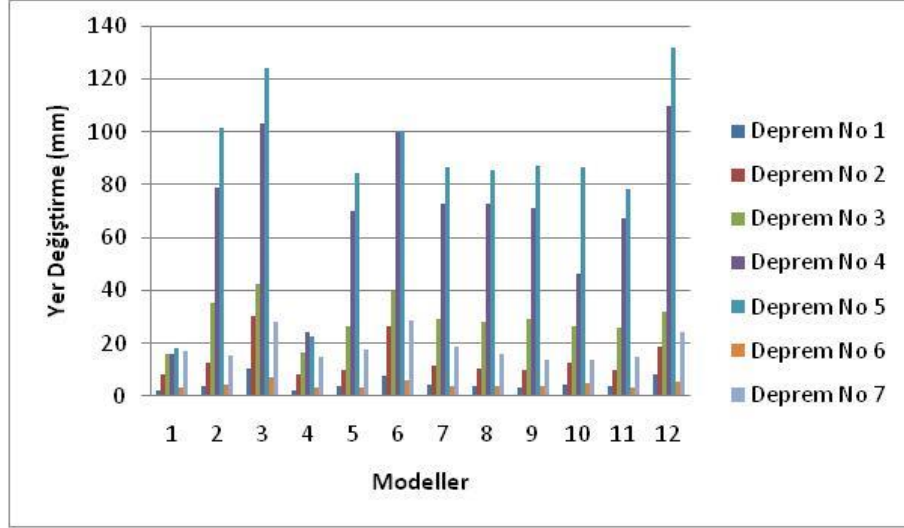


60 m yüksekliğindeki yapılar K, X ve ters V tipi olarak tasarlanmıştır. İmperial Valley depreminde K tipi yapıda(model 5) 125.121 mm, X tipi yapıda (model 12) 140.42 mm ve ters V tipi yapıda (model 7) 125.90 mm yerdeğiştirme elde edilmiştir. Diğer depremlerde de aynı durumun elde edildiği görülmektedir(Şekil 4.24).

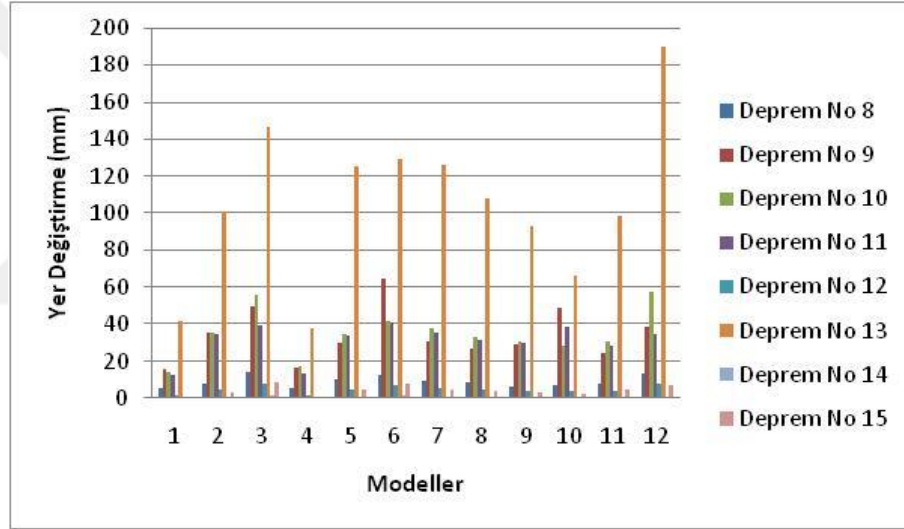


Şekil 4.25. 60 m yüksekliğindeki yapının K, X ve ters V tipi çaprazlama şekilleri için taban kesme kuvveti değerleri

60 m yüksekliğindeki yapılar K, X ve ters V tipi olarak tasarlanmıştır. İmperial Valley depreminde K tipi yapıda (model 5) 343636.07 N, X tipi yapıda (model 12) 612498.24 N ve ters V tipi yapıda(model 7) 490336.78 N taban kesme kuvveti değeri elde edilmiştir (Şekil 4.25).

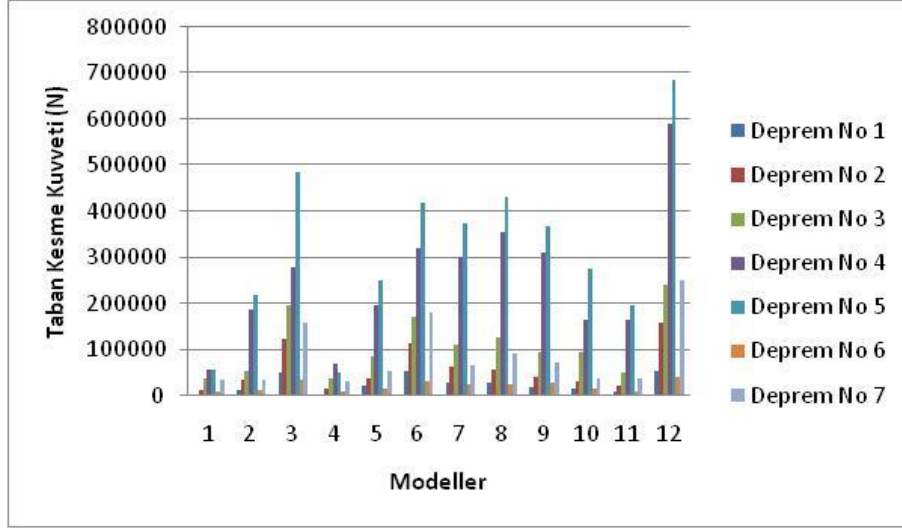


a) Tüm çelik yapılara 1.2.4.5.6 ve 7 nolu depremlerin etkimesi durumunda elde edilen yerdeğiştirme değerleri

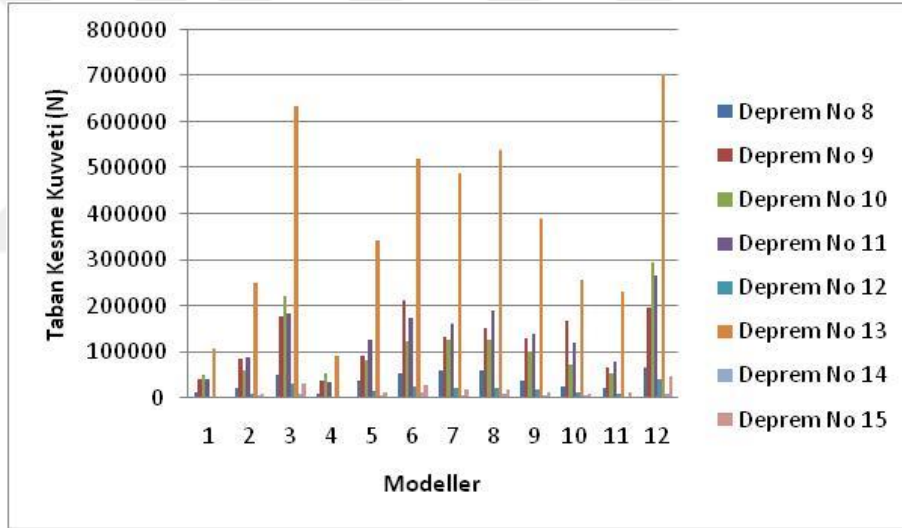


b) Tüm çelik 8.9.10.11.12.13.14.15 nolu depremlerin etkimesi durumunda elde edilen yerdeğiştirme değerleri

Şekil 4.26. Tüm yapılarda elde edilen yerdeğiştirme değerleri



a) Tüm çelik yapılara 1.2.4.5.6 ve 7 nolu depremlerin etkimesi durumunda elde edilen taban kesme kuvveti değerleri



b) Tüm çelik yapılara 8.9.10.11.12.13.14.15 nolu depremlerin etkimesi durumunda elde edilen taban kesme kuvveti değerleri

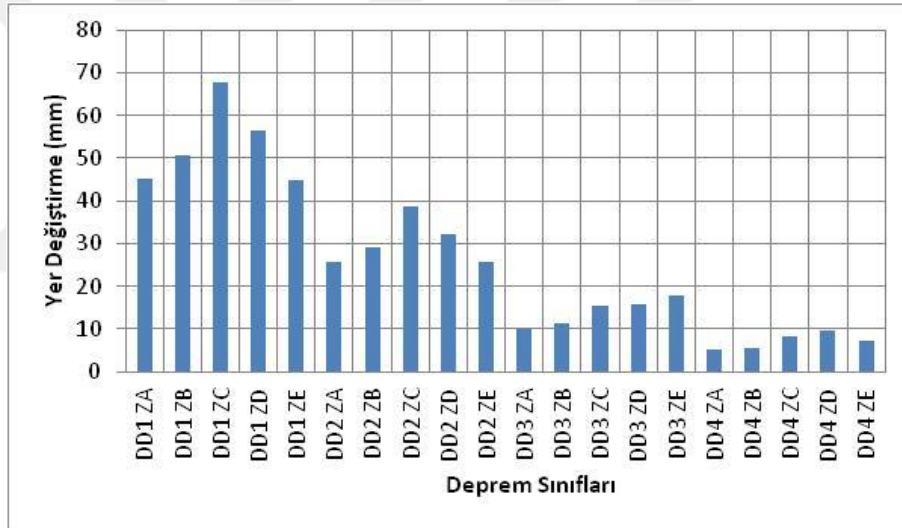
Şekil 4.27. Tüm yapılarda elde edilen taban kesme kuvveti değerleri

Tüm yapılar göz önüne alındığında; İmperial valley depreminde; En büyük yerdeğiştirme ve taban kesme kuvveti değerleri 84 m yüksekliğindeki K tipi üst kısmı düz olan yapıda (model 3) yerdeğiştirme 146.44 mm elde edildiği görülmektedir. En büyük taban kesme kuvveti değeri 635053.22 N olarak eğimli olarak tasarlanmış model 3'de elde edilmiştir. 60 m X ve ters V tipi yapıda bu durumu izlemektedir.

Diğer depremler açısından da grafikler incelendiğinde genel olarak benzer sonuçlar elde edilmektedir. Depremler farklı büyüklüklerde, etkin yer ivmesi ve odak derinliklerinde seçilerek uygulanmıştır. Deprem büyüklüğü, yer ivmesi ve odak derinliklerinin arasındaki durum incelendiğinde odak derinliği arttıkça büyüklük ve yer ivmesi buna bağlantılı olarak değişim göstermektedir.

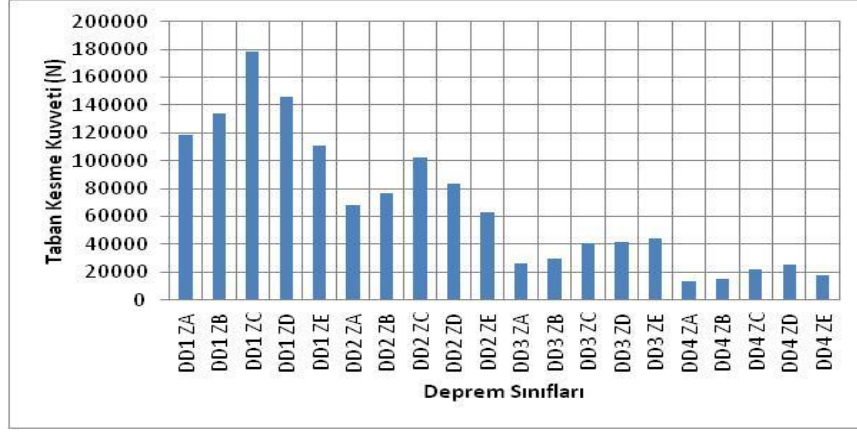
#### 4.2.2 Mod birleştirme analizleri sonucu elde edilen değerler

Mod birleştirme analizi, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018 (TBDY 2018)'de geçen her bir deprem sınıfına ve zemin sınıfına göre analizler yapılmıştır. Aşağıdaki şekillerde analizler sonucu elde edilen yerdeğiştirmeler ve taban kesme kuvvetleri mevcuttur.

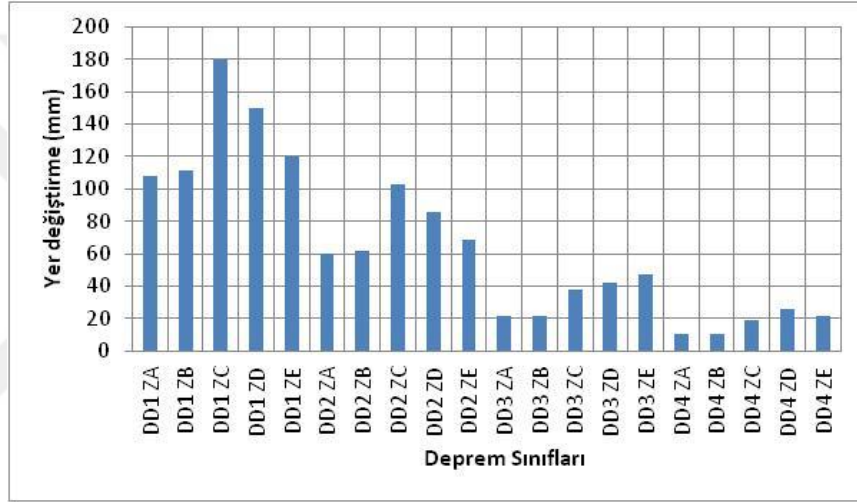


Şekil 4.28. 36 m K tipi üst düz model (model 1) için her bir deprem ve zemin sınıfına göre meydana gelen en büyük yerdeğiştirme değerleri

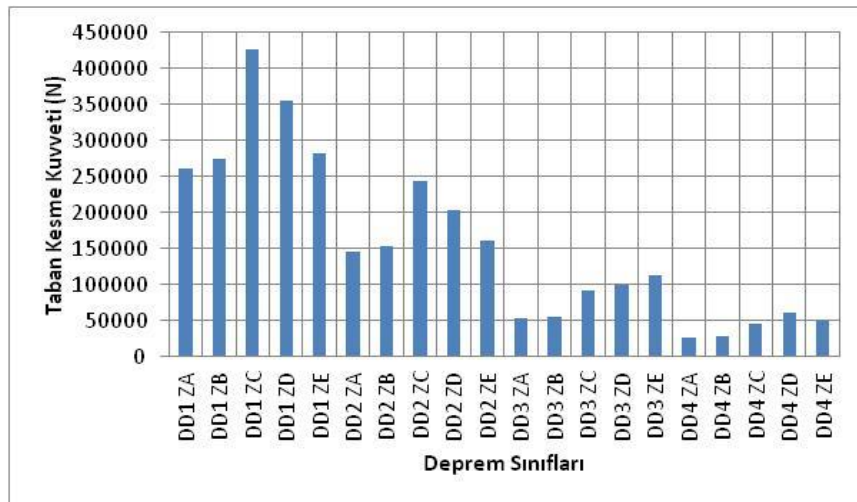
36 m yüksekliğindeki K tipi 30 m eğimli giden ve son 6 m üst düz modelde (model 1) en yüksek yerdeğiştirme değeri deprem düzeyi 1 zemin sınıfı C (DD1 ZC)'de 67,73 mm elde edilmiştir. En küçük yerdeğiştirme değeri ise deprem düzeyi 4 zemin sınıfı A (DD4 ZA)'da 5,07 mm elde edilmiştir. (Şekil 4.28). En büyük taban kesme kuvvetinin ise yine DD1 ZC'de 178167,84 N elde edilmiştir. En küçük taban kesme kuvveti ise 13358,19 N olarak DD4 ZA'da elde edilmiştir (Şekil 4.29).



Şekil 4.29. 36 m K tipi üst düz model (model 1) için her bir deprem ve zemin sınıfına göre meydana gelen taban kesme en büyük kuvveti değerleri

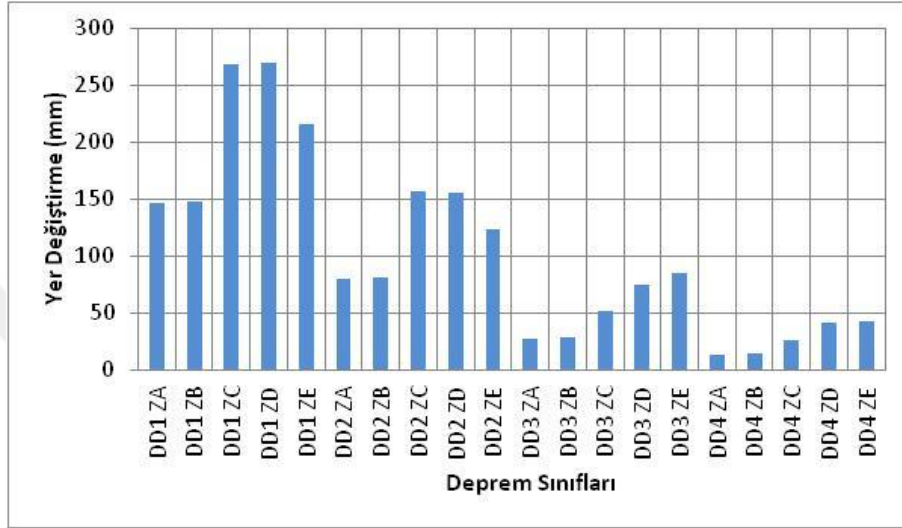


Şekil 4.30. 60 m K tipi üst düz model (model 2) için her bir deprem ve zemin sınıfına göre meydana gelen en büyük yerdeğiştirme değerleri

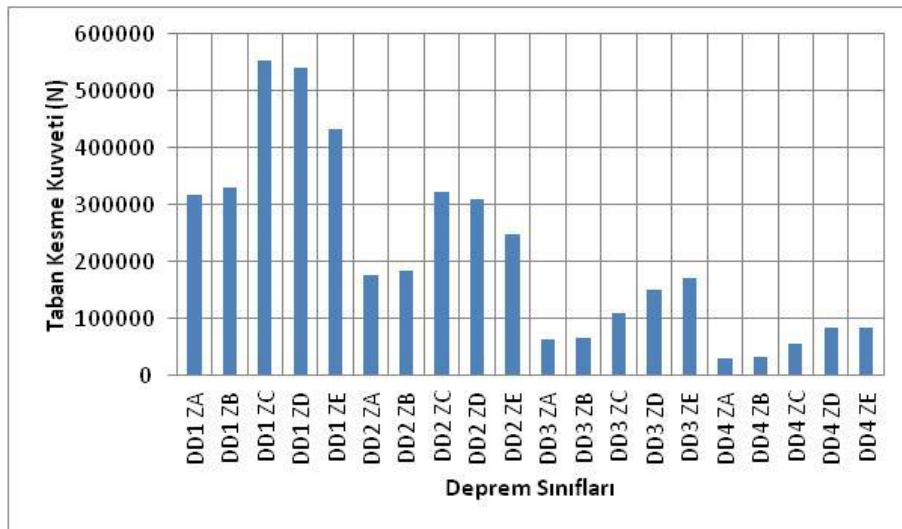


Şekil 4.31. 60 m K tipi üst düz model (model 2) için her bir deprem ve zemin sınıfına göre meydana gelen en büyük taban kesme kuvveti

Şekil 4.30 ve 4.31 'de görüldüğü gibi 60 m yüksekliğindeki K tipi model (model 2) 54 m'ye kadar eğimli olarak gelip üstten son 9 metresi düz olan modelde en büyük yer değişme DD1 ZC'de 179,63 mm elde edilmiştir. En küçük yerdeğiştirme 10,49 mm olarak DD4 ZA'da görülmektedir. Taban kesme kuvveti en büyük değeri DD1 ZC'de 426552,34 N olarak DD1 ZC'de, en küçük değeri ise 26289,84 N olarak DD4 ZA'da elde edilmiştir.

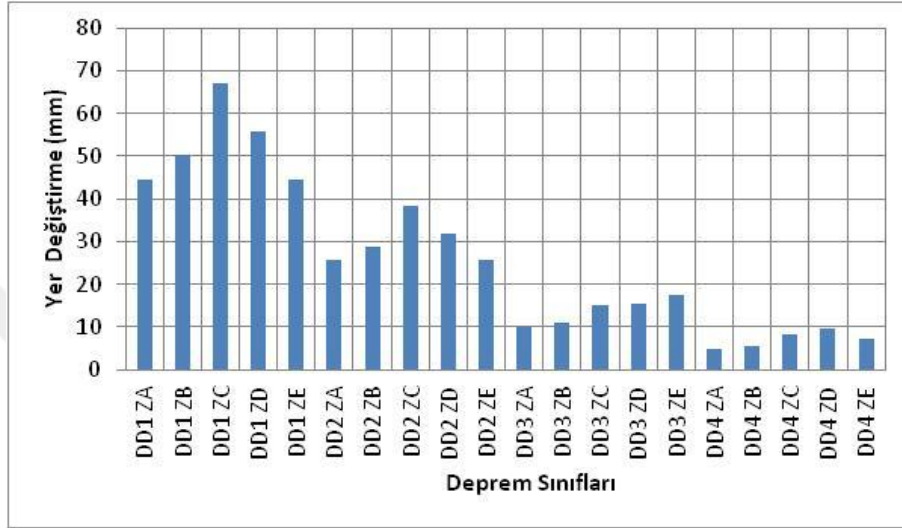


Şekil 4.32. 84 m K tipi üst düz model (model 3) için her bir deprem ve zemin sınıfına göre meydana en büyük gelen yerdeğiştirme



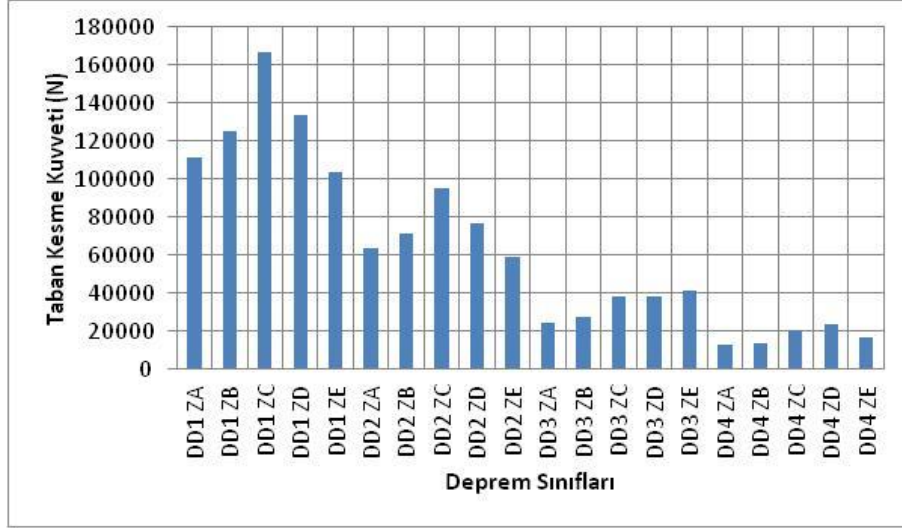
Şekil 4.33. 84 m K tipi üst düz model (model 3) için her bir deprem ve zemin sınıfına göre meydana en büyük gelen taban kesme kuvveti

84 m uzunluğunda 72 m'ye kadar eğimli olarak gelen 72-84 m'ler arası düz devam eden modelde (model 3) en büyük yerdeğiştirme değeri 270,15 mm olarak DD1 ZD'de, en küçük yerdeğiştirme değeri DD4 ZA'da 13,66 mm elde edilmiştir. (Şekil 4.32). DD1 ZC'de en büyük taban kesme değeri 554216,59 N elde edilmiştir. En küçük taban kesme değeri 31324,23 N olarak DD4 ZA'da elde edilmiştir. (Şekil 4.33)

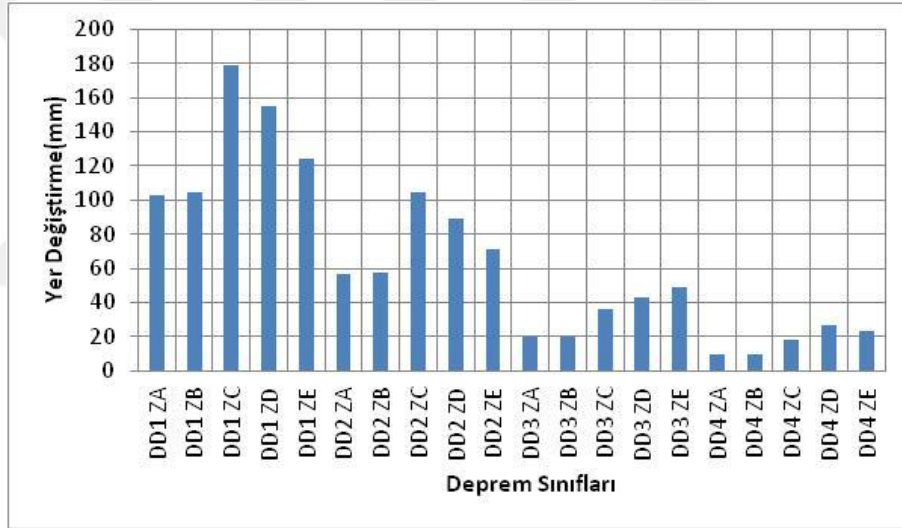


Şekil 4.34. 36 m K tipi eğimli model (model 4) için her bir deprem ve zemin sınıfına göre meydana gelen en büyük yerdeğiştirmeler

36 m yüksekliğindeki K tipi eğimli modelde (model 4) en büyük yerdeğiştirme değeri DD1 ZC'de 66,97 mm elde edilmiştir. En küçük yerdeğiştirme değeri ise DD4 ZA'da 5,02 mm elde edilmiştir. (Şekil 4.34). En büyük taban kesme kuvvetinin ise yine DD1 ZC'de 166678,29 N elde edilmiştir. En küçük taban kesme kuvveti ise 12499,63 N olarak DD4 ZA'da elde edilmiştir. (Şekil 4.35).

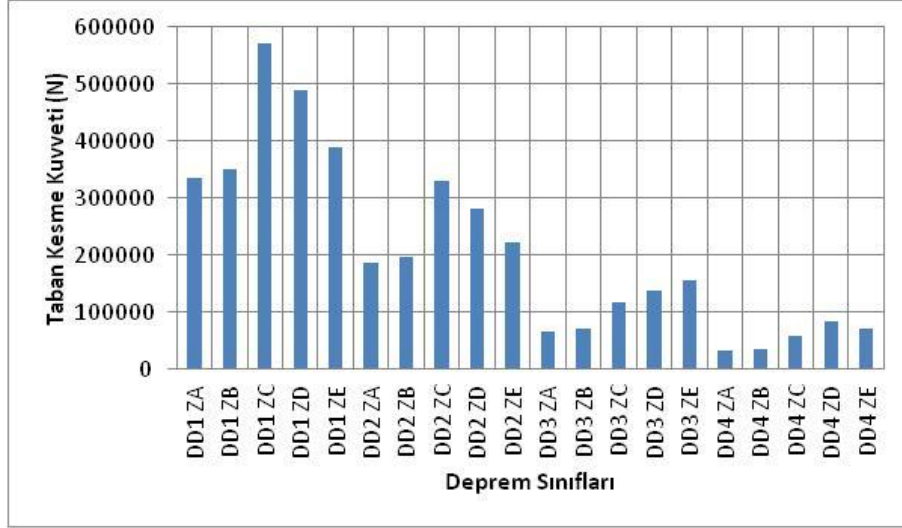


Şekil 4.35. 36 m K tipi eğimli model (model 4) için her bir deprem ve zemin sınıfına göre meydana gelen en büyük taban kesme kuvveti



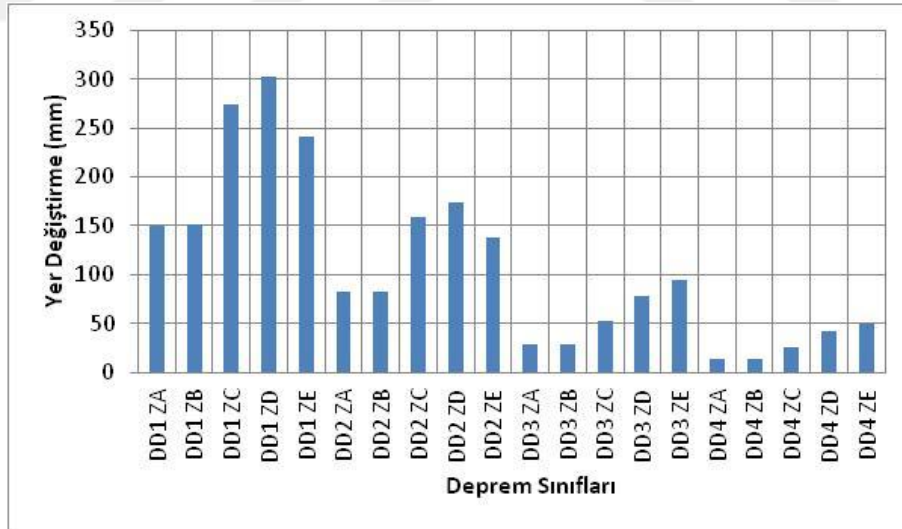
Şekil 4.36. 60 m K tipi eğimli model (model 5) için her bir deprem ve zemin sınıfına göre meydana gelen en büyük gelen yerdeğiştirme



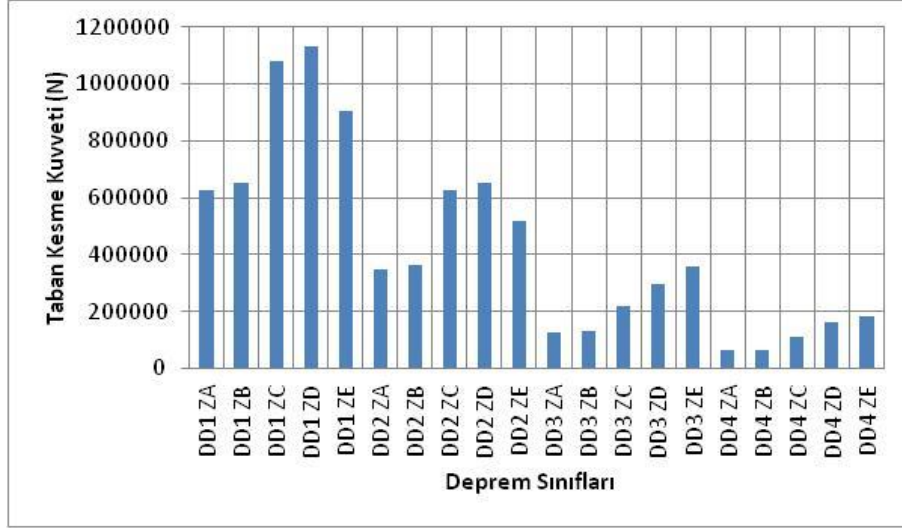


Şekil 4.37. 60 m K tipi eğimli model (model 5) için her bir deprem ve zemin sınıfına göre meydana gelen en büyük taban kesme kuvveti

60 m eğimli K tipi eğimli modelde (model 5) yerdeğiştirme değeri en büyük DD1 ZC'de 179,08 mm, en küçük değeri ise DD4 ZA'da 9,77 mm elde edilmiştir (Şekil 4.36). Taban kesme kuvveti ise en büyük 570063,83 N olarak DD1 ZC'da, en küçük ise DD4 ZA'da 33424,02 N olarak elde edilmiştir (Şekil 4.37).

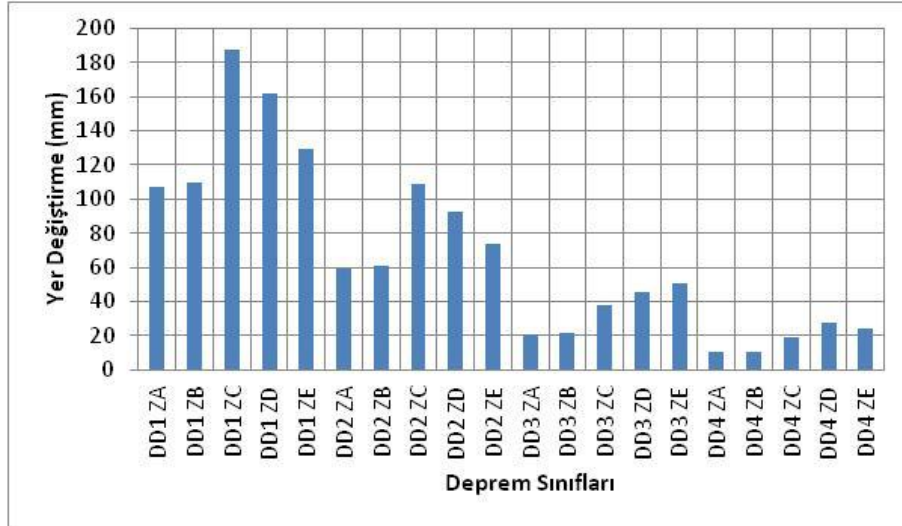


Şekil 4.38. 84 m K tipi eğimli model (model 6) için her bir deprem ve zemin sınıfına göre meydana gelen en büyük gelen yerdeğiştirme

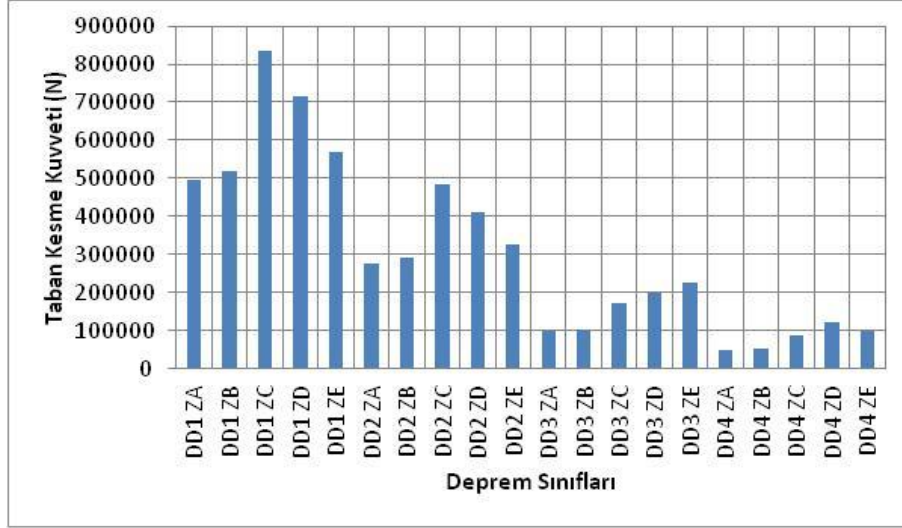


Şekil 4.39. 84 m K tipi eğimli model (model 6) için her bir deprem ve zemin sınıfına göre meydana en büyük gelen taban kesme kuvveti

Şekil 4.38 ve 4.39’de görüldüğü gibi 84 m K tipi eğimli modelde (model 6) en büyük yerdeğiştirme değeri DD1 ZD’de 302,07 mm elde edilmiştir. En küçük yerdeğiştirme değeri ise DD4 ZA’da 13,99 mm elde edilmiştir. Taban kesme kuvveti en büyük DD1 ZC’de 1081586,36 N, en küçük DD4 ZA 62212,52 N elde edilmiştir.

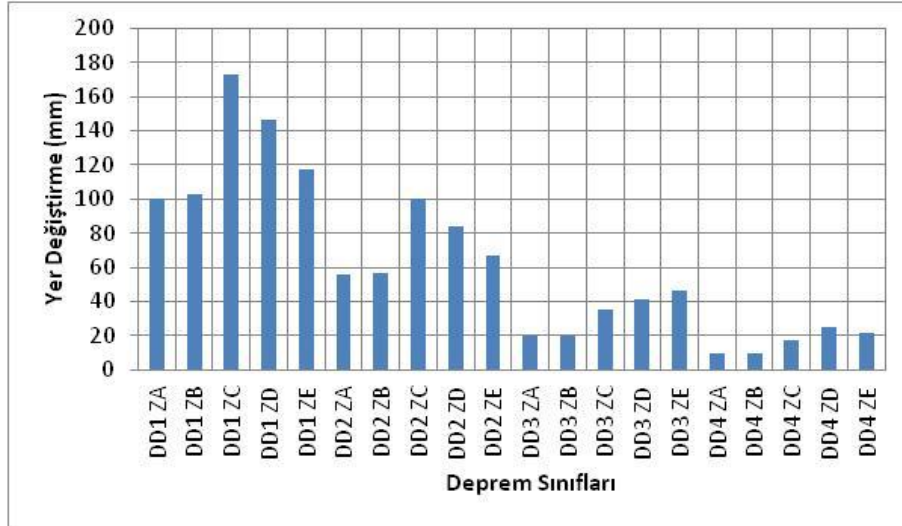


Şekil 4.40. 60 m ters V tipi eğimli model (model 7) için her bir deprem ve zemin sınıfına göre meydana en büyük gelen yerdeğiştirme

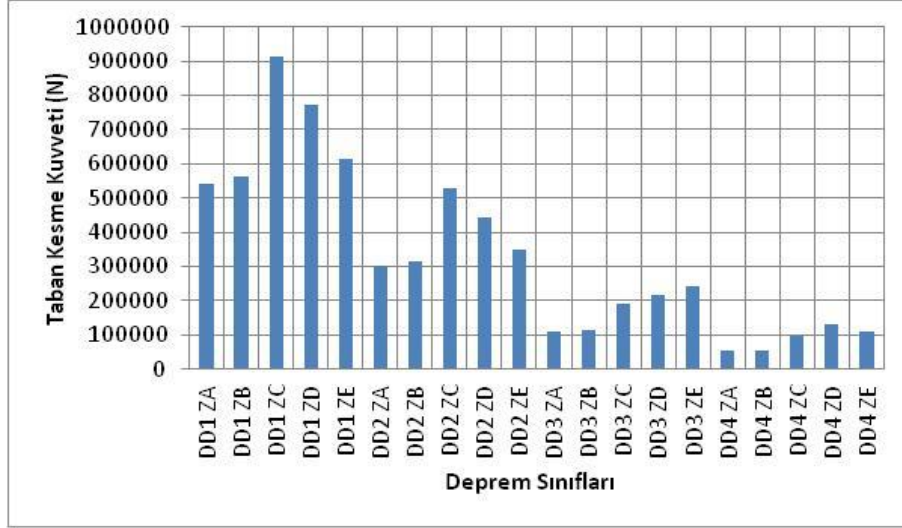


Şekil 4.41. 60 m ters V tipi eğimli model (model 7) için her bir deprem ve zemin sınıfına göre meydana en büyük gelen yerdeğiştirme

60 m ters V tipi model eğimli model (model 7) için en büyük yerdeğiştirme DD1 ZC'de 186,98 mm, en küçük yerdeğiştirme ise DD4 ZA'da 10,26 mm elde edilmiştir(Şekil 4.40). DD1 ZC'de en büyük taban kesme kuvveti 836137,16 N, DD4 ZA'da en küçük taban kesme kuvveti 49680,95 N elde edilmiştir(Şekil 4.41).

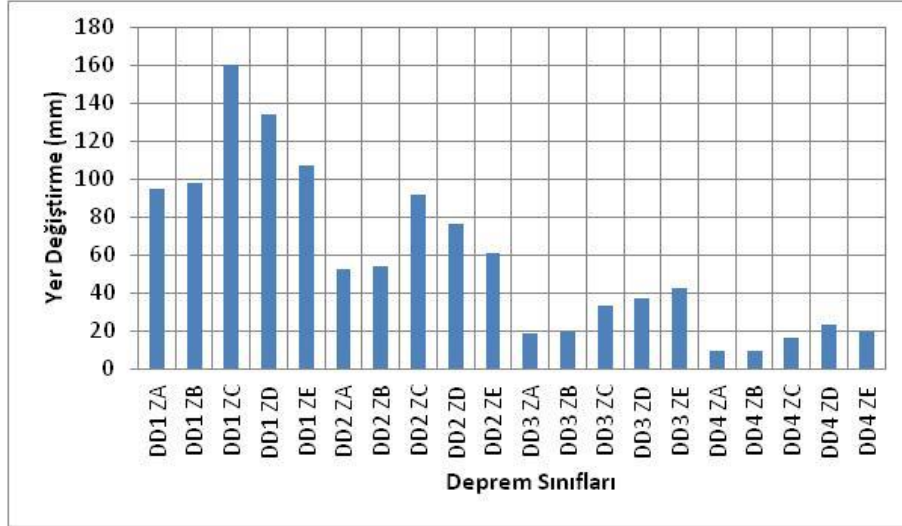


Şekil 4.42. 60 m ters V tipi 3 m aralıklı eğimli model (model 8) için her bir deprem ve zemin sınıfına göre meydana en büyük gelen yerdeğiştirme

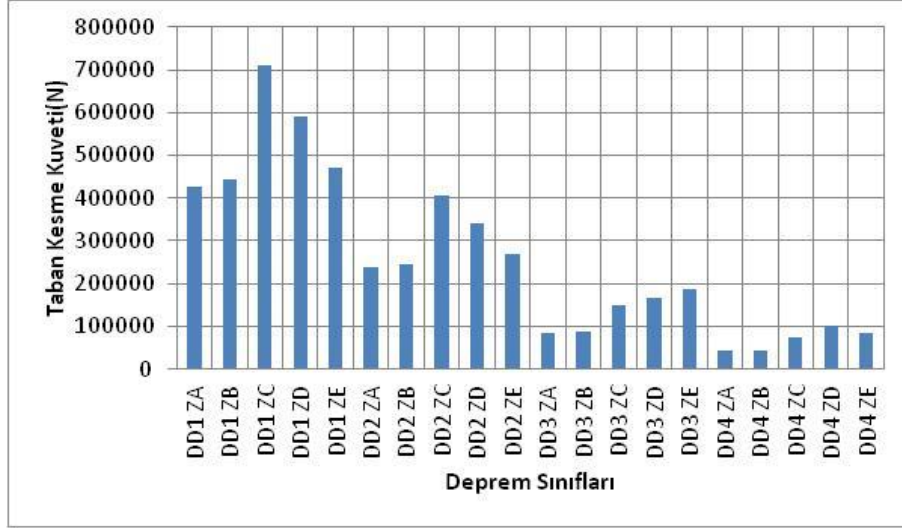


Şekil 4.43. 60 m ters V tipi 3 m aralıklı eğimli model (model 8) için her bir deprem ve zemin sınıfına göre meydana gelen en büyük taban kesme kuvveti

60 m ters V tipi düşeyde kiriş aralıkları 3 m aralıklı olan eğimli modelde (model 8) en büyük yerdeğiştirme değeri DD1 ZC'de 172,51 mm, en küçük değeri ise DD4 ZA'da 9,62 mm elde edilmiştir(Şekil 4.42). Taban kesme kuvveti en büyük DD1 ZC'de 914565,57 N, en küçük değeri ise 53659,43 N olarak DD4 ZA'da elde edilmiştir(Şekil 4.43).

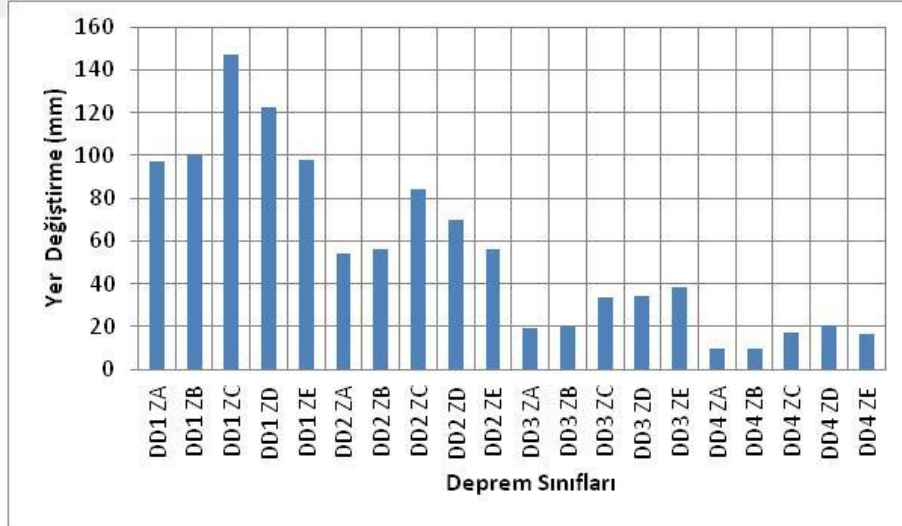


Şekil 4.44. 60 m K tipi 3 m aralıklı eğimli model (model 9) için her bir deprem ve zemin sınıfına göre meydana gelen en büyük gelen yerdeğiştirme

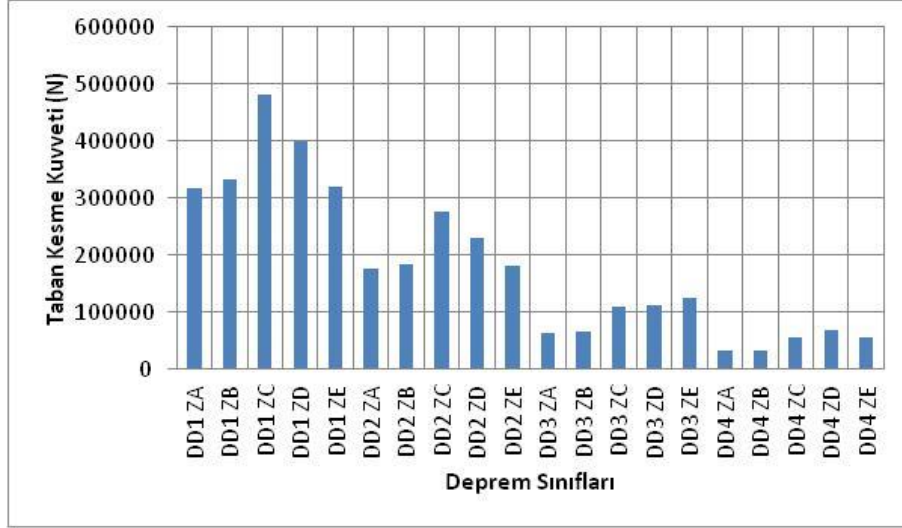


Şekil 4.45. 60 m K tipi 3 m aralıklı eğimli model (model 9) için her bir deprem ve zemin sınıfına göre meydana en büyük gelen taban kesme kuvveti

60 m K tipi 3 m aralıklı modelde (model 9) en büyük yerdeğiştirme DD1 ZC'de 160,39 mm elde edilmiştir. En küçük yerdeğiştirme değeri ise DD4 ZA'da 9,17 mm elde edilmiştir (Şekil 4.44). Taban kesme kuvveti ise en büyük DD1 ZC'de 710599,72 N ve en küçük DD4 ZA'da 41961,11 N elde edilmiştir (Şekil 4.45).

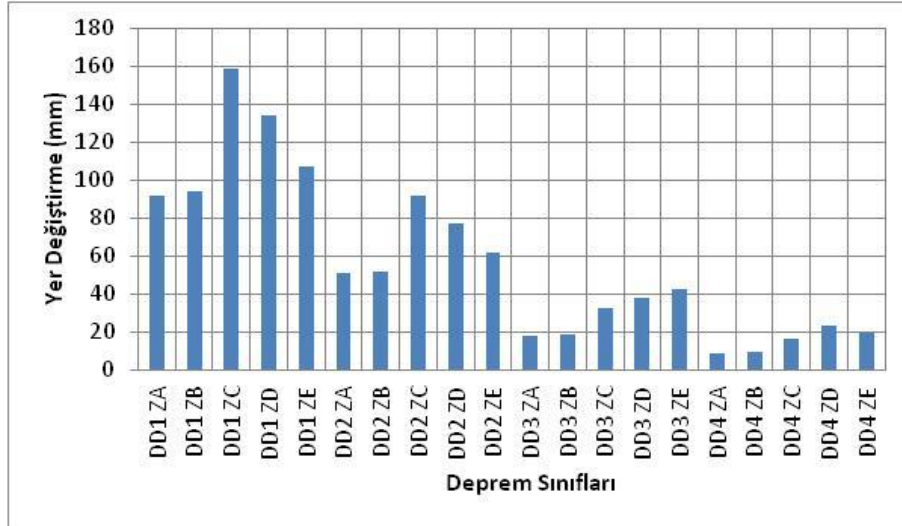


Şekil 4.46. 60 m K tipi 3 m aralıklı üst düz model (model 10) için her bir deprem ve zemin sınıfına göre meydana en büyük gelen yerdeğiştirme

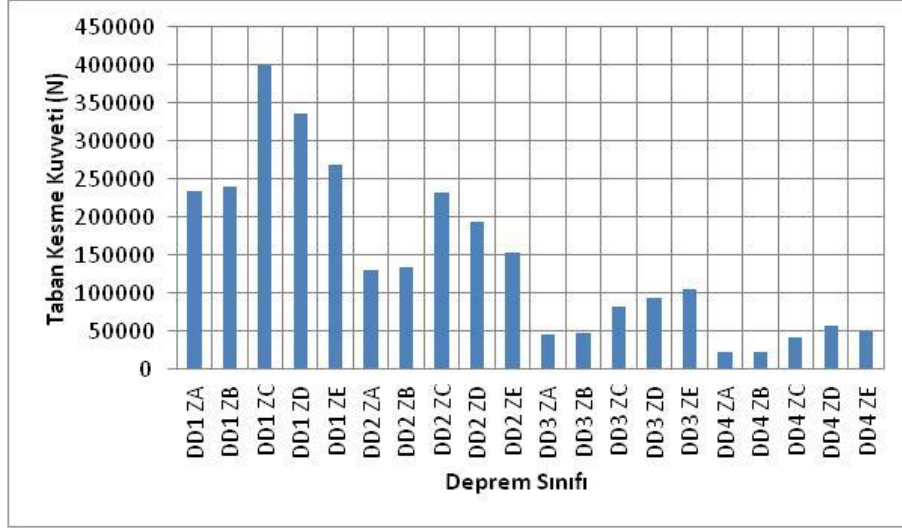


Şekil 4.47. 60 m K tipi 3 m aralıklı üst düz model (model 10) için her bir deprem ve zemin sınıfına göre meydana en büyük gelen taban kesme kuvveti

Şekil 4.46'de 60 m K tipi 3 m aralıklı üst düz model (model 10) en büyük yerdeğiştirme değerini DD1 ZC'de 146,89 mm elde edilmiştir. En küçük yerdeğiştirme değeri ise DD4 ZA'da 9,53 mm elde edilmiştir. Şekil 4.47'de en büyük taban kesme değeri DD1 ZC'de 480484,77 N, en küçük değer ise 31580,84 N olarak DD4 ZA'da görülmektedir.

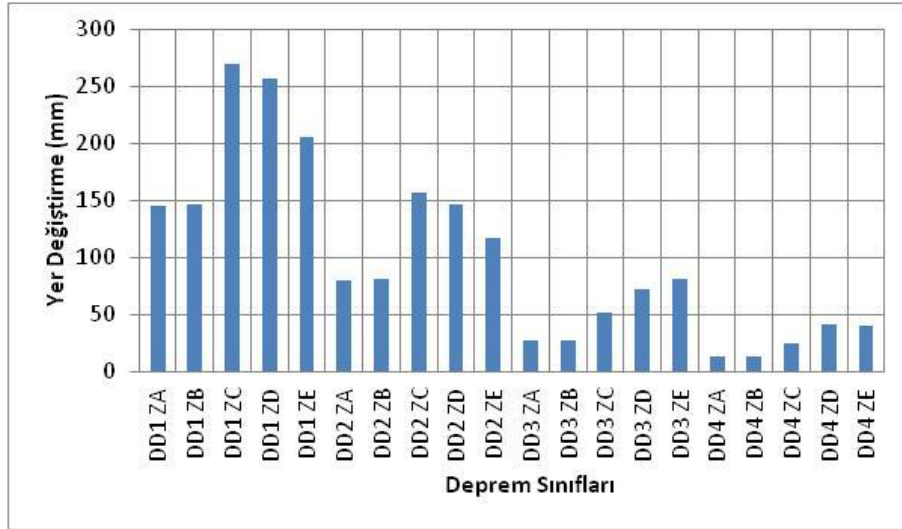


Şekil 4.48. 60 m K tipi 3 m aralıklı eğimli dik model (model 11) için her bir deprem ve zemin sınıfına göre meydana en büyük gelen yerdeğiştirme

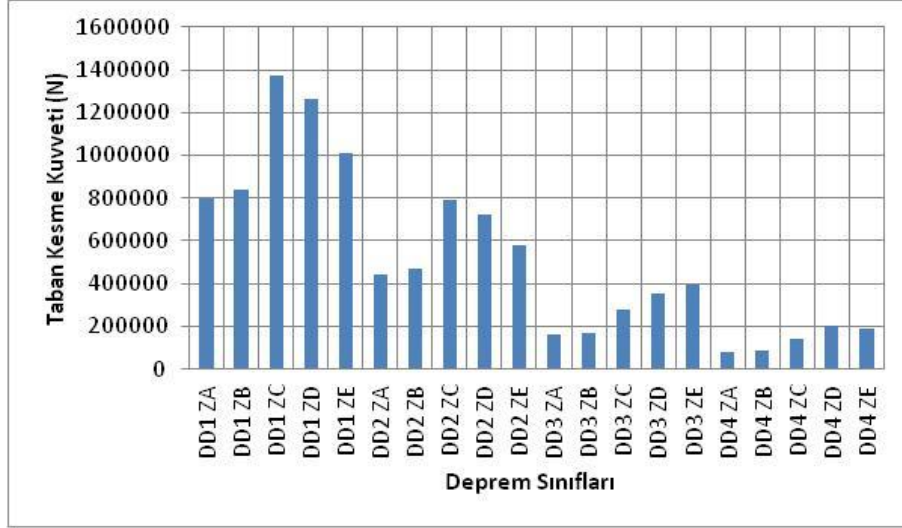


Şekil 4.49. 60 m K tipi 3 m aralıklı eğimli dik model (model 11) için her bir deprem ve zemin sınıfına göre meydana en büyük gelen taban kesme kuvveti

60 m K tipi 3 m aralıklı eğimi diğer modellere göre daha dik olan modelde (model 11) en büyük yerdeğiştirme değeri DD1 ZC'de 158,35 mm , en küçük yer değiştirm değeri ise DD4 ZA'da 8,82 mm elde edilmiştir(Şekil 4.48). Taban kesme kuvveti en büyük değeri DD1 ZC'de 398605,05 N, en küçük değeri ise DD4 ZA'da 22680,97 N olarak elde edilmiştir(Şekil 4.49).



Şekil 4.50. 60 m X tipi eğimli model (model 12) için her bir deprem ve zemin sınıfına göre meydana en büyük gelen yerdeğiştirme



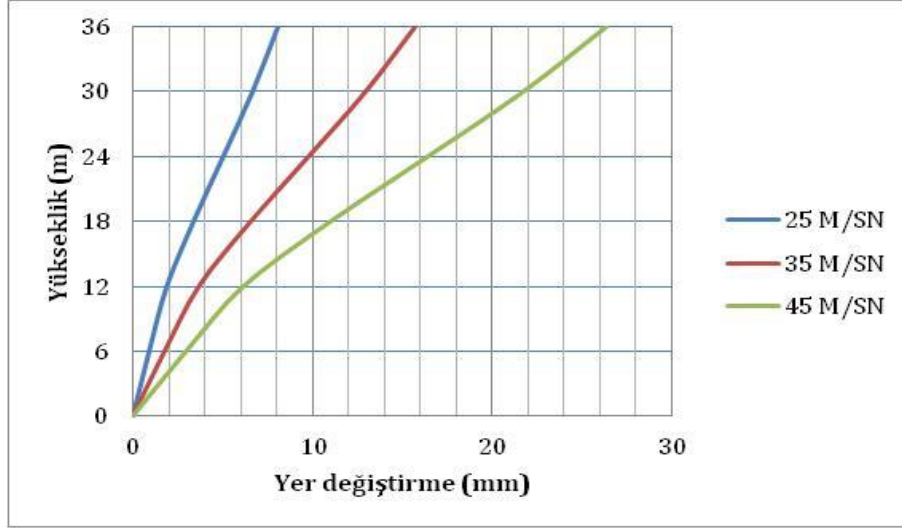
Şekil 4.51. 60 m X tipi eğimli model (model 12) için her bir deprem ve zemin sınıfına göre meydana en büyük gelen taban kesme kuvveti

Şekil 4.50'de 60 m X tipi model (model 12) için yerdeğiştirmeler verilmiştir. En büyük yerdeğiştirme değeri DD1 ZC'de 269,27 mm olarak geldiği ve en küçük değer ise DD4 ZA'da 13,65 mm elde edilmiştir. Şekil 4.51'da en büyük taban kesme kuvveti değerinin 1370999,42 N DD1 ZC'de geldiği, en küçük taban kesme kuvveti değeri ise 80405,81 N DD4 ZA'da elde edilmiştir.

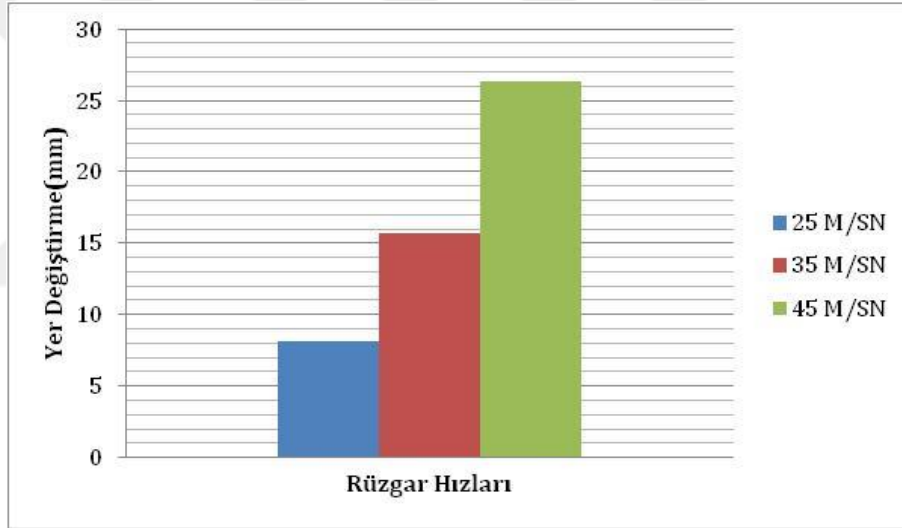
### 4.3. Rüzgar Yükü Analizlerinden Elde Edilen Değerler

Rüzgar yükü analizleri 3 farklı rüzgar hızı için gerçekleştirilmiş olup yerdeğiştirme ve taban kesme kuvveti değerleri elde edilmiştir. Aşağıdaki şekillerde analiz sonuçları mevcuttur.

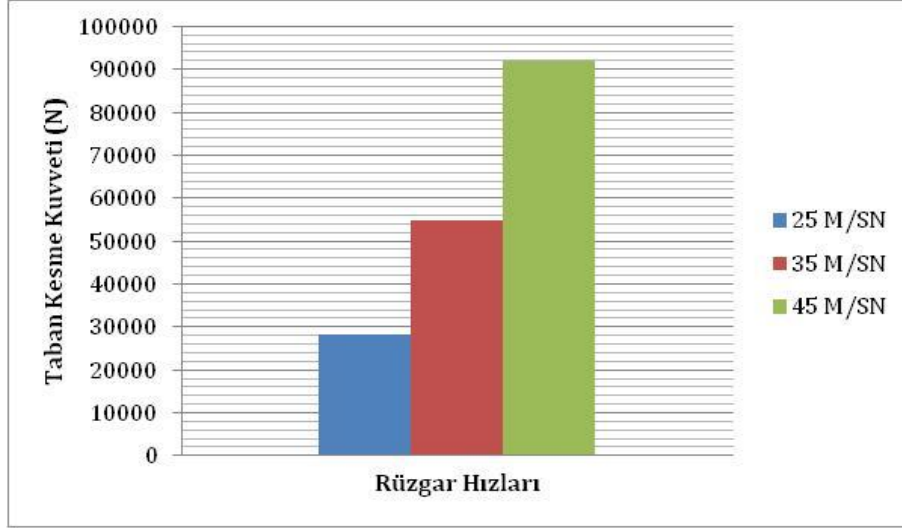




şekil 4.52. 36 m K tipi üst düz model (model 1) rüzgar hızlarına göre yükseklik-yerdeğiştirme ilişkisi

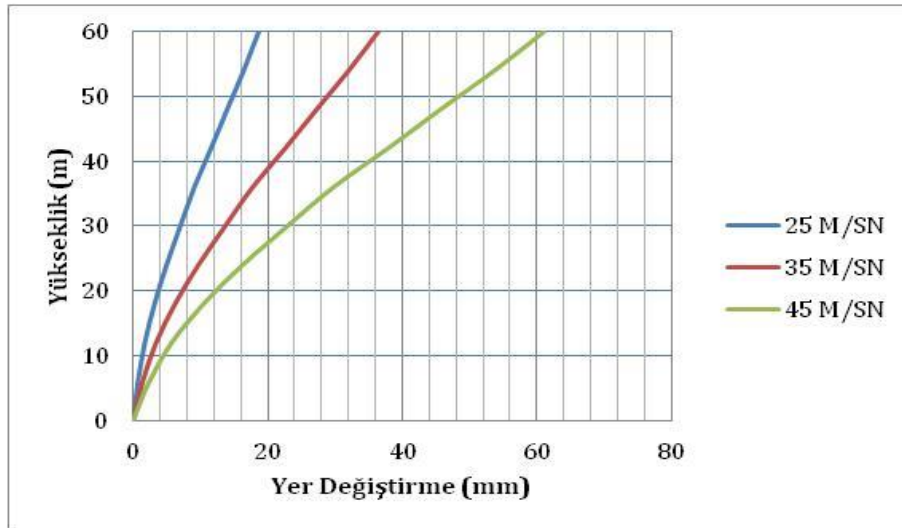


şekil 4.53. 36 m K tipi üst kısmı düz model (model 1) rüzgâr hızlarına göre elde edilen en büyük yer değiştirme değerleri

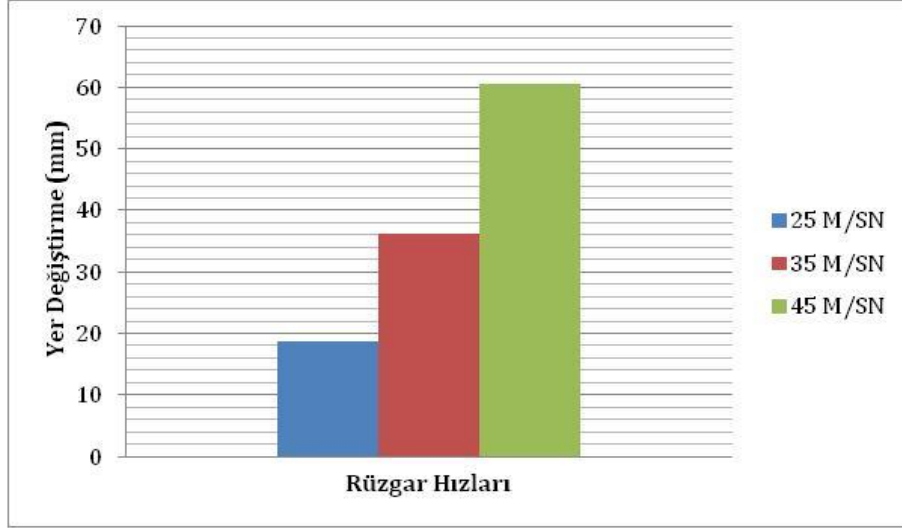


Şekil 4.54. 36 m K tipi üst düz model (model 1) rüzgar hızlarına göre en büyük taban kesme kuvveti değerleri

36 m K tipi üst düz modelde (model 1) 25 m/sn rüzgâr hızı için en büyük yerdeğiştirme değeri 8,09 mm, 35 m/sn sn rüzgar hızı için yerdeğiştirme değeri 15,71 mm ve 45 m/sn rüzgar hızı değeri için yerdeğiştirme 26,34 mm elde edilmiştir(Şekil 4.52 ve 4.53). Rüzgâr hızları ile taban kesme kuvveti arasındaki ilişki ise Şekil 4.52’de verilmiştir. Rüzgâr hızlarına göre 25 m/sn için 28246,99 N, 35 m/sn için 54800,61 N ve 45 m/sn için 91883,79 N elde edilmiştir(Şekil 4.54).

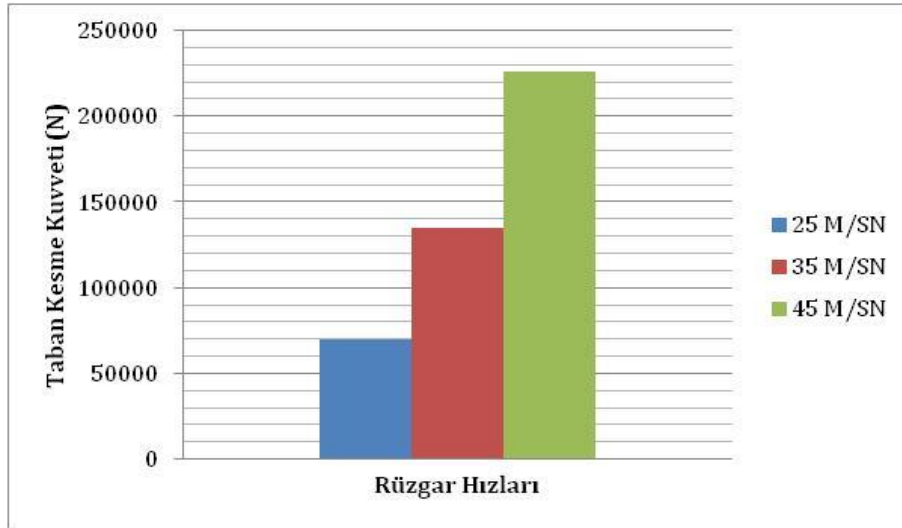


Şekil 4.55. 60 m K tipi üst düz model (model 2) rüzgar hızlarına göre yükseklik-yerdeğiştirme ilişkisi

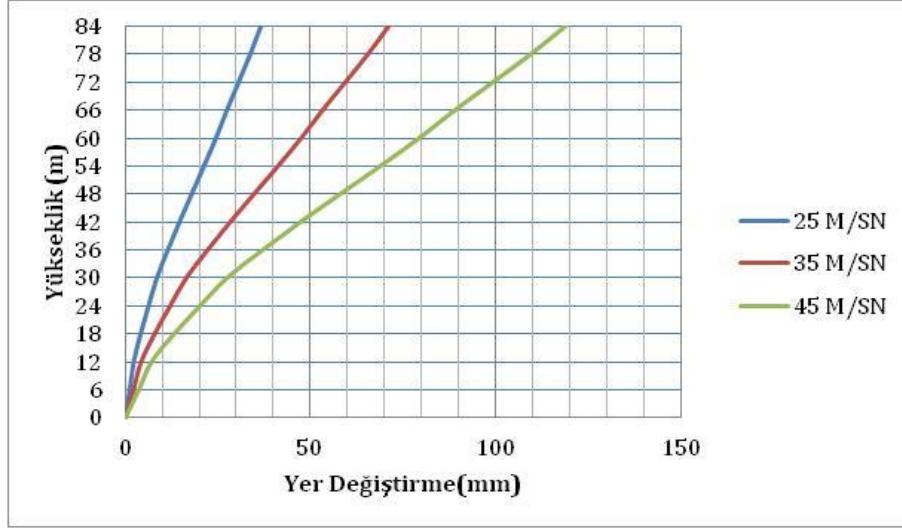


Şekil 4.56. 60 m K tipi üst düz model (model 2) rüzgar hızlarına göre en büyük yerdeğiştirmeler

Şekil 4.55 ve 4.56'de görüldüğü gibi rüzgar hızı arttıkça meydana gelen yerdeğiştirmeler de artmaktadır. Küçükten büyüğe doğru sırasıyla rüzgar hızlarına göre en büyük yerdeğiştirmeler 18,63 mm, 36,15 mm, 60.62 mm elde edilmiştir. Şekil 4.57'de en büyük taban kesme kuvvetleri 25 m/sn hız için 69939,83 N, 35 m/sn için 135686,84 N ve 45 m/sn için 227505,17 N elde edilmiştir.

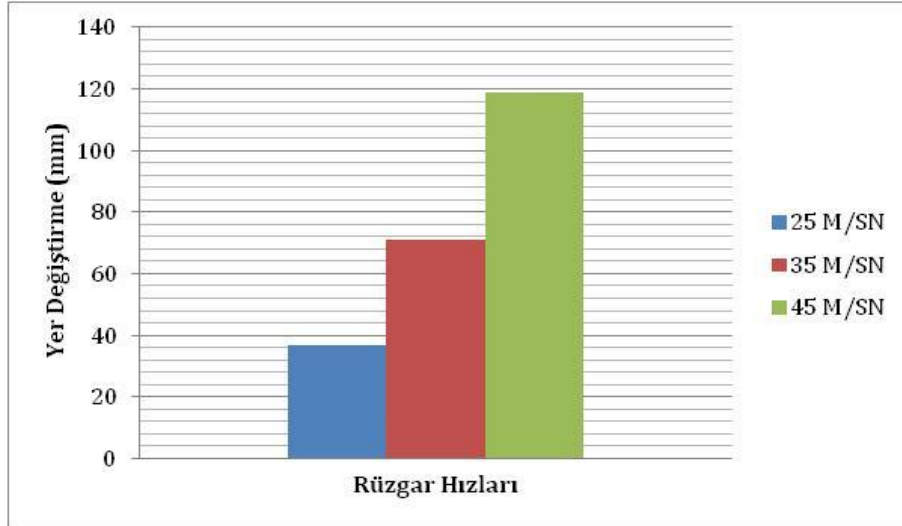


Şekil 4.57. 60 m K tipi üst düz model (model 2) rüzgâr hızlarına göre en büyük taban kesme kuvveti değerleri

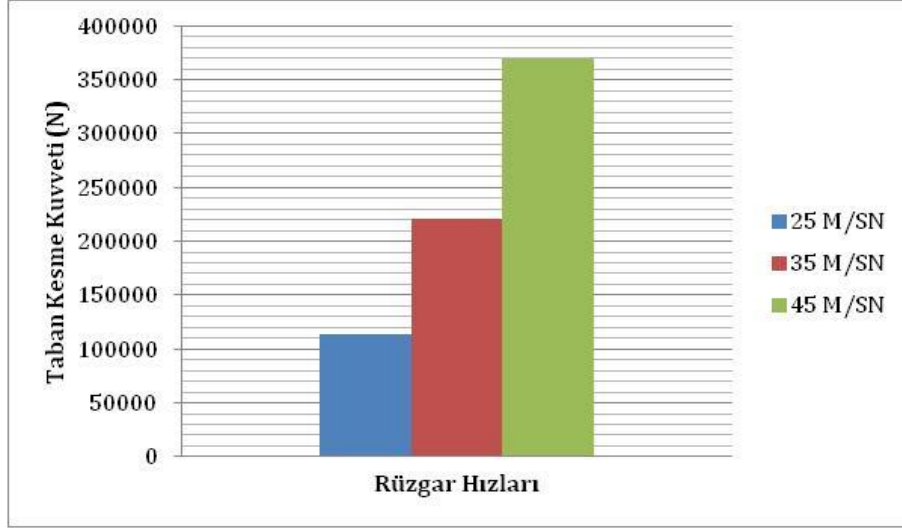


Şekil 4.58. 84 m K tipi üst düz model (model 3) rüzgar hızlarına göre yükseklik-yerdeğiştirme ilişkisi

84 m K tipi üst düz modelde (model 3) 25 m/sn rüzgar hızı için en büyük yerdeğiştirme değeri 36,54 mm, 35 m/sn rüzgar hızı için en büyük yerdeğiştirme 70,90 mm ve 45 m/sn rüzgar hızı için en büyük yerdeğiştirme 118,87 mm elde edilmiştir. (Şekil 4.58 ve 4.59). Taban kesme kuvveti en büyük değeri ise 45 m/sn rüzgâr hızında 370062,05 N elde edilmiştir. (Şekil 4.60).

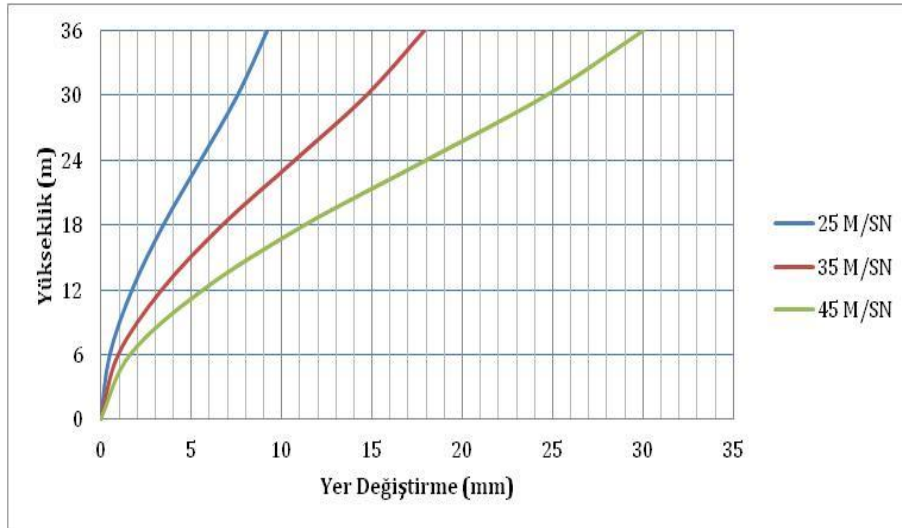


Şekil 4.59. 84 m K tipi üst düz model (model 3) rüzgar hızlarına göre en büyük yerdeğiştirmeler

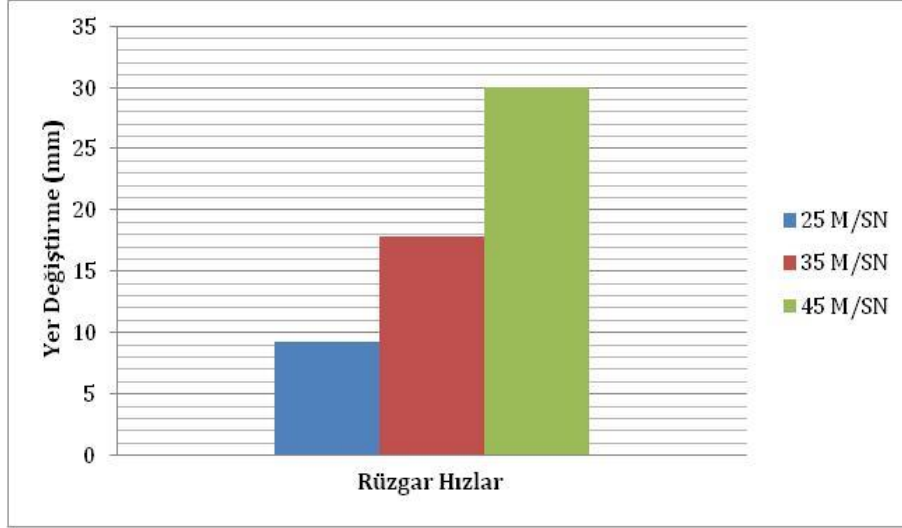


Şekil 4.60. 84 m K tipi üst düz model (model 3) rüzgar hızlarına göre en büyük taban kesme kuvveti

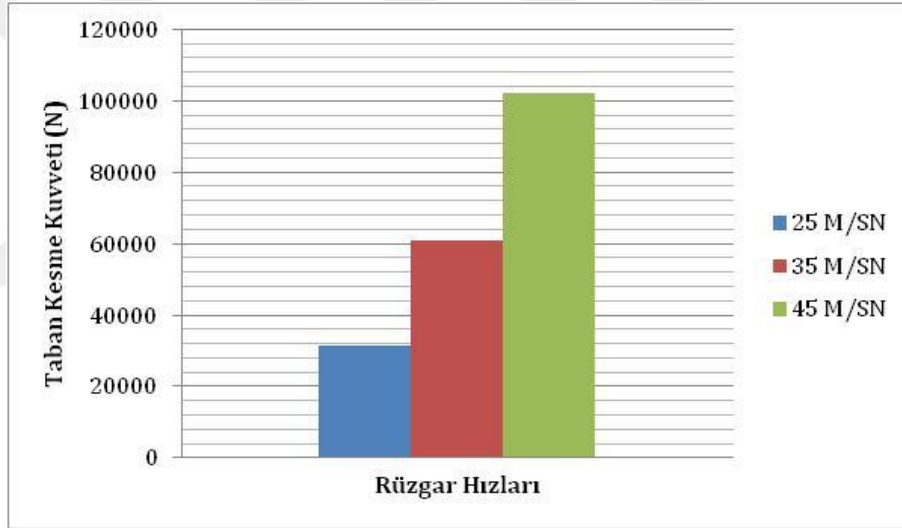
Şekil 4.61 ve 4.62’de 36 m K tipi eğimli model (model 4) için 25 m/sn rüzgar hızı için en büyük yerdeğiştirme miktarı 9,22 mm, 35 m/sn rüzgar hızı için en büyük yerdeğiştirme miktarı 17,89 mm ve 45 m/sn rüzgar hızında en büyük yerdeğiştirme değeri 29,99 mm olarak elde edilmiştir. Şekil 4.63’de ise taban kesme kuvvetlerinin 25 m/sn rüzgar hızında 31373,93 N, 35 m/sn rüzgar hızında 60867,02 N ve 45 m/sn rüzgar hızı için 102055,3 N elde edilmiştir.



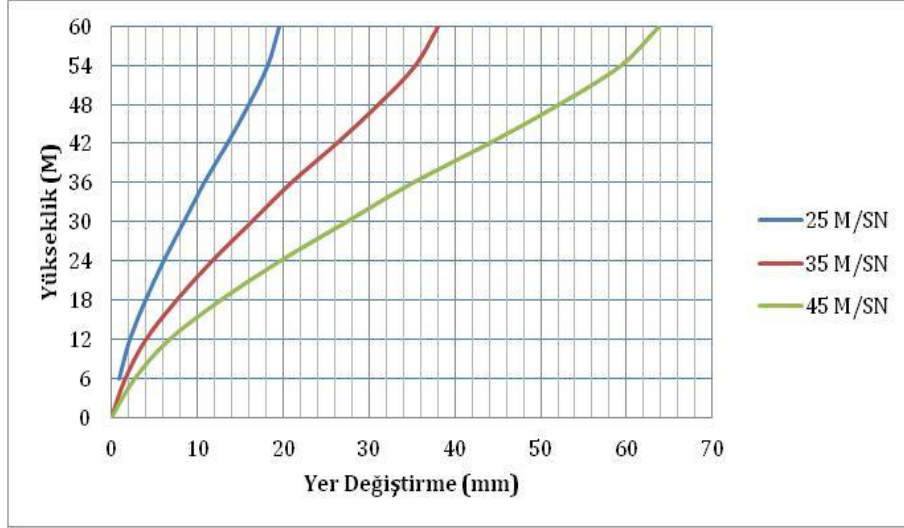
Şekil 4.61. 36 m K tipi eğimli model (model 4) rüzgar hızlarına göre yükseklik-yerdeğiştirme ilişkisi



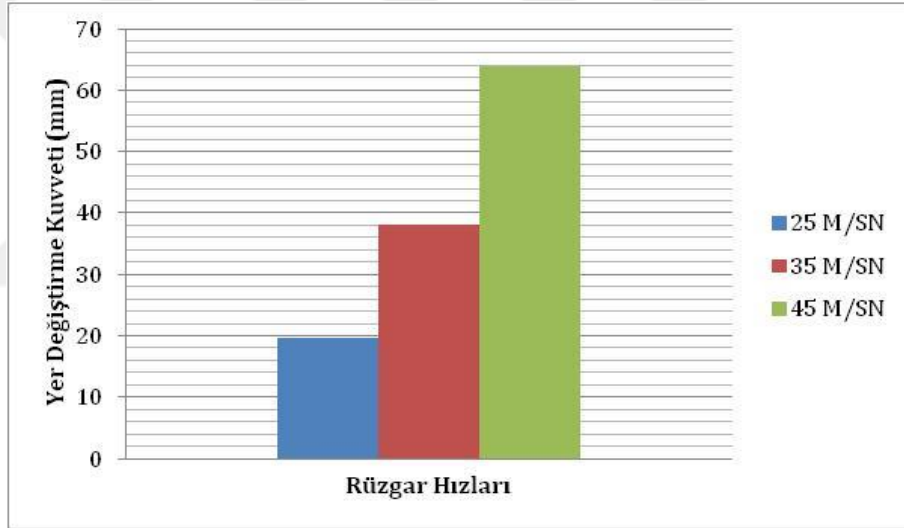
Şekil 4.62. 36 m K tipi eğimli model (model 4) rüzgar hızlarına göre en büyük yerdeğiştirmeler



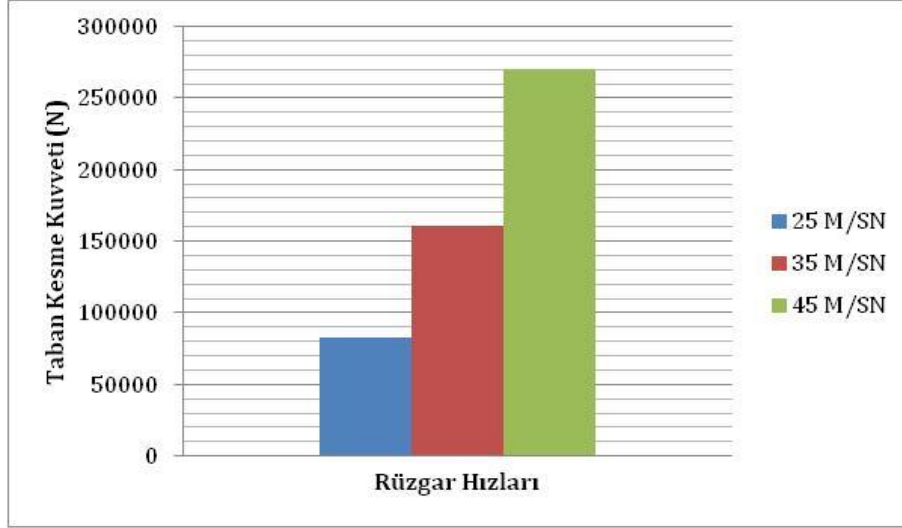
Şekil 4.63. 36 m K tipi eğimli model (model 4) rüzgar hızlarına göre en büyük taban kesme kuvveti



Şekil 4.64. 60 m K tipi eğimli model (model 5) rüzgar hızlarına göre yükseklik-yerdeğiştirme ilişkisi

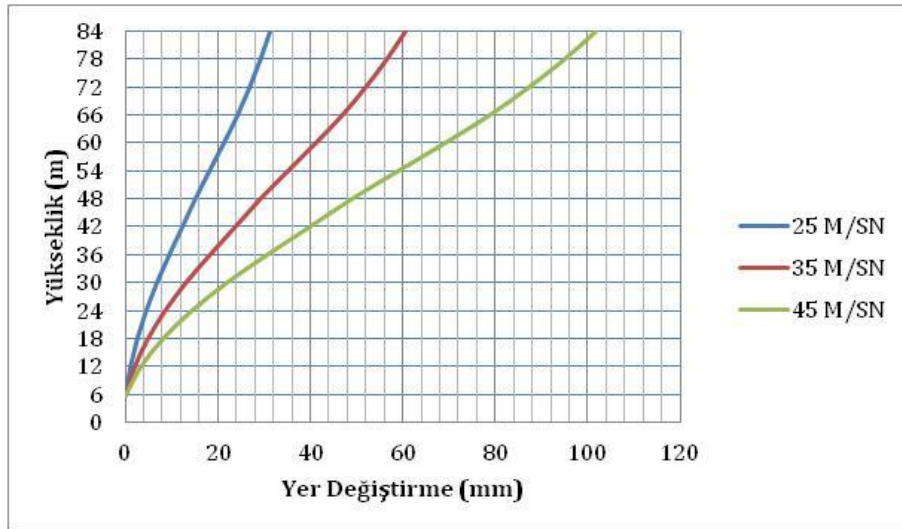


Şekil 4.65. 60 m K tipi eğimli model (model 5) rüzgar hızlarına göre en büyük yerdeğiştirmeler



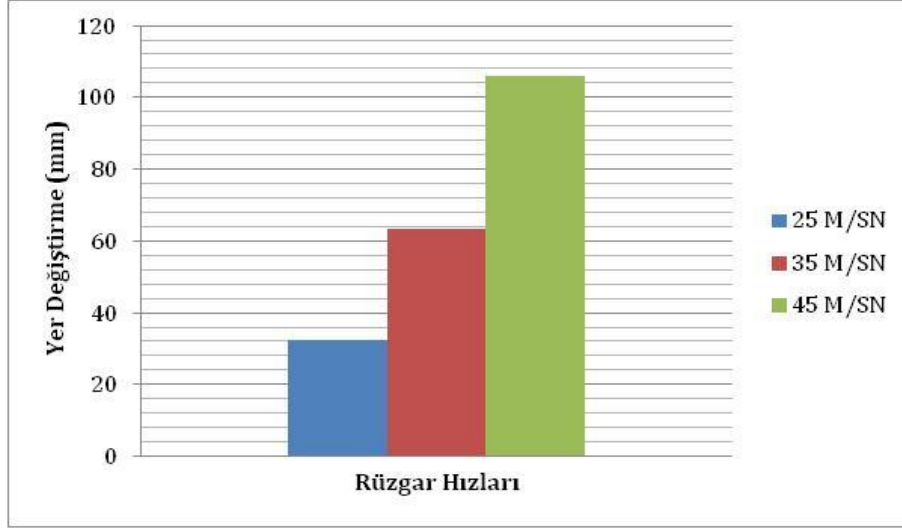
Şekil 4.66. 60 m K tipi eğimli model (model 5) rüzgar hızlarına göre en büyük taban kesme kuvveti

60 m K tipi eğimli model (model 5) 25 m/sn rüzgar hızından meydana gelen en büyük yerdeğiştirme değeri 19,59 mm, 35 m/sn rüzgar hızında 38,02 mm ve 45 m/sn rüzgar hızı için 63,75 mm olarak geldiği şekil 4.64'de görülmektedir. Şekil 4.65'de ise yüksekliğe bağlı olarak yer değişiminde meydana gelen farklılıklar gözlemlenmiştir. Taban kesme kuvveti rüzgar hızlarına bağlı olarak 25 m/sn rüzgar hızında 82962,67 N, 35 m/sn rüzgar hızında 160951,8 N ve 45 m/sn rüzgar hızında ise en yüksek değer olan 299866,8 N elde edilmiştir. (Şekil 4.66).

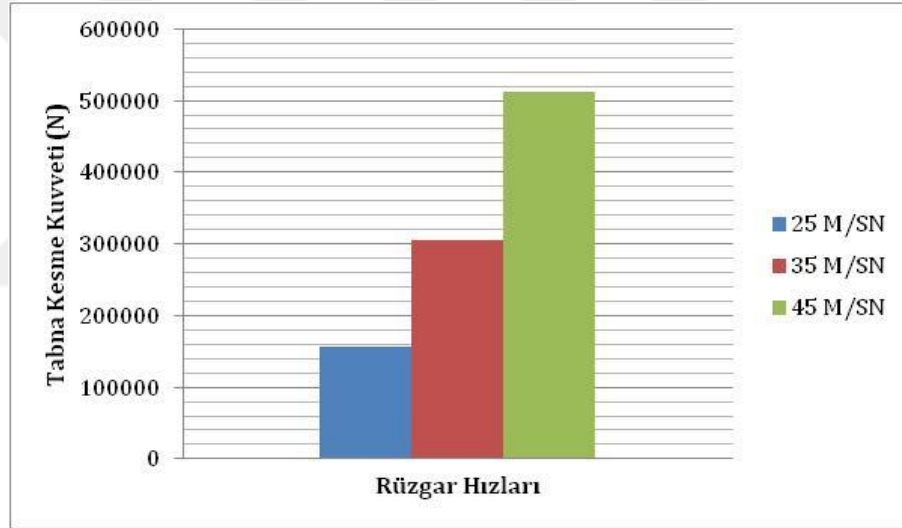


Şekil 4.67. 84 m K tipi eğimli model (model 6) rüzgar hızlarına göre yükseklik-yerdeğiştirme ilişkisi





Şekil 4.68. 84 m K tipi eğimli model (model 6) rüzgar hızlarına göre en büyük yerdeğiştirmeler

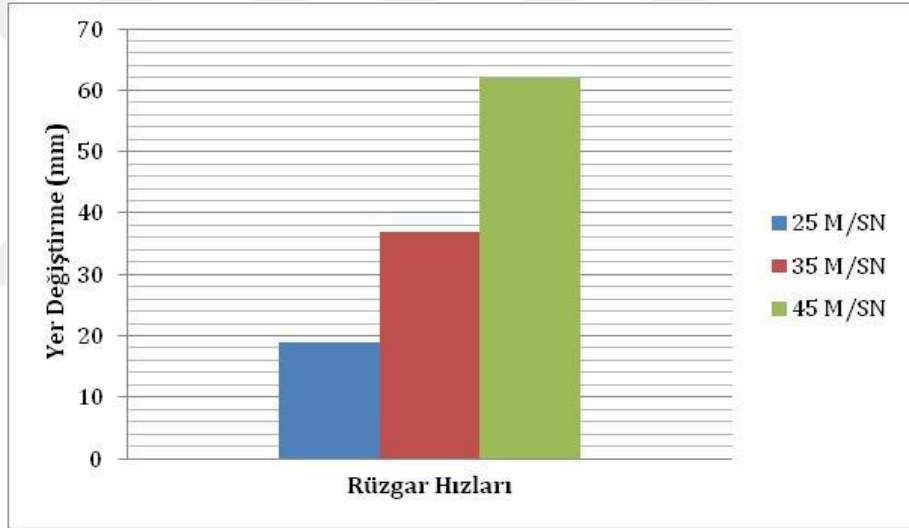


Şekil 4.69. 84 m K tipi eğimli model (model 6) rüzgar hızlarına göre en büyük taban kesme kuvveti

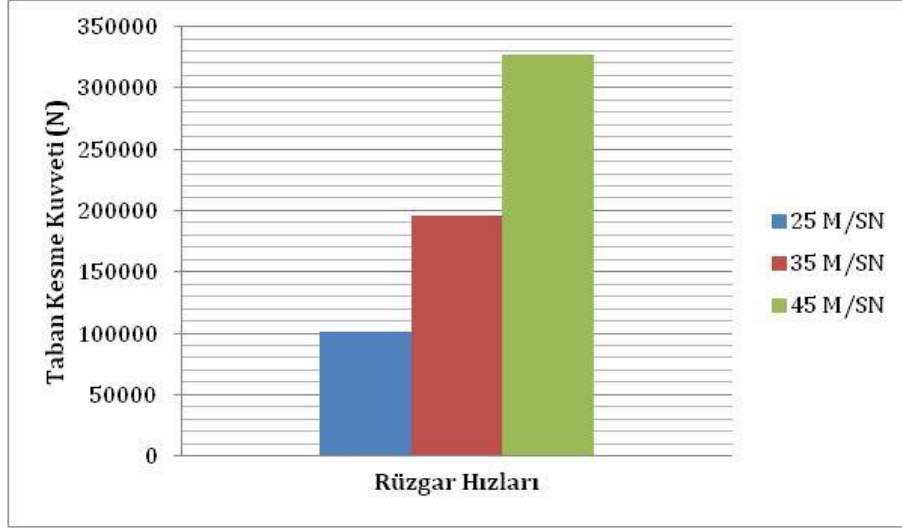
84 m K tipi eğimli model (model 6) için rüzgar hızlarının yüksekliğe bağlı olarak meydana gelen yerdeğiştirme miktarları şekil 4.67'de verilmiştir. Rüzgar hızlarına bağlı olarak en büyük yerdeğiştirme değeri 25 m/sn rüzgar hızında 32,56 mm, 35 m/sn rüzgar hızında 63,18 mm ve 45 m/sn rüzgar hızında ise 105,94 mm elde edilmiştir(Şekil 4.68). Taban kesme kuvvetleri ise rüzgar hızlarına göre en büyük 25 m/sn rüzgar hızı için 511365,9 N, 35 m/sn rüzgar hızı için 304984,8 N ve 45 m/sn rüzgar hızı için 511365,96 N olarak şekil 4.69'da görülmektedir.



Şekil 4.70. 60 m ters V tipi eğimli model (model 7) rüzgar hızlarına göre yükseklik -yerdeğiştirme ilişkisi

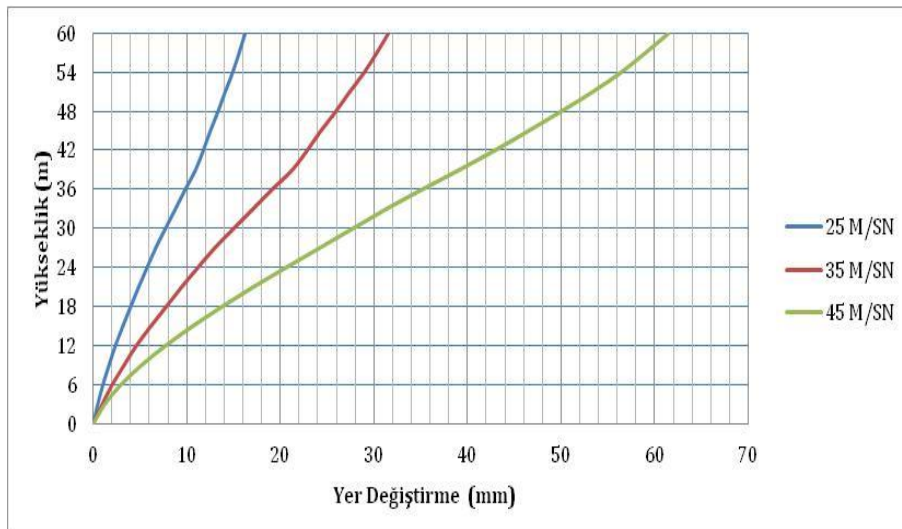


Şekil 4.71. 60 m ters V tipi eğimli model (model 7) rüzgar hızlarına göre en büyük yerdeğiştirmeler

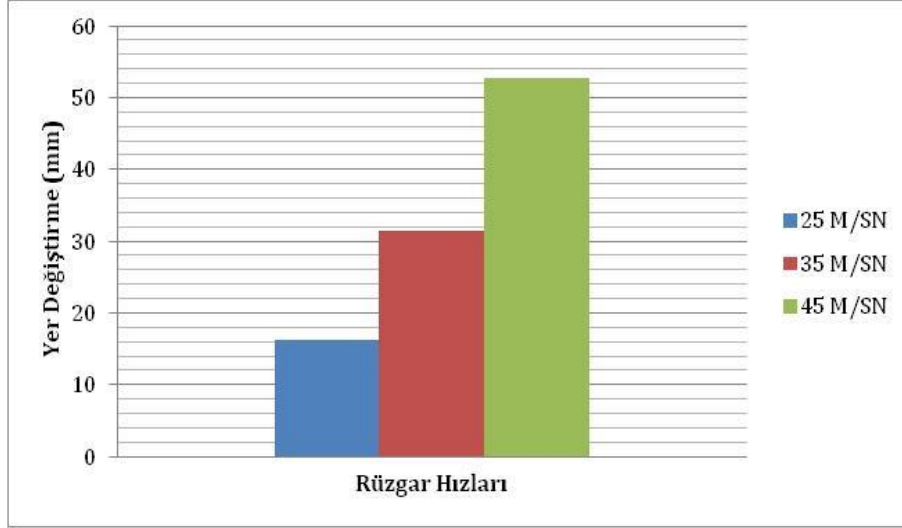


Şekil 4.72. 60 m ters V tipi eğimli model (model 7) rüzgar hızlarına göre en büyük taban kesme kuvveti

60 m ters V tipi eğimli model (model 7) için rüzgar hızlarının yüksekliğe bağlı olarak meydana gelen yerdeğiştirme değerleri şekil 4.70'de verilmiştir. Rüzgar hızlarına bağlı olarak en büyük yerdeğiştirme değeri 25 m/sn rüzgar hızında 19,04 mm, 35 m/sn rüzgar hızında 36,94 mm ve 45 m/sn rüzgar hızında ise 61,94 mm elde edilmiştir(Şekil 4.71). Taban kesme kuvvetleri ise rüzgar hızlarına göre en büyük 25 m/sn rüzgar hızı için 100716,5 N, 35 m/sn rüzgar hızı için 195395,1 N ve 45 m/sn rüzgar hızı için 327617,6 N olarak şekil 4.72'de elde edilmiştir.

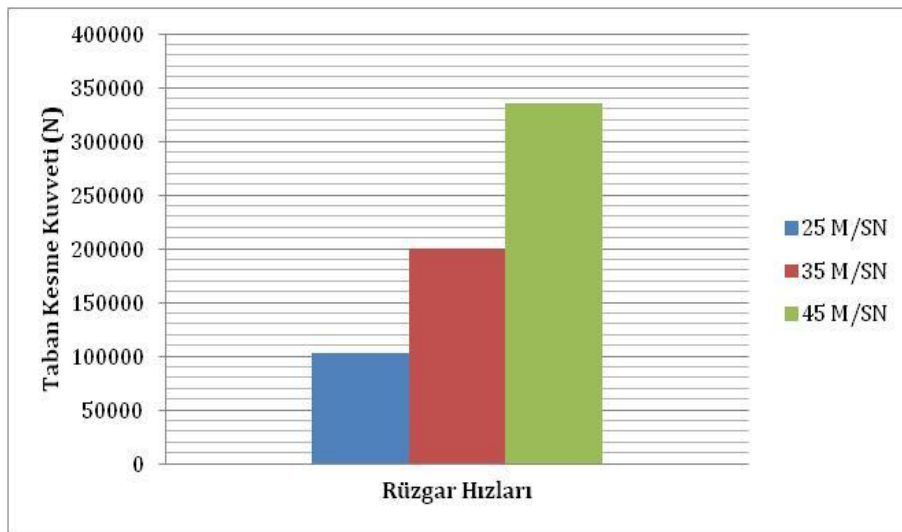


Şekil 4.73. 60 m ters V tipi eğimli 3 m aralıklı model (model 8) rüzgar hızlarına göre yükseklik-yerdeğiştirme ilişkisi



Şekil 4.74. 60 m ters V tipi eğimli 3 m aralıklı model (model 8) rüzgar hızlarına göre en büyük yerdeğiştirmeler

60 m ters V tipi eğimli 3 m aralıklı model (model 8) için rüzgar hızlarının yüksekliğe bağlı olarak meydana gelen yerdeğiştirme değerleri şekil 4.73'de verilmiştir. Rüzgar hızlarına bağlı olarak en büyük yerdeğiştirme değeri 25 m/sn rüzgar hızında 16,23 mm, 35 m/sn rüzgar hızında 31,49 mm ve 45 m/sn rüzgar hızında ise 52,80, mm elde edilmiştir(Şekil 4.74). Taban kesme kuvvetleri ise rüzgar hızlarına göre en büyük 25 m/sn rüzgar hızı için 103170,8 N, 35 m/sn rüzgar hızı için 200156,6 N ve 45 m/sn rüzgar hızı için 335601,1 olarak şekil 4.75'de elde edilmiştir.

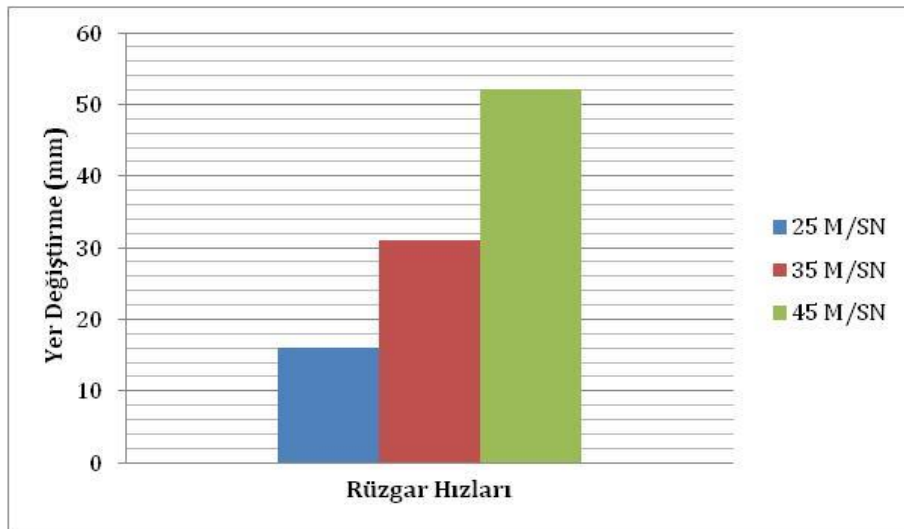


Şekil 4.75. 60 m ters V tipi eğimli 3 m aralıklı model (model 8) rüzgar hızlarına göre en büyük taban kesme kuvveti

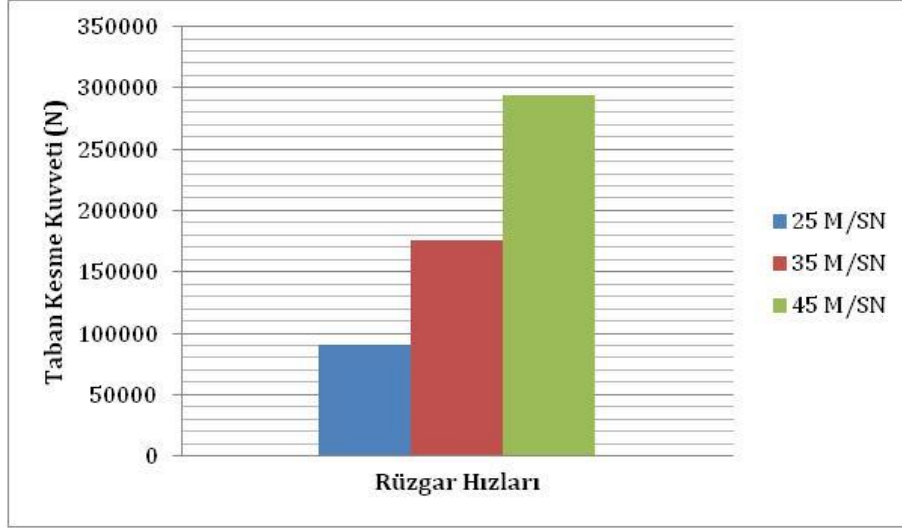


Şekil 4.76. 60 m K tipi eğimli 3 m aralıklı model (model 9) rüzgar hızlarına göre yükseklik-yerdeğiştirme ilişkisi

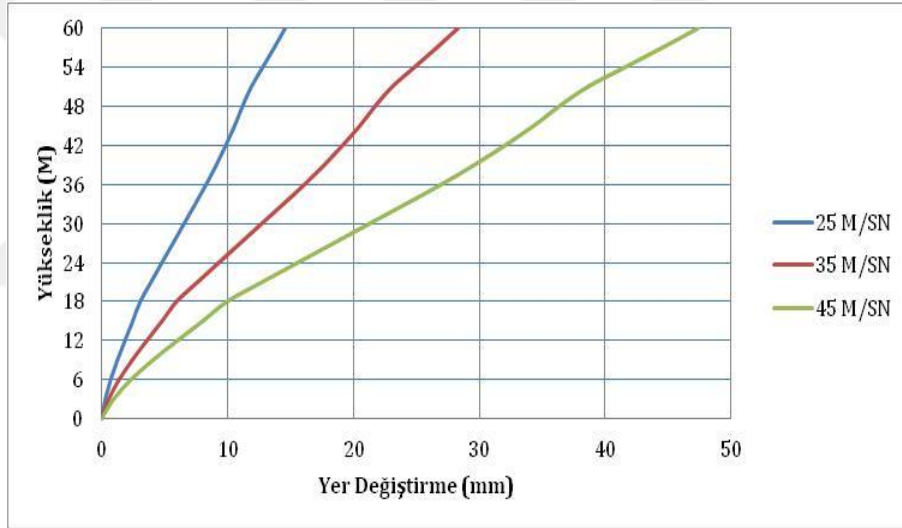
60 m K tipi eğimli 3 m aralıklı model (model 9) için rüzgar hızlarının yüksekliğe bağlı olarak meydana gelen yerdeğiştirme değerleri şekil 4.76'da verilmiştir. Rüzgar hızlarına bağlı olarak en yüksek yerdeğiştirme değeri 25 m/sn rüzgar hızında 16,01 mm, 35 m/sn rüzgar hızında 31,06 mm ve 45 m/sn rüzgar hızında ise 52,08 mm olarak geldiği görülmektedir (Şekil 4.77). Taban kesme kuvvetleri ise rüzgar hızlarına göre 25 m/sn rüzgar hızı için 90269,63 N, 35 m/sn rüzgar hızı için 175127,7 N ve 45 m/sn rüzgar hızı için 293635,4 olarak şekil 4.78'de elde edilmiştir.



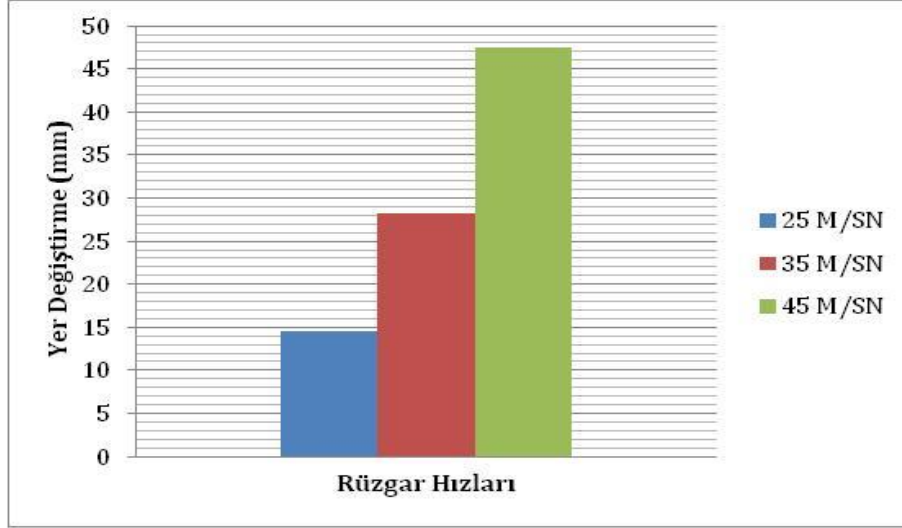
Şekil 4.77. 60 m K tipi eğimli 3 m aralıklı model (model 9) rüzgar hızlarına göre en büyük yerdeğiştirmeler



Şekil 4.78. 60 m K tipi eğimli 3 m aralıklı model (model 9) rüzgar hızlarına göre en büyük taban kesme kuvveti

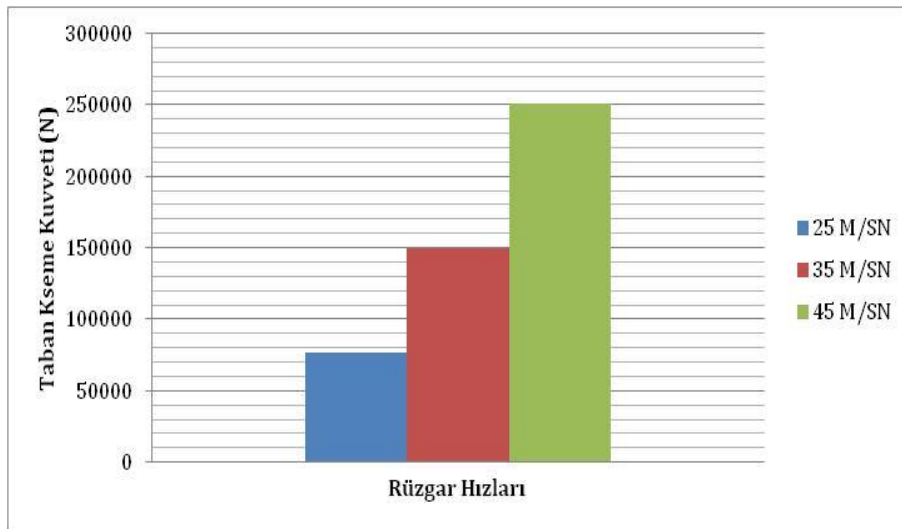


Şekil 4.79. 60 m K tipi üst düz 3 m aralıklı model (model 10) rüzgar hızlarına göre yükseklik-yerdeğiştirme ilişkisi

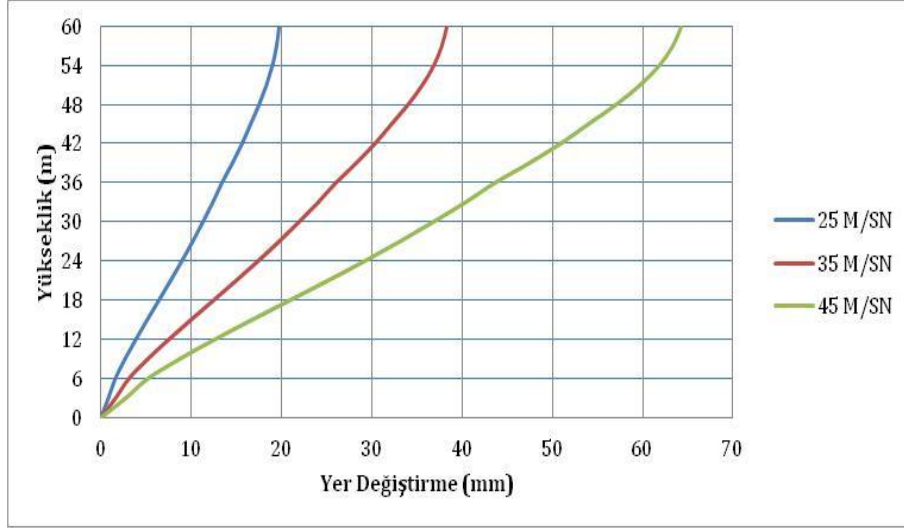


Şekil 4.80. 60 m K tipi üst düz 3 m aralıklı model (model 10) rüzgar hızlarına göre en büyük yerdeğiştirmeler

60 m K tipi üst düz 3 m aralıklı model (model 10) için rüzgar hızlarının yüksekliğe bağlı olarak meydana gelen yerdeğiştirme değerleri şekil 4.79'de verilmiştir. Rüzgar hızlarına bağlı olarak en büyük yerdeğiştirme değeri 25 m/sn rüzgar hızında 14,57 mm, 35 m/sn rüzgar hızında 28,27 mm ve 45 m/sn rüzgar hızında ise 47,40 mm olarak elde edilmiştir(Şekil 4.80). Taban kesme kuvvetleri ise rüzgar hızlarına göre en büyük 25 m/sn rüzgar hızı için 77096,28 N, 35 m/sn rüzgar hızı için 149570,7 N ve 45 m/sn rüzgar hızı için 250784,2 N olarak şekil 4.81'de elde edilmiştir.

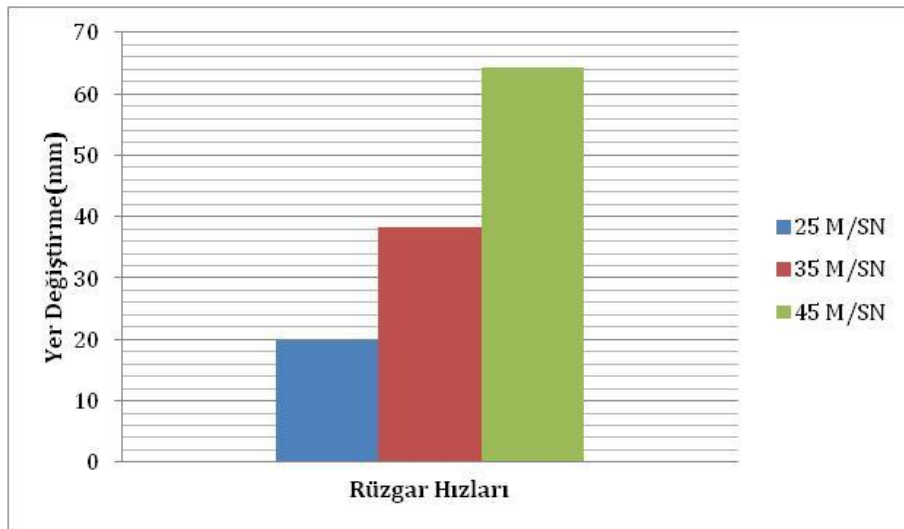


Şekil 4.81. 60 m K tipi üst düz 3 m aralıklı model (model 10) rüzgar hızlarına göre en büyük taban kesme kuvveti



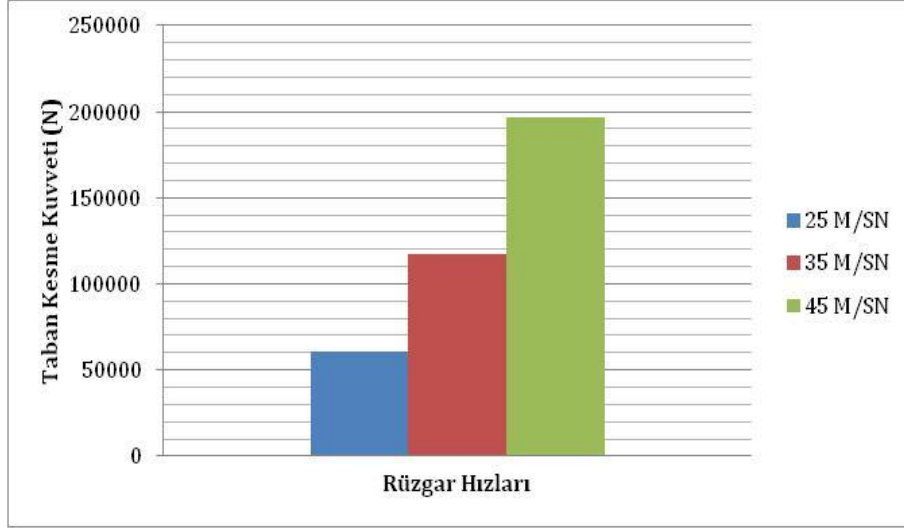
Şekil 4.82. 60 m K tipi eğimli 3 m aralıklı dik model (model 11) rüzgar hızlarına göre yükseklik-yerdeğiştirme ilişkisi

60 m K tipi eğimli 3 m aralıklı dik model (model 11) için rüzgar hızlarının yüksekliğe bağlı olarak meydana gelen yerdeğiştirme değerleri şekil 4.82’de verilmiştir. Rüzgar hızlarına bağlı olarak en büyük yerdeğiştirme değeri 25 m/sn rüzgar hızında 19,76 mm, 35 m/sn rüzgar hızında 38,34 mm ve 45 m/sn rüzgar hızında ise 64,28 mm olarak elde edilmiştir(Şekil 4.83). Taban kesme kuvvetleri ise rüzgar hızlarına göre en büyük 25 m/sn rüzgar hızı için 60437,42 N, 35 m/sn rüzgar hızı için 117251,7 N ve 45 m/sn rüzgar hızı için 196595,1 N olarak şekil 4.84’de elde edilmiştir.



Şekil 4.83. 60 m K tipi eğimli 3 m aralıklı dik model (model 11) rüzgar hızlarına göre en büyük yerdeğiştirmeler

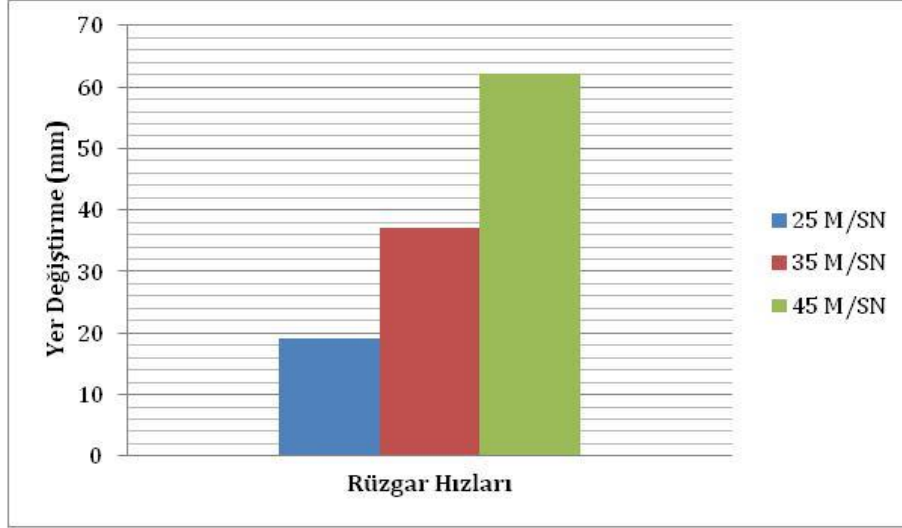




Şekil 4.84. 60 m K tipi eğimli 3 m aralıklı dik model (model 11) rüzgar hızlarına göre en büyük taban kesme kuvveti

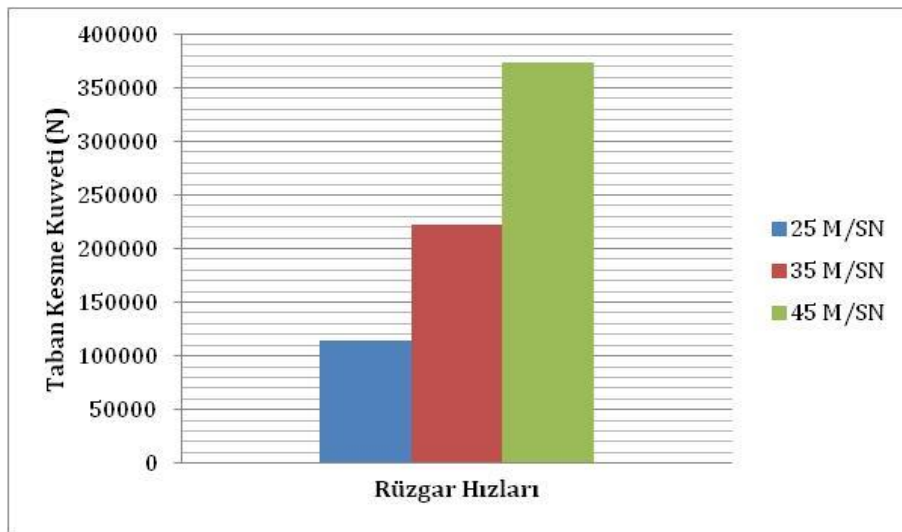


Şekil 4.85. 60 m X tipi eğimli model (model 12) rüzgar hızlarına göre yükseklik-yerdeğiştirme ilişkisi

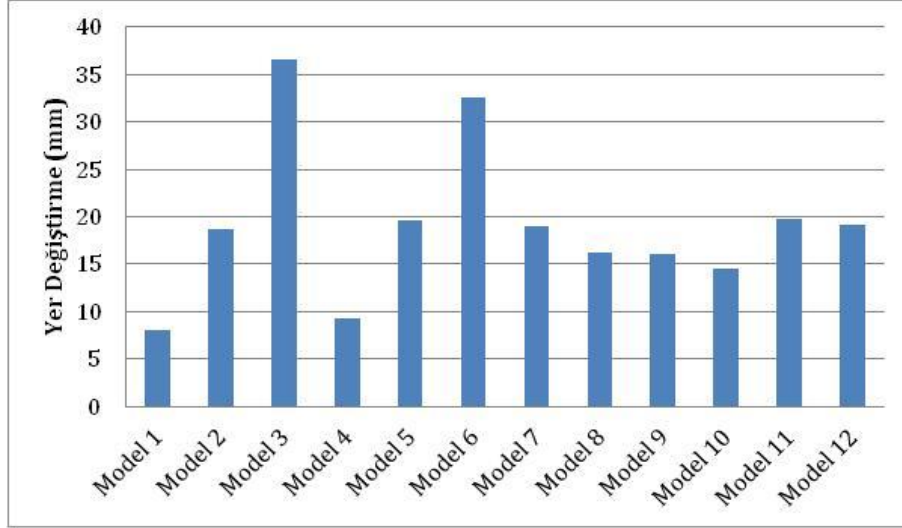


Şekil 4.86. 60 m X tipi eğimli model (model 12) rüzgar hızlarına göre en büyük yerdeğiştirmeler

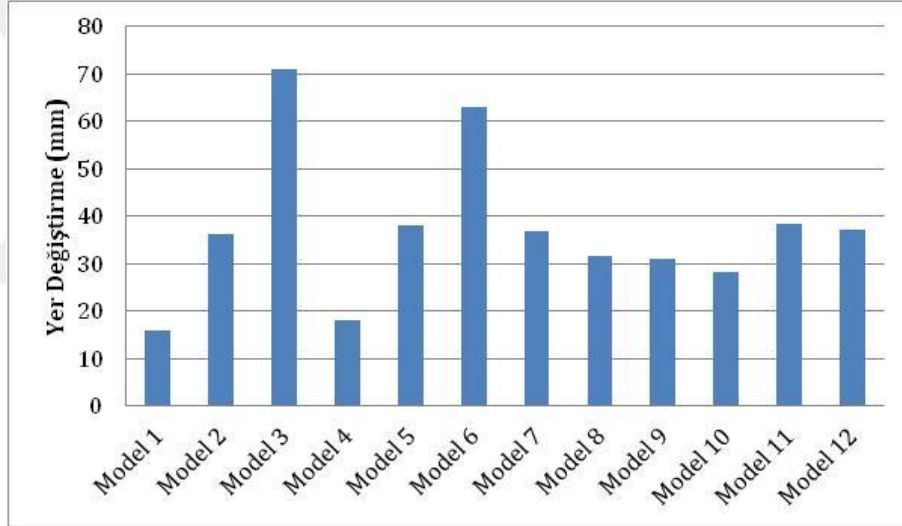
60 m X tipi eğimli model (model 12) için rüzgar hızlarının yüksekliğe bağlı olarak meydana gelen yerdeğiştirme değerleri şekil 4.85'de verilmiştir. Rüzgar hızlarına bağlı olarak en büyük yerdeğiştirme değeri 25 m/sn rüzgar hızında 19,12 mm, 35 m/sn rüzgar hızında 37,09 mm ve 45 m/sn rüzgar hızında ise 62,19 mm elde edilmiştir. (Şekil 4.86). Taban kesme kuvvetleri ise rüzgar hızlarına göre en büyük 25 m/sn rüzgar hızı için 114880,7 N, 35 m/sn rüzgar hızı için 222874,5 N ve 45 m/sn rüzgar hızı için 373692 N olarak şekil 4.87'de elde edilmiştir.



Şekil 4.87. 60 m X tipi eğimli model (model 12) rüzgar hızlarına göre en büyük taban kesme kuvveti

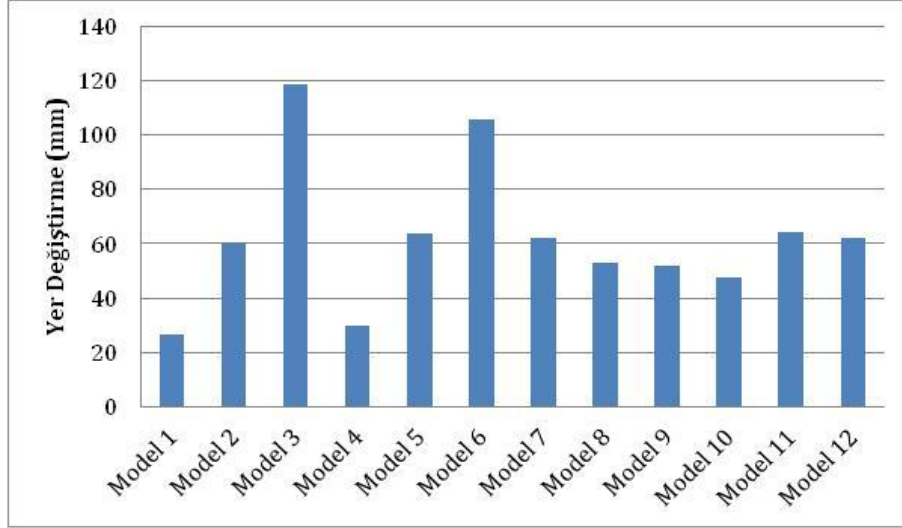


Şekil 4.88. 25 m/sn rüzgar hızı için en büyük yerdeğiştirmelerin karşılaştırılması

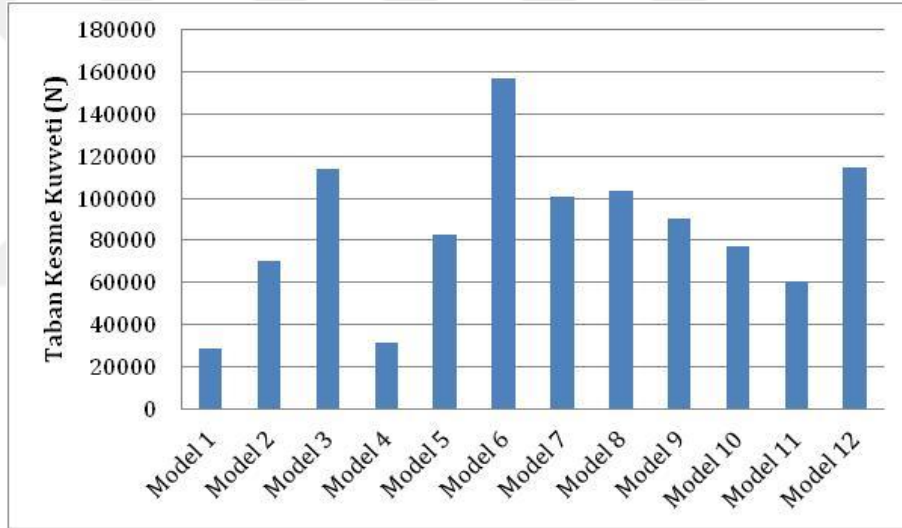


Şekil 4.89. 35 m/sn rüzgar hızı için en büyük yerdeğiştirmelerin karşılaştırılması

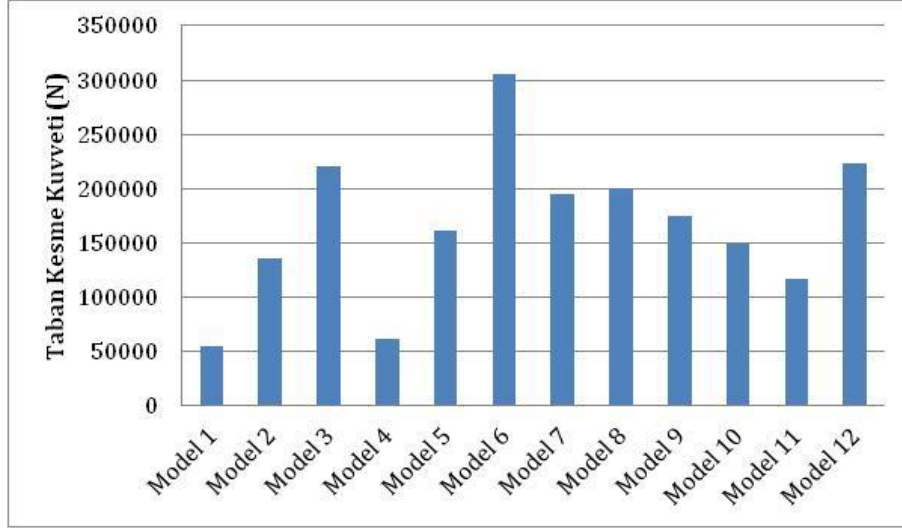
Şekil 4.88, 4.89 ve 4.90'de rüzgar hızlarına göre her bir model için en büyük yerdeğiştirmeler karşılaştırılmıştır. Şekil 4.91, 4.92 ve 4.93'de ise bütün modellerin taban kesme kuvvetleri kıyaslanmıştır.



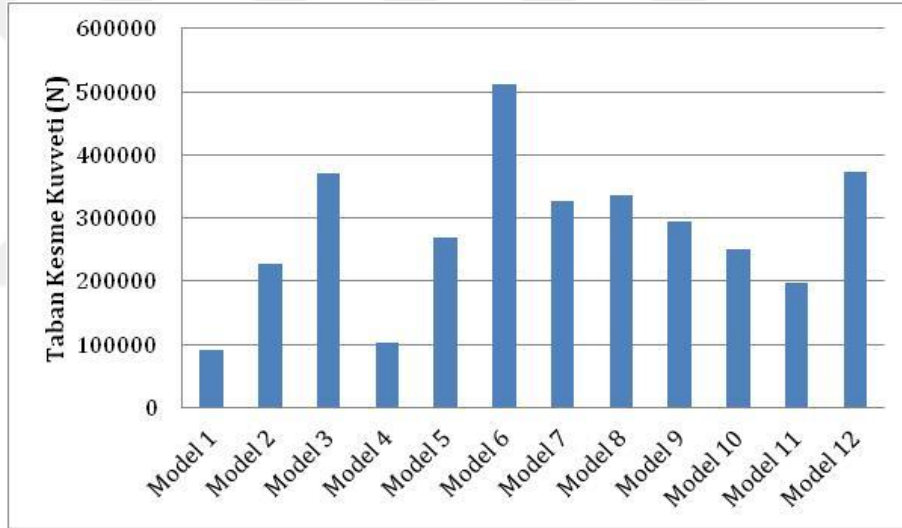
Şekil 4.90. 45 m/sn rüzgar hızı için en büyük yerdeğiştirmelerin karşılaştırılması



Şekil 4.91. 25 m/sn rüzgar hızı için en büyük taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması



Şekil 4.92. 35 m/sn rüzgar hızı için en büyük taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması



Şekil 4.93. 45 m/sn rüzgar hızı için en büyük taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması

## 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, 36 m, 60 m ve 84 m yüksekliklerinde çelik kule yapıları ele alınmıştır. Bununla birlikte, aynı kuleler üst kısımlar dik olarak tasarlanmıştır. Farklı yüksekliklerde, eğimi yükseklik boyunca sabit ve üst kısmı düz olarak tasarlanan modeller karşılaştırılmıştır. Ayrıca, 60 m yüksekliğindeki yapılar kat yükseklikleri 6 m ve 3 m olarak modellenmiş, aynı yapılar eğimin az olması ve daha eğimli olması açısından ve farklı çaprazlama türleri göz önüne alınarak da SAP 2000 sonlu elemanlar programı kullanılarak modellenmiştir.

Modal, rüzgâr ve deprem analizleri gerçekleştirilmiştir. Deprem analizlerinde zaman tanım alanı yöntemi ve mod birleştirme yöntemleri kullanılmıştır. Rüzgâr analizleri ASCE-07-10 yönetmeliğine uygun olarak gerçekleştirilmiştir.

Zaman tanım alanı yöntemi analiz sonuçlarına göre; genel olarak en büyük yerdeğiştirme değeri 6 numaralı İmperial Valley depreminde en küçük yerdeğiştirme değeri 14 numaralı Borrego Mth depreminde elde edilmiştir. Yapılara uygulanan depremlerin büyüklüğü, etkin yer ivmesi ve odak derinliğine bağlı olarak elde edilen yer değiştirme ve taban kesme kuvveti değerlerinde değişkenlik olduğu görülmektedir.

Model 1, Model 2 ve Model 3; 36m, 64m ve 84m yüksekliğindeki üst kısmı düz olarak tasarlanan modellerdir. Model 4, Model 5 ve Model 6; 36m, 64m ve 84m yüksekliğinde eğimli modellerdir. Bu yapı tiplerinde yerdeğiştirme ve taban kesme kuvveti değerlerinin yapı yüksekliği arttıkça arttığı görülmektedir.

36 m ve 60 m yüksekliklerindeki kule yapıları zaman tanım alanı yöntemine göre incelendiğinde model 1 (36 m yüksekliğinde K tipi üst kısmı düz) ile model 4'ün (36 m yüksekliğinde K tipi tamamen eğimli) genellikle yerdeğiştirme ve taban kesme kuvveti değerlerinin birbirine çok yakın olduğu görülmektedir. 84 m yüksekliğindeki Model 3 ve Model 6 gözönüne alındığında; en yüksek yer değiştirme değeri üst kısmı düz olan model 3'de görülmektedir. Fakat bu değer

model 6'nın değerine çok yakın olup arada 17 mm fark vardır. Taban kesme kuvveti değeri de model 3'de daha büyük elde edilmiştir.

60 m yüksekliğindeki modeller incelendiğinde; K tipi eğimli olan modellerin (kirişler arası mesafe 6 m olan model 5 ve kirişler arası mesafe 3 m olan model 9), aynı özelliklerdeki st kısmı düz olan modellerden( kirişler arası mesafe 6 m olan model 2 ve kirişler arası mesafe 3 m olan model 10) biraz daha fazla yer değiştirme yaptığı görülmüştür. Model 7 (Ters V tipi) ve model 8 (ters V tipi) aynı özelliklerde olup model 7 kirişler arası mesafe 6 m olarak tasarlanmış, model 8 ise kirişler arası mesafe 3 m olarak tasarlanmıştır. Yerdeğiştirme olarak model 7'nin model 8'den daha fazla yer değiştirme yaptığı görülmüştür. Aynı durum Model 2 (K tipi st kısmı düz) ile Model 10 (K tipi st kısmı düz) ve model 5 (K tipi tamamen eğimli) ile model 9'da (K tipi tamamen eğimli) grlmektedir.

Model 9 ve Model 10 karşılaştırıldığında; yapısal olarak aynı özelliklere sahip olmakla birlikte Model 9 K tipi eğimli, model 10 K tipi st kısmı 9 m düz olan modellerdir. Bu modeller kirişler arası mesafe 3 m olarak tasarlanmıştır. Eğimli olan model 9'da elde edilen yerdeğiştirme ve taban kesme kuvvetlerinin daha büyük elde edildiği grlmektedir. Model 9 (K tipi tamamen eğimli) ve Model 11 (K tipi tamamen eğimli model olup daha az eğimli) karşılaştırıldığında; genellikle eğimi az olan model 11'de yerdeğiştirme değerlerinin daha büyük taban kesme kuvveti değerlerinin daha az elde edildiği grlmektedir. Bu durum, model 11'in ağırlığının model 9'un ağırlığının yarısı kadar olmasından kaynaklanabilir.

Model 5 (K tipi tamamen eğimli) , Model 7 (ters V tamamen eğimli) ve Model12 (X tipi tamamen eğimli) karşılaştırıldığında; en büyük yer değiştirme ve taban kesme kuvveti değerlerinin X aprazlama şekline sahip olan Model 12'de elde edildiği bunu ters V tipi çaprazlamanın mevcut olduğu Model 7 ve K tipi çaprazlama tipinin bulunduğu Model 5'in izlediği grlmektedir.

Mod birleştirme yöntemi analiz sonuçlarına göre; genel olarak bütün yapılarda en büyük yerdeğiştirme değeri deprem düzeyi 1 ve zemin sınıfı C'de meydana gelmiştir. En büyük taban kesme kuvveti ise bütün modellerde deprem düzeyi 1 ve zemin sınıfı C'de meydana gelmiştir. En düşük yerdeğiştirme ve taban kesme kuvveti değerleri ise bütün modellerde deprem düzeyi 4 ve zemin sınıfı A'da meydana gelmiştir.

Yapılar yükseklik açısından incelendiğinde; üst kısmı düz ve eğimli modellerde en küçük yerdeğiştirme ve taban kesme kuvveti değeri 36 m yüksekliğindeki kule yapısında (model 1 ve model 4)'de elde edilirken bunu 60 m yüksekliğindeki kule yapısı izlemekte olup en büyük değer 84 m yüksekliğindeki (model 3 ve model 6)'da elde edilmektedir.

36 m ve 60 m yüksekliklerindeki kule yapılarında tamamen eğimli olan Model 4 ve model 5'de değerler üst kısmı düz olan model 1 ve model 2'de elde edilen değerlere oldukça yakındır. 84 m yüksekliğindeki kule yapılarında ise yerdeğiştirme ve taban kesme kuvveti değerleri eğimli olan model 6'da üst kısmı düz olan model 3'den biraz daha fazla elde edilmektedir.

60 m yüksekliğindeki kule yapıları ele alındığında model 7(ters V tipi)'deki yerdeğiştirme ve taban kesme değerleri model 5 (K tipi)'e göre daha fazla elde edilmiştir. Bu durum, çaprazlanma şekillerinin farklılığından kaynaklanmaktadır.

Ters V çaprazlanma şekline sahip olan Model 7 ile model 8 ele alındığında; kirişler arası mesafe 3 m olan model 8'de elde edilen yer değıştirme değeri kirişler arası mesafe 6 m olan model 7'den daha az, taban kesme kuvveti değeri daha fazla elde edilmektedir. Aynı durum kirişler arası mesafe 6 m olan model 5 ve kirişler arası mesafe 3 m olan model 9'da da görülmektedir. Bununla birlikte, kirişler arası mesafe 6 m olan model 2 ile kirişler arası mesafe 3 m olan model 10 içinde aynı durum elde edilmiştir. Kirişler arası mesafe 3 m olduğunda yerdeğiştirme değerinin daha az taban kesme kuvveti daha fazla elde edilmektedir. Model 9 ve model 11 kirişler arası mesafe 3 m aralıklı, K tipi kule



yapıları olup model 11, model 9'a göre daha az eğimli tasarlanmıştır. Bu kule yapılarının yerdeğiştirme değerleri oldukça yakın elde edilmiş olup taban kesme kuvveti değeri model 11'de model 9'a göre daha az elde edilmiştir. Model 5(K tipi eğimli), model 7 (ters V tipi eğimli) ve model 12 (X tipi eğimli) ele alındığında; en büyük yerdeğiştirme ve taban kesme kuvveti değerleri X tipi çaprazlama şekline sahip olan model 12'de elde edildiği bunu sırasıyla ters V tipi model 7 ve K tipi model 5 izlemektedir.

ASCE 07-10 yönetmeliğine göre yapılan rüzgar analiz sonuçlarına göre; bütün modellerde en yüksek yerdeğiştirme ve taban kesme kuvveti değerleri 45 m/sn rüzgar hızında elde edilmiştir.

25 m/sn rüzgar için en yüksek yerdeğiştirme model 3 de görölmektedir. Bunun sebebi ise model 3'ün diğer modellerden daha yüksek olmasıdır. Aynı durum 35 m/sn ve 45 m/sn hızları içinde geçerlidir.

Rüzgar hızlarına bağlı olarak yapılar yükseklik açısından incelendiğinde; üst kısmı düz ve eğimli modellerde en küçük yerdeğiştirme ve taban kesme kuvveti değeri 36 m yüksekliğindeki kule yapısında (model 1 ve model 4)'de elde edilirken bunu 60 m yüksekliğindeki kule yapısı izlemekte olup en büyük değer 84 m yüksekliğindeki (model 3 ve model 6)'da elde edilmektedir.

36 m ve 60 m yüksekliklerindeki kule yapılarında tamamen eğimli olan Model 4 ve model 5'de değerler üst kısmı düz olan model 1 ve model 2'de elde edilen değerlere oldukça yakındır. 84 m yüksekliğindeki kule yapılarında ise yerdeğiştirme üst kısmı düz olan model 3'de eğimli olan model 6'dan biraz daha fazla elde edilmektedir. Model 3'ün üst düz kısmı 12 m olarak tasarlanmıştır. Taban kesme kuvveti açısından model 3 ve model 6 incelendiğinde model 6'nın taban kesme kuvveti daha fazla elde edilmektedir. Bu durum model 6'nın model 3'den daha ağır olmasından kaynaklanmaktadır.

60 m yüksekliğindeki kule yapıları ele alındığında model 7 (ters V tipi)'deki yerdeğiştirme model 5 (K tipi)'e göre daha fazla elde edilmiştir. Taban kesme

kuvveti ise model 7'de daha fazla elde edilmiştir. Bu durum çaprazlanma şekillerinin farklılığından kaynaklanmaktadır.

Ters V çaprazlanma şekline sahip olan Model 7 ile model 8 ele alındığında; kirişler arası mesafe 3 m olan model 8'de elde edilen yer değiştirme değeri kirişler arası mesafe 6 m olan model 7'den daha az, taban kesme kuvveti değeri daha fazla elde edilmektedir. Aynı durum kirişler arası mesafe 6 m olan model 5 ve kirişler arası mesafe 3 m olan model 9'da da görülmektedir. Bununla birlikte kirişler arası mesafe 6 m olan model 2 ile kirişler arası mesafe 3 m olan model 10 içinde aynı durum elde edilmiştir. Kirişler arası mesafe 3 m olduğunda yerdeğiştirme değeri daha az, taban kesme kuvveti daha fazla elde edilmektedir. Model 9 ve model 11 kirişler arası mesafe 3 m aralıklı, K tipi kule yapıları olup model 11, model 9'a göre daha az eğimli tasarlanmıştır. Bu kule yapılarının yerdeğiştirme değerleri model 11, model 9'dan daha fazla yer değiştirme değerine sahiptir. Taban kesme kuvveti değeri ise model 9'da, model 11'den daha fazladır. Bu da model 9'un model 11'den daha ağır olmasındandır. Model 5 (K tipi eğimli), model 7 (ters V tipi eğimli) ve model 12 (X tipi eğimli) ele alındığında; yerdeğiştirme değerleri birbirine oldukça yakındır. Bununla birlikte, taban kesme kuvveti değerleri X tipi çaprazlama şekline sahip olan model 12'de en büyük değer elde edilirken, bunu sırasıyla ters V tipi model 7 ve K tipi model 5 izlemektedir.

## KAYNAKLAR

- Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) 2019. <https://www.afad.gov.tr/>, Ankara.
- Ahmet E., Erketin B., Yalçın Ü., 2000. Sonlu Elemanlar Metodu Ve Gemi İnşaatındaki Uygulamaları, İstanbul Teknik Ünivetsitesi, İstanbul.
- A.M.L.N. Gunathilaka, C.S.Lewanagamage, M.T.R. Jayasinghe, 2014. Analysis And Design Of Telecommunication Towers For Earthquake Loading In Sri Lanka For Sustainability, University of Moratuwa , Sri Lanka.
- ASCE 07-10, 2010. Minimum Design Loads For Buildings And Other Structures, American Society of Civil Engineers, U.S.A
- Cem ÖZLEK 2015. Asce 7-10, Eurocode 1-4 Ve Ts 498 Yönetmelikleri Kullanılarak Yapılara Etki Eden Rüzgar Yüklerinin Karşılaştırılması, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Chirag P. Chaudhari and Sachin B. Kadam, 2016. Seismic Analysis of Self Supporting Telecommunication Tower, , Journal of Civil Engineering and Environmental Technology, 549-552, Hindistan.
- Computers and Structures Analysis Reference Manuel For SAP2000,ETAPS, SAFE and CsiBridge, CSI, 2011
- D. H. Tupe, G.R. Gandhe, S.K.Jangave 2016. Analytical Investigation of Communication Tower under Wind Load, Deogiri Institute of Engineering and Management Studies, International Journal of Civil, Mechanical and Energy Science, 14-19,Hindistan.
- Doğan, M., 2005, Depreme dayanıklı tasarım dersi, 81,84,259,365,366,367,381-389 s,Eskişehir.
- G. Ghodrati Amiri, M. A. Barkhordari, S.R. Massah and M.R. Vafaei, 2007. Earthquake Amplification Factors for Self-supporting 4-legged Telecommunication Towers, Iran University of Science & Technology, World Applied Sciences Journal, 635-643, İran.
- Hugo Hernández-Barrios, David De León-Escobedo & G. Valdés-Vázquez, 2013. Simplified expression to predict the dynamic response of self-supporting towers, Civil Engineering School, Universidad Michoacana de San Nicola's de Hidalgo, Structure and Infrastructure Engineering, 728-739, Meksika.
- H. Merve Tuncer, 2015. Yüksek Yapılarda Yapı Rüzgar Etkileşimi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.

- J.G.S. da Silvaa, P.C.G. da S. Vellasco, S.A.L. de Andradeb,M.I.R. de Oliveira, 2005. Structural Assessment Of Current Steel Design Models For Transmission And Telecommunication Towers, State University of Rio de Janeiro, Journal of Constructional Steel Research, 1108-1134, Brezilya.
- Kasım Armağan K., Asuman Işıl Ç., 2009. Çelik Kule Yapıların Yapı Zemin Etkileşiminin İncelenmesi, Suleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, Isparta.
- Keshav Kr. Sharma, S.K.Duggal, Deepak Kumar Singh and A.K.Sachan 2015. Comparative Analysis Of Steel Telecommunication Tower Subjected To Seismic & Wind Loading, Motilal Nehru National Institute of Technology, International Journal, 13-31, Hindistan.
- Mehmet Kazım D. 2006. Çok Katlı Betonarme Bir Yapının Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi Ve Mod Birleştirme Yöntemine Göre Tasarımı, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Mehmet Emin Ö. Burak Y., Zülfü Çınar U. 2009. Zaman Tanım Alanında Analiz Yöntemi Kullanılarak Binalardaki A3 Düzensizliğinin incelenmesi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 147-155, Isparta.
- Mehmet Sami G. ve Sadri Ş., 2015. Sonlu Elemanlar Yöntemi Hakkında Genel Bilgiler , Ordu Üniversitesi Bilim Teknik Dergi, 55-66, Ordu.
- M. J. Glanville and K. C. S. Kwok ,1996. Wind-induced deflections of fleestanding lattice towers, The University of Sydney, Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 79-91, Avusturalya.
- Onur AVCIOĞLU, 2015. İki Parametrelili Zemine Oturan Betonarme Yapıların Doğrusal Olmayan Hesabı Ve Görsel Tabanlı Bir Bilgisayar Yazılımı, İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Pacific Earthquake Engineering Research (PEER) Center, [http:// peer .berkeley . edu](http://peer.berkeley.edu).
- PatriciaMartín , VivianB.Elena, AcirM.Loredo-Souza, EdithB.Camaño, 2016. Experimental study of the effects of dish antennas on the wind loading of telecommunication towers, Departamento de Estructuras, Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 40-47, Brezilya.
- Pelin GÜRSES, 2012. Yapılara Etki Eden Rüzgar Yüklerinin Eurocode 1-4 Ve Asce 7-05 Standardları Kullanılarak Karşılaştırılması, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul

- P. Harikrishna ,J. Shanmugasundaram, S. Gomathinayagam,N. Lakshmanan, 1999. Analytical And Experimental Studies On The Gust Response Of A 52 M Tall Steel Lattice Tower Under Wind Loading, Structural Engineering Research Centre, Computers and Structures, 149-160, Hindistan.
- P. Harikrishna, A. Annadurai, S. Gomathinayagam, N. Lakshmanan, 2002. Full Scale Measurements Of The Structural Response Of A 50 M Guyed Mast Under Wind Loading, Structural Engineering Research Centre, Engineering Structures, 859-867, Hindistan.
- Rodolfo K. Tessari, Henrique M. Kroetz, André T. Beck 2017. Performance-based design of steel towers subject to wind action, Department of Structural Engineering, University of São Paulo, Engineering Structures, 549-557, Brezilya.
- Şadiye Defne P., Esra Mete G., 2011. Sismik Etkiler Altındaki Telekomünikasyon Kulesinin Yapısal Değerlendirmesi, Gaziantep üniversitesi, Engineering Sciences, 1259-1269, Gaziantep.
- Tuna Secme, 2009. Zaman Tanım Alanında Davranış Spektrumunun İncelenmesi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir.
- TBDY 2018, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ankara.
- TS 498, 1997. Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri, Bakanlık, ANKARA.
- Xing Fu, Hong-Nan Li, Gang Li, 2016. Fragility analysis and estimation of collapse status for transmission tower subjected to wind and rain loads,i Faculty of Infrastructure Engineering, Dalian University of Technology, Structural Safety, 1-10, Çin.
- Yasin M. F., 2008. Türkiye Deprem Yönetmeliği (Dbybhy, 2007)Tasarım İvme Spektrumuna Uygun Gerçek Deprem Kayıtlarının Seçilmesi Ve Ölçeklenmesi, İMO Teknik Dergi, 4423-4444, Kocaeli.
- Zawiyah Abdul R., Arham A., Azlan A., Behzad B., Mohammad R.V., Zubair K. 2012, Seismic Behaviour Of 4-Legged Self-Supporting Telecommunication Towers Considering Earthquake Effects In Malaysia, Faculty of Civil Engineering, Universiti Teknologi Malaysia, Malaysian Journal of Civil Engineering, 118,147, Malezya.

## **ÖZGEÇMİŞ**

Adı Soyadı : Hüseyin Hilmi TAŞ  
Doğum Yeri ve Yılı : Antalya/Serik-1990  
Medeni Hali : Bekar  
Yabancı Dili : İngilizce  
E-posta : h.h.tas07@gmail.com

### **Eğitim Durumu**

Lise : Serik Anadolu Lisesi,2008  
Lisans : SDÜ, İnşaat Mühendisliği Fakültesi