

**T.C.
MANİSA CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**



**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YAPI BİLİM DALI**

**YÜKSEK YAPILARDA SİSMİK İZOLATÖRÜN KULLANIM
ETKİSİ İNCELENMESİ**

Ömer GAZİ

Danışman:

Doç. Dr. Halil NOHUTCU

MANİSA-2024

Ömer
GAZİ

YÜKSEK YAPILARDA SİSMİK İZOLATÖRÜN
KULLANIM ETKİSİ İNCELENMESİ

2024

TAAHHÜTNAME

Bu tezin Manisa Celal Bayar Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalında akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını, tamamen kendi çalışmam olduğunu, her alıntıya kaynak gösterdiğimi, tezin yazımında akademik ve etik kurallara aykırı herhangi bir yapay zeka ve program kullanmadığımı beyan ederim.

ÖMER GAZİ



ÖZET

Yüksek lisans tezi

Ömer GAZİ
Manisa Celal Bayar Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman:
Doç. Dr. Halil NOHUTCU

Bu çalışmada yüksek yapılarda sismik izolatör kullanım etkisi incelenmektedir. Farklı yüksekliklere sahip hastane yapıları hem ankastre mesnetli hem de sismik izolatörlü olarak SAP2000 yazılımı ile modellenmiştir ve TBDY2018 yönetmeliğine göre Mod Birleştirme ve zaman tanımı alanında doğrusal olmayan deprem analizi gerçekleştirilmiştir ve sismik izolatörlü yapılarda yükseklik etkisi incelenmiştir.

Yüksek yapının taşıyıcı sistemi, yüksek betonarme yapılar deprem yüklerine karşı yüksek dayanımını sağlayacak rijit çekirdek sistemi kullanılmıştır. Perde/boşluklu perde ve betonarme çerçevelerinden oluşan sistem seçilmiştir.

Modellenen yapılar 20 metre yüksekliğine sahip 5 katlı yapı, 40 metre yüksekliğine sahip 10 katlı yapı, 72 metre yüksekliğine sahip 18 katlı yapı ve 100 metre yüksekliğine sahip 25 katlı yapıdır, ve böylece 5, 10 katlı yapılar yüksek yapı yönetmeliğine girmemektedir ama bu çalışmada normal yapılar ve sismik izolatörlü yapılar aralarında karşılaştırma yapıldığı için ve izolatör kullanımında yükseklik etkisi incelendiği için bütün yapılarda, modellenen tüm binalarda, aynı deprem analizleri gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışmada **kurşun çekirdekli elastomerik izolatör** tipi seçilmiştir.

Analiz sonuçları, doğal titreşim periyotlarına, kat arası deplasmanlarına, kolonlarda meydana gelen iç kuvvetlere ve taban kesme/reaksiyon kuvvetlerine göre değerlendirilmiştir.

ANAHTAR KELİMELER

Sismik İzolatör, Yüksek Yapı, Elastomerik İzolatör, Mod Birleştirme Yöntemi, Zaman Tanımı Alanı, Deprem Analizi, Doğrusal Olmayan Analiz, Performans Analizi

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

Ömer GAZİ

**Manisa Celal Bayar University
Graduate School of Education
Department of Civil Engineering**

Danışman:

Doç. Dr. Halil NOHUTCU

In this study, seismic isolator usage effect is examined in high structures. Hospital structures with different heights were modeled using SAP2000 software with both normal supported and seismic base isolated case, and according to the TB DY2018 Regulation, non-linear earthquake analysis was performed in both mode merge and Time History methods and height effect was examined in seismic isolated structures.

The structural system of high rise reinforced concrete buildings is selected to be rigid core system To get high resistance of building against earthquake load. This system consists shear walls and concrete column-beam frames.

Modeled buildings are 5-storey building with a height of 20 meters, 10-storey building with a height of 40 meters, 18-storey building with a height of 72 meters and 25-storey building with a height of 100 meters. 5 and 10 storey buildings are not consisted in high-rise building regulation of TSC2018. But in this study to make close comparison between normal supported and seismic base isolated buildings and the changing of seismic isolator effect in high rise building same earthquake analyses will be applied for all buildings.

The seismic isolator type which selected is LRB elastomeric (rubber) isolator type.

The analysis results were evaluated considering periods, storey displacements, columns forces and base shear/axial force.

KEY WORDS

Seismic isolator, High-rise buildings, Elastomeric isolator, Mode Coupling earthquake loads, Time history, earthquake analyses, Nonlinear analyses, Structural earthquake analyses, Performance analyses.

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Bu yüksek lisans tez çalışması sırasında her adımda bana destekte bulunan inşaat mühendisliği yapı anabilim dalı öğretim üyesi danışman hocam Doç.Dr. Halil NOHUTCU, yüksek lisans öğrenimi sırasında katıldığım dersleri veren Prof.Dr. Ali DEMİR, Prof.Dr. Gökhan ALTINTAŞ, Prof.Dr. Erkan DOĞAN, Prof.Dr. Turğul ERDEM, Doç.Dr. BARIŞ YILMAZ ve Doç.Dr. Abdulkerim ERGÜT hocalarıma teşekkürlerimi sunarım.



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	I
ABSTRACT	II
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR.....	III
İÇİNDEKİLER	IV
ŞEKİLLER DİZİNİ	VI
TABLolar DİZİNİ	XI
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Sismik İzolatörler	1
1.1.2. Sismik İzolatör Türleri	4
1.1.3. Sismik İzolatörün Kullanım Alanları.....	7
1.2. Yüksek Yapılar.....	9
1.2.1. Yüksek Yapılarının Kullanım Amacı.....	9
1.2.2. Yüksek Yapının Yapısal Davranışına Etkileyen Faktörler.....	10
2. LİTERATÜR TARAMASI	13
3. MATERYAL VE YÖNTEM	16
3.1. TBDY2018 Yönetmeliğin Esaslarına Göre Yüksek Yapı Tasarımı:	16
3.2. Sap2000 Yazılımı ile Modelleme Ve Yapısal Analizin Gerçekleştirilmesi: .	22
3.2.1. Yapılarının Planı ve 3D Görünüşleri.....	23
3.2.2. Yüklerin Belirlenmesi ve Tanımlanması.....	24
3.2.3. Birinci Aşama Tasarım ve Ön Boyutlandırma.....	25
3.2.4. 2. ve 3. Aşama Tasarım, Değerlendirme ve İyileştirme	35
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	44
4.1. Birinci Tasarım Aşaması İçin Mod Birleştirme Yöntemi ile Deprem Analiz Sonuçları	44
4.1.1. Deplasmanlar	44
4.1.2. Doğal Titreşim Periyotları.....	48
4.1.3. Taban Kesme Kuvvetleri.....	49
4.1.4. Deplasman Farkı	51

4.2. İkinci ve Üçüncü Tasarım Aşamaları İçin Zaman Tanımı Alanında Doğrusal Olmayan Deprem Analiz Sonuçları:.....	53
4.2.1. Yapılarının Mafsallaşma Durumları ve Performans Sonuçları	53
4.2.2. Ankastre Mesnetli ve İzolatörlü Yapılar Arasında Deplasman Farkı	59
4.2.3. Ankastre Mesnetli ve İzolatörlü Yapılarda Taban Kesme Kuvvetleri	69
4.2.4. Ankastre Mesnetli ve İzolatörlü Yapılarda Taban Düşey Reaksiyon Kuvvetleri.....	81
4.2.5. Ankastre Mesnetli ve İzolatörlü Yapıda Kolon Kuvvetleri.....	84
4.2.6. Kocaeli Depremi Çözümlerinden Elde Edilen Zaman-Deplasman, Zaman-Taban Kesme Kuvvetleri, Deplasman-Taban Kesme Kuvvetleri ve kolon eksenel kuvvetleri	87
4.2.7. Mod Birleştirme Yöntemi ve Zaman Tanımı Alanında Deprem Analizi Yöntemlerin Arasında Karşılaştırma.....	104
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	109
6. KAYNAKLAR:	111

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Klasik binalarda ve izolatörlü binalarda kat ötelenmeleri	2
Şekil 2. Yalıtım sistemi, mod şekilleri (Anıl k. Chopra)	3
Şekil 3. Ankastre mesnetli ve izolatörlü binalarda modlar, doğal titreşim periyotları ve taban kesme kuvvetleri (Anıl k. Chopra)	4
Şekil 4. Kurşun çekirdekli elastomerik sismik izolatör	5
Şekil 5. Kurşun çekirdekli elastomerik sismik izolatör iç kesiti	5
Şekil 6. Sürtünmeli sarkaç sismik izolatörü	6
Şekil 7. Sürtünmeli sarkaç izolatör sistemi	6
Şekil 8. Elbistan devlet hastanesinde sismik izolatörün uygulanması	7
Şekil 9. Elbistan devlet hastanesinde uygulanan sismik izolatör	8
Şekil 10. Köprülerde sismik izolatörün uygulanması	8
Şekil 11. Yüksek yapıların kentsel alana verdiği bir manzara	9
Şekil 12. Yüksek yapılara uygun temel (P, Bariker. S, Kolathayar. , 2022).....	11
Şekil 13. Betonarme yüksek yapılara uygun rijit çekirdekli taşıyıcı sistem (UĞUR, 2019)	11
Şekil 14. TBDY2018 bina yükseklik sınıfları	16
Şekil 15. TBDY2018 deprem tasarım sınıfları	17
Şekil 16. TBDY2018 Tablo 14.2	21
Şekil 17. Modelin planı	23
Şekil 18. Modellerinin 3D görünüşleri	23
Şekil 19. TS498 yönetmeliğindeki yer alan Çizelge 5	24
Şekil 20. Birinci tasarım aşaması	26
Şekil 21. sismik izolatörün yerleşimi	35
Şekil 22. DD1 spektrumu ile ölçeklendirilmiş Chichi deprem ivme kaydı	36
Şekil 23. DD1 spektrumu ile ölçeklendirilmiş Elcentro deprem ivme kaydı	37
Şekil 24. DD1 spektrumu ile ölçeklendirilmiş Fruili deprem ivme kaydı	37
Şekil 25. DD1 spektrumu ile ölçeklendirilmiş Hollsiter deprem ivme kaydı	37
Şekil 26. DD1 spektrumu ile ölçeklendirilmiş Imperial Vally deprem ivme kaydı... 38	
Şekil 27. DD1 spektrumu ile ölçeklendirilmiş Kobe deprem ivme kaydı	38
Şekil 28. DD1 spektrumu ile ölçeklendirilmiş Kocaeli deprem ivme kaydı.....	39

Şekil 29. DD1 spektrumu ile ölçeklendirilmiş Lenders deprem ivme kaydı	39
Şekil 30. DD1 spektrumu ile ölçeklendirilmiş Loma Perita deprem ivme kaydı	40
Şekil 31. DD1 spektrumu ile ölçeklendirilmiş Northridge deprem ivme kaydı	40
Şekil 32. DD1 spektrumu ile ölçeklendirilmiş Trinidad deprem ivme kaydı	41
Şekil 33. M3 mafsal özellikleri	41
Şekil 34. P-M2-M3 mafsal özellikleri	42
Şekil 35. V2 mafsal özellikleri	43
Şekil 36. V3 mafsal tanımlama	43
Şekil 37. Mafsal atanması	44
Şekil 38. 5 katlı yapıların görece deplasmanları (kutu içinde)	45
Şekil 39. 10 katlı yapıların görece deplasmanları (kutu içinde)	45
Şekil 40. 18 katlı yapıların görece deplasmanları (kutu içinde)	46
Şekil 41. 25 katlı yapıların görece deplasmanları (kutu içinde)	47
Şekil 42. Doğal titreşim periyotları X yönü	48
Şekil 43. Doğal titreşim periyotları Y yönü	48
Şekil 44. Taban kesme kuvvetleri X yönü	49
Şekil 45. Taban kesme kuvvetleri Y yönü	49
Şekil 46. Deplasman farkları X yönü	51
Şekil 47. Deplasman farkları Y yönü	51
Şekil 48. Yapıların kat adedine bağlı görece deplasmanların ve taban kesme kuvvetlerinin oranları (X yönü)	52
Şekil 49. Yapıların kat adedine bağlı doğal titreşim periyotlarının oranları (X yönü)	52
Şekil 50. 5 katlı ankastre ve sismik izolatörlü binalarının DD1 ve DD3'e göre mafsallaşma durumları	53
Şekil 51. 10 katlı ankastre ve sismik izolatörlü binalarının DD1 ve DD3'e göre mafsallaşma durumları	54
Şekil 52. 18 katlı ankastre ve sismik izolatörlü binalarının DD1 ve DD3'e göre mafsallaşma durumları	55
Şekil 53. 25 katlı ankastre ve sismik izolatörlü binalarının DD1 ve DD3'e göre mafsallaşma durumları	56
Şekil 54. 5 katlı ankastre yapı deplasmanları (d_x)	59

Şekil 55. 5 katlı izolatörlü yapı deplasmanları (d_x).....	60
Şekil 56. 5 katlı ankastre yapı deplasmanları (d_y).....	60
Şekil 57. 5 katlı izolatörlü yapı deplasmanları (d_y).....	61
Şekil 58. 11 deprem ortalaması doğrusal olmayan analiz sonuçları (5 katlı)	61
Şekil 59. 10 katlı ankastre yapı deplasmanları (d_x).....	62
Şekil 60. 10 katlı izolatörlü yapı deplasmanları (d_x).....	62
Şekil 61. 10 katlı ankastre yapı deplasmanları (d_y).....	63
Şekil 62. 10 katlı izolatörlü yapı deplasmanları (d_y).....	63
Şekil 63. 11 deprem ortalaması doğrusal olmayan analiz sonuçları (10 katlı)	64
Şekil 64. 18 katlı ankastre yapı deplasmanları (d_x).....	64
Şekil 65. 18 katlı izolatörlü yapı deplasmanları (d_x).....	65
Şekil 66. 18 katlı ankastre yapı deplasmanları (d_y).....	65
Şekil 67. 18 katlı İzolatörlü yapı deplasmanları (d_y).....	66
Şekil 68. 11 deprem ortalaması doğrusal olmayan analiz sonuçları (18 katlı)	66
Şekil 69. 25 katlı ankastre yapı deplasmanları (d_x).....	67
Şekil 70. 25 katlı izolatörlü yapı deplasmanları (d_x).....	67
Şekil 71. 25 katlı ankastre yapı deplasmanları (d_y).....	68
Şekil 72. 25 katlı izolatörlü yapı deplasmanları (d_y).....	68
Şekil 73. 11 deprem ortalaması doğrusal olmayan analiz sonuçları (25 katlı)	69
Şekil 74. 5 katlı ankastre yapı taban kesme kuvveti (V_x)	70
Şekil 75. 5 katlı izolatörlü yapı taban kesme kuvveti (V_x)	70
Şekil 76. 5 katlı ankastre yapı taban kesme kuvveti (V_y)	71
Şekil 77. 5 katlı izolatörlü yapı taban kesme kuvveti (V_y)	71
Şekil 78. 10 katlı ankastre yapı taban kesme kuvveti (V_x)	72
Şekil 79. 10 katlı izolatörlü yapı taban kesme kuvveti (V_x)	72
Şekil 80. 10 katlı ankastre yapı taban kesme kuvveti (V_y)	73
Şekil 81. 10 katlı izolatörlü yapı taban kesme kuvveti (V_y)	73
Şekil 82. 18 katlı ankastre yapı taban kesme kuvveti (V_x)	74
Şekil 83. 18 katlı izolatörlü yapı taban kesme kuvveti (V_x)	74
Şekil 84. 18 katlı ankastre yapı taban kesme kuvveti (V_y)	75
Şekil 85. 18 katlı izolatörlü yapı taban kesme kuvveti (V_y)	75
Şekil 86. 25 katlı ankastre yapı taban kesme kuvveti (V_x)	76

Şekil 87. 25 katlı izolatörlü yapı taban kesme kuvveti (V_x)	76
Şekil 88. 25 katlı ankastre yapı taban kesme kuvveti (V_y)	77
Şekil 89. 25 katlı izolatörlü yapı taban kesme kuvveti (V_y)	77
Şekil 90. Taban kesme kuvvetleri / yapının toplam ağırlığı (V_x/W)	80
Şekil 91. Taban kesme kuvvetleri / yapının toplam ağırlığı (V_y/W)	80
Şekil 92. Taban eksenel reaksiyon kuvvetleri için seçilen nokta	81
Şekil 93. Sonuçların karşılaştırılması için seçilen kolon	84
Şekil 94. 5 Katlı ankastre ve sismik izolatörlü binalarda kolon kuvvetleri	85
Şekil 95. 10 Katlı ankastre ve sismik izolatörlü binalarda kolon kuvvetleri	86
Şekil 96. 18 Katlı ankastre ve sismik izolatörlü binalarda kolon kuvvetleri	86
Şekil 97. 25 Katlı ankastre ve sismik izolatörlü binalarda kolon kuvvetleri	87
Şekil 98. DD1-Kocaeli deplasman grafiği, 5 kat, x yönü	88
Şekil 99. DD1-Kocaeli deplasman grafiği, 10 kat, x yönü	89
Şekil 100. DD1-Kocaeli deplasman grafiği, 10 kat, x yönü	90
Şekil 101. DD1-Kocaeli deplasman grafiği, 10 kat, x yönü	91
Şekil 102. DD1-Kocaeli taban kesme kuvveti grafiği, 5 kat, x yönü	92
Şekil 103. DD1-Kocaeli taban kesme kuvveti grafiği, 10 kat, x yönü	93
Şekil 104. DD1-Kocaeli taban kesme kuvveti grafiği, 18 kat, x yönü	94
Şekil 105. DD1-Kocaeli taban kesme kuvveti grafiği, 25 kat, x yönü	95
Şekil 106. DD1-Kocaeli taban kesme kuvveti-deplasman grafiği, 5 kat, $V_x - D_x$	96
Şekil 107. DD1-Kocaeli taban kesme kuvveti-deplasman grafiği, 10 kat, $V_x - D_x$	97
Şekil 108. DD1-Kocaeli taban kesme kuvveti-deplasman grafiği, 18 kat, $V_x - D_x$	98
Şekil 109. DD1-Kocaeli taban kesme kuvveti-deplasman grafiği, 25 kat, $V_x - D_x$	99
Şekil 110. DD1-Kocaeli kolon eksenel kuvveti, 5 kat.	100
Şekil 111. DD1-Kocaeli kolon eksenel kuvveti, 10 kat.	101
Şekil 112. DD1-Kocaeli kolon eksenel kuvveti, 18 kat.	102
Şekil 113. DD1-Kocaeli kolon eksenel kuvveti, 25 kat.	103
Şekil 114. Yapıların kat adedine bağlı göreceli deplasmanların ve taban kesme kuvvetlerinin oranları (X yönü)	104
Şekil 115. Deplasmanların karşılaştırılması, Mod Birleştirme ve Time History yöntemleri, 5 kat.	105

Şekil 116. Deplasmanların karşılaştırılması, Mod Birleştirme ve Time History yöntemleri, 10 kat.....	105
Şekil 117. Deplasmanların karşılaştırılması, Mod Birleştirme ve Time History yöntemleri, 18 kat.....	106
Şekil 118. Deplasmanların karşılaştırılması, Mod Birleştirme ve Time History yöntemleri, 25 kat.....	106
Şekil 119. Taban kesme kuvvetlerin karşılaştırılması, Mod Birleştirme ve Time History yöntemleri, ankastre	107
Şekil 120. Taban kesme kuvvetlerin karşılaştırılması, Mod Birleştirme ve Time History yöntemleri, izolatörlü	107



TABLÖLER DİZİNİ

Tablo 1. Deprem verileri	24
Tablo 2. Birinci tasarım aşaması. Elemanların ön boyutlandırılması	25
Tablo 3. Kullanılan izolatörün kauçuk ve kurşun malzeme özellikleri	26
Tablo 4. 5 katlı yapı için izolatör parametreleri	27
Tablo 5. 10 Katlı Yapının İzolatör Değerleri (birimler N, mm. Mpa cinsinden).....	29
Tablo 6. 18 katlı yapı için izolatör parametreleri	31
Tablo 7. 25 katlı yapı için izolatör parametreleri	33
Tablo 8. Deprem ivme kayıtları.	36
Tablo 9. Hasar bölgesi oranları (KK: Kesintisiz Kullanım, SH: Sınırlı Hasar, BH: Belirgin Hasar, İH: İleri Hasar KH: Kontrollü Hasar)	58
Tablo 10. deplasmanlara göre performans düzeyleri (KK: Kesintisiz Kullanım, SH: Sınırlı Hasar, KH: Kontrollü Hasar)	58
Tablo 11. Performans sonuçları	59
Tablo 12. Taban kesme kuvvetleri, Time History, 5 katlı	78
Tablo 13. Taban kesme kuvvetleri, Time History, 10 katlı	78
Tablo 14. Taban kesme kuvvetleri, Time History, 18 katlı	79
Tablo 15. Taban kesme kuvvetleri, Time History, 25 katlı	79
Tablo 16. Taban eksenel kuvvetleri, Time History, 5 katlı.....	82
Tablo 17. Taban eksenel kuvvetleri, Time History, 10 katlı.....	82
Tablo 18. Taban eksenel kuvvetleri, Time History, 18 katlı.....	83
Tablo 19. Taban eksenel kuvvetleri, Time History, 25 katlı.....	83

1. GİRİŞ

Bir binanın yapısal davranışına etkileyen en önemli yük deprem yüküdür. İnşaat mühendisliği bilimi binanın yapısal elemanlarında hasar oluşmayacak şekilde deprem enerjisini tüketmesini sağlayacak yöntemler geliştirmektedir. Bu yöntemlerin amacı taban kesme kuvvetleri ve katlar arasındaki göreceli deplasmanları azaltmaktır. Deprem yükünden kaynaklanan enerjinin tüketilmesi için betonarme binalarda yatay rijitliğin artırılması için perde uygulanabilir. Çünkü perdeler yatay ötelenmeleri azaltır ve deprem etkilerinin özellikle yatay yükü çoğu perde tarafından karşılanır. Fakat perdeler de deprem yükünü arttırmaktadır. Ayrıca deprem yükü sönmek için sismik sönmeyiciler uygulanabilir. Sismik taban izolatörler deprem enerjisini büyük bir kısmını karşılayarak yapıyı depremden izole eder dolayısıyla deprem etkilerinden can ve mal varlığının korunmasını sağlayacak en güvenli yöntemlerden biri yapılarda sismik izolatörü uygulanmasıdır.

Yüksek yapılar deprem dayanıklılığı açısından normal yapılardan farklı davranır ve TBDY2018 yönetmeliğine göre 3 aşama ile tasarlanır ve deprem yükünün karşılanmasında outrigger sistemleri gibi çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bu çalışmada normal yapılarda uygulanan sismik izolatör sistemleri yüksek yapılarda da uygulanıp etkisi incelenecektir.

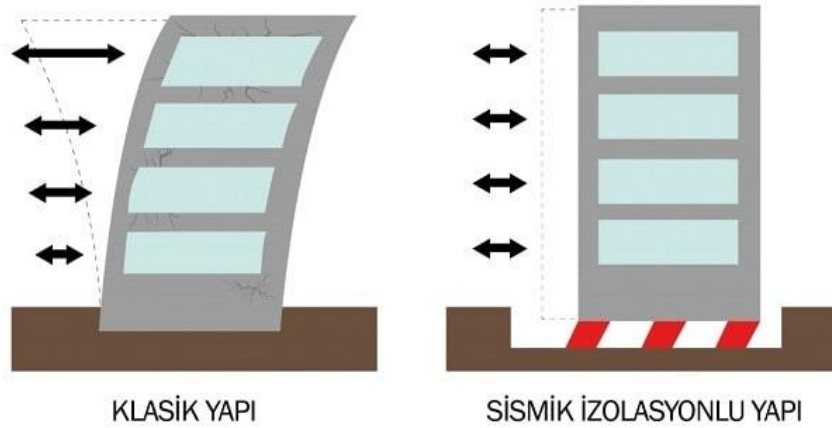
1.1. Sismik İzolatörler

Türkiye’de yıllar boyunca yaşanan orta ve büyük ölçekteki depremler can ve mal kaybına sebep olmaktadır. Bu kayıpları önlemenin en iyi yolu sismik izolatörü kullanımıdır. Sismik izolatör deprem enerjisinin taşıyıcı elemanlarda tüketilmesini etkili bir oranda engeller. Bir binada sismik izolatör kullanımı doğal titreşim periyotlarını artırır, kat arası deplasmanları ve taban kesme kuvvetleri azaltmaktır. Dolayısıyla bina normal yapılara göre deprem esnasında daha iyi performans sergiler ve daha çok güvenli olur. Sismik izolatör günümüzde çoğunlukla deprem sonrası hemen kullanılacak binalarda uygulanmaktadır.

1.1.1. Sismik İzolatörlerin Kullanım Amacı

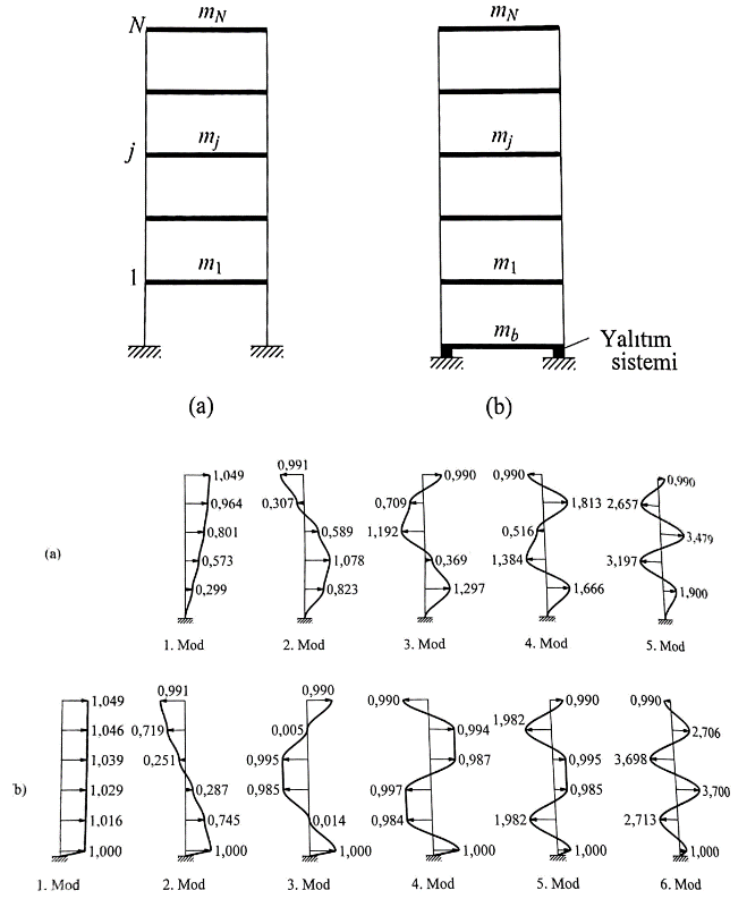
“Deprem yalıtımının ana amacı, binanın taşıyıcı sistemine etki eden deprem kuvvetlerinin azaltılmasıdır. Bu amaçla, yalıtılmış binanın doğal titreşim periyodunun uzatılması ve/veya enerji tüketme kapasitesinin artırılması gereklidir” (TBDY2018).

Depremlerde bir binanın yatay hareketi ardından oluşan aşırı deplasmanlar yapısal elemanlarda hasarın oluşmasına yol açar. Deprem meydana getirdiği yatay deplasmanlar depremin şiddetine ve süresine bağlı olarak yapısal elemanları (özellikle kolonlar) zorlar ve yapısal elemanlardaki yer değiştirmeler artar. Deprem ivmeleri yatay yer değiştirme oluşturur ve ivmeler oluşturduğu yatay yer değiştirmelerinde de artış sağlar. Yatay yer değiştirmede artış, kolonları zorlayan yatay kesme kuvvetinde de artış demektir ve bu yükler titreşimden olduğu için dinamik rezonans şeklinde yüklenmesinden dolayı kolonlara verdiği etki statik yüklere göre daha kritik olmaktadır. Hasardan kaçınmak için, depreme dayanıklı yapı tasarımı araştırmaları ve geliştirmelerinde depremden meydana gelecek deplasmanları mümkün olabileceği kadar küçük tutmak gereklidir. Literatür taraması sonucunda aşağıdaki anlatılan çalışmalar ve araştırmalara göre bir yapının depreme karşı davranışında göreceli deplasmanları azaltacak en iyi sistemlerden biri sismik izolasyon sistemidir.



Şekil 1. Klasik binalarda ve izolatörlü binalarda kat ötelenmeleri

Hilmi Luş tarafından çevirilen ‘Anıl K. Chopra’nın yazdığı ‘Yapı dinamiği’ kitabında 21’inci bölümünde (sayfa 822), Sismik Taban Yalıtımlı binalarının deprem dinamiği bir uygulama üzerinden anlatılmıştır ve uygulamanın sonuçları aşağıdaki şekiller ile açıklanmıştır.



Şekil 2. Yalıtım sistemi, mod şekilleri (Anıl k. Chopra)

Yalıtımsız Bina			Yalıtımlı Bina		
Mod	T_{nf} (s)	ζ_{nf} (%)	Mod	T_n (s)	ζ_n (%)
1	0,400	2,00	1	2,030	9,58
2	0,137	5,84	2	0,217	5,64
3	0,087	9,20	3	0,114	7,87
4	0,068	11,8	4	0,080	10,3
5	0,059	13,5	5	0,066	12,3
			6	0,059	13,6

Yalıtımsız Bina				Yalıtımlı Bina			
Mod	A_n/g	V_{bn}^{st}/m	V_b/W	Mod	A_n/g	V_{bn}^{st}/m	V_b/W
1	1,830	4,398	1,609	1	0,359	5,028	0,361
2	1,272	0,436	0,111	2	1,291	-0,021	-0,005
3	0,859	0,121	0,021	3	1,058	-0,005	-0,001
4	0,700	0,038	0,005	4	0,792	-0,002	-0,000
5	0,638	0,008	0,001	5	0,682	-0,0005	-0,000
				6	0,635	-0,0001	-0,000
KTk			1,613	KTk			0,361

Şekil 3. Ankastre mesnetli ve izolatörlü binalarda modlar, doğal titreşim periyotları ve taban kesme kuvvetleri (Anıl k. Chopra)

Şekillerde gösterildiği gibi uygulamadan elde edilen sonuçlara göre taban yalıtımlı binalarda doğal titreşim periyotları artar, kat arası deplasmanları ve taban kesme kuvvetleri azalır.

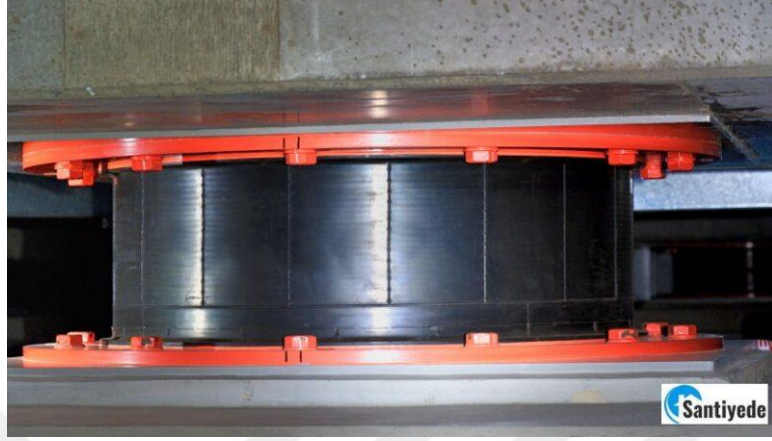
1.1.2. Sismik İzolatör Türleri

Her bir izolatörün türü farklı bir yapı ve mekanik davranışına sahiptir. Sismik izolatörlerin çok çeşitli türleri bulunmaktadır ancak iki ana türü bulunmaktadır kauçuk esaslı izolatörü ve sürtünmeli sarkaç izolatörü.

1-Kauçuk esaslı izolatör:

Kauçuk esaslı izolatörler, çelik plakalarla desteklenmiş elastomer tabakalarından oluşmaktadır. Bu izolatörü oluşturan kauçuk ve çelik tabakalar dairesel ve dikdörtgen olabilir. İç çapsız ya da iç çaplı da olabilir (halka). İç çap kurşun çekirdekli izolatörlerde kurşun çekirdek çapı olur. İzolatörün geometrisi, kalınlığı ve dış/iç çapları ile onu oluşturan elastomer tabakalarının kalınlıkları ve kauçuk malzemesinin özellikleri izolatörün düşey ve yatay rijitliğini belirleyen

parametrelerdir. Ayrıca kauçuk esaslı izolatörlerin yüksek enerji tüketimi ve sönümü açısından en iyi türü yüksek sönümlü elastomer esaslı izolatör.



Şekil 4. Kurşun çekirdekli elastomerik sismik izolatör



Şekil 5. Kurşun çekirdekli elastomerik sismik izolatör iç kesiti

2-Sürtünmeli sarkaç izolatör:

Özel sürtünme yüzeylerine sahip Küresel içbükey yüzeyi, küresel mafsallık ve küresel kayıcı birimden oluşur ve koruyucu silindirik halka ve sızdırmazlık contası ile

çerçeveselir. Bu izolatör deprem enerjisini küresel kayıcı birim içbükey yüzeyine sürtünerek tüketir ve böylece taşıyıcı elemanlarda kesme kuvvetini azaltır ve yapının periyodunu yükselir.



Şekil 6. Sürtünmeli sarkaç sismik izolatörü



Şekil 7. Sürtünmeli sarkaç izolatör sistemi

1.1.3. Sismik İzolatörün Kullanım Alanları

Çoğunlukla Sismik izolatör deprem sonrasında hemen kullanılacak ya da başka bir deyişle kesintisiz kullanım performans hedefi sağlanması istendiği binalarda kullanılması öngörülür. Sismik izolatörün çoğunlukla kullanıldığı bazı tesisler:

- A-Hastaneler
- B-Köprüler
- C-Enerji üretim tesisleri
- D-İlk yardım merkezleri
- E-Acil durum merkezleri



Şekil 8. Elbistan devlet hastanesinde sismik izolatörün uygulanması



Şekil 9. Elbistan devlet hastanesinde uygulanan sismik izolatör



Şekil 10. Köprülerde sismik izolatörüm uygulanması

1.2. Yüksek Yapılar

1.2.1. Yüksek Yapıların Kullanım Amacı

Büyük şehirlerde hızlı artan kentsel alanlar yer kısıtlılığı oluşması ve kentsel alanlar yatayda genişlediğinde yeşil araziler kaybedilmesi problemleri yüksek yapıların kullanılması ile çözülebilmektedir. Ayrıca nüfus artışı sorunlarının çözümlenmesine yönelik iyi bir katkıya sahiptir.

Yüksek yapılar arazi değerlendirmesinde oldukça avantajlı bir çözümdür. Hem araziye mesken ve ticari amaçlar için en ekonomik şekilde kullanmamızı sağlar, hem de tarımsal arazi alanlarını korur. Dikey yapılar, daha fazla alan sağlayarak kent merkezlerindeki alt yapı ve diğer tesislerin kullanımını optimize eder. Yüksek yapılar şehirlere güzel bir Görüntü verir ve şehir simgelemesi amacı ile de kullanılabilir. Yüksek yapılar turizm amaçları ile kullanılabilir. Örneğin: yüksek yapılarda bulunan muhteşem manzaralı oteller ve restorasyonlar turistler tarafından sık sık kullanılan tesislerdir. Yüksek yapılar ticari avantajları sağlamaktadır. Büyük ve uluslararası firmalar ve markalar faaliyetlerini artırmak için yüksek yapılarda ofis ve mağaza açmaktadırlar.



Şekil 11. Yüksek yapıların kentsel alana verdiği bir manzara

1.2.2. Yüksek Yapının Yapısal Davranışına Etkileyen Faktörler

Kullanılan malzemeler ve inşaat teknikleri:

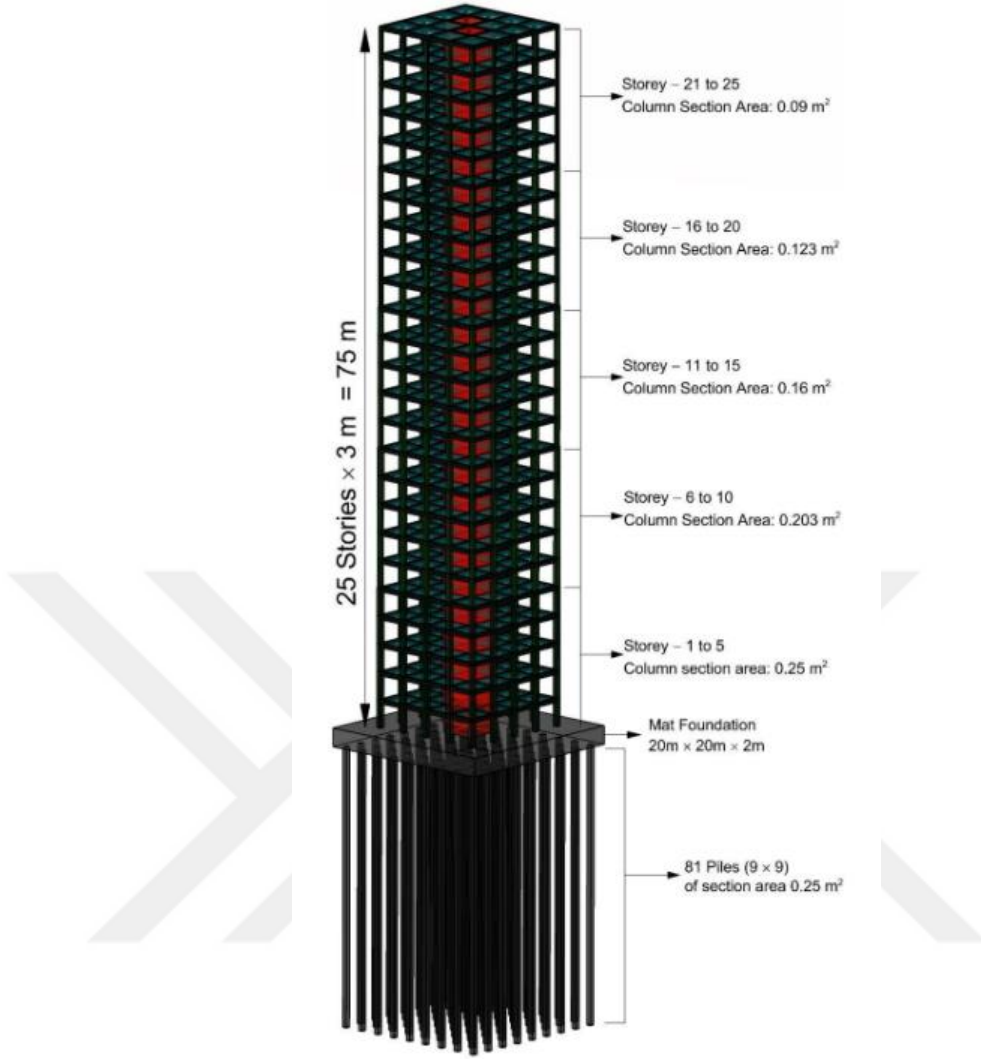
Yüksek yapılarda kaliteli beton ve çelik sınıfları kullanımı, inşaat esnasında yapıya olumsuz etkileyecek faktörleri önlemek için kimyasal katkıları eklenmesi, kaliteli imalat, kaliteli kalıp, iskele sistemleri kullanılması ve yapıyı belirli ve düzenli bir zaman planı içerisinde inşa edilmesi yapının davranışını etkileyen önemli faktörlerdir.

Taşıyıcı sistem seçimi:

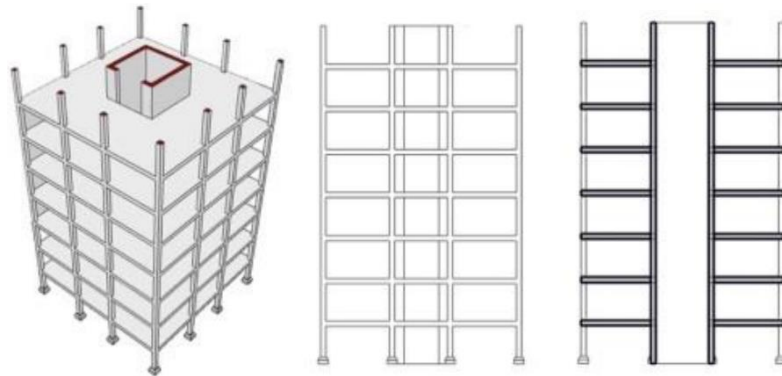
Yüksek yapıların sismik etkiye karşı en iyi şekilde tasarlanmaları gerekir. Taşıyıcı elemanların kesme kuvvetlerinin ve burulma/eğilme momentlerinin karşılanmasında iyi bir mukavemete sahip olması gerekir ve bunu gerçekleştirmek için kaliteli malzeme kullanımı yanında statik olarak uygun, simetrik, geometrik elemanlar içermelidir (perdeli, çaprazlı vs...). Örneğin betonarme yüksek yapılarda U ve L perdeleri kullanılır ve yapının taşıyıcı sisteminde rijit çekirdek oluşturur ve kat arası deplasmanları azaltır.

Zemin ve temel:

Yüksek yapılar iyi bir zemin sınıfına sahip bir arazi üzerinde inşa edilmelidir. Depremde, zemin periyodunun binanın periyodundan düşük olması gerekir. Eğer kötü bir zemin sınıfına sahip bir arazi üzerinden inşa edilecekse bu zemin iyileştirme işlemleri yapılması gerekir. Yüksek yapılarda yapının yüksekliğine bağlı olarak birden fazla bodrum katı yapılmalı ve kazık temel kullanılmalıdır.



Şekil 12. Yüksek yapılara uygun temel (P, Bariker. S, Kolathayar. , 2022)



Şekil 13. Betonarme yüksek yapılara uygun rijit çekirdekli taşıyıcı sistem (UĞUR, 2019)

Bu tez çalışmasında yüksek yapılarda sismik izolatör kullanım etkisi ve yapının yüksekliğine bağlı olarak izolatör kullanım etkisi incelenecektir. Farklı yüksekliklere ve aynı taşıyıcı sistemine sahip 5, 10, 18 ve 25 katlı binalar, SAP2000 yazılımı ile modellenmiş ve deprem etkileri değerlendirilmiştir



2. LİTERATÜR TARAMASI

Özkan. A. M., Gürsoy. Ş., Garip. Z. Ş., 2023 yılında yaptıkları “Zemin kat yüksekliği ve kat adedi farklı olan betonarme binalarda sismik izolatör kullanımının bina davranışına etkisinin incelenmesi” makalesinde farklı kat adedi ve kat alanına sahip ankastre ve sismik izolatörlü betonarme binalarda zemin kat yüksekliğindeki artışın yapısal davranışa etkisi incelenmiştir ve çalışmanın sonuçlarına göre binanın zemin kat yüksekliğinin artmasıyla meydana gelecek yumuşak kat gibi olumsuz etkiler sismik izolatör kullanımı ile çözülebilir. Ayrıca binada izolatör kullanımı kat ötelenmeleri önemli bir ölçüde azalttığını belirlemektedir.

Özer. E., İnel. M., 2021 yılında yaptığı “Sismik izolatörlerin betonarme konut binasının performansı üzerindeki etkileri” yayında ankastre mesnetli ve taban izolatörlü yapılarının davranışı karşılaştırılmıştır ve bu çalışmanın sonuçlarına göre sismik izolatörlü sistemler deprem etkilerini azaltmakta iyi ve güvenli bir sistemi olduğu izlenmiştir.

Sütçü, F., 2020 yılında yaptığı “Yüksek Sönümlü, Normal Elastomerik, Normal ve Pendumlu Sürtünmeli İzolatörleri Arasında Performans Karşılaştırma” tez çalışmasında çeşitli izolatör türünü kullanarak zaman tanım alanında doğrusal olmayan deprem analizi yapmıştır. Çalışmadan elde edilen sonuçlar tüm izolatör türlerinin deprem etkisini iyi bir derecede azalttığını açıklamıştır.

Yaşarer. D., 2019 yılında yaptığı “Yüksek Yapılar Tasarımında Gelişmeler” tez çalışmasında yüksek yapı üzerinde doğrusal olmayan zaman tanım alanında deprem analizi gerçekleştirilmiştir ve çalışmanın sonucuna göre görelî kat ötelenmelerine göre yüksek yapıların davranışı normal yapıların davranışından farklıdır ve görelî kat ötelenmelerinde dalgalanmaları bulunuyor. Ayrıca deprem davranışı açısından yüksek yapılar normal yapılardan farklılık gösteriyor ve doğru tahmin edilebilmesi için deprem analizi doğrusal zaman tanımı alanında yapılmalı ve gerçek deprem ivmeleri kullanılmalıdır.

Türk. H.A., 2019 Yılında yaptığı “Çok Katlı Betonarme Yapılarda Farklı Sismik İzolatör Sistemlerin ve Kat Adedinin Deprem Davranışına Etkisi” tez çalışmasında ankastre mesnetli, kauçuk izolatörlü ve sürtünmeli sarkaç izolatörlü 6,12

ve 18 katlı yapı modellendi ve Kocaeli deprem ivmelerini kullanarak nonlinear modal analiz gerçekleştirilmiştir ve çalışmanın sonucunda sismik izolatörlü yapılarda doğal titreşim periyotları daha yüksek olduğundan deprem açısından daha emniyetli olduğu belirlendi ve kauçuk izolatörler sürtünmeli sarkaç izolatörlerine göre gösterdiği performans sonuçlarından periyot ve kat ötelenmeleri açısından daha etkili görülmüştür. Ayrıca yüksek betonarme yapılarda rijit çekirdek sisteminin kullanılması ön görülmektedir ve betonarme perdeleri içeren sismik izolatörlü yapılarda periyotlar perde içermeyen çerçeveli sistemlerinin periyotlarından az olup yüksek yapıların periyotları zaten yüksek olduğu için sismik izolatörün kullanılması istenmemektedir.

Nadirpor. H., Naji. N., Burackji. D., Jankowski. R., 2019 Yılında yaptığı “Seismic Reponsa of High-Rise Buildings Equipped with Base Isolation and Non-Traditional Tuned Mass Dampers” yayında Farklı yükseklikli yapı için sismik izolasyon sistemi ve enerji sönümleyici sistemleri kullanılmıştır ve doğrusal olmayan zaman tanım alanında deprem analizi gerçekleştirilmiştir ve çalışmanın sonucuna göre Sönümleyiciler deprem etkisini yüzde yirmi oranı ile azaltırken Sismik izolatörlü binalarda yüzde yetmiş oranı ile azalttığını görülmüştür.

Rakshith. K. J., Spandana. B, Ganesh. M., 2017 yılında. “Ankastre Mesnetli ve Sismik İzolatörlü Betonarme Yapılar Performans Karşılaştırılması” yayınlarında, Sismik izolatörlerin kullanımının en önemli etkilerinden bazıları kat ivmeleri, kat arası sürtünmeler, kat arası deplasmanları ve taban kesme kuvvetleri azaltmak olduğunu göstermiştir.

Pehlivan. H. İ., 2010 yılında yaptığı “Yüksek Yapılar Yatay Yük Analizi” tez çalışmasında Çeşitli taşıyıcı sistemi üzerinde rüzgâr ve deprem yükü analizi gerçekleştirilmiştir ve çalışmanın sonucunda Yüksek yapılarının taşıyıcı sistemi tasarımında yapının yüksekliği ile rüzgâr ve deprem yükleri arttıkça, yatay yükleri taşıyacak özel sistemler seçmek gerekir. Bu sistemlerden rijit çerçeve sistemi orta yükseklikteki ve alçak yapılar için uygundur. Yapı yüksekliği arttıkça rijit çerçeve, çapraz bağlarla güçlendirilmeli veya rijit çekirdeklerle desteklenmelidir. En uygun yüksek yapı taşıyıcı sistemlerinden biri yanıl kuvvetleri karşılamada yapının çevresinden de yararlanılan tüp sistemler olarak belirlenmiştir.

Gökhan. E., 2009 Yılında yaptığı “Betonarme Yapılarda İzolatör Kullanımının Taşıyıcı Sistem Davranışına Etkileri” tez çalışmasında ankastre ve sismik izolatörlü yapıları için deprem analizi gerçekleştirilmiştir ve çalışmanın sonucuna göre zaman tanım alanında deprem analizi yapıldığında sismik izolatörlü yapının periyodu ankastre mesnetli yapının periyodundan 4 kat büyük olup 1 modun kütle katılım oranı ankastre mesnetli yapılarında yüzde 62 iken izolatörlü yapılarda yüzde 99 olmaktadır. Ayrıca ankastre mesnetli yapılarında temelden üst katlara gidildikçe kat arası deplasmanları ve ivmeler yükselirken sismik izolatörlü yapılarda çok düşük olmaktadır. İzolatörlü yapılarda deprem yüklerinden meydana gelen taban kesme kuvvetleri yüzde 70 oranı ile azalmaktadır.

Işık. M., 2008 yılında yaptığı “Çok Katlı Betonarme Yapılarda Taşıyıcı Sistem Etkisi” tez çalışmasında farklı taşıyıcı sistemine sahip yüksek betonarme yapıda deprem ve rüzgâr analizi yapılmıştır ve çalışmanın sonucuna göre yüksek betonarme yapılarının planı simetrik ve geometrik olması rijitlik açısından büyük bir önemi taşır. Ayrıca yüksek yapılar yatay yüklere karşı yüksek mukavemete ve rijitliğine sahip olması için rijit çekirdek ve tüp sistemleri kullanılması önerildi (İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).

Urgu. İ., 2006 yılında yaptığı “Sismik İzolasyonlu Yapıların Tasarımı” tez çalışmasının sonuçlarında Sismik izolatörü yapılarının doğal titreşim periyotları 2-3 saniye mertebelerinde olmaktadır. Dolayısıyla yüksek yapılarda sismik izolatör kullanımı avantaj sağlamadığına ve incelenen deneysel çalışmalara göre gerçek deprem kayıtlarına dayalı olarak tasarlanmış sismik izolatörün etkili bir sonuç verdiğine değinmiştir. Ayrıca izolasyon sistemi yapıların sismik davranışında taban kesme kuvvetlerinin azalmasını sağladığını görüldü (Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).

Özpalanlar. C. G., 2004 yılında yaptığı “Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımında Sismik İzolasyon ve Enerji Sönümleyici Sistemler” tez çalışmasında sismik izolatörlü ve sönümleme sistemleri bulunduğu yapılarının sismik davranışı incelenmiştir. Tez çalışmasının sonuçları, sismik izolasyon sistemi ve enerji sönümleyiciler yapılarının depreme karşı sönümlemede en etkili araçlar olduklarını göstermektedir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. TBDY2018 Yönetmeliğin Esaslarına Göre Yüksek Yapı Tasarımı:

Yönetmeliğin 3.3.1’de verilen Yükseklik tanımı esas alınarak aşağıdaki tablo (TBDY2018 Tablo 3.3)’e göre (a), (b), (c) de belirtilen binalar yüksek bina olarak tanımlanır ve $BYS=1$ olarak sınıflandırılır:

- a. $DTS=1$, 1a, 2 ve 2a için yüksekliği $H_N > 70$ m olan binalar;
- b. $DTS=3$, 3a, için yüksekliği $H_N > 95$ m olan binalar;
- c. $DTS=4$, 4a, için yüksekliği $H_N > 105$ m olan binalar.

TBDY2018 yönetmeliğindeki Tablo 3.3-Bina Yükseklik Sınıfları ve deprem tasarım sınıflarına göre tanımlanan bina yükseklik aralıklarını gösterir.

Tablo 3.3 – Bina Yükseklik Sınıfları ve Deprem Tasarım Sınıflarına Göre Tanımlanan Bina Yükseklik Aralıkları

Bina Yükseklik Sınıfı	Bina Yükseklik Sınıfları ve Deprem Tasarım Sınıflarına Göre Tanımlanan Bina Yükseklik Aralıkları [m]		
	$DTS = 1, 1a, 2, 2a$	$DTS = 3, 3a$	$DTS = 4, 4a$
$BYS = 1$	$H_N > 70$	$H_N > 91$	$H_N > 105$
$BYS = 2$	$56 < H_N \leq 70$	$70 < H_N \leq 91$	$91 < H_N \leq 105$
$BYS = 3$	$42 < H_N \leq 56$	$56 < H_N \leq 70$	$56 < H_N \leq 91$
$BYS = 4$	$28 < H_N \leq 42$	$42 < H_N \leq 56$	
$BYS = 5$	$17.5 < H_N \leq 28$	$28 < H_N \leq 42$	
$BYS = 6$	$10.5 < H_N \leq 17.5$	$17.5 < H_N \leq 28$	
$BYS = 7$	$7 < H_N \leq 10.5$	$10.5 < H_N \leq 17.5$	
$BYS = 8$	$H_N \leq 7$	$H_N \leq 10.5$	

Şekil 14. TBDY2018 bina yükseklik sınıfları

Burada ‘DTS’ Deprem Tasarım Sınıfları olup TBDY2018 yönetmeliğindeki Tablo 3.2’ de yer almaktadır.

Tablo 3.2 – Deprem Tasarım Sınıfları (DTS)		
DD-2 Deprem Yer Hareketi Düzeyinde Kısa Periyot Tasarım Spektral İvme Katsayısı (S_{DS})	Bina Kullanım Sınıfı	
	BKS = 1	BKS = 2, 3
$S_{DS} < 0.33$	DTS = 4a	DTS = 4
$0.33 \leq S_{DS} < 0.50$	DTS = 3a	DTS = 3
$0.50 \leq S_{DS} < 0.75$	DTS = 2a	DTS = 2
$0.75 \leq S_{DS}$	DTS = 1a	DTS = 1

Şekil 15. TBDY2018 deprem tasarım sınıfları

Bu tez çalışmasında analizi gerçekleştirilecek olan hastane binalarının Kullanım Sınıfı BKS=1 olmaktadır. Ayrıca, deprem verilerinde DD-2 için $S_{DS}=1.198$ ve buna göre deprem tasarım sınıfları DTS=1a olarak alınır.

SAP2000 yazılımı ile modellenecek yapılarının yükseklikleri:

5 kat: $H_N=20$ m,

10 kat: $H_N=40$ m,

18 kat: $H_N=72$ m,

25 kat: $H_N=100$ m,

TBDY2018 yönetmeliğindeki Tablo.3.3' ya Baktığımızda;

5 Katlı yapının BYS=5, 10 katlı yapının BYS=4, 18 ve 25 katlı yapılarının BYS=1 olduğu görülmektedir. Sonuç olarak 18 ve 25 katlı yapılar TBDY2018 Yönetmeliğindeki 13. bölümün 'Yüksek yapı yönetmeliği' kapsamına girmiş olup tasarım aşamaları buna göre yapılmaktadır. Dolayısıyla bu çalışma da ankastre mesnetli ve izolatörlü yapıların arasında yüksekliğine bağlı deprem etkilerini karşılaştırmak adına tüm yapılar için aynı tasarım aşamaları uygulanacak.

TBDY2018 13.1.3'e göre yüksek bina taşıyıcı sistemleri TBDY2018 13.1.5'te tanımlanan taşıyıcı sistemleri hariç olmak üzere TBDY2018 Bölüm 4, Bölüm 7, Bölüm 8 ve/veya Bölüm 9' de verilen tanımlara göre süneklik düzeyi yüksek sistem olarak düzenlenecektir. Süneklik düzeyi sınırlı ve süneklik düzeni karma diğer sistemlere izin verilmez.

TBDY2018, 13.1.4'ye göre yüksek bina taşıyıcı sistemleri Tablo 4.1'de A12, A13, A14, A15, B12, B13 simgeleri ile tanımlanan süneklik düzeyi yüksek betonarme veya C12, C14, C15 simgeleri ile tanımlanan süneklik düzeyi karma betonarme ve çelik taşıyıcı sistemler de kullanılabilir.

Buna göre bu çalışmadaki 18 ve 25 katlı binalar yüksek yapı kapsamına girdiği için yönetmeliğin, çalışmadaki tüm yapılar için seçilen taşıyıcı sistem simgesi ile tanımlanan A14, 'Deprem etkilerinin moment aktaran süneklik düzeyi yüksek betonarme çerçeveler ile süneklik düzeyi yüksek bağ kirişli boşluklu betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar' kuralına göre taşıyıcı sistemleri süneklik düzeyi yüksek olması gerekip bina yükseklik sınıfı $BYS=1$ alınmıştır. Ayrıca yüksek betonarme yapılarda literatüre göre rijit çekirdek sistemi kullanılması önerildiği için kullanılacak. TBDY2018 13.1.6, 13.1.7'ye göre yüksek yapılarda kullanılan betonarme perde kalınlığı 300 mm'den az olmayacak ve betonarme taşıyıcı sistemlerinde sadece B420C veya B500C kalitesinde nervürlü donatı çelikleri kullanılacaktır.

TBDY2018 Yönetmeliği 13.2'de yüksek yapılar 3 aşama ile tasarlandığını belirlemektedir. Birinci tasarım aşaması DD-2 Deprem hareketine göre ön tasarım boyutlandırma. Bu aşamada DD-2 deprem hareketinin etkisi altında kontrollü hasar (KH) performans hedefini sağlamak üzere yüksek binanın dayanıma göre tasarım (DGT) yaklaşımı ile ön-tasarım boyutlandırması yapılacaktır (TBDY2018 13.1.1.1). Bu aşama için uygulanması zorunlu hesap ve tasarım esaslarının ayrıntıları TBDY2018 13.4' te verilmiştir (TBDY2018 13.1.1.2). Bu aşamada TBDY2018 Bölüm 4, Bölüm 7, Bölüm 8 veya Bölüm 9' de ve ayrıca bu bölümde verilen kurallar esas alınacaktır (TBDY2018 13.1.1.3). TBDY2018 13.4 ve Bölüm 4'teki belirlenen kurallara göre bu çalışmadaki modellenecek yapılar için birinci tasarım aşaması şu şekilde gerçekleştirilmektedir:

Taşıyıcı sistem A14 Simgesi ile tanımlanan 'Deprem etkilerinin moment aktaran süneklik düzeyi yüksek betonarme çerçeveler ile süneklik düzeyi yüksek boşluklu betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar' olarak belirlenmiştir. Taşıyıcı sistem davranış katsayısı $R=8$ olup dayanım fazlalığı katsayısı $D=2.5$ olarak alınır. Deprem yükü hesabı Mod Birleştirme Yöntemi ile gerçekleştirilir.

Deprem yükleri birleşimlerinde seçilen denklemler TBDY2018 yönetmeliğindeki denk 4.11' te tanımlanmıştır.

$$G+Q+0.2S+Ed^{(H)}+0.3Ed^{(Z)}$$

Bina SAP2000 yazılımı ile 3 boyutlu olarak modellenecek, TBDY2018 Tablo 4.2'deki etkin kesit rijitlikleri kullanılacaktır. Hareketli yük kütle katılım katsayısı $n=0.3$ olarak seçilir (TBDY2018 Tablo 4.3). TBDY2018 13.2.2'de belirlenen tasarım ikinci aşaması DD-3 göre (ileri performans hedefi için) sınırlı hasar performans hedefi için değerlendirme ve iyileştirme aşamasıdır. Bu aşama TBDY2018 Bölüm 5'teki Şekil Değiştirmeye Göre Değerlendirme ve Tasarım (ŞGDT) yaklaşımı ile zaman tanımı alanında doğrusal olmayan analizi gerçekleştirerek yapılmalıdır (TBDY2018 13.5.1.2). Üçüncü aşama ise ikinci aşamaya benzer şekilde DD-1 deprem hareketi ile kontrollü hasar performans hedefi için değerlendirme, iyileştirme ve son tasarım aşamasıdır (TBDY2018 13.2.3 ve 13.6). İkinci ve üçüncü aşamalarının sırası değiştirilebilir. Bu aşamalarda sönüm oranı %2.5'tir. Etkin kesit rijitlik değerleri Tablo13.1'den alınacak. R/I ve D değerleri 1 alınmaktadır.

Elastomerik İzolatörün Boyutlandırılması ve Tasarımı:

Kurşun Çekirdekli Elastomerik Kauçuk izolatörün tasarımı TBDY2018 Bölüm 14'e ait aşağıdaki denklemler ile hesaplanır. K_e Etkin rijitlik, F Yatay kuvvet, D Yer değiştirme.

$$K_e = \frac{F}{D} \quad (\text{TBDY2018 Denk 14A.1}) \quad (3.1.1)$$

F_Q : Karakteristik dayanım, F_y : Etkin akma dayanımı, A_p : Kurşun çekirdeğin çapı, τ_{yp} : Kurşun malzemenin kayma modülü.

$$F_Q \cong F_y = A_p \tau_{yp} \quad (\text{TBDY2018 Denk 14A.3}) \quad (3.1.2)$$

K_2 : İkincil Rijitlik, G_v : Elastomer kayma modülü, A_r : Elastomer Halka çapı, T_r : Elastomer tabaka kalınlığı.

$$k_2 = G_v \left(\frac{A_r}{T_r} \right) \quad (\text{TBDY2018 Denk 14A.4}) \quad (3.1.3)$$

B : Elastomerin dış çapı, B_L : Elastomerin iç çapı veya Kurşun malzemesinin Çapı, A_r : elastomer halka çapı, T_r : elastomer tabaka kalınlığı.

$$A_r = \left(\frac{\pi}{4}\right) (B^2 - B_L^2) \quad (\text{TBDY2018 Denk 14A.5}) \quad (3.1.4)$$

S : Şekil faktörü.

$$S = (B^2 - B_L^2)/(4Bt) \quad (\text{TBDY2018 Denk 14A.7}) \quad (3.1.4)$$

K_v : Düşey rijitlik, E_v : Düşey rijitlik modülü.

$$K_v = E_v A_r / T_r \quad (\text{TBDY2018 Denk 14A.9}) \quad (3.1.5)$$

E_c : Elastomerin basınç modülü, K : Kauçuk malzemesinin Hacım Modülü (2000 mpa).

$$E_v = 1 / \left(\left(\frac{1}{E_c} \right) + \left(\frac{1}{K} \right) \right) \quad (\text{TBDY2018 Denk 14A.10}) \quad (3.1.6)$$

E_0 : kauçuk Malzemenin Hacım modülü olup $E_0 = 4G_v$ bağlantısı ile elde edilir.

K : Kauçuk Sertlik modülü katsayısı (0.75).

$$E_c = E_0(1 + 2KS^2) \quad (\text{TBDY2018 Denk 14A.11}) \quad (3.1.7)$$

P_{cr} : Yatay yer değiştirme olmadığı durumlarda elastomer burkulma yükü.

P_{cr}' : Yatay yer değiştirme olduğu durumlarda elastomer burkulma yükü.

P_{str} : Elastomerin şekil değiştirmeye bağlı basınç kapasitesi.

P_{K1} : 1.4G+1.6Q yük kombinasyonu altında basınç yükü.

P_{K2} : 1.2G+Q±E_d yük kombinasyonu basınç yükü. Deprem yükü hesabında DD-1 Deprem hareketine göre yapılmalı.

$$P_{cr} = \frac{0.218 G_v B^4 \left(1 - \frac{B_L}{B}\right) (1 - B_L^2/B^2)}{t T_r \left(1 + B_L^2/B^2\right)} \quad (\text{TBDY2018 Denk 14.22}) \quad (3.1.8)$$

$$P_{cr}' = P_{cr} (A_{re} / A) \quad (\text{TBDY2018 Denk 14.23}) \quad (3.1.9)$$

$$A_{re} = A_r (\delta - \sin \delta / \pi) \quad (3.1.10)$$

$$\delta = \cos^{-1}(D/B) \quad (3.1.11)$$

$$P_{str} = 3.5 A_{re} E_c / 6S \quad (\text{TBDY2018 Denk 14.24}) \quad (3.1.12)$$

$$\frac{\min(P_{cr}, P_{str})}{P_{K1}} \geq 2.0 \quad (\text{TBDY2018 Denk 14.25}) \quad (3.1.13)$$

$$\frac{\min(P_{cr'}, P_{str})}{P_{K2}} \geq 1.1 \quad (\text{TBDY2018 Denk 14.26}) \quad (3.1.14)$$

D_M : En büyük deprem hareketi altında yatay yer değiştirme, K_e : Doğrusal yatay Etkin rijitlik. H : sisteminin toplam yüksekliği, P_{k3} : $0.9G \pm E_d$ yük kombinasyonu altında basınç yükü. Deprem yükü hesabında DD-1 Deprem hareketine göre yapılmalı.

$$D_M = \frac{1}{3} \left(\frac{g}{4\pi^2} \right) T_M^2 n_M S_{ae}^{(DD1)} T_M \quad (\text{TBDY2018 Denk 14.30}) \quad (3.1.15)$$

$$D_M \leq \left(\left(\frac{2}{3} \right) P_{k3} / (k_e H + P_{k3}) \right) B \quad (\text{TBDY2018 Denk 14.27}) \quad (3.1.16)$$

İzolatörün Üst ve Alt sınırları:

$$\lambda_{üst} = (1 + 0.75(\lambda_{ae,üst} - 1))\lambda_{deney,üst} \lambda_{spek,üst} \quad (\text{TBDY2018 14.9}) \quad (3.1.17)$$

$$\lambda_{alt} = (1 + 0.75(1 - \lambda_{ae,alt}))\lambda_{deney,alt} \lambda_{spek,alt} \quad (\text{TBDY2018 Denk 14.9}) \quad (3.1.18)$$

	Tip	F_Q		k_2	
		alt	üst	alt	üst
λ_{ae}	KÇE	1.00	1.10	1.00	1.30
	YSE	1.00	1.30	1.00	1.40
λ_{deney}	KÇE	0.70	1.30	0.90	1.30
	YSE	0.70	1.30	0.90	1.30
λ_{spek}	KÇE	0.85	1.15	0.85	1.15
	YSE	0.85	1.15	0.85	1.15

Şekil 16. TBDY2018 Tablo 14.2

Basınçtan gelen açısız şekil değiştirme;

$$\gamma_{c,st} = 6SP_{K1}/A_r E_C \quad (\text{TBDY2018 Denk 14.11}) \quad (3.1.19)$$

Deprem dışında diğer etkilerden (genleşme, rüzgar, vb) meydana gelen yatay yer değiştirme;

$$\gamma_{s,st} = \Delta_s/T_r \leq 2 \quad (\text{TBDY2018 Denk 14.12}) \quad (3.1.20)$$

Yalıtım üst ve alt plakaları arasında görelî dönmeden meydana gelen şekil değıştirme;

$$\gamma_{r,st} = B^2 \theta_s / 2tT_r \theta_s = 0.005 \text{ (TBDY2018 Denk 14.13)} \quad (3.1.21)$$

Deprem yükü etkisi altında oluşan basınç yükünden meydana gelen şekil değıştirme;

$$\gamma_{c,E} = 6SP_{K2}/A_{re}E_C \text{ (TBDY2018 Denk 14.14)} \quad (3.1.22)$$

Deprem yükü etkisi altında oluşan basınç yükünden meydana gelen yatay yer değıştirmeden meydana gelen şekil değıştirme;

$$\gamma_{s,E} = D/T_r \leq 2 \text{ (TBDY2018 Denk 14.15)}$$

Elastomer tasarımında sağlanması gereken koşullar;

$$\gamma_{c,st} \leq 3.5 \text{ veya } \gamma_{c,st} < \varepsilon_b/3 \text{ (TBDY2018 Denk 14.16)} \quad (3.1.23)$$

$$\gamma_{c,st} + \gamma_{s,st} + \gamma_{r,st} \leq 5.0 \text{ veya } \gamma_{c,st} + \gamma_{s,st} + \gamma_{r,st} < 0.75\varepsilon_b \quad (3.1.24)$$

$$\gamma_{c,E} + \gamma_{s,E} + \gamma_{r,st} \leq 6.0 \text{ veya } \gamma_{c,E} \leq 2.0 \text{ (TBDY2018 Denk 14.18)}$$

$$(3.1.24)$$

Yukarıdaki denklemleri kullanarak 5, 10, 18 ve 25 katlı yapılar için izolatör parametreleri hesaplanacaktır. P_k değeri sonlu elemanlar analiz sonuçlarından alınmaktadır.

3.2. Sap2000 Yazılımı ile Modelleme Ve Yapısal Analizin Gerçekleştirilmesi:

Sap2000 yazılımı ile modellenecek yapılar 38.676993, 27.302219 enlem, boylamla ve ZD yerel zemin sınıfına sahip bir konumda bulunacağını kabul ediliyor (Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesinin konumunda yapılacağı varsayılır). Yapı X ve Y yönünde 3 açıklıklı ve her iki yönde açıklıklarının boyu 8 metre ve kat yüksekliği 4 metre olarak seçildi. Taşıyıcı sistem Betonarme boşluklu perdeler ve kolon çerçeveleri ile karşılandığı rijit çekirdekli sistem.

Yapılarının toplam yükseklikleri:

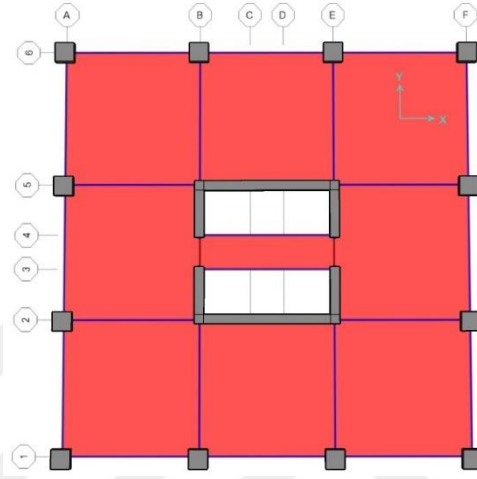
5 kat: $H_N=20$ m, 10 kat: $H_N=40$ m

Bu yapılar Yüksek yapı yönetmeliğinin kapsamına girmez.

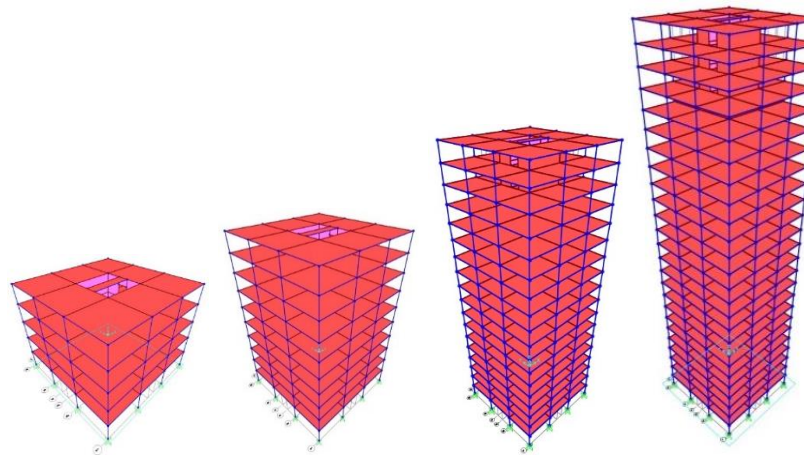
18 kat: $H_N=72$ m, 25 kat: $H_N=100$ m

Bu üç yapı ise yüksek yapı yönetmeliğine girmektedir.

3.2.1. Yapıların Planı ve 3D Görünüşleri



Şekil 17. Modelin planı



Şekil 18. Modellerinin 3D görünüşleri

3.2.2. Yüklerin Belirlenmesi ve Tanımlanması

Hareketli ve rüzgâr Yükleri TS498 Yönetmeliğine göre belirlemiş olup deprem yükleri TBDY2018 Yönetmeliğine göre belirlendi. Sap2000’de döşemler üzerinde sıva+kaplama yükleri ve hareketli yükler, kirişler üzerinde duvar yükleri tanımlanmıştır.

Zati yük: Döşeme sıva+kaplama yükü 1.5 kN/m^2 , orta kiriş duvarlar yükleri 8 kN/m , dış duvarlar ise alüminyum çerçeveli çift yüzlü cam yükü 2 kN/m .

Hareketli yük: 2 kN/m^2

Rüzgâr yükü: Yapılarımız betonarme olduğu için TS498 yönetmeliğinde yer alan Çizelge 5 ve tablonun gösterdiği değerleri alarak Sap2000 otomatik hesaplama işlemi için tanımlama yapılmıştır.

Zeminden Yükseklik m	Rüzgar Hızı v m/s	Emme q (kN/m^2)
0 - 8	28	0,5
9 - 20	36	0,8
21 - 100	42	1,1
> 100	46	1,3

Şekil 19. TS498 yönetmeliğindeki yer alan Çizelge 5

Deprem yükü:

Binanın yapılacağı bölgedeki deprem spektrum verileri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 1. Deprem verileri

38.676993, 27.302219 (Enlem, Boylam)	S_s	S_1	S_{Ds}	S_{D1}
DD1	2.213	0.562	2.213	0.977
DD2	1.154	0.281	1.198	0.573
DD3	0.419	0.104	0.614	0.249
DD4	0.297	0.076	0.464	0.182

Sap2000 ile birinci tasarım aşaması için DD2 deprem yer hareketi düzeyi için spektrum tanımlandı. İkinci ve üçüncü tasarım aşamaları için ise DD1 ve DD3 deprem yer hareketleri için Time-History denklemi tanımlandı. Time-History denklemleri DD1 ve DD3 deprem hareketlerine tanımlanan spektrumlara göre 11 deprem ivmeleri ölçeklendirildi ve ayrı ayrı olarak tanımlandı. Yapıda herhangi bir düzensizlik bulunmadığından düşey deprem yükü G cinsinden eklendi ($2/3 S_{DS}$). Yerel zemin sınıfı ZD'dir, Birinci tasarım aşaması için $R=8$, $D=2.5$ olup sönüm oranı %5'tir. İkinci ve üçüncü tasarım aşamaları için ise $R/I=1$, $D=1$ olup sönüm oranı %2.5'tir.

Tasarımda kullanılan yük bileşenleri (TBDY2018 ve TS500'e göre):

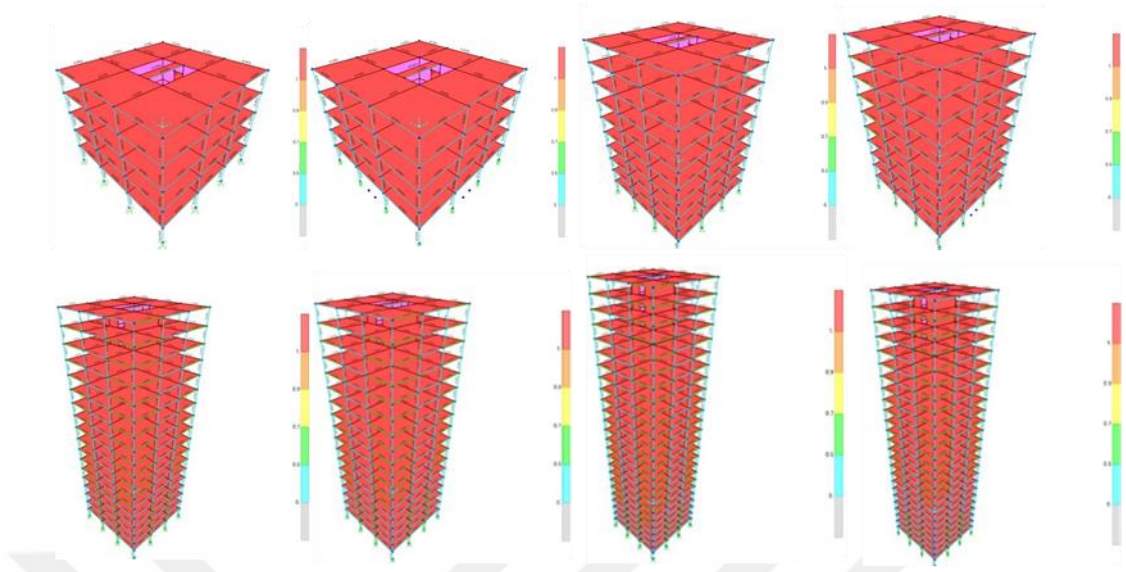
$1.4G+1.6Q$	(TS500, 6,3)
$G+Q+0.2S+E_d^{(H)}+0.3E_d^{(Z)}$	(TBDY2018, 4,11)
$G+1.3Q+1.3W$	(TS500, 6,5)
$1.2G+Q\pm E_d$	(TBDY2018, 14,6)
$0.9G\pm E_d$	(TBDY2018, 14,8)

3.2.3. Birinci Aşama Tasarım ve Ön Boyutlandırma

Bu aşamada ikinci ve üçüncü tasarım aşamalarında performans düzeyini değerlendirmek için taşıyıcı elemanları için ön boyutlandırma ve donatı hesabı gerçekleştirildi. Tasarımda kullanılan malzemeler C50 beton ve B420C donatı malzemeleridir. Ön boyutlandırma ve tasarım aşamasına göre taşıyıcı elemanların boyutları, kesitler SAP2000 Section Designer ile yapılmıştı.

Tablo 2. Birinci tasarım aşaması. Elemanların ön boyutlandırılması

Kat	Kolon (cm)	Kiriş (cm)	Döşeme (cm)	Perde (cm)
5	50x50	25x80	25	25
10	65x65	25x80	25	25
18	80x80	25x80	25	30
25	100X100	25X80	25	30



Şekil 20. Birinci tasarım aşaması

Bu çalışmada seçilen sismik izolatör türü LRB (Lead Rubber isolator) simgesi ile tanımlanan kurşun çekirdekli elastomerik izolatör. 3.1’ deki denklemleri kullanarak 5, 10, 18 ve 25 katlı yapılar için hesaplanan izolatör değerleri aşağıdaki tablolarda açıklanmaktadır. P_k değerleri sonlu elemanlar analiz sonuçlarından alınmaktadır.

Tablo 3. Kullanılan izolatörün kauçuk ve kurşun malzeme özellikleri

Kauçuk ve kurşun malzeme özellikleri		
Elastomer Kayma modülü	Gv	0.7 mpa
Kurşun kayma modülü	τ_{yp}	8 mpa
Elastomer Hacim Modülü	k	2000 mpa
Elastomer Sertlik modülü	k	0,75

Tablo 4. 5 katlı yapı için izolatör parametreleri

5 katlı yapının izolatör parametreleri (LRB, Kurşun çekirdekli elastomerik izolatör)		
İzolatör boyutları		
Dış çap	B	900 mm
İç çap	B _i	210 mm
Yükseklik	T _r	370 mm
Tabaka kalınlığı	t	10 mm
Tabaka sayısı	N	37
Dış alan	A	636172 mm ²
İç alan (kurşun çapı)	A _p	34636.03 mm ²
Halka çapı	A _r	601535.95 mm ²
Şekil faktörü	$S = (B^2 - B_L^2)/(4Bt)$	21.275
Rijitlik ve sönüm değerler		
Elastomerin Hacim modülü	$E_0 = 4G_V$	2.8 N/mm ²
Elastomerin basınç modülü	$E_c = E_0(1 + 2KS^2)$	4079.63 N/mm ²
Düşey rijitlik modülü	$E_v = 1 / ((\frac{1}{E_c}) + (\frac{1}{K}))$	1342.06 N/mm ²
Düşey rijitlik	$K_v = E_v A_r / T_r$	2181893.3 N/mm
İkincil rijitlik	$K_2 = G_V (\frac{A_r}{T_r})$	1138.04 N/mm
Karakteristik dayanım	$F_Q = F_y = A_p \tau_{yp}$	277088.24 N
Birincil rijitlik	$K_1 = F_y/D_y$	27708.82 N/mm
Doğrusal Yatay etkin rijitlik	$K_{eff} = K_2 + F_y/D_y$	2061.67 N/mm
Maksimum yatay deplasman	$D_{max} \leq \left(\left(\frac{2}{3} \right) P_{k3} / (k_e H + P_{k3}) \right) B$	370 mm
P_{k3} : 0.9G±E _d	SAP2000'çözümlerinden	7176282 N
K ₂ e gelen kuvvet	F ₂	421075.2 N
Sönüm oranı	$\beta = W_d / 2\pi FD$	12.6%
Bir yükleme döngüsünde tüketilen enerji	W _d	123212723 N.mm
Kapasite kontrolleri		
P _{cr} : Yatay yer değiştirme olmadığı durumlarda elastomer burkulma yükü	$P_{cr} = \frac{0.218 G_v B^4 (1 - \frac{B_L}{B})(1 - B_L^2/B^2)}{tT_r (1 + B_L^2/B^2)}$	18603419 N =18603.6 kN
P _{cr} ': Yatay yer değiştirme olduğu durumlarda elastomer burkulma yükü	$P_{cr}' = P_{cr}(A_{re}/A)$ $A_{re} = A_r(\delta - \sin\delta/\pi)$ $\delta = \cos^{-1}(D/B)$	10265561 N
P _{str} : Elastomerin şekil değiştirmeye bağlı basınç kapasitesi.	$P_{str} = 3.5A_{re} E_c/6S$	39267433 N
P _{K1} : 1.4G+1.6Q	SAP2000'çözümlerinden	5094288 N
P _{K2} : 1.2G+Q±E _d	SAP2000'çözümlerinden	8568209 N

Elastomer tasarımında sağlanması gereken koşullar	$\frac{\min(P_{cr},P_{str})}{P_{K1}} \geq 2.0$	3.65
Elastomer tasarımında sağlanması gereken koşullar	$\frac{\min(P_{cr},P_{str})}{P_{K2}} \geq 1.1$	1.19
Basınçtan gelen açısal şekil değiştirme	$\gamma_{c,st} = 6SP_{K1}/A_rE_C$	0.26
Deprem dışında diğer etkilerden (genleşme, rüzgar, vb) meydana elen yatay yer değiştirme	$\gamma_{s,st} = \Delta_s/T_r \leq 2$	0.05
Yalıtım üst ve alt plakaları arasında görelî dönmeden meydana gelen şekil değiştirme	$\gamma_{r,st} = B^2 \theta_s/2tT_r$ $\theta_s = 0.005$	0.55
Deprem yükü etkisi altında oluşan basınç yükünden meydana gelen şekil değiştirme	$\gamma_{c,E} = 6SP_{K2}/A_{re}E_C$	0.76
Deprem yükü etkisi altında oluşan basınç yükünden meydana gelen yatay yer değiştirme	$\gamma_{s,E} = D/T_r \leq 2$	0.8108108
Elastomer tasarımında sağlanması gereken koşullar	$\gamma_{c,st} \leq 3.5$ veya $\gamma_{c,st} < \varepsilon_b/3$	0.26
Elastomer tasarımında sağlanması gereken koşullar	$\gamma_{c,st} + \gamma_{s,st} + \gamma_{r,st} \leq 5.0$ Veya $\gamma_{c,st} + \gamma_{s,st} + \gamma_{r,st} < 0.75\varepsilon_b$	0.86
Elastomer tasarımında sağlanması gereken koşullar	$\gamma_{c,E} + \gamma_{s,E} + \gamma_{r,st} \leq 6.0$ Veya $\gamma_{c,E} \leq 2.0$	1.85
Üst ve alt limitler		
F_Q için $\lambda_{üst}$	1,45	$F_{Q,üst}$ 403890,7 N
F_Q için λ_{alt}	0,74	$F_{Q,alt}$ 206084.4 N
K_1 için $\lambda_{üst}$	1,46	$K_{1,üst}$ 40389.07 N/mm
K_1 için λ_{alt}	0,57	$K_{1,alt}$ 15897.94 N/mm
K_2 için $\lambda_{üst}$	1,46	$K_{2,üst}$ 1658.84 N/mm
K_2 için λ_{alt}	0,57	$K_{2,alt}$ 652.95N/mm

Tablo 5. 10 Katlı Yapının İzolatör Değerleri (birimler N, mm. Mpa cinsinden)

10 katlı yapının izolatör parametreleri (LRB, Kurşun çekirdekli elastomerik izolatör)		
İzolatör boyutları		
Dış çap	B	1160 mm
İç çap	B _i	290 mm
Yükseklik	T _r	500 mm
Tabaka kalınlığı	t	10 mm
Tabaka sayısı	N	50
Dış alan	A	1056830,9 mm ²
İç alan (kurşun çapı)	A _p	66051.93 mm ²
Halka çapı	A _r	990778.95 mm ²
Şekil faktörü	$S = (B^2 - B_L^2)/(4Bt)$	27.18
Hesaplanan değerler		
Elastomerin Hacim modülü	$E_0 = 4G_V$	2.8 N/mm ²
Elastomerin basınç modülü	$E_c = E_0(1 + 2KS^2)$	6658.44 N/mm ²
Düşey rijitlik modülü	$E_v = 1 / ((\frac{1}{E_c}) + (\frac{1}{K}))$	1538.02 N/mm ²
Düşey rijitlik	$K_v = E_v A_r / T_r$	3047681.8 N/mm
İkincil rijitlik	$K_2 = G_V (\frac{A_r}{T_r})$	1387.09 N/mm
Karakteristik dayanım	$F_Q = F_y = A_p \tau_{yp}$	528415.44 N
Birincil rijitlik	$K_1 = F_y/D_y$	52841.54
Doğrusal Yatay etkin rijitlik	$K_{eff} = K_2 + F_y/D_y$	2443.92 N/mm
Maksimum yatay deplasman	$D_{max} \leq \left(\left(\frac{2}{3} \right) P_{k3} / (k_e H + P_{k3}) \right) B$	500 mm
$P_{k3}: 0.9G \pm E_d$	SAP2000' çözümlerinden	11322738 N
K ₂ e gelen kuvvet	F ₂	693545,3N
Sönüm oranı	$\beta = W_d / 2\pi FD$	14 %
Bir yükleme döngüsünde tüketilen enerji	W _d	305390000 N.mm
Kapasite kontrolleri		
P _{cr} : Yatay yer değiştirme olmadığı durumlarda elastomer burkulma yükü	$P_{cr} = \frac{0.218 G_v B^4 (1 - \frac{B_L}{B})(1 - B_L^2/B^2)}{t T_r (1 + B_L^2/B^2)}$	36569590 N
P _{cr} ': Yatay yer değiştirme olduğu durumlarda elastomer burkulma yükü	$P_{cr}' = P_{cr} (A_{re} / A)$ $A_{re} = A_r (\delta - \sin \delta / \pi)$ $\delta = \cos^{-1}(D/B)$	16068647 N
P _{str} : Elastomerin şekil değiştirmeye bağlı basınç kapasitesi.	$P_{str} = 3.5 A_{re} E_c / 6S$	66341426 N
P _{K1} : 1.4G+1.6Q	SAP2000' çözümlerinden	9678855 N
P _{K2} : 1.2G+Q±E _d	SAP2000' çözümlerinden	15262067 N

Elastomer tasarımında sağlanması gereken koşullar	$\frac{\min(P_{cr}, P_{str})}{P_{K1}} \geq 2.0$	3.78
Elastomer tasarımında sağlanması gereken koşullar	$\frac{\min(P_{cr}, P_{str})}{P_{K2}} \geq 1.1$	1.16
Basınçtan gelen açılmal şekil değiştirme	$\gamma_{c,st} = 6SP_{K1}/A_r E_C$	0.24
Deprem dışında diğer etkilerden (genleşme, rüzgar, vb) meydana gelen yatay yer değiştirme	$\gamma_{s,st} = \Delta_s/T_r \leq 2$	0.03
Yalıtım üst ve alt plakaları arasında görece dönmeden meydana gelen şekil değiştirme	$\gamma_{r,st} = B^2 \theta_s/2tT_r$ $\theta_s = 0.005$	0.67
Deprem yükü etkisi altında oluşan basınç yükünden meydana gelen şekil değiştirme	$\gamma_{c,E} = 6SP_{K2}/A_{re} E_C$	0.72
Deprem yükü etkisi altında oluşan basınç yükünden meydana gelen yatay yer değiştirme	$\gamma_{s,E} = D/T_r \leq 2$	1
Elastomer tasarımında sağlanması gereken koşullar	$\gamma_{c,st} \leq 3.5$ veya $\gamma_{c,st} < \varepsilon_b/3$	0.24
Elastomer tasarımında sağlanması gereken koşullar	$\gamma_{c,st} + \gamma_{s,st} + \gamma_{r,st} \leq 5.0$ Veya $\gamma_{c,st} + \gamma_{s,st} + \gamma_{r,st} < 0.75\varepsilon_b$	0.95
Elastomer tasarımında sağlanması gereken koşullar	$\gamma_{c,E} + \gamma_{s,E} + \gamma_{r,st} \leq 6.0$ Veya $\gamma_{c,E} \leq 2.0$	2.8506
Üst ve alt limitler		
F_Q için $\lambda_{üst}$	1,45	$F_{Q,üst}$ 770231.6 N
F_Q için λ_{alt}	0,74	$F_{Q,alt}$ 393009 N
K_1 için $\lambda_{üst}$	1,46	$K_{1,üst}$ 77023.16 N/mm
K_1 için λ_{alt}	0,57	$K_{1,alt}$ 30317.84 N/mm
K_2 için $\lambda_{üst}$	1,46	$K_{2,üst}$ 2021.85 N/mm
K_2 için λ_{alt}	0,57	$K_{2,alt}$ 795.8432N/mm

Tablo 6. 18 katlı yapı için izolatör parametreleri

18 katlı yapının izolatör parametreleri (LRB, Kurşun çekirdekli elastomerik izolatör)		
İzolatör boyutları		
Dış çap	B	1360 mm
İç çap	B _i	330 mm
Yükseklik	T _r	600 mm
Tabaka kalınlığı	t	10 mm
Tabaka sayısı	N	60
Dış alan	A	1452671,2 mm ²
İç alan (kurşun çapı)	A _p	85529.788 mm ²
Halka çapı	A _r	1367141.4 mm ²
Şekil faktörü	$S = (B^2 - B_L^2)/(4Bt)$	31.99
Hesaplanan değerler		
Elastomerin Hacım modülü	$E_0 = 4G_V$	2.8 N/mm ²
Elastomerin basınç modülü	$E_c = E_0(1 + 2KS^2)$	9220.94 N/mm ²
Düşey rijitlik modülü	$E_v = 1 / ((\frac{1}{E_c}) + (\frac{1}{K}))$	1643.5237 N/mm ²
Düşey rijitlik	$K_v = E_v A_r / T_r$	3744882.28 N/mm
İkincil rijitlik	$K_2 = G_v (\frac{A_r}{T_r})$	1594.9983 N/mm
Karakteristik dayanım	$F_Q = F_y = A_p \tau_{yp}$	684238.3 N
Birincil rijitlik	$K_1 = F_y/D_y$	68423.83 N/mm
Doğrusal Yatay etkin rijitlik	$K_{eff} = K_2 + F_y/D_y$	2735.3955 N/mm
Maksimum yatay deplasman	$D_{max} \leq \left(\left(\frac{2}{3} \right) P_{k3} / (k_e H + P_{k3}) \right) B$	600 mm
P_{k3} : 0.9G±E _d	SAP2000'çözümlerinden	18095240 N
K ₂ e gelen kuvvet	F ₂	956999 N
Sönüm oranı	$\beta = W_d / 2\pi FD$	13.6 %
Bir yükleme döngüsünde tüketilen enerji	W _d	492371100 N.mm
Kapasite kontrolleri		
P _{cr} : Yatay yer değiştirme olmadığı durumlarda elastomer burkulma yükü	$P_{cr} = \frac{0.218 G_v B^4 (1 - \frac{B_L}{B})(1 - B_L^2/B^2)}{tTr (1 + B_L^2/B^2)}$	58567621 N
P _{cr} ': Yatay yer değiştirme olduğu durumlarda elastomer burkulma yükü	$P_{cr}' = P_{cr} (A_{re} / A)$ $A_{re} = A_r (\delta - \sin \delta / \pi)$ $\delta = \cos^{-1}(D/B)$	25193488 N
P _{str} : Elastomerin şekil değiştirmeye bağlı basınç kapasitesi.	$P_{str} = 3.5 A_{re} E_c / 6S$	105042502 N
P _{K1} : 1.4G+1.6Q	SAP2000'çözümlerinden	16922258 N
P _{K2} : 1.2G+Q±E _d	SAP2000'çözümlerinden	22718039 N

Elastomer tasarımında sağlanması gereken koşullar	$\frac{\min(P_{cr},P_{str})}{P_{K1}} \geq 2.0$	3.46
Elastomer tasarımında sağlanması gereken koşullar	$\frac{\min(P_{cr'},P_{str})}{P_{K2}} \geq 1.1$	1.1
Basınçtan gelen açılmal şekil değiştirme	$\gamma_{c,st} = 6SP_{K1}/A_rE_C$	0.257
Deprem dışında diğer etkilerden (genleşme, rüzgar, vb) meydana elen yatay yer değiştirme	$\gamma_{s,st} = \Delta_s/T_r \leq 2$	0.032
Yalıtım üst ve alt plakaları arasında göreliden dönmeden meydana gelen şekil değiştirme	$\gamma_{r,st} = B^2 \theta_s/2tT_r$ $\theta_s = 0.005$	0.77
Deprem yükü etkisi altında oluşan basınç yükünden meydana gelen şekil değiştirme	$\gamma_{c,E} = 6SP_{K2}/A_{re}E_C$	0.75
Deprem yükü etkisi altında oluşan basınç yükünden meydana gelen yatay yer değiştirme	$\gamma_{s,E} = D/T_r \leq 2$	1
Elastomer tasarımında sağlanması gereken koşullar	$\gamma_{c,st} \leq 3.5$ veya $\gamma_{c,st} < \varepsilon_b/3$	0.257
Elastomer tasarımında sağlanması gereken koşullar	$\gamma_{c,st} + \gamma_{s,st} + \gamma_{r,st} \leq 5.0$ Veya $\gamma_{c,st} + \gamma_{s,st} + \gamma_{r,st} < 0.75\varepsilon_b$	1.06
Elastomer tasarımında sağlanması gereken koşullar	$\gamma_{c,E} + \gamma_{s,E} + \gamma_{r,st} \leq 6.0$ Veya $\gamma_{c,E} \leq 2.0$	2.14
Üst ve alt limitler		
F_Q için $\lambda_{üst}$	1,45	$F_{Q.ÜST}$ 997362.9 N
F_Q için λ_{alt}	0,74	$F_{Q.ALT}$ 508902.2 N
K_1 için $\lambda_{üst}$	1,46	$K_{1.üst}$ 99736.29 N/mm
K_1 için λ_{alt}	0,57	$K_{1.alt}$ 39258.17 N/mm
K_2 için $\lambda_{üst}$	1,46	$K_{2.üst}$ 2324.91 N/mm
K_2 için λ_{alt}	0,57	$K_{2.alt}$ 915.1303 N/mm

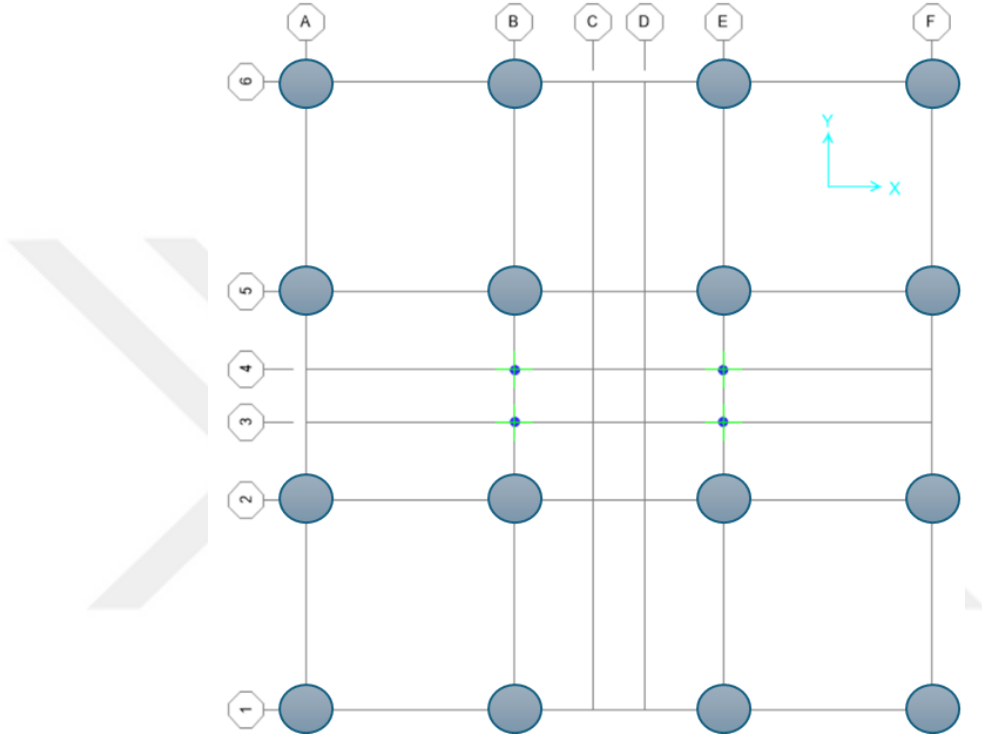
Tablo 7. 25 katlı yapı için izolatör parametreleri

25 katlı yapının izolatör parametreleri (LRB, Kurşun çekirdekli elastomerik izolatör)		
İzolatör boyutları		
Dış çap	B	1450 mm
İç çap	B _i	370 mm
Yükseklik	T _r	600 mm
Tabaka kalınlığı	t	10 mm
Tabaka sayısı	N	60
Dış alan	A	1651298.2 mm ²
İç alan (kurşun çapı)	A _p	107520.92 mm ²
Halka çapı	A _r	1543777.3 mm ²
Şekil faktörü	$S = (B^2 - B_L^2)/(4Bt)$	33.88
Hesaplanan değerler		
Elastomerin Hacim modülü	$E_0 = 4G_V$	2.8 N/mm ²
Elastomerin basınç modülü	$E_c = E_0(1 + 2KS^2)$	10342.57 N/mm ²
Düşey rijitlik modülü	$E_v = 1 / (\frac{1}{E_c} + (\frac{1}{K}))$	1675.91 N/mm ²
Düşey rijitlik	$K_v = E_v A_r / T_r$	4312075.3 N/mm
İkincil rijitlik	$K_2 = G_v (\frac{A_r}{T_r})$	1801.07 N/mm
Karakteristik dayanı	$F_Q = F_y = A_p \tau_{yp}$	860167.34 N
Birincil rijitlik	$K_1 = F_y/D_y$	86016.7 N/mm
Doğrusal Yatay etkin rijitlik	$K_{eff} = K_2 + F_y/D_y$	3234.68 N/mm
Maksimum yatay deplasman	$D_{max} \leq \left(\left(\frac{2}{3} \right) P_{k3} / (k_e H + P_{k3}) \right) B$	600 mm
$P_{k3}: 0.9G \pm E_d$	SAP2000'çözümlerinden	21287939 N
K ₂ e gelen kuvvet	F ₂	1080644 N
Sönüm oranı	$\beta = W_d / 2\pi FD$	14.3 %
Bir yükleme döngüsünde tüketilen enerji	W _d	582243300 N.mm
Kapasite kontrolleri		
P _{cr} : Yatay yer değiştirme olmadığı durumlarda elastomer burkulma yükü	$P_{cr} = \frac{0.218 G_v B^4 (1 - \frac{B_L}{B})(1 - B_L^2/B^2)}{tT_r (1 + B_L^2/B^2)}$	73501214 N
P _{cr} ': Yatay yer değiştirme olduğu durumlarda elastomer burkulma yükü	$P_{cr}' = P_{cr}(A_{re}/A)$ $A_{re} = A_r(\delta - \sin\delta/\pi)$ $\delta = \cos^{-1}(D/B)$	33573611 N
P _{str} : Elastomerin şekil değiştirmeye bağlı basınç kapasitesi.	$P_{str} = 3.5A_{re} E_c/6S$	134278824 N
P _{K1} : 1.4G+1.6Q	SAP2000'çözümlerinden	24944637 N
P _{K2} : 1.2G+Q±E _d	SAP2000'çözümlerinden	28016979 N

Elastomer tasarımında sağlanması gereken koşullar	$\frac{\min(P_{cr}, P_{str})}{P_{K1}} \geq 2.0$	2.95
Elastomer tasarımında sağlanması gereken koşullar	$\frac{\min(P_{cr'}, P_{str})}{P_{K2}} \geq 1.1$	1.19
Basınçtan gelen açısıl şekil değiştirme	$\gamma_{c,st} = 6SP_{K1}/A_r E_C$	0.32
Deprem dışında diğer etkilerden (genleşme, rüzgar, vb) meydana gelen yatay yer değiştirme	$\gamma_{s,st} = \Delta_s/T_r \leq 2$	0.033
Yalıtım üst ve alt plakaları arasında görece dönmeden meydana gelen şekil değiştirme	$\gamma_{r,st} = B^2 \theta_s/2tT_r$ $\theta_s = 0.005$	0.87
Deprem yükü etkisi altında oluşan basınç yükünden meydana gelen şekil değiştirme	$\gamma_{c,E} = 6SP_{K2}/A_{re} E_C$	0.73
Deprem yükü etkisi altında oluşan basınç yükünden meydana gelen yatay yer değiştirme	$\gamma_{s,E} = D/T_r \leq 2$	1
Elastomer tasarımında sağlanması gereken koşullar	$\gamma_{c,st} \leq 3.5$ veya $\gamma_{c,st} < \epsilon_b/3$	0.32
Elastomer tasarımında sağlanması gereken koşullar	$\gamma_{c,st} + \gamma_{s,st} + \gamma_{r,st} \leq 5.0$ Veya $\gamma_{c,st} + \gamma_{s,st} + \gamma_{r,st} < 0.75\epsilon_b$	1.22
Elastomer tasarımında sağlanması gereken koşullar	$\gamma_{c,E} + \gamma_{s,E} + \gamma_{r,st} \leq 6.0$ Veya $\gamma_{c,E} \leq 2.0$	2.16
Üst ve alt limitler		
F_Q için $\lambda_{üst}$	1,45	$F_{Q,ÜST}$ 1253801 N
F_Q için λ_{alt}	0,74	$F_{Q,ALT}$ 639749.5 N
K_1 için $\lambda_{üst}$	1,46	$K_{1,üst}$ 125380.1 N/mm
K_1 için λ_{alt}	0,57	$K_{1,alt}$ 49352.1 N/mm
K_2 için $\lambda_{üst}$	1,46	$K_{2,üst}$ 2625.29 N/mm
K_2 için λ_{alt}	0,57	$K_{2,alt}$ 1033.366 N/mm

Sismik izolatörlü bir yapının planı olabileceği sade, basit, simetrik ve geometrik olması gerekir. Ayrıca her bir aksta toplam izolatör rijitlikleri diğer akslardaki toplam izolatör rijitliklerine eşit olması izolatörün düzenli şekilde çalışmasını sağlayan önemli katkıdır ve yapının rijitlik merkezi izolatörün rijitlik merkezi ile aynı noktada bulunmalıdır. Ayrıca Mümkün olabileceği bütün izolasyon birimlerinin birlikte çalışmasının sağlanması gerektiği için (aynı miktarda ve aynı yönde deplasman yapmaları gerekmektedir) sismik izolatörün yerleştirme yeri yüksek rijit diyaframına sahip olan bir bölgede olması ön görülür. Yani kolonların üst

uçlarında yerleştirilmeli ve kolonun ortasında yerleştirilmesi halinde o kolonun yüksekliği fazla olmaması gerekir ya da rijitliği yüksek olması gerekmektedir. Dolayısıyla bu çalışmada aksta 4 tane ve toplamda 16 tane aynı özelliklere sahip Kurşun Çekirdekli Elastomerik sismik izolatörü yerleştirilmiştir, yerleştirildiği düzeyde kirişli döşeme bulunmaktadır.



Şekil 21. Sismik izolatörün yerleşimi

3.2.4. 2. ve 3. Aşama Tasarım, Değerlendirme ve İyileştirme

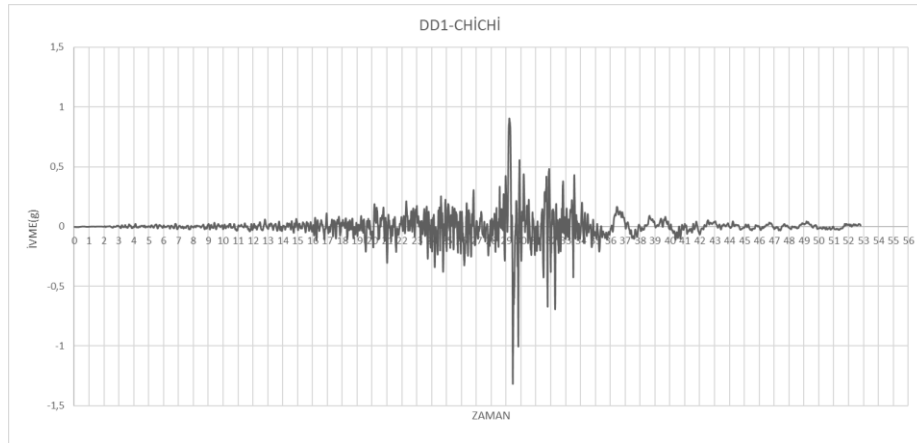
Bu aşamada doğrusal olmayan analizi gerçekleştirmek için elemanlara plastik mafsalları tanımlanmıştır. O mafsalların değerleri ‘Section Designer’ deki tanımlanan kesitlerden alınacak şekilde ayarlandı. Etkin kesti rijitlikleri TBDY2018’teki Tablo 13.1’den alınmıştır. Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz gerçekleştirildi ve burada hedef alınan performans düzeyleri DD3 deprem yer hareketi için sınırlı hasar, DD1 deprem yer hareketi için ise kontrollü hasar performans düzeyleridir. Kolonlar için tanımlanan mafsallar P-M2-M3, V2 ve V3. Kirişler için tanımlanan mafsallar M3,

V2 ve V3. R/I ve D değerleri 1 alınacak. Sönüm oranı 0.025. Zaman Tanım Alanında DD1 ve DD3 deprem yer hareketi düzeyi spektrumlarına ölçeklendirilmiş deprem ivme kayıtları, SAP2000 yazılımı ile Yük tanımlandığında hem X hem Y yönünde aynı anda etki ettirilmiştir.

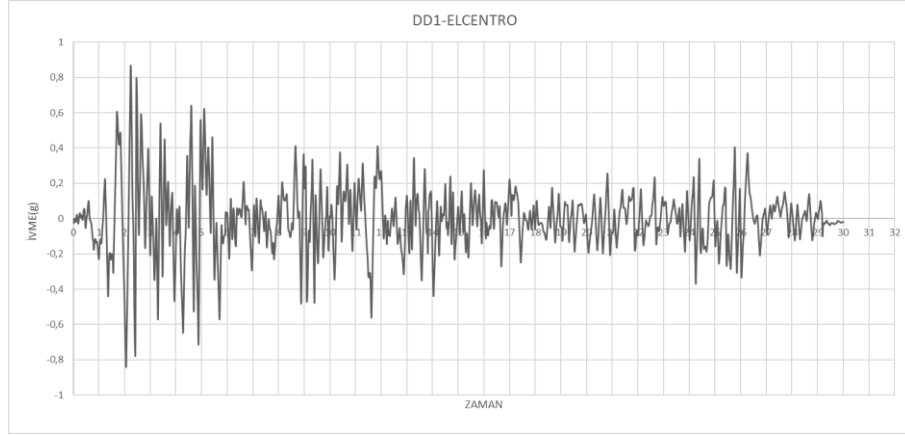
Tablo 8. Deprem ivme kayıtları.

Deprem İvme Kaydı	Ülke	İstasyon	Şiddet	Yıl
Chichi	Taiwan	TCU045	7.62	1999
El centro	Usa	P C-A	6.9	1940
Friuli	Italy	Tolmezzo(000)	6.5	1976
Hollister	Usa	USGS 1028	6.9	1961
İmperial vally	Usa	USGS 5115	6.5	1979
Kobe	Jaban	Cue90	7.2	1995
Kocaeli	Türkiye	Koeri330	7.4	1999
Landers	Usa	Sce 24	7.3	1992
Loma perita	Usa	CDMG 47381	6.9	1989
Northridge	Usa	Cdmg 24278	6.9	1994
Trinidad	Trinidad	Cdmg 1498	5.8	1983

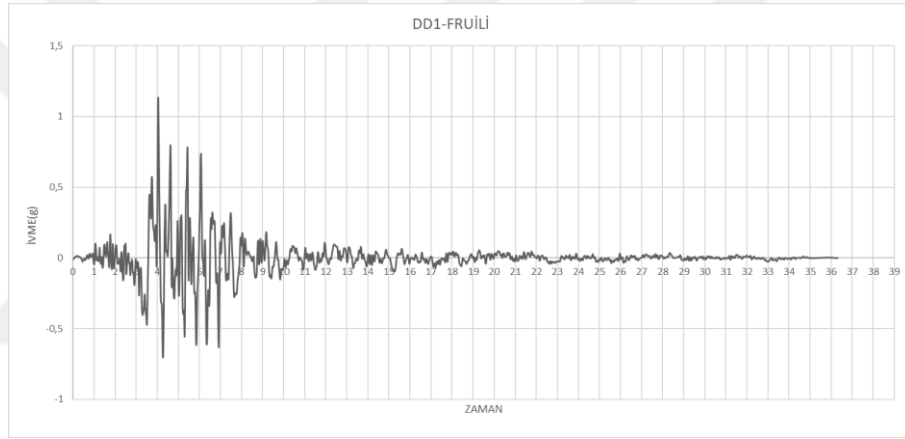
SAP2000 yazılımı ile DD1 spektrumu için ölçeklendirilmiş deprem ivme kayıtları:



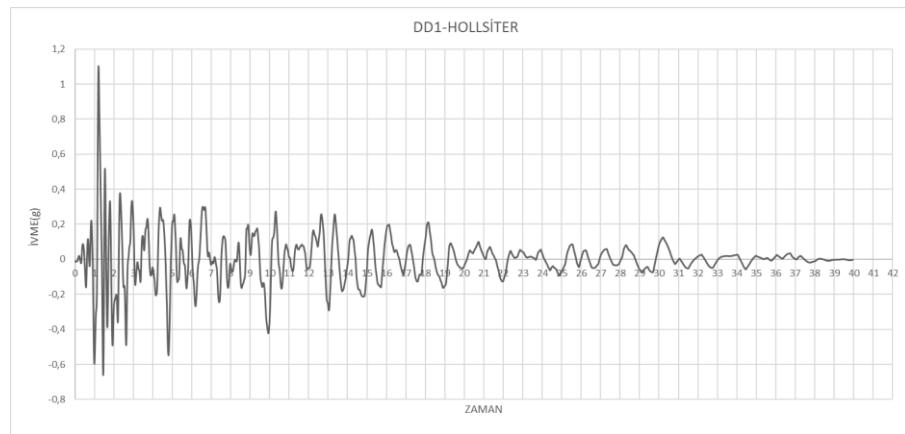
Şekil 22. DD1 spektrumu ile ölçeklendirilmiş Chichi deprem ivme kaydı



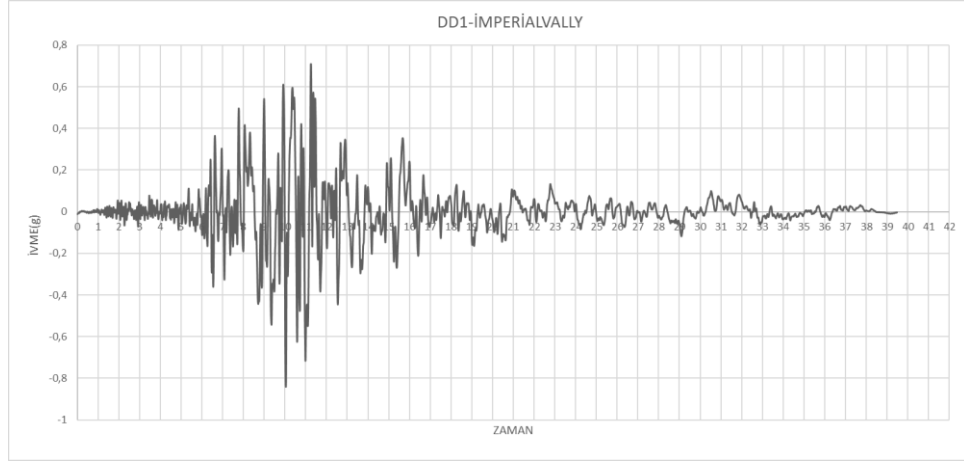
Şekil 23. DD1 spektrumu ile ölçeklendirilmiş Elcentro deprem ivme kaydı



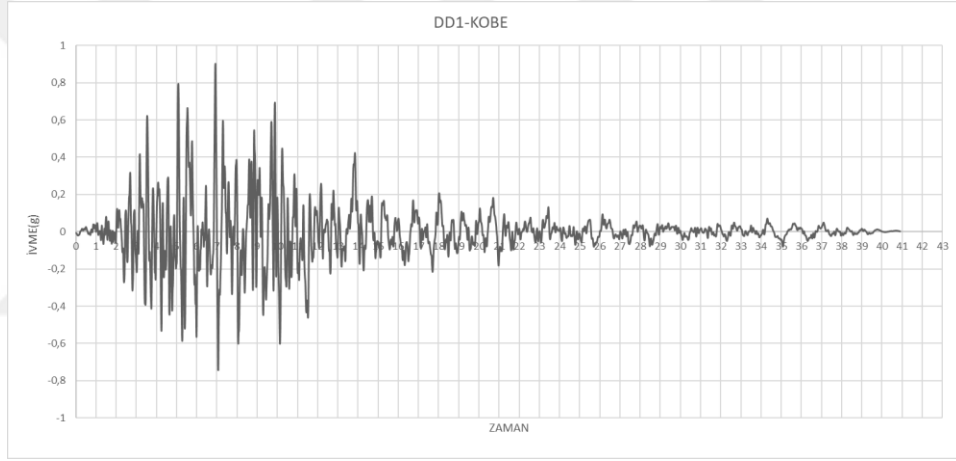
Şekil 24. DD1 spektrumu ile ölçeklendirilmiş Fruili deprem ivme kaydı



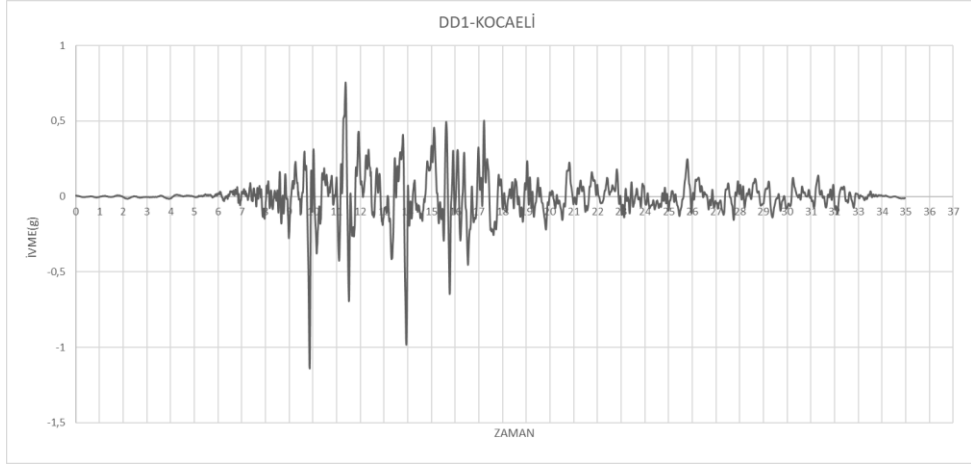
Şekil 25. DD1 spektrumu ile ölçeklendirilmiş Hollsiter deprem ivme kaydı



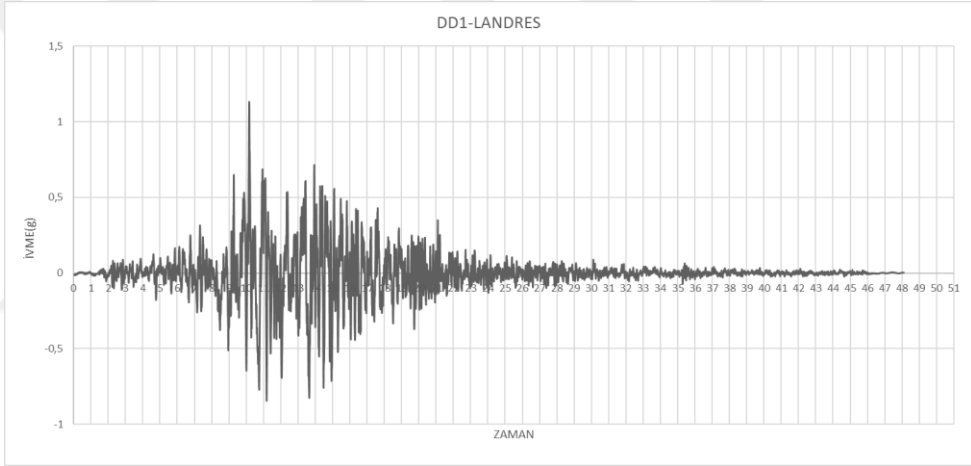
Şekil 26. DD1 spektrumu ile ölçeklendirilmiş Imperial Vally deprem ivme kaydı



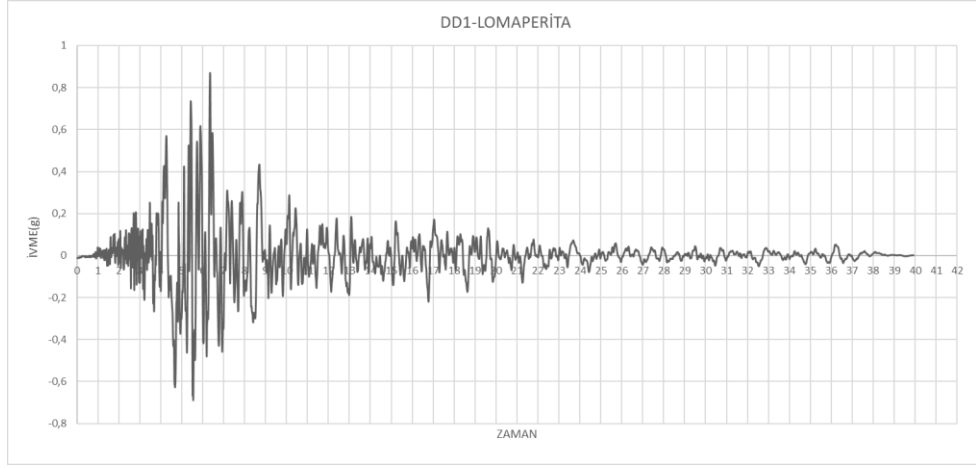
Şekil 27. DD1 spektrumu ile ölçeklendirilmiş Kobe deprem ivme kaydı



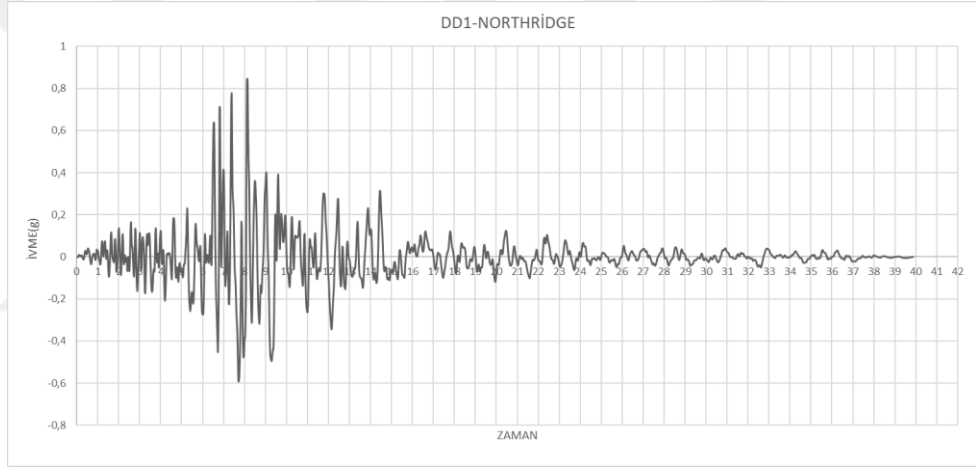
Şekil 28. DD1 spektrumu ile ölçeklendirilmiş Kocaeli deprem ivme kaydı



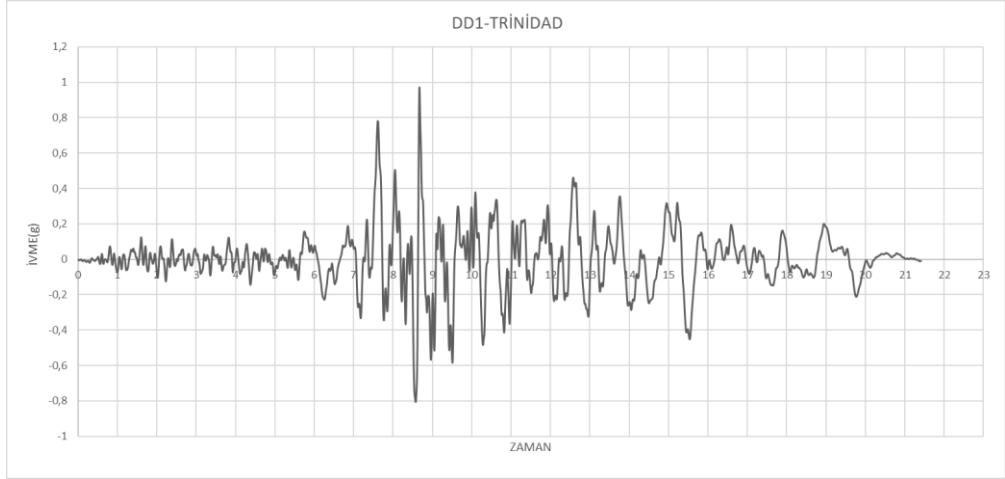
Şekil 29. DD1 spektrumu ile ölçeklendirilmiş Lenders deprem ivme kaydı



Şekil 30. DD1 spektrumu ile ölçeklendirilmiş Loma Perita deprem ivme kaydı



Şekil 31. DD1 spektrumu ile ölçeklendirilmiş Northridge deprem ivme kaydı



Şekil 32. DD1 spektrumu ile ölçeklendirilmiş Trinidad deprem ivme kaydı

Doğrusal olmayan analiz için tanımlanan mafsallar ACI 318-02 Yönetmeliğine göre yapıldı (SAP2000 yazılımı aracı ile ayarlandı).

S Frame Hinge Property Data for m3 - Moment M3

Edit

Displacement Control Parameters

Point	Moment/SF	Rotation/SF
E-	-0,2	-0,025
D-	-0,2	-0,015
C-	-1,1	-0,015
B-	-1	0
A	0	0
B	1	0
C	1,1	0,015
D	0,2	0,015
E	0,2	0,025

☒ Symmetric

Load Carrying Capacity Beyond Point E

☒ Drops To Zero

☐ Is Extrapolated

Scaling for Moment and Rotation

☒ Use Yield Moment

☐ Use Yield Rotation (Steel Objects Only)

Acceptance Criteria (Plastic Rotation/SF)

☒ Immediate Occupancy

☐ Life Safety

☐ Collapse Prevention

☐ Show Acceptance Criteria on Plot

Type

☒ Moment - Rotation

☐ Moment - Curvature

Hinge Length

☐ Relative Length

Hysteresis Type And Parameters

Hysteresis Type: Isotropic

No Parameters Are Required For This Hysteresis Type

OK Cancel

Şekil 33. M3 mafsalı özellikleri

Şekil 34.P-M2-M3 mafsal özellikleri

S Frame Hinge Property Data for m3 - Shear V2

Edit

Displacement Control Parameters

Point	Force/SF	Disp/SF
E-	-0,2	-0,025
D-	-0,2	-0,015
C-	-1,1	-0,015
B-	-1	0
A	0	0
B	1,1	0,015
C	1,1	0,015
D	0,2	0,015
E	0,2	0,025

☒ Symmetric

Load Carrying Capacity Beyond Point E

☒ Drops To Zero
☐ Is Extrapolated

Scaling for Force and Disp

☒ Use Yield Force Force SF
☐ Use Yield Disp Disp SF
(Steel Objects Only)

Acceptance Criteria (Plastic Disp/SF)

☒ Immediate Occupancy 3,000E-03
☐ Life Safety 0,012
☐ Collapse Prevention 0,015
☐ Show Acceptance Criteria on Plot

Type

☒ Force - Displacement
☐ Stress - Strain
Hinge Length
☐ Relative Length

Hysteresis Type And Parameters

Hysteresis Type
No Parameters Are Required For This Hysteresis Type

OK Cancel

Şekil 35. V2 mafsal özellikleri

S Frame Hinge Property Data for v3 - Shear V3

Edit

Displacement Control Parameters

Point	Force/SF	Disp/SF
E-	-0,2	-0,025
D-	-0,2	-0,015
C-	-1,1	-0,015
B-	-1	0
A	0	0
B	1,1	0,015
C	1,1	0,015
D	0,2	0,015
E	0,2	0,025

☒ Symmetric

Load Carrying Capacity Beyond Point E

☒ Drops To Zero
☐ Is Extrapolated

Scaling for Force and Disp

☒ Use Yield Force Force SF
☐ Use Yield Disp Disp SF
(Steel Objects Only)

Acceptance Criteria (Plastic Disp/SF)

☒ Immediate Occupancy 3,000E-03
☐ Life Safety 0,012
☐ Collapse Prevention 0,015
☐ Show Acceptance Criteria on Plot

Type

☒ Force - Displacement
☐ Stress - Strain
Hinge Length
☐ Relative Length

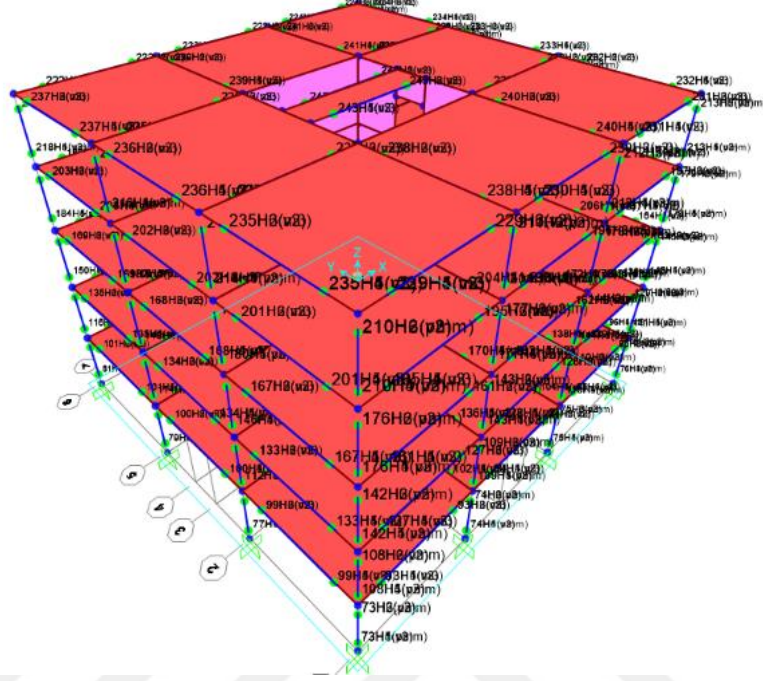
Hysteresis Type And Parameters

Hysteresis Type
No Parameters Are Required For This Hysteresis Type

OK Cancel

Şekil 36. V3 mafsal tanımlama

Bu Mafsallar elemanların uçlarından 0.5h mesafes ile atanmıştır.

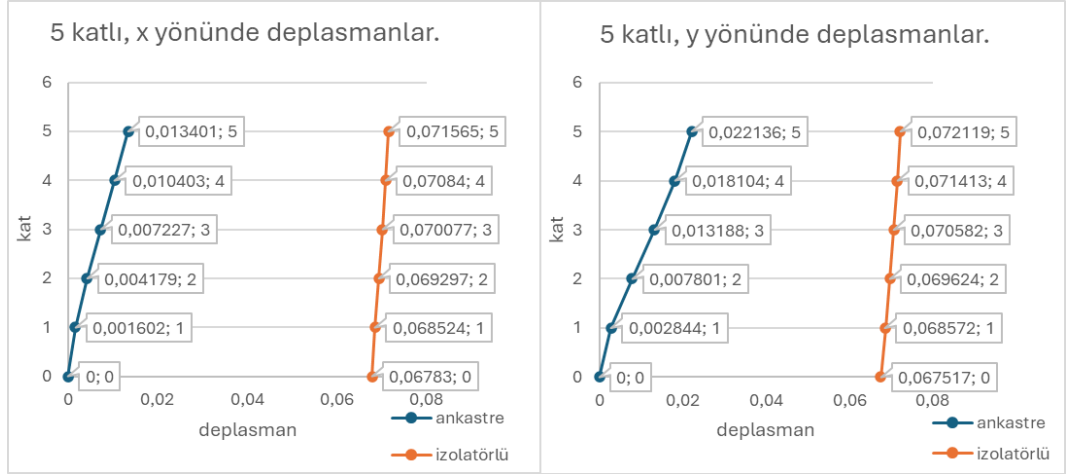


Şekil 37. Mafsal atanması

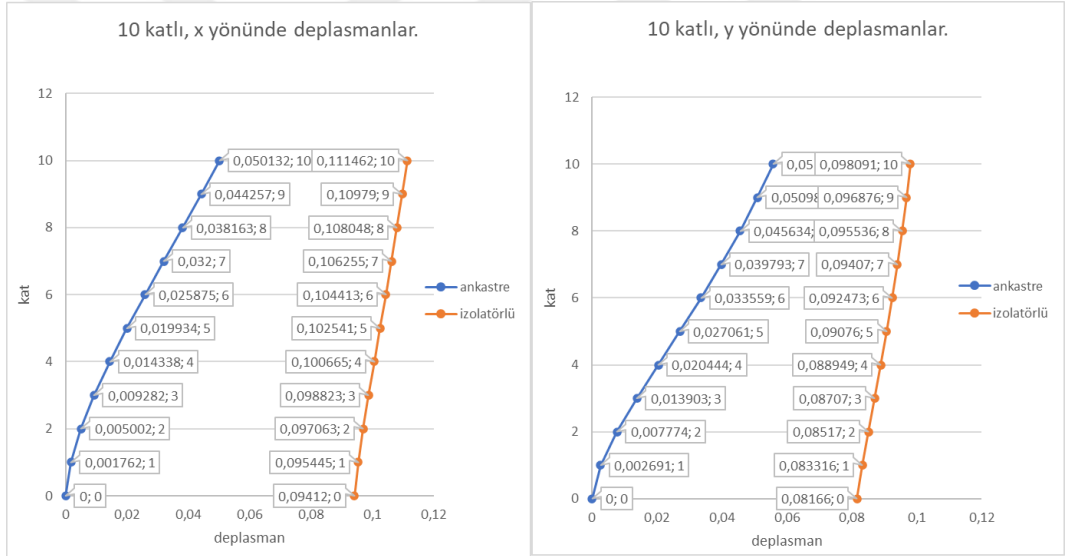
4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Birinci Tasarım Aşaması İçin Mod Birleştirme Yöntemi ile Deprem Analiz Sonuçları

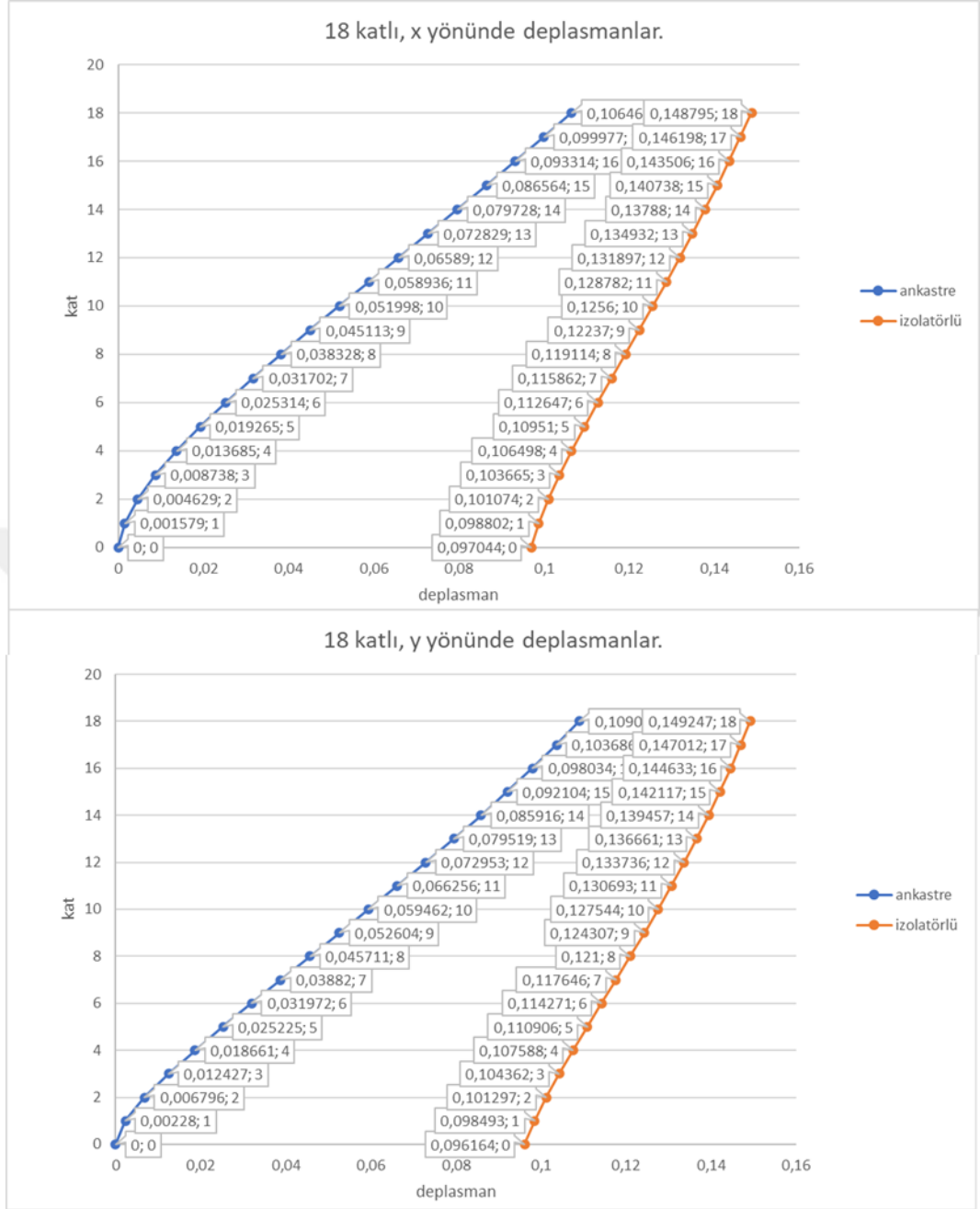
4.1.1. Deplasmanlar

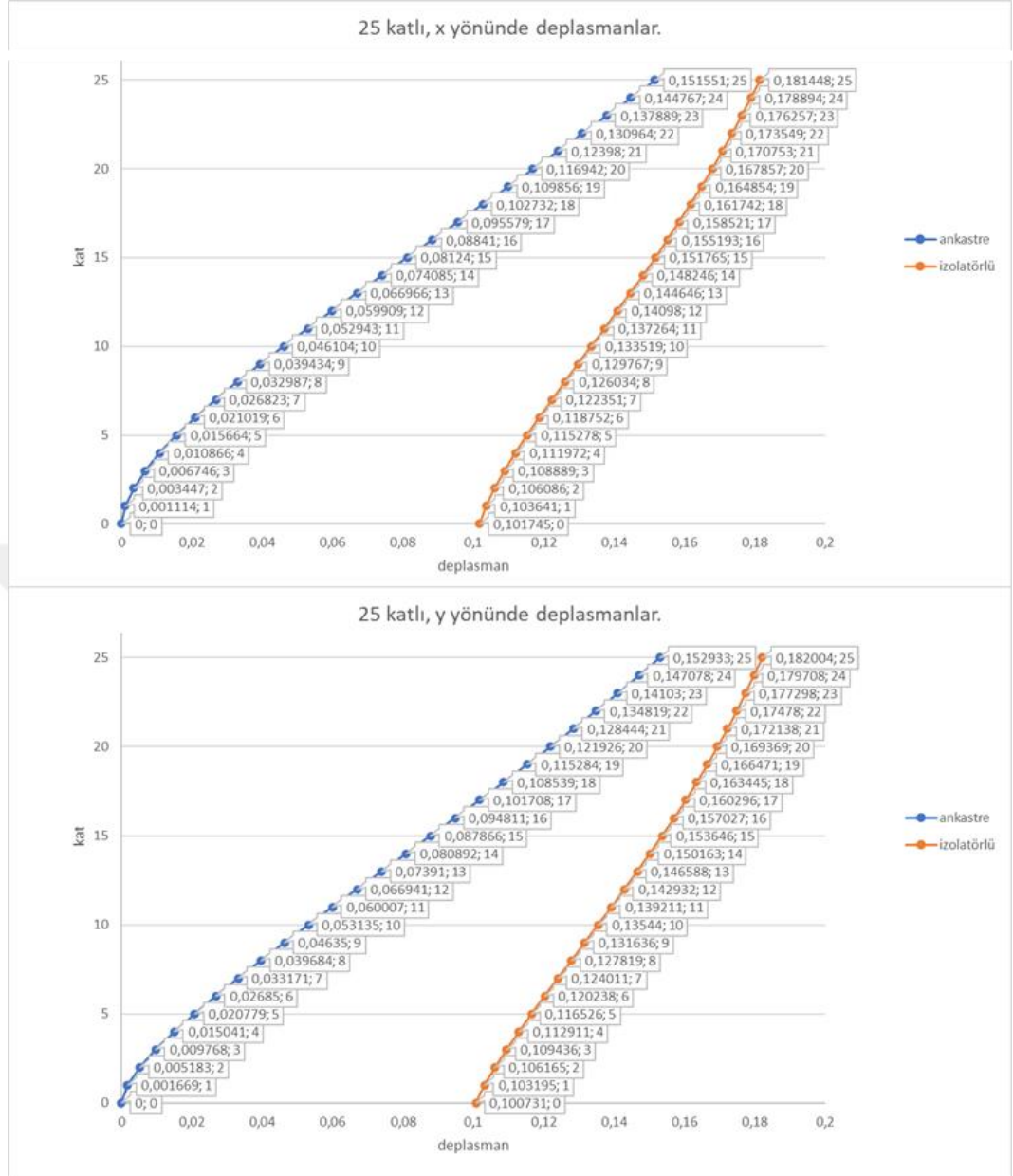


Şekil 38. 5 katlı yapıların görece deplasmanları (kutu içinde)



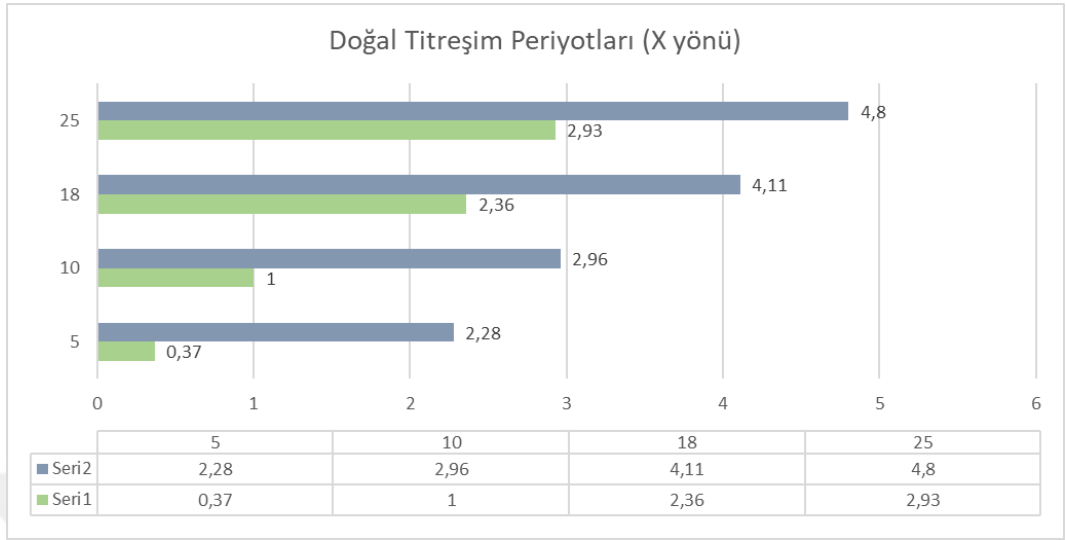
Şekil 39. 10 katlı yapıların görece deplasmanları (kutu içinde)



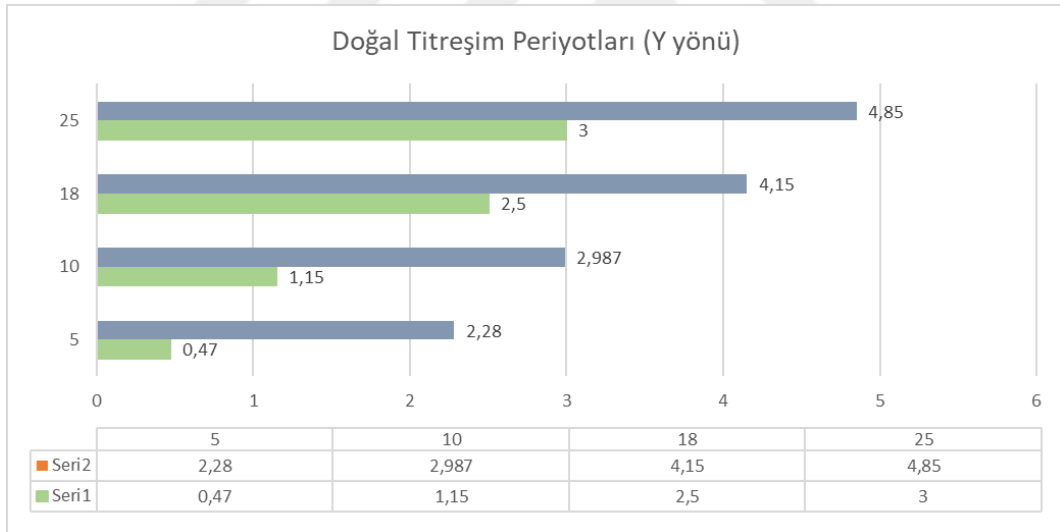


Şekil 41. 25 katlı yapıların görece deplasmanları (kutu içinde)

4.1.2. Doğal Titreşim Periyotları

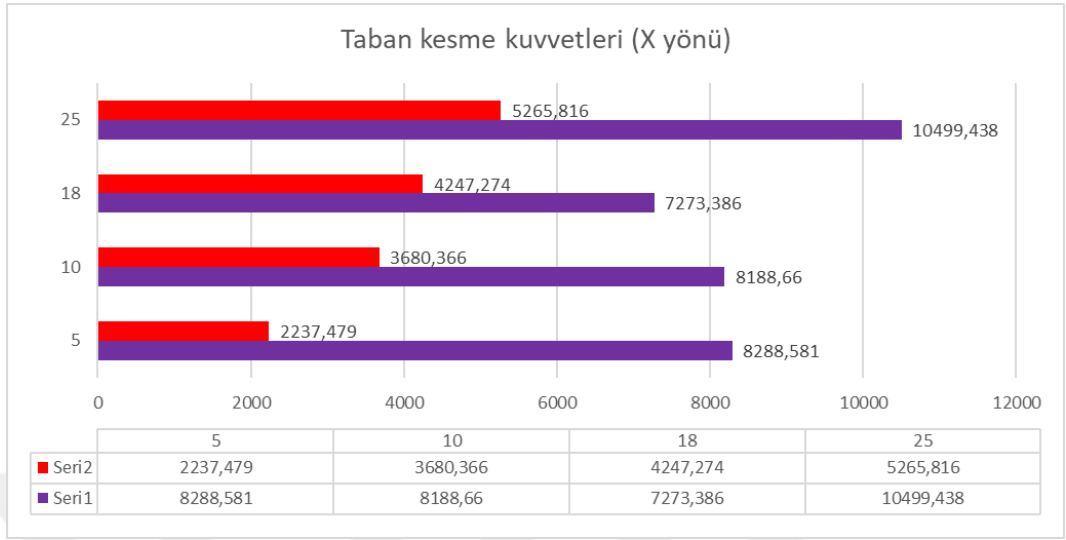


Şekil 42. Doğal titreşim periyotları X yönü

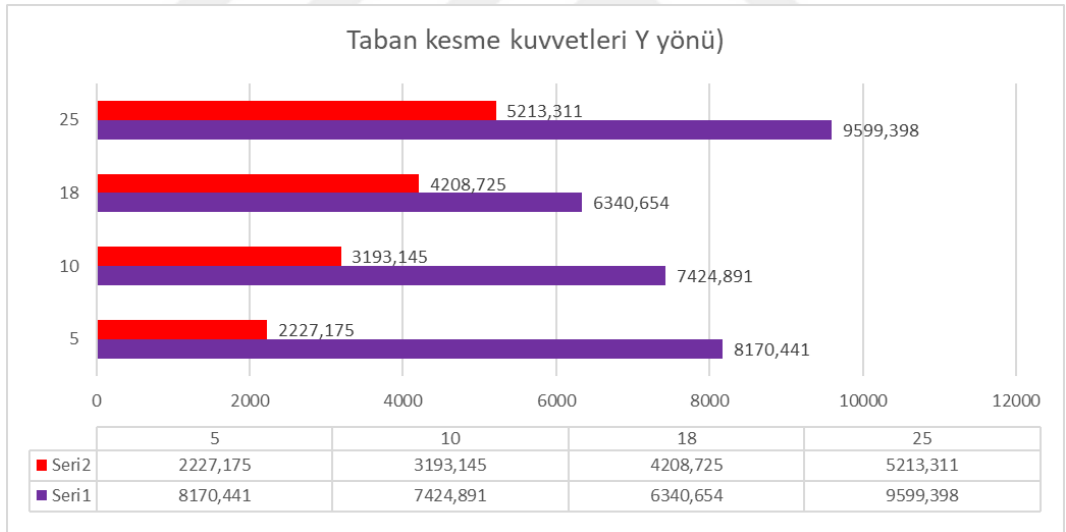


Şekil 43. Doğal titreşim periyotları Y yönü

4.1.3. Taban Kesme Kuvvetleri

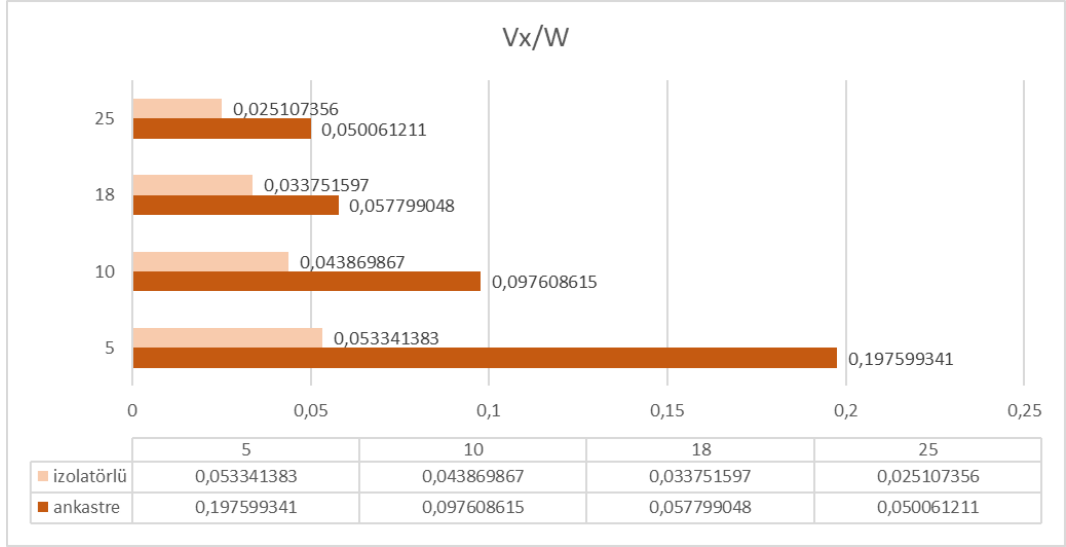


Şekil 44. Taban kesme kuvvetleri X yönü

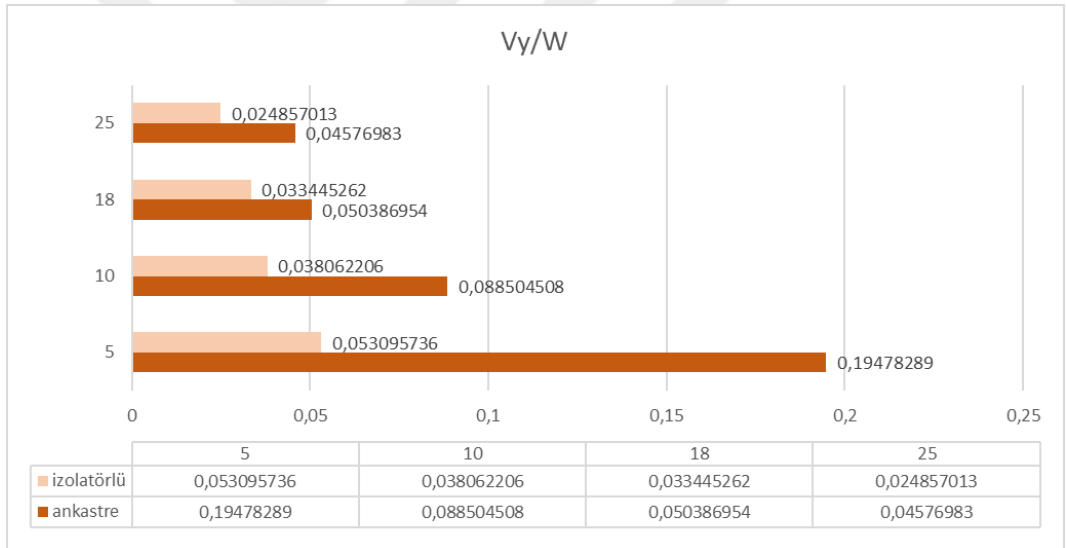


Şekil 45. Taban kesme kuvvetleri Y yönü

Mod birleştirme yöntemi ile yapılan birinci tasarım aşama ve deprem analizlerinde $R=8$ olarak alınmaktadır.

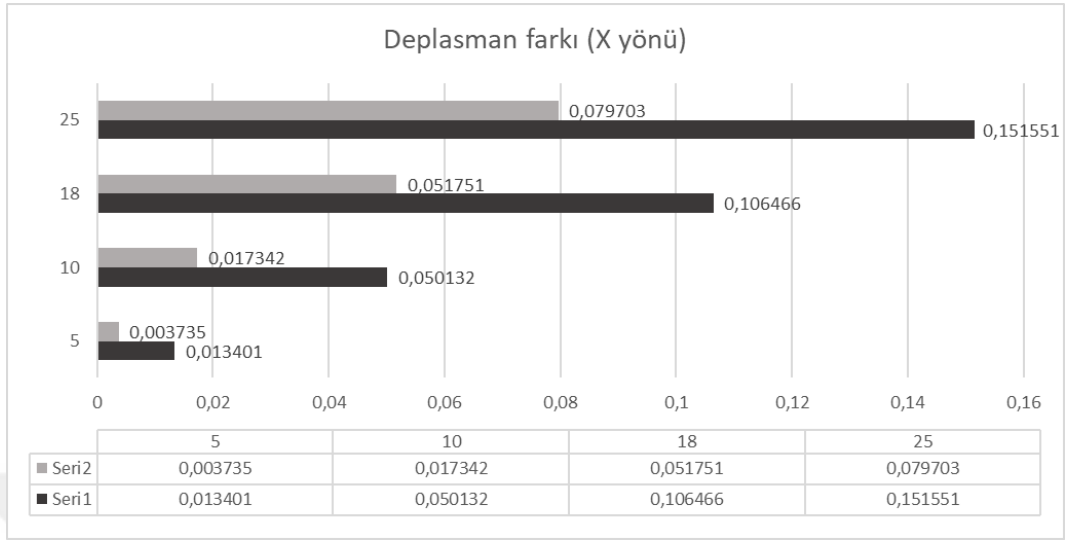


Şekil 46. Taban kesme kuvvetleri / yapının toplam ağırlığı (V_x/W)

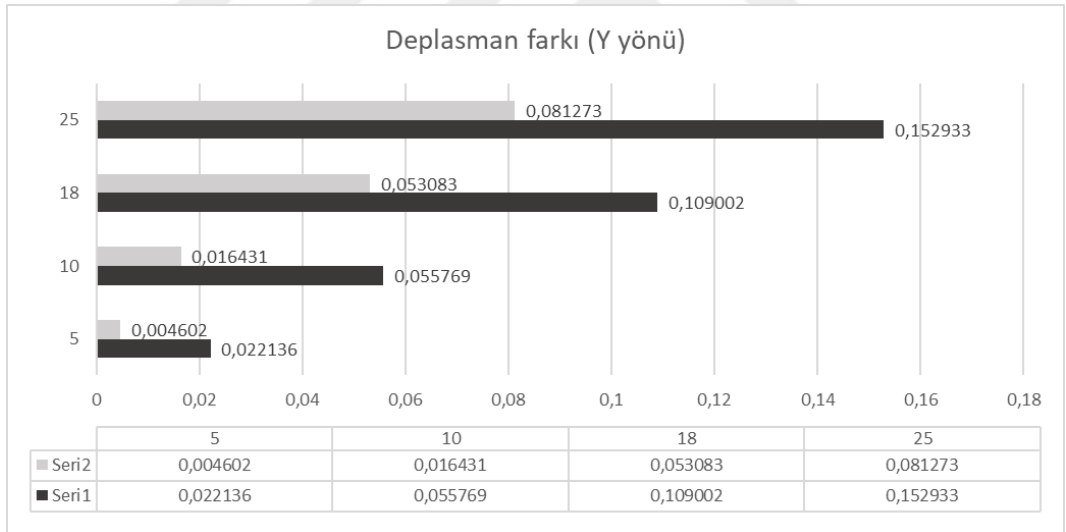


Şekil 46. Taban kesme kuvvetleri / yapının toplam ağırlığı (V_x/W)

4.1.4. Deplasman Farkı

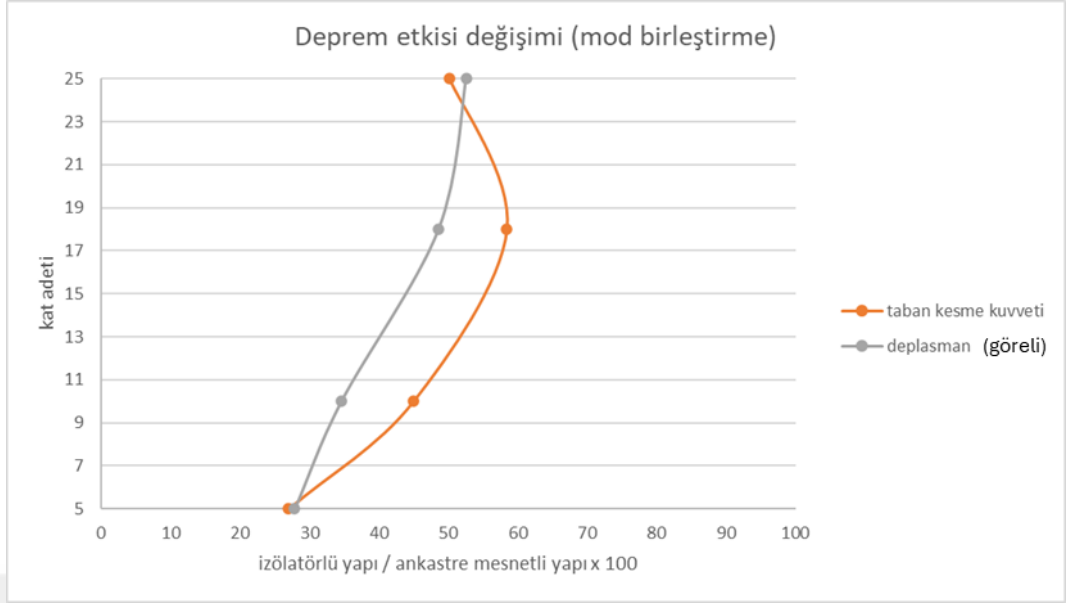


Şekil 46. Deplasman farklar X yönü



Şekil 47. Deplasman farklar Y yönü

Yapının yüksekliğine bağlı sismik izolatörün etkisi değişimi.



Şekil 48. Yapıların kat adedine bağlı görelî deplasmanların ve taban kesme kuvvetlerinin oranları (X yönü)



Şekil 49. Yapıların kat adedine bağlı doğal titreşim periyotlarının oranları (X yönü)

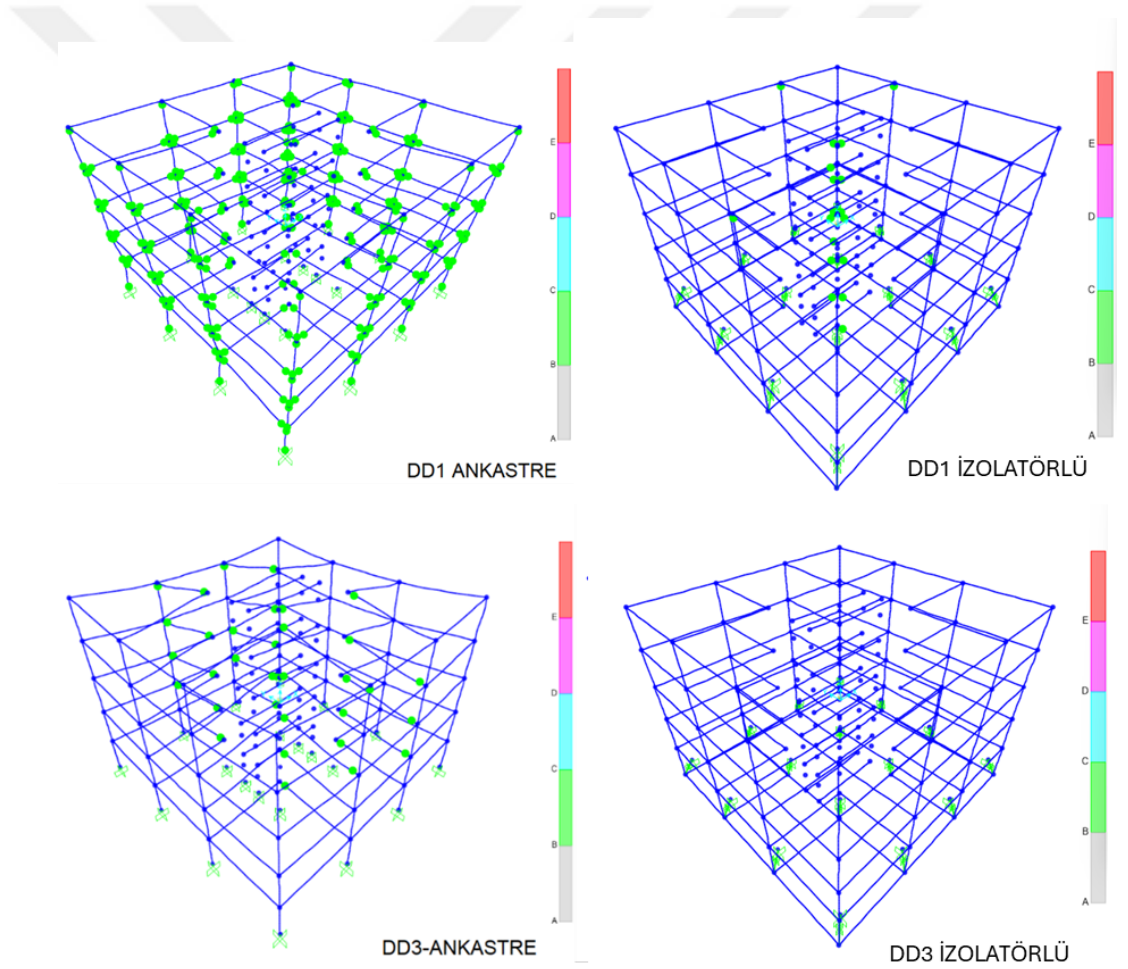
Yukarıdaki gösterilen grafiklere göre yapının yüksekliği artınca izolatörün etkisi azaldığını görülmektedir. Bu değişim izolatörlü yapılarda kat arası görelî deplasmanlar ve taban kesme kuvvetleri açısından deprem etkisi yapının yüksekliğine

bağlı hafif bir derece de düştüğü görülmüştür. Ancak sismik izolatörlü yapılarda yüksekliğe bağlı doğal titreşim periyotları artışı çok büyük bir ölçüde azaldığı görülüyor. Çünkü yüksek yapının doğal titreşim periyodu normalde yüksek olmaktadır.

4.2. İkinci ve Üçüncü Tasarım Aşamaları İçin Zaman Tanımı Alanında Doğrusal Olmayan Deprem Analiz Sonuçları:

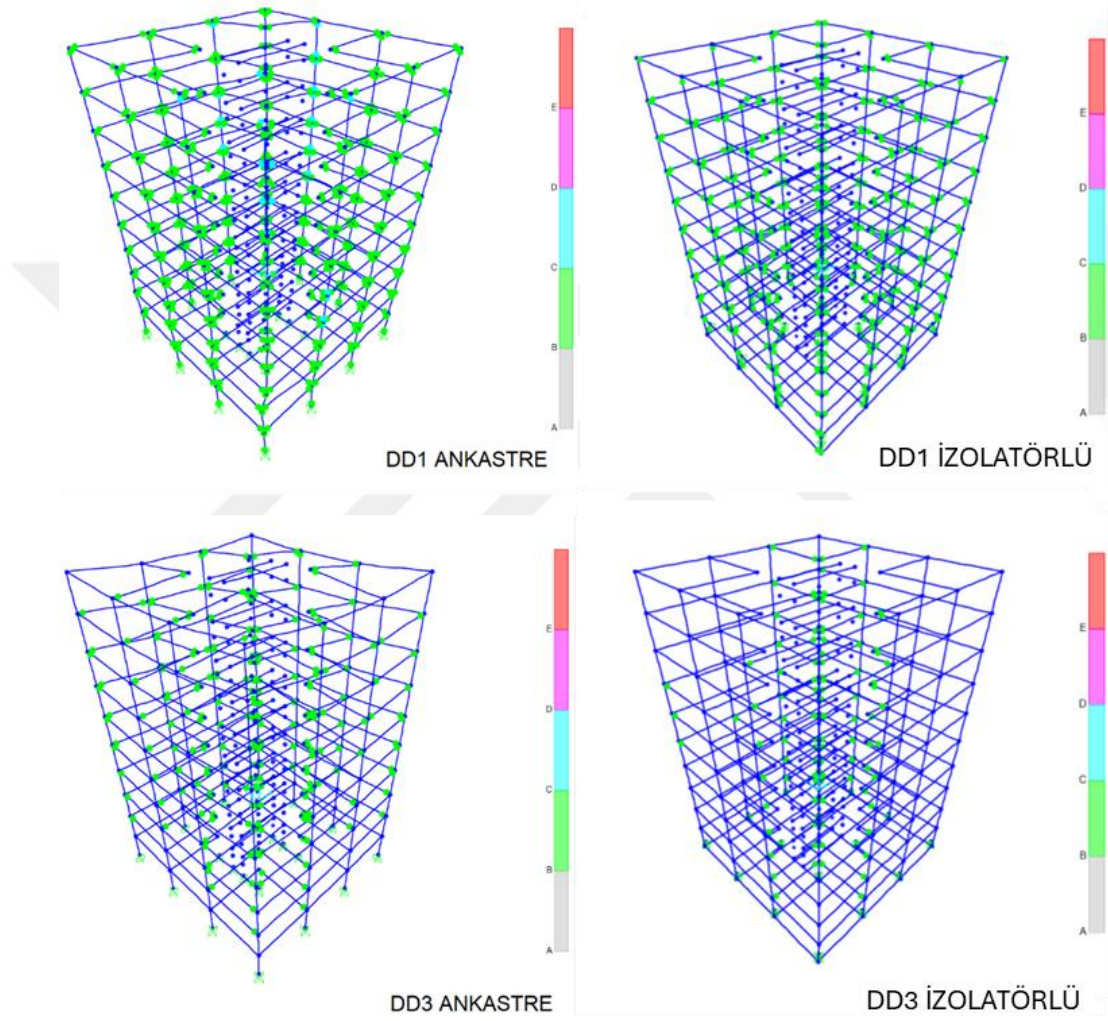
4.2.1. Yapılarının Mafsallaşma Durumları ve Performans Sonuçları

5 katlı ankastre ve izolatörlü yapılar:



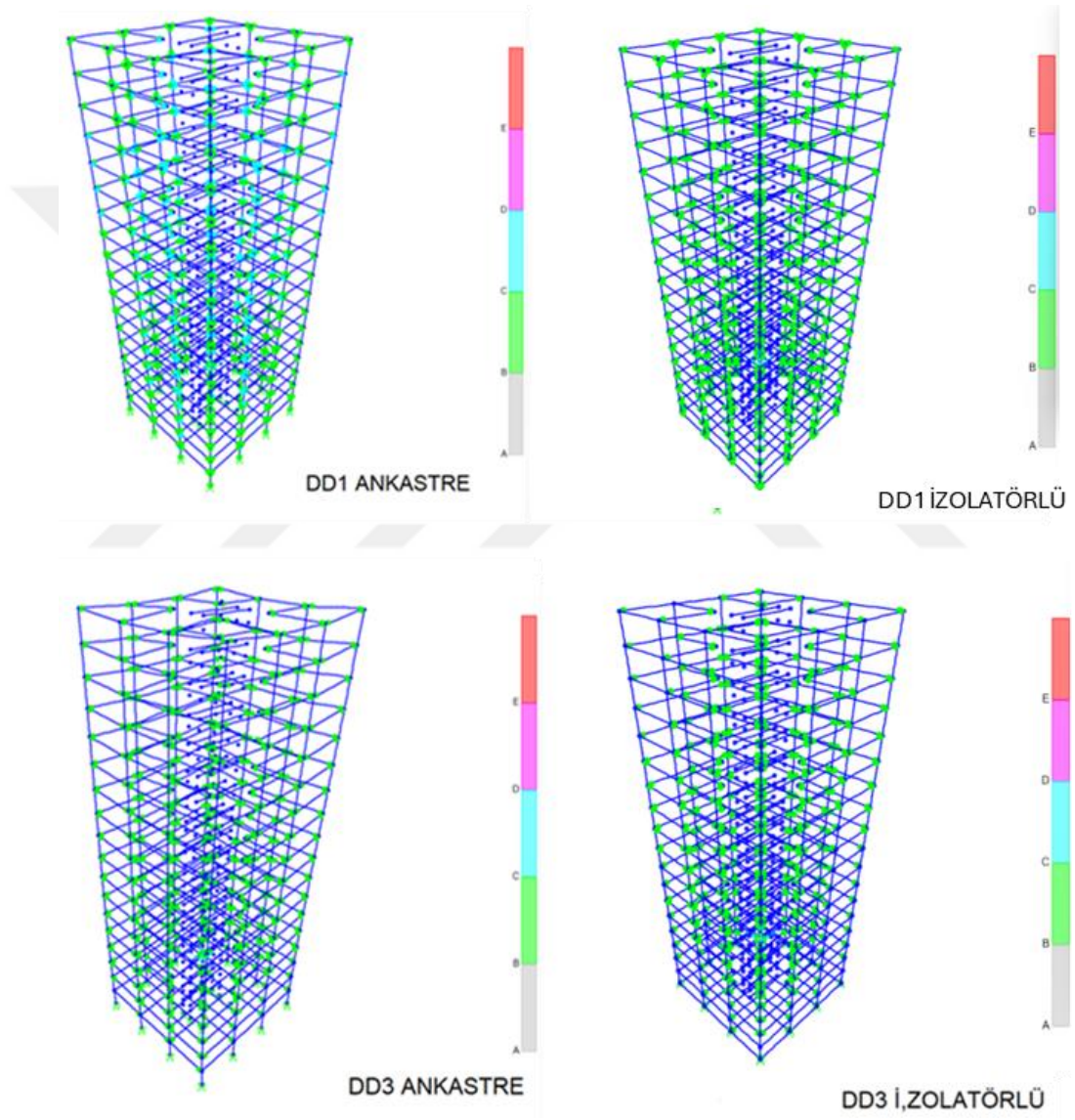
Şekil 50. 5 katlı ankastre ve sismik izolatörlü binalarının DD1 ve DD3'e göre mafsallaşma durumları

10 katlı ankastre ve izolatörlü yapılar:



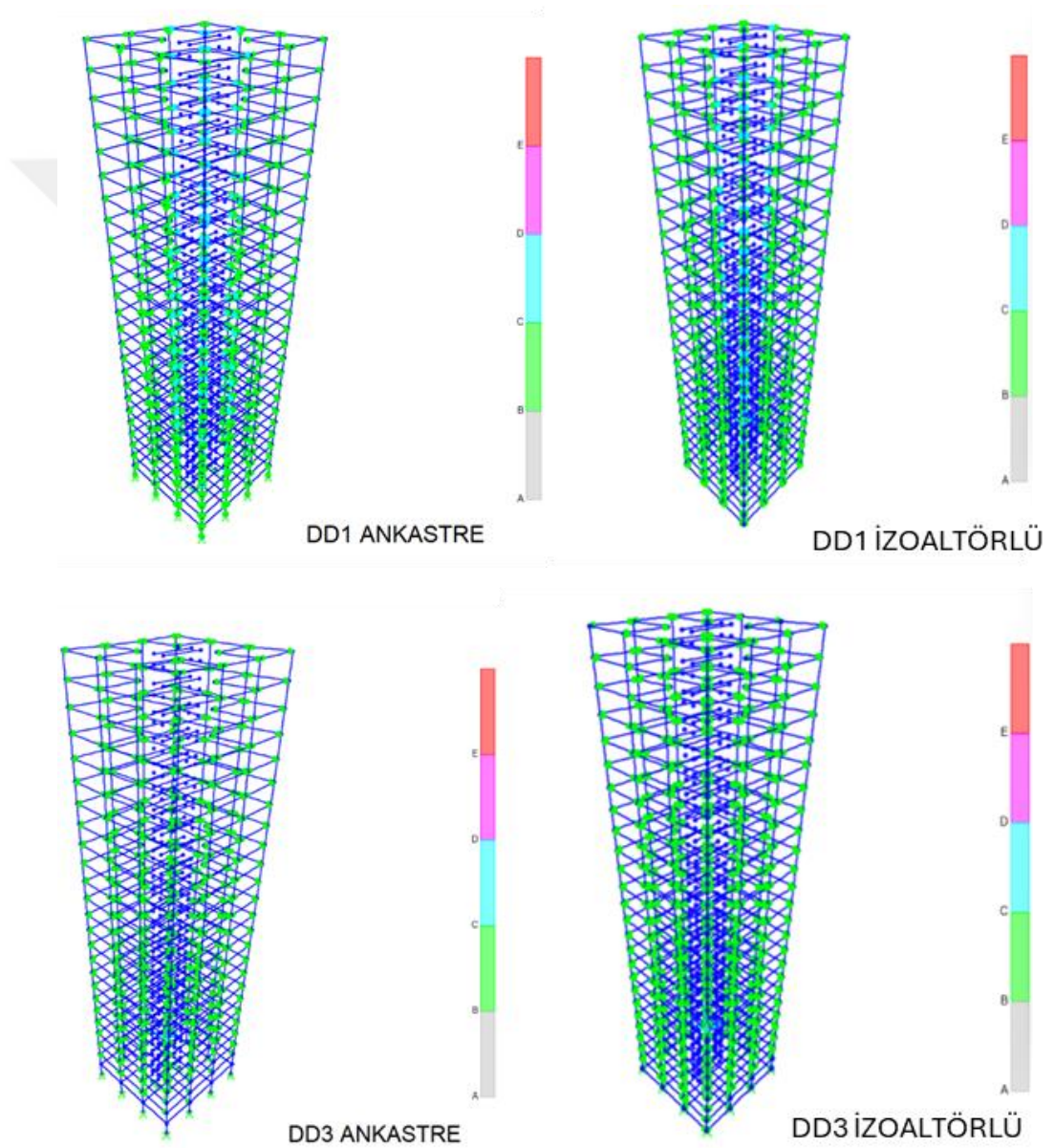
Şekil 51. 10 katlı ankastre ve sismik izolatörlü binalarının DD1 ve DD3'e göre mafsallaşma durumları

18 katlı ankastre ve izolatörlü yapılar:



Şekil 52. 18 katlı ankastre ve sismik izolatörlü binalarının DD1 ve DD3 e göre mafsallaşma durumları

25 katlı ankastre ve izolatörlü yapıları:



Şekil 53. 25 katlı ankastre ve sismik izolatörlü binalarının DD1 ve DD3 e göre mafsallaşma durumları

Sınırlı Hasar performans düzeyi:

“15.8.3. **Mevcut Binalarda Sınırlı Hasar Performans Düzeyi:** Betonarme binaların herhangi bir katında, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda kirişlerin en fazla %20’si Belirgin Hasar Bölgesi’ne geçebilir, ancak diğer taşıyıcı elemanlarının tümü Sınırlı Hasar Bölgesi’ndedir. Eğer varsa, gevrek olarak hasar gören elemanların güçlendirilmeleri kaydı ile, bu durumdaki binaların Sınırlı Hasar Performans Düzeyi’nde olduğu kabul edilir. Çelik ve prefabrik betonarme binalarda bu istisnalar geçerli değildir.” TBDY2018

Kontrollü Hasar performans düzeyi:

“15.8.4. **Mevcut Binalarda Kontrollü Hasar Performans Düzeyi (b) İleri Hasar Bölgesi’ndeki düşey elemanların, her bir katta düşey elemanlar tarafından taşınan kesme kuvvetine toplam katkısı %20’nin altında olmalıdır. En üst katta İleri Hasar Bölgesi’ndeki düşey elemanların kesme kuvvetleri toplamının, o kattaki tüm düşey elemanların kesme kuvvetlerinin toplamına oranı en fazla %40 olabilir.**” TBDY2018

Ayrıca 14.14.5.1 fıkrasına göre “Kesintisiz Kullanım (KK) performans seviyesi için $i \leq 0.005h$, Sınırlı Hasar (SH) performans seviyesi için $i \leq 0.01h$, Kontrollü Hasar (KH) performans seviyesi için ise $i \leq 0.015h$ değerini aşmayacaktır” (TBDY2018).

Yukarıdaki şekillerde plastik mafsalların renkleri şu performans düzeyleri ifade eder: Gri rengi: Kesintisiz Kullanım, Yeşil rengi: Sınırlı Hasar, Gökyüzü rengi: belirgin hasar, Mor rengi: ileri hasar ve Kırmızı rengi: Göçme Bölgesi. Buna göre yapılardaki sağlanan performans düzeyleri aşağıdaki tablolarda açıklanmaktadır

Tablo 9. Hasar bölgesi oranları (KK: Kesintisiz Kullanım, SH: Sınırlı Hasar, BH: Belirgin Hasar, İH: İleri Hasar KH: Kontrollü Hasar)

Kat adedi		Ankastre mesnetli				Sismik İzolatörlü			
		Hasar bölgesi oranı %				Hasar bölgesi oranı %			
		SH	BH	İH	Durum	SH	BH	İH	Durum
5	DD1	36	0	0	SH	9	0	0	KK
	DD3	8	0	0	KK	0	0	0	KK
10	DD1	73	11	0	SH	20	0	0	KK
	DD3	27	0	0	SH	7	0	0	KK
18	DD1	78	21	0	KH	80	0	0	SH
	DD3	72	0	0	SH	60	0	0	KK
25	DD1	68	24	0	KH	78	11	0	SH
	DD3	80	0	0	SH	46	0	0	KK

Tablo 10. deplasmanlara göre performans düzeyleri (KK: Kesintisiz Kullanım, SH: Sınırlı Hasar, KH: Kontrollü Hasar)

Kat adedi		(KK) ≤	(SH) ≤	(KH) ≤	Ankastre mesnetli		Sismik İzolatörlü		
	h _i	0.005h _i	0.01h _i	0.015h _i		d _i	Durum	d _i	Durum
5	20 m	0.1 m	0.2 m	0.3 m	DD1	0.11 m	SH	0.02 m	KK
					DD3	0.04 m	SH	0,008 m	KK
10	40 m	0.2 m	0.4 m	0.6 m	DD1	0.33 m	SH	0.08 m	KK
					DD3	0.10 m	SH	0.025 m	KK
18	72 m	0.36 m	0.72 m	1.08 m	DD1	0.80 m	KH	0.37 m	SH
					DD3	0.38 m	SH	0.13 m	KK
25	100 m	0.5 m	1 m	1.5 m	DD1	1.05 m	KH	0.65 m	SH
					DD3	0.53 m	SH	0.28	KK

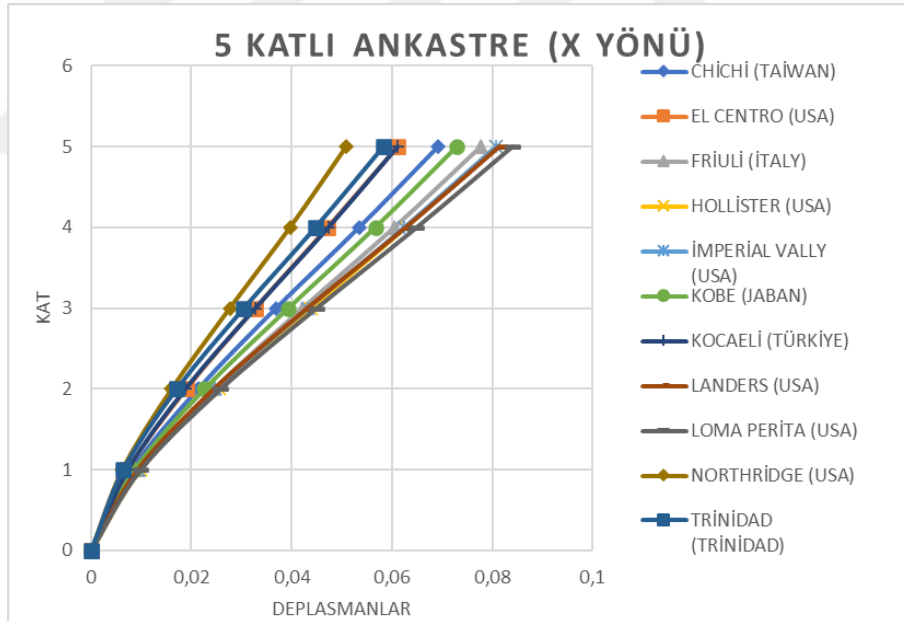
Yukarıdaki tablolara göre yapılarının performans sonuçları aşağıdaki tabloda açıklanmaktadır

Tablo 11. Performans sonuçları

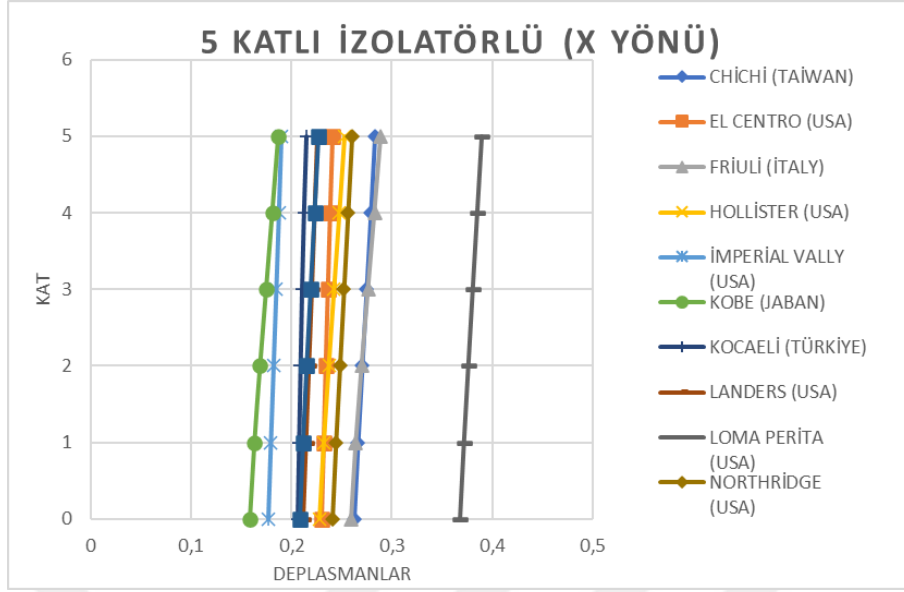
Kat adedi		Performans düzeyi	
		Ankastre mesnetli	Sismik İzolatörlü
5	DD1	Sınırlı Hasar	Kesintisiz Kullanım
	DD3	Sınırlı Hasar	Kesintisiz Kullanım
10	DD1	Sınırlı Hasar	Kesintisiz Kullanım
	DD3	Sınırlı Hasar	Kesintisiz Kullanım
18	DD1	Kontrollü Hasar	Sınırlı Hasar
	DD3	Sınırlı Hasar	Kesintisiz Kullanım
25	DD1	Kontrollü Hasar	Sınırlı Hasar
	DD3	Sınırlı Hasar	Kesintisiz Kullanım

4.2.2. Ankastre Mesnetli ve İzolatörlü Yapılar Arasında Deplasman Farkı

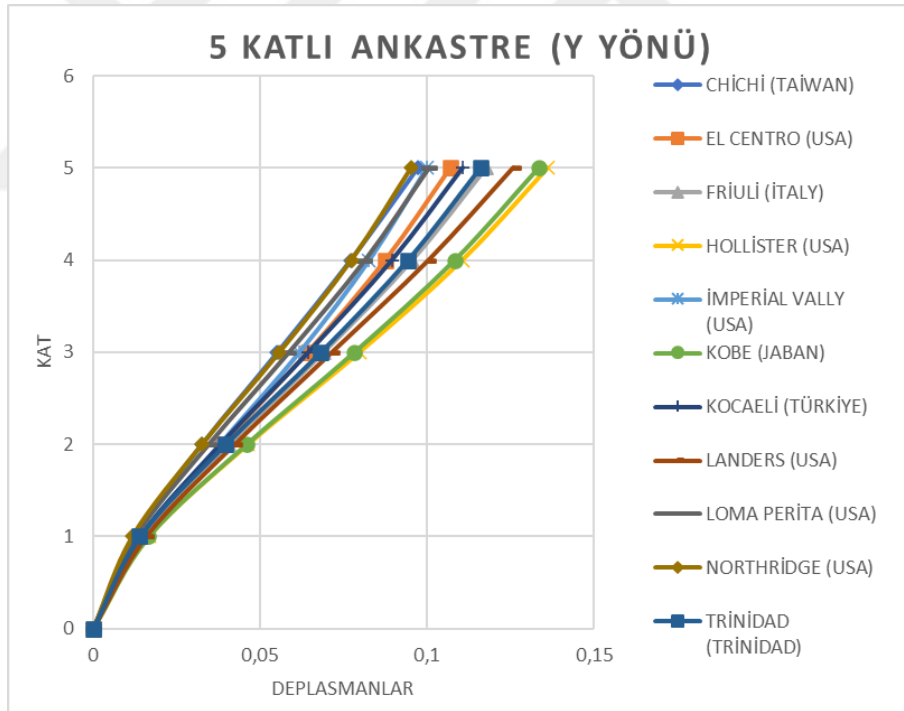
DD1 deprem yer hareketi düzeyi için deplasmanlar (metre):



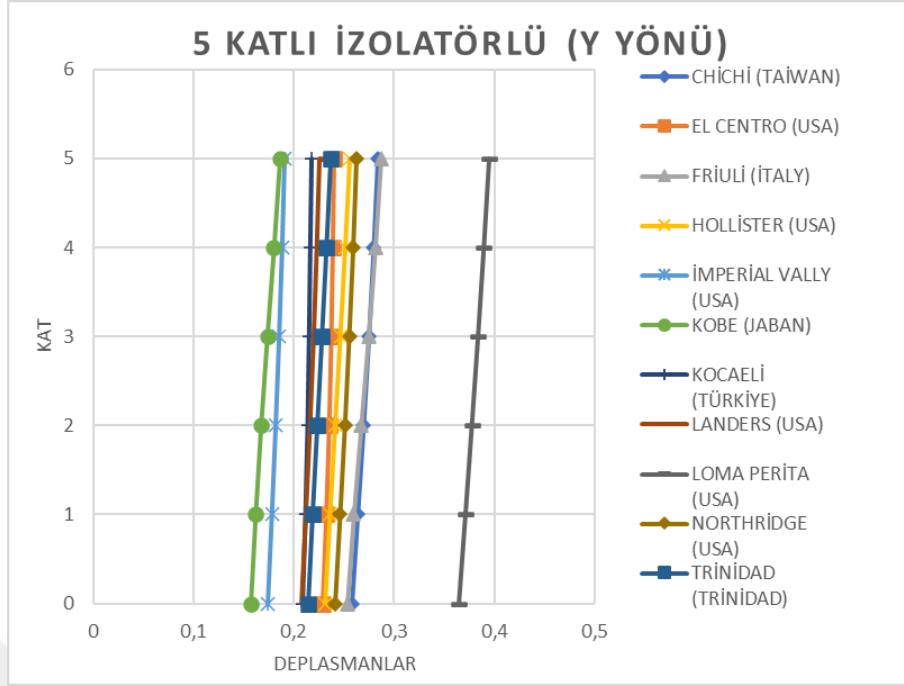
Şekil 54. 5 katlı ankastre yapı deplasmanları (d_x)



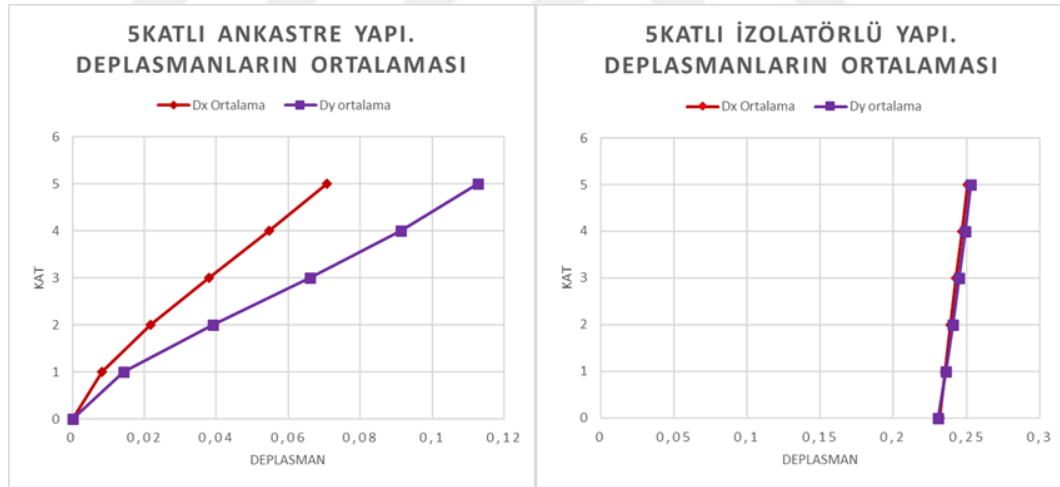
Şekil 55. 5 katlı izolatörlü yapı deplasmanları (d_x)



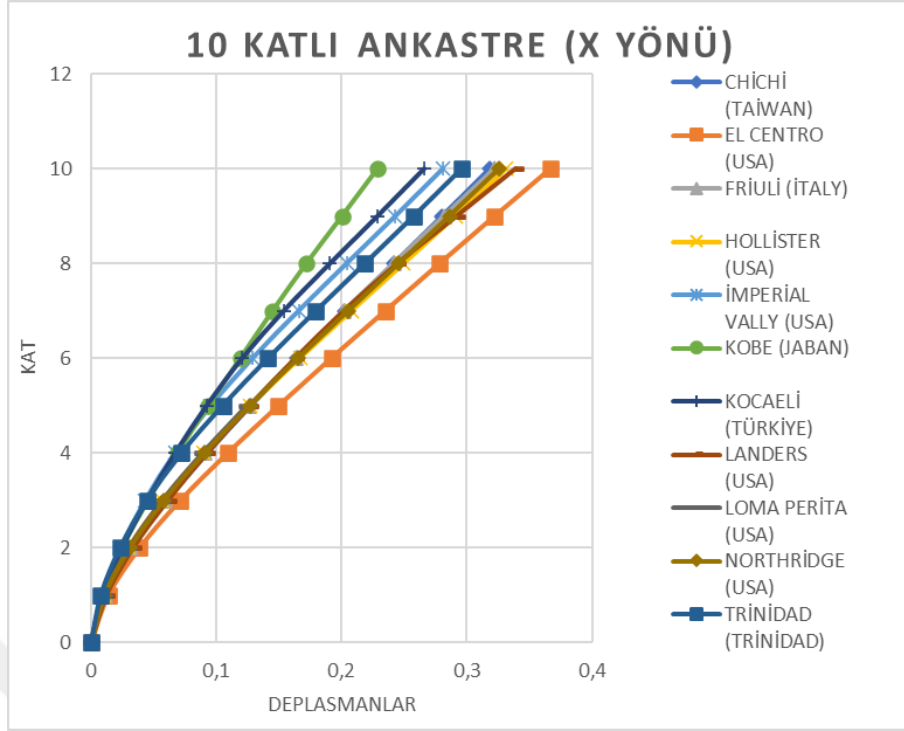
Şekil 56. 5 katlı ankastre yapı deplasmanları (d_y)



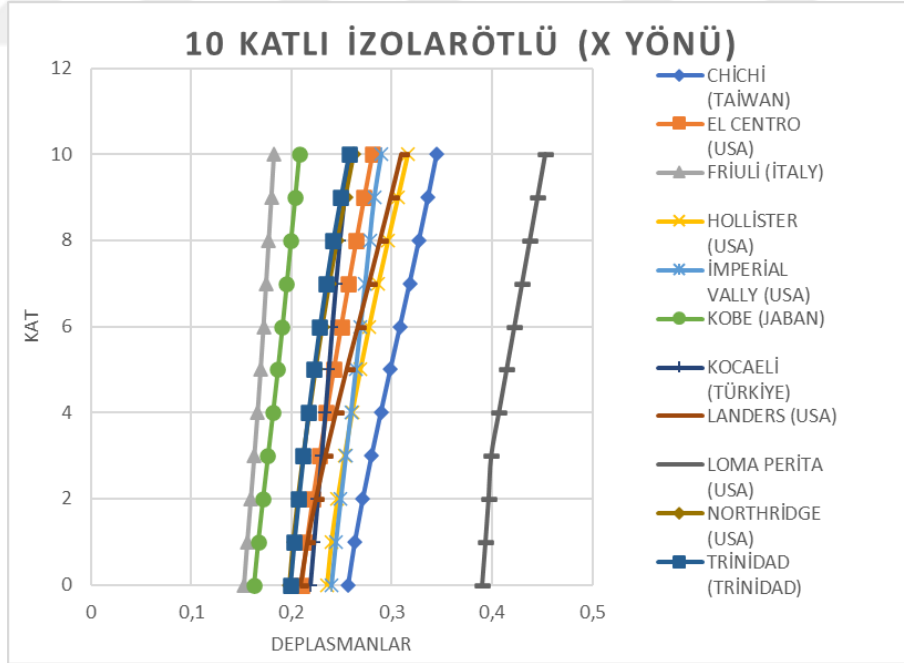
Şekil 57. 5 katlı izolatörlü yapı deplasmanları (d_y)



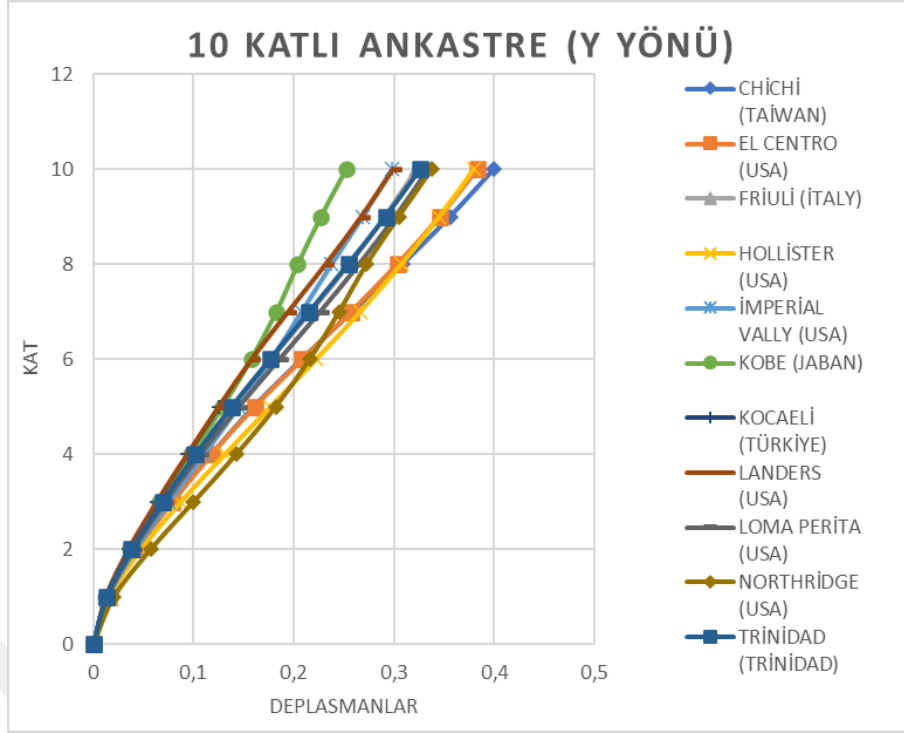
Şekil 58. 11 deprem ortalaması doğrusal olmayan analiz sonuçları (5 katlı)



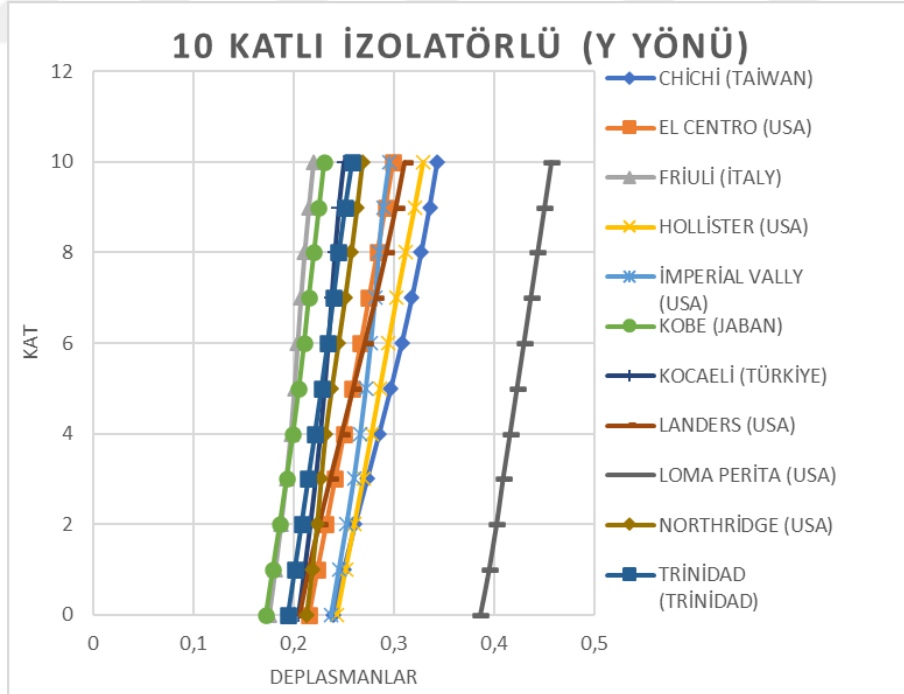
Şekil 59. 10 katlı ankastre yapı deplasmanları (d_x)



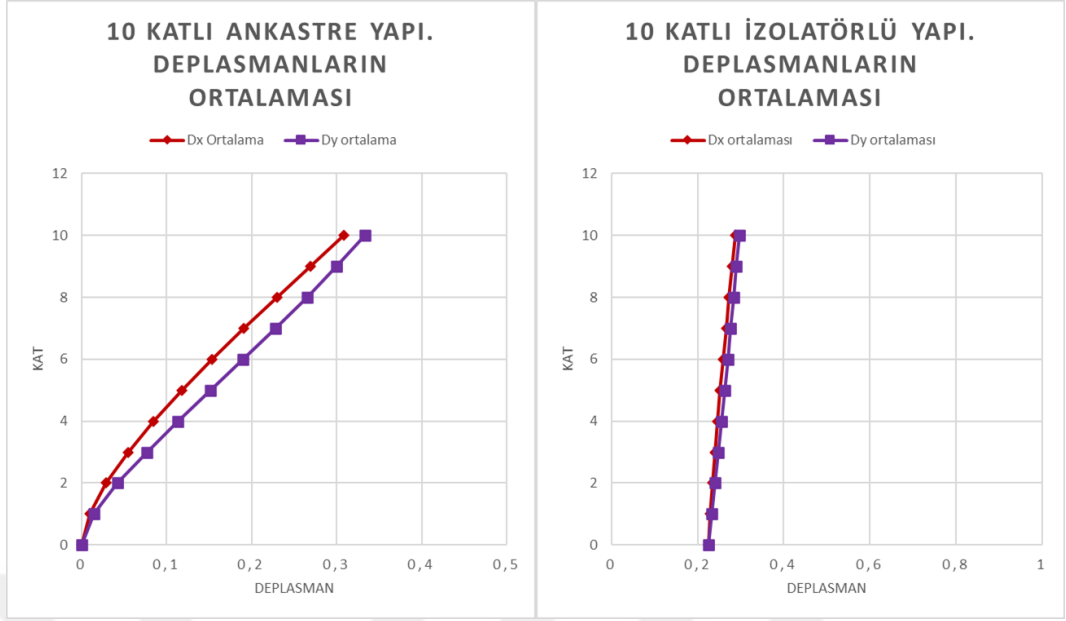
Şekil 60. 10 katlı izolatörlü yapı deplasmanları (d_x)



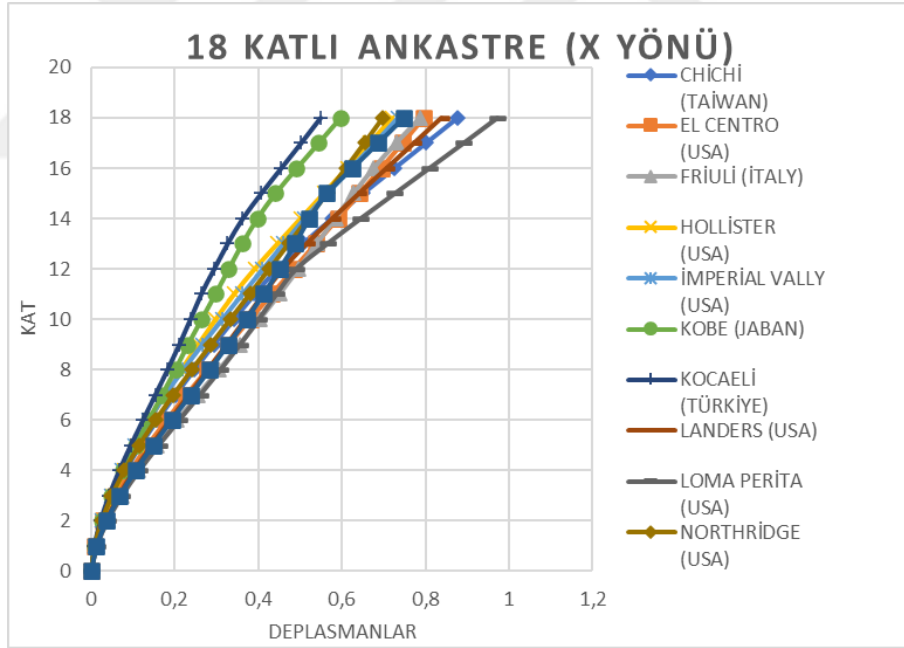
Şekil 61. 10 katlı ankastre yapı deplasmanları (d_y)



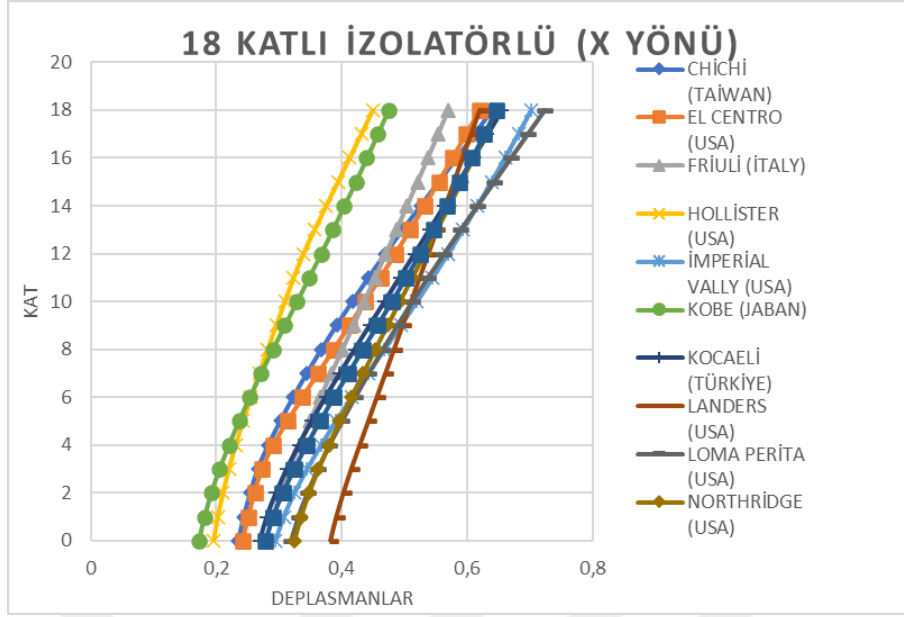
Şekil 62. 10 katlı izolatörlü yapı deplasmanları (d_y)



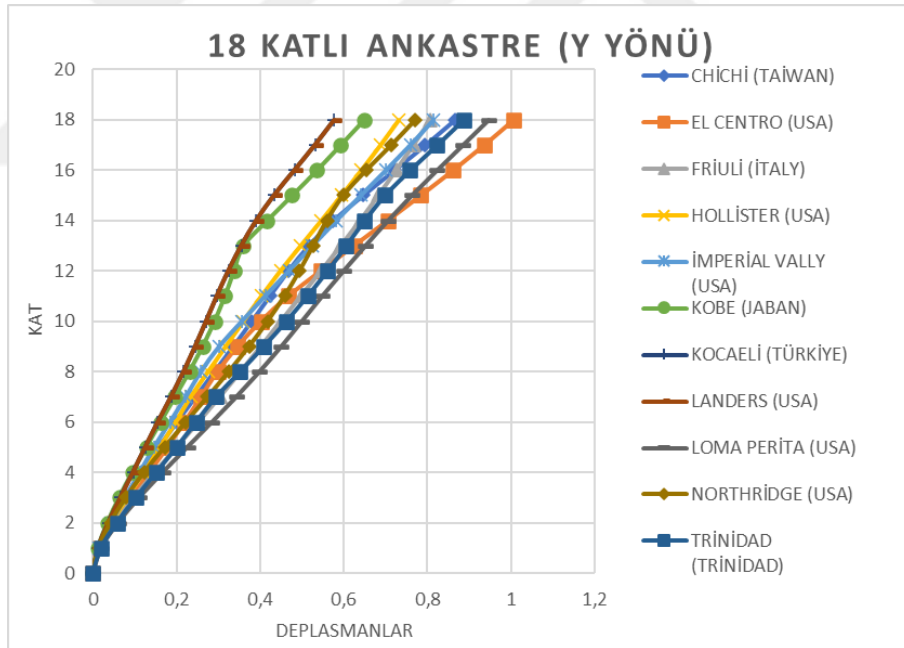
Şekil 63. 11 deprem ortalaması doğrusal olmayan analiz sonuçları (10 katlı)



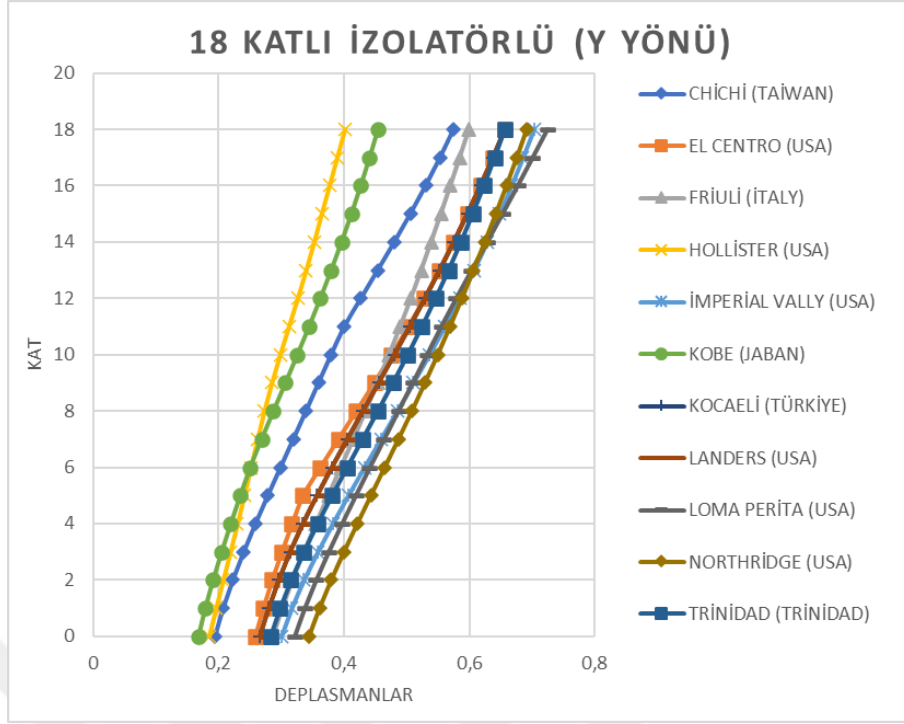
Şekil 64. 18 katlı ankastre yapı deplasmanları (d_x)



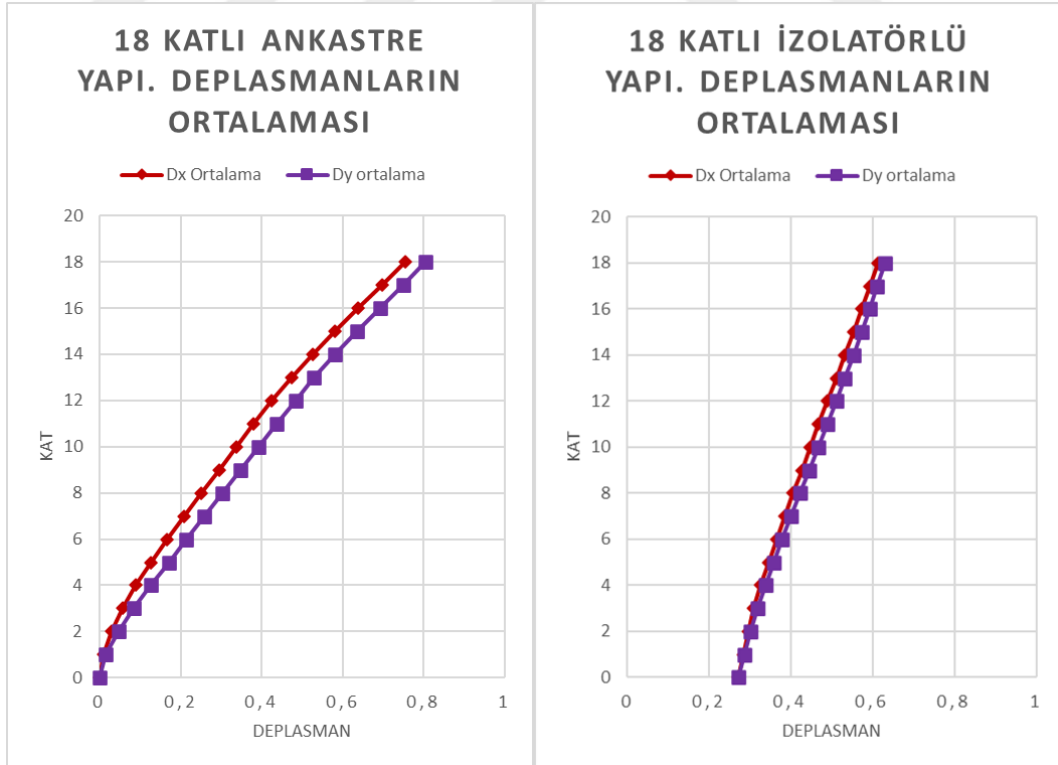
Şekil 65. 18 katlı izolatörlü yapı deplasmanları (d_x)



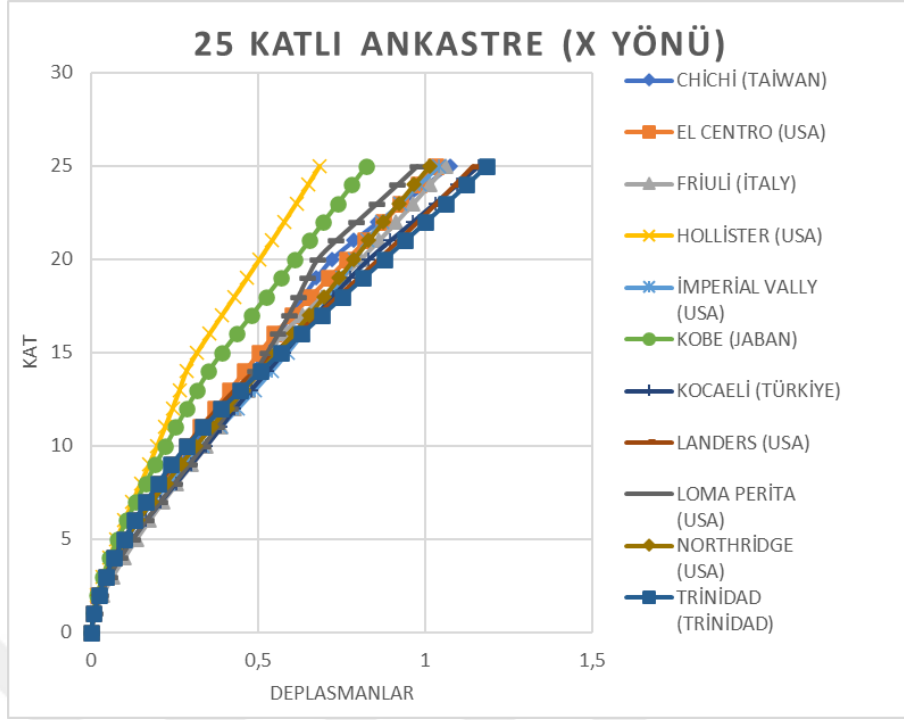
Şekil 66. 18 katlı ankastre yapı deplasmanları (d_y)



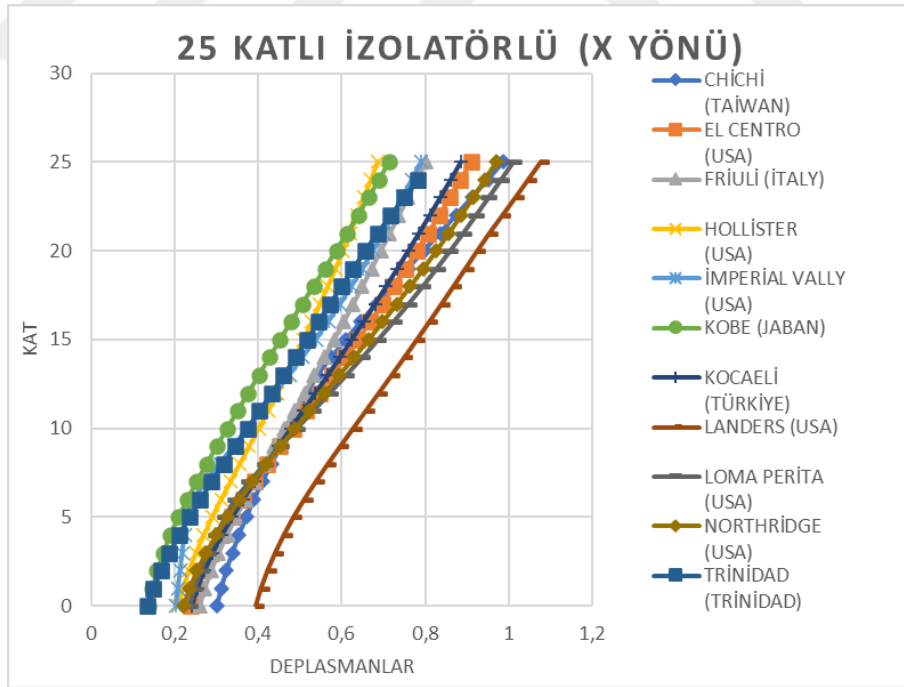
Şekil 67.18 katlı İzolatörlü yapı deplasmanları (d_y)



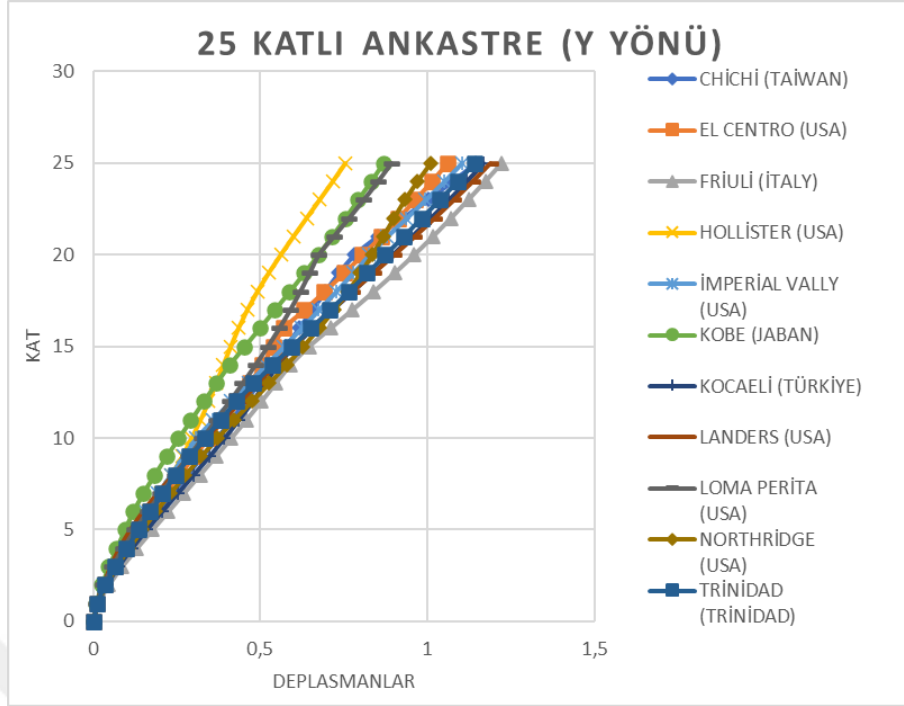
Şekil 68. 11 deprem ortalaması doğrusal olmayan analiz sonuçları (18 katlı)



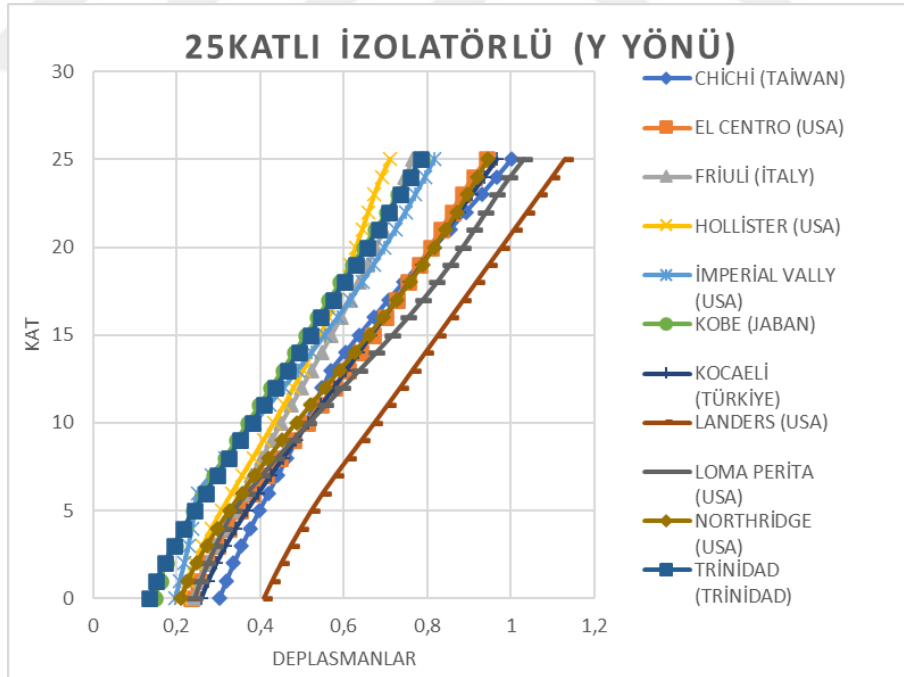
Şekil 69. 25 katlı ankastre yapı deplasmanları (d_x)



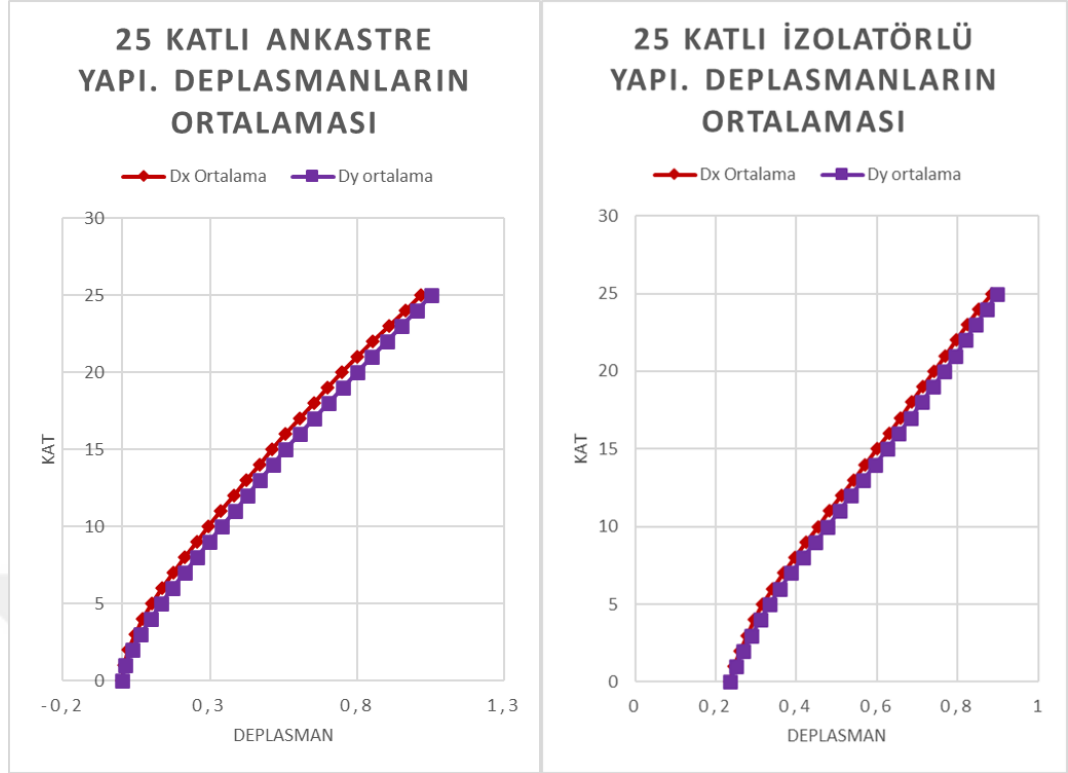
Şekil 70 25 katlı izolatörlü yapı deplasmanları (d_x)



Şekil 71. 25 katlı ankastre yapı deplasmanları (d_y)



Şekil 72. 25 katlı izolatörlü yapı deplasmanları (d_y)

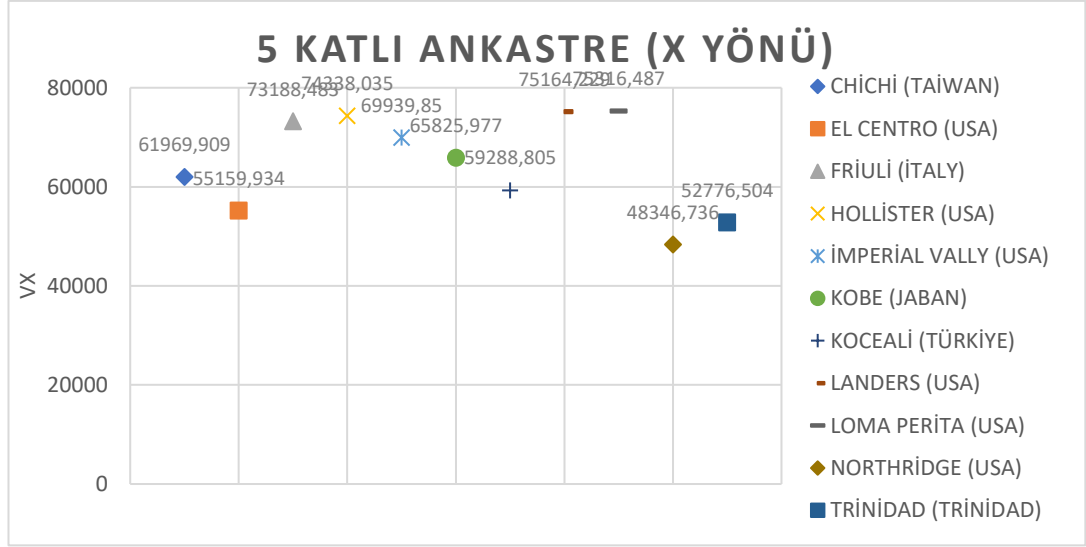


Şekil 73. 11 deprem ortalaması doğrusal olmayan analiz sonuçları (25 katlı)

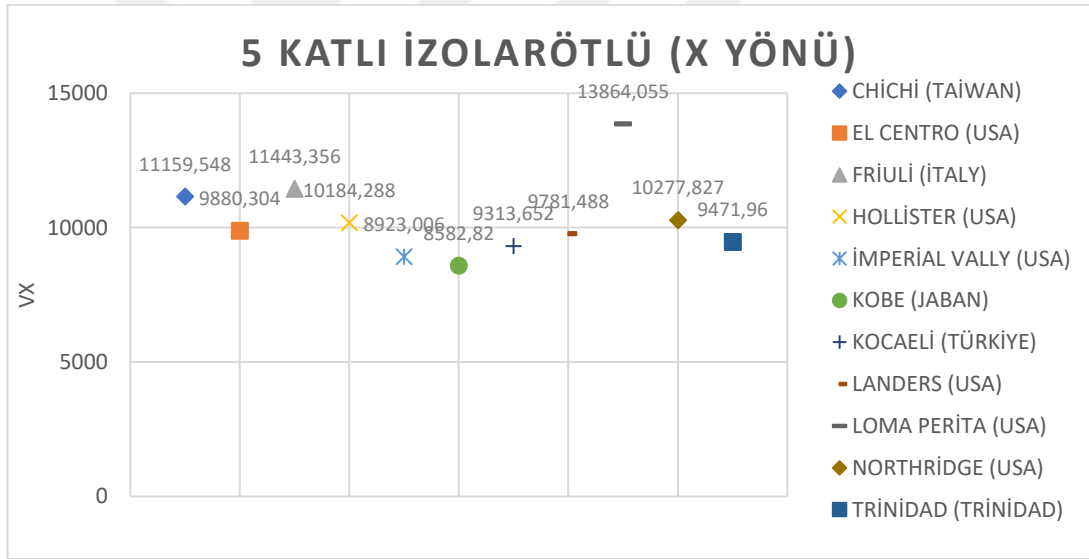
İzolatörlü yapılarda normal yapılara göre çok düşük göreceli deplasman değerlerini aldığı görülmektedir, ancak yapının yüksekliği arttıkça göreceli deplasmanlar artmaktadır.

4.2.3. Ankastre Mesnetli ve İzolatörlü Yapılarda Taban Kesme Kuvvetleri

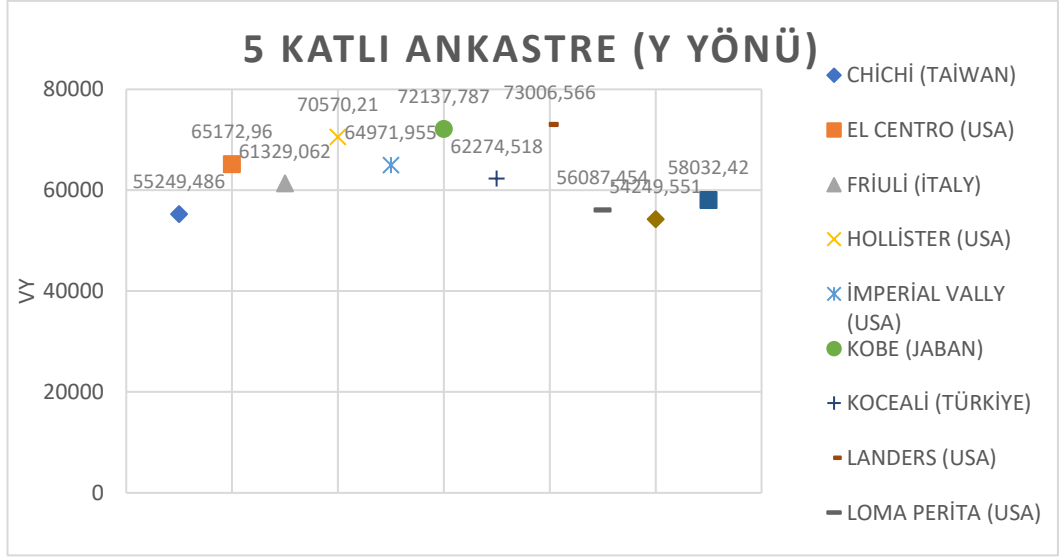
DD1 deprem yer hareketi düzeyi için taban kesme kuvvetleri (kN):



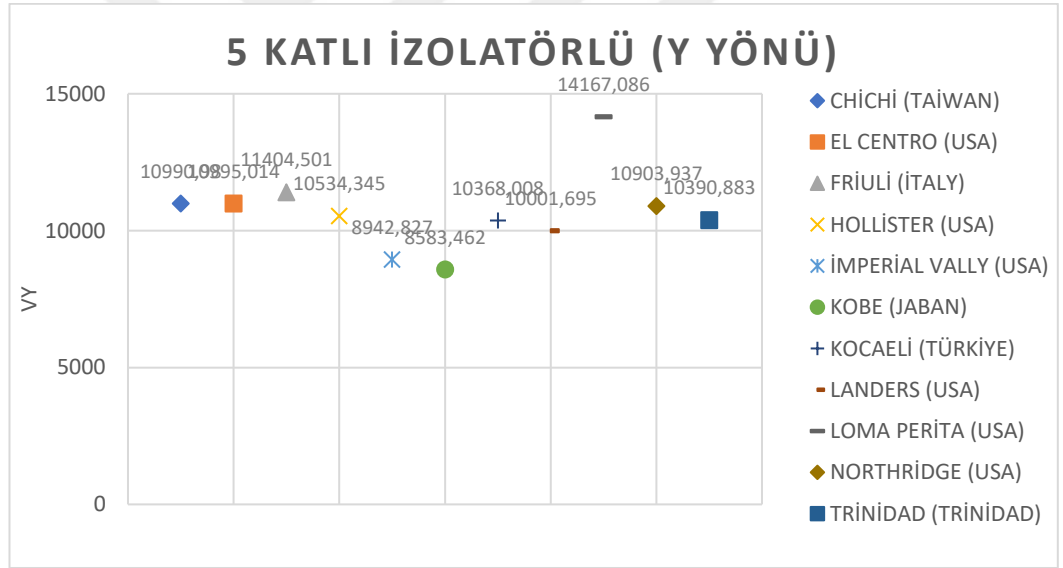
Şekil 74. 5 katlı ankastre yapı taban kesme kuvveti (V_x)



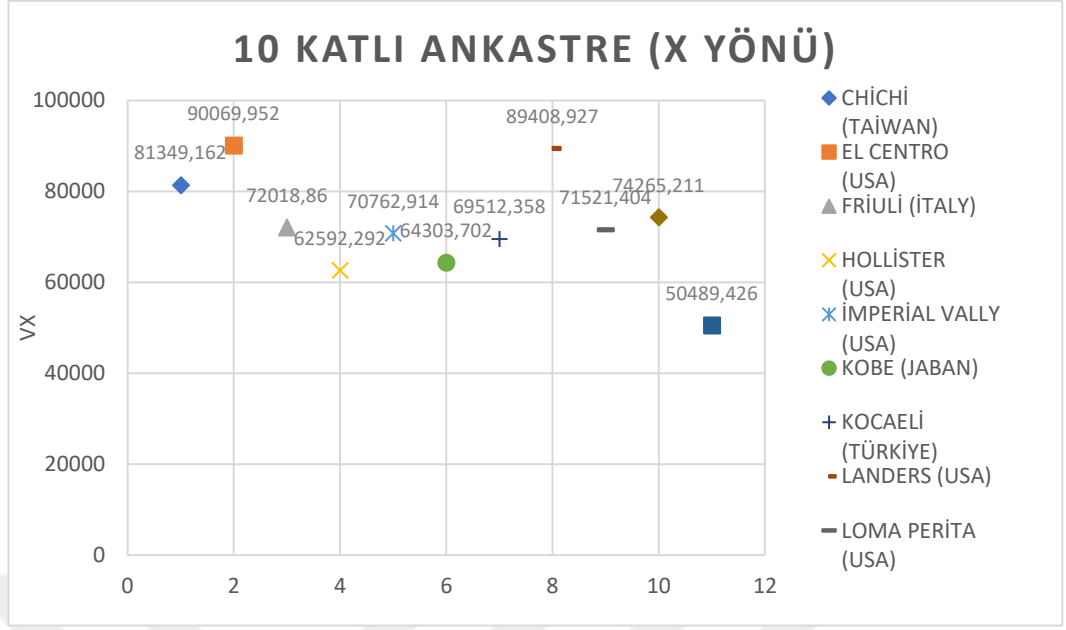
Şekil 75. 5 katlı izolatörlü yapı taban kesme kuvveti (V_x)



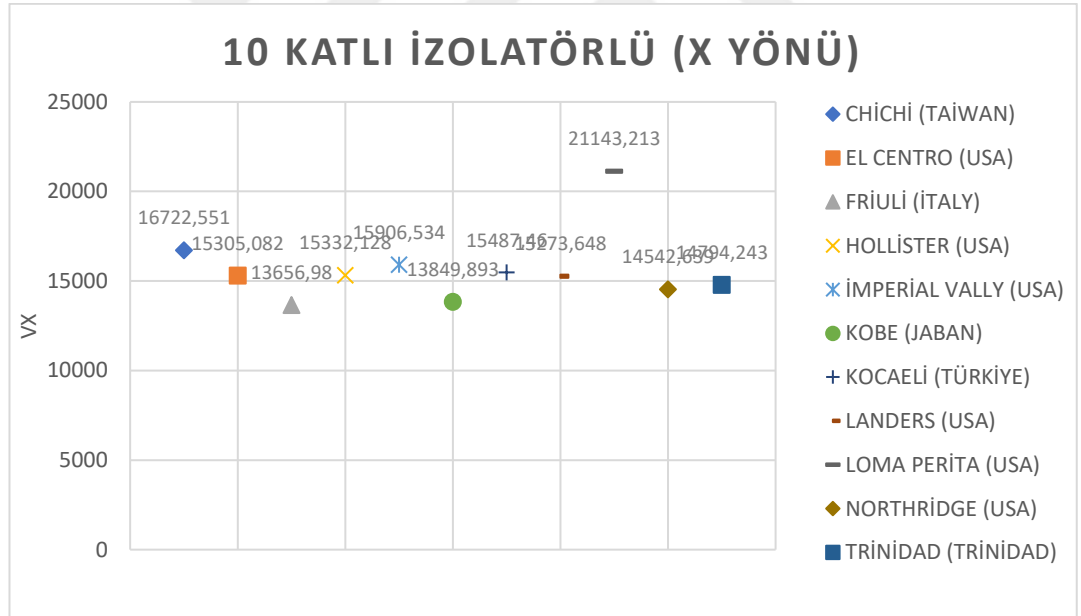
Şekil 76. 5 katlı ankastre yapı taban kesme kuvveti (V_y)



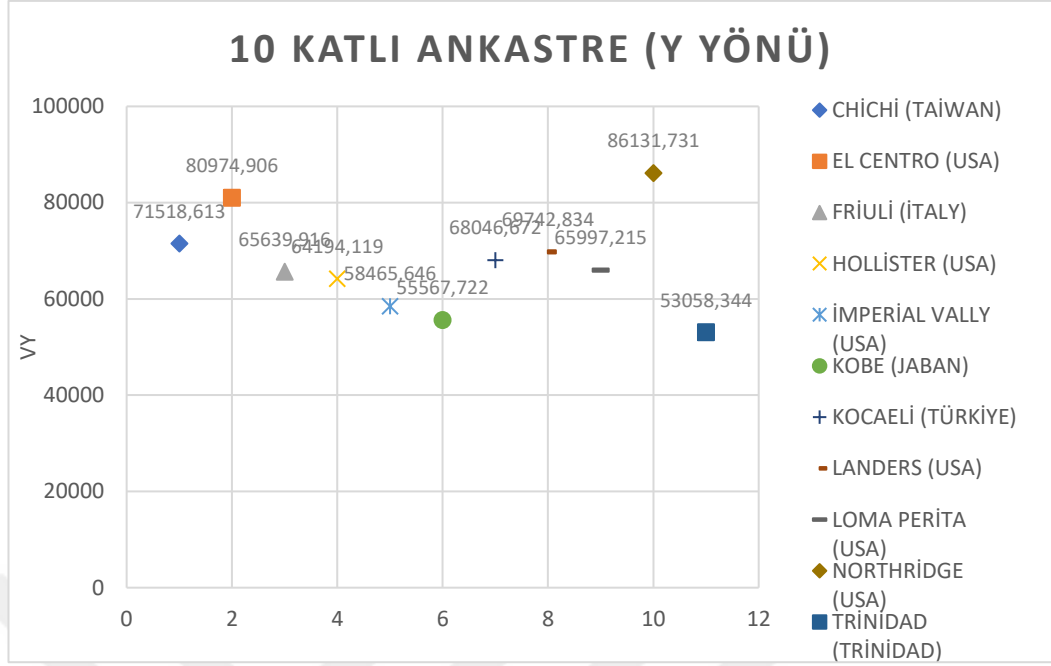
Şekil 77. 5 katlı izolatörlü yapı taban kesme kuvveti (V_y)



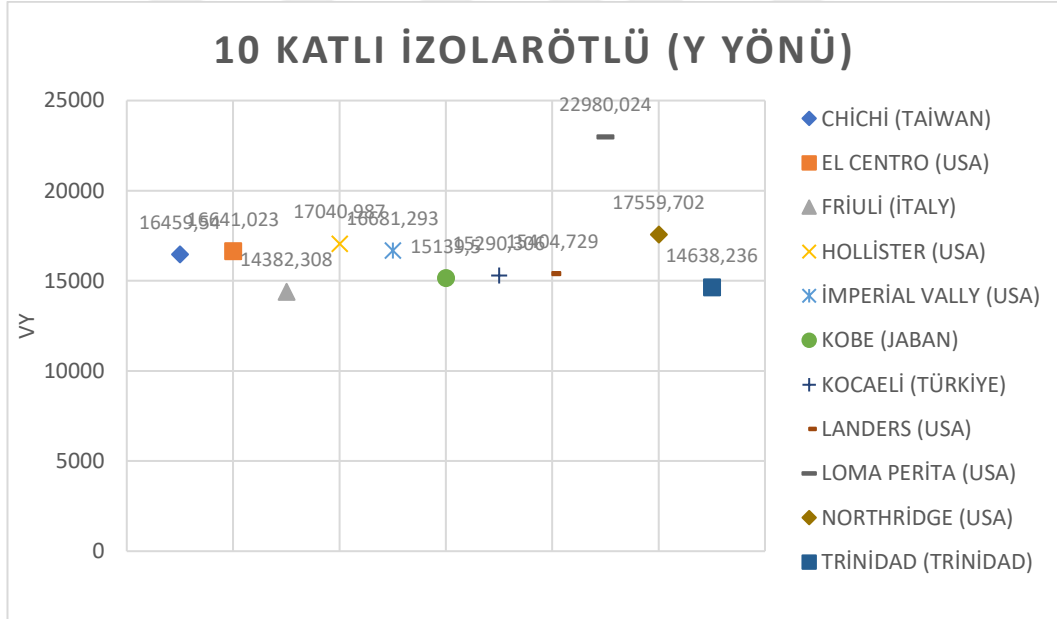
Şekil 78.10 katlı ankastre yapı taban kesme kuvveti (V_x)



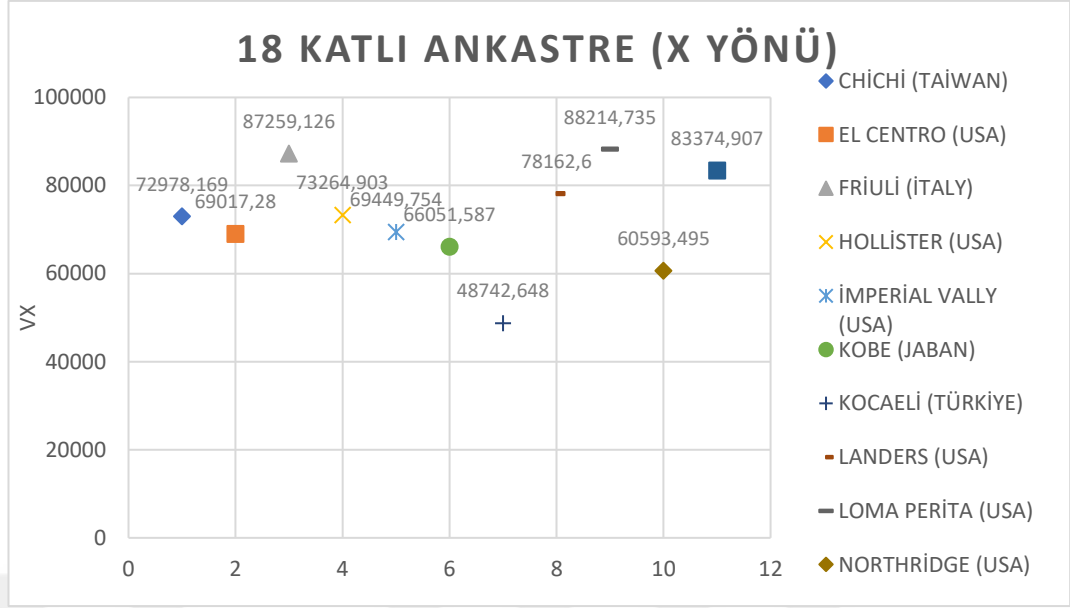
Şekil 79. 10 katlı izolatörlü yapı taban kesme kuvveti (V_x)



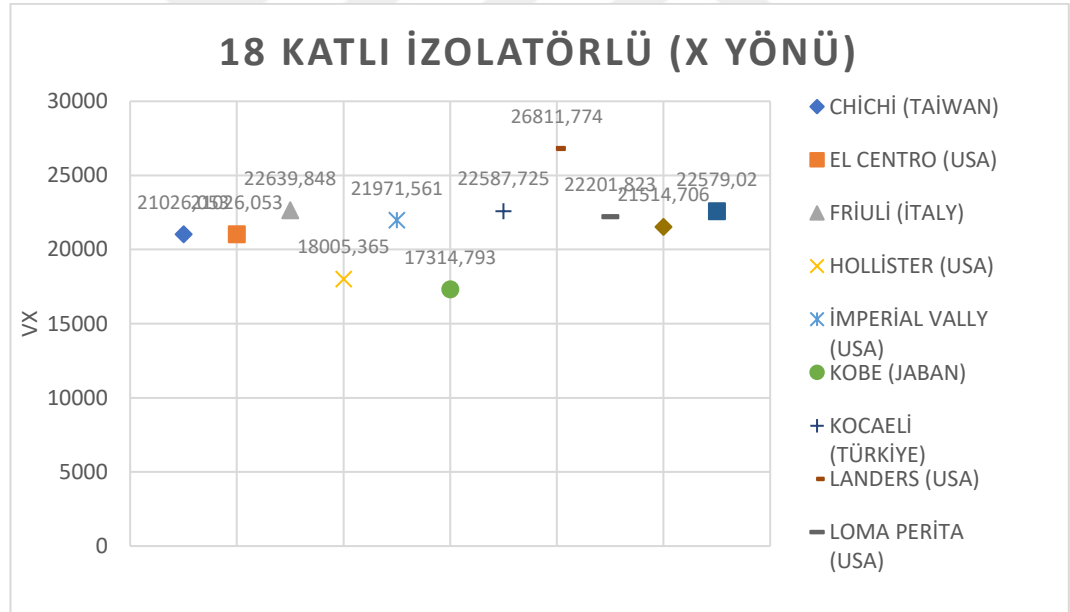
Şekil 80. 10 katlı ankastre yapı taban kesme kuvveti (V_y)



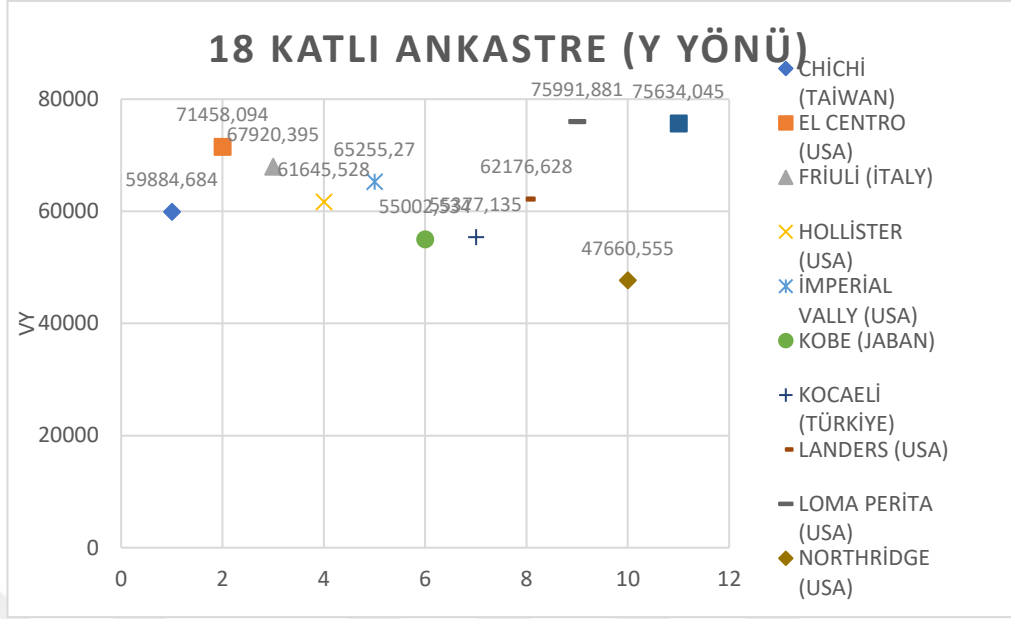
Şekil 81. 10 katlı izolatörlü yapı taban kesme kuvveti (V_y)



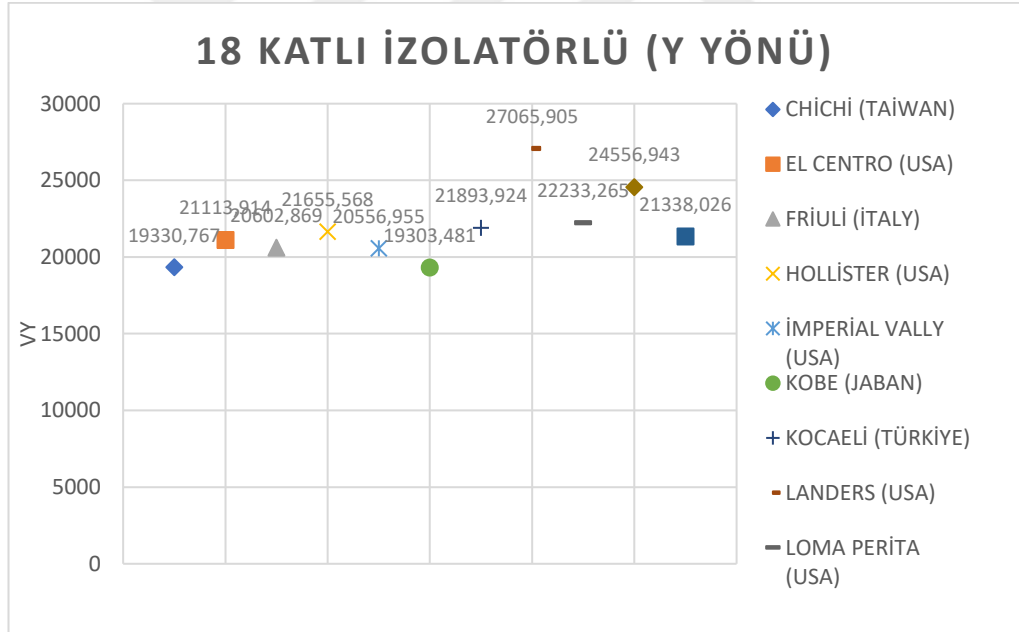
Şekil 82. 18 katlı ankastre yapı taban kesme kuvveti (V_x)



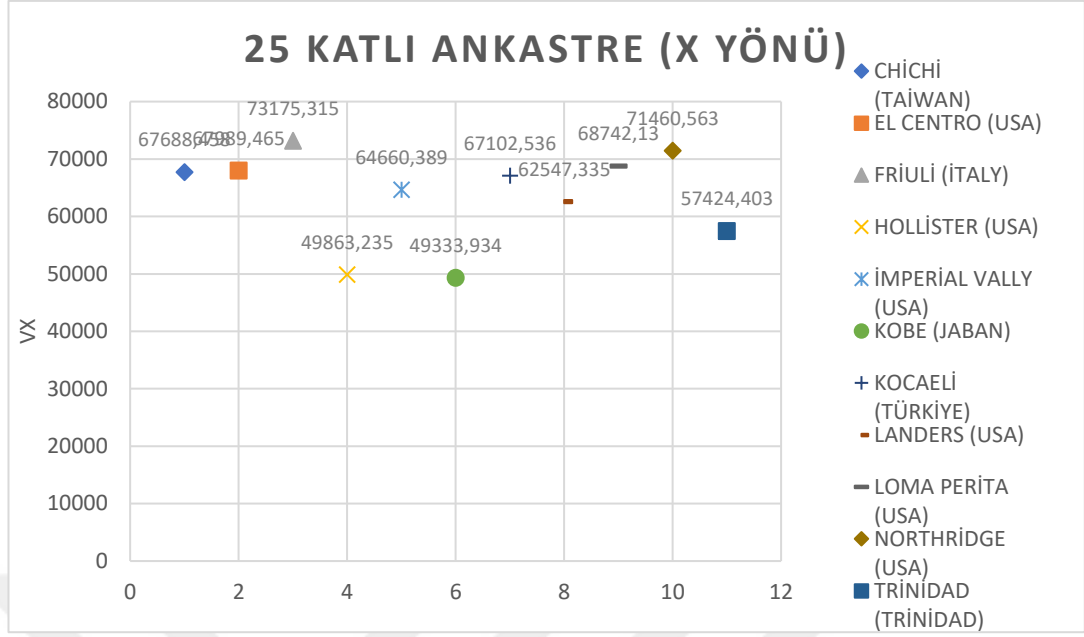
Şekil 83. 18 katlı izolatörlü yapı taban kesme kuvveti (V_x)



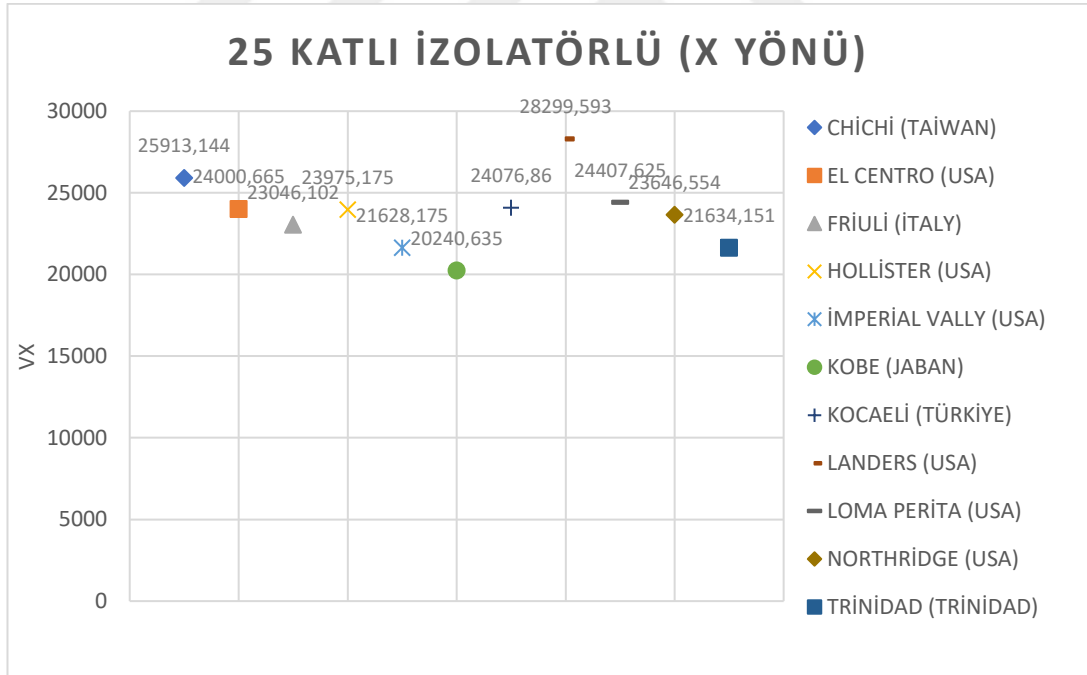
Şekil 84. 18 katlı ankastre yapı taban kesme kuvveti (V_y)



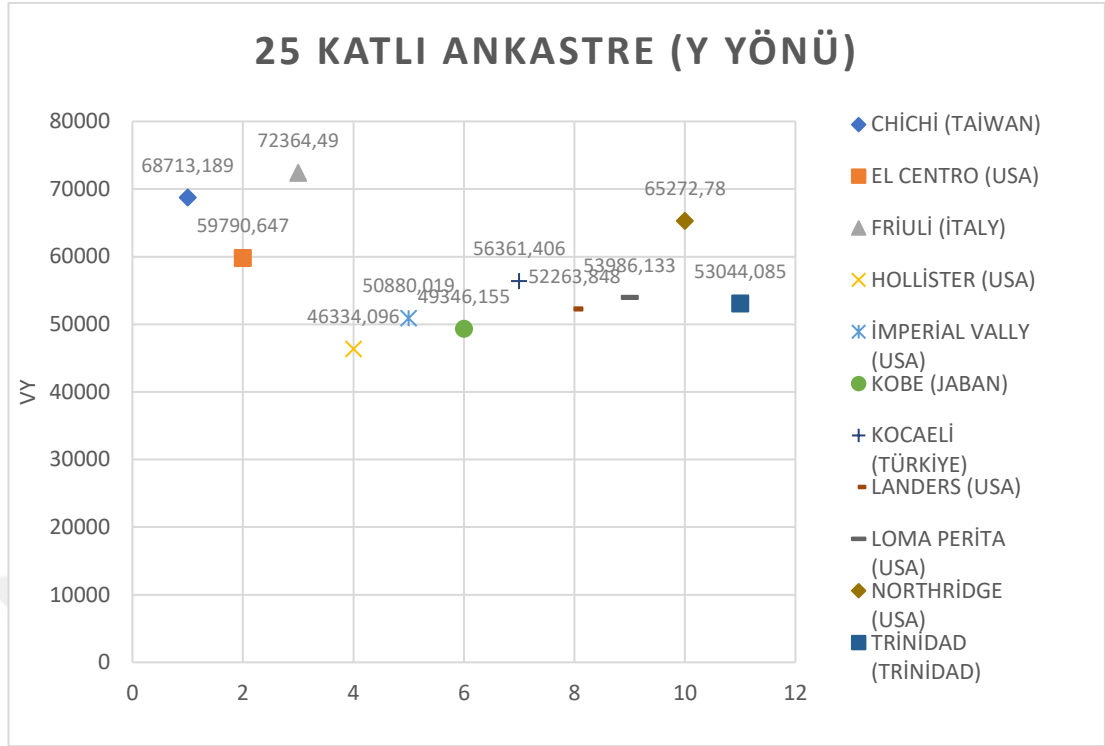
Şekil 85. 18 katlı izolatörlü yapı taban kesme kuvveti (V_y)



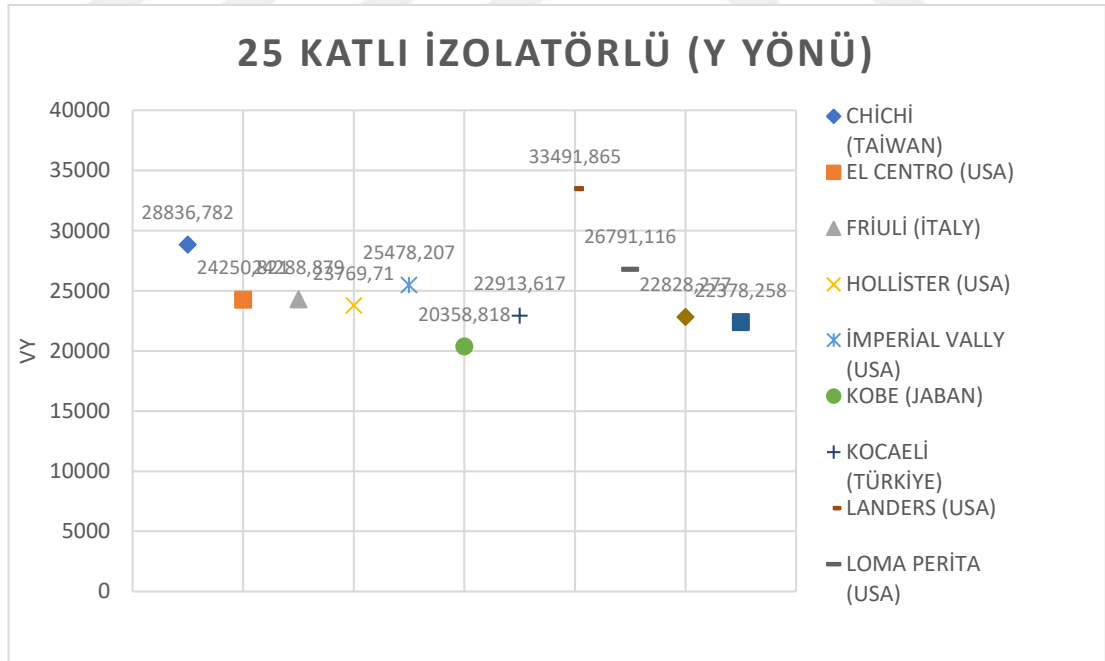
Şekil 86. 25 katlı ankastre yapı taban kesme kuvveti (V_x)



Şekil 87. 25 katlı izolatörlü yapı taban kesme kuvveti (V_x)



Şekil 88. 25 katlı ankastre yapı taban kesme kuvveti (V_y)



Şekil 89. 25 katlı izolatörlü yapı taban kesme kuvveti (V_y)

Tablo 12. Taban kesme kuvvetleri, Time History, 5 katlı

5 katlı binanın taban kesme kuvvetleri (kN)				
Deprem ivme kaydı	V _x ankastre	V _x izolatörlü	V _y ankastre	V _y izolatörlü
CHİCHİ (TAİWAN)	61969	11159	55249	10990
EL CENTRO (USA)	55159	9880	65172	10995
FRİULİ (İTALY)	73188	11443	61329	11404
HOLLİSTER (USA)	74338	10184	70570	10534
İMPERİAL VALLY (USA)	69939	8923	64971	8942
KOBE (JABAN)	65825	8582	72137	8583
KOCEALİ (TÜRKİYE)	59288	9313	62274	10368
LANDERS (USA)	75164	9781	73006	10001
LOMA PERİTA (USA)	75316	13864	56087	14167
NORTHRIDGE (USA)	48346	10277	54249	10903
TRİNİDAD (TRİNİDAD)	52776	9471	58032	10390
Ortalama	64664	10262	63007	10662

Tablo 13. Taban kesme kuvvetleri, Time History, 10 katlı

10 katlı binanın taban kesme kuvvetleri (KN)				
Deprem ivme kaydı	V _x ankastre	V _x izolatörlü	V _y ankastre	V _y izolatörlü
CHİCHİ (TAİWAN)	81349	16722	71518	16459
EL CENTRO (USA)	90069	15305	80974	16641
FRİULİ (İTALY)	72018	13656	65639	1438
HOLLİSTER (USA)	62592	15332	64194	17040
İMPERİAL VALLY (USA)	70762	15906	58465	16681
KOBE (JABAN)	64303	13849	55567	15139
KOCEALİ (TÜRKİYE)	69512	15487	68046	15290
LANDERS (USA)	89408	15273	69742	15404
LOMA PERİTA (USA)	71521	21143	65997	22980
NORTHRIDGE (USA)	74265	14542	86131	17559
TRİNİDAD (TRİNİDAD)	50489	14794	53058	14638
Ortalama	72390	15637	67212	16565

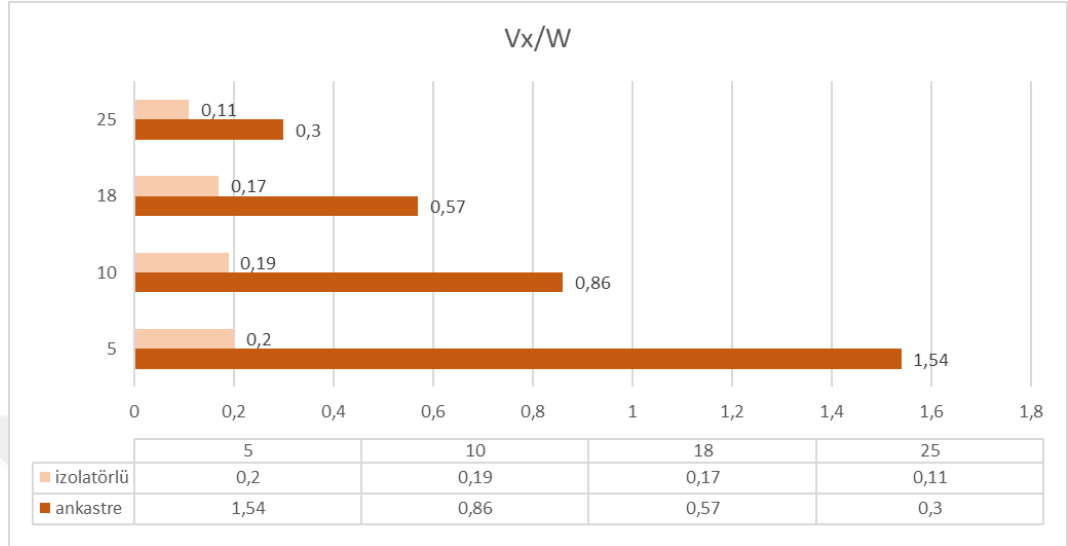
Tablo 14. Taban kesme kuvvetleri, Time History, 18 katlı

18 katlı binanın taban kesme kuvvetleri (KN)				
Deprem ivme kaydı	Vx ankastre	Vx izolatörlü	Vy ankastre	Vy izolatörlü
CHİCHİ (TAİWAN)	72978	21518	59884	19330
EL CENTRO (USA)	69017	21026	71458	21113
FRİULİ (İTALY)	87259	22639	67920	20602
HOLLİSTER (USA)	73264	18005	61645	21655
İMPERİAL VALLY (USA)	69449	21971	65255	20556
KOBE (JABAN)	66051	17314	55002	19303
KOCEALİ (TÜRKİYE)	48742	22587	55377	21893
LANDERS (USA)	78162	26811	62176	27065
LOMA PERİTA (USA)	88214	22201	75991	22233
NORTHRIDGE (USA)	60593	21514	47660	24556
TRİNİDAD (TRİNİDAD)	83374	22579	75634	21338
Ortalama	72464	21651	63455	21786

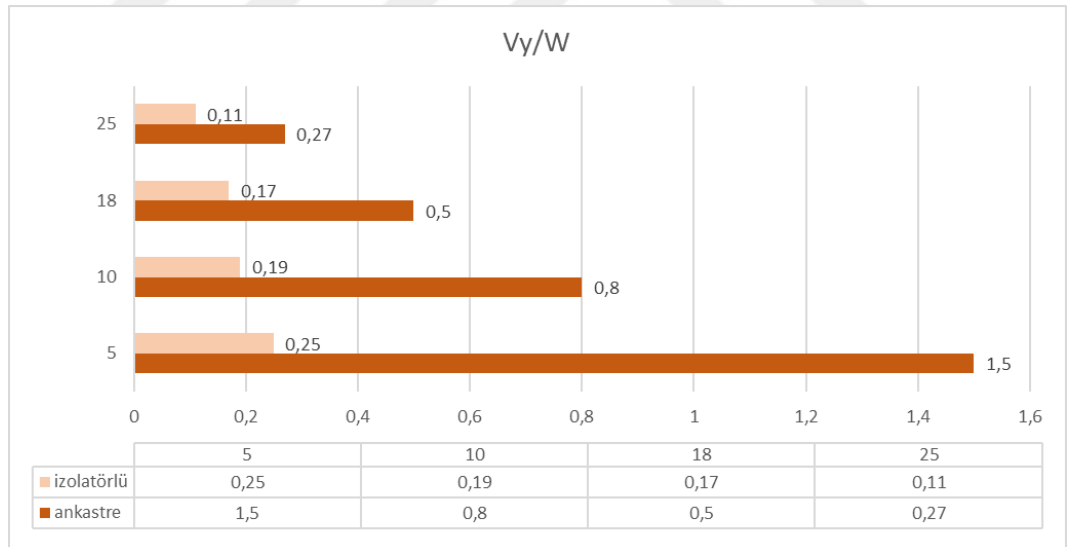
Tablo 15. Taban kesme kuvvetleri, Time History, 25 katlı

25 katlı binanın taban kesme kuvvetleri (KN)				
Deprem ivme kaydı	Vx ankastre	Vx izolatörlü	Vy ankastre	Vy izolatörlü
CHİCHİ (TAİWAN)	67688	25913	68713	28836
EL CENTRO (USA)	67989	24000	59790	24250
FRİULİ (İTALY)	73175	23046	72364	24288
HOLLİSTER (USA)	49863	23975	46334	23769
İMPERİAL VALLY (USA)	64660	21628	50880	25478
KOBE (JABAN)	49333	20240	49346	20358
KOCEALİ (TÜRKİYE)	67102	24076	56361	22913
LANDERS (USA)	62547	28299	52263	33491
LOMA PERİTA (USA)	68742	24407	53986	26791
NORTHRIDGE (USA)	71460	23646	65272	22828
TRİNİDAD (TRİNİDAD)	57424	21634	53044	22378
Ortalama	63635	23715	57123	25035

Zaman tanım alanında doğrusal olmayan deprem analizi ile yapılan ikinci ve üçüncü tasarım aşamalarında $R=1$ olarak alınmaktadır.



Şekil 90. Taban kesme kuvvetleri / yapının toplam ağırlığı (V_x/W)

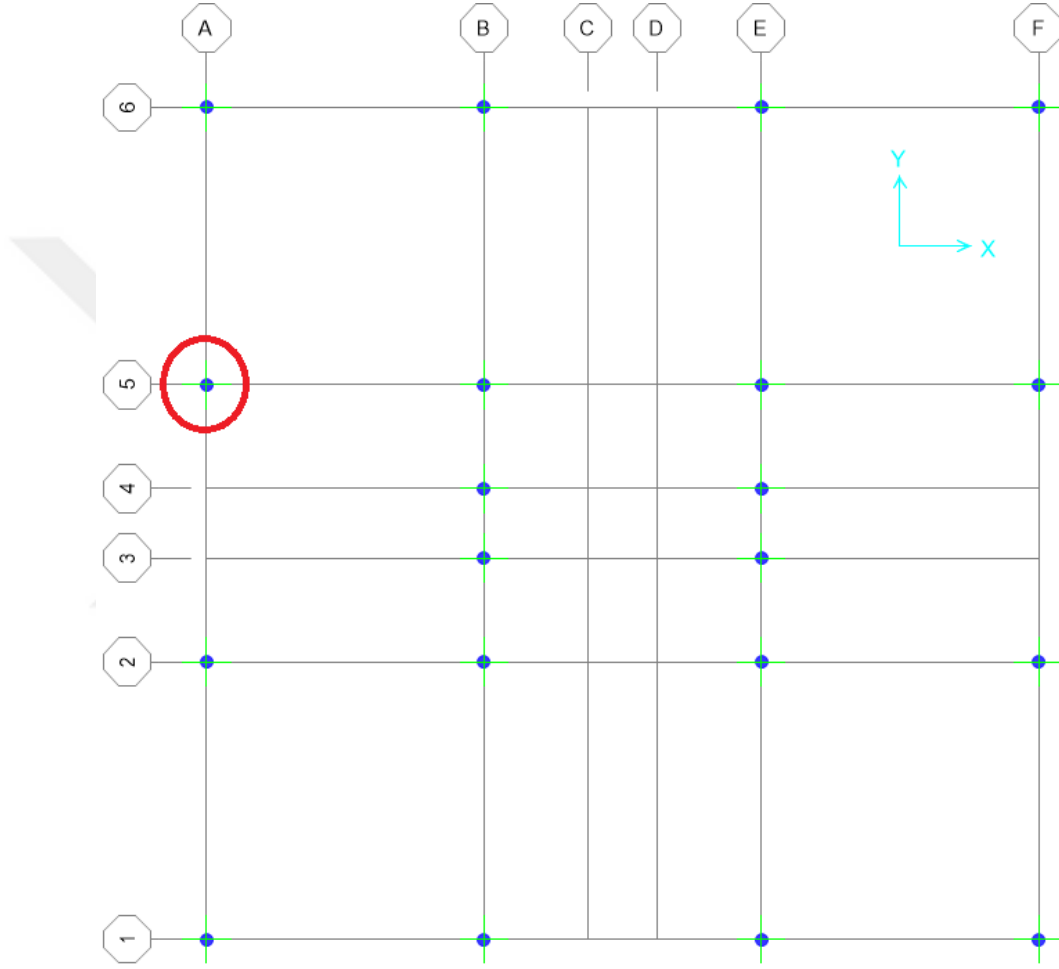


Şekil 91. Taban kesme kuvvetleri / yapının toplam ağırlığı (V_y/W)

Yukarıdaki grafiklere göre taban kesme kuvvetleri sismik izolatörlü yapılarda normal yapılara göre çok düşük olduğu görünmektedir. Aynı zamanda V/W değerleri izolatörlü binalardaki ankastre mesnetli binalardakileri göre katlarca az olmaktadır.

4.2.4. Ankastre Mesnetli ve İzolatörlü Yapılarda Taban Düşey Reaksiyon Kuvvetleri

Tabana gelen düşey reaksiyon kuvvetleri incelemek üzere yapının planından bir nokta seçilmiştir.



Şekil 92. Taban eksenel reaksiyon kuvvetleri için seçilen nokta

DDI Deprem yer hareketi düzey için taban eksenel kuvvetleri (kN):

Tablo 16. Taban eksenel kuvvetleri, Time History, 5 katlı

5 katlı binanın taban eksenel kuvvetleri (KN)				
Deprem ivme kaydı	basınç (ankastre)	basınç (izolatörlü)	çekme (ankastre)	çekme (izolatörlü)
CHİCHİ (TAİWAN)	3567	2809	0	0
EL CENTRO (USA)	3040	3038	0	0
FRIULİ (İTALY)	3725	3021	0	0
HOLLİSTER (USA)	3397	2796	0	0
İMPERİAL VALLY (USA)	3308	2916	0	0
KOBE (JABAN)	3533	3022	0	0
KOCEALİ (TÜRKİYE)	3106	2877	0	0
LANDERS (USA)	3674	2873	0	0
LOMA PERİTA (USA)	3267	2759	0	0
NORTHRIDGE (USA)	3192	3111	0	0
TRİNİDAD (TRİNİDAD)	2996	2954	0	0
Ortalama	3346	2925	0	0

Tablo 17. Taban eksenel kuvvetleri, Time History, 10 katlı

10 katlı binanın taban eksenel kuvvetleri (KN)				
Deprem ivme kaydı	basınç (ankastre)	basınç (izolatörlü)	çekme (ankastre)	çekme (izolatörlü)
CHİCHİ (TAİWAN)	8413	6259	157	0
EL CENTRO (USA)	9163	7104	984	0
FRIULİ (İTALY)	8302	6868	385	0
HOLLİSTER (USA)	8814	7212	145	0
İMPERİAL VALLY (USA)	8231	7026	0	0
KOBE (JABAN)	7394	7195	0	0
KOCEALİ (TÜRKİYE)	7815	6442	121	0
LANDERS (USA)	8619	6548	888	0
LOMA PERİTA (USA)	7878	6988	0	0
NORTHRIDGE (USA)	8585	6462	367	0
TRİNİDAD (TRİNİDAD)	8545	6806	251	0
Ortalama	8342	6810	300	0

Tablo 18. Taban eksenel kuvvetleri, Time History, 18 katlı

18 katlı binanın taban eksenel kuvvetleri (KN)				
Deprem ivme kaydı	basınç (ankastre)	basınç (izolatörlü)	çekme (ankastre)	çekme (izolatörlü)
CHİCHİ (TAİWAN)	18060	14130	0	0
EL CENTRO (USA)	10998	14047	0	0
FRİULİ (İTALY)	16898	13706	0	0
HOLLİSTER (USA)	14278	13637	1047	0
İMPERİAL VALLY (USA)	16824	13854	807	0
KOBE (JABAN)	15313	12712	0	0
KOCEALİ (TÜRKİYE)	14784	14362	0	0
LANDERS (USA)	17092	14739	0	0
LOMA PERİTA (USA)	19559	13135	1467	0
NORTHRIDGE (USA)	14345	13362	898	0
TRİNİDAD (TRİNİDAD)	15725	14863	778	0
Ortalama	15807	13868	454	0

Tablo 19. Taban eksenel kuvvetleri, Time History, 25 katlı

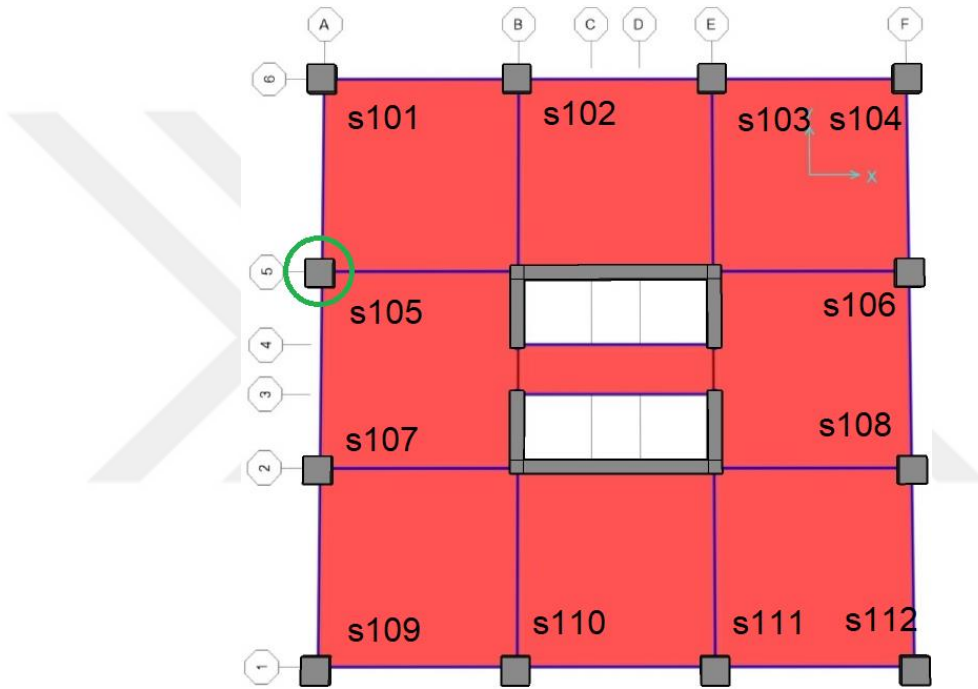
25 katlı binanın taban eksenel kuvvetleri (KN)				
Deprem ivme kaydı	basınç (ankastre)	basınç (izolatörlü)	çekme (ankastre)	çekme (izolatörlü)
CHİCHİ (TAİWAN)	23204	22229	0	0
EL CENTRO (USA)	25204	22408	747	0
FRİULİ (İTALY)	25459	21633	272	0
HOLLİSTER (USA)	20713	20735	0	0
İMPERİAL VALLY (USA)	21495	21134	453	0
KOBE (JABAN)	19838	20042	0	0
KOCEALİ (TÜRKİYE)	24707	21332	1394	0
LANDERS (USA)	25297	23133	0	0
LOMA PERİTA (USA)	23005	19676	0	0
NORTHRIDGE (USA)	24191	22817	0	0
TRİNİDAD (TRİNİDAD)	21500	22570	3195	0
Ortalama	23147	21610	551	0

Yukarıdaki tablolarda izlendiği gibi sismik izolatörlü yapılarda tabanda çekme etkisi bulunmamaktadır.

4.2.5. Ankastre Mesnetli ve İzolatörlü Yapıda Kolon Kuvvetleri

11 adet deprem ivmelerinin kolonlara verdiği etkileri incelemek üzere yapının planından şekilde işaretlenen kolon seçildi. Her hapı için 5 farklı kattan kesit etkileri elde edildi ve ankastre ve sismik izolatörlü yapılar aralarında karşılaştırma yapmak için sonuçlarının ortalaması alındı ve grafik halinde gösterildi.

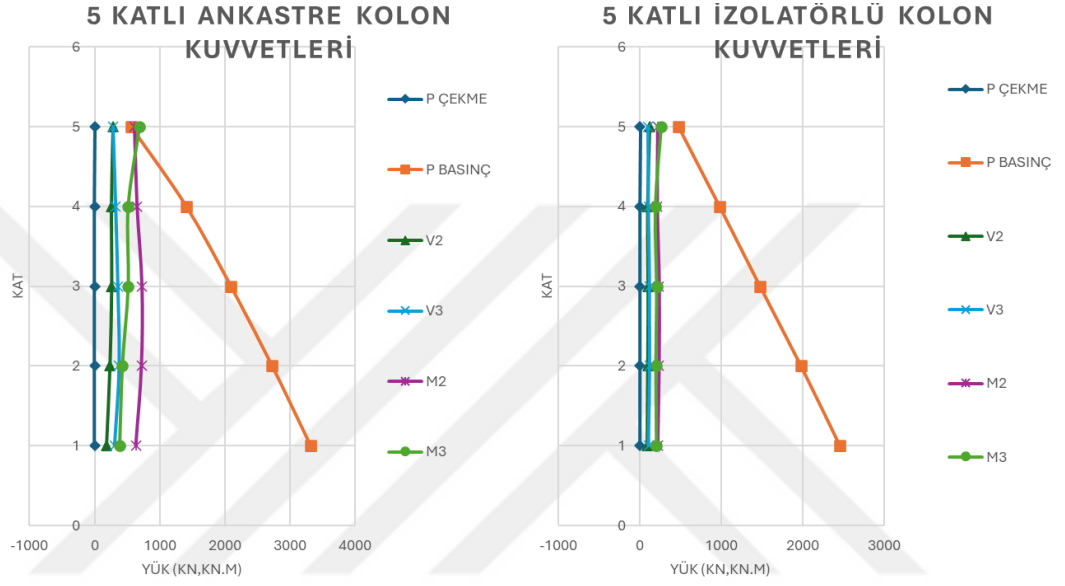
Seçilen kolon: S105



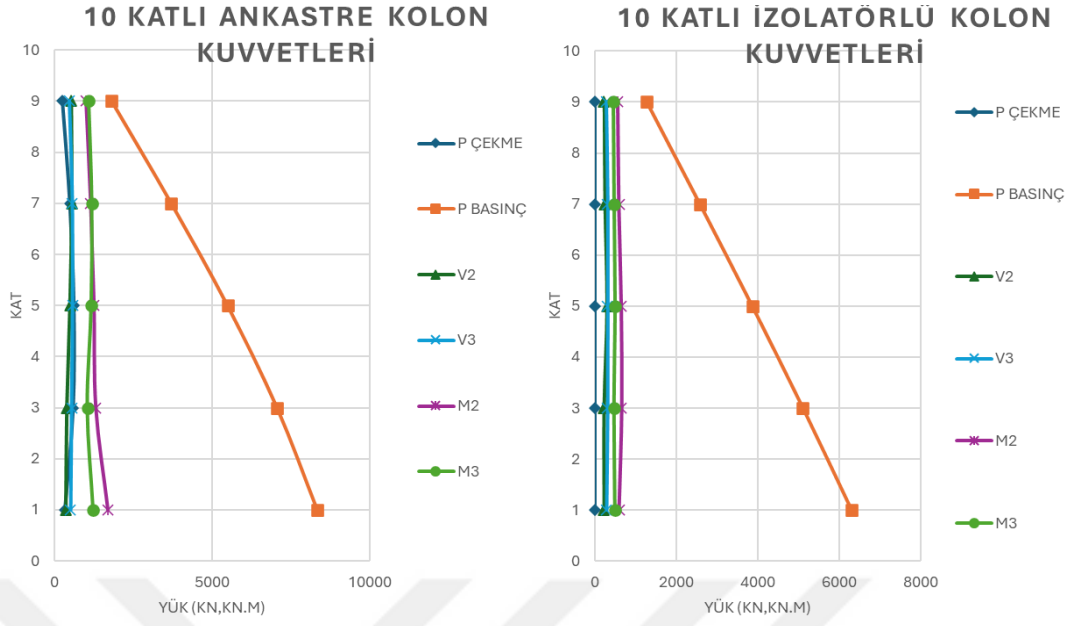
Şekil 93. Sonuçların karşılaştırılması için seçilen kolon

11 deprem ivmelerinin çözümlerinden sonuçların ortalaması hesaplandı ve her bir yapı için kolon etkilerinin ortalaması alındı ve nihai sonuçlar aşağıdaki grafiklerde açıklanmaktadır.

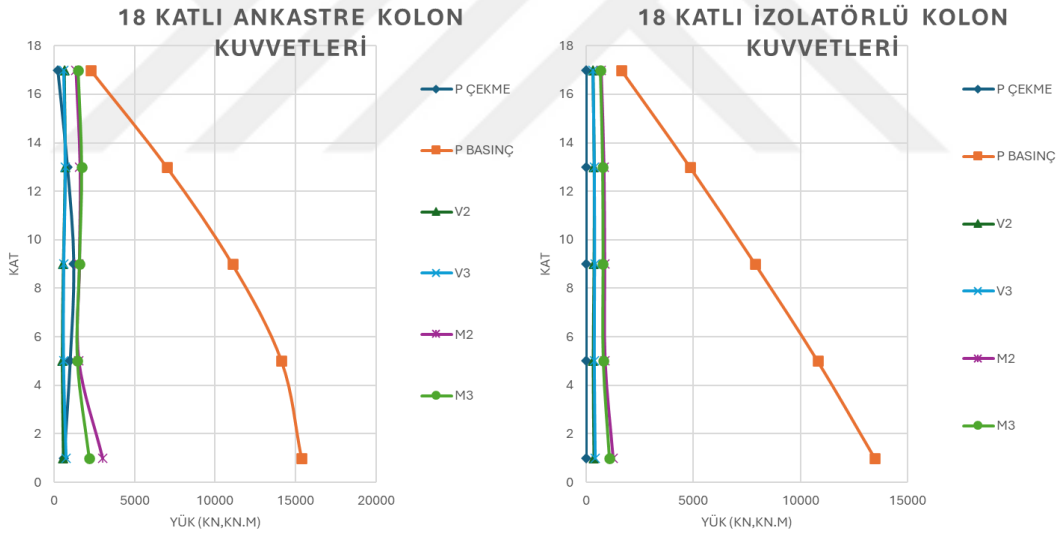
DD1 Deprem hareketi düzeyi için kolon aksenal, kesme kuvveti ve momentler (kN, kNm):



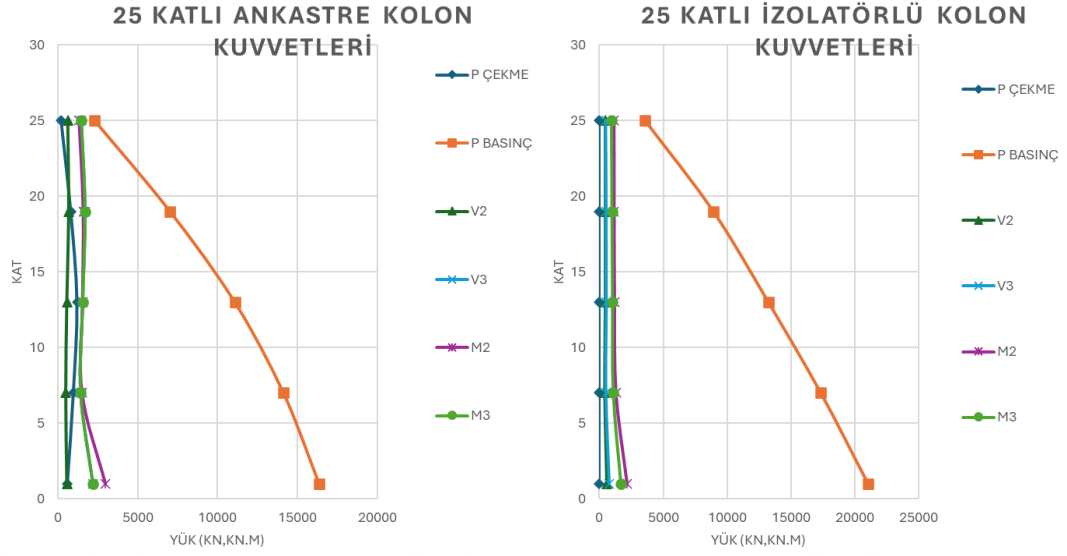
Şekil 94. 5 Katlı ankastre ve sismik izolatörlü binalarda kolon kuvvetleri



Şekil 95. 10 Katlı ankastre ve sismik izolatörlü binalarda kolon kuvvetleri



Şekil 96. 18 Katlı ankastre ve sismik izolatörlü binalarda kolon kuvvetleri



Şekil 97. 25 Katlı ankastre ve sismik izolatörlü binalarda kolon kuvvetleri

Sismik izolatörlü yapılarda kolonlarda çekme etkisi bulunmamaktadır. Ayrıca genel olarak sismik izolatörlü yapılarda kolonları zorlayan kesme ve moment kuvvetleri ankastre yapılara göre az ancak birinci kattaki kolonlarda kesme ve moment kuvvetleri her iki türlü binalarda büyük olur hatta 18 ve 25 katlı yapılarda sismik izolatörlü yapılarda birinci katta kesme ve moment etkileri ankastre yapıya göre biraz daha fazladır. Ankastre mesnetli yapılarda yapının yüksekliği artınca çekme kuvveti artmaktadır.

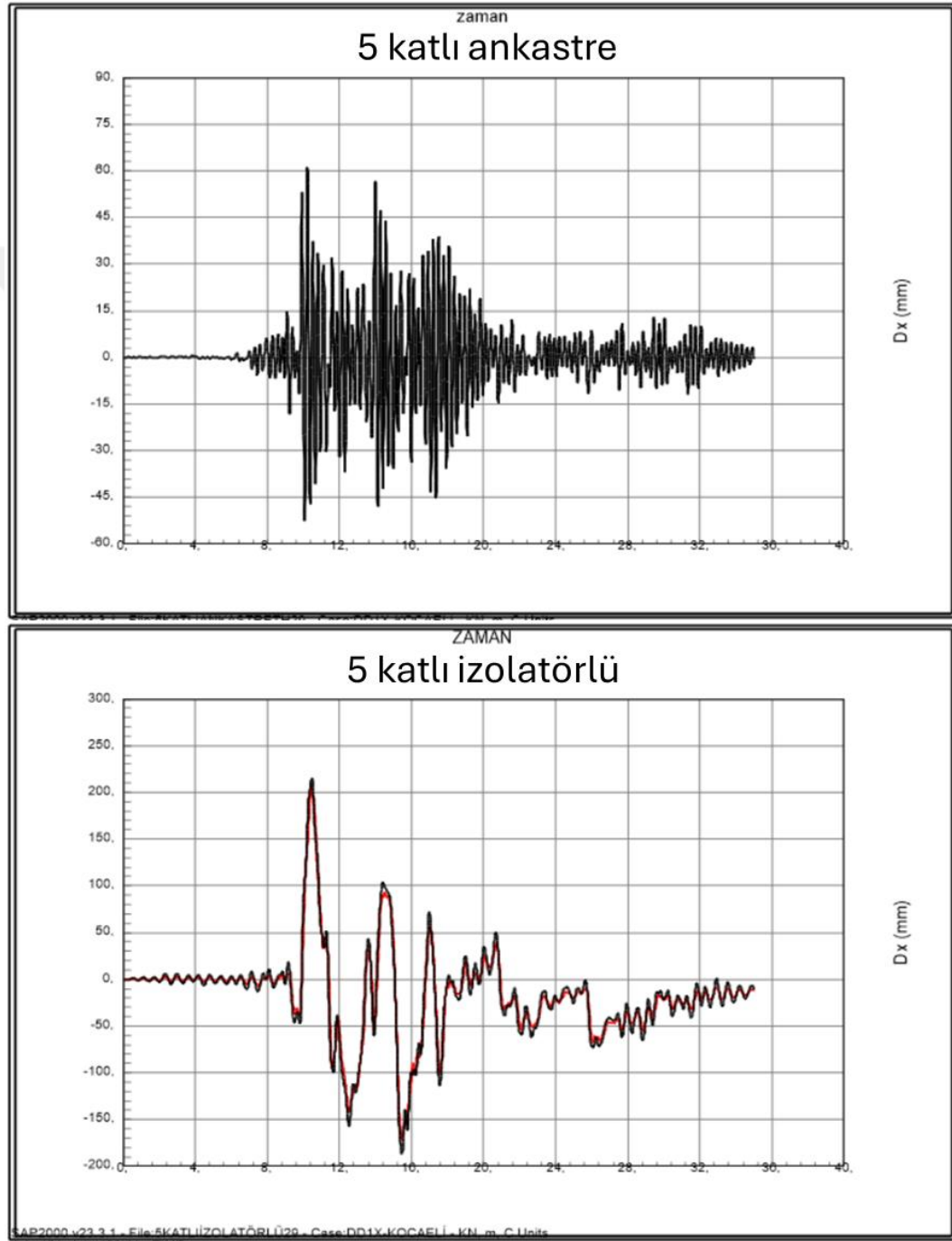
4.2.6. Kocaeli Depremi Çözümlerinden Elde Edilen Zaman-Deplasman, Zaman-Taban Kesme Kuvvetleri, Deplasman-Taban Kesme Kuvvetleri ve kolon eksenel kuvvetleri

Kocaeli deprem ivme kaydını kullanarak yapılan çözümler ile, her bir yapı için en son kat deplasmanları ve izolatörlü yapılarda izolatörün deplasmanları ile en son kat deplasmanlarının zaman ile ilişkisini gösteren grafikler elde edilmiştir. Ayrıca deplasman taban kesme kuvvetleri ilişkilerini gösteren grafikler gösterilmiştir. Çözümler DD1 deprem yer hareketi düzeyi için yapılmıştır ve birimler metre ve kN

cinsindendir. İzolatörlü binalarda kırmızı çizgi, izolatörün deplasmanı, siyah çizgi ise son kat deplasmanı ifade eder.

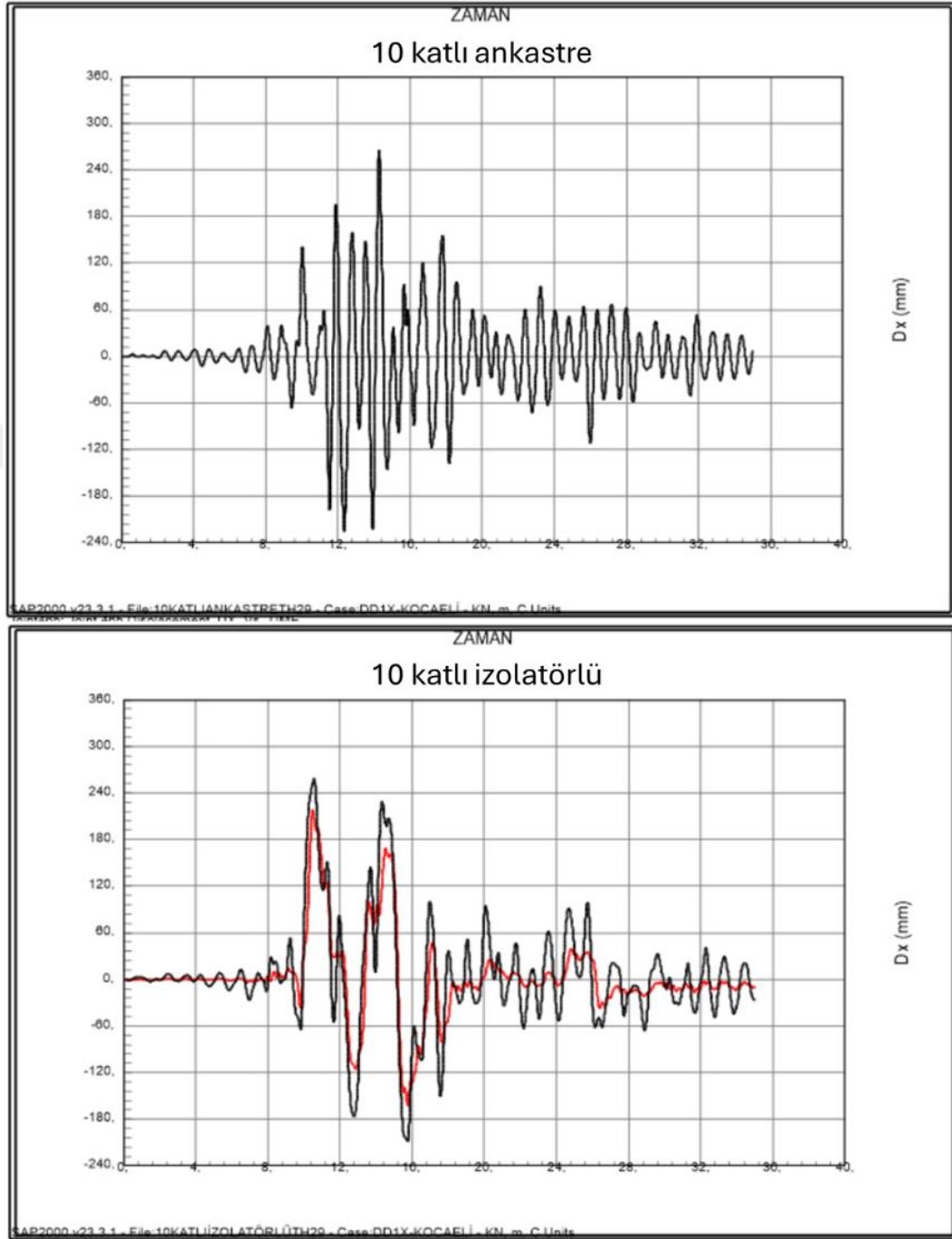
X yönünde deplasmanlar:

5 katlı yapı:



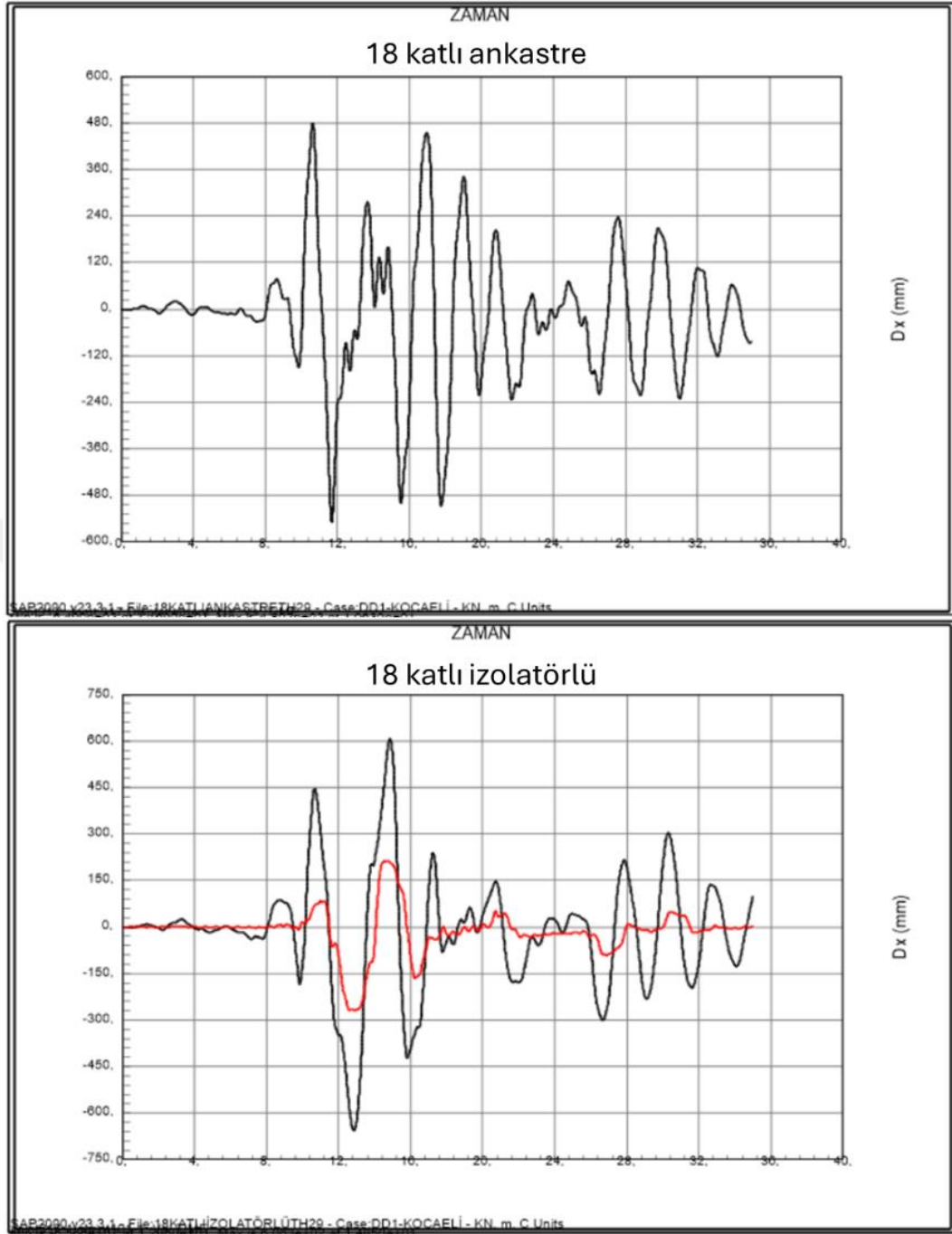
Şekil 98. DD1-Kocaeli deplasman grafiği, 5 kat, x yönü

10 katlı yapı:



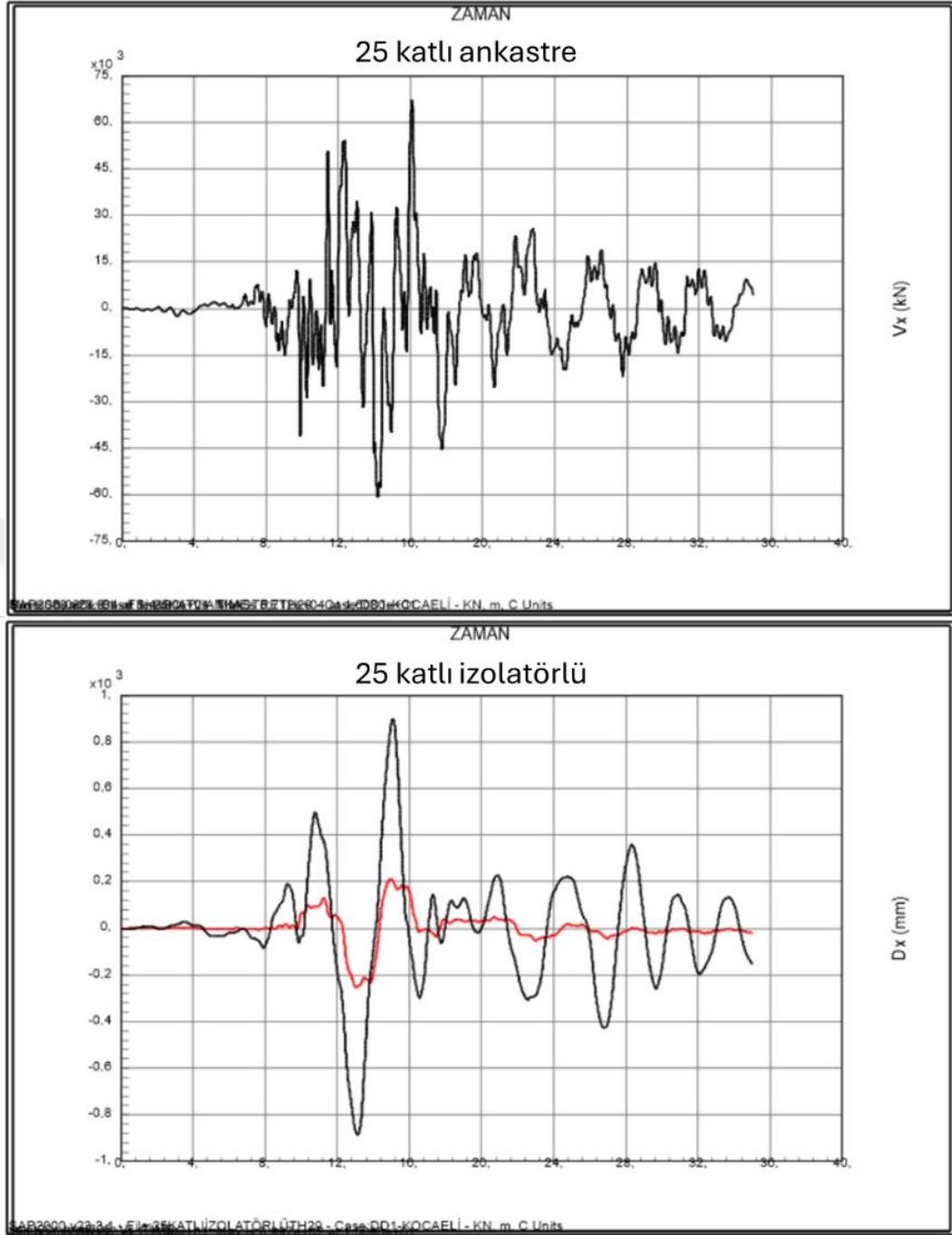
Şekil 99. DD1-Kocaeli deplasman grafiği, 10 kat, x yönü

18 katlı yapı:



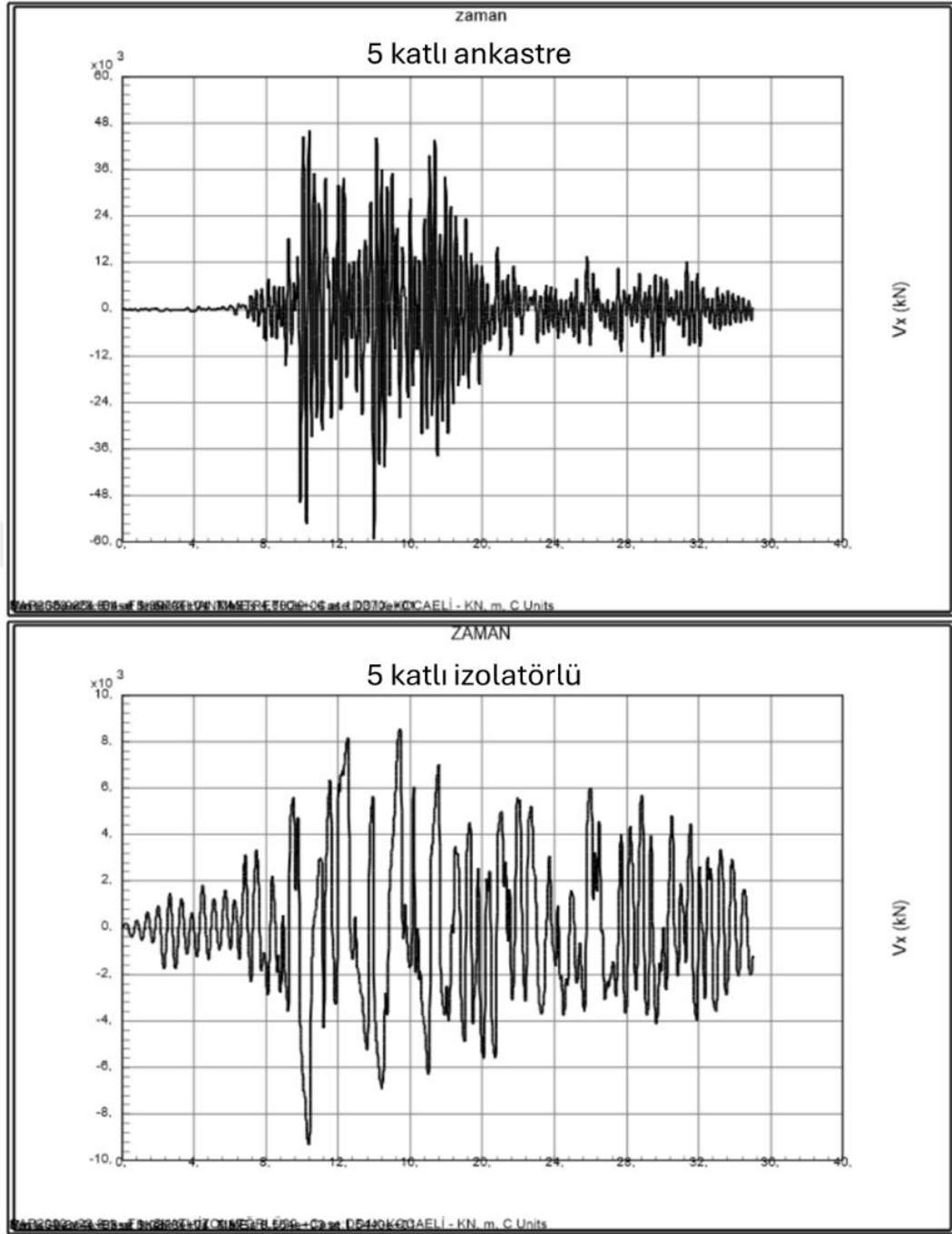
Şekil 100. DD1-Kocaeli deplasman grafiği, 10 kat, x yönü

25 katlı yapı:



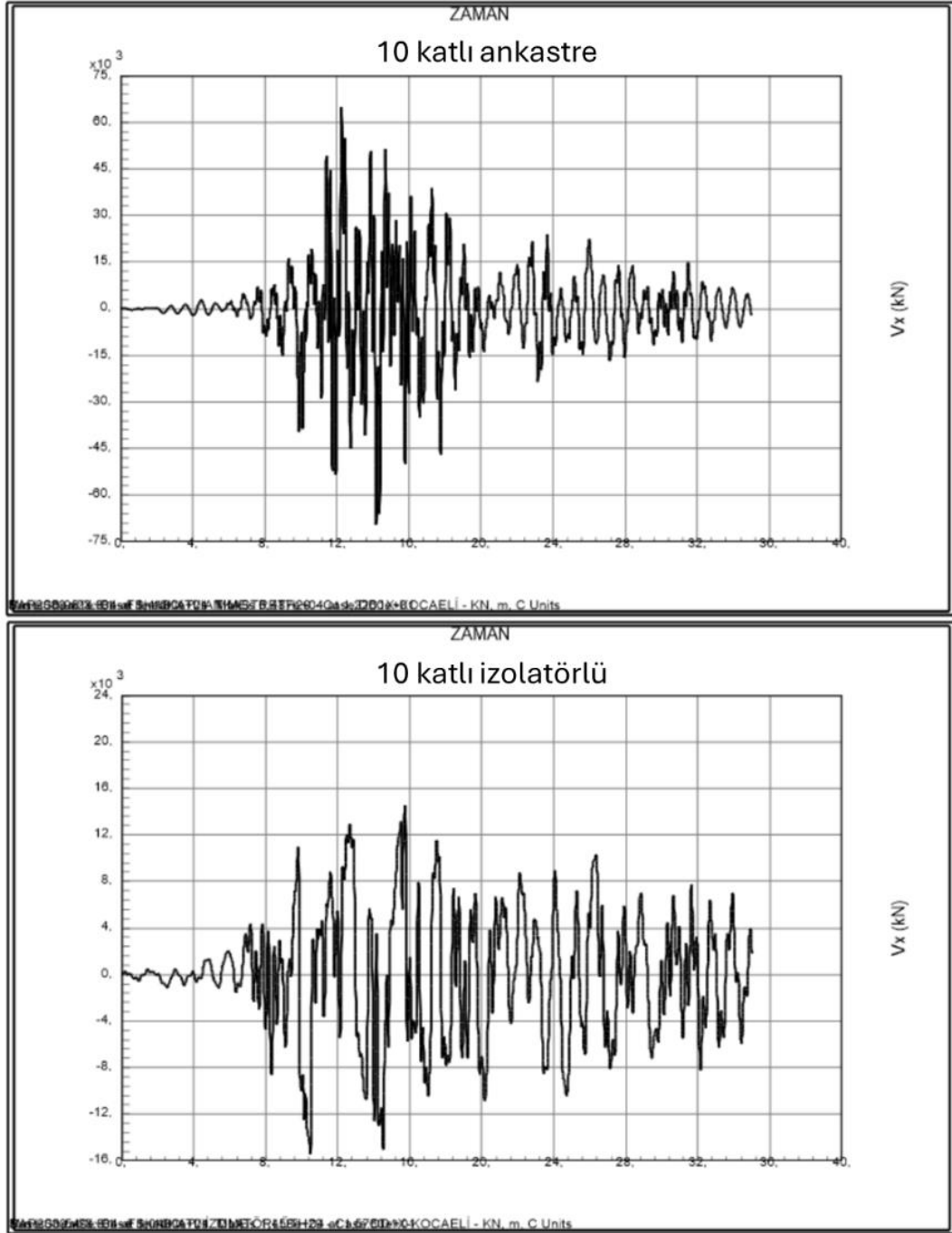
X yönünde taban kesme kuvvetleri:

5 katlı yapı:



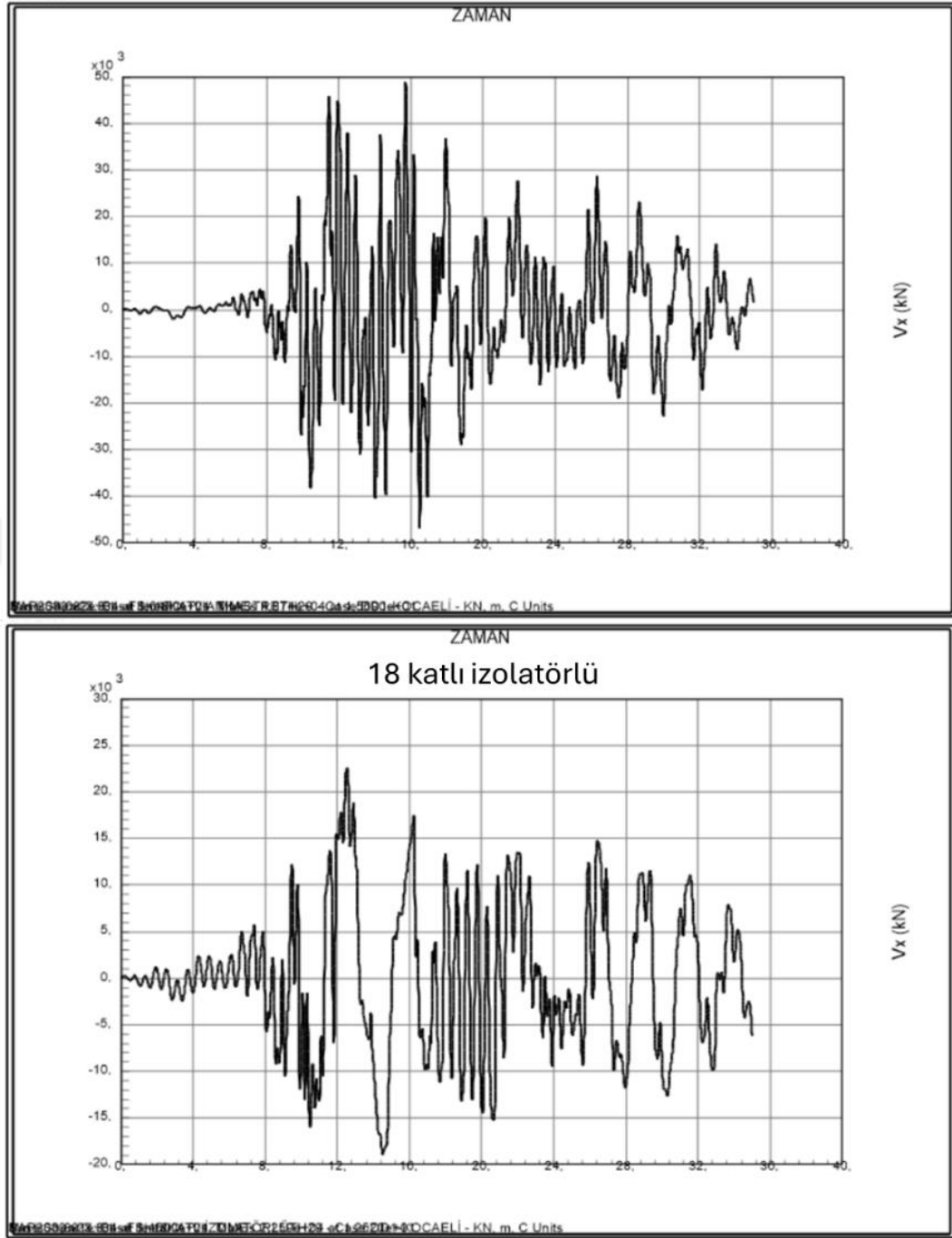
Şekil 102. DD1-Kocaeli taban kesme kuvveti grafiği, 5 kat, x yönü

10 katlı yapı:



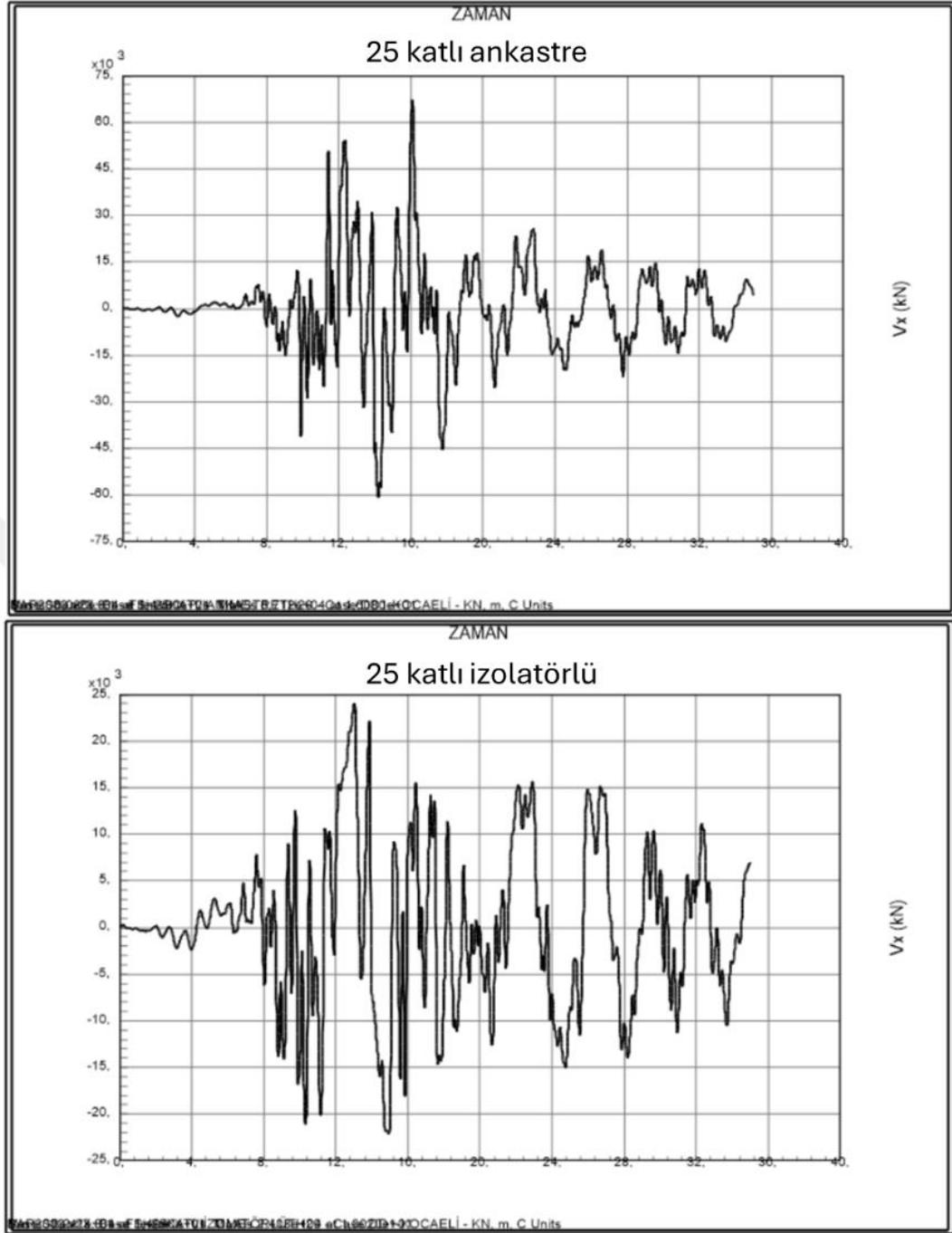
Şekil 103. DD1-Kocaeli taban kesme kuvveti grafiği, 10 kat, x yönü

18 katlı yapı:



Şekil 104. DD1-Kocaeli taban kesme kuvveti grafiği, 18 kat, x yönü

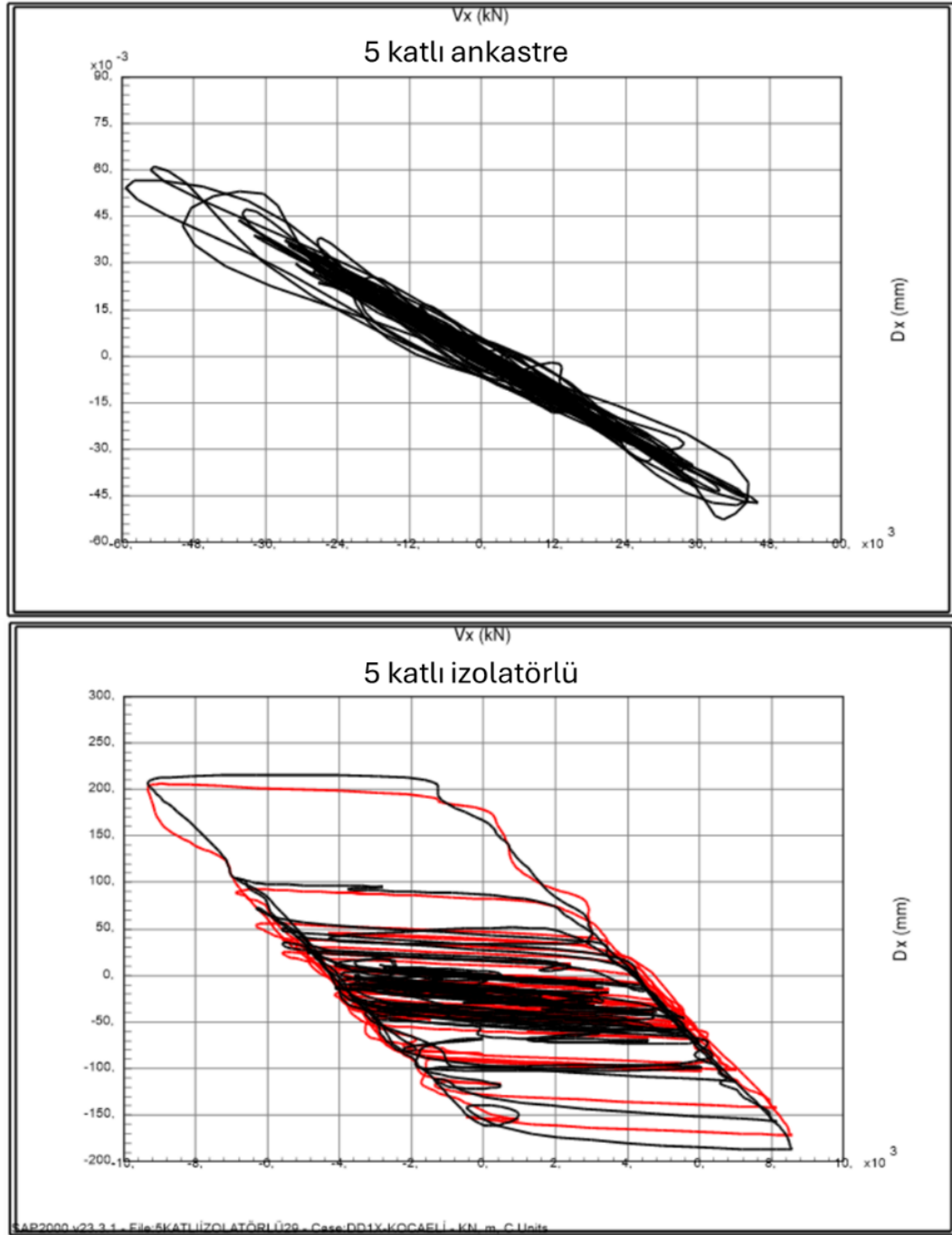
25 katlı yapı:



Şekil 105. DD1-Kocaeli taban kesme kuvveti grafiği, 25 kat, x yönü

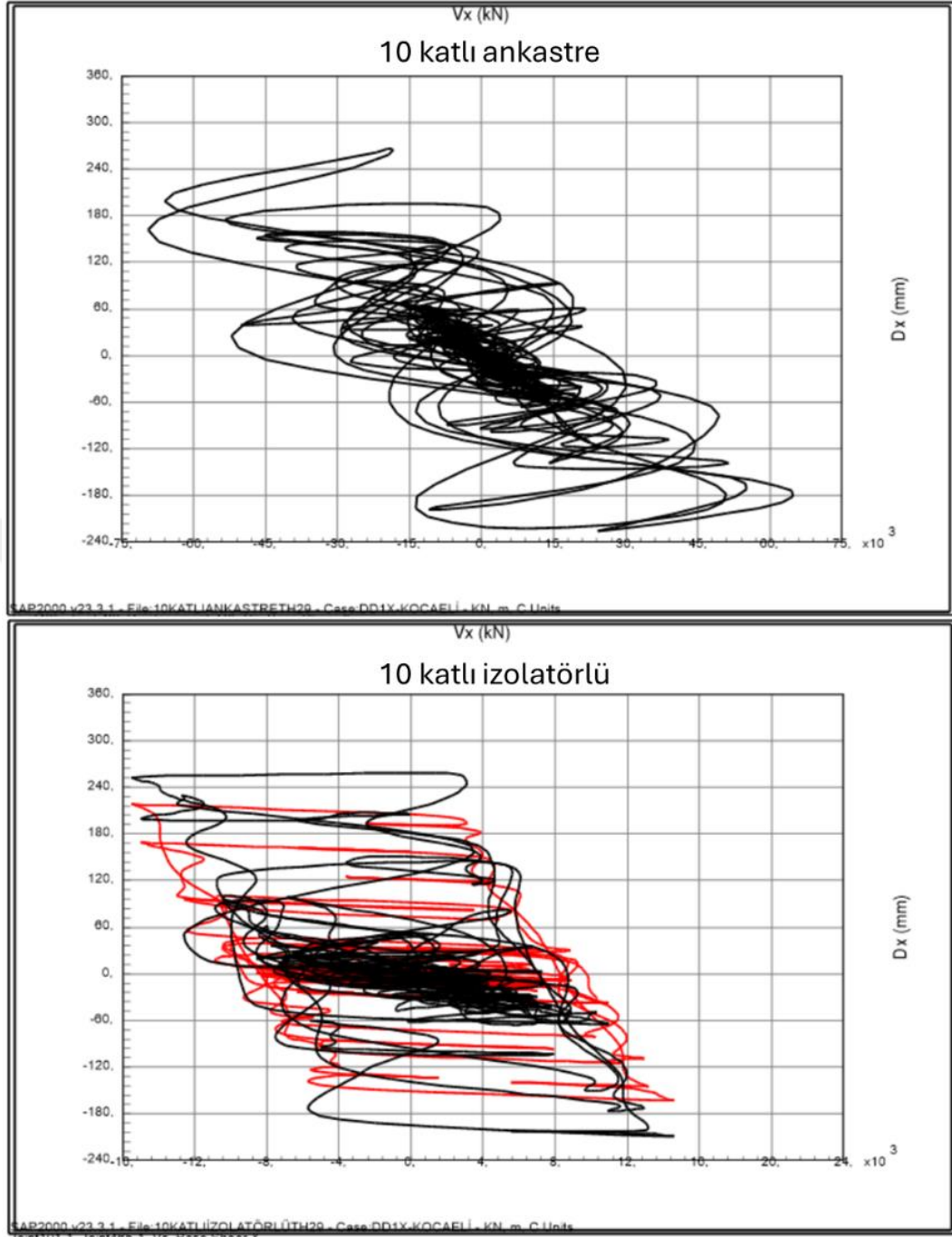
$V_x - D_x$ ilişkisi:

5 katlı yapı:



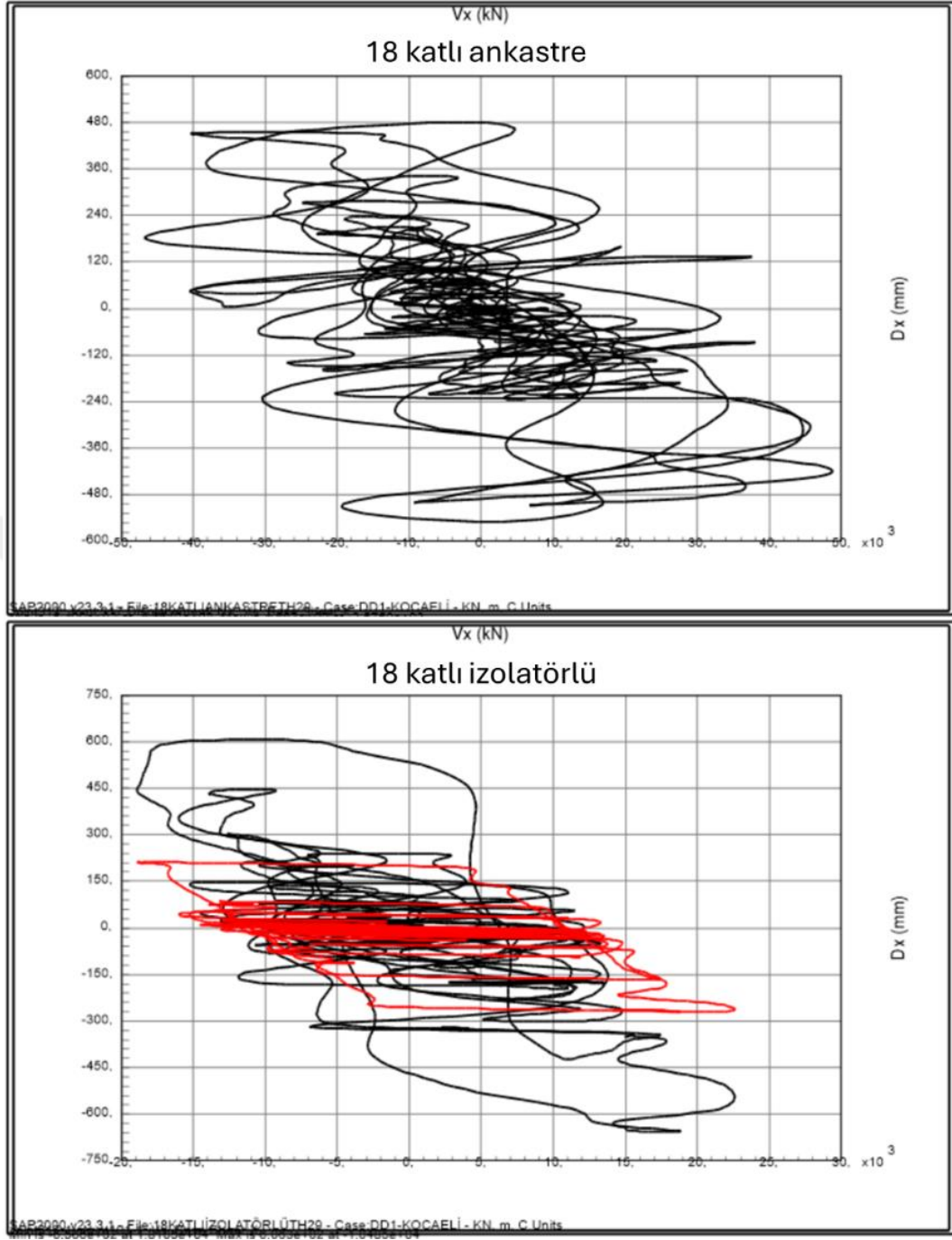
Şekil 106. DD1-Kocaeli taban kesme kuvveti-deplasman grafiği, 5 kat, $V_x - D_x$

10 katlı yapı:



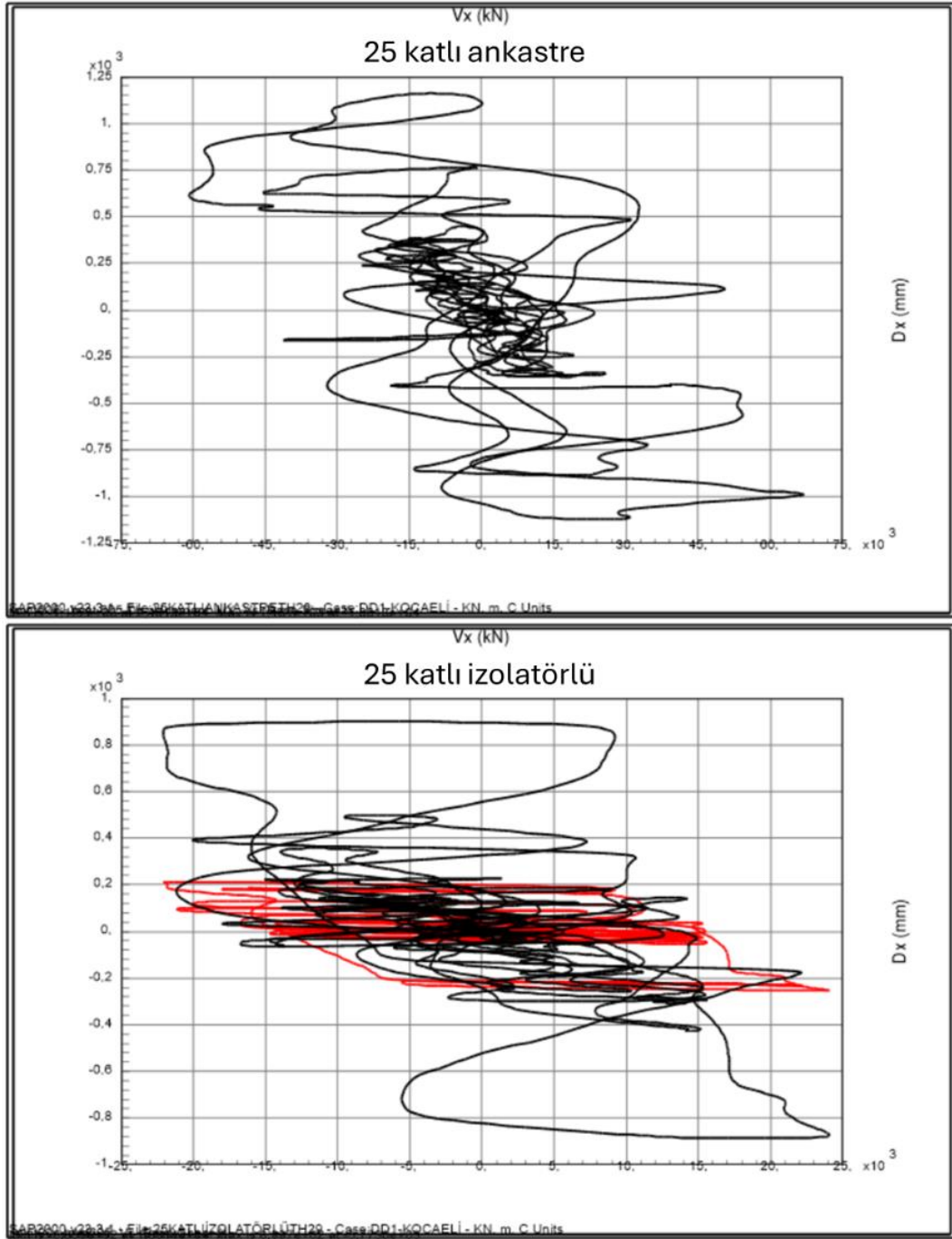
Şekil 107. DD1-Kocaeli taban kesme kuvveti-deplasman grafiği, 10 kat, V_x - D_x

18 katlı yapı:



Şekil 108. DD1-Kocaeli taban kesme kuvveti-deplasman grafiği, 18 kat, $V_x - D_x$

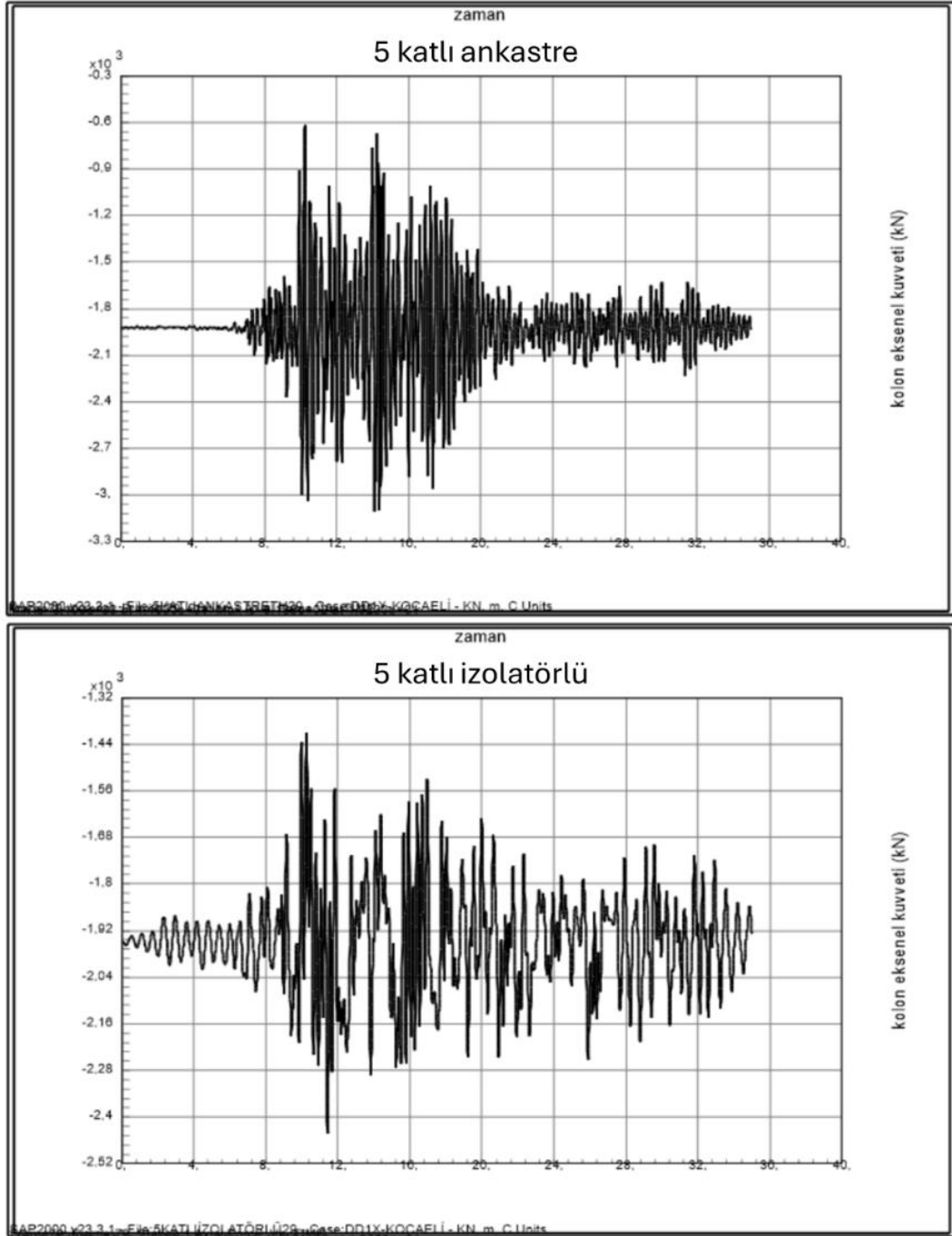
25 katlı yapı:



Şekil 109. DD1-Kocaeli taban kesme kuvveti-deplasman grafiği, 25 kat, $V_x - D_x$

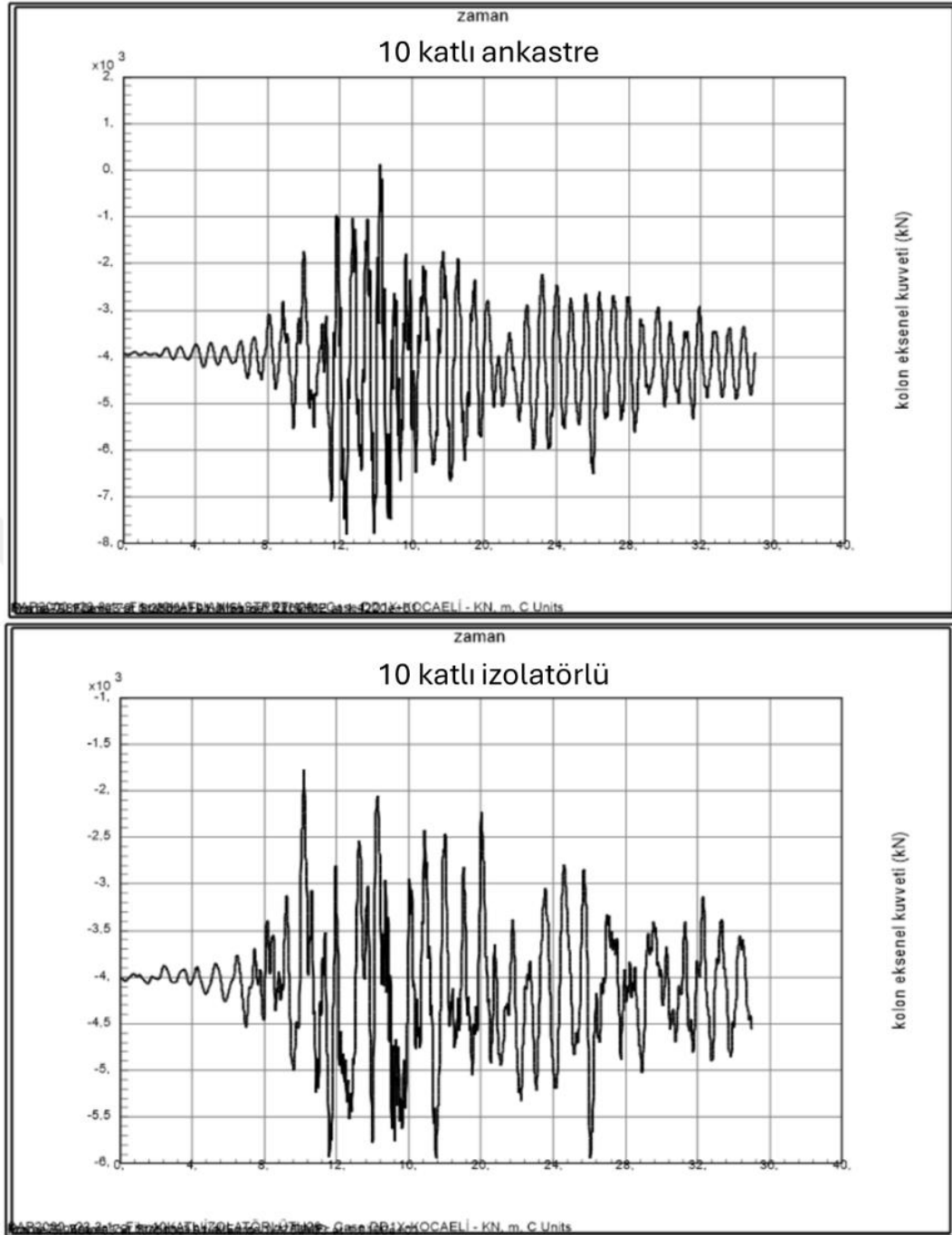
DD1-Kocaeli Kolon eksenel kuvvetleri:

5 katlı yapı:



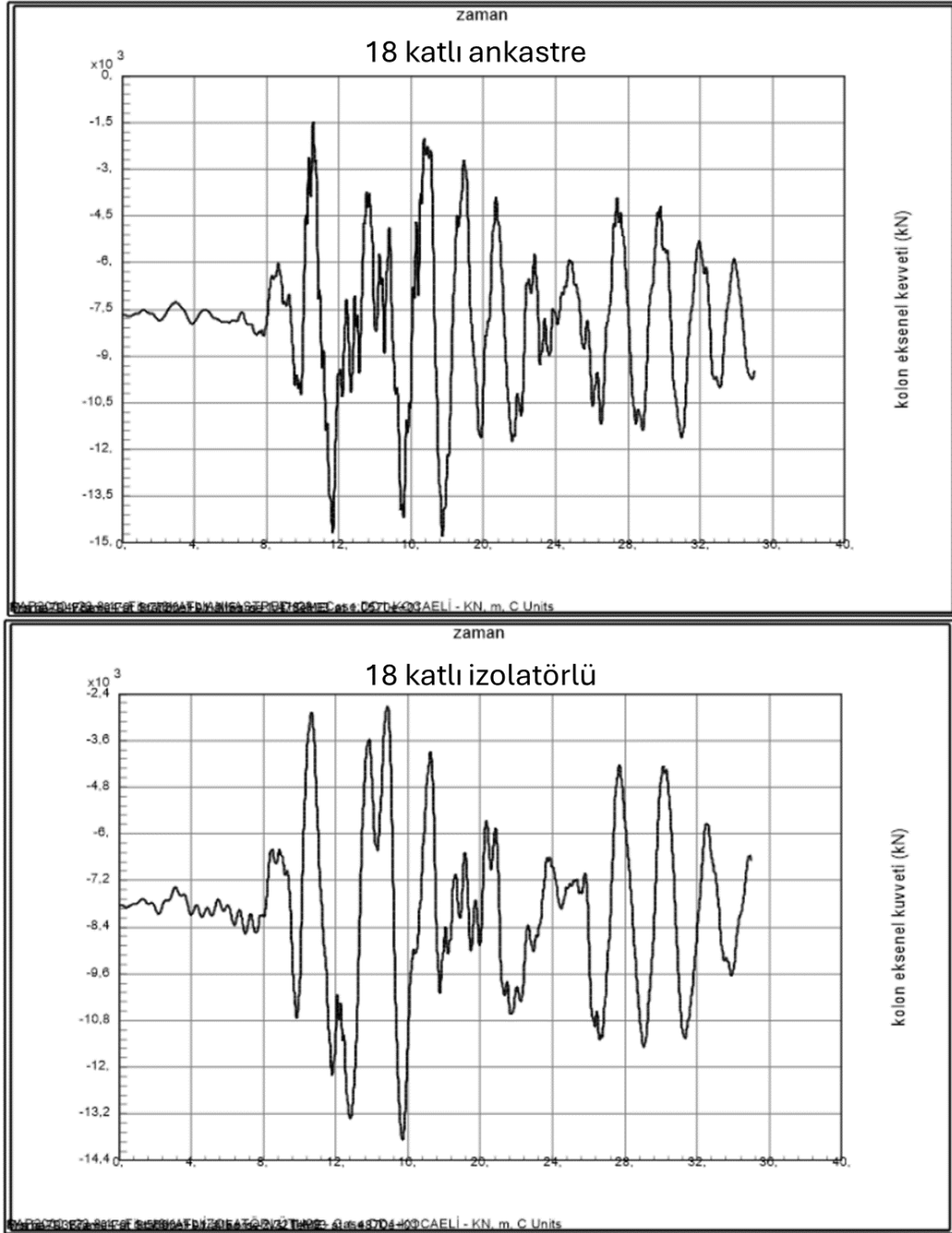
Şekil 110. DD1-Kocaeli kolon aksenal kuvveti, 5 kat.

10 katlı yapı:



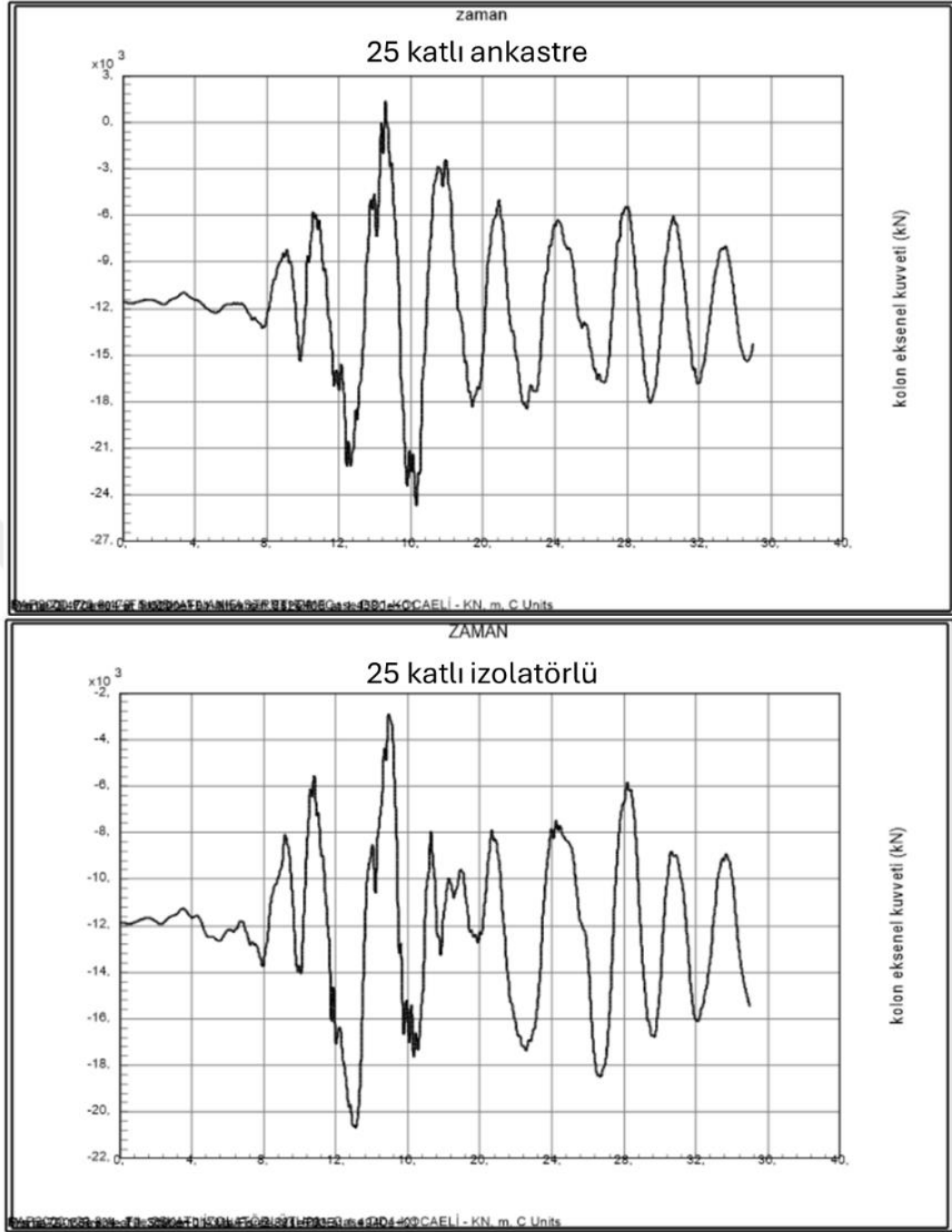
Şekil 111. DD1-Kocaeli kolon eksenel kuvveti, 10 kat.

18 katlı yapı:



Şekil 112. DD1-Kocaeli kolon eksenel kuvveti, 18 kat.

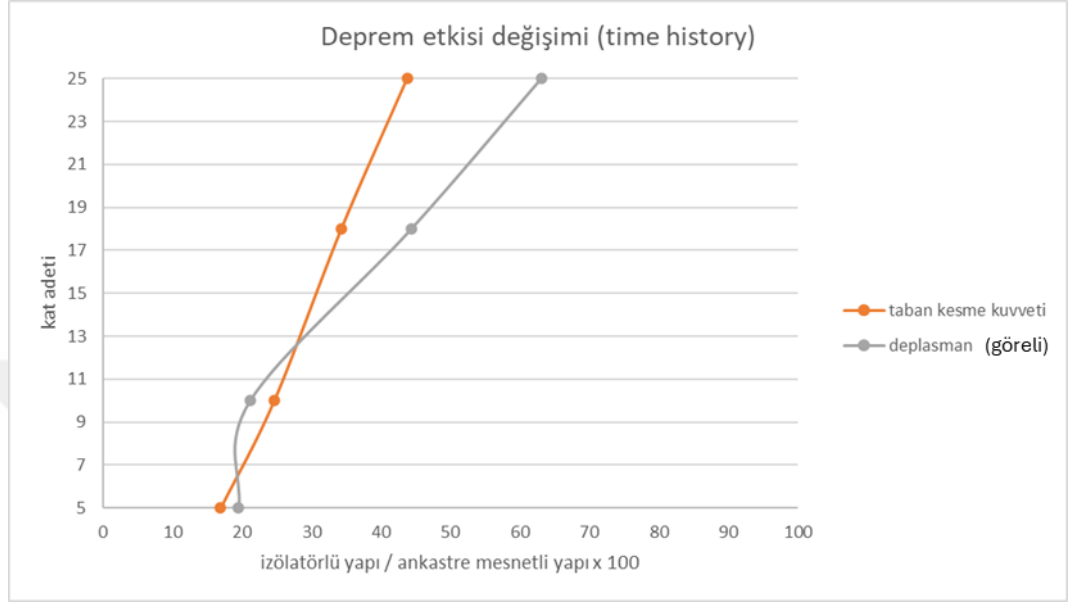
25 katlı yapı:



Şekil 113. DD1-Kocaeli kolon eksenel kuvveti, 25 kat.

Grafiklerde görüldüğü gibi izolatörlü yapılarda kat sayısı artınca kat arası deplasmanlar artar ama buna rağmen ankastre mesnetli binalara göre çok daha az olmaktadır. İzolatörlü yapılarda taban deplasmanı, ankastre mesnetli yapılardakilere göre daha fazladır. Ankastre mesnetli yapılarda kat sayısı artınca büyük bir derecede genlik artışı oluşmaktadır.

Aşağıdaki grafikte gösterilen değerler 11 deprem ivme kaydı çözümlerinin maksimum mutlak değer sonuçlarının ortalamasını alarak elde edilmiştir. Bu grafik izolatörlü yapılarda yüksekliğe bağlı deprem etkisinin değişimini göstermektedir.

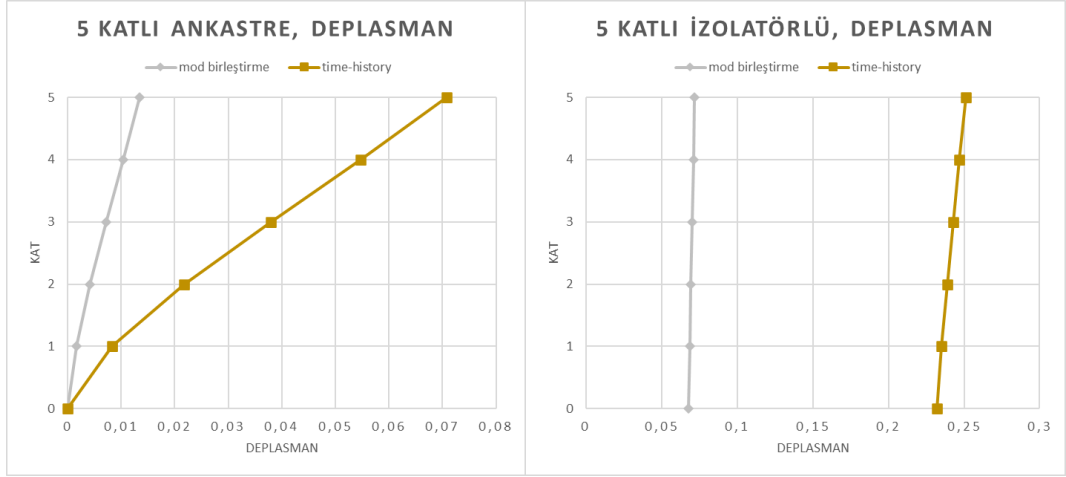


Şekil 114. Yapıların kat adedine bağlı görelî deplasmanların ve taban kesme kuvvetlerinin oranları (X yönü)

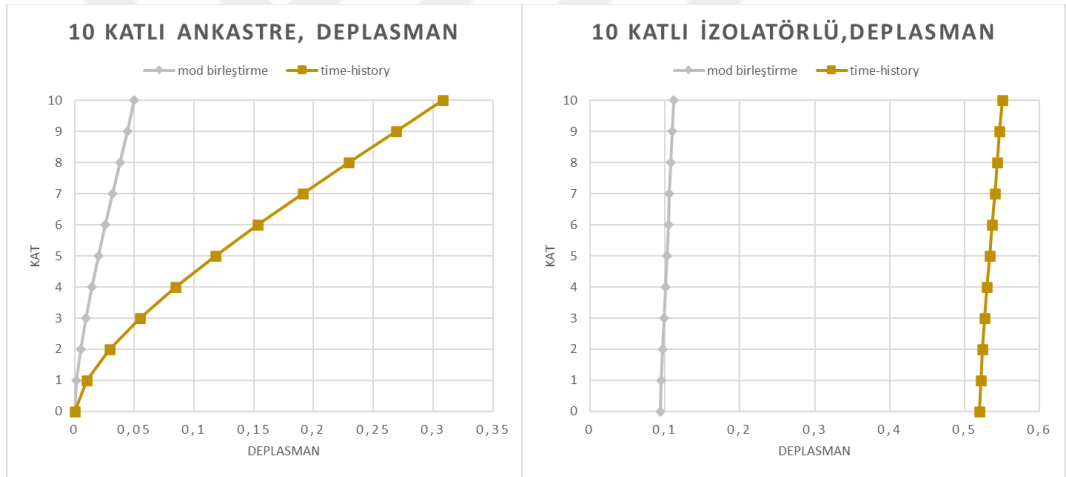
Zaman tanımı alanında doğrusal olmayan deprem analizi sonuçlarına göre 5 katlı yapıda izolatör kullanımı deprem yüklemesinden meydana gelen kat arası (görelî deplasman: son kat – taban deplasmanı) deplasmanlar %19'a kadar, 10katlı yapıda %21'e kadar, 18 katlı yapıda %43'e kadar ve 25 katlı yapılarda %62'ye kadar düştüğü görülmektedir. Taban kesme kuvveti ise 5 katlı yapıda izolatör kullanımı deprem yüklemesinden meydana gelen taban kesme kuvveti etkisini %17'ye kadar, 10 katlı yapıda %23'e kadar, 18 katlı yapıda %34'e ve kadar 25 katlı yapılarda %44'e kadar düştüğü görülmektedir.

4.2.7. Mod Birleştirme Yöntemi ve Zaman Tanımı Alanında Deprem Analizi Yöntemlerin Arasında Karşılaştırma

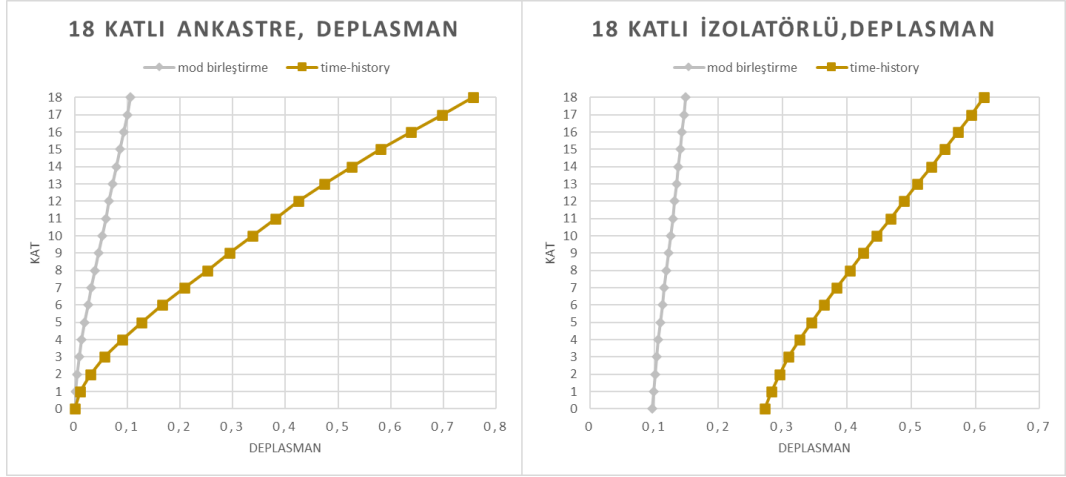
Deplasmanlar (metre):



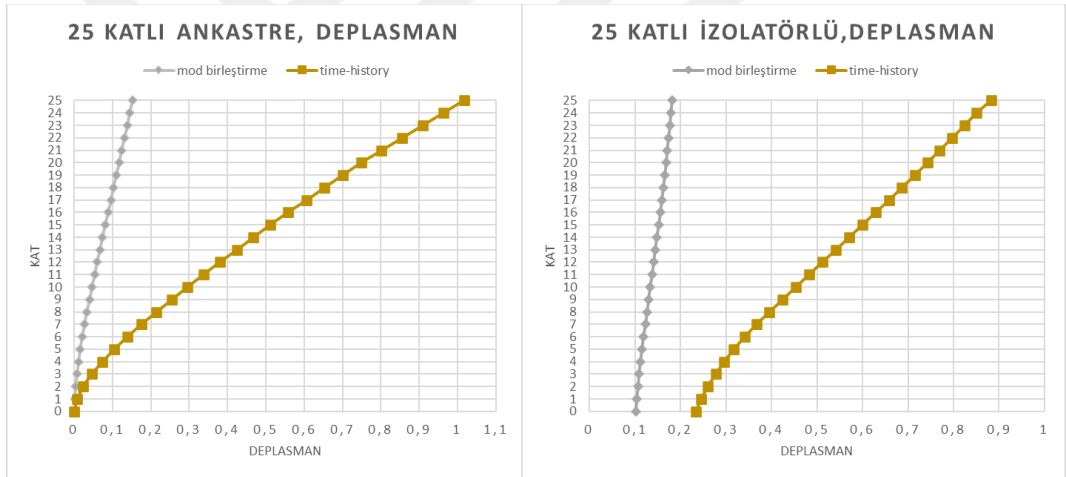
Şekil 115. Deplasmanların karşılaştırılması, Mod Birleştirme ve Time History yöntemleri, 5 kat



Şekil 116. Deplasmanların karşılaştırılması, Mod Birleştirme ve Time History yöntemleri, 10 kat

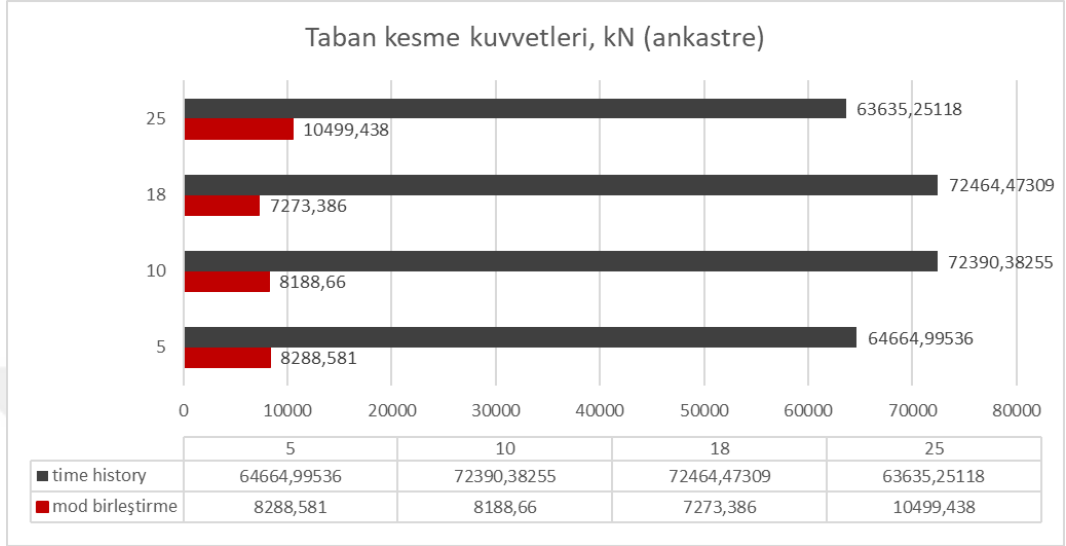


Şekil 117. Deplasmanların karşılaştırılması, Mod Birleştirme ve Time History yöntemleri, 18 kat

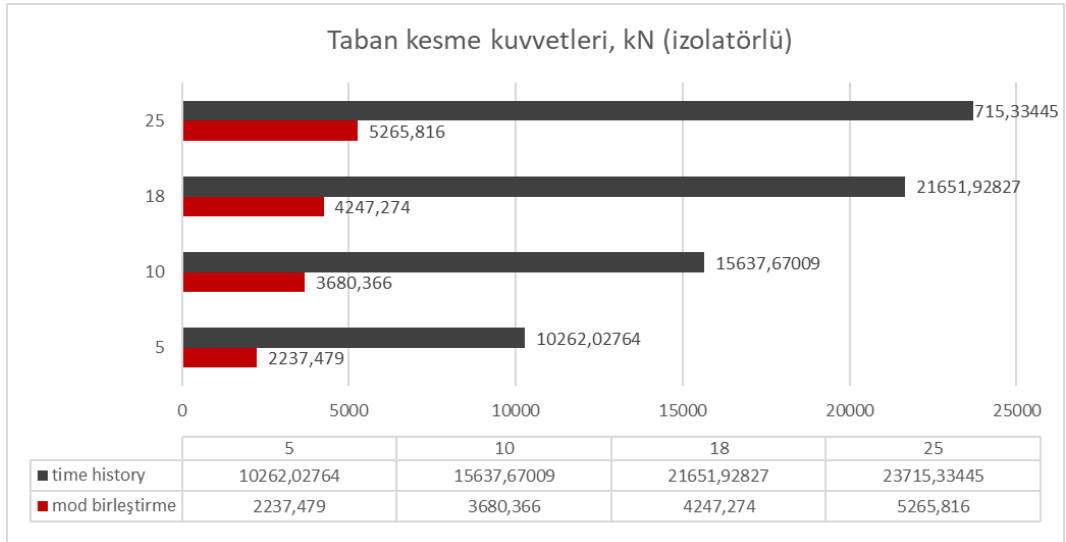


Şekil 118. Deplasmanların karşılaştırılması, Mod Birleştirme ve Time History yöntemleri, 25 kat

Taban kesme kuvvetleri:



Şekil 119. Taban kesme kuvvetlerin karşılaştırılması, Mod Birleştirme ve Time History yöntemleri, ankastre



Şekil 120. Taban kesme kuvvetlerin karşılaştırılması, Mod Birleştirme ve Time History yöntemleri, izolatörlü

Grafiklerde açıklandığı gibi Time History çözümlerinden elde edilen değerler, Mod Birleştirme çözümlerinden elde edilen değerlerden katlarca büyüktür. Onun en önemli sebeplerinden biri ise Time History çözümlerinde deprem azaltma katsayısının kullanılmamasıdır ve deprem yükünün tamamının alınmasıdır.



5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılarda sismik izolatörün kullanımının en önemli etkileri kat arası deplasmanları azaltmak, doğal titreşim periyotları arttırmak ve taban kesme kuvvetleri düşürmektir ve Sap2000 yazılımı ile ve sonlu elemanlar yöntemi ile yapılan çözümlerden elde edilen grafiklere baktığımızda Kurşun Çekirdekli Elastomerik Sismik İzolatörü Mod Birleştirme yöntem ile deprem analizi sonuçlarına göre 5 katlı yapıda deprem yüklemesinden meydana gelen kat arası deplasmanlar %28'a , 10katlı yapıda %34'e , 18 katlı yapıda %48'e ve 25 katlı yapılarda %53'ye düştüğü görülmektedir. Taban kesme kuvveti ise 5 katlı yapıda izolatör kullanımı deprem yüklemesinden meydana gelen taban kesme kuvveti etkisini %26'ye , 10 katlı yapıda %45'e , 18 katlı yapıda %60'e ve 25 katlı yapılarda %50'e düştüğü görülmektedir.. Zaman tanımı alanında doğrusal olmayan deprem analizi sonuçlarına göre 5 katlı yapıda Kurşun Çekirdekli Elastomerik Sismik İzolatörü kullanımı deprem yüklemesinden meydana gelen kat arası deplasmanlar %19'a , 10katlı yapıda %21'e , 18 katlı yapıda %43'e ve 25 katlı yapılarda %62'ye düştüğü görülmektedir. Taban kesme kuvveti ise 5 katlı yapıda izolatör kullanımı deprem yüklemesinden meydana gelen taban kesme kuvveti etkisini %17'ye , 10 katlı yapıda %23'e , 18 katlı yapıda %34'e ve 25 katlı yapılarda %44'e düştüğü görülmektedir.

Yapılarda sismik izolatörün kullanımı göreceli deplasmanları, taban kesme kuvvetleri ve kolon kesit kuvvetlerini büyük ölçüde düşürür. Sismik izolatörlü yapılarının doğal titreşim periyotları normal yapılara göre oldukça yüksektir.

Kurşun Çekirdekli Elastomerik Sismik İzolatör kullanımı yapının performans düzeyini yükseltmektedir. Ayrıca 5 ve 10 katlı ankastre mesnetli binalarda hem DD1 hem de DD3 deprem yer hareketleri için Sınırlı Hasar performans düzeyleri sağlanmışken izolatörlü binalarda Kesintisiz Kullanım performans düzeyleri sağlanmıştır. 18 ve 25 katlı ise ankastre mesnetli binalarda ise DD1 deprem yer hareketine göre Kontrollü Hasar, DD3 deprem yer hareketine göre Sınırlı Hasar performans düzeyi sağlanmışken izolatörlü binalarda DD1 deprem yer hareketine göre Sınırlı Hasar ve DD3 deprem yer hareketine göre Kesintisiz Kullanım performans düzeyi sağlanmıştır.

Yapının yüksekliği artması ile izolat6r kullanım etkisi azalır. Çünkü yapının yüksekliği arttığında izolat6rl6 binalardaki ve ankastre mesnetli binalardaki g6receli deplasmanlar arasındaki fark d6şmektedir, benzer şekilde taban kesme kuvvetlerinde ve doğal titreşim periyotlarında da aynı değişiklikler izlenmiştir.

Bütün modellerde ve bütün yüksekliklerde sismik izolat6r6n çekme kuvvetine maruz kalmadığı g6r6lmüştür.



6. KAYNAKLAR:

CHOPRA, A.K., Yapı Dinamiği Teori ve Deprem Mühendisliği Uygulamaları kitabı, çeviren HİLMİ LUŞ, Pearson Education Limited, 2013, 978-0-13-285803-8.

ÇERÇEVİK, A.E., AVŞAR, Ö., Doğrusal sismik izolasyon parametrelerinin karga arama algoritması ile optimizasyonu. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 2019, doi: 10.5505/pajes.2019.93636.

DERİNGÖL, A.H., ve GÜNEYİŞİ, E.M., Enhancing the seismic performance of high-rise buildings with lead rubber bearing isolators, Gaziantep University, Department of Civil Engineering, 2021, Türkiye; DOI: 10.31127/tuje.1026994.

DOĞANGÜN, A., Betonarme Yapıların Hesap ve Tasarım kitabı, Birsan Yayınevi, 2021, İstanbul; 978-975-511-310-x.

GÖKHAN, E., Betonarme Yapılarda İzolatör Kullanımının Taşıyıcı Sistem Davranışına Etkileri. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü, 2009, İstanbul.

İŞİK, M., Çok Katlı Betonarme Yapılarda Taşıyıcı Sistem Etkisi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2008, İstanbul

NADERPOUR, H., NAGHMEH, N., BURKACKİ, D. and JANKOWSKI, R., Seismic Response of High-Rise Buildings Equipped with Base Isolation and Non-Traditional Tuned Mass Dampers, Faculty of Civil Engineering, Semnan University, 35131-19111 Semnan, Iran, Faculty of Engineering, I. Azad University, 36199-43189 Shahrood, Iran, Faculty of Civil and Environmental Engineering, Gdansk University of Technology, 80-233 Gdansk, Poland. 2019, 27, 1741-1751.

OZKAN, A. M., GÜRSOY, Ş., GARİP, Z.Ş., Zemin Kat Yüksekliği ve Kat Adedi Farklı Olan Betonarme Binalarda Sismik İzolatör Kullanımının Bina Davranışına Etkisinin İncelenmesi, Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi, Haziran 2023, Türkiye; UMAGD, (2023) 15(2), 671-688. 10.29137/umagd.1253099.

ÖZER, E., İNEL, M., Sismik izolatörlerin betonarme konut binasının performansı üzerindeki etkileri. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 2020, Pamukkale; Doi: 10.5505/pajes.2020.36825.

ÖZPALANLAR, C. G., Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımında Sismik İzolasyon ve Enerji Sönümleyici Sistemler, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2004, İstanbul

PEHLİVAN, H.İ., Yüksek Yapılar Yatay Yük Analizi, Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü, 2010, Kırıkkale,

RAKSHİTH K, J. SBANDANA B. GANESH M. Ankastre Mesnetli ve Sismik İzolatörlü Betonarme Yapılar Performans Karşılaştırılması, International Research

Journal of Engineering and Technology (IRJET), p-ISSN: 2395-0072, Karantaka, 2017, İndia.

SAİFULİSLAM, A.B.M., JAMEEL, M. and JUMAAT, M.Z., Seismic isolation in buildings to be a practical reality: Behavior of structure and installation technique, Department of Civil Engineering, University of Malaya, Kuala Lumpur, 2011, Malaysia.

SEVERCAN, M., H. ve ŞEN, P., Sismik İzolatörlü Binalarda Kat Adedi Etkisi, Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 2019, doi: 10.28948/ngumuh.598230.

STEWART, J.P., CONTE, J.P. and AİKAN, L.D., Observed Behavior Of Seismically Isolated Buildings, Journal of Structural Engineering, 125(9), 1999.

SÜTÇÜ, F., Yüksek Sönümlü, Normal Elastomerik, Normal Ve Pendumlu Sürtünmeli İzolatörleri Arasında Performans Karşılaştırma, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara; 2020.

ŞENGEL, H.S., EROL, H., YAVUZ, E., Sismik İzolasyon Tekniği ve Kullanılışına İlişkin Örnek Uygulama, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 2009, Eskişehir; Cilt:XXII, Sayı:2.

TBDY 2018, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, 2018, Türkiye.

TOPLU, E., KIRTEL, O., Sismik Taban Yalıtımlı Yapılarda Zaman Tanım Alanında Analiz ve Artımsal Tek Modlu İtme Yöntemlerinin Karşılaştırılması, Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 2021, Sakarya; Doi:10.46810.

TS498, Türk Standardı, Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri, Türk Standartları Enstitüsü,1987, Türkiye.

TS500, Türk Standardı, Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, 2000, Türkiye.

TÜRK, H.A., Çok Katlı Betonarme Yapılarda Farklı Sismik İzolatör Sistemlerin ve Kat Adetinin Deprem Davranışına Etkisi, Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, 2019, Konya; (Danışman: Doç.Dr. Murat Öztürk).

URGU, İ., Sismik İzolasyonlu Yapıların Tasarımı, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2006, İzmir.

YAŞARER, D., Yüksek Yapılar Tasarımında Gelişmeler, Dicle Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü, Diyarbakır; 2019.