T.C

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SİSMİK İZOLASYON SİSTEMLERİYLE YAPILARIN TASARIMI VE MEVCUT BİR YAPIYA UYGULANMASI

SERKAN DEMİR
YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

Konya, 2008

T.C.

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SİSMİK İZOLASYON SİSTEMLERİYLE YAPILARIN TASARIMI VE MEVCUT BİR YAPIYA UYGULANMASI

SERKAN DEMİR
YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI
Konya, 2008

Bu tez …./…./2008 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/~~oy çokluğu~~ ile kabul edilmiştir.

Yrd.Doç.Dr. Mehmet KAMANLI — **Danışman**

Yrd.Doç.Dr. S. Kamil AKIN — **ÜYE**

Yrd.Doç.Dr. M. Tolga ÇÖĞÜRCÜ
ÜYE

ÖZET

Y.Lisans Tezi

SİSMİK İZOLASYON SİSTEMLERİYLE YAPILARIN TASARIMI VE MEVCUT BİR YAPIYA UYGULANMASI

SERKAN DEMİR

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman : Yrd. Doç. Dr. Mehmet KAMANLI

2008, 142 Sayfa

Jüri : Yrd.Doç.Dr. Mehmet KAMANLI
Yrd.Doç.Dr. S. Kamil AKIN
Yrd.Doç.Dr. M. Tolga ÇÖĞÜRCÜ

Bu çalışmada; sismik izolasyonun çalışma şekli, sismik izolatör çeşitleri, izolatörlerin hesap metotları ve dünya literatüründe sismik izolasyonlu yapılar konuları incelenerek sismik izolasyon genel hatlarıyla tanıtılmıştır.

Tez konusunda örnek olarak Konya Selçuk Üniversitesi Ar – Ge binası SAP2000 programında sismik izolasyonlu ayrıca 1. ve 4. derece deprem gölgesi için temele ankastre bağlı olarak ayrı ayrı analiz edilmiştir. Aynı zamanda bu bina 1. ve 4. derece deprem bölgesi için maliyet hesabında kullanmak üzere STA4-CAD programında da çözülmüştür. Daha sonra sismik izolasyon sistemi boyutlandırılmış ve maliyet karşılaştırılması yapılarak tez çalışması bitirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Sismik izolasyon, Taban izolatörü, Sönümleyiciler

ABSTRACT

MSc Thesis

PLANNING OF THE BUILDINGS WITH SEISMIC ISOLATION SYSTEMS AND PRACTICE TO THE EXISTENT BUILDING

SERKAN DEMİR
Selcuk University
Graduate School of Natural and Applied Science
Civil Engineering Department

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Mehmet KAMANLI
2008, 142 pages

Jury: : Assist. Prof. Dr. Mehmet KAMANLI
Assist. Prof. Dr. S. Kamil AKIN
Assist. Prof. Dr. M. Tolga ÇÖĞÜRCÜ

In this study;The subjects of how works the the seismic isolation, kind of seismic isolator, calculation methots of seismic isolator and in around the world the buildings with seismic isolations are searched so the seismic isolation are generally described.

In thesis subjects exemplarily; The Ar – Ge Building of Selcuk University in Konya is one by one has been analysised became with seismic isolation in the program of SAP2000 also to the 1. and 4. degree zones of earthquakes became fixed in footing. At the same time, This building has been calculated in the program of STA4-CAD to the using cost calculation. Later, Seismic isolation system is has been desinged and has had been the cost comparison after the thesis to be ended.

Keywords: Seismic isolation, Base isolator, Dampers

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans çalışmasını yöneten, bu çalışmayı teşvik eden, çalışma sırasında tecrübelerini ve ilgilerini esirgemeyen çok değerli hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Mehmet KAMANLI' ya ve çalışmalarımda bana yardımcı olan çok değerli sınıf arkadaşım Sayın İnşaat Yüksek Mühendisi İ. Hakkı ERKAN' a teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER **Sayfa No**

SİMGE LİSTESİ……..……....**vi**
ŞEKİL LİSTESİ……..…**viii**
ÇİZELGE LİSTESİ…….……..**xii**
1. GİRİŞ……..……**1**
1.2. Sismik İzolasyonun Çalışma Şekli...…….. **4**
1.3. Sismik İzolasyonun Önemi…..…….…….. **6**
2. LİTERATÜR ÖZETİ…..……...……...**9**
3. TEORİK ESASLAR……**14**
3.1. Lineer Teori…….……...…….. **14**
3.2. Teorinin Bina Tipi Yapılarda Uygulanması …….……...…….. **18**
4. SİSMİK İZOLASYON TÜRLERİ VE UYGULAMALARI..……...**20**
4.1. Aktif Kontrol Sistemleri…….…….....**21**
4.2. Pasif Kontrol Sistemleri…… .. **23**
4.2.1. Damperler…… **23**
4.2.2. Taban izolatörleri……...**25**
4.2.2.1. Elastomerik Mesnetli Yataklar……...……**25**
4.2.2.1.1. Düşük sönümlü doğal kauçuk yataklar... ...……...**25**
4.2.2.1.2. Kurşun çekirdekli yataklar...……...……..**29**
4.2.2.1.3. Yüksek sönümlü doğal kauçuk yataklar… ..……..**32**
4.2.2.2. Sürtünme esaslı sistemler…….....**33**
4.2.2.2.1. Fransız elektrik sistemi …….....**34**
4.2.2.2.2. Bileşik sistemi ……..…….....**35**
4.2.2.2.3. TASS sistemi ……..…….....**36**
4.2.2.2.4. Elastik sürtünmeli taban izolasyon sistemi ...……..... **36**
4.2.2.2.5. Sürtünmeli sarkaç sistemi…….....…….....**37**
4.3. Hibrit Sistemler ……**39**
4.4. Farklı İzolasyon Sistemleri ……..**40**
4.4.1. Gerb sistemi……**41**
4.4.2. Alga sistemi……...**42**
4.4.3. Süper kayıcı sistem …….. **42**
4.4. Dünya literatüründe bazı sismik yalıtımlı yapılar……..**44**

5. TABAN İZOLATÖRLERİNİN MODELLENMESİ……..**48**

5.1. Kauçuk Esaslı İzolatörlerin Mekanik Karakteristikleri ……. **48**

5.2. Kurşun Çekirdekli Tabakalı Kauçuk İzolatörlerin Mekanik Karakteristikleri……..…….**53**

5.3. Sürtünmeli Sismik İzolatörlerin Mekanik Karakteristikleri ..…….**56**

6. SAYISAL MODELLEME YAPILMASI…..…….. **58**

6.1. Sap2000 (Structural Analysis Program) Programı …….....**58**

6.2. STA4-CAD (Structural Analvsis For Computer) Programı ..…….....**58**

6.3. UBC 97 (Uniform Building Code 97) Standardı……...…….....**59**

6.4. 1. ve 4. Derece deprem bölgesine göre özüm……...…….....**59**

6.4.1. Hesap verileri ……..…….……...…..**62**

6.4.2. Sismik izolasyon için UBC97 Hesap Verileri……..……..**64**

6.4.3. Kauçuk İzolatör Tasarımı…….....**68**

6.4.3.1. İzolatör Yatay yer değiştirmesi…..……..……**68**

6.4.3.2. Yatay Rijitlik…….……..…….. **68**

6.4.3.3. İzolatör Çapı……..….. **68**

6.4.3.4. Göçme tahkiki ……..…….. **69**

6.4.4. Kayıcı İzolatör Tasarımı ……...……..... **70**

6.5. Sistemin Bilgisayar Ortamında Çözümü ve Değerlendirilmesi **72**

6.5.1. 4. Derece Deprem Bölgesi İçin x ve y yönünde deplasmanlar……..**73**

6.5.2. 1. Derece Deprem Bölgesi İçin x ve y yönünde deplasmanlar……. **83**

6.5.3. İzolatörlü sistemin x ve y yönündeki deplasmanları …….…… **93**

6.6. Analiz Sonuçlarının Değerlendirmesi…….....**105**

7. MALİYET KARŞILAŞTIRMASI…… ……. **106**

7.1. Yapı İnşaat Maliyetlerinin Hesaplanması…….…….....**106**

7.2. İzolatör Maliyetlerinin Hesaplanması ……..…….....**110**

8. SONUÇ VE ÖNERİLER……. **112**

9. KANAKLAR……. **115**

SİMGE LİSTESİ

ω_b	Doğal frekans
ξ_b	Sönüm sabiti
R	Sürtünmeli sarkacın içbükey yüzeyinin eğrilik yarıçapı
g	Yerçekimi ivmesi
k_b, c_b	İzolasyon sisteminin göreli yer değiştirmesi
k_s, c_s	Üst yapının rijitlik ve sönüm değerleri
υ_b	İzolasyon sisteminin göreli yer değiştirmesi
ν_s	Üstyapının göreli kat ötelemesi
u_b	İzolasyon sisteminin mutlak deplasmanı
u_s	Üstyapının mutlak deplasmanı
γ	Taban izolasyon kütlesinin, sistemin tüm kütlesine oranı
ω_s	Üstyapı doğal frekansı
β_b, β_s	İzolasyon sistemi ve üstyapı için boyutsuz sönüm faktörleri
Φ_b	İzolasyon sistemi mod şekli
Φ_s	Üstyapı mod şekli
ε	Taban izolasyonu ile üstyapının doğal frekansları oranının karesi
λ_1, λ_2	Etkileşim katsayıları
q_1, q_2	Zamana bağlı modal katsayılar
M_i	Modal kütle
L_i	Herhangi bir moda ait katılım faktörü
S_D	Davranış spektrumundaki spektral yer değiştirme
C_s	Taban kesme kuvveti katsayısı
S_A	Spektral ivme
r	Serbestlik derecesini yer hareketi ile etkileştiren vektör
F	Atalet kuvveti
K_H	Yatay rijitlik
G	Kayma modülü
A	Kauçuğun enkesit alanı
t_r	Kauçuğun toplam kalınlığı
γ_m	Maksimum kayma şekil değiştirme
D	Yatay yer değiştirme
K_v	Düşey rijitlik
EI	Eğilme rijitliği
E_c	Düşey yük etkisi altında kauçuk ve çelikten oluşan kompozit elemanın elastisite modülü
S	Şekil faktörü
γ_c	Kauçukta basınç etkisi altında meydana gelen kayma şekil değiştirmesi
ε_c	Nominal basınç şekil değiştirmesi
Δ	Basınç etkisi altında meydana gelen kısalma miktarı
α	İzolatör alt ve üst levhaları arasındaki rölatif açı
ρ	Eğrilik yarıçapı

t	Tek bir kauçuk tabakasının kalınlığı
ε_b	Eğilme nedeniyle oluşan kenar basınç şekil değiştirmesi
Q	Karakteristik dayanım
K_{eff}	Efektif rijitlik
K_1	Elastik rijitlik
K_2	Akma sonrası rijitlik
D_y	Akma yer değiştirmesi
μ	Sürtünme katsayısı
W	Taşınan yük
F	Sistemde meydana gelen tepki kuvveti
sgn	İşaret fonksiyonu
T	İzolasyonlu yapı periyodu
D	Kayma hızı
δ_y	Düşey yer değiştirme
K_X, K_Y	Boyuna ve enine rijitlikler
K_R	Dönme rijitliği
C_X, C_Y	Boyuna ve enine ötelenme sönüm katsayıları
C_R	Dönme sönüm katsayısı
θ	Kaymanın doğrultusunu veren açı
Z_X, Z_Y	Histerik kuvvetlerin iki eksenli etkileşimiyle ilgili boyutsuz değerler
Y	Akma yer değiştirmesi
A, γ, β	Histerik döngünün şeklini kontrol eden boyutsuz sabitler
F_x	İzolatörün hareketi halinde x yönünde oluşacak kuvvet
F_y	İzolatörün hareketi halinde y yönünde oluşacak kuvvet
U_x	X doğrultusundaki yer değiştirme
U_y	Y doğrultusundaki yer değiştirme
N	İzolatör üzerindeki eksenel yük
f_{max}, f_{min}	Sürtünme kuvvetinin maksimum ve minimum değerleri
a	Sürtünme katsayısının maksimum ve minimum değerleri arasındaki geçişi kontrol eden bir katsayı
f_{u1}, f_{u2}, f_{u3}	İç yay kuvvetleri
f_{r1}, f_{r2}, f_{r3}	Yay momentleri
P, V_2, V_3	Eleman iç kuvvetleri
T, M_2, M_3	İç momentler
z_2 ve z_3	İç histerik değişkenler
D_T	Toplam tasarım yer değiştirmesi
D_{TM}	Toplam maksimum yer değiştirme
C_{VD}, C_{VM}	Sismik katsayılar
Z	Sismik bölge faktörü
N_a, N_v	Kaynak yakınlık faktörü
R_I	Yapısal sistem azaltma faktörü

ŞEKİL LİSTESİ **Sayfa No**

Şekil 1.1. Deprem hareketine yapının muhtemel tepkisi ……..……. 4
Şekil 1.2. Sismik izolasyonla yapının yerden ayrılması ……...…5
Şekil 1.3. Sismik izolatörlerin kolona bağlantı filizleri ……..5
Şekil 1.4. Deprem yapıya etkiyen yatay kuvvetler……...8
Şekil 1.5. Japonya' da sismik izolasyon uygulaması yapılmış yüksek bir bina…...8
Şekil 3.1. İzole edilmiş bina parametreleri…… …….…….14
Şekil 4.1. Aktif kontrol sistemlerinin algoritmik unsurları …..…….…..22
Şekil 4.2. Aktif kontrolde işlemler ……..22
Şekil 4.3. Viskoz sönümleyicinin boyuna kesiti ……..24
Şekil 4.4. Viskoz sönümleyici örneği……...……...…..24
Şekil 4.5. Viskos sönümleyicide kullanılan sıvı yağ……...……..25
Şekil 4.6. Tipik düşük sönümlü kauçuk mesnet örneği …….……...….27
Şekil 4.7. Tipik köşeli kauçuk mesnet örneği…….…….……..28
Şekil 4.8. Tipik dairesel kauçuk mesnet örneği …..……28
Şekil 4.9. Doğal kauçuk izolatörlerin davranışları ……29
Şekil 4.10. Kurşun çekirdekli kauçuk izolator yapım modeli ……...30
Şekil 4.11. Kurşun çekirdekli kauçuk izolator modeli ...……31
Şekil 4.12. Birden fazla kurşun çekirdekli kauçuk izolator modeli……31
Şekil 4.13. Yüksek sönümlü doğal kauçuk izolatör modelleri…….…..…32
Şekil 4.14. Kayıcı mesnetli izolatör yapım modeli……..……...……..33
Şekil 4.15. Kayıcı mesnetli izolatörlerde temel modellemesi ..……..34
Şekil 4.16. Bileşik sistem modeli ...…….35
Şekil 4.17. Elastik sürtünmeli taban izolatörü ……..…37
Şekil 4.18. Kapalı halde sürtünmeli sarkaç modeli…….….38
Şekil 4.19. Sürtünmeli sarkaç modeli mesnedinin açık hali ..…….….39
Şekil 4.20. Yüksek bir binada uygulanan hibrit sismik izolasyon sistemi..…….….40
Şekil 4.21. Gerb izolasyon sistemi……..…….41
Şekil 4.22. Alga sistemi mesnetleri ……..…….42
Şekil 4.23. Süper kayıcı izolatör kesiti ...……..…….43
Şekil 4.24. Süper kayıcı izolatör uygulama görünüşü..……..…….44

Şekil 4.25. Atatürk Havalimanı……...……..…….44
Şekil 4.26. Bolu viyadükleri……....……..…….45
Şekil 4.27. Büyük Tarabya Oteli…….....……..…….45
Şekil 4.28. Erzurum Hospital' in yapım aşaması…....……..…….46
Şekil 4.29. Erzurum Hospital……..……..…….44
Şekil 5.1. Salt eğilme etkisi altında olan rijit tabakalar arasındaki kauçuk izolatör.52
Şekil 5.2. Kuvvet-yer değiştirme histerezis eğrisi üzerindeki temel parametreler 54
Şekil 5.3.Sürtünme esaslı sismik izolatör sisteminin serbest cisim diyagramı ve temel parametreleri ……...….56
Şekil 6.1. Selçuk Üniversitesi Ar – Ge binası …….. ….....…….60
Şekil 6.2. Selçuk Üniversitesi Ar – Ge binası 1. kat planı ….....…….61
Şekil 6.3 Mevcut binanın STA4CAD programındaki 3 boyutlu görünüşü ...…..….63
Şekil 6.4. Binanın SAP2000 programındaki 3 boyutlu görünüşü ..……..….63
Şekil 6.5. İzolatör yerleşim planı……..67
Şekil 6.6. Sürtünmeli Sarkaç Sistem izolatörün çalışma şekli ……...71
Şekil 6.7. Sürtünmeli sarkaç sistem izolatöre kabaca bir örnek ……..72
Şekil 6.8. Ankastre sistemin x yönünde B-B aksı zemin kat deplasmanları..…….77
Şekil 6.9. Ankastre sistemin x yönünde B-B aksı 1. kat deplasmanları..…….77
Şekil 6.10. Ankastre sistemin x yönünde B-B aksı 2. kat deplasmanları…….78
Şekil 6.11. Ankastre sistemin x yönünde B-B aksı 3. kat deplasmanları..…….78
Şekil 6.12. Ankastre sistemin x yönünde B-B aksı 4. kat deplasmanları..…….79
Şekil 6.13. Ankastre sistemin x yönünde I-I aksı zemin kat deplasmanları……..79
Şekil 6.14. Ankastre sistemin x yönünde I-I aksı 1. kat deplasmanları……..……..80
Şekil 6.15. Ankastre sistemin x yönünde I-I aksı 2. kat deplasmanları……..80
Şekil 6.16. Ankastre sistemin x yönünde I-I aksı 3. kat deplasmanları……..81
Şekil 6.17. Ankastre sistemin x yönünde I-I aksı 4. kat deplasmanları……...…..81
Şekil 6.18. Ankastre sistemin y yönünde 1-1 aksı zemin kat deplasmanları……..82
Şekil 6.19. Ankastre sistemin y yönünde 1-1 aksı 1. kat deplasmanları…….....…..82
Şekil 6.20. Ankastre sistemin y yönünde 1-1 aksı 2. kat deplasmanları……...…..83
Şekil 6.21. Ankastre sistemin y yönünde 1-1 aksı 3. kat deplasmanları……...…..83
Şekil 6.22. Ankastre sistemin y yönünde 1-1 aksı 4. kat deplasmanları……...…..84
Şekil 6.23. Ankastre sistemin y yönünde 12-12 aksı zemin kat deplasmanları……..84
Şekil 6.24. Ankastre sistemin y yönünde 12-12 aksı 1. kat deplasmanları……...…..85

Şekil 6.25. Ankastre sistemin y yönünde 12-12 aksı 2. kat deplasmanları……..…..85
Şekil 6.26. Ankastre sistemin y yönünde 12-12 aksı 3. kat deplasmanları……..…..86
Şekil 6.27. Ankastre sistemin y yönünde 12-12 aksı 4. kat deplasmanları…....…..86
Şekil 6.28. Ankastre sistemin x yönünde B-B aksı zemin kat deplasmanları…..….87
Şekil 6.29. Ankastre sistemin x yönünde B-B aksı 1. kat deplasmanları..…….87
Şekil 6.30. Ankastre sistemin x yönünde B-B aksı 2. kat deplasmanları..…….88
Şekil 6.31. Ankastre sistemin x yönünde B-B aksı 3. kat deplasmanları..…….88
Şekil 6.32. Ankastre sistemin x yönünde B-B aksı 4. kat deplasmanları..…….89
Şekil 6.33. Ankastre sistemin x yönünde I-I aksı zemin kat deplasmanları……..89
Şekil 6.34. Ankastre sistemin x yönünde I-I aksı 1. kat deplasmanları……...……..90
Şekil 6.35. Ankastre sistemin x yönünde I-I aksı 2. kat deplasmanları……..90
Şekil 6.36. Ankastre sistemin x yönünde I-I aksı 3. kat deplasmanları……..91
Şekil 6.37. Ankastre sistemin x yönünde I-I aksı 4. kat deplasmanları……...…..91
Şekil 6.38. Ankastre sistemin y yönünde 1-1 aksı zemin kat deplasmanları……..92
Şekil 6.39. Ankastre sistemin y yönünde 1-1 aksı 1. kat deplasmanları…….....…..92
Şekil 6.40. Ankastre sistemin y yönünde 1-1 aksı 2. kat deplasmanları……...…..93
Şekil 6.41. Ankastre sistemin y yönünde 1-1 aksı 3. kat deplasmanları……...…..93
Şekil 6.42. Ankastre sistemin y yönünde 1-1 aksı 4. kat deplasmanları……...…..94
Şekil 6.43. Ankastre sistemin y yönünde 12-12 aksı zemin kat deplasmanları……..94
Şekil 6.44. Ankastre sistemin y yönünde 12-12 aksı 1. kat deplasmanları……...…..95
Şekil 6.45. Ankastre sistemin y yönünde 12-12 aksı 2. kat deplasmanları……...…..95
Şekil 6.46. Ankastre sistemin y yönünde 12-12 aksı 3. kat deplasmanları……...…..96
Şekil 6.47. Ankastre sistemin y yönünde 12-12 aksı 4. kat deplasmanları…....….....96
Şekil 6.48. Sistemin x yönünde B-B aksı izolatör deplasmanları……...97
Şekil 6.49. Sistemin x yönünde B-B aksı zemin kat deplasmanları…….……...97
Şekil 6.50. Sistemin x yönünde B-B aksı 1. kat deplasmanları..…….98
Şekil 6.51. Sistemin x yönünde B-B aksı 2. kat deplasmanları..…….98
Şekil 6.52. Sistemin x yönünde B-B aksı 3. kat deplasmanları..…….....…….….99
Şekil 6.53. Sistemin x yönünde B-B aksı 4. kat deplasmanları..…….……99
Şekil 6.54. Sistemin x yönünde I-I aksı izolatör deplasmanları……..100
Şekil 6.55. Sistemin x yönünde I-I aksı zemin kat deplasmanları……..…….100
Şekil 6.56. Sistemin x yönünde I-I aksı 1. kat deplasmanları……....……..101
Şekil 6.57. Sistemin x yönünde I-I aksı 2. kat deplasmanları……..101
Şekil 6.58. Sistemin x yönünde I-I aksı 3. kat deplasmanları……..102

Şekil 6.59. Sistemin x yönünde I-I aksı 4. kat deplasmanları…….……...…..102
Şekil 6.60. Sistemin y yönünde 1-1 aksı izolatör kat deplasmanları….……..……..103
Şekil 6.61. Sistemin y yönünde 1-1 aksı zemin kat deplasmanları……..……..103
Şekil 6.62. Sistemin y yönünde 1-1 aksı 1. kat deplasmanları……....…..104
Şekil 6.63. Sistemin y yönünde 1-1 aksı 2. kat deplasmanları…….…….…...…..104
Şekil 6.64. Sistemin y yönünde 1-1 aksı 3. kat deplasmanları…….…….…...…..105
Şekil 6.65. Sistemin y yönünde 1-1 aksı 4. kat deplasmanları……....…..105
Şekil 6.66. Sistemin y yönünde 12-12 aksı izolatör kat deplasmanları….……..106
Şekil 6.67. Sistemin y yönünde 12-12 aksı zemin kat deplasmanları……...……..106
Şekil 6.68. Sistemin y yönünde 12-12 aksı 1. kat deplasmanları……...……....107
Şekil 6.69. Sistemin y yönünde 12-12 aksı 2. kat deplasmanları……....…..107
Şekil 6.70. Sistemin y yönünde 12-12 aksı 3. kat deplasmanları……....…..108
Şekil 6.71. Sistemin y yönünde 12-12 aksı 4. kat deplasmanları….....….....108

ÇİZELGE LİSTESİ **Sayfa No**

ÇİZELGE ADI

Çizelge 4.1. Dünya üzerindeki sismik yalıtımlı yapı örnekleri ..……..……..47
Çizelge 6.1a. UBC97 hesap verileri …….……..….....65
Çizelge 6.1b. UBC97 hesap verileri …….……..….....66
Çizelge 6.2. Kauçuk izolatörlerin teknik özellikleri…….……..….....69
Çizelge 7.1. Binanın 4. derece deprem bölgesi için yaklaşık kaba maliyetinin Hesaplanması…….……...….....107
Çizelge 7.2. Binanın 1. derece deprem bölgesi için yaklaşık kaba maliyetinin Hesaplanması…….……...….....108
Çizelge 7.3. Sismik izolasyonlu binanın yaklaşık kaba maliyetinin hesaplanması..109
Çizelge 7.4. İzotatör Maliyet Hesabı ……..…….……...……...110
Çizelge 7.5. Maliyet Karşılaştırmaları……...…….……...……... 111

1.GİRİŞ

Depremin meydana gelmesi insanlık tarihi boyunca hep büyük felaketlere neden olmuştur. Özellikle son dönemlerde oluşan depremlerde mühendislik yapılarında büyük hasarlar görülmüştür. Bu durum tabiî ki mühendisleri yapılarda sismik güvenliğin arttırılması yoluna itmiştir. Depremin dalgası ve yapılar üzerine etki eden kuvvetlerinin büyüklüğü hakkında daha çok bilgi edinildikçe, güvenliği arttırmak amacıyla daha dayanıklı binalar yapılmaktadır. Binaların göçmesinin önüne geçmek amacıyla binalar depreme dayanıklı yapılmakta fakat depremden yalıtılması sağlanamamaktadırlar. Bu da orta büyüklükteki depremlerde bina içinde hasarların beklenebileceği anlamına gelmektedir. Bununla birlikte 1999 Gölcük ve Düzce Depremleri gibi büyük depremler, insan hayatını tehlikeye sokarak, milyonlarca dolara mal olan önemli yapısal ve binaların içindeki eşya ve cihazlara yönelik hasarlara neden olabilir. Bu sebeple mühendisler belirli bir çalışma sonucunda daha dayanıklı yapı yapmak yerine deprem kuvveti azaltılmış bir yapıyı fikir edinmişler.

İnşaat mühendisliğinin ana konularından olan deprem mühendisliği, depreme karşı dayanıklı yapı tasarımı ve geoteknik gibi alanlarda çalışan akademisyenlerin, mühendislik çevrelerinin, uygulamacıların ve çeşitli kamu çalışanlarının gayretleriyle ülkemizde deprem afetine karşı çeşitli yönetmelik ve standartlar hazırlanmış ve halen hazırlanmaya devam edilmektedir.

Hazırlanan çağdaş yönetmelikler sayesinde kaliteli yapı tasarımında, üretiminde ve kullanımında çok fazla yol alınmış durumdadır. Fakat deprem hareketinin karmaşıklığı, kaotik bir yapıya sahip olması, yani mühendisliğin çözüm üretebilmesi için hazır deterministik özelliklerinin olmaması biz mühendislere yaklaşık ve maksimum güvenlikli tarafta kalma şansından daha fazlasını vermemiştir.(Tolay 2006)

Zemin – yapı arasındaki bir etkileşimin var olması, büyük yer hareketlerinden dolayı yapılar üzerinde büyük hasarlara ve can kayıplarına neden olabilmektedir. Üst yapıyı, kendisine deprem hareketini ileten zeminden ayırmak amacıyla kullanılan izolasyon teknikleri deprem hareketlerinin yapı üzerindeki etkilerini oldukça azaltmaktadır. Bu amaçla kullanılan sismik yalıtım araçlarına “ taban izolatörü” veya “ sismik izolatör “ denilmektedir (Şahin 2001).

ABD ve Japonya gibi ülkelerde orta büyüklükteki ve yüksek binalara “Sismik izolasyon” (deprem yalıtımı) diye adlandırılan yeni bir teknoloji uygulanmaktadır. Bu teknolojide sistem yapıyı tabanından veya temelinden ayırma ya da izole etme yoluyla yapıya geçen deprem yer hareketini büyük ölçüde azaltarak çalışmaktadır. Örneğin, 8.0 Richter büyüklüğündeki bir depreme maruz kalan izole edilmiş bir yapı, 5.5 Richter büyüklüğündeki bir depremle karşılaşmış gibi davranış göstermektedir.

Yolcularına sarsıntılı bir yolculuk yerine yumuşak bir yolculuk sunan otomobiller ile onların süspansiyon sistemi yaylar ve darbe yutucular arasındaki ilişki buna uygun bir benzetme olarak ortaya konulabilir. (Marioni 2001).

İzolatörün doğuşu ve tarihsel gelişiminde ise ilk çalışmalardan biri Ağustos 1909’ da İngiltere’nin kuzeyinde bir şehir olan Scarborough’ ta J.A. Calantarients adında bir doktor tarafından, Santiago’ da bulunan sismoloji servisine bir mektup yazarak yeni bir metot bulduğunu bildirmiştir. Bu metotta, binaların yapım sırasında alt kısma talk, mika veya kum gibi tabakadan oluşan katmanın eklenmesi durumunda, yapıların deprem esnasında hareket serbestliğine izin verecek bir düzenek oluşacağını savunmuştur (Naeim ve Kelly 1999).

Diğer bir çalışma ise 100 yıldan daha fazla bir süre önce Prof. Dr. John Milne tarafından Japonya’da ileri sürülmüştür. Küçük ahşap bir ev inşa eden Milne bu evi mafsal biçimli mesnetler üzerine oturtarak yapının depremden izole edilebileceğini göstermiştir. Ancak lineer teorinin geliştirilmesi ve bunun titreşim alanına uygulanması 20. yüzyılın ortalarına kadar sürmüştür.

Yapılarda deprem etkisini azaltma çabaları 1920’ li yıllarda uygulamaya geçirilmiştir. F.L. Wright ilk defa bu fikri 1921 yılında uygulamaya geçiren kişi olmuştur. Tokyo’ da inşa edilen bir otelin yumuşak zemini, yerleştirilen kazıklar ile sert zemine birleştirerek yapının depremde davranışına müdahale etmiştir. Aynı yapı 1923 yılında Tokyo depreminde ayakta kalmıştır.

Modern anlamda sismik izolasyon sisteminin kullanılması 1960’ lı yılların sonuna rastlamaktadır. Son yıllarda ise yeni yapılan köprü ve binalarda ve mevcut yapıların takviyesinde sıkça kullanılmaya başlanılmıştır. Yugoslavya’da bir okul binasında 1969 yılında ilk defa kauçuk mesnetli izolatörler kullanılmıştır. “Pestolozzi” okulu İsveçli mühendisler tarafından yapılmış olup 3 katlı betonarme bir yapıdır.

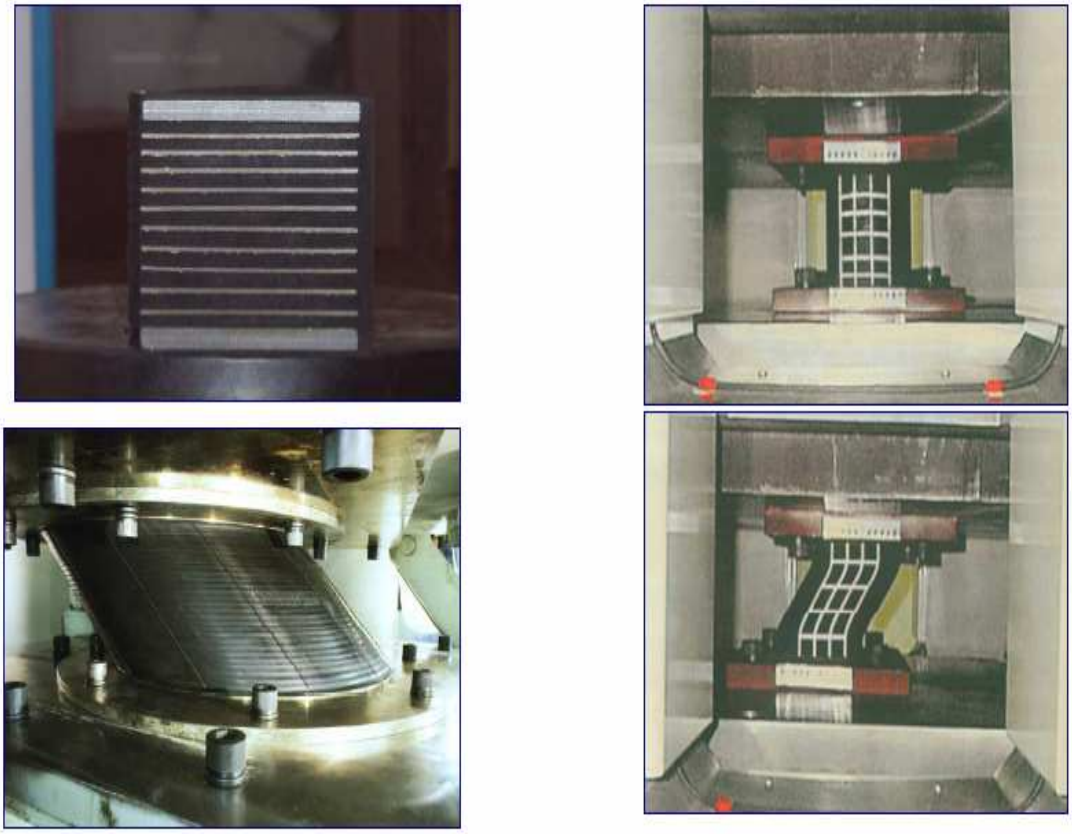
Taban izolatörlerinin farklı konseptte birçok çeşidi mevcuttur. Bu teknikler; sürtünmeli taban izolasyonu (Jangit, 1987), elastik sürtünmeli taban izolasyonu (Mostaghel vd,1987, 1988), tabakalı kauçuk mesnet (Derham vd, 1985), Yeni Zelanda mesnet (McKay vd, 1990), Fransız elektrikli mesnet sistemi (Su vd, 1989), kaygan elastik sürtünmeli mesnet (Su vd, 1989), sürtünmeli sarkaç (Zayas vd, 1989, 1990), ve yüksek sönümlü kauçuk mesnet (Ceccoli vd 1999) sistemleridir.

Yapılarda taban izolasyonunun pek çok faydası olabilmektedir. Bunlardan biri, taban izolasyon işleminin yapının hakim frekansını azaltabilmesidir. Dolayısıyla üst yapı rölatif olarak rijit kalabilmektedir. Şekil değiştirmenin büyük bir kısmı izolatörde gerçekleşmektedir. Böylece yapının herhangi bir deprem kuvvetine karşı direnci arttırılmaktadır.

İzolatörlerin diğer bir faydası ise, deprem hareketinden dolayı yapıya aktarılan ivmeler azalmakta ve izolasyon sistemi yapının rijit hareketi neticesinde, kullanımında yapısal olmayan olumsuz sonuçlara neden olmaksızın yapıya esneklik kazandırabilmektedir (Ateş vd 1999).

1.2. Sismik İzolasyonun Çalışma Şekli

Yer hareketi zemin ortamı aracılığı ile yapı sistemine aktarılmaktadır. Etki tepki prensibinden dolayı zeminden yapıya aktarılan etki ne kadar büyük olursa, yapının tepkisi de o kadar büyük olur. Şekil 1.1 de ki yer değiştirme örneği bu duruma güzel bir örnektir. (World Health Organization 2000).



Şekil 1.1 Deprem hareketine yapının muhtemel tepkisi

Zemin yapı etkileşimi olarak tanımlanan bu olay zeminden yapıya yapıdan zemine enerji transferi olarak yorumlanabilir. Zemin ile yapı arasındaki etkileşiminin azaltılması, yer hareketinin yapıda meydana getireceği hasarında azaltılması anlamına gelir.

Bu amaca yönelik her türlü sismik iyileştirme çalışmalarına "sismik izolasyon" ya da "taban izolasyon” denir. Daha genel anlamıyla taban izolasyonu; yapının tabanına düşeyde rijit fakat yatayda esnek, belirli ölçüde deplasmanlar yapabilen donanımlar yerleştirmek suretiyle üst yapıyı deprem hareketinin yüksek frekanslı etkisinden ayırma işlemidir. (Şekil 1.2., 1.3.) (Skinner,1993)



Ş

Şekil 1.2. Sismik izolasyonla yapının yerden ayrılması



Şekil 1.3. Sismik izolatörlerin kolona bağlantı filizleri

1.3. Sismik İzolasyonun Temel İlkesi ve Önemi

Yapı dinamiğinde yapı davranışının belirlenmesi aşamasında ilk adım, yapının basit bir modelle temsil edilmesidir. Titreşimi esnasındaki konumunun belirlenmesi için gerekli olan parametre sayısı, yapının serbestlik derecesini belirler. Yapılar her ne kadar sürekli sistemlerse de, günümüzde yaygın olan bilgisayar çözümü için sistem ayrıklaştırılarak çok serbestlik dereceli sistem haline getirilir. Bu ayrıklaştırmada genellikle, kütle, kat seviyesinde toplu olarak göz önüne alınır (Celep ve Kumbasar, 2000).

Yapıda oluşan deprem kuvvetlerinin şiddeti aşağıdaki faktörlere de bağlıdır:

1. Yapı kütlesi
2. Yapının periyodu
3. Yer ivmesi
4. Zemin yapı etkileşimi

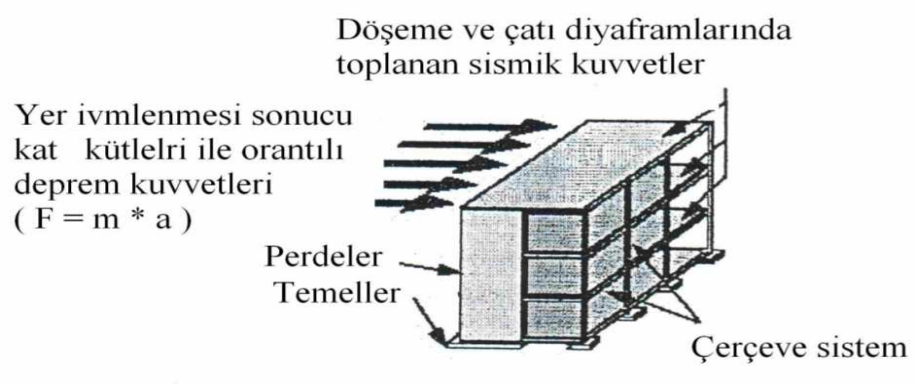
Deprem etkisi altında yapı kendine özgü bir periyot oluşturarak dinamik tepki gösterir. Eğer taşıyıcı sistemin periyodu ile deprem etkisi altındaki zeminin periyodu birbirine eşit veya çok yakın olursa rezonans oluşabilir ve yapı kütlesinin ivmeleri büyür. Ayrıca deprem enerjisi yapı içerisinde değişik şekillerde sönümlenir. Bunlar: Hava sürtünmesinin sönümlemesi, malzeme moleküllerinin iç sürtünmelerinin sönümlemesi, bağlantı noktalarındaki sürtünme sönümlemesi, elastik ötesi sınırlarda ve yük tersinmelerinden oluşan "histeresis" olayında tüketilen enerji ve zemin içinde oluşan enerji kayıplarıdır. Yapının dinamik analizinde, sönümlemeye katkı yapan tüm etkilerin toplamı "kritik sönüm" ün bir oranı olarak ifade edilir. Sönümleme oranları taşıyıcı sistemin tipine göre değişir. Betonarme yapılar için yaygın olarak 0,05 değeri kullanılır. (Atımtay, 2000).

Yapı elemanlarının rijitliğini küçük seçerek, titreşim periyodunu belirli aralığa getirerek deprem etkilerini azaltmak mümkündür. Bunun için ilk yapılacak iş spektrum eğrisinde bölgenin hakim periyodu ile yapının peryodunu uzak tutarak rezonans olayını önlemektir. Örneğin uzun zemin periyotlarının hakim olduğu bölgede kısa periyotlu rijit, az katlı yapılar uygun düşer. Genellikle bu tür bölgelerde derin tabakalar halinde yumuşak zemin bulunur ve bu zemin yer hareketinin yüksek frekanslı bölümünü filtre ederek söndürür, geriye düşük frekanslı uzun periyotlu kısım kalır. Bunun karşıtı olan kayalık sert zemin bölgelerinde ise yer hareketinin yüksek frekanslı kısmı hakim olur. Buralarda yüksek periyotlu çok katlı yapılar uygun düşer. Alışılagelen yapılarda diğer başka isteklerin bulunmasından dolayı, her zaman bu koşulların sağlanması mümkün olmayabilir. Ancak, yapıya ilave edilen yer hareketi yalıtım düzeneklerinin yerleştirilmesi ile yapının dinamik davranışı değiştirilerek, deprem kuvvet azaltılabilir (Celep ve Kumbasar 2000).

Newtonun 2. kanununda (**F = m.a**) , etkiyen deprem kuvvetinin büyüklüğü “F”, sabit olan yapının kütlesi "**m**" ve yer hareketinin yapıya olan etkisi "**a**" ivmesinin büyüklüğü ile orantılıdır. Bir yapı anlaşılacağı üzere, depremden sabit olan kat kütleleri oranında pay almaktadır. (Şekil 1.4) F kuvvetini azaltmak için, kütleyi azaltmak yani yapıyı modellerken boyutları daha küçük elmanlar seçmek bir çözüm olsa da, mevcut yapılar için geçerli bir yaklaşım teşkil etmemektedir. Yapısal elemanlarının boyutlarının küçültülmesi, sistemin minimum boyutlandırma koşullarını sağlamamasına da neden olabilir. Bu sebeplerle en kapsamlı yaklaşım ise “**a**” ivmesinin azaltılması olabilir.

Yer hareketi etkimesi sonucu, yapısal elemanlar D'alambert prensibi gereği sükunetteki hallerini korumak için ivmelenmeye ters yönde hareket etmeye çalışırlar. Bu durum bir kişinin ayağının altındaki halının çekilmesi ile o kişinin tepkisine benzetilebilir. (Kaltakcı 2007)

Yer hareketinin ivmesinin bir sonucu olan katlar arası yer değiştirme, sınırlandırılması gereken ve kesit zorlamalarına neden olan etkilerdendir. Kullanılacak sistemlerle, katların zemine göre yer değiştirmeleri yaklaşık aynı olacak şekilde yer hareketine tepki vermesi mümkündür. Bu düzenler tabiî ki izolasyon sistemlerdir.



Şekil 1.4. Deprem yapıya etkiyen yatay kuvvetler

Sismik izolasyonun temel ilkesi, bina ile temel arasına yanal rijitliği düşük elemanlar koyarak binayı depremin yıkıcı etkilerinden ayırmak, bir nevi deprem kuvvetlerini filtre etmek, binaya ankastre temelli durumundaki periyodundan ve deprem hareketinden daha büyük bir periyot vermektir.

Başka bir ifadeyle sismik izolasyon teknolojisi, normal katlı yapıların izolatör takviyeleri sonucunda sistemde, yapının titreşim periyodunu artırarak depremden daha az etkilenen çok katlı yapıların titreşim periyodu seviyesine yükseltme amacıyla yapılır. Esnekliğin arttırılması esastır. Aynı zamanda sismik izolasyon yüksek katlı binalara da uygulanabilir.(Şekil 1.5.)



Şekil 1.5. Japonya' da sismik izolasyon uygulaması yapılmış yüksek bir bina

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Sismik izolasyon sistemleri; dünya çapında her geçen gün önemi artan ve yeni uygulamalarla karşımıza çıkan ayrıca yapıları depremden yalıtma konusunda en etkin cihazlardır. Bu sebeple gerek akademisyenlerin, gerek mühendislerin ve gerekse yatırımcıların büyük ilgisini çekmektedir ve birçok çalışma ve farklı ürünler ortaya çıkmaktadır. Aşağıda bunlardan bazıları özetlenmiştir.

Bayraktar (2005), çalışma alanları yapıların dinamiği, yapıların deprem hesabı, dizaynı, oluşabilecek problemler, köprüler, barajlardır. Ayrıca Bayraktar Sürtünmeli sarkaç sistemi ile viyadüklerin sismik izolasyonlu çözümünü ele almıştır. Sistemin nonlineer analizi fortran ve swem yazılım dilleri kullanılarak yapılmıştır. Aynı zamanda sismik izolasyonlu köprüler ile sismik izolasyonsuz köprülerin deprem hareketi esnasındaki davranışları ele alınmıştır.

Tezcan, Uluca (2000), çalışmalarında viskoelastik damperlerin binalarda enerji yutucu olarak kullanılması konularını ele almışlardır. Viskoelastik damperlerin çalışma şekilleri, avantajları, dezavantajları konuları ele alınmıştır. Ayrıca çalışmalarında üç farklı binayı ele alarak viskoelastik damperlerin çalışma şekilleri incelenmiştir. Birinci çalışmada 7 katlı çelik çerçeve sistem bir bina, ikinci çalışmada 10 katlı betonarme karkas bir bina, üçüncü çalışmada ise 20 katlı betonarme karkas bir bina ele alınmıştır. Üçünde de viskoelastik damperli durum ile normal çerçeve durum irdelenmiştir. Kıyaslama genel olarak en üst kat deplasmanları ve kesme kuvvetleri olmuştur.

Chopra (1995), depremde yapıda meydana gelen sorunlar ve yapıların analiz ve dizaynı, dinamik yapı – zemin etkileşimi, dinamik yapı – sıvı etkileşimi, betonarme barajların analiz ve dizaynı yapıların dinamik analizi ve bunun deprem hareketine göre uyarlanması ve yapıların buna göre dizayn edilmesi, yapıların dizaynında inelastik tasarım spektrumu, enerji dağıtma cihazları, eurocod gibi konulara değinilmiştir.

Dynamic Isolation Systems Inc. (1985), binaların yeni sismik izolasyonlu sismik izolasyonlu sistemlerle projelendirildiği ve binalar için yeni yöntemlerin geliştirildiği, aynı zamanda yapılar için bu çalışmada yapılar için 4 durum üzerine yoğunlaşılmıştır.

- Veri toplama
- Gerekli tanımlamalar
- Performans analizi
- Analiz ve dizayn sonuçları

Bu çalışmada üzerinde durulan ana konu ise mimari için optimum çözüm olanaklarının irdelenmesidir.

Erdik, Durukal, Biro, Birgören (2001), bu çalışmada kamuda çalışan meslektaşların sorunları üzerinde hassasiyetle durulmuş, çeşitli kamu kurum ve kuruluşlarında yapılan toplantılarla ortaya konmuştur, önemli mühendislik yapılarını kamuya ve meslektaşlara tanıtmak amacıyla teknik geziler organize edilerek hayata geçirilmesi için çaba sarf edilmiştir. Çeşitli etkinlikler düzenlenerek ve desteklenerek, özellikle doğal afetler gibi önemli konularda, kamuoyunun bilgilendirilmesine gayret gösterilmiştir.

Heyat (2001), çalışmasında sürtünmeli sarkaç modelinin genel tanıtımı, özellikleri, hesap ilkeleri, dünya literatüründe sürtünmeli sarkaç sisteminin uygulandığı yapılar konuları ele alınmıştır. Sürtünmeli sarkaç modeli kullanılarak 4 katlı betonarme karkas bir yapı modellenmiştir. Yapının normal çerçeve durumu ile sismik izolasyonlu durumu irdelenmiş ve oluşan iç kuvvetlere göre dizayn yapılmıştır, ayrıca sismik izolasyonun uygulanması esnasında uygulanması gereken genel tesisat boşluğunun ayarlanması, asansör ve merdiven kovalarındaki ayarlamalar gibi detaylara yer verilmiştir.

Marioni (2001), bu çalışmada 1999 düzce depreminde bolu viyadüklerinde kullanılan sismik izolasyon sistemlerinin performansı, Bolu viyadükünün yapım hataları ve deprem sonrası durumu Bolu viyadüklerinde kullanılan sismik izolasyon sisteminin AASHTO’ ya göre irdelenmesi konuları irdelenmiştir.

Bütün köprüler 36m uzunluğunda, öngerilmeli, prefabrik kutu kirişlerden imal edilmiştir. Viyadükte kullanılan antisismik donanımlar ise İtalyan “Alga” firması tarafından yapılmıştır. Viyadüklerin 1999 düzce depreminden öncesinde bir kısmı tamamlanmıştı ve trafiğe açılmıştı bir kısmı ise hala inşa halindeydi.

Deprem sonrasında ise ilk büyük depremden sonra (17/08/1999) viyadüklerde yapısal gözle görülür bir hasar olmasada etkili şok yüzünden bir kısım prefabrik kirişte hasar meydana gelmiştir. 12/11/1999 depreminde ise episantır merkezinin yakınlığı sebebi ile etkisi daha fazla hissedilmiştir. Viyadüklerin bir kısmı beklenildiği gibi iyi durumda değildir. Yeryüzündeki kırıkların kayması sonucu betonarme kirişlerin oturduğu ayakların birçoğu hareket etmiştir.

Naeim, Kelly (1999), sismik izolasyon sistemlerinin çözüm metotları anlatılmıştır. Genel hatları ile

- İzolasyon sistemi birleşimleri
- Sismik izolasyon kodlarını sağlama
- Mekanik karakteristiği izolatör modelleme
- Elastomerik izolatörlerin stabilitesi
- Sismik izolasyon dizayn örnekleri

konuları ele alınmıştır.

Nakano (1997), Çalışmada betonarme binaların sismik izolasyon metodu ile güçlendirilmesi ve Japonya’da sismik izolasyon metodu ile güçlendirilmiş betonarme binalar ele alınmıştır. Çalışmada mevcut bir yapıya sismik izolasyon sisteminin uygulanabileceği en uygun yer kakında bilgi verilmiştir. Sismik izolasyon sistemi genel olarak yapının durumuna göre bodrum kolonlarının alt kısmına, ortasına veya üst kısmına, temel altına (en zor ve pahalı çözüm), zemin kat kolon altlarına, ortasına veya üst kısımlarına, yüksek binalarda ara katlara uygulanabilmektedir. Ayrıca sismik izolasyon sistemlerinin koruma koşulları ele alınmıştır. Özellikle elastomerik izolatörlerin yangına karşı korunması gerektiği belirtilmiştir.

Şahin (2001), bu çalışmada sismik izolasyon sistemlerinden dünyada yaygın olarak kullanılan tipleri irdelenmiştir. Bunlar elastomerik sistemler ve kayıcı sistemler olarak ikiye ayrılmaktadır. Bu antisismik donanımlar kendi içinde ayrı ayrı kullanılabileceği gibi iki sistem uygulanacak yapının durumuna göre ikisi birden kombine bir sistem oluşturularak ta kullanılabilir. Aynı zamanda bu çalışmada 5 katlı betonarme bir binanın sismik izolasyon sistemleriyle modellenmesi de yapılmıştır.

Betonarme çerçeve sistemin modellenmesi SAP2000 programı ile yapılmıştır daha sonra analiz sonuçları normal çerçeve sistem ile kıyaslanmıştır ve anti sismik donanım uygulama detayları verilmiştir.

Akiyama (1997), Hyogoken-Nanbu depreminde bazı yapıların tamamen göçmesi, birçok yapının tamir edilemez şekilde hasar görmesi ve bölgedeki taban yalıtımlı bir binanın tahmin edildiği gibi neredeyse hiç zarar görmemesi üzerine taban yalıtım sisteminin sıradan binalara uygulanabilirliği üzerine çalışmıştır. Binayı göçmeden koruyacak taban yalıtımlı yapıları esnek karışık yapılar olarak tanımlamış ve bunun sıradan yapıların tasarımında uygulanabilirliğini ve performansını araştırmıştır.

Levy vd (2000), çalışmalarında, çelik çerçevelerde diyagonal kuşaklar içerisine yerleşmiş sürtünme etkili sönümleyicilerin sismik tasarımdaki rollerini değerlendirmişlerdir. 10 katlı ve 3 katlı çelik çerçeveli modellerle çalışmışlardır. Sonuçta, iki-doğrusal histeretik tek serbestlik dereceli modelden hareketle üretilmiş çok serbestlik dereceli modeli kullanan nonlineer dinamik analizi tasarım açısından yorumlamışlardır.

Almazan ve Llera (2003), FPS ile tabanı yalıtılmış simetrik yapıların tesadüfi bir burulma etkisi ile devrilme durumunu araştırmışlardır. Araştırmacılar, Sürtünme sarkacı izolatörlerin sarkaç eyleminde değişikliklere neden olabileceğini, dolayısıyla yapının, zemin hareketinin yatay unsurlarına maruz kaldığında yanal burulma etkisi ile devinebileceğini belirtmişlerdir. Bu burulmayı kontrol eden birkaç parametre tanımlamışlardır. En önemli parametrelerin, yapının planındaki en boy oranı ve yapı yetersizliği olduğunu belirtmişleridir.

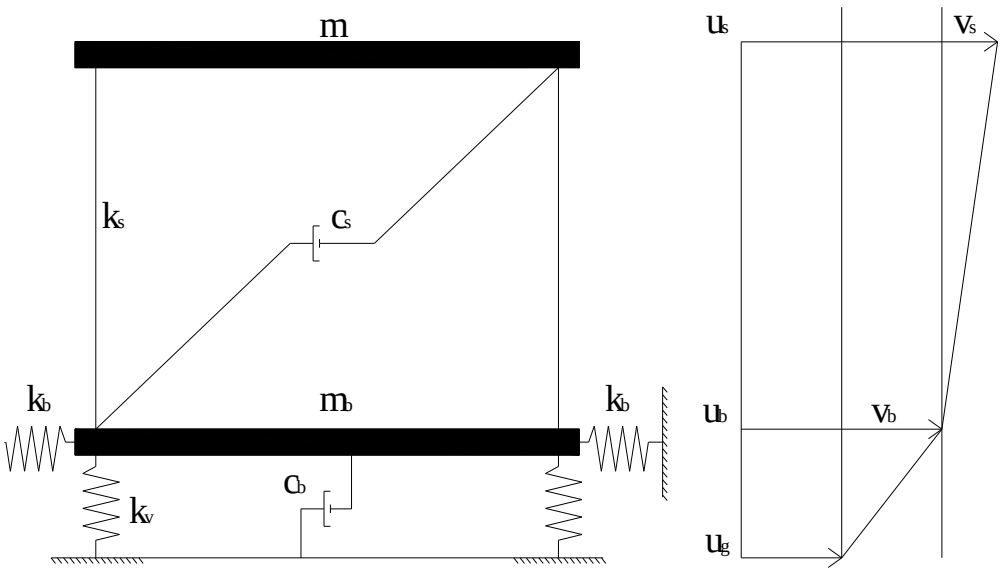
Üstyapının katlar arası deformasyonu, yalıtım seviyesindeki deformasyonu ve burulma etkisinin yükseltme faktörlerini vermişlerdir. Bunun için yalıtım içeren bir model geliştirmişler, yakın fay zemin hareketlerindeki vurguyu analizlerinde değerlendirmişler, tesadüfi burulma etkisi ile burulma büyümesinin ortalama standart sapmasını %5 olarak tespit etmişlerdir. Ayrıca bu değerin yalıtım sisteminin tasarımında ihmal edilebileceğini fakat tesadüfi burulma etkisinin üstyapı zayıflığına ve burulma rijitliğine bağlı olarak *%50* ye varan katlar arası ötelenme büyümesine neden olabileceğini belirtmişlerdir.

Taisei vd., (2003), yüksek sönümlü kauçuk yataklar için ileri bir analitik model üzerine çalışmışlardır. Son derece karmaşık ve doğrusal olmayan davranışa sahip olan bu cihazların, doğrusal olmayan büyük şekil değiştirmeler nedeniyle modellenmesi oldukça güçtür. Bunun için araştırmacılar aygıtların mekanik karakteristiklerini tanımlamak için bir dizi deneysel testle çalışmışlar ve bu. karakteristikleri çalışmalarıma kaydetmişlerdir.

3. TEORİK ESASLAR

3.1. Lineer teori

Taban izolasyonuna ait lineer teori konusu Kelly tarafından iki kütleli modele dayandırılarak detaylı olarak açıklanmıştır. Lineer Teori Şekil 3.l'de gösterildiği gibi iki kütleli bir yapı modeline dayanmaktadır. "m" ile binanın üstyapısını göstermektedir, "m_b" ile ifade edilen kütle ise, izolasyon sistemi üzerindeki temel katmanının kütlesini göstermektedir. Yapı rijitliği ve sönüm değerleri sırasıyla k_s ve c_s ile gösterilmiştir. (Dumanoğlu ve Ateş 1999)



Şekil 3.1 İzole edilmiş bina parametreleri

İzolasyona ait rijitlik ve sönüm değerleri ise sırasıyla k_b ve C_b ile gösterilmiştir. İki kütlenin mutlak deplasmanları "U_s" U_b " sembolleri ile gösterilmektedir. Ancak rölatif deplasmanları kullanıp ona göre tarif etmek daha elverişli olacaktır.

$$V_b=u_b-u_g \qquad V_s=u_s-u_g \tag{3.1}$$

Burada u_g zemin deplasmanıdır. Rölatif deplasmanların bu şekilde tercih edilerek kullanılması, özellikle bu analiz için çok elverişli olmaktadır. Çünkü bulunacak iki önemli sonuç şunlar olacaktır:

v_b: Yalıtım sisteminin deplasmanı, ve V_s: göreli kat ötelenmesidir.

Böylece iki serbestlik dereceli modelin temel hareket denklemleri

$$(m+m_b)\ddot{v}_b + m\ddot{v}_s + c_b\dot{v}_b + k_b v_b = -(m+m_b)\ddot{u}_g \tag{3.2}$$

$$m\ddot{v}_b + m\ddot{v}_s + c_s\dot{v}_s + k_s v_s = -m\ddot{u}_g \tag{3.3}$$

Yukarıdaki denklem takımı matris notasyonu içinde aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$\begin{bmatrix} M & m \\ m & m \end{bmatrix}\begin{Bmatrix} \ddot{v}_b \\ \ddot{v}_s \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} c_b & 0 \\ 0 & c_s \end{bmatrix}\begin{Bmatrix} \dot{v}_b \\ \dot{v}_s \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} k_b & 0 \\ 0 & k_s \end{bmatrix}\begin{Bmatrix} v_b \\ v_s \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} M & m \\ m & m \end{bmatrix}\begin{Bmatrix} -1 \\ 0 \end{Bmatrix}\ddot{u}_g \tag{3.4}$$

Burada $M=m+m_b$ ifadesi yukarıdaki matris notasyonunda kullanılırsa aşağıdaki eşitlik elde edilir;

$$M\ddot{v} + C\dot{v} + Kv = Mr\ddot{u}_g \tag{3.5}$$

Denklemde yer alan v ötelenme vektörüdür. M,C ve K sırasıyla kütle, sönümleme ve rijitlik matrislerini, r ise zemin ötelenme çiftini veren tesir vektörünü ifade etmektedir.

Sistemin açısal frekansları ω_b^2 ve ω_s^2;

$$\left\{\omega_b^{\,2} = \frac{k_b}{m+m_b}\right\} \qquad \left\{\omega_s^{\,2} = \frac{ks}{m}\right\} \tag{3.6}$$

Sönüm faktörleri $\beta_b$ve β_s;

$$2\omega_b\beta_b = \frac{c_b}{m+m_b} \quad ve \quad 2\omega_s\beta_s = \frac{c_s}{m} \tag{3.7}$$

γ sembolü ile gösterilen bir kütle oranı tanımlanırsa

$$\gamma = \frac{m}{m+M} = \frac{m}{M} \tag{3.8}$$

Birleşik sistemin klasik modları, ω_1 ve ω_2 frekansları ile birlikte belirlenmesi gereken diğer parametreler $\varnothing^{(1)}$ ve $\varnothing^{(2)}$ olarak gösterilmektedir.

$$\phi^{iT} = (\phi_b{}^i, \phi_s{}^i) \quad i = 1,2 \quad \text{(1 ve 2. mod için)}$$

1 ve 2. modlar için açısal frekans denklemleri ;

$$\omega_1{}^2 = \frac{1}{2(1-\gamma)}\left\{\omega_b{}^2 + \omega_s{}^2 - \left[(\omega_b{}^2 - \omega_s{}^2)^2 + 4\gamma\omega_b{}^2\omega_s{}^2\right]^{1/2}\right\}$$

$$\omega_2{}^2 = \frac{1}{2(1-\gamma)}\left\{\omega_b{}^2 + \omega_s{}^2 + \left[(\omega_b{}^2 - \omega_s{}^2)^2 + 4\gamma\omega_b{}^2\omega_s{}^2\right]^{1/2}\right\} \tag{3.9}$$

Modal koordinatlardaki asal yer değiştirmeleri ifade etmek için,

$$v_b = q_1\phi_b{}^{(1)} + q_2\phi_b{}^{(2)} \tag{3.10}$$

$$v_s = q_1\phi_s{}^{(1)} + q_2\phi_s{}^{(2)}$$

denklemleri kullanılmaktadır. Burada q_1 ve q_2 zamana bağlı modal katsayılardır.

Ve aşağıdaki gibi bir değişken dönüşü yapılarak

$$\frac{\omega_b{}^2}{\omega_s{}^2} = \varepsilon \; ve \; \varepsilon = 0{,}01 \tag{3.11}$$

1 ve 2. mod için Modal büyükler M_1, M_2 ve L_1, L_2; sönüm faktörleri β_1 ve β_2 ve modal bağlantı (etkileşim) katsayıları λ_1 ve λ_2 ; aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır.

$$M_1 = M\,(1 + 2\gamma\varepsilon)$$

$$M_2 = M\frac{(1-\gamma)[1-2(1-\gamma)\varepsilon]}{\gamma} \tag{3.12}$$

$$L_1 = 1 - \gamma\varepsilon \quad ve \quad L_2 = \gamma\varepsilon \tag{3.13}$$

$$\beta_1 = \beta_b\left(1 - \frac{3}{2}\gamma\varepsilon\right)$$

$$\beta_2 = \frac{\beta_s + \gamma\beta_2\varepsilon^{1/2}}{(1-\gamma)^{1/2}}(1 - \frac{\gamma\varepsilon}{2}) \tag{3.14}$$

$$\lambda_1 = 2\omega_b\left[\beta_b(1 - 2\gamma\varepsilon) - \varepsilon^{1/2}\beta_s\right]$$

$$\lambda_2 = 2\omega_b\left\{\beta_b\left[1 + 2(1-\gamma)\varepsilon\right] - \varepsilon^{1/2}\beta_s\right\}\frac{\gamma}{1-\gamma} \tag{3.15}$$

şeklinde sonuçlanır.

Yapısal uygulamaların çoğunda, sönümün yeterince küçük olduğu diyagonal olmayan bileşenlerin (λ_1 ve λ_2) etkisinin ihmal edilebilir olduğu kabul edilmektedir. Gerekli çözüm, ayrık hareket denklemlerinden elde edilebilir. Bu şu şekilde ifade edilebilir.

$$\ddot{q}_1 + 2\omega_1\beta_1\dot{q}_1 + \omega_1{}^2 q_1 = -L_1\ddot{u}_g$$
$$\ddot{q}_2 + 2\omega_2\beta_2\dot{q}_2 + \omega_2{}^2 q_2 = -L_2\ddot{u}_g \tag{3.16}$$

Yapının cevabı olan q_1 ve q_2 nin maksimum değerleri ise

$$|q_1|_{\max} = L_1 S_D(\omega_1, \beta_1)$$
$$|q_2|_{\max} = L_2 S_D(\omega_2, \beta_2) \tag{3.17}$$

Burada $S_D(\omega,\beta)$; yer hareketinin ω frekansında ve β sönüm faktörü için yer değiştirme davranış spektrumudur.

Söz konusu davranış spektrumundaki pik değerlerden, yapının ve izolasyon sisteminin en büyük yer değiştirme miktarlarını tahmin etmek için "karelerin toplamının karekökü (SRSS)" yöntemini kullanmak gereklidir. İzolasyon sistemi maksimum yer değiştirmesi ve yapısal şekil değiştirme değerleri aşağıdaki gibi verilmiştir. (Tolay 2006).

$$|v_s|_{\max} = \left[\left(\phi_2^{(1)}|q_1|_{\max}\right)^2 + \left(\phi_2^{(2)}|q_2|_{\max}\right)^2\right]^{1/2} \quad (3.18a)$$

$$|v_b|_{\max} = \left[\left(\phi_1^{(1)}|q_1|_{\max}\right)^2 + \left(\phi_1^{(2)}|q_2|_{\max}\right)^2\right]^{1/2} \quad (3.18b)$$

3.2. Teorinin Bina Tipi Yapılarda Uygulanması

Daha önceden geliştirilen basit lineer modelin iki serbestlik dereceli analizi, çok katlı binalar için uygulanabilir. Kütle matrisi M, sönüm derecesi C ve rijitlik matrisi K olan bir yapı sistemini ele alalım. Konvansiyonel yapı sistemi için, her bir serbestlik derecesinin yere göre göreli yer değiştirmesi;

$$M\ddot{u} + C\dot{u} + Ku = -M_r\ddot{u}_g \quad (3.19)$$

formundaki hareket denklemi ile verilir. Burada r, her bir serbestlik derecesini yer hareketiyle etkinleştiren bir vektördür. Bu yapısal modeli taban kütlesi m_b, rijitliği k_b ve sönümü c_b olan bir taban izolasyon sisteminin oluşturulduğu denklem(3.19)' ın yeni formu,

$$M\ddot{v} + C\dot{v} + Kv = -M_r(\ddot{u}_g + \ddot{v}_b) \quad (3.20)$$

Olur. Burada,

v: taban kütlesine göre rölatif yer değiştirme

v_b = taban kütlesinin yere göre rölatif yer değiştirmesidir.

Bina ve taban izolasyon sisteminin oluşturduğu birleşik sistemin hareket denklemi;

$$r^T M(\ddot{v} + r\ddot{v}_b + r\ddot{u}_g) + m_b(\ddot{v}_b + \ddot{u}_g) + c_b\dot{v}_b + k_b v_b = 0 \quad (3.21)$$

Farklı formda ise;

$$r^T M\ddot{v} + (m + m_b)\ddot{v}_b + c_b\dot{v}_b + k_b v_b = -(m + m_b)\ddot{u}_g \quad (3.22)$$

Şeklinde yazılabilir. Denklem 3.22' de verilen $r^T M$ üst yapının toplam kütlesi $m+m_b$ ise izolasyon sisteminin taşıdığı toplam kütledir. Matris formda ise;

$$M^*\ddot{v}^* + C^*\dot{v}_b^* + K^* v^* = -M^* r^* \ddot{u}_g \quad (3.23)$$

şeklini alır. Yukarıdaki ifade de yer alan matrislerin açılımları aşağıdaki gibidir;

$$M^* = \begin{bmatrix} m + m_b & r^T M \\ M_r & M \end{bmatrix} \qquad C^* = \begin{bmatrix} c_b & 0 \\ 0 & C \end{bmatrix} \qquad K^* = \begin{bmatrix} k_b & 0 \\ 0 & K \end{bmatrix}$$

$$r^* = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} \qquad v^* = \begin{bmatrix} v_b \\ v \end{bmatrix}$$

4. SİSMİK İZOLASYON TÜRLERİ VE UYGULAMALARI

Yapıda kullanılan izolasyon teknikleri, gün geçtikçe yeni modellerle yapılarda uygulanmaktadır. Yeni enerji dağıtma sistemlerinin sayısındaki önemli artış ve mevcut sistemlerin güncellenmesi sebebiyle sismik izolasyon çeşitleri için geniş bir sınıflandırma yapılması gerekmektedir. Genel olarak bir sınıflandırma yapılacak olursa izolasyon sistemleri 3 ana grupta toplanabilir.

- Aktif kontrol sistemleri
- Pasif kontrol sistemleri
  - Damperler
  - Taban izolatörleri
- Hibrit (karma) sistemler

Yapılan çalışmada bu izolasyon sistemlerinden yaygın olarak kullanılan tipler genel olarak incelenecektir.

Yukarıdaki izolasyon sınıflandırmasının dışında uygulamalarına zaman zaman rastlanan modeller de mevcuttur. Bu çalışmada dünya literatüründe uygulama bakımından daha fazla kullanılan pasif kontrol sistemleri detaylı olarak incelenecektir. Aktif kontrol sitemleri ve hibrit sistemler ise ana hatları ile özetlenecektir.

4.1. Aktif Kontrol Sistemleri:

Aktif kontrol sistemlerinde sistem özelliklerinin ve yüklemenin dinamik olarak modifiye edilebilmesi, binanın performansını iyileştirme potansiyelini sağlamaktadır. Bir aktif yapı kontrol sisteminde, yapının mevcut durumunu belirleyebilme yeteneği vardır ve bu durumu arzu edilen duruma dönüştürebilmek için sistem, bir eylem setini kısa bir zaman periyodunda devreye sokabilir. Bu tür kontrol sislemleri, teorik olarak, beklenmeyen çevresel değişiklikleri barındırır, performans gereksinimlerini tam olarak karşılar ve sınırlı sayıdaki taşıyıcı sistem elemanlarındaki hataları telafi edebilir. Teknolojik gelişmelere paralel olarak sistemin modifikasyonu mümkündür. Hem finansal hem de teknik olarak geniş bir uygulama aralığında daha verimli çözümler sunar.

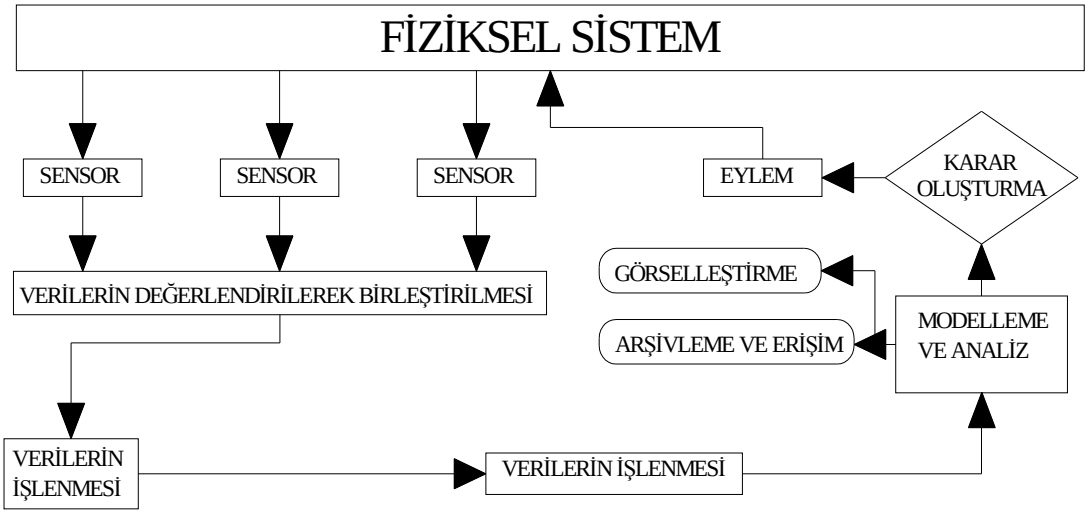
Aktif kontrol sistemleri yapı içerisinde üç ana unsuru içerir:

a- Monitör (veri elde etme sistemi)

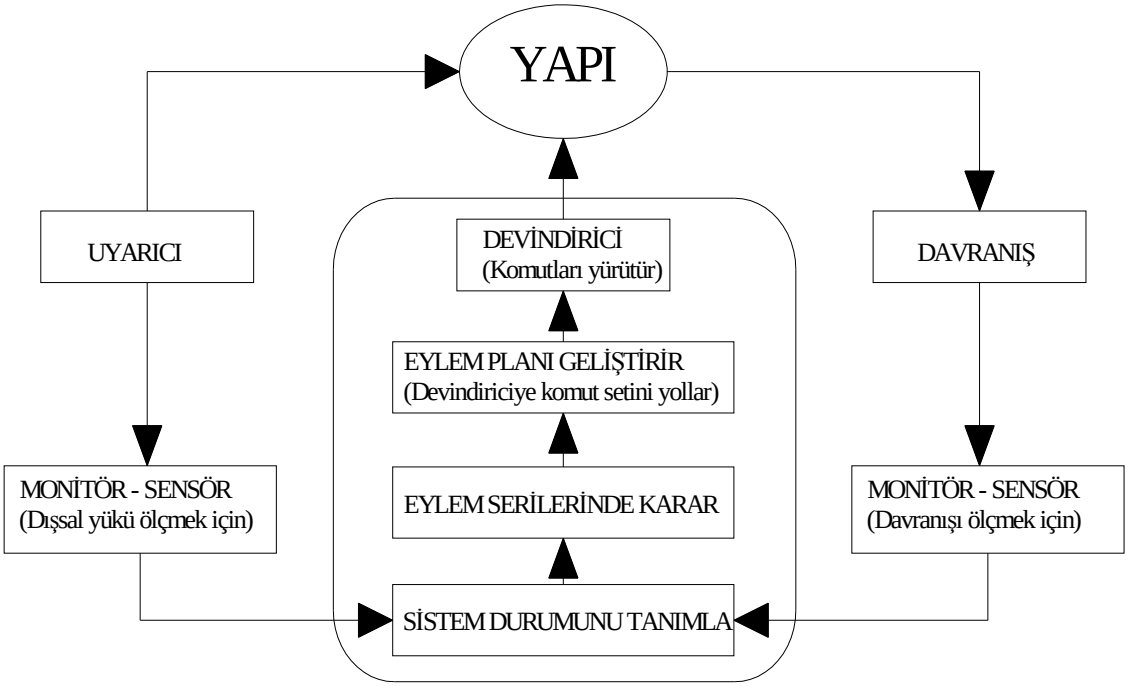
b- Kontrolör {Sezgi modülü: Akıllı bir tarzda eylem planına karar verir)

c- Devindirici (kontrolörden aldığı komutları çalıştıran fiziksel bir aygıt setidir)

Şekil 4.1'de bu unsurların fonksiyonları ve etkileşimleri gösterilmiştir. Şekil 4.2'de ise aktif kontrol için eleman işlem bilgileri gösterilmiştir. Bu kontrol stratejisi son zamanlarda ortaya çıkan gelişmeler paralelinde, dışsal uyarımı, sensor ve devindirici teknolojilerini, eş zamanlı bilgiye dayanan işlemleri ve akıllı karar sistemini yeniden yapılandırmayı mümkün kılmaktadır (Connor, 2000).



Şekil 4.1. Aktif kontrol sistemlerinin algoritmik unsurları



Şekil 4.2. Aktif kontrolde işlemler

4.2. Pasif Kontrol Sistemleri:

Pasif yapı kontrolü, sismik yalıtım veya yapının sismik kontrolü anlamına gelmektedir. Bu kontrol belirli noktalara yerleştirilmiş özel elemanlarla başarılır. Pasif kontrol denildiğinde akla ilk olarak taban yalıtımı gelmektedir. Yapının tabanına yerleştirilen bu yalıtım elemanları üst yapının ivmesini, ötelenmeleri ve dolayısıyla depremsel kuvvetleri azaltmaktadır. Yalıtım elemanları çoğunlukla yapının tabanına yerleştirilir.(Derdiman 2006)

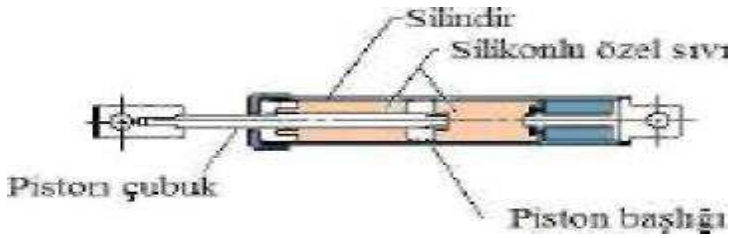
Bir diğer pasif kontrol elemanları ise damperlerdir. Pasif kontrol sistemlerinin kullanılan birçok çeşidi vardır. Bu çalışmada dünya genelinde uygulamasına en fazla rastlanan damperler ve taban izolatörleri üzerinde durulacaktır.

4.2.1. Damperler:

Viskoz sönümleyiciler kuvvetin yarattığı sönümleme baskısı ile bir delikten sıvıyı iterek enerjiyi dağıtır. Bu sönümleme kuvvetleri yapıdaki ötelenmelerle oluşan kuvvetlere 90 derece diktir. Bunun anlamı, sönümleme kuvvetlerinin sismik yükleri, yapısal deformasyonlara oranla önemli bir derecede arttırmadığıdır (Şekil 4.3).

Yapılarda kullanılan viskoz sönümleyiciler, otomobillerde kullanılan süspansiyon sistemindeki amortisörlerle etki ve şekil bakımından benzerdir. Fakat daha yüksek kuvvetlerle çalışırlar ve boyut olarak ta çok daha büyüktürler.

Amortisörlerden farklı özellikleri ise en az 40 yıl ömre sahip olacak şekilde ve çok dayanıklı paslanmaz çelik malzemeden üretilmektedir. Sönümleme sıvısı olarak yanmaz, zehirsiz, stabil ve uzun ömürlü silikon yağı kullanılmaktadır. Kullanılan sıvı yağ yüksek bir viskoziteye sahip, yüksek sıcaklığa ve çevresel etkilere dayanıklı bir malzemedir. Bu durum, sistemin çalışması esnasında viskozitesinde azalma olmamasını sağlar. Viskoz sönümleyicilerde kullanılan sıvılar, uzay araştırmalarında keşfedilmiş patentli ileri teknoloji ürünleridir. (Şekil 4.4.ve 4.5.)



Şekil 4.3. Viskoz sönümleyicinin boyuna kesiti

Şekil 4.3.' te görüldüğü gibi piston kafanın bir taraftan öbür tarata geçerken sıvı akışı ile sönümleme işlevi elde edilmiş olur. Sıva akışını sağlamak için piston kafa ile silindir arasında yeter derecede bir açıklık vardır. Sıvı geçişi darbe ile yüksek hızlarda oluşur. Kafa biçimi ise sönümleme özelliklerini belirler.

Bu sönümleyicilerde kuvvet, harekette birlikte ortaya çıkar. Kuvveti veren eşitlik şu şekildedir:

$F=CV^n$

Burada F kuvveti, V hızı, n, piston biçimine bağlı olarak 0,3 ile 1,0 arasında değişen üs sabitini ve *C* ise şilindir çapı ağız alanına bağlı olarak değişen sönümleyici sabitini simgelemektedir.



Şekil 4.4. Viskoz sönümleyici örneği



Şekil 4.5. Viskos sönümleyicide kullanılan sıvı yağ

4.2.2. Taban İzolatörleri:

Taban yalıtımı teknolojisi yeterince test edilmiş ve birçok ülkede farklı türde kullanılır hale gelmiştir. Yapılarda kullanılan birçok taban yalıtımı sistemi vardır. Her yıl birçok farklı ve yeni yalıtım sistemleri önerilmekte ve patent altına alınmaktadır. Taban izolatörleri genel olarak iki sistem olarak karşımıza çıkmaktadır. Bunlar;

- Elastomerik Mesnetli yataklar
- Sürtünme esaslı sistemlerdir.

4.2.2.1. Elastomerik Mesnetli Yataklar

4.2.2.1.1. Düşük sönümlü doğal kauçuk yataklar:

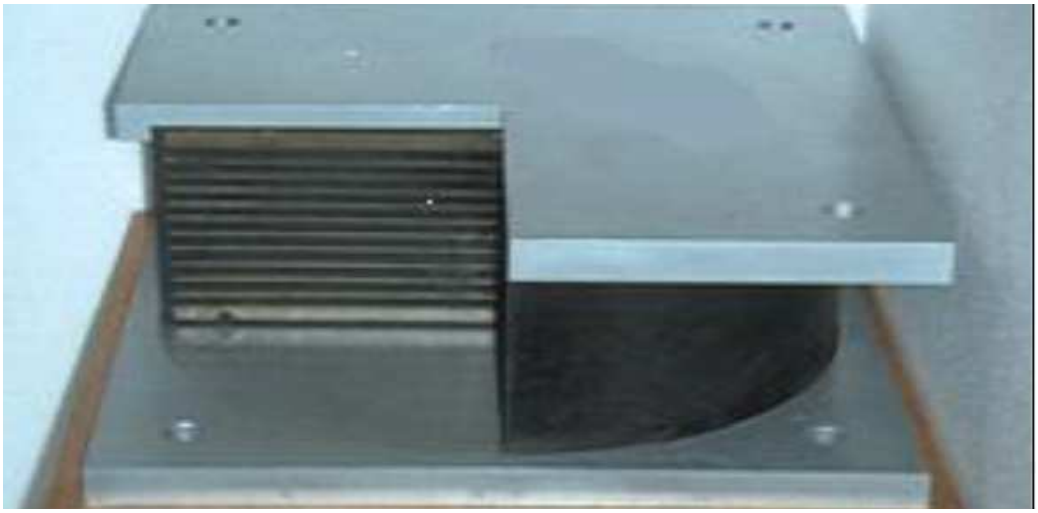
Doğal kauçuk, sismik izolasyonda kullanılan ilk elastomerdir. Bu özelliği ile doğal kauçuk izolatörler, diğer modellere de örnek olmuştur. Diğer elastomerlerle karşılaştırıldığında doğal kauçuğun daha yüksek mukavemete sahip olduğu görülür. En önemli özelliği uzun süre kullanım kapasitesine sahiptir.

Bu sistemlerin beklenen davranışı; sistemde kullandığı sürece, zamandan ve kullanım sıklığından bağımsız olarak gösterilirler. Yorulma açısından iyi sonuçlar vermesi bu modelin avantajlarından biri sayılabilir.

Hesaplanan yatay ve düşey deplasmanları karşılayabilecek kapasitedeki kauçuk esaslı sismik izolatör taban plakları yardımıyla kolon altına yerleştirilir. Kauçuk esaslı sismik izolatörlerde yatayda her yönde kayma deformasyon %150'ye yakındır. İzolatör cihazının orijinal pozisyonuna dönmesi düşey yüke ve içindeki çelik levhalara ve kurşun çekirdeğe bağlıdır. Efektif sönüm oranı, genellikle 0.07'den küçüktür. İzolatörlerin modellenmesinde dikkat edilecek hususlardan birisi yüksekliğin artması sistemde burkulmaya yol açtığından, yükseklik çapın yarısıyla sınırlandırılmıştır (Şahin 2001).

Bu tip mesnet sistemi ile modelleme yapılırken, izolatörün bileşiminde genelde iki çeşit elastomer kullanılmaktadır. Yaygın olarak kullanılanı doğal kauçuktur. Doğal kauçuğa alternatif olarak kullanılan diğer bileşen ise Fransa yapımı elastomer olan Neopren'dir.

Bir izolatörde altta ve üstte olmak üzere iki adet kalın tabaka, iki tabaka arasında bir çok ince çelik levhalar mevcuttur (Şekil 4.6). Kauçuk malzeme bir kalıp içinde uygulanan sıcaklık ve basınç altında tek bir işlem dahilinde, vulkanize edilmiş ve çelik plakalara bağlanmıştır. Çelik ara levhalar kauçuk malzemenin iki yandan şişmesini yani yanal deformasyon yapmasını önlemekte ve düşey yönde yüksek bir rijitlik saklamaktadır. Ancak, elastomerin düşük kayma modülü tarafından kontrol edilen yatay rijitliğe etkisi yoktur.



Şekil 4.6. Tipik düşük sönümlü kauçuk mesnet örneği

Düşük sönümlü doğal kauçuk mesnet modelinin bir çok faydası vardır ve yapımı basittir. Modelleme yapması kolaydır. Tasarlanan mekanik yapısı, ısıdan, zamandan ve hızdan bağımsızdır. Çok düşük sıcaklıklarda bile esnek kalabilirler. Ancak -17° C' den daha düşük sıcaklıklarda sertleşmeye başlar. Üst Sınır ise 82°C olarak tasarlanmıştır (Nakano 1997).

Dezavantajı ise genelde beraber çalışan ek bir destek sönüm sistemine ihtiyaç duyulur. Tek başlarına kullanılmazlar. Kullanılan destek sistem genellikle daha detaylı bağlantı ve birleşim içeriği gerektirir. Destek sisteminin dezavantajları, bütün sistemi etkileyeceğinden aynı zamanda bu tip modellemenin de zaafı sayılabilir. Örneğin, eğer kullanılan destek sistemi metalik sönümlendiricilerden oluşuyorsa, çok yüksek devirli kullanım özelliğine sahip olmayan bu sönümlendiricilerin davranışındaki değişimlerden bütün sistem etkilenecektir.Sönümlendiricilerin çok sık kullanılması durumunda performans azalabilmektedir.

Bu izolatörler köşeli (Şekil 4.7) olarak dizayn edilebildiği gibi dairesel (Şekil 4.8) olarak ta dizayn edilebilir. Aynı zamanda izolatörün deprem esnasındaki davranışı Şekil 4.9’ de görülmektedir.



Şekil 4.7. Tipik köşeli kauçuk mesnet örneği



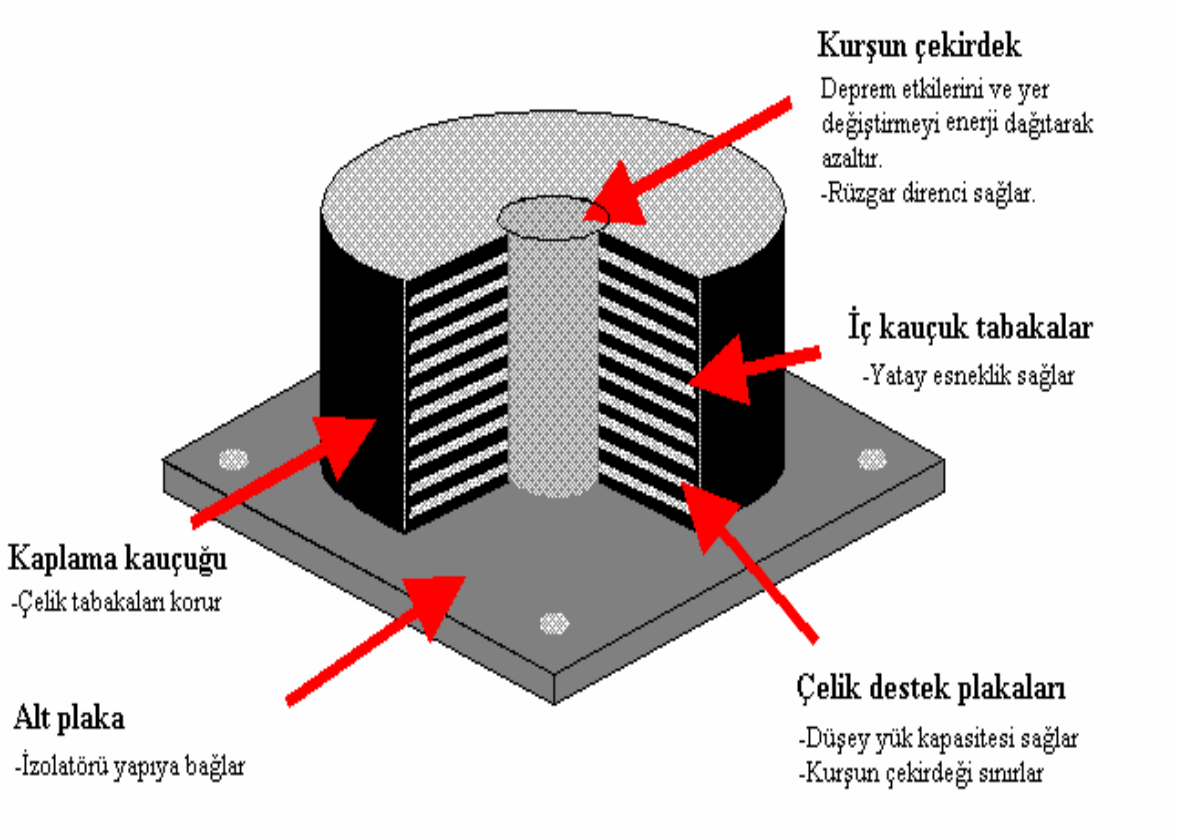
Şekil 4.8. Tipik dairesel kauçuk mesnet örneği



Şekil 4.9. Doğal kauçuk izolatörlerin davranışları

4.2.2.1.2. Kurşun çekirdekli yataklar

Kurşun çekirdekli izolatör modeli, 1975 yılında Yeni Zelanda'da geliştirilmiş olup Japonya ve ABD ülkelerinde de geniş bir alanda kullanılmaktadır. Model olarak düşük sönümlü doğal kauçuk mesnetli izolator modeline benzemektedir. Farkı, Şekil 4.10 da görüldüğü gibi ortasına bulunan bir veya birden fazla kurşun çekirdektir.

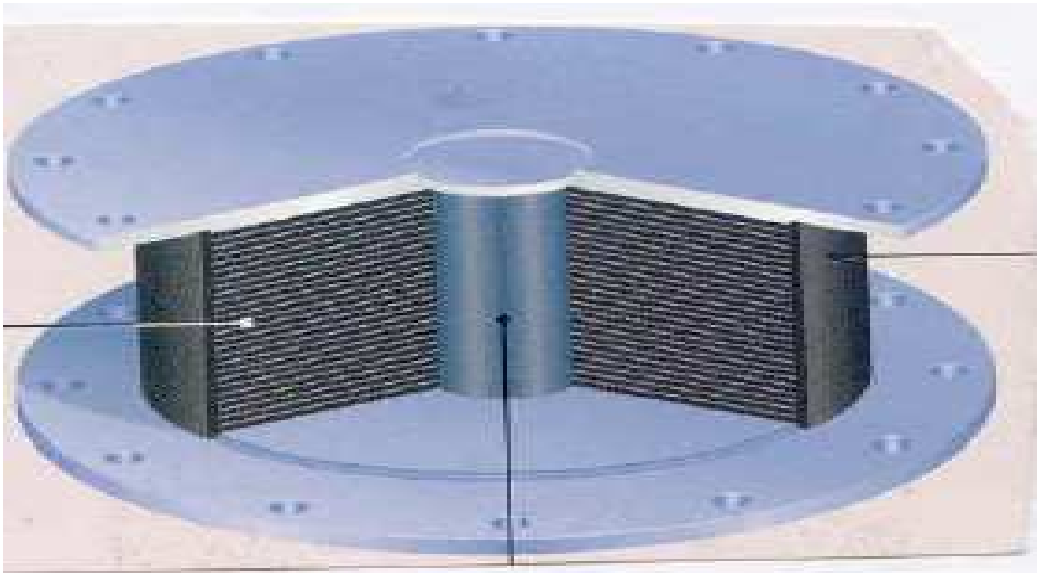


Şekil 4.10. Kurşun çekirdekli kauçuk izolator yapım modeli

Sistem yatay kuvvetlere maruz kaldığında çelik tabakalar kurşun başlığı şekil değiştirmeye zorlar. Kurşun çekirdek elastomer tabakaya sıkı sıkıya mesnetlidir ve yaklaşık akma gerilmesi 10 MPa' dır. Kurşun çekirdeğin enerji absorve edebilme kapasitesi izolatörün yatay yer değiştirmesini azaltır. Kurşun çekirdekli (Şekil 4.11) izolatörlerin, düşük sönümlü doğal kauçuk mesnetli izolatörlerle aynı anda kullanıldığı sistemlere sık rastlanır (Nakano 1997).

Böyle uygulamalarda, kurşun çekirdekli izolatörler temelde iç kısımlara sönümleyici, doğal kauçuk izolatörler ise dış kısımlara dengeleyici olarak yerleştirilir.

Bu sistemin en büyük dezavantajı, güçlü yer hareketleri sonrası kurşun çekirdeğin zarar görüp görmediğinin tespit edilememesidir. Ancak bu şekilde deprem izolasyonu yapılmış yapılar 1994 Northridge ve 1995 Kobe depremlerinde çok iyi performans göstermişlerdir. Kurşun çekirdekli izolatörler orta bölgede sadece bir çekirdek olacak şekilde dizayn edilebildiği gibi birden fazla çekirdekli olarak ta dizayn edilebilirler.(Şekil 4.12.)



Şekil 4.11. Kurşun çekirdekli kauçuk izolator modeli



Şekil 4.12. Birden fazla kurşun çekirdekli kauçuk izolator modeli

4.2.2.1.3. Yüksek sönümlü doğal kauçuk yataklar

İlk defa İngiltere'de bir firma tarafından, yüksek sönümlü kauçuk bileşimlerden oluşan izolatörler piyasaya sürülmüştür. Sönüm, ilave edilen ekstra kaliteli karbon blokları, yağlar, reçine ve diğer özel doldurucularla artırılarak 0,10-0,20 seviyelerine yükseltilmiştir. Bu değişen özelliği dışında diğer özellikleri, üretim metotları, yapıştırma evreleri ve montaj tekniği aynıdır. Bir diğer fark kuvvet - yer değiştirme davranışıdır.

İzolatördeki sönüm, ne histeretik ne de viskozdur. İkisi arasında bir davranıştır. Malzeme, boy uzamaları % 20 den daha küçük olduğu zaman nonlineer davranır ve yüksek rijitlik ve sönüm özelliği ile rüzgâr yükleri, düşük seviyeli sismik yükler altında yapının yer hareketinin tepkisinin azalmasına eğilimli davranış içinde olur. % 20-120 arası olan kayma modülü düşük ve sabittir. Çok büyük şekil değiştirmelerde, kayma modülü büyür. Sistemin bir avantajı da; çevredeki titreşimlerin bir derece azalmasında etkili olur. İzolatörler yüksek frekanslı, trafik veya yeraltı demir yolları kaynaklı titreşimleri yapıya ulaşmadan filtre eder. Şekil 4.13 de piyasada kullanılan bir örnek görülmektedir.



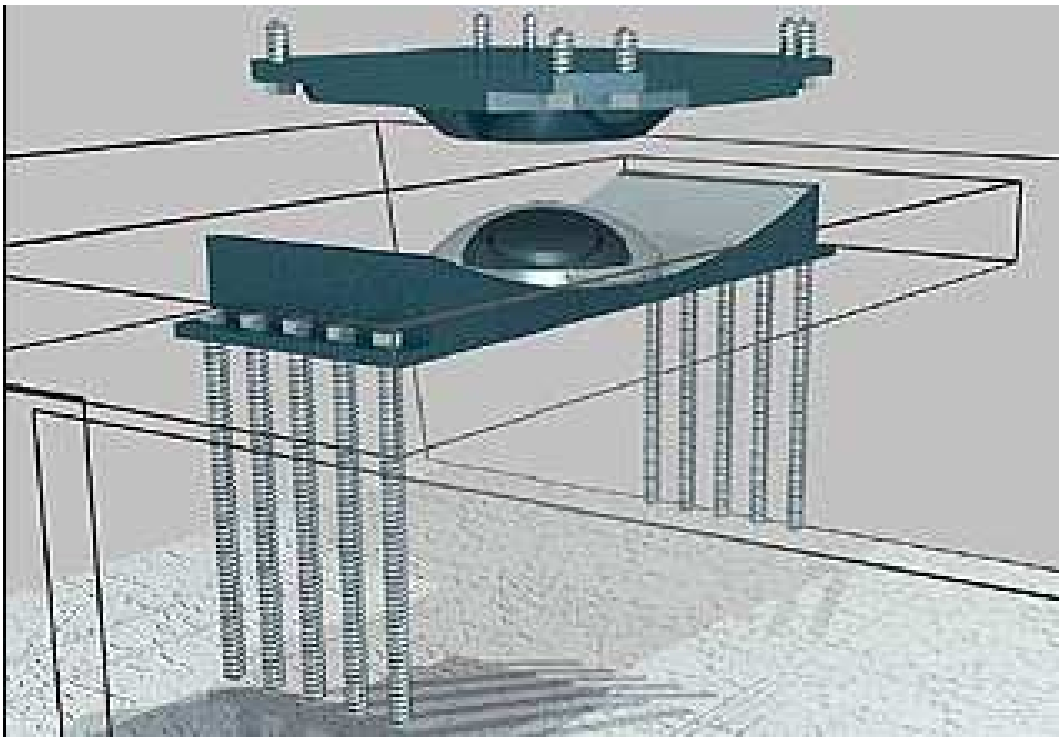
Şekil 4.13. Yüksek sönümlü doğal kauçuk izolatör modelleri

4.2.2.2. Sürtünme esaslı sistemler

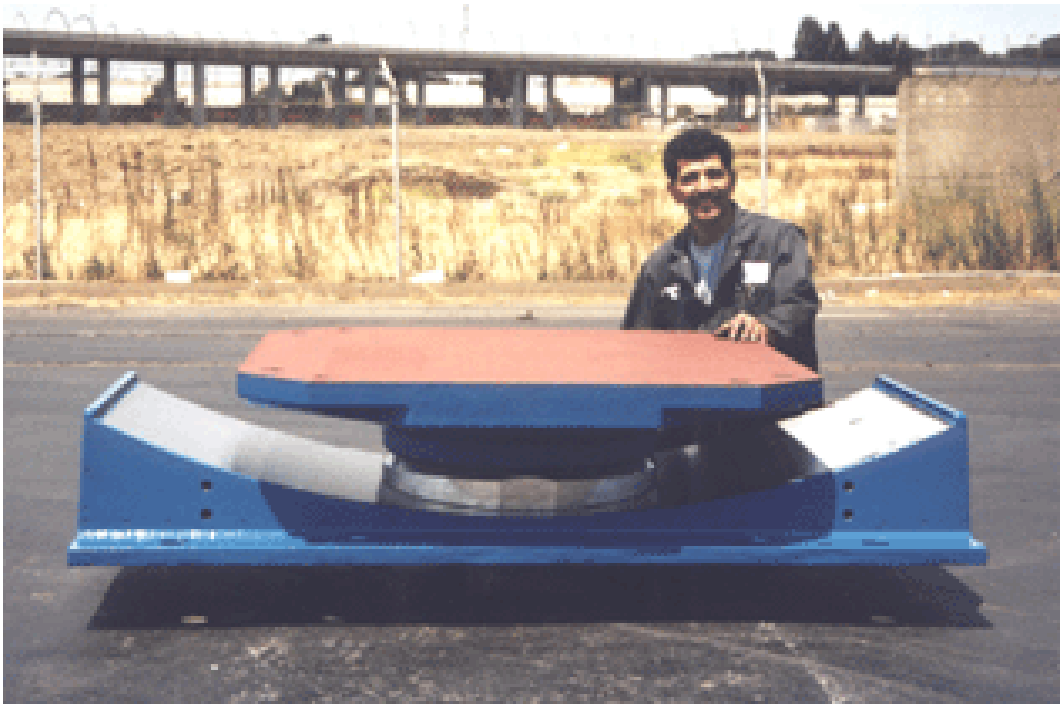
Kayıcı mesnetli izolatörler, yer hareketi sonucu açığa çıkan enerjiyi sürtünmeyle sönümlendirme prensibi esas alınarak yapılan modellerdir (Şekil 4.14 ve 4.15). Bu sistemin teorik analizlerinde Coloumb sürtünme kabulü kullanılır.

Fakat bu yaklaşımın gerçek davranışı tam olarak ifade etmesi mümkün değildir. En yaygın kullanılan kayma yüzeyi malzemeleri paslanmaz çelik üzerine teflondur. Sistemin sürtünme karakteristikleri sıcaklığa, hıza, yüzey temizliğine bağlıdır (Naeim ve Kelly1999).

Aynı mantık esas alınarak üretilen modeller, değişik uygulamada karşımıza çıkmaktadır.



Şekil 4.14. Kayıcı mesnetli izolatör yapım modeli



Şekil 4.15. Kayıcı mesnetli izolatörlerde temel modellemesi

4.2.2.2.1. Fransız elektrik sistemi

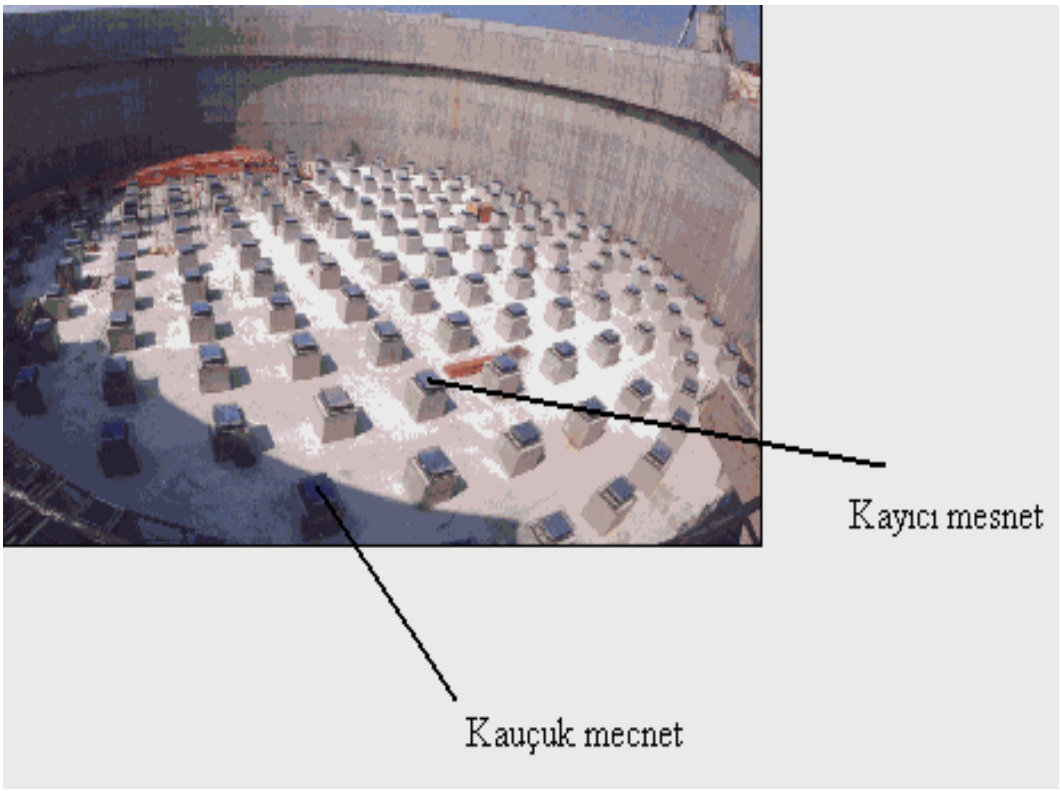
Bu sistem 1970'li yıllarda Fransa da "Nükleer Güç santralleri" için geliştirilmiş bir sistemdir. Standart nükleer santral, sismik aktiviteleri yüksek bir kesimde inşa edilirse içindeki deprem etkisinde kalacak nükleer ekipmanları 0.2g max sınırında tutmayı amaçlayan bu mantıkla tasarlanmış bir sistemdir (Chopra 1995).

Sistem üst üste ince tabakalar halinde yerleştirilmiş neopren mesnetlerle, paslanmaz çelikle temas halinde olan kurşun-bronz alaşımını birleştirir. Sürtünen yüzeyler elastomerik mesnetlerin üstüne yerleştirilmiştir. Sürtünme katsayısı, hizmet ömrü boyunca 0.2 kabul edilerek hesap yapılmıştır. Sürtünme yüzeyindeki neopren tabakanın çok düşük yer değiştirme kapasitesi vardır. (Yaklaşık ± 5.0 cm) Bu sistemin dezavantajı; enerjiyi sürtünmeyle emen bu sistemdeki elemanlar, değiştirilemez ve onarılamaz. Sistemde enerji tasarlanan limiti aştığında yer değiştirmeler kalıcıdır (Tolay 2006).

Bu sistem sadece bir kere Güney Afrika Koeberg'de büyük bir nükleer santralde uygulanmıştır.

4.2.2.2.2. Bileşik sistem

Elastomerik ve kayıcı sistemlerin birleşimi olan bu yöntem EERC tarafından geliştirilmiştir. Bu sistemde herhangi bir yapının iç kolonları kayıcı mesnetlerle, dış kolonları ise düşük sönümlü doğal kauçuk mesnetlerle taşıttırılmaktadır. Sürtünmeli yüzeyler iç kolonların altında olan, teflon yüzeyler ve altında paslanmaz çelik elemanlarla oluşturulmuştur. Yapının burulmasını kontrol eden elastomerik izolatörler aynı zamanda dengeleyici rol oynarken kayıcı sistem sönümleyici olarak çalışır (Şekil 4.16). Amerika'da bu şekilde yapılmış hastane ve okul binaları mevcuttur (Marioni, A2001).



Şekil 4.16. Bileşik sistem modeli

4.2.2.2.3. TASS sistemi

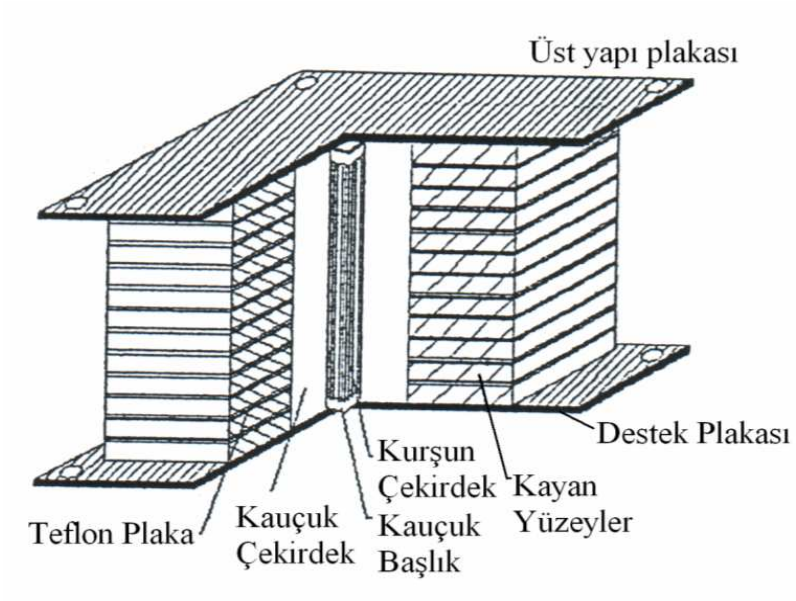
Bir Japon firması olan "Taisei" tarafından geliştirilmiştir. Bu yöntemde sistemdeki bötün düşey yükler, teflon-çelikten yapılan paslanmaz elemanlara taşıttırılır. Ek olarak, neopren izolatörler kullanılır. Bu yöntemde kullanılan neopren mesnetler düşey yük taşımaz, sadece merkezleyici ve dengeleyici olarak yerleştirilir. Teflon kayıcı yüzeylerde 10 MPa basınç altında, 0.05 sürtünme katsayısı esas alınarak hesap yapılır.

Sistemin dezavantajları; elastomerik mesnetler hiç düşey yük taşımadıkları için, yatay yükler etkisinde gerilmeye maruz kalırlar ve kayıcı yüzeylerde sürtünme hızları çok hassas olarak ayarlandığı için sistem genelinde model kurması diğerlerine göre daha zordur (Timur 2000).

4.2.2.2.4. Elastik sürtünmeli taban izolasyon sistemi

Bu model, yüksek sürtünme katsayısına sahip teflon kaplı tabakaların yüksek dozlarda sürtünmesi sırasında oluşan problemin, bir izolatör içinde bir çok kayan ara yüzey kullanılması ile üstesinden gelmeyi amaçlar. Böylece en alttaki ve en üstteki hızlar, tabakalara ayrılır. Böylelikle her tabakaya düşen hız düşük olur.

Sürtünen elamanlara ek olarak, ortada düşey yük taşımayan dengeleyici kauçuk çekirdek mevcuttur. Yapılan deneylerde kauçuk çekirdeğin, ara yüzlerdeki yer değiştirmelerin yüzler boyunca homojen dağılmasını önleyemediği için merkeze bir de çelik çubuk ilavesi yapılmıştır. Bu ilave, yer değiştirmeleri kayan yüzeyler arasında dağıtma işlevi görmektedir (Şekil 4.17).



Şekil 4.17. Elastik sürtünmeli taban izolatörü

4.2.2.2.5. Sürtünmeli sarkaç sistemi

Sürtünmeli sarkaç sistemi, enerji dağıtma modellerinin en yenilerinden birisidir. Tamamen geometrik yaklaşımlardan yararlanılarak yapılan modelleme, yapı sisteminin basitleştirilerek sarkaç hareketine uyarlanması ile depremden yapıya ulaşan enerjinin metalik şevlerde sürtünerek kısmen ya da tamamen kaybolması prensibi esas alınarak yapılmıştır. Bu sistemin davranışı basit bir sarkaç sisteminin temel ilkelerine bağlıdır. Sürtünmeli sarkaç sistemi ile mesnetlenen yapı deprem hareketine karşı küçük genlikli sarkaç hareketi ile tepki verir.

Sistemde, yapının taşıdığı yükle orantılı olan kayıcı mafsal ve temas ettiği eğrisel çelik yüzey sistemi oluşturan başlıca elemanlardır. Eğrisel yüzeyle, mafsallı kayıcının arasındaki sürtünme izolatörün sönümünü oluşturur. Bu yöntemde izolatörün rijtiliği ve yapının titreşim periyodu sürtünen eğrisel yüzeye verilen eğimle kontrol edilir. Şekil 4.18 de kapalı halde sürtünmeli sarkaç modeli görülmektedir.



Şekil 4.18. Kapalı halde sürtünmeli sarkaç modeli

Sürtünmeli sarkaç modeli uygulamalarından biri Amerika'da "U.S. Court of Appeals"de uygulanan 256 izolatörden biridir. San Francisco'da bulunan yapı, tarihi bir mahkeme binasıdır. Îki büyük deprem atlattıktan sonra temel altlarına yerleştirilen FPS sistemi ile iyileştirmeye gidilmiştir (Chopra 1995). Her kolon temele birleştiği noktadan geçici kriko sistemi ile desteklendikten sonra kesilmiştir. Daha sonra kesilen kolonların temele birleştikleri yerlere izolatörler yerleştirilmiştir.

Diğer bir örnek ise Benicia Martinez köprüsüdür. 1998 yılında izolatör takviyelerinin yapıldığı köprü, günde ortalama 100.000 araç taşımaktadır. San Francisco'da "critical life line" içinde bulunan 3 köprüden biridir. 6.156 feet (yaklaşık 1.88 km) uzunluğundaki köprü 6 şeritlidir. Köprüyü taşıyan ayaklar betonarme, geri kalan elemanlar çeliktir. Şimdiye kadar üretilen en büyük boyutlarda sürtünmeli sarkaç modeli mesnetleri kullanılmıştır. Çapları yaklaşık olarak 3.96 m, ağırlıkları yaklaşık 50 ton'dur. Her bir sürtünmeli mesnedin, yatay yer değiştirme kapasiteleri 1.35 m olarak tasarlanmıştır (Şekil 4.19.).

Sürtünmeli sarkaç sistemi, elastomerik sistemlerde söz konusu avantajlarının hepsine sahip olduğu gibi kauçuk izolatörlerde dezavantaj sayılacak hususları içermemektedir. Elastomerik izolatörlerin özellikle kolonlara uygulanması sırasında kauçuk bileşiminin yangına karşı korunması şarttır.

Ayrıca hesapta kullanılan tasarım depreminden büyük bir depremin yapıya etkimesi zayıf da olsa her zaman var olan bir ihtimaldir. Bu yüzden kauçuk mesnetlerin yatay yer değiştirme yaparken kopması durumunda üst yapıyı taşıyacak "back up" sistemi adı verilen emniyet mekanizmalarına ihtiyaç duyulmaktadır. Sürtünmeli sarkaç sisteminde “back up” sistemine gerek olmadığı gibi lineer çelik olduğu için ekstra bir yangın koruma önlemi alınması da şart değildir (Chopra 1995).



Şekil 4.19 Sürtünmeli sarkaç modeli mesnedinin açık hali

4.3. Hibrit Sistemler

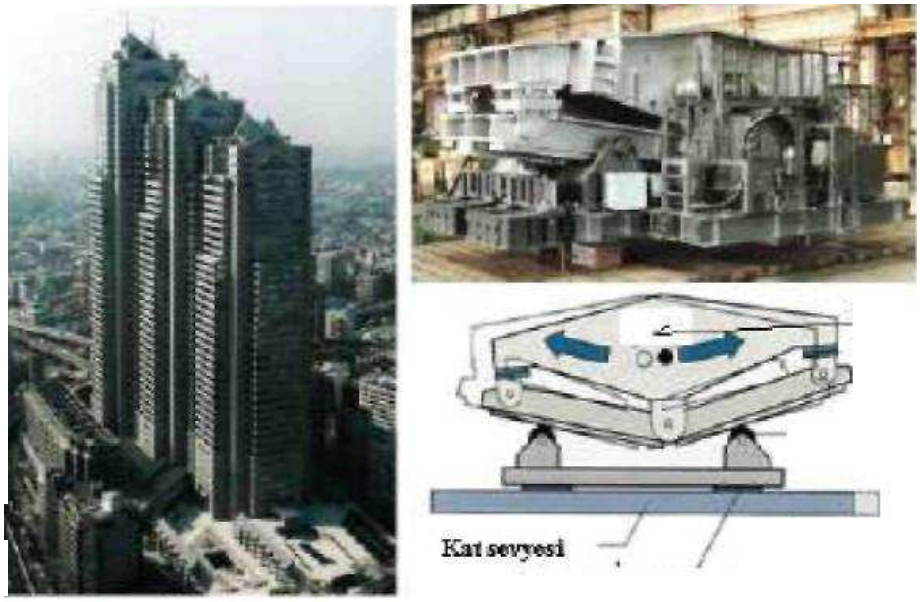
Deprem vb. dinamik etkilerin karşılanması için geliştirilen sistemler arasında hibrit sistemler de son zamanlarda yoğun olarak kullanılmaya başlanmıştır. Hibrit sistemlerde iki sınıfa ayrılabilir. Bunlar;

- Hibrit kütle sönümleyiciler
- Hibrit taban izolasyonlarıdır.

Hibrit sistemler aktif ve pasif kontrol elemanlarının paralel olarak kullanılması sonucunda ortaya çıkmaktadır. Pasif kontrol elemanları büyük boyutlu etkileri sönümlerken yapının geri dönüşü ve ilk halini almasındaki son düzenlemeleri ise aktif kontrol üniteleri ve elemanları sağlamaktadır.

Özellikle korunması gereken hassas cihazların bulunduğu yapılarda hibrit sistemler içerisinde aktif kontrol elemanları, yer değiştirme ve ivmelenmenin minimumda tutulmasına yardımcı olmaktadır. Daha çok köprülerde kullanılan bu sistem gökdelenlerde (Şekil 4.20) ve hassas binalarda da uygulamaları vardır.

Aktif kontrol cihazlarının kullanılamaması durumunda sistemler pasif yapısal kontrol yapmakladır. Hibrit sistemlerde aktif kontrol sistemlerinden daha az enerji gereksinimi vardır.(Mermer,2006)



Şekil 4.20 Yüksek bir binada uygulanan hibrit sismik izolasyon sistemi

4.4. Farklı İzolasyon Sistemleri

Bu bölümde yaygın olarak kullanılmayan fakat dünyada uygulamalarına zaman zaman rastlanılan sistemler incelenecektir. Bu bölümde ele alınan modellerin dışında dünyada uygulanan başka modellerin de olması muhtemeldir.

4.4.1. Gerb sistemi

Alman firması, "GERB" tarafından kullanılan sistemdir. Gerb sisteminin mesnedi (Şekil 4.21) hem yatayda hem de düşeyde esneklik özelliğine sahiptir. Düşey titreşim frekansı yaklaşık olarak yatay titreşim frekansının 3-5 katıdır

Sistem genel olarak olarak helezonik yaylar ve visko-elastik söndürücülerle sönüm prensibine dayanır. Bu sistem test edilmiş ve Santa Monica California iki çelik çerçeveli yapıda uygulanmıştır. Söz konusu yapılar 1994 Northridge depreminden fazlasıyla etkilenmiştir. Yapılan çalışmalarda depremde davranışı bilgisayarda simülize edilmiş ve sallama hareketi sırasında bu sistemin ivmelerin düşürülmesinde efektif olmadığı sonucuna varılmıştır.

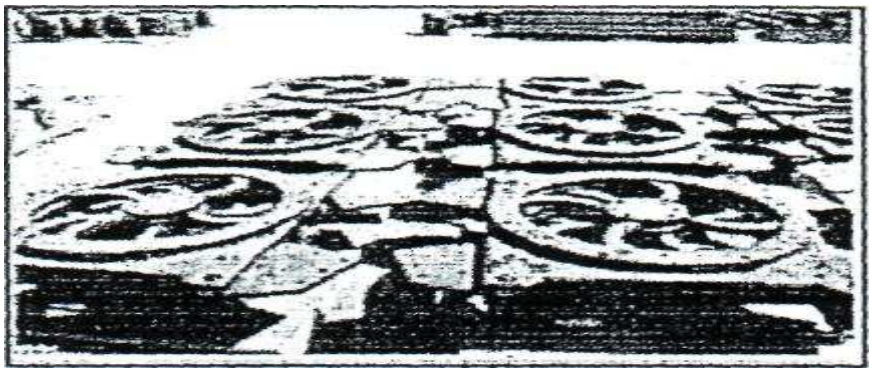


Şekil 4.21. Gerb izolasyon sistemi

Ancak uygulanan yapının rijitlik merkezi ile ağırlık merkezinin çakışık olması durumunda faydalı olabileceği düşünülmüştür. Almanya'da bu sistemle izole edilmiş yapılar mevcuttur. Montpellier, Fransa'da ünlü orkestra binası "Le corum / L'auditorium Berlioz" orkestra binasının titreşim izolasyonları bu sistemle yapılmıştır (Duenas ve Ark. 2001).

4.4.2. Alga sistemi

İtalyan firması "ALGA”nın ürettiği izolasyon modelleridir (Şekil 4.22). Ülkemizde Bolu Viyadüklerinde de kullanılmıştır. Sistem, 16 tane C şeklinde çelik elemandan oluşmuş, her yönden etkiyen deprem için üniform davranış gösteren radyal simetrik bir düzenden ibarettir.. Normal şartlar altında, bu alet yatay gelen rüzgâr kuvvetlerini karşılamak, betonarme köprü ayaklarına doğru olan sürtünmeli izolatörlerden kaynaklanmış sürtünme kuvvetlerini, frenlemek sönümlendirme sistemine, müsaade edilenden fazla kuvvet iletilmemesini sağlamak üzere tasarlanmıştır.



Şekil 4.22 Alga sistemi mesnetleri

4.4.3. Süper kayıcı sistem

Bu sistem 2000 yılında, Japon Takenaka ile NTN firmalarının ortak ürettiği bir modeldir. 2001 yılı itibarıyla, üretilen en son sismik izolasyon modelidir. Üretici firmalar bu sistemin kullanılması durumunda yapının doğal titreşim periyodunun 4-6 sn.' ye kadar uzayabileceğini ve binaya transfer olan enerjinin 1/4 oranında azalabileceğini öngörmüşlerdir (Skinner R. 1993).

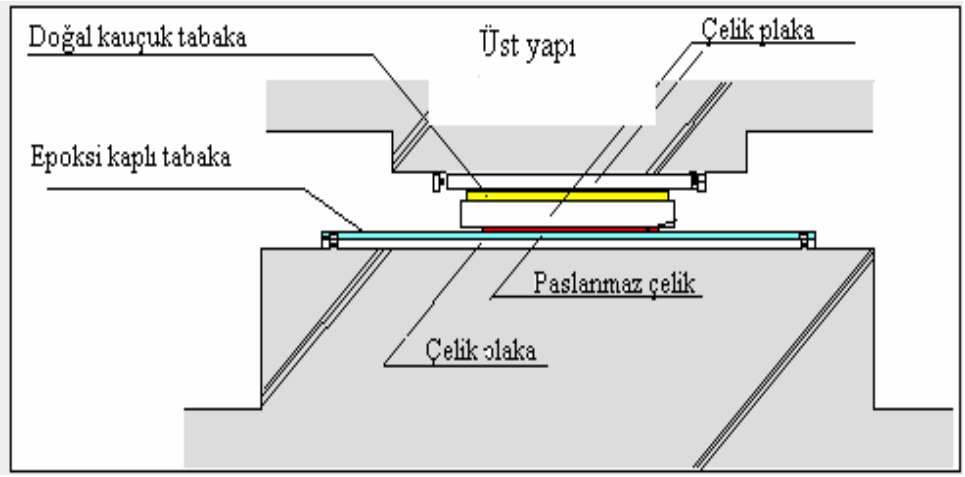
Sistem 2 parçadan ibarettir. Üstte kayıcı kısım yapıya, altta destekleyici kısım ise temele bağlıdır. İki kısım arasında sürtünme katsayısı çok düşük mertebede tutulmuştur.

Deprem hareketi, temeli kuvvetli şekilde salladığı durumlarda bile sürtünen yüzeylerdeki düşük sürtünme katsayısı sebebiyle üst yapıya kuvvetlerin transferi zor olmaktadır. Sürtünme katsayısı üst ve alt kısımlara eklenen epoksi-reçine esaslı özel tabakalarla (“fluororesin layer” ve “resin coating layer”) p = 0.02-0.04 seviyelerine indirilmiştir. Yani bu sisteme göre, 100 kg bir kütleyi hareket ettirmek için 2-4 kg bir kuvvet uygulanması yeterlidir. Eğer yer hareketi yapıyı bir taraftan bir tarafa yer değiştirmeye zorlasa bile sistemde beraber kullanılan kauçuk izolatörler ve diğer elemanlar sistemi orijinal posizyonuna geri getirmektedir.

Anlaşılacağı gibi bu modelde düşük sönümlü kauçuk izolatörler gibi tek başlarına kullanılmaları mümkün değildir.

Davranış, ağırlıktan bağımsız olduğu için sadece az katlı yapılarda değil orta katlı ve yüksek katlı yapılarda da kullanılan bir modeldir. Ofisler, fabrikalar, hastaneler bu tip izolasyon sistemi için uygun yapılardır.

Son olarak inceleyeceğimiz ayrıntı sistem elemanının kesitidir. Üst kısım 4 (fluororesin, çelik plaka, doğal kauçuk levha ve tekrar çelik plaka) alt kısım ise 3 (epoksi kaplamalı tabaka - "resin coating layer", paslanmaz çelik tabaka ve çelik plaka tabakadan oluşmaktadır. Şekil 4.23 de süper kayıcı izoltör kesiti ve Şekil 4.24 de süper kayıcı izolatörün uygulama şekli görülmektedir.



Şekil 4.23 Süper kayıcı izolatör kesiti



Şekil 4.24 Süper kayıcı izolatör uygulama görünüşü

4.5. Dünya Literatüründe Bazı Sismik Yalıtımlı Yapılar

Dünya literatürüne başta Japonya, Yeni Zelanda ve Amerika olmak üzere birçok ülkede sismik yalıtımlı yapılar inşa edilmiştir ve bunların sayısı her geçen gün biraz daha artmaktadır. Ülkemiz de ise; her ne kadar sismik yalıtım henüz yönetmeliklere girmese de uygulama sayıları her geçen gün artmaktadır. Bunlar;

- Atatürk Havalimanı Dış Hatlar Terminali(Şekil 4.25.)



Şekil 4.25 Atatürk Havalimanı

- Kocaeli Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi
- Ülker Gıda Bilgi İşlem ve Kumanda Merkezi
- TEM Otoyolu Bolu Tüneli Yaklaşım Viyadükleri (Şekil 4.26)



Şekil 4.26 Bolu viyadükleri

- Büyük Tarabya Oteli (Şekil 4.27)



Şekil 4.27 Büyük Tarabya Oteli

- Karadeniz Otoyolu Gülburnu Köprüsü
- Erzurum Hospital (Şekil 4.28 ve 4.29.)



Şekil 4.28 Erzurum Hospital' in yapım aşaması



Şekil 4.29 Erzurum Hospital

Dünya üzerinde bazı sismik yalıtımlı yapılar ve ülkeleri Çizelge 4.1.' de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Dünya üzerindeki sismik yalıtımlı yapı örnekleri

DÜNYA LİTERATÜRÜNDEKİ BAZI SİSMİK YALITIMLI YAPILAR	
Ülkeler	Yapılar ve Adetleri
Şili	1 adet kömür yükleyicisi
İngiltere	1 adet nükleer yakıt geri dönüşümlüsantral
Kanada	1 adet kömür yükleyicisi
Çin	3 adet bina
	1 adet yol istasyonu
Fransa	5 adet bina
	2 adet nükleer atık depolama ünitesi
Yunanistan	2 adet işhanı
İzlanda	5 adet köprü
İtalya	3 adet viyadük
Japonya	4 adet bina
	7 adet araştıema laboratuvarı
	2 adet müze
	5 adet işhanı
Meksika	1 adet 4 katlı okul
Yeni Zelanda	3 adet işhanı
	37 adet köprü
	2 adet endüstri yapısı
Rusya	3 adet bina
Amerika	6 adet köprü
	6 adet bina
	3 adet endüstri yapısı
Makedonya	1 adet okul

5. TABAN İZOLATÖRLERİNİN MODELLENMESİ

Bir izolasyon sistemi için tasarım işlemi; önceki bir projeden ya da sistemin yapacağı olası en büyük yer değiştirmeyi tahmin edebilmek için üretici firmadan alınan verilere dayanan parametreleri kullanarak, bir ön tasarım işlemi ile başlar. Üretici firmadan alınabilecek diğer kontrol parametreleri arasında kayma şekil değiştirmesi de sıralanabilir. Burada amaç, yapının taban kesmesi ve izolatörlerin stabilizesi hakkında bir fikir sahibi olmaktır. Bu ön tasarım işlemi tamamlandıktan sonra izolatörlerin kesin yani son tasarımı için örnekler sipariş, edilir. Daha sonra bu örnekler yönetmeliğe uygun bir test programından geçirilirler. Prototip test sonuçlarına bağlı olarak, ön tasarımın değiştirilmesi gerekecek ya da gerekmeyecektir. Tasarımdaki iterasyon adımlarının sayısını minimize etmek için, ön tasarım aşamasında mutlaka doğru bilgiye sahip olunmalı ve iyi tasarım işlemleri yapılmalıdır(Tolay 2006).

5.1. Kauçuk Esaslı İzolatörlerin Mekanik Karakteristikleri

Tabakalı kauçuk esaslı izolatörlerin mekanik karakteristikleri üzerinde uzun yıllardır çalışmalar sürdürülmektedir. Nonlineer teknikleri kullanarak kesin analizlerin yapılması hala oldukça zor olmakla birlikte, birçok araştırmacı tarafından elastik teoriye dayalı basit tahminler geliştirilmiştir. Bu tahminler ayrıca laboratuar testleri ve en son olarak sonlu elemanlar analizi ile doğrulanmış durumdadır. İzolatörün en önemli mekanik özelliği izolatörün yatay rijitliğidir. Yatay rijitlik aşağıdaki gibi ifade edilir:

$$K_H = \frac{G * A}{t_r} \qquad (5.1)$$

G: Elastomer malzemenin kayma modülü,

A: kauçuğun plandaki enkesit alanı,

t_r: kauçuğun toplam kalınlığıdır.

Hesaplanması gereken diğer bir özellik Max. Yatay yer değiştirme D' nin hesaplanmasıdır. D, max. Kayma şekil değiştirmesi ve γ_m ile ilgilidir.

$$D = \frac{gC_V T}{B(4\pi^2)}$$ formülü ile hesaplanmaktadır. (5.2)

$$\gamma_m = \frac{D}{t_r} \quad (5.3)$$

Düşey rijitlik K_V ve eğilme rijitliği değerleri de yine basit bir lineer elastik teori yardımı ile verilmektedir. Bunlar bir izolatörün tasarımı için gerekli büyüklüklerdir.

Taban izolasyonlu bir yapının düşey frekansı izolasyon sistemini oluşturan izolatörlerin düşey rijitliği tarafından kontrol edilir. Bu düşey frekansı tahmin edebilmek için, tasarımcının; sadece belirli bir zati yük etkisi altında izolatörlerin düşey rijitliğini hesaplaması gerekmektedir. Bunun için bir lineer analiz yeterlidir. Bir izolatörün düşey yük altındaki başlangıç davranışı oldukça lineerdir ve çeşitli faktörlere bağlıdır.

Tasarım için analiz edilmesi zorunlu bir diğer önemli izolatör özelliği, taban izolatörünün burkulma davranışıdır. Bu analizin yerine getirilmesi için basınç etkisi altında sıkıştırılmış bir izolatörün, eğilme momenti etkisi altındaki davranışının incelenmesi gerekmektedir. "Eğilme rijitliği" olarak adı geçen bu özellik, düşey rijitliğin belirlenmesi için yapılan analizin bir uzantısı yardımıyla tespit edilmektedir.

Kauçuk bir mesnedin düşey rijitliği aşağıdaki formül yardımıyla verilmektedir:

$$K_v = \frac{E_c * A}{t_r} \quad (5.4)$$

A: İzolatörün enkesit alanı (genellikle levhaların alanı olarak alınır.)

t_r: Kauçuğun toplam kalınlığıdır.

E_c: Belirli düzeydeki bir düşey yük etkisi altında, kauçuk ve çelikten oluşan kompozit elemanın elastisite modülüdür. Tek bir kauçuk tabakasına ait E_c değeri, şekil faktörü S 'e bağlıdır. S aşağıdaki gibi tanımlanmıştır:

$$S = \frac{Yüklü\ Alan}{İzolatör\ Kenar\ Alanı} \quad (5.5)$$

S faktörü, elastomer kauçuk malzemenin tek bir tabakasına ait boyutsuz bir oran ölçüsüdür. Örneğin t kalınlığında ve 2b genişliğindeki, tek tabakalı sonsuz bir şerit için;

$$S = \frac{b}{t} \tag{5.6}$$

Çapı Ø ya da yarıçapı R ile belirtilen ve t kalınlığındaki dairesel bir izolatör için;

$$S = \frac{\phi}{4t} \quad veya \quad S = \frac{R}{2t} \tag{5.7}$$

Bir kenarın uzunluğu a olan, t kalınlığındaki kare bir izolatör için;

$$S = \frac{a}{4t} \tag{5.8}$$

Tam daire şeklindeki tek bir tamponun elastisite modülü aşağıdaki gibi verilir;

$$E_c = 6GS^2 \tag{5.9}$$

Aynı değer, kare şeklindeki bir izolatör için;

$E_c = 6{,}73GS^2$ ile hesaplanır. (5.10)

Bazı durumlarda izolatörler doldurulmamış bir merkezi boşlukları olacak şekilde tasarlanabilmektedir. İç yarıçapı a ve dış yarıçapı b olan, halka şeklindeki bir izolatör için basınç modülü:

$$E_c = 6\lambda GS^2 \tag{5.11}$$

Eşitliği ile hesaplanır. Burada;

$$\lambda = \frac{b^2 + a^2 - \left[(b^2 - a^2)/\ln(b/a)\right]}{(b-a)^2} \tag{5.12}$$

Merkezi delikleri olan izolatörler için çoğu durumda, basınç modülü yani E_c değeri $4GS^2$ olarak alınmaktadır.

Basınç etkisi altında, birbirine bağlı çelik levhalar nedeniyle kauçukta γ_c ile gösterilen bir kayma şekil değiştirmesi meydana gelir. Nominal basınç şekil değiştirmesi ε_c aşağıdaki gibi verilirse,

$$\varepsilon_c = \frac{\Delta}{t_r} \tag{5.13}$$

Burada Δ. basınç etkisi altında meydana gelen düşey yer değiştirme yani kısalma miktarıdır. Bu durumda;

$$\gamma_c = 6S\varepsilon_c \tag{5.14}$$

olur. Bu değer izolatörün kenarlarında meydana gelen maksimum kayma şekil değiştirmesidir ve çoğu zaman tasarımda kullanılır.

Tasarımcının üzerinde durduğu tek kayma şekil değiştirmesi değeri basınca bağlı maksimum kayma şekil değiştirmesi değildir. Ortalama kayma şekil değiştirmesini belirlemek de ayrıca faydalı olmaktadır. Çünkü kauçuk malzeme her zaman bir şekilde şekil değiştirmeye karşı duyarlıdır. Kayma modülü G, özellikle çok dolu kauçuk malzemelerde olmak üzere, şekil değiştirme düzeyine bağlı olarak değiştirilmektedir. Ortalama sekil değiştirmeyi tahmin etmek için kullanılan uygun basınç modülü değeri, tamponda depolanmış elastik enerjinin hesabına dayanır (Dumanoğlu ve Ateş 1999).

Ortalama kayma şekil değiştirmesi aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanır.

$$\gamma_{ort} = \sqrt{6}S\varepsilon_c \tag{5.15}$$

Belirli bir mertebedeki deneme yanılmaya ihtiyaç olmasına karşı bu tür hesaplamalar uygun G değerinin tahmin edilmesi için tasarımcıya kolaylık sağlamaktadır. Böylece bu adımdan sonra düşey rijitlik değeri belirlenebilmektedir. ε_c'yi hesaplamak için ilk olarak rasgele bir G değeri seçilmek zorundadır. Bu adımdan sonra da γ_{ort} hesaplanır. Bulunan sonuca göre kayma modülü değeri gerekirse yeni bir iterasyon daha yapılarak değiştirilir, %20'nin üzerindeki şekil değiştirme oranlarında kayma modülü, şekil değiştirmeye karşı çok duyarlı değildir. Bu nedenle birkaç iterasyon gereklidir.

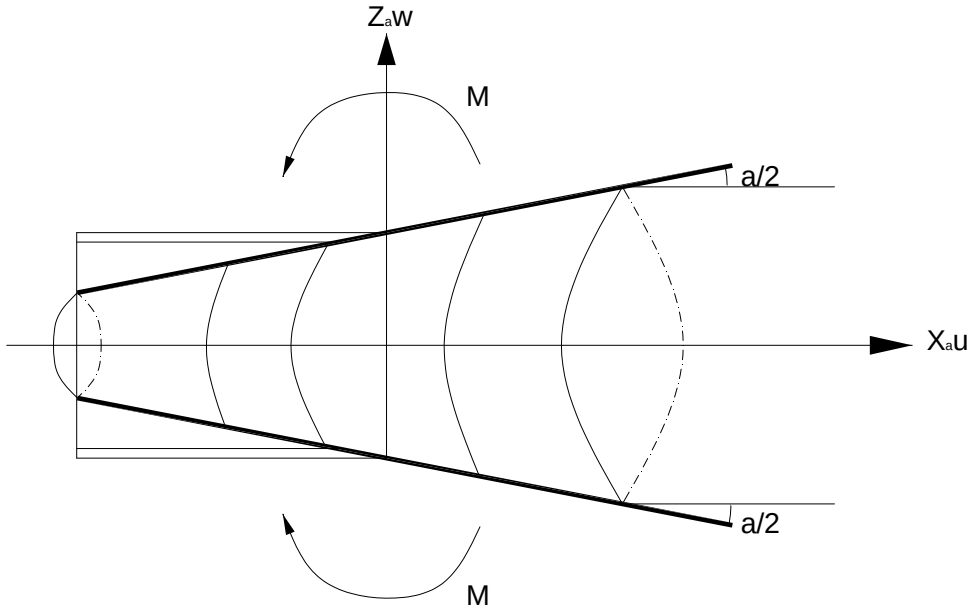
Bir tamponun eğilme rijitliği, yer değiştirme kabullerinde kullanılan yaklaşımla benzer bir yaklaşım kullanılarak hesaplanır. Tamponun salt bir M momenti ile yüklü olduğu kabul edilir. Tampondaki yer değiştirme ise tampona bağlı üst ve alt levhaların bir dönmesi olarak kabul edilir. Bu durum Şekil 5.1.'de gösterilmektedir. Üst ve alt levhalar arasındaki rölatif açı *a* ile gösterilmektedir.

Yer değiştirme tarafından meydana getirilen eğrilik yarıçapı ρ, a ile aşağıda gösterildiği gibi ilişkilidir (Dumanoğlu ve Ateş 1999).

$$\frac{1}{\rho} = \frac{\alpha}{t} \tag{5.16}$$

Eğilme rijitliğinden;

$$M = \frac{EI}{\rho} \tag{5.17}$$



Şekil 5.1. Salt eğilme etkisi altında olan rijit tabakalar arasındaki kauçuk izolatör

Kauçuk izolatörlerin Eğilme rijitliği için kullanılan genel formül;

$$M = (E_l)_{eff} \frac{\alpha}{t} \tag{5.18}$$

şeklinde verilmektedir.

Ve dairesel kesitli bir izolatör için atalet momenti;

$$I = \frac{\pi R^4}{4} \tag{5.19}$$

formüllündeki gibidir. Kare şeklindeki bir izolatör durumunda efektif eğilme rijitliği kirişin eğilme rijitliği EI' nın 1/3' üne çok yakındır. Bu durum ise;

$$EI_{eff} = E_c(0{,}329I) \tag{5.20}$$

Merkezi bir deliği olan dairesel izolatör için benzer eşitlik şöyle ifade edilmektedir.

$$EI_{eff} = 2GS^2 I \frac{(b+a)^2}{b^2 - a^2} \tag{5.21}$$

Eğilme nedeniyle oluşan kayma şekil değiştirmeleri, aşağıdaki gibi verilmektedir.

$$\gamma_b = 6S\varepsilon_b \tag{5.22}$$

$\varepsilon_b = R(a/t)$: Eğilme nedeniyle oluşan kenar basınç şekil değiştirmesidir.

Ortalama kayma şekil değiştirmesi ise;

$$\gamma_b^{ort} = \sqrt{2}S^2 a$$

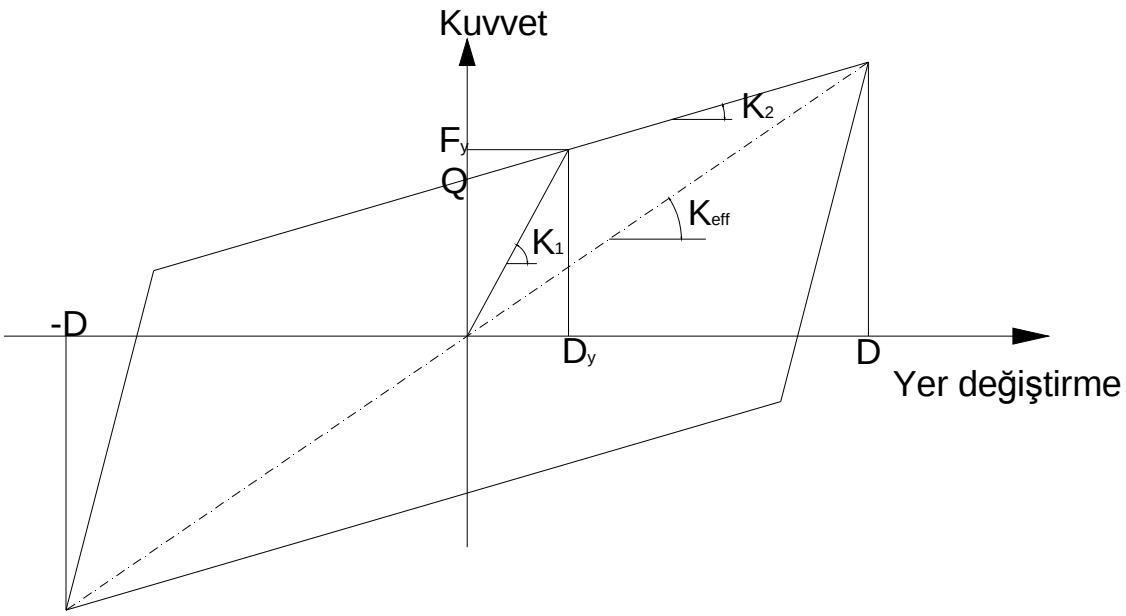
$$= \sqrt{2}S\frac{R}{4} * \frac{a}{t} = \frac{\sqrt{2}}{4} S\varepsilon_b \tag{5.23}$$

5.2. Kurşun Çekirdekli Tabakalı Kauçuk İzolatörlerin Mekanik Karakteristikleri

Kurşun çekirdekli izolatörler daima bilineer elemanlar olarak modellenirler. Bu izolatörlerin karakteristikleri üç temel parametreye dayanır. Bunlar sırasıyla K_1, K_2, ve Q' dur. Elastik rijitlik K_1' in hesaplanması zordur ve genellikle K_2' nin deneye dayalı olarak belirli bir katsayı ile çarpılması sonucunda hesaplanır.

K_2 ise kauçuğun kayma modülünden ve izolatör mesnedinin tasarım boyutlandırılması sonucu kesin bir şekilde belirlenen Akma sonrası rijitliktir. Karakteristik dayanım Q, kuvvet – yer değiştirme histeresis eğrisinde kuvvet ekseni üzerindeki bir büyüklüktür. Q, kurşunun akma gerilmesi (10,3 Mpa) ve kurşun çekirdeğin alanına göre belirlenir.

Kurşun çekirdekli bir izolatörün efektif rijitliği yer değiştirme histerezis eğrisinin en alt ve en üst noktalarını birleştiren doğru parçasını eğimidir, dolayısıyla yer değiştirme değeri arttıkça efektif rijitlik küçülür. Bu durum Şekil 5.2' te gösterilen tipik bir kuvvet-yer değiştirme histerezis eğrisinden kolayca anlaşılabilir.(Tolay 2006)



Şekil 5.2. Kuvvet-yer değiştirme histerezis eğrisi üzerindeki temel parametreler

Temel parametreler olan K_1, K_2, ve Q cinsinden aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$K_{eff} = K_2 + \frac{Q}{D} \qquad D \geq D_y \tag{5.24}$$

Burada D_y akma yer değiştirmesidir.

Doğal frekans, ω aşağıdaki eşitlikte verilir.

$$\omega = \sqrt{\frac{K_{eff} * g}{W}}$$

$$= \sqrt{\omega_0{}^2 + \mu * \frac{g}{D}} \tag{5.25}$$

Burada $\mu = \frac{Q}{W}, \quad \omega_0{}^2 = K_2 * g / W$ ve efektif periyot T ise aşağıdaki eşitlikle hesaplanır.

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{\sqrt{\omega_0{}^2 + \mu * \frac{g}{D}}} \tag{5.26}$$

$D \geq D_y$ için, efektif sönüm β_{eff} aşağıdaki gibi tanımlanır.

$$\beta_{eff} = \frac{Histeresis\ egrisnin\ alanı}{2\pi K_{eff} D^2} \tag{5.27}$$

Histerezis eğrisinin alanı $4Q(D-D_y)$ çarpımı ifadesi ile verilmektedir, β_{eff} ' i, bu temel parametreler cinsinden yeniden yazmak gerekirse aşağıdaki notasyon takip edilebilir.

$$D_y = \frac{F_y}{K_1} \qquad F_y = Q + K_2 D_y \tag{5.28}$$

Böylece,

$$D_y = \frac{Q}{K_1 - K_2} \qquad \text{olarak hesaplanır.} \tag{5.29}$$

β_{eff} ' in tanımı ve denklem (5.28)' teki sonuç kullanılarak aşağıdaki sonuç elde edilir.

$$\beta_{eff} = \frac{4Q(D - D_y)}{2\pi(K_2 D + Q)D} \tag{5.30}$$

Genel olarak rijitlik K_1, (9-10)K_2 olarak alınır. Bu kabul $D_y = Q / (9K_2)$ sonucunu verir efektif sönüm aşağıdaki gibi verilir.

$$\beta_{eff} = \frac{4Q[D - (Q/9)K_2]}{2\pi(K_2 D + Q)D} \tag{5.31}$$

5.3. Sürtünmeli Sismik İzolatörlerin Mekanik Karakteristikleri

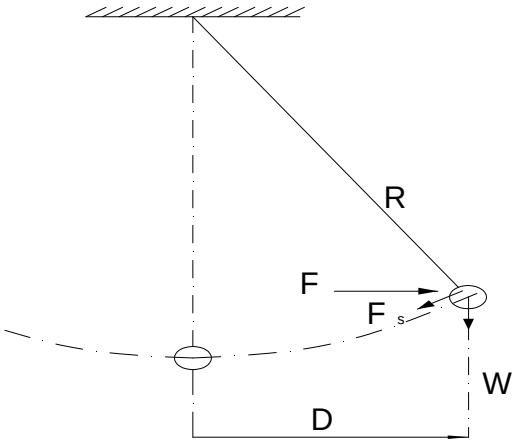
Sürtünmeli sarkaç tipteki bir izolatörün taşıdığı yük W, yaptığı yatay yer deriştirme D, sürtünme katsayısı μ ve sürtünme kuvveti F_s olsun. Aşağıdaki Şekil 5.3.'te sistemin serbest cisim diyagramı ve tüm değişkenleri gösterilmektedir.

Sistemde meydana gelen F tepki kuvveti şöyle ifade edilir.

$$F = \frac{W}{R} * D + \mu * W\left[\text{sgn}(\dot{D})\right] \tag{5.32}$$

R: küresel yüzeyin eğrilik yarıçapı

$\left[\text{sgn}(\dot{D})\right]$: Kayma hızına bağlı durumu gösteren bir işaret fonksiyonunu ifade etmektedir.



Şekil 5.3. Sürtünme esaslı sismik izolatör sisteminin serbest cisim diyagramı ve temel parametreleri

Yukarıdaki eşitlikte yer alan ilk terim, kütlenin yükselmesinden kaynaklanan geri dönüş kuvveti yani sarkaç kuvvetidir. Bu kuvvet değeri bir yatay rijitlik sağlamaktadır.

$$K_H = \frac{W}{R} \tag{5.33}$$

Yatay rijitlik aşağıda gösterildiği üzere “T” ile ifade edilen bir izolasyonlu yapı periyodu üretmektedir.

$$T = 2\pi\sqrt{R/g} \tag{5.34}$$

Yukarıdaki denklemden anlaşılacağı gibi, izolasyonlu yapı periyodu taşınan kütleden bağımsızdır.(5.35) nolu eşitlikte yer alan ikinci terim ise mafsallı kayıcı ve içbükey (konkav) yüzey arasında oluşan sürtünme kuvvetini ifade etmektedir. Sürtünme katsayısı, μ; p basıncına ve kayma hızı yani $\dot{D}$ ’ne ballıdır. Basınç değeri arttıkça, sürtünme katsayısı azalmakta 51 mm/sn’ nin üzerindeki hızlarda ve 14 MPa' dan daha yüksek basınçlarda ise hızdan bakımsız hale gelmektedir. Sürtünmeli sarkaç tipteki izolasyonlu sistemlerde geri dönüş, kuvvetinin çok doğrusal özellik göstermesi, kayma hareketi meydana gelmeden önce sistemin yüksek rijitliğe sahip olması ve kayma hareketi nedeniyle oluşan sürtünme dolayısıyla enerji yutulması gibi özellikler, kuvvet-yer değiştirme histerezis eğrilerinin karakteristik özellikleridir.

Efektif rijitlik aşağıdaki eşitlik yardımı ile hesaplanabilir.

$$K_{eff} = \frac{W}{R} + \frac{\mu * W}{D} \tag{5.35}$$

Sürtünme esaslı sismik izolatör tipteki sistemlerin diğer karakteristikleri aşağıdaki eşitliklerde verildiği gibidir;

$$\beta_{eff} = \frac{4\pi W d}{2\pi\left[(W/R)D + \pi W\right]D} = \frac{2}{\pi} * \frac{\pi}{(D/R) + \pi} \tag{5.36}$$

D yatay yer değiştirmesinden sonra düşey yöndeki δ_v yer değiştirmesi ise;

$$\delta_v = R\left[1 - \cos(\arcsin\frac{D}{R})\right]$$ Denklemi ile hesaplanır. (5.37)

6. SAYISAL MODELLEME YAPILMASI

Bu çalışmada konvansiyonel biçimde tasarlanmış olan olan Konya Selçuk Üniversitesi Ar–Ge (Teknokent Binası) binasının sismik izolatörlerle tasarlanıp tekrar çözümü esas alınmıştır. Mevcut binanın 4. derece deprem bölgesi verilerine göre (Konya için) projesi mevcuttur buna ilaveten bina zemin ve kullanım özellikleri değiştirilmeden birde 1. derece deprem bölgesi verilerine göre STA4cad programı ile metraj için tekrar girilmiştir. Daha sonra bina SAP2000 programında 1. ve 4. derece deprem bölgeleri için konvansiyonel sistemler, aynı zamanda Elcentro deprem verilerini kullanarak sismik izolatörlü sistem ayrı ayrı analiz edilmiştir ve sonuçlar irdelenmiştir. En son olarak ise 1. ve 4. derece deprem bölgeleri için ayrı ayrı konvansiyonel sistem ve sismik izolasyonlu çözüm birbirlerile kıyaslanmıştır.

6.1. Sap2000 (Structural Analysis Program) Programı

SAP2000 programı dünyada çeşitli yapıların doğrusal ve doğrusal olmayan statik ve dinamik analizinde yaygın olarak kullanılan bir yazılımdır. Görsel olarak grafik ortamda veri dosyalarını dışarıdan alma ve verme özelliği olan Sap2000 programı sonlu elemanlar metoduna göre işlem görmektedir.

Zemin – yapı etkileşimini dikkate alan programda Mod Birleştirme (Response Spectrum) ve Zaman Tanım alanında (Time History) doğrusal ve doğrusal olmayan analiz yapılabilmektedir. Ayrıca program betonarme çerçeve sistemlerin donatı hesabını ve çelik çubukların boyutlandırmasını çeşitli standartlara göre yapabilmektedir.

6.2. STA4-CAD (Structural Analvsis For Computer) Programı

STA4 programı, çok katlı betonarme yapıların 3 boyutlu analizini ve entegre olarak çizimlerini yapan entegre paket programdır. Yapının tümü için global stifnes matrisi bir defada kurulur ve bloklama tekniği ile deplasmanlar bulunur.

Kat düzlemindeki plakların yatay düzlemde sonsuz rijitliğini dikkate alarak, bir noktada 6 serbestlikli betonarme yapılara özgün stiffnes matrisi ile çözülmektedir. Kiriş ve kolon elemanlarında kayma deformasyonları ile burulma etkileri dikkate alınmaktadır. Denklem takımını; çözümünün hızlı olabilmesi için uç nokta numaraları, program tarafından nokta optimizasyonu ile minimum hafızada çözecek şekilde düzenlenir. Yapı + temel birlikte çözülebilmekte olup, temel stiffnes matrisleri winkler hipotezi ile kurulmaktadır.

6.3. UBC 97 (Uniform Building Code 97) Standardı

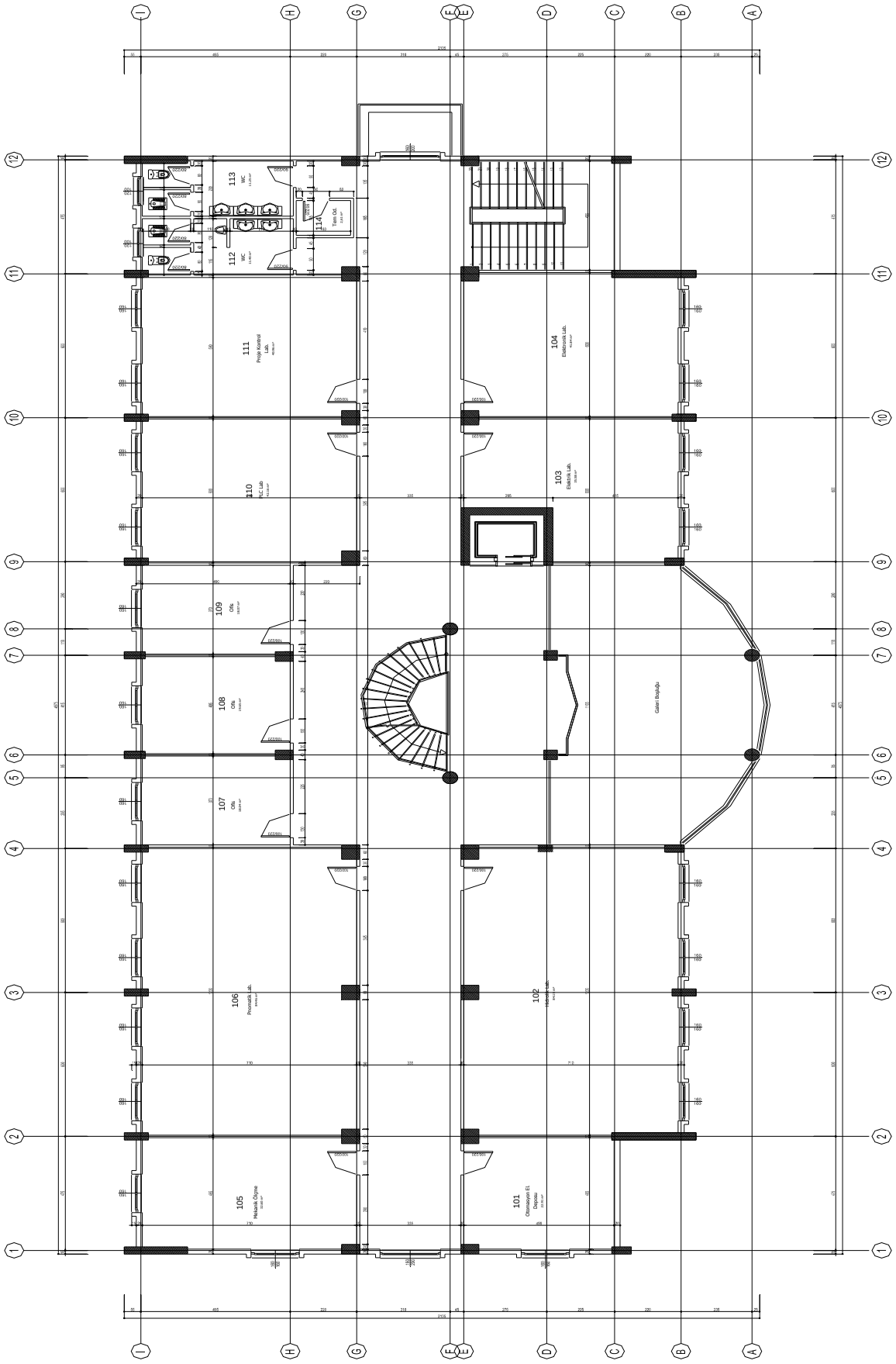
Sismik izolasyon tasarımında en yaygın olarak kullanılan standarttır. Güncellenmeden önceki hali olan UBC 94' ün devamı niteliğindedir. Bu kod genelde yapıların etkiyen depreme karşı sismik izolasyonla sağlanan elastik davranış sayesinde oluşacak hasarları önlemeye yönelik tutum içindedir yani yapı maliyetini azaltmaya yönelik değildir.

6.4. 1. ve 4. Derece deprem bölgesine göre çözüm

Konya Selçuk Üniversitesi Ar – Ge binası taşıyıcı sistem olarak betonarme – karkas sistem olarak tasarlanmıştır. Binanın oturum alanı = 826 m² dir. Ve bina zemin + 4 kattan ibarettir. Binanın temelleri sürekli temel olarak tasarlanmıştır. Binanın dört tarafı da serbesttir. Dolayısıyla binaya sismik izolasyon sistemlerinin uygulanması sonucu binanın serbest yanal yer değiştirme yapmasına engel olacak herhangi bir yapı veya engel yoktur. Aynı zamanda binanın taşıyıcı sistemi tamamen bir bütün olarak tasarlanmıştır. Yani bina içinde herhangi bir derz mevcut değildir (Şekil 6.1.ve Şekil 6.2.).



Şekil 6.1. Selçuk Üniversitesi Ar – Ge binası



Şekil 6.2. Selçuk Üniversitesi Ar – Ge binası 1. kat planı

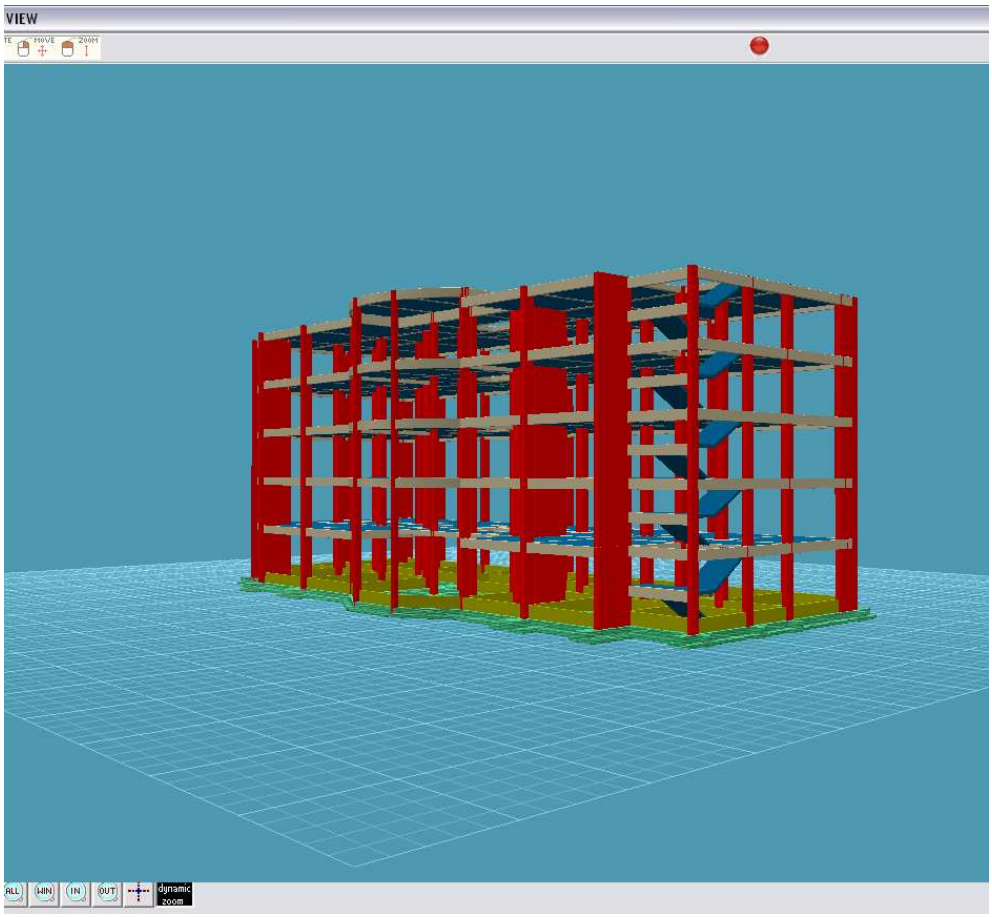
6.4.1. Hesap verileri

- Kat sayısı : 5
- Borum kat sayısı : -
- Kat yükseklikleri : zemin kat 4,5m diğerleri 3.8m
- Hareketli yük katılım katsayısı : 0,30
- Bina önem katsayısı (I) 1
- Döşeme hareketli yükü : 0,50t/m^2
- Duvar yükü : 0,50t/m
- Zati yük (asmolen dolgu ve kaplamalar için) 0,35 t/m^2
- Deprem bölgesi : 1-4
- Etkin yer ivme katsayısı (A_o) (4.º deprem bölgesi için): 0,1
- Etkin yer ivme katsayısı (A_o) (1.º deprem bölgesi için): 0,4
- Yerel zemin sınıfı : Z3
- Spektrum karakteristik periyotları : T_A : 0,15, T_B : 0,6sn
- Taşıyıcı sistem davranış katsayısı : (1.º deprem bölgesi için) 7
- Taşıyıcı sistem davranış katsayısı : (4.º deprem bölgesi için) 4
- Taşıyıcı sistem davranış katsayısı (izolatörlü sistem için) 2
- Beton sınıfı : C20
- Çelik sınıfı : S420

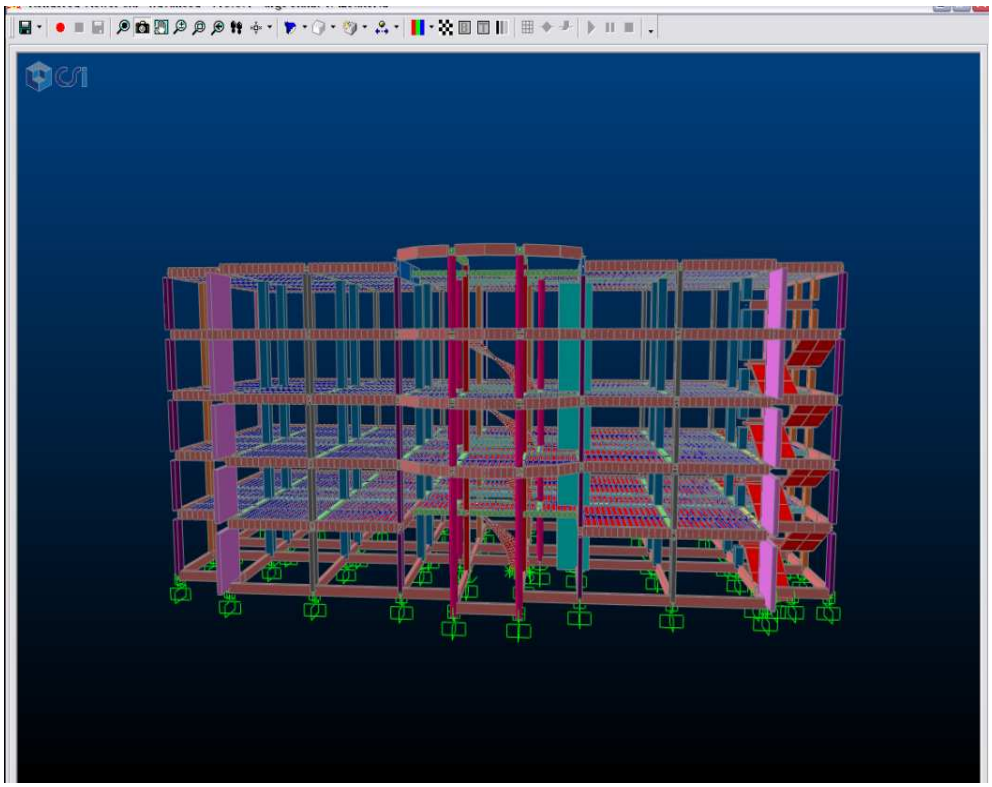
maliyet hesabında STA4CAD verilerinden yararlanılmıştır.(Şekil 6.3.)

Daha sonra bina 1 ve 4. derece deprem bölgesi için ayrı ayrı konvansiyonel sistemde ve sismik izolasyonlu olarak SAP2000 programında çözülmüştür. İsmik izolasyonlu sistemde farklılık olarak binanın bir bütün olarak hareket etmesi için izolatörlerin hemen üstünde bütün kolonlar 25/60 kirişlerle birleştirilmiştir. Ayrıca sistem Zaman Tanım Alanında (Time History) 18 Mayıs 1940 Elcentro deprem kayıtları kullanılarak analiz edilmiştir.(Şekil 6.4.)

SAP 2000 analiz verileri 1. ve 4. º deprem bölgesi için (Ek 1 ve Ek2) ayrıca izolatörlü sistem için (Ek3) ayrı ayrı sunulmuştur.



Şekil 6.3. Mevcut binanın STA4CAD programındaki 3 boyutlu görünüşü



Şekil 6.4. Binanın SAP2000 programındaki 3 boyutlu görünüşü

6.4.2. Sismik izolasyon için UBC97 Hesap Verileri

- Sismik bölge faktörü (Z) : 0,30
- Zemin cinsi S_C
- Sismik fay tipi C
- Faya yakınlık faktörü,N_a (Δ > 15km) 1
- Faya yakınlık faktörü,N_v (Δ > 15km) 1
- Sismik katsayı C_A : 0,33
- Sismik katsayı C_V : 0,45
- Sönüm azaltma katsayısı B : 1,20
- Taşıyıcı sistem azaltma katsayısı R : 2

Tasarım depremi sallanma yoğunluğu: $Z*N_v$ =0,3*1 = 0,30
Maksimum hesap depremi respons katsayısı : M_M = 1,25

C_{AM} =1,1α C_{VM} =1,6α
α = $M_M Z N_A$ α = $M_M Z N_V$

α =1,25*(0,30)*1 = 0,375; C_{AM} = 1,1*0,375 = 0,41
α =1,25*(0,30)*1 = 0,375; C_{VM} = 1,6*0,375 = 0,60

kayma – şekil değiştirme katsayısı : γ = D / t_r
D : izolatör çapı; t_r = izolatör yüksekliği

UBC97 hesap verileri Çizelge6.1a ve 6.1b’ de verilmiştir.

Çizelge 6.1a: UBC97 hesap verileri

Sismik Bölge Faktörü (Z)

Bölge	1	2A	2B	3	4
Z	0,075	0,15	0,2	0,3	0,4

Zemin Profil Tipleri

Zemin Profili	Zemin Profil Tanımlaması
S_A	Sert Kaya
S_B	Kaya
S_C	Sıkı Kum ve Yumuşak Kaya
S_D	Kum
S_E	Yumuşak Kum Profili
S_F	-

Sismik Katsayılar (C_a)

Zemin Profili	**Sismik Bölge Faktörü (Z)**				
	Z=0,075	**Z=0,15**	**Z=0,20**	**Z=0,30**	**Z=0,40**
S_A	0,06	0,12	0,16	0,24	$0,32N_a$
S_B	0,08	0,15	0,2	0,3	$0,40N_a$
S_C	0,09	0,18	0,24	0,33	$0,40N_a$
S_D	0,12	0,22	0,28	0,36	$0,44N_a$
S_E	0,19	0,3	0,34	0,36	$0,36N_a$
S_F	-				

Sismik Katsayılar (C_v)

Zemin Profili	**Sismik Bölge Faktörü (Z)**				
	Z=0,075	**Z=0,15**	**Z=0,20**	**Z=0,30**	**Z=0,40**
S_A	0,06	0,12	0,16	0,24	$0,32N_v$
S_B	0,08	0,15	0,2	0,3	$0,40N_v$
S_C	0,13	0,25	0,32	0,45	$0,56N_v$
S_D	0,18	0,32	0,4	0,54	$0,64N_v$
S_E	0,26	0,5	0,64	0,84	$0,96N_v$
S_F	-				

Sismik Fay Tipi

Sismik Fay Tipi	**Sismik Tanım**	
	Max.. Moment (Magnitude, (M))	Kayma Oranı SR (mm/yıl)
A	$M \geq 7,0$	$S_R \geq 5$
B	$M \geq 7,0$ $M < 70,$ $M \geq 6,5$	$S_R < 5$ $S_R > 2$ $S_R < 2$
C	$M < 6,5$	$S_R \leq 2$

Çizelge 6.1b: UBC97 hesap verileri

Faya Yakınlık Faktörü (N_v)

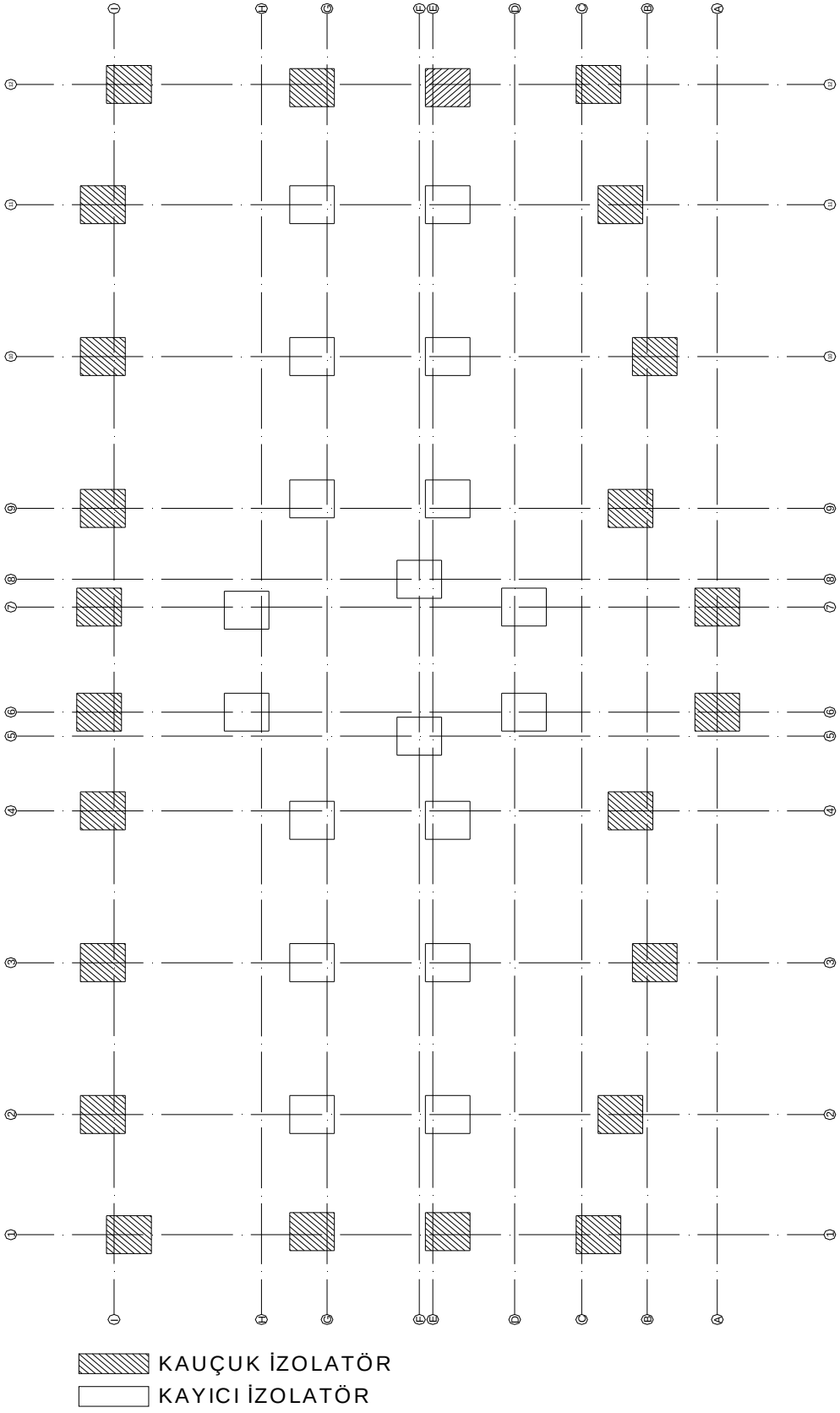
Sismik Fay Tipi	Sismik Faydan En Yakın Uzaklık			
	≤ 2 km	5 km	10 km	≥ 15 km
A	2	1,6	1,2	1
B	1,6	1,2	1	1
C	1	1	1	1

Faya Yakınlık Faktörü (Na)

Sismik Fay Tipi	Sismik Faydan En Yakın Uzaklık		
	≤ 2 km	5 km	10 km
A	1,5	1,2	1,2
B	1,3	1	1
C	1	1	1

Sönüm Azaltma Faktörü

Sönüm Katsayısı	Kritik Sönüm OranıI (β)						
	2%	5%	10%	20%	30%	40%	50%
β	0	1	1,2	1,5	1,7	1,9	2



ŞEKİL 6.5. İzolatör yerleşim planı

Sistemde görüldüğü gibi dış kolonlarda kauçuk izolatör kullanılarak dengeleyici ve geri getirici fonksiyon sağlanmıştır (Şekil 6.5.). Orta kolonlarda ise kayıcı izolatör kullanılarak hem sönümleme hem de düşeyde daha fazla rijitlik sağlanmıştır. Daha sonra sistem zaman tanım alanında (Time History) 18 Mayıs 1940 Elcentro deprem verilerine göre analiz edilmiştir. Yapının sismik izolasyonla hedeflenen yaklaşık peryodu ise T = 2,0s mertebeleridir.

6.4.3. Kauçuk İzolatör Tasarımı

Sistemin çözümünde kullanılmak istenen elastomer sert kauçuk olarak belirlenmiştir ve bu elastomer için kayma modülü G = 1,0 MPa olarak alınacaktır. Yapının çevre kolonlarında meydana gelen maksimum düşey yük W = 1880 kN ‘dur.

6.4.3.1. İzolatör yatay yer değiştirmesi

$$D = \frac{gC_V T}{B(4\pi^2)} = \frac{9{,}81*(0{,}45)*2}{1{,}20(4\pi^2)} = 0{,}186m \cong 0{,}20m$$

6.4.3.2. Yatay Rijitlik

$$K = \frac{4\pi^2 W}{T^2 g} = \frac{4\pi^2(1880)}{(2{,}0^2)(9{,}81)} = 1891{,}4\ kN/m$$

6.4.3.3. İzolatör Çapı

γ_{max} için Elastomer toplam yüksekliği**;**

$t_r = 0{,}20/1{,}5 = 0{,}133m$

$t_r \approx 0{,}14$m seçilmiştir.

$$A = \frac{K * t_r}{G} = \frac{1{,}8914 * 0{,}14}{1} = 0{,}38m^2; \quad D = 0{,}58m = 58cm$$

Seçilen izolatör modeli D = 58 cm için GZP600 kauçuk izolatör modelidir.

Çizelge 6.2. Kauçuk izolatörlerin teknik özellikleri

ÖZELLİKLER	ELASTOMERİK SİSMİK İZOLATÖRLER							
	ÇAP	YÜKSEKLİK	DÜŞEY BASINÇ KAPASİTESİ	DÜŞEY RİJİTLİK	YATAY RİJİTLİK	SÖNÜM ORANI	TASARIM DEPLASMANI	MAX. DEPLASMAN
	(mm)	(mm)	(kN)	(kN/mm)	(kN/mm)	(%)	(mm)	(mm)
GZP 300	320	110,5	1000	530	0,52	5	64	160
GZY 300	320	110,5	1000	800	0,84	22	64	160
GZP 400	420	124	1800	750	0,85	5	80	200
GZY 400	420	124	1800	1000	1,42	18	80	200
GZP 500	510	158	2500	1000	1,05	5	98	245
GZY 500	510	158	2500	1400	1,75	18	98	245
GZP 600	620	197	4000	1690	0,90-1,57	5	112	350
GZY 600	620	197	4000	2200	1,92-3,36	29	112	350
GZP 700	720	237	5500	2480	1,13-1,97	5	133	385
GZY 700	720	237	5500	3050	1,90-3,32	25	133	385

6.4.3.4. Göçme tahkiki

Sistemin göçme riskinin saptanabilmesi için P kritik yükünün hesaplanması gerekmektedir. UBC 97' de kritik yükün hesaplanmasında tavsiye edilen formül;

$P_{cr} = \sqrt{P_S P_E}$ şeklindedir.

P_S : Çelik levhalar için kritik yük

$P_S = G*A_s$

P_E : kauçuk kısmın kritik yükü

$P_E = \pi^2 (EI)_{eff} / tr^2$ dir.

$(EI)_{eff} = E_c\ (1/3)\ I$ olduğuna göre

Çelik levha çapı : 0,60m => $I = \frac{\pi}{4} R^4 = \frac{\pi}{4}(0{,}60/2)^4 = 0{,}0064 m^4$

$A_s = (\pi/4)(0{,}6)^2 = 0{,}283 m^2$

Böylece kritik P yükü; $P_{cr} = \frac{\pi}{t_r}\sqrt{(E_c I/3) G A_s}$ olarak hesaplanabilir.

$$E_c = \frac{6GS^2K}{6GS^2 + K}$$

K : Hacimsel elastisite modülü (izolatörler için K = 2000 MPa)

S : Şekil faktörü = 12 seçilirse;

$E_c = \frac{6(1)(12)^2 2000}{6(1)(12)^2 + 2000} = 603\ MN/m^2$ Olarak bulunur.

$$P_{cr} = \frac{\pi}{0{,}14}\sqrt{(603*10^6 * \frac{0{,}0064}{3} * (1*10^6) * 0{,}283} = 13{,}54*10^6\ N$$

P_{cr}= 13540 kN ≥ 1880 kN göçme riski yoktur.

6.4.4. Kayıcı İzolatör Tasarımı

Sistemin çözümünde kayıcı izolatör olarak sürtünmeli sarkaç modeli seçilmiştir. Sürtünmeli sarkaç sisteminde peryot;

$$T = 2\pi\sqrt{R/g}$$

Tasarım peryodu T = 2sn olarak seçilmişti. Buna göre eğrilik yarıçapı;

$$R = \frac{T^2 g}{4\pi^2} = \frac{(2)^2 (9{,}81)}{4\pi^2} = 0{,}994\ m \cong 1m$$ olarak hesaplanır

Kayıcı izolatörlere gelen toplam düşey yük : W_T = 24,080 MN/m

Yatay rijitlik ise;

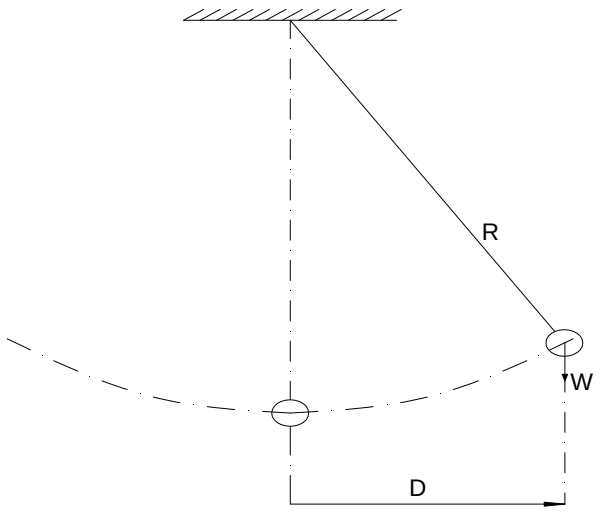
$$K_H = W_T / R = 24{,}080 / 1 = 24{,}080 MN / m$$

Efektif sönüm

$$\beta = \frac{2}{\pi} \frac{\mu}{D/R + \mu}$$

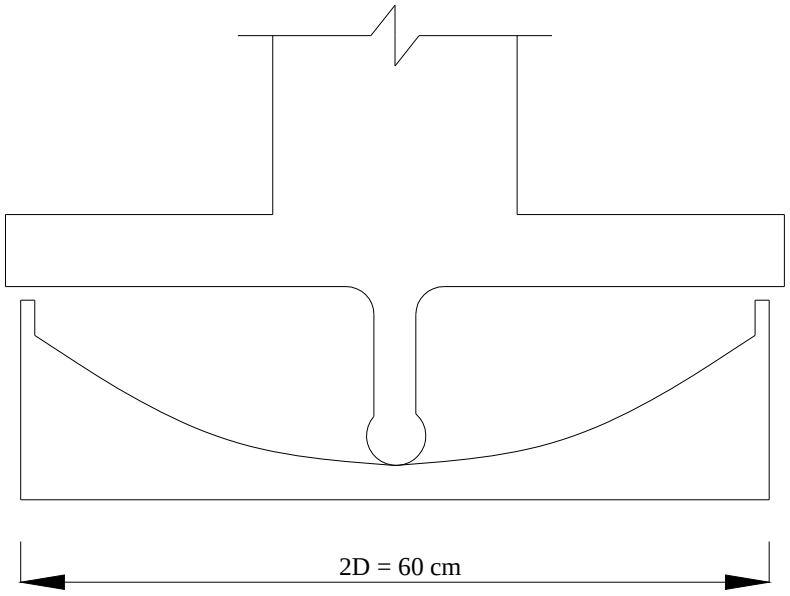
Kayıcı izolatörlerde sönüm faktörleri ve sürtünme katsayısı deneysel olarak ve malzemeye göre belirlenen değerlerdir. Efektif sönüm β = 0,14 ve sürtünme katsayısı μ = 0,06 alınıp UBC97 efektif sönüm formülünden izolatörün yaptığı yer değiştirmesi hesaplanacak olursa;

$$0{,}14 = \frac{2}{\pi} \frac{0{,}05}{(D/1) + 0{,}05} \Rightarrow \quad D = 21{,}1\ cm$$



Şekil 6.6. Sürtünmeli Sarkaç Sistem izolatörün çalışma şekli

Sürtünmeli sarkaç izolatörün emniyet destekleri düşünülerek D yerdeğiştirmesi D = 30 cm olarak seçilirse izolatörün çapı yaklaşık R = 60 cm sepçilebilir. (Şekil 6.7)

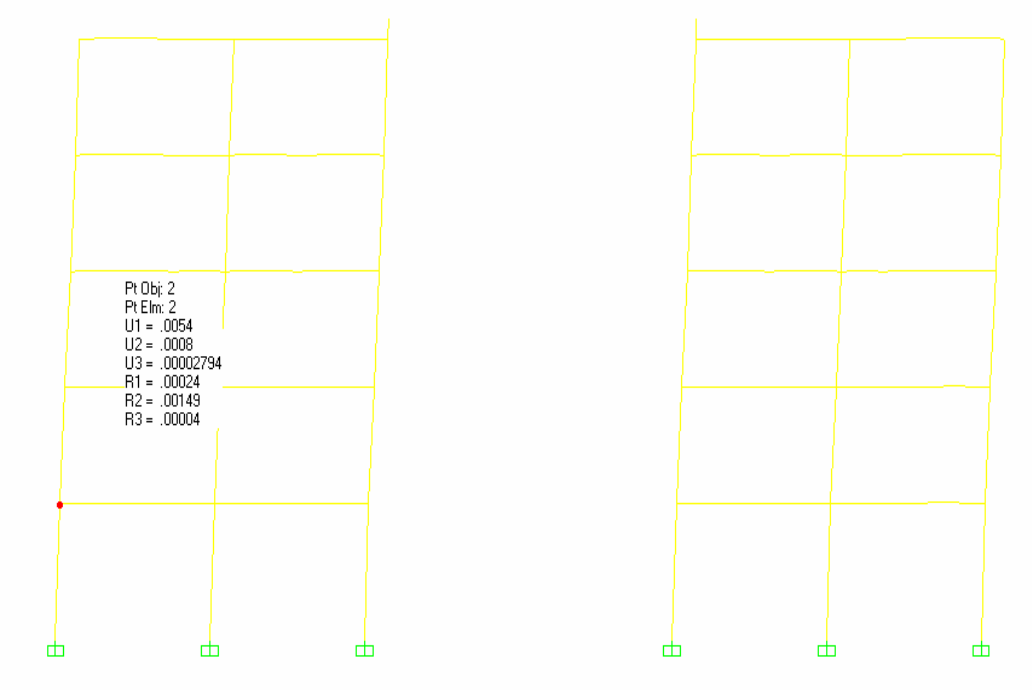


Şekil 6.7. Sürtünmeli sarkaç sistem izolatöre kabaca bir örnek

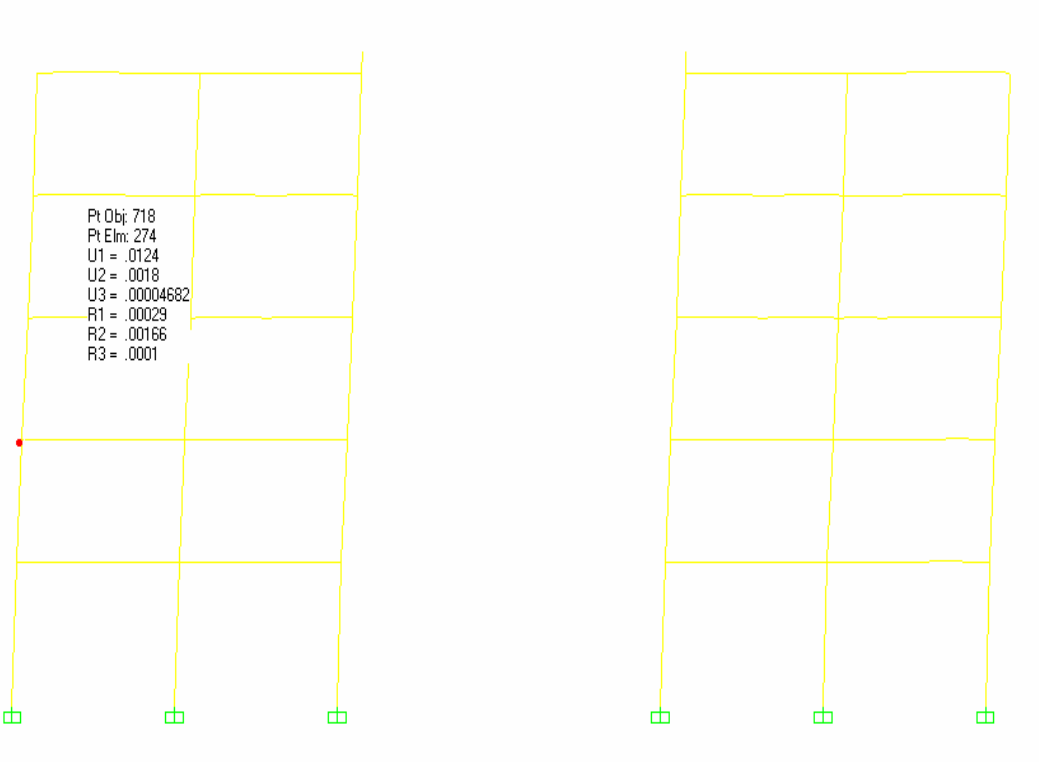
6.5. Sistemin Bilgisayar Ortamında Çözümü ve Değerlendirilmesi

Sistemin Sap 2000 programında çözümü aşağıdaki gibidir. Sistemde genel olarak yapı periyotları ve deplasmanları değerlendirilmiştir. Ayrıca Sta4cad programında da sistem 1. ve 4. derece deprem bölgeleri için ayrı ayrı analiz edilerek maliyet hesabında bu verilerden faydalanılmıştır.

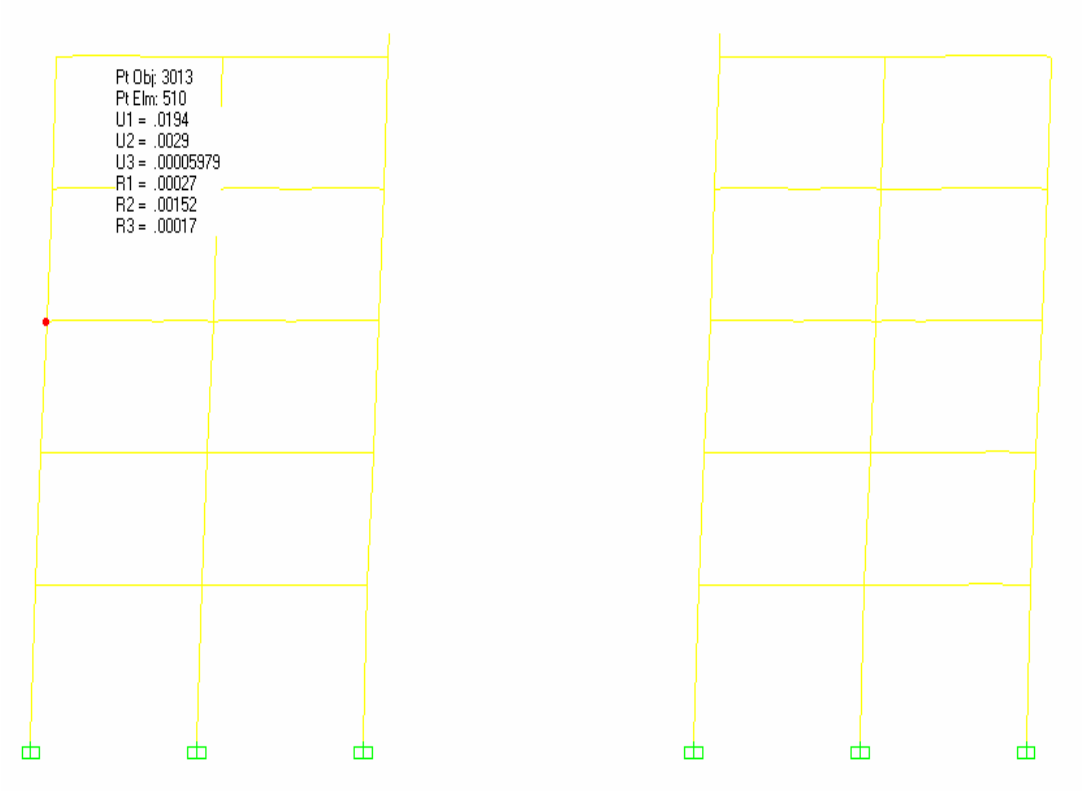
6.5.1. 4. Derece Deprem Bölgesi İçin x ve y yönünde deplasmanlar



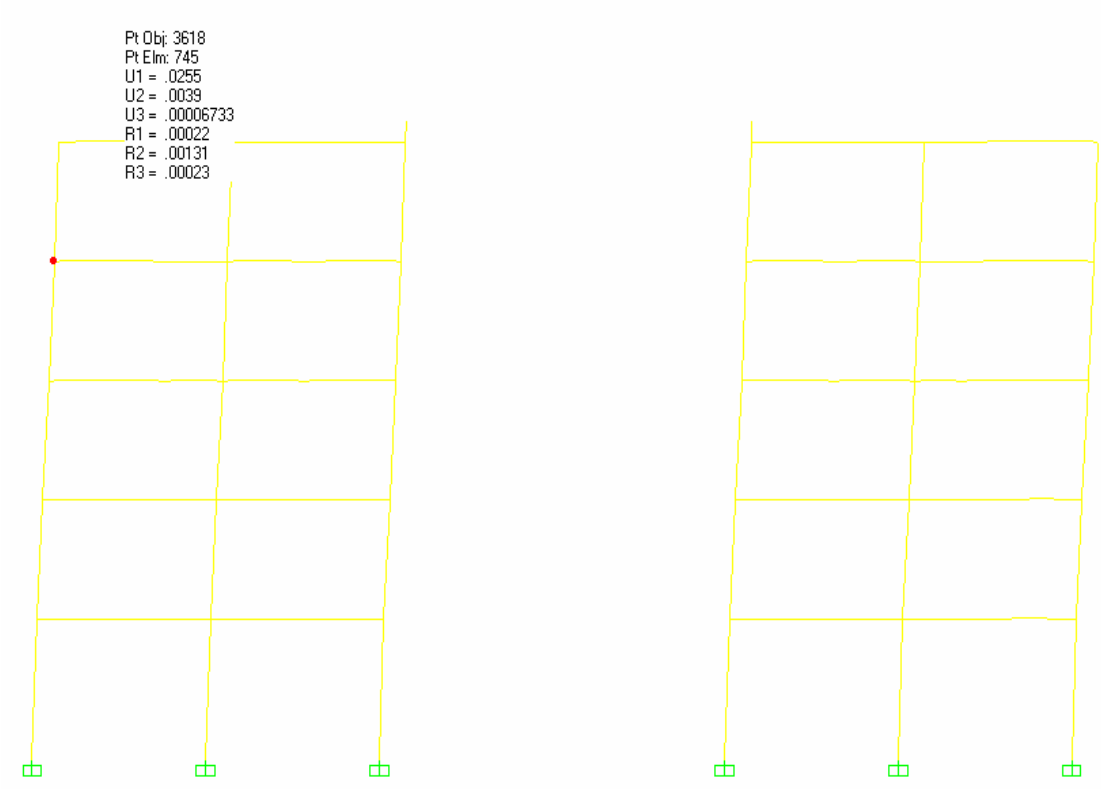
Şekil 6.8. Ankastre sistemin x yönünde B-B aksı zemin kat deplasmanları



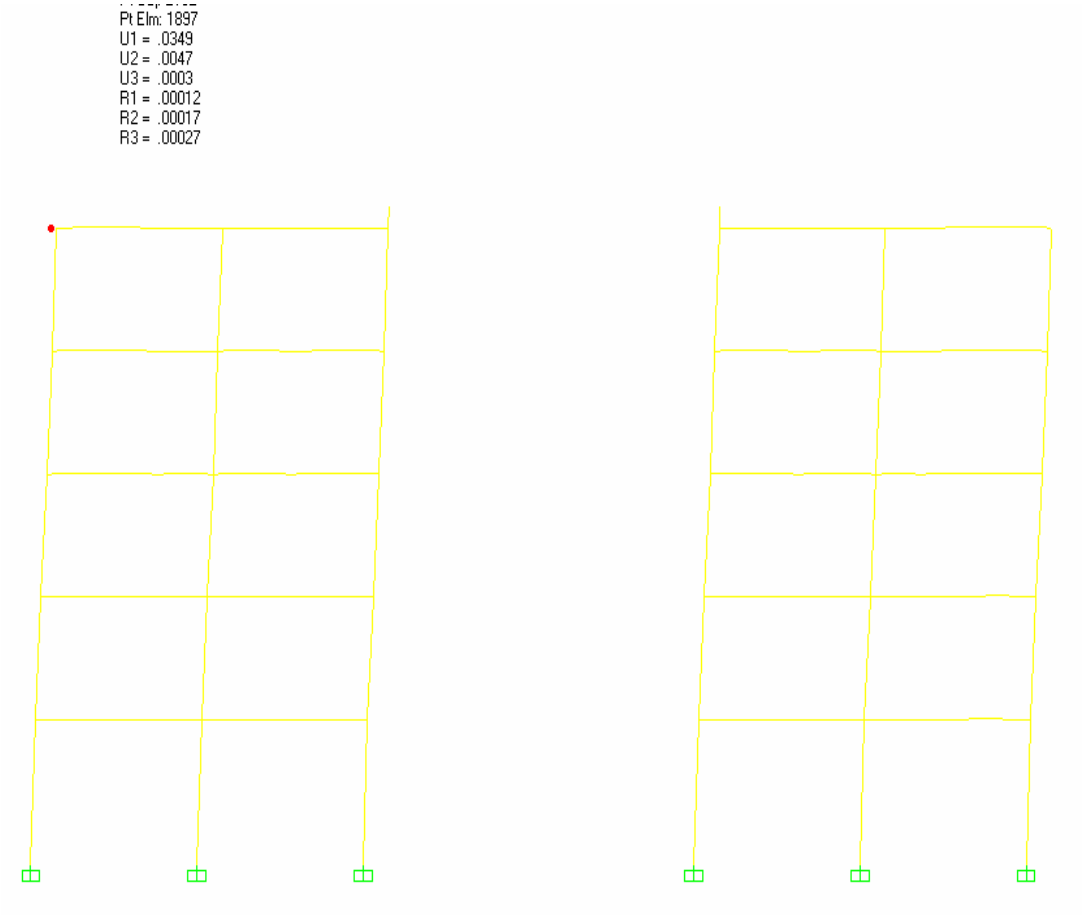
Şekil 6.9. Ankastre sistemin x yönünde B-B aksı 1. kat deplasmanları



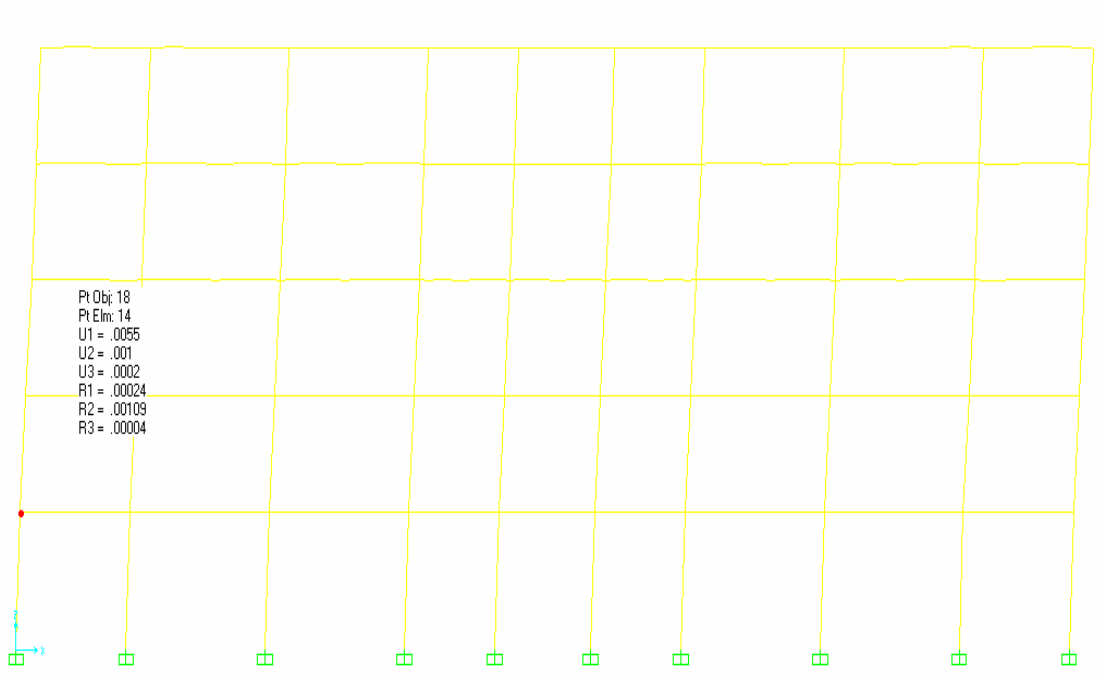
Şekil 6.10. Ankastre sistemin x yönünde B-B aksı 2. kat deplasmanları



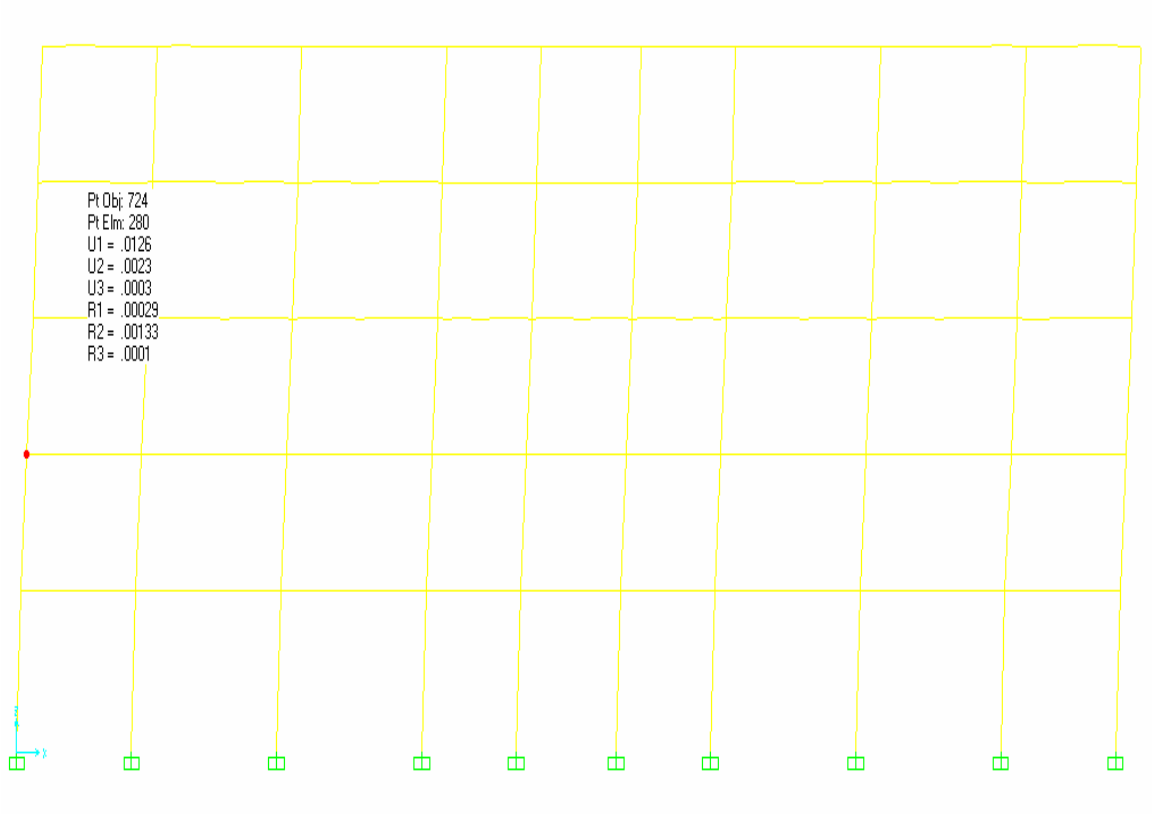
Şekil 6.11. Ankastre sistemin x yönünde B-B aksı 3. kat deplasmanları



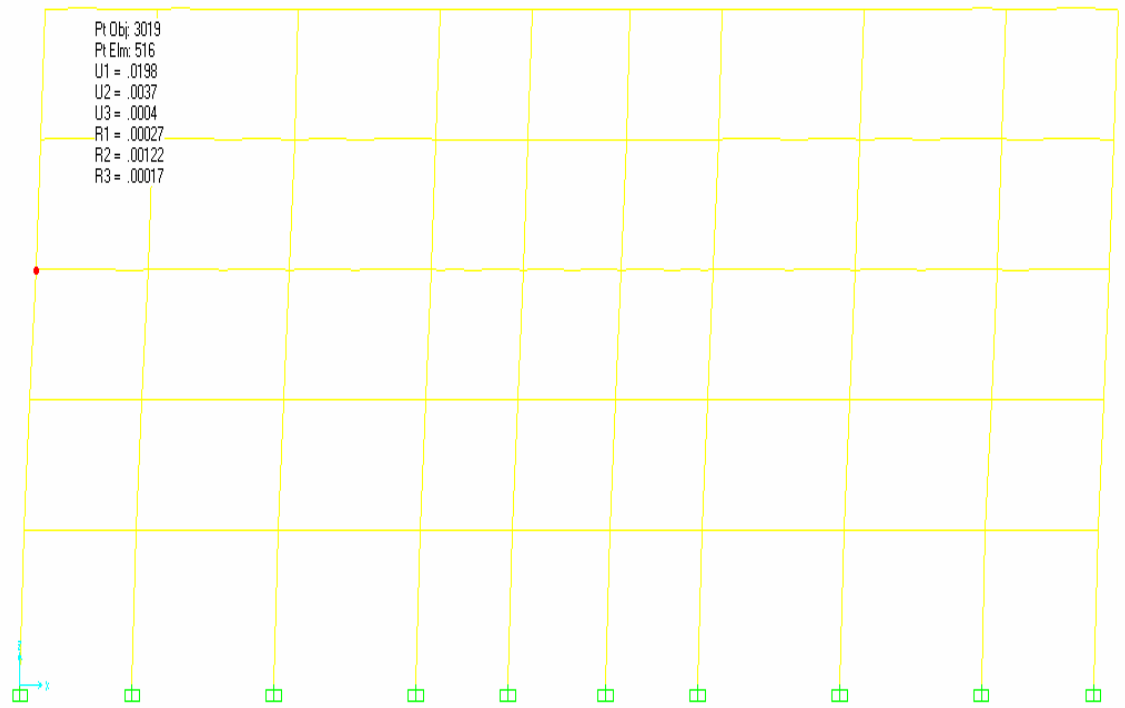
Şekil 6.12. Ankastre sistemin x yönünde B-B aksı 4. kat deplasmanları



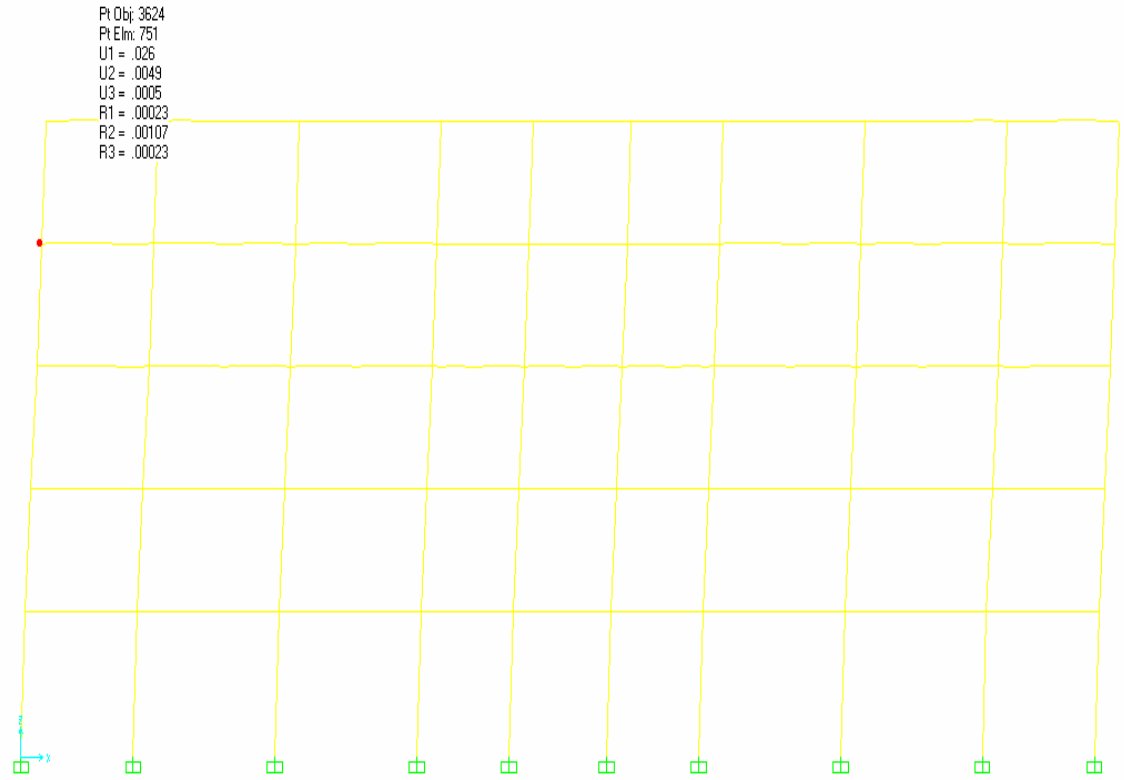
Şekil 6.13. Ankastre sistemin x yönünde I-I aksı zemin kat deplasmanları



Şekil 6.14. Ankastre sistemin x yönünde I-I aksı 1. kat deplasmanları



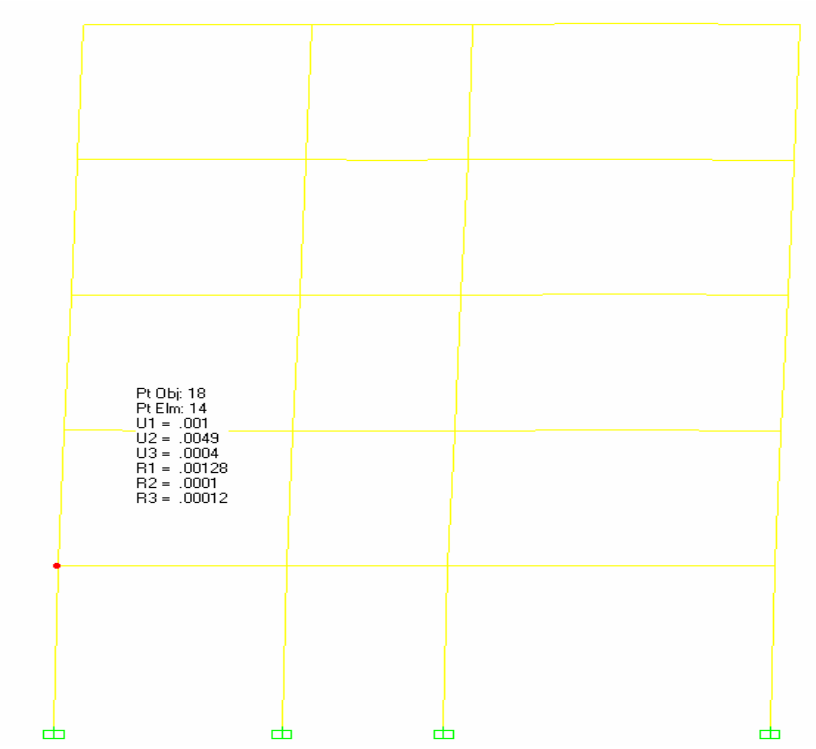
Şekil 6.15. Ankastre sistemin x yönünde I-I aksı 2. kat deplasmanları



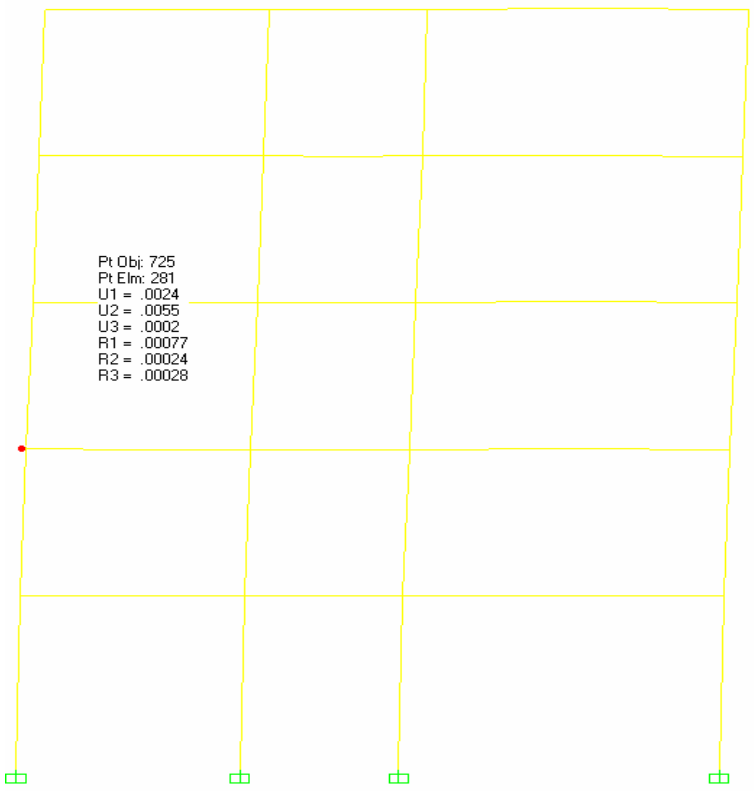
Şekil 6.16. Ankastre sistemin x yönünde I-I aksı 3. kat deplasmanları



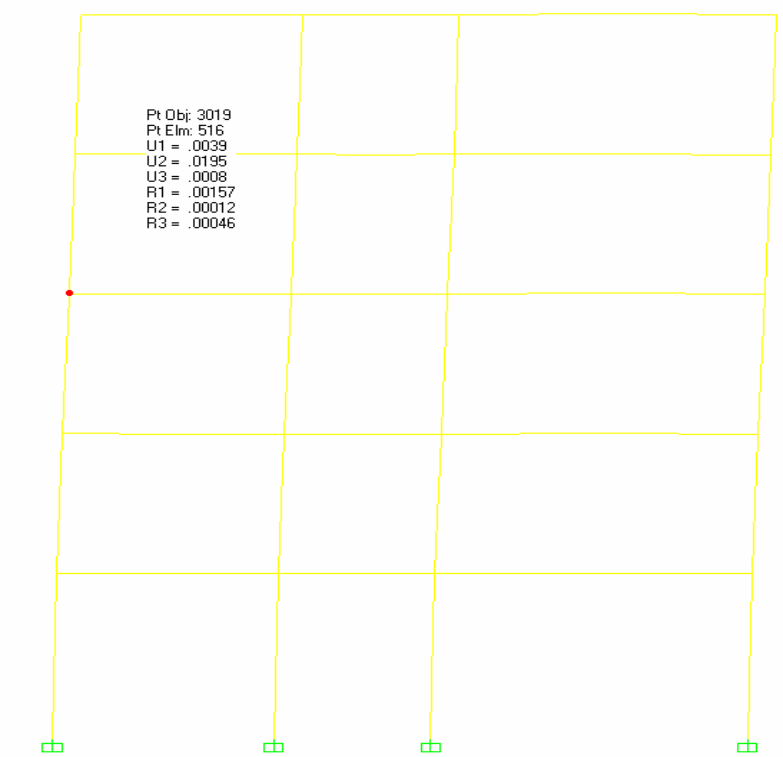
Şekil 6.17. Ankastre sistemin x yönünde I-I aksı 4. kat deplasmanları



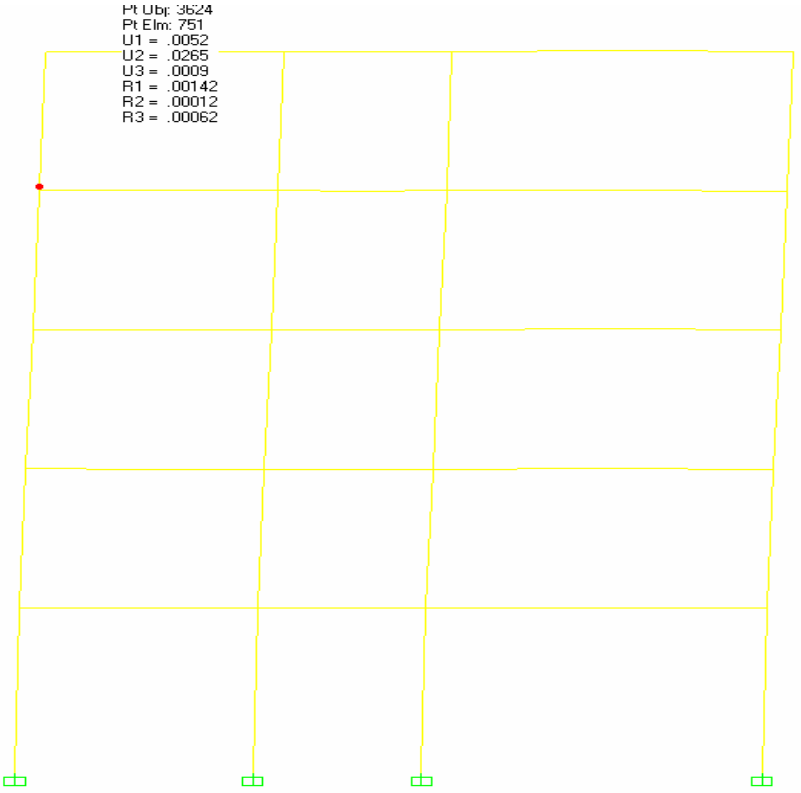
Şekil 6.18. Ankastre sistemin y yönünde 1-1 aksı zemin kat deplasmanları



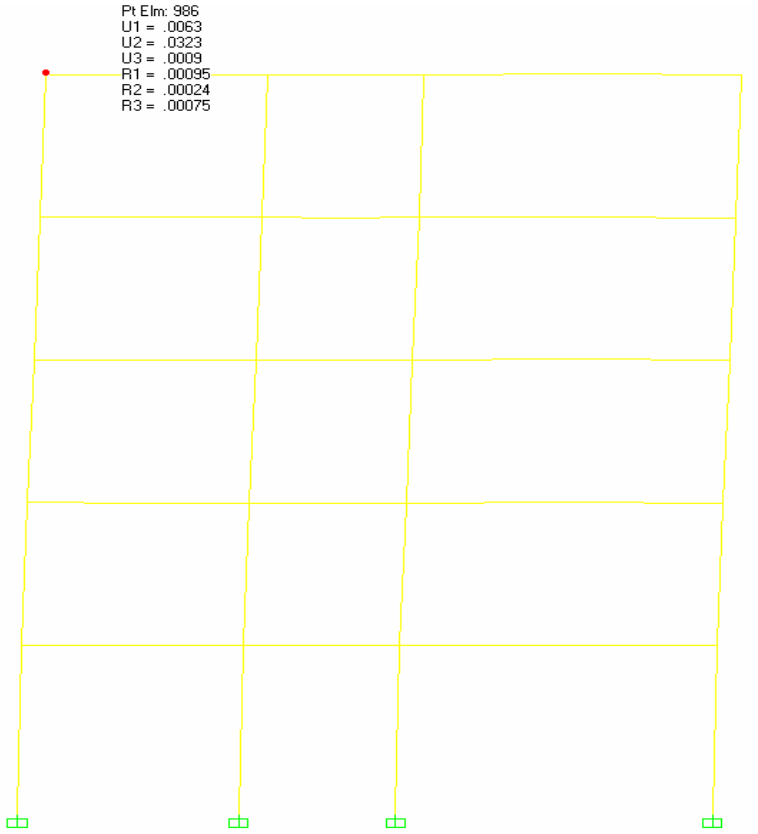
Şekil 6.19. Ankastre sistemin y yönünde 1-1 aksı 1. kat deplasmanları



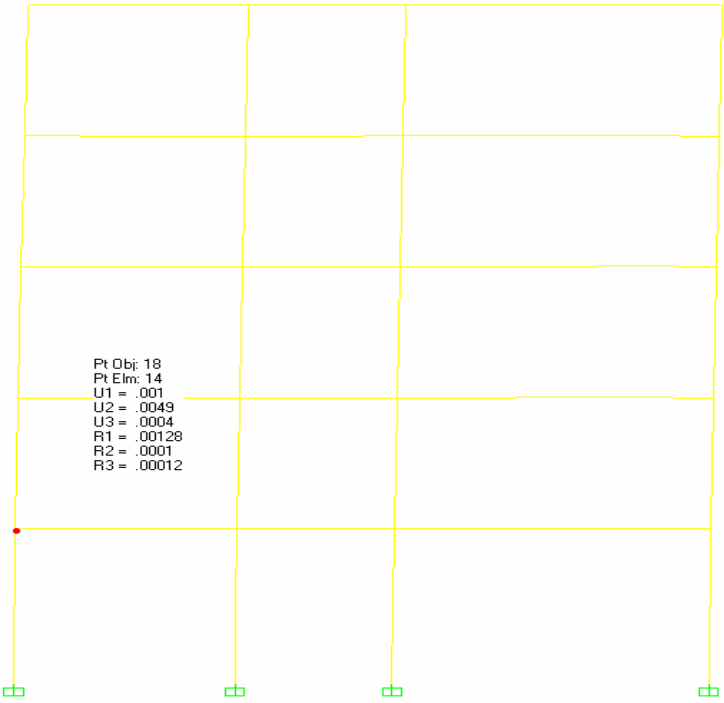
Şekil 6.20. Ankastre sistemin y yönünde 1-1 aksı 2. kat deplasmanları



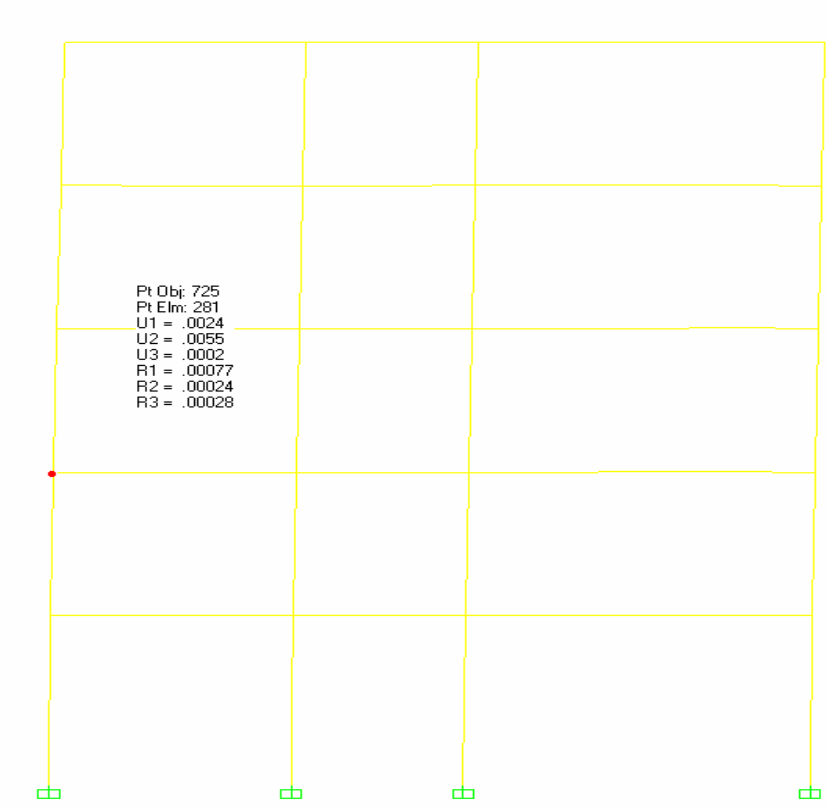
Şekil 6.21. Ankastre sistemin y yönünde 1-1 aksı 3. kat deplasmanları



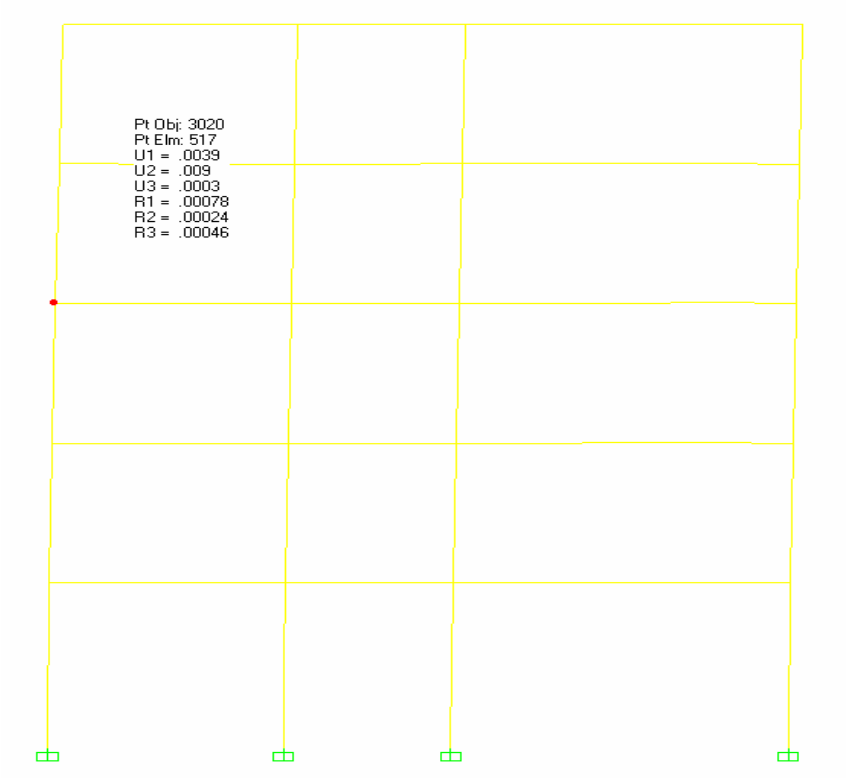
Şekil 6.22. Ankastre sistemin y yönünde 1-1 aksı 4. kat deplasmanları



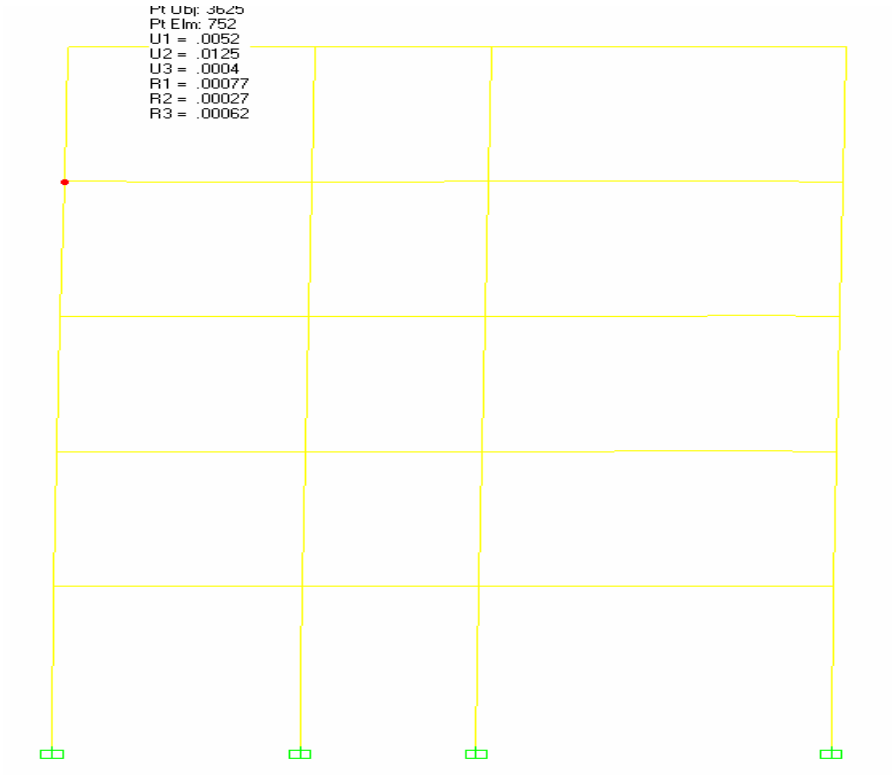
Şekil 6.23. Ankastre sistemin y yönünde 12-12 aksı zemin kat deplasmanları



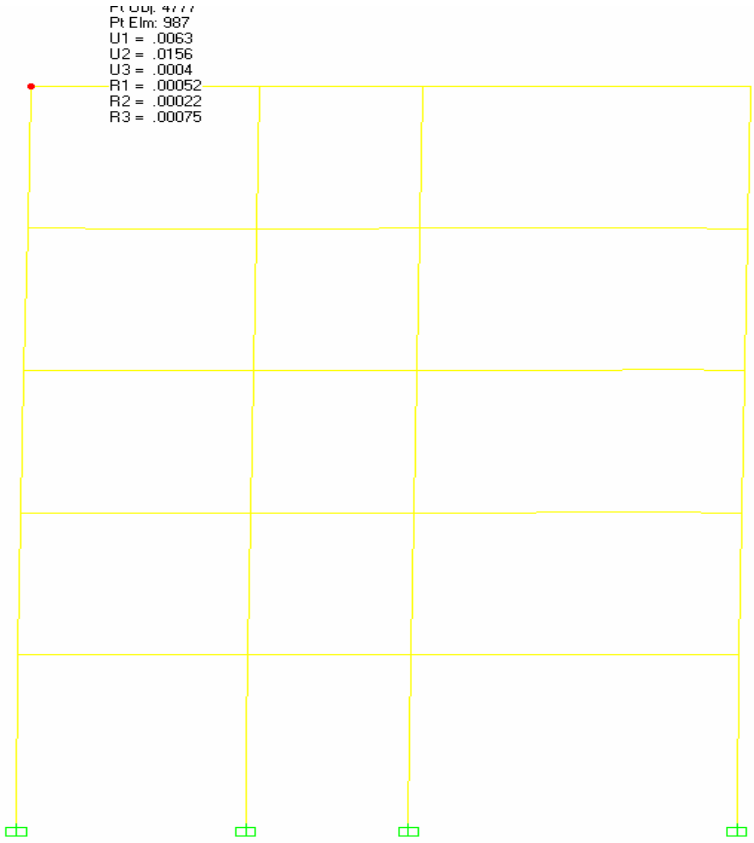
Şekil 6.24. Ankastre sistemin y yönünde 12-12 aksı 1. kat deplasmanları



Şekil 6.25. Ankastre sistemin y yönünde 12-12 aksı 2. kat deplasmanları

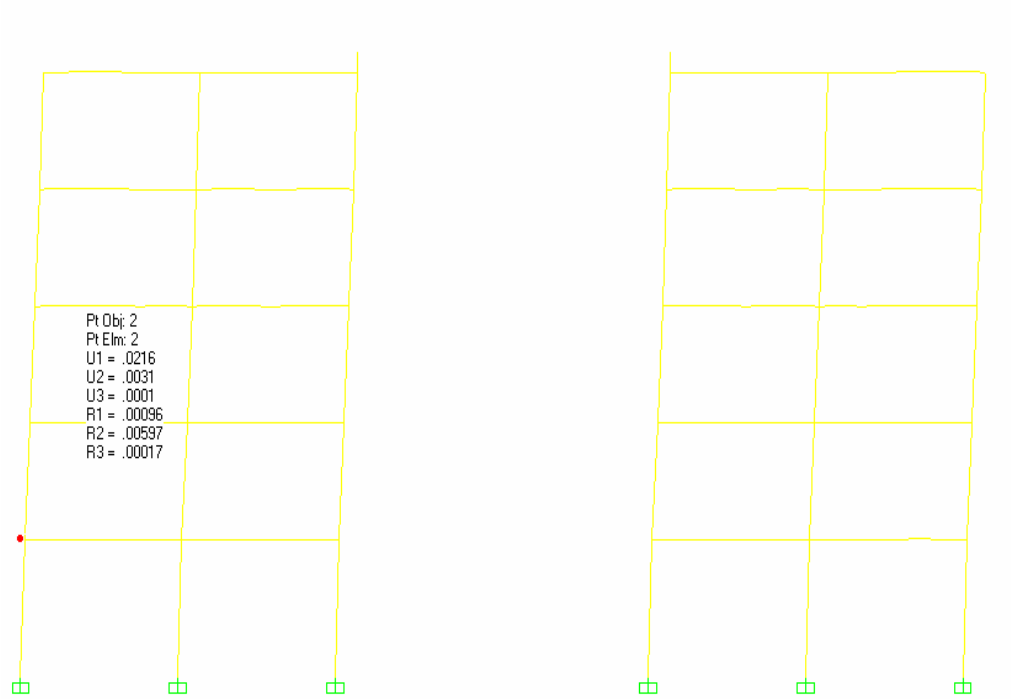


Şekil 6.26. Ankastre sistemin y yönünde 12-12 aksı 3. kat deplasmanları

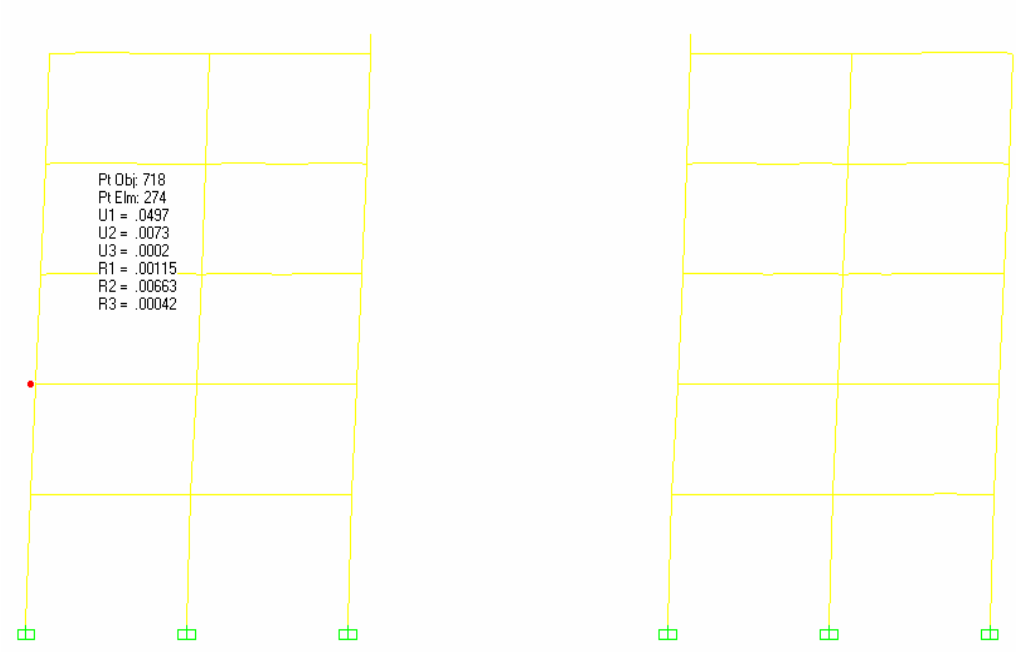


Şekil 6.27. Ankastre sistemin y yönünde 12-12 aksı 4. kat deplasmanları

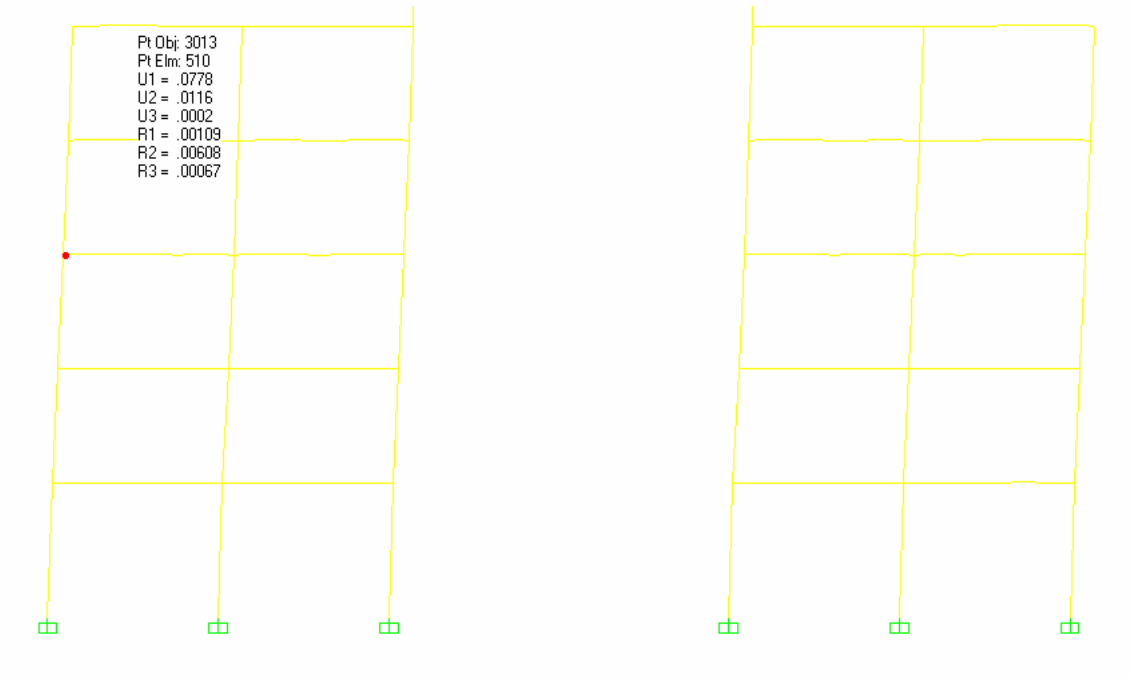
6.5.2. 1. Derece Deprem Bölgesi İçin x ve y yönünde deplasmanlar



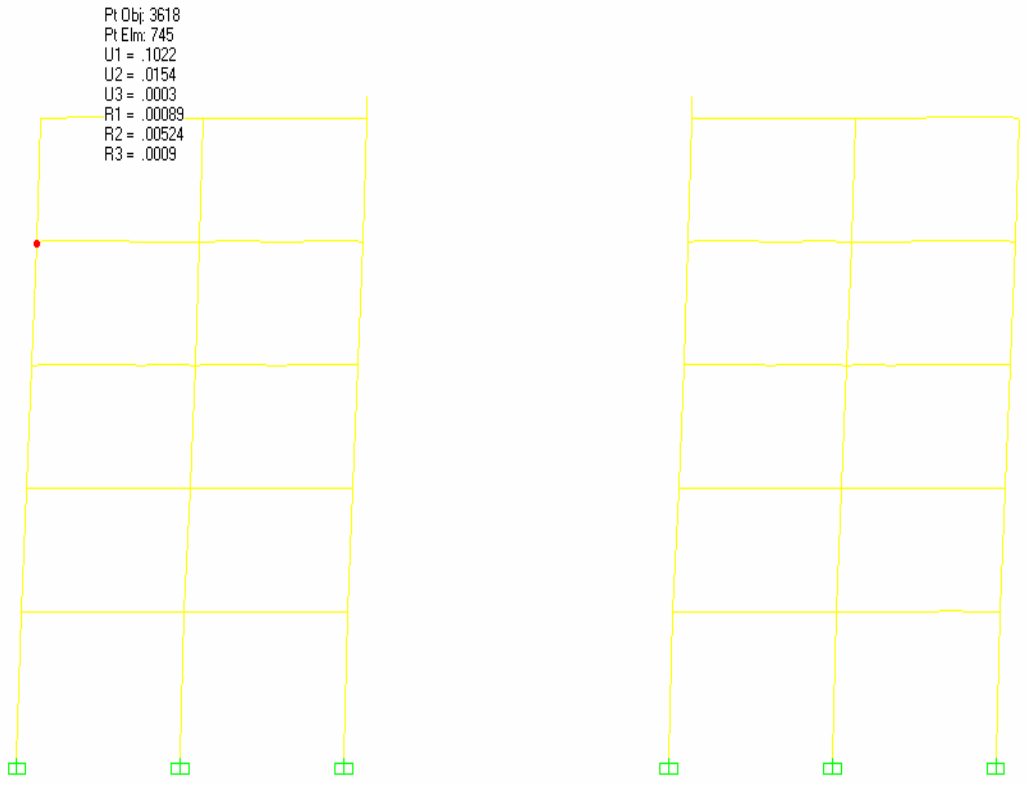
Şekil 6.28. Ankastre sistemin x yönünde B-B aksı zemin kat deplasmanları



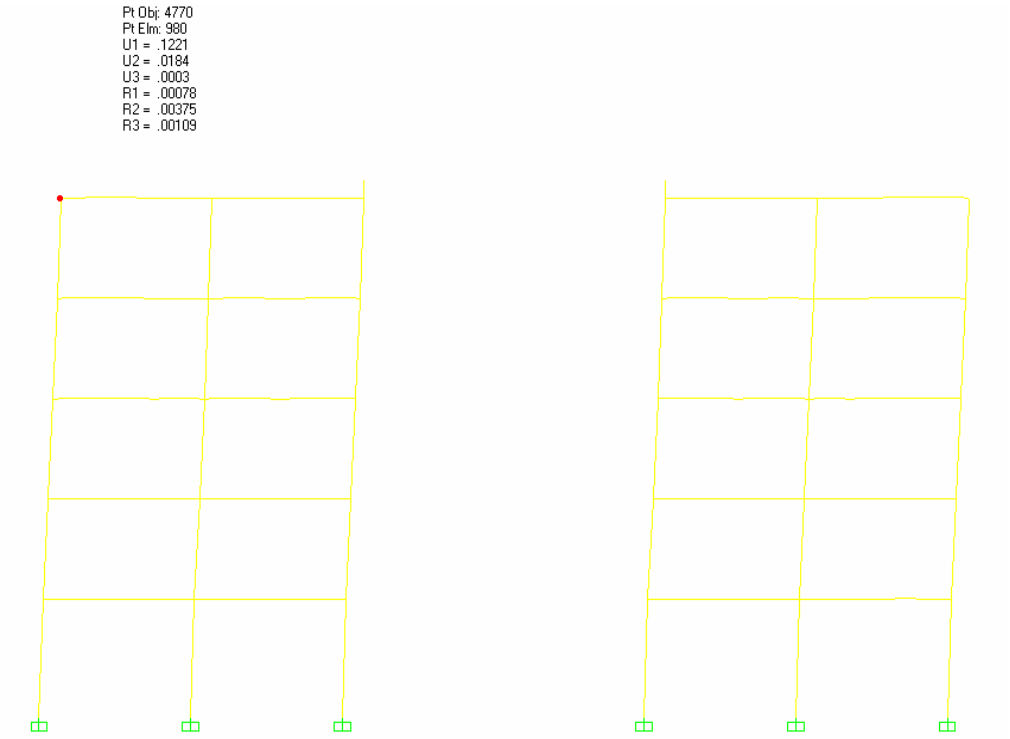
Şekil 6.29. Ankastre sistemin x yönünde B-B aksı 1. kat deplasmanları



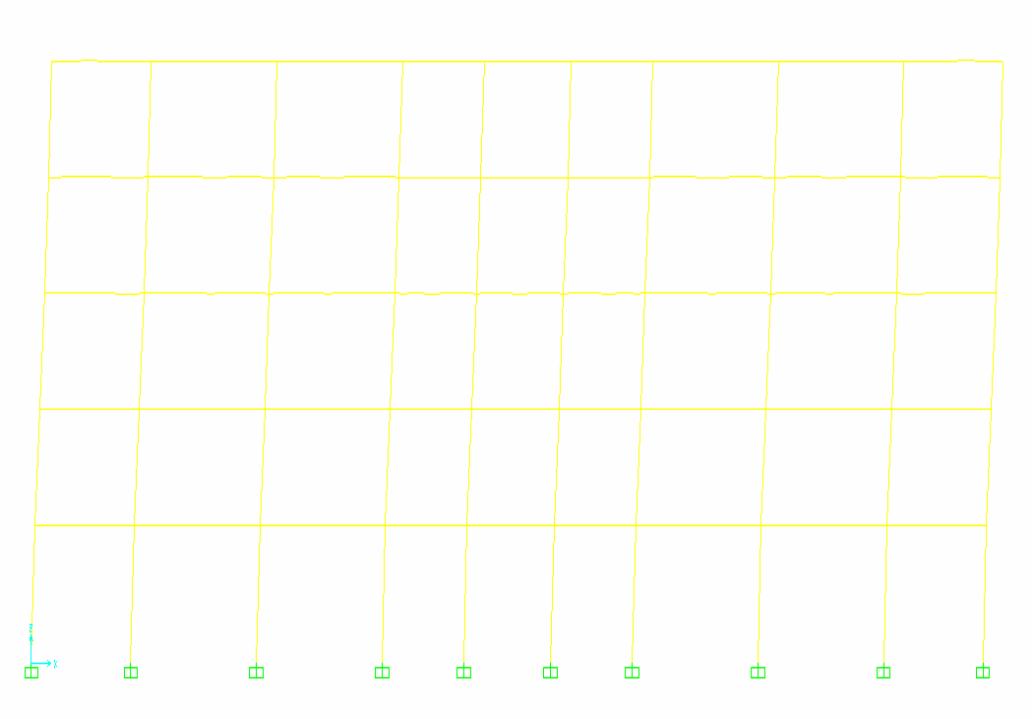
Şekil 6.30. Ankastre sistemin x yönünde B-B aksı 2. kat deplasmanları



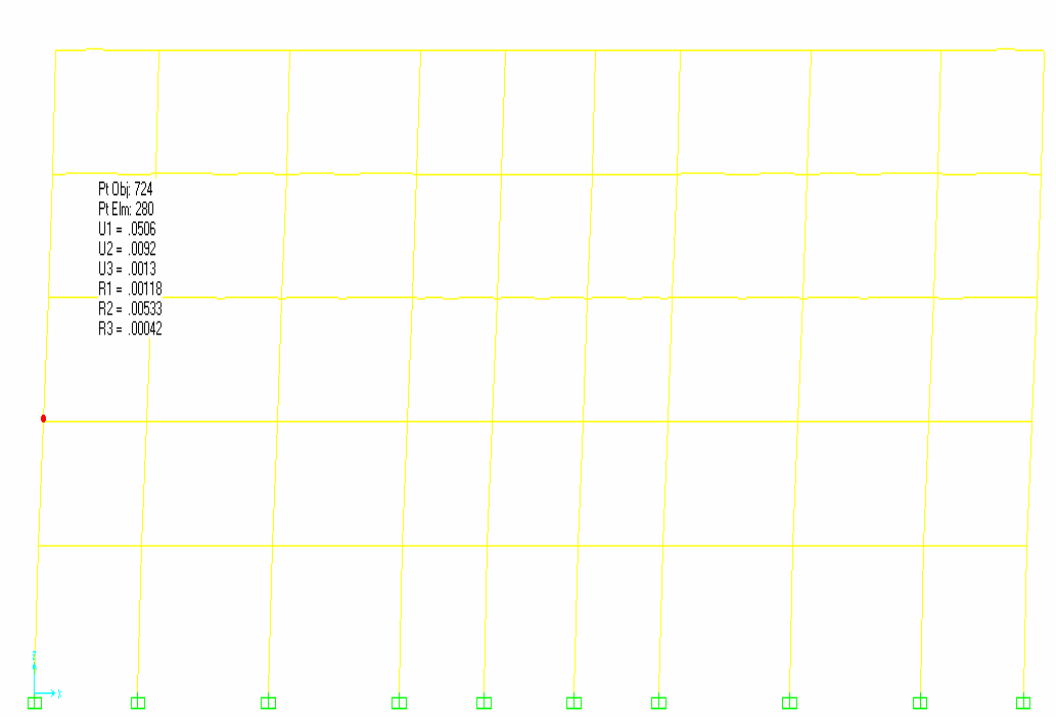
Şekil 6.31. Ankastre sistemin x yönünde B-B aksı 3. kat deplasmanları



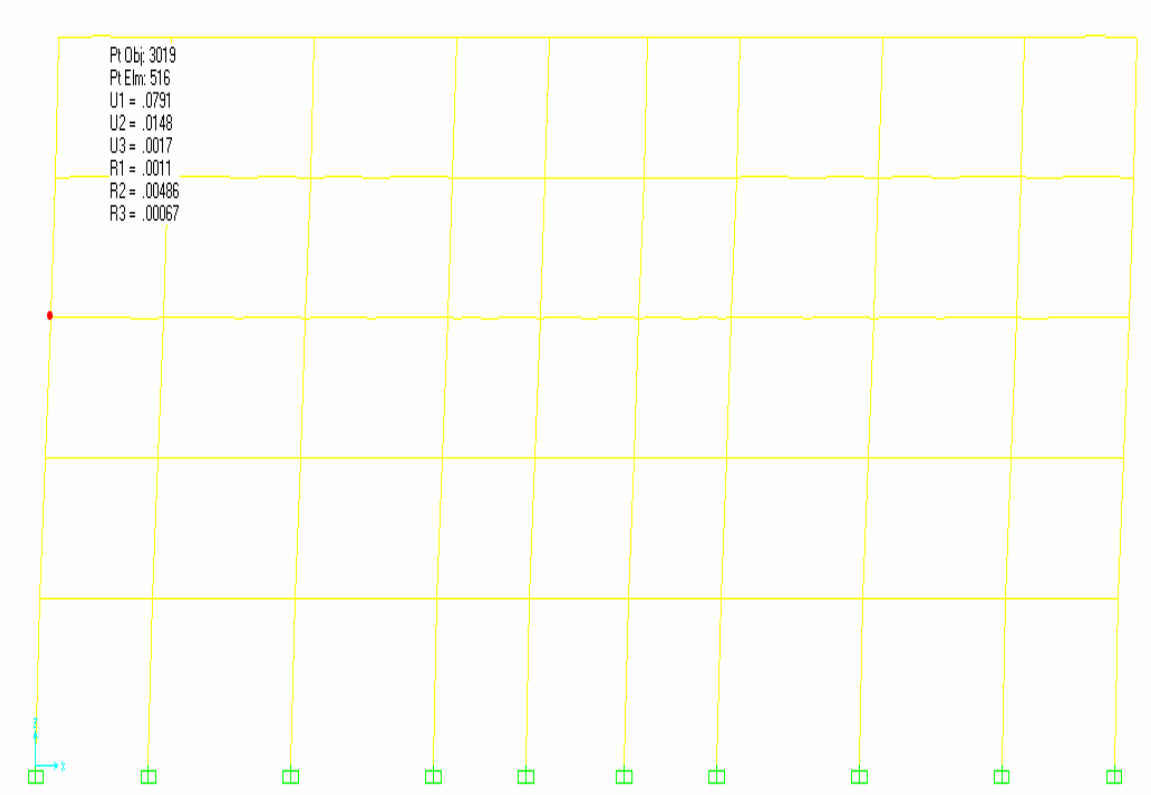
Şekil 6.32. Ankastre sistemin x yönünde B-B aksı 4. kat deplasmanları



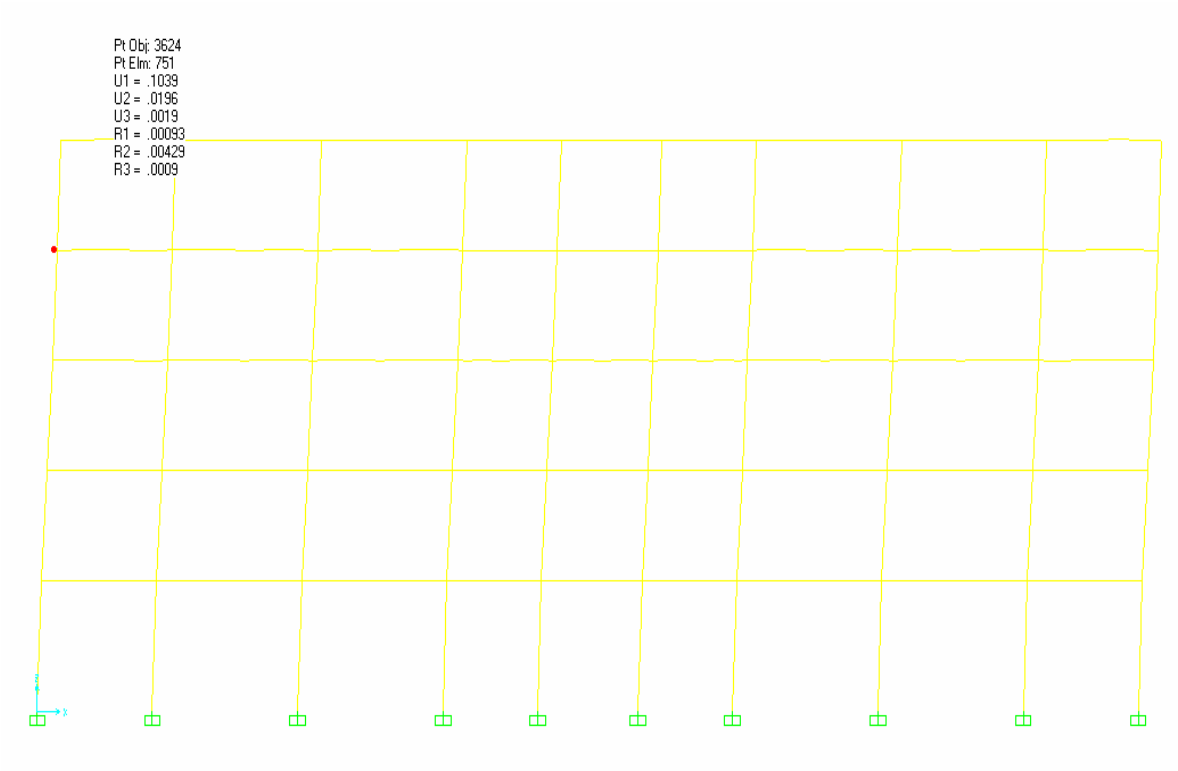
Şekil 6.33. Ankastre sistemin x yönünde I-I aksı zemin kat deplasmanları



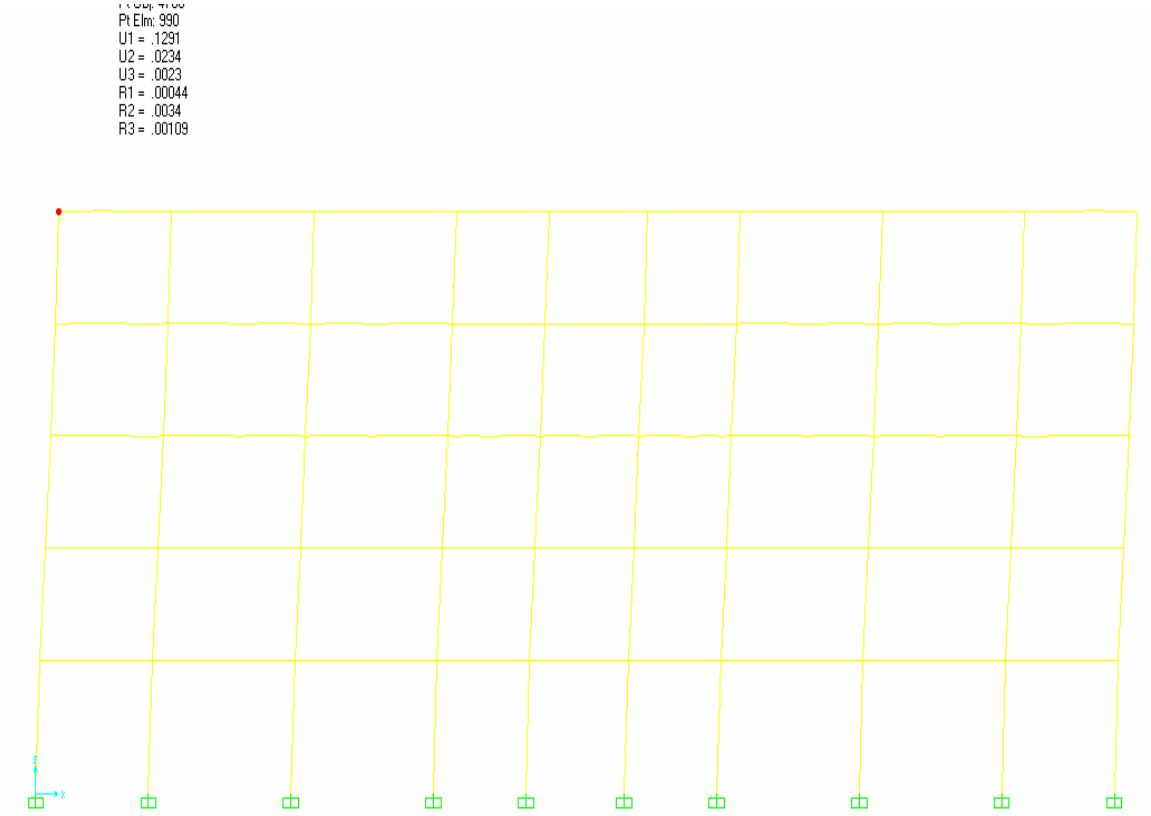
Şekil 6.34. Ankastre sistemin x yönünde I-I aksı 1. kat deplasmanları



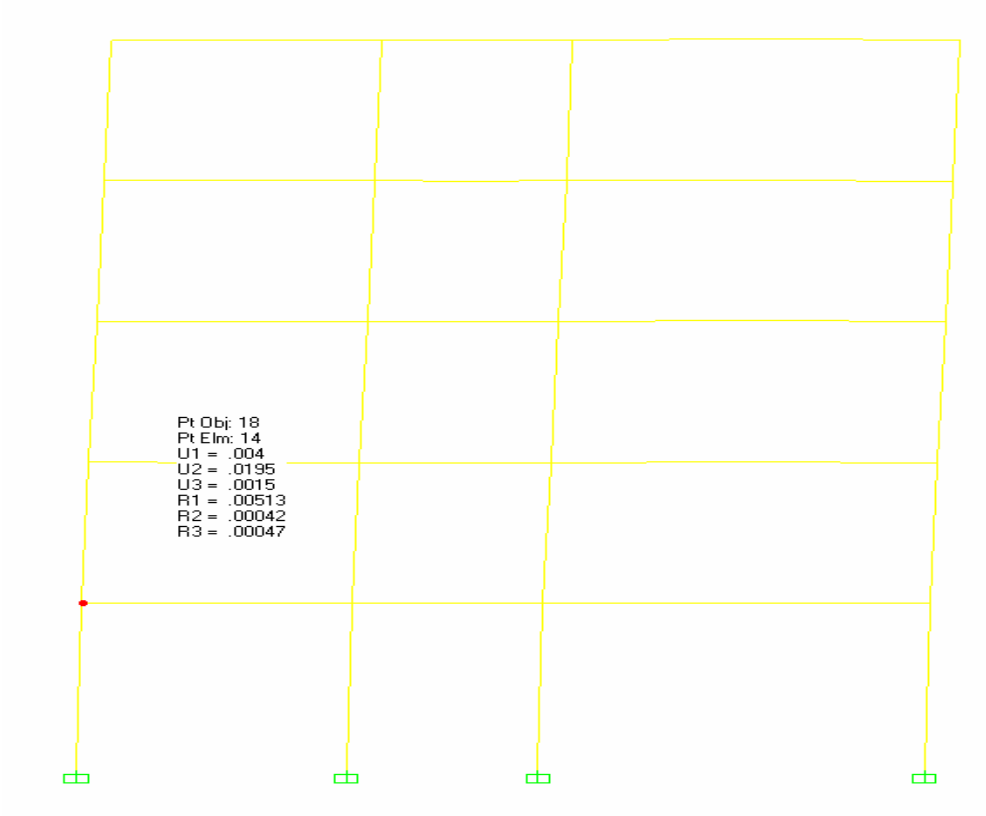
Şekil 6.35. Ankastre sistemin x yönünde I-I aksı 2. kat deplasmanları



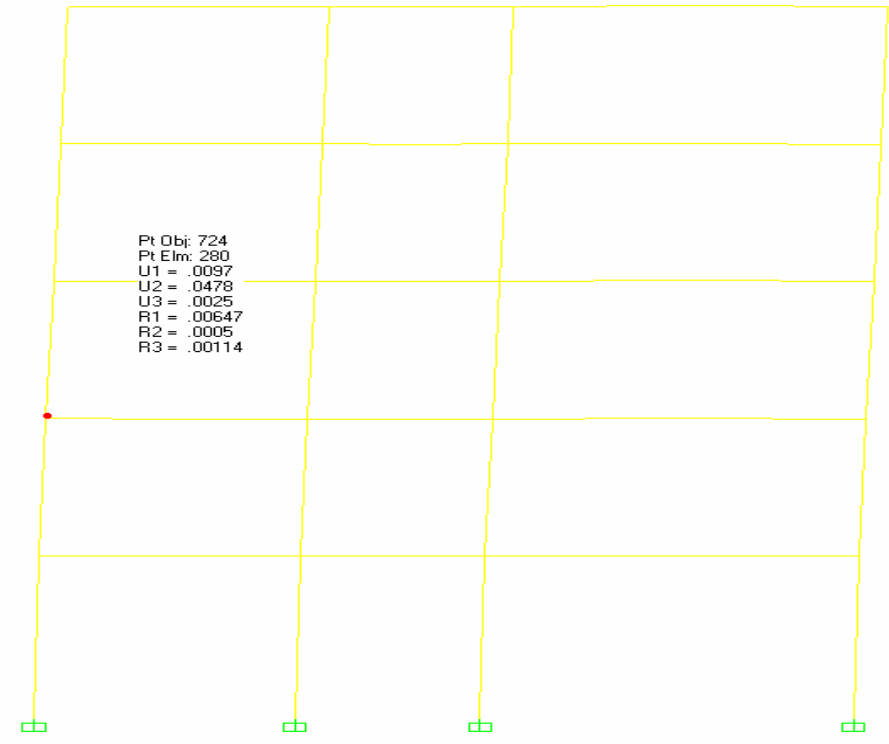
Şekil 6.36. Ankastre sistemin x yönünde I-I aksı 3. kat deplasmanları



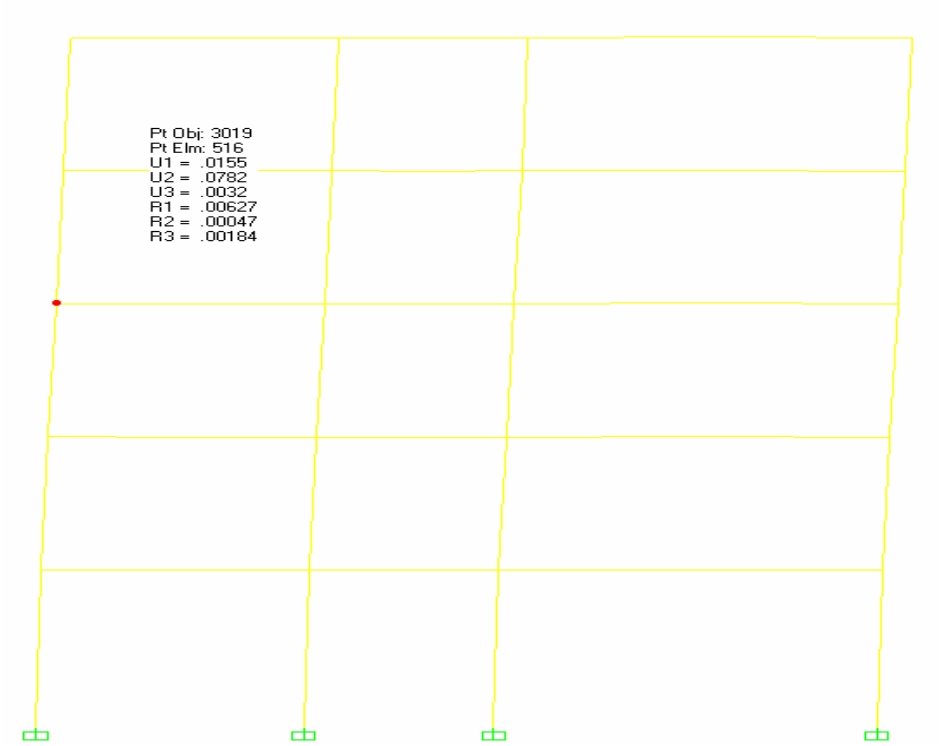
Şekil 6.37. Ankastre sistemin x yönünde I-I aksı 4. kat deplasmanları



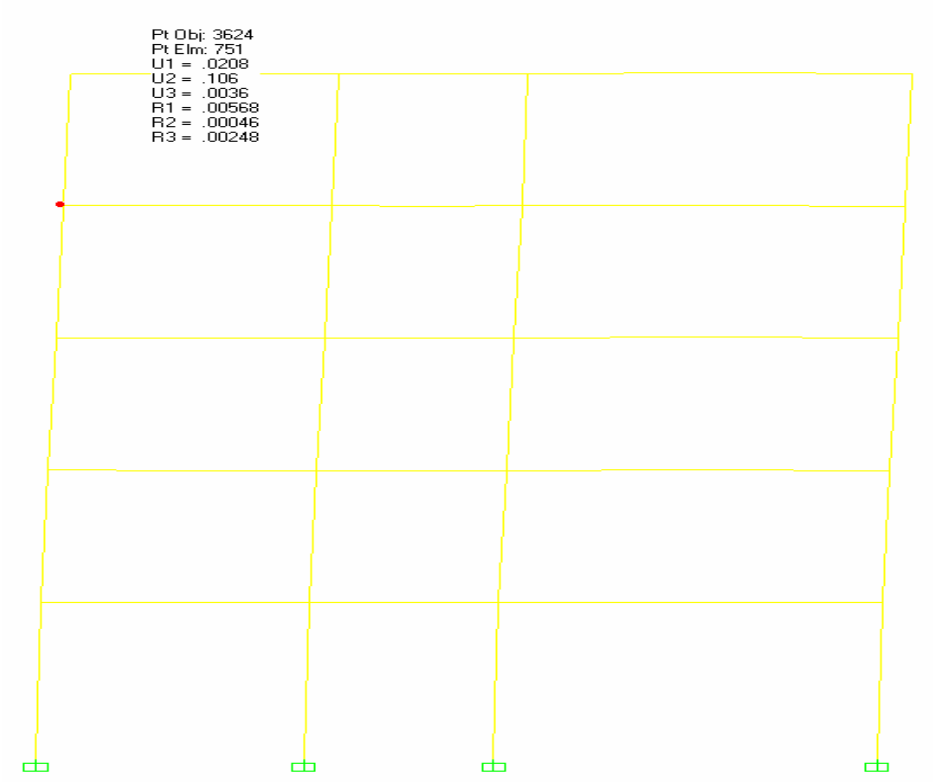
Şekil 6.38. Ankastre sistemin y yönünde 1-1 aksı zemin kat deplasmanları



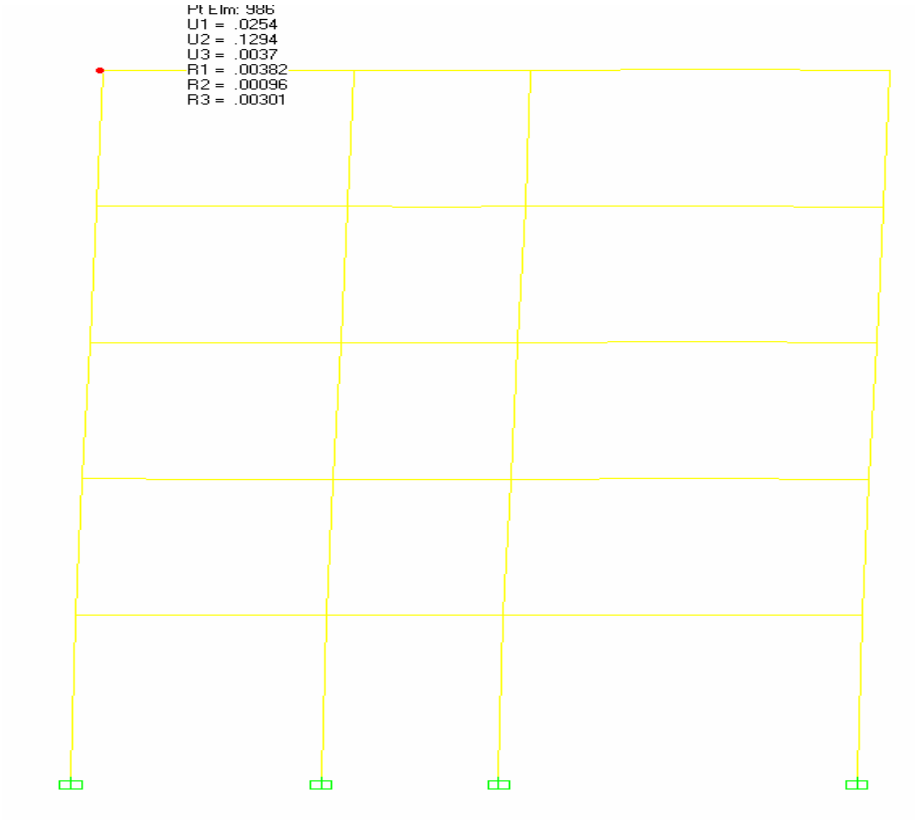
Şekil 6.39. Ankastre sistemin y yönünde 1-1 aksı 1.kat deplasmanları



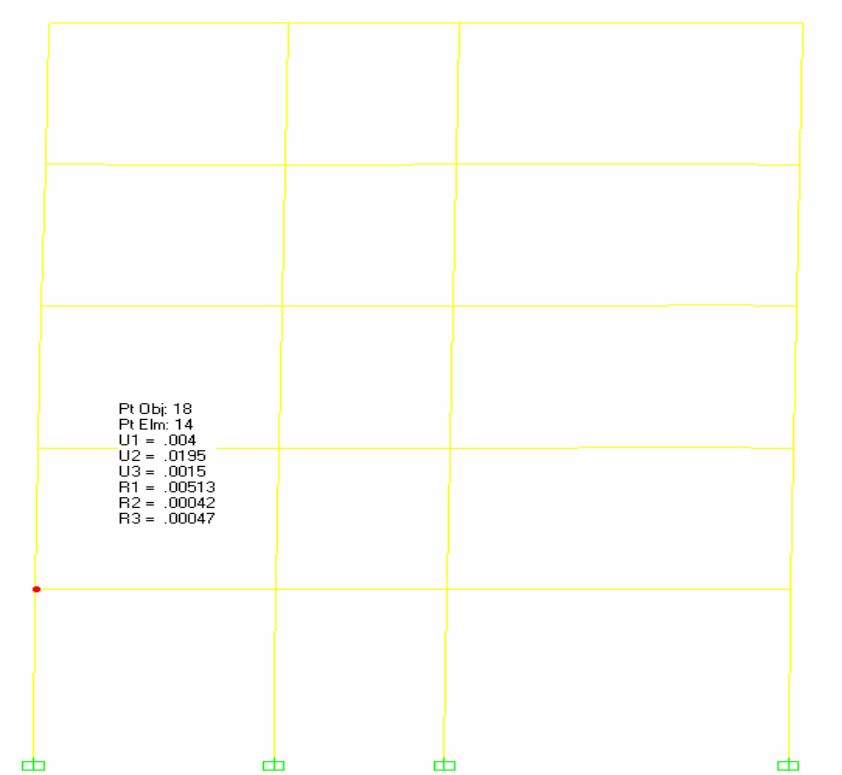
Şekil 6.40. Ankastre sistemin y yönünde 1-1 aksı 2.kat deplasmanları



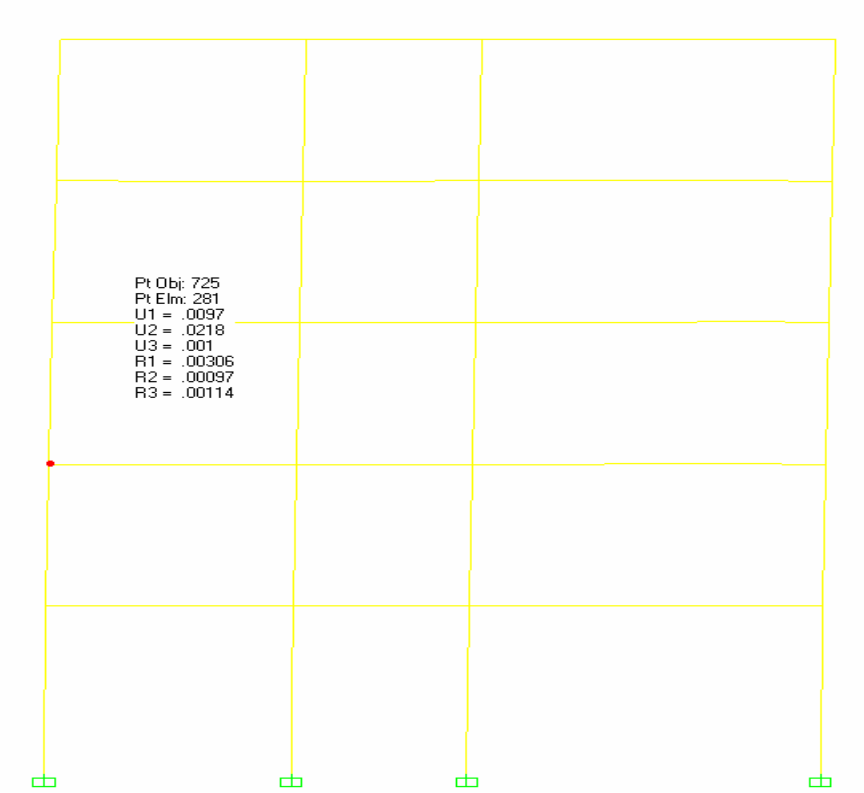
Şekil 6.41. Ankastre sistemin y yönünde 1-1 aksı 3.kat deplasmanları



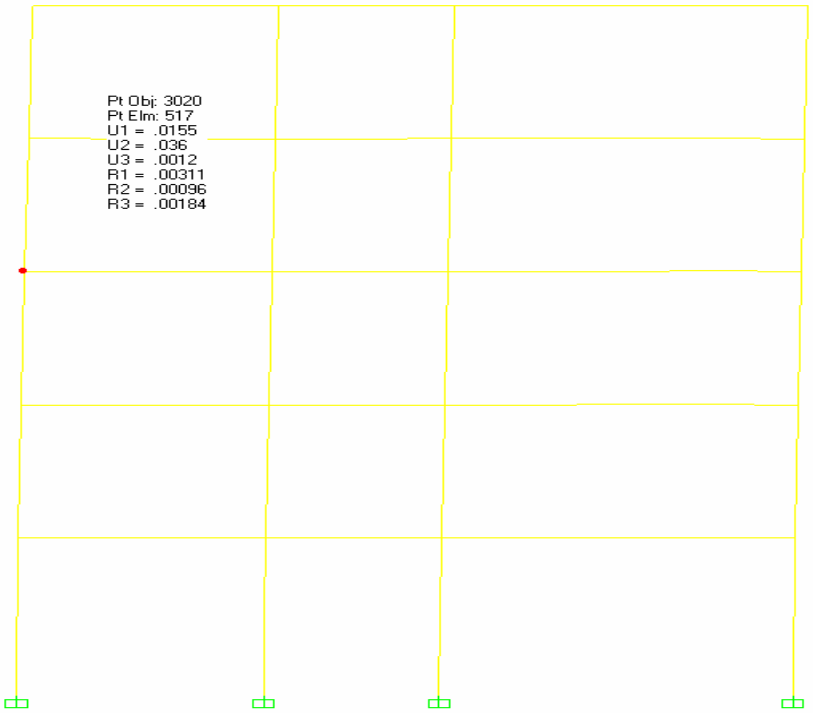
Şekil 6.42. Ankastre sistemin y yönünde 1-1 aksı 4.kat deplasmanları



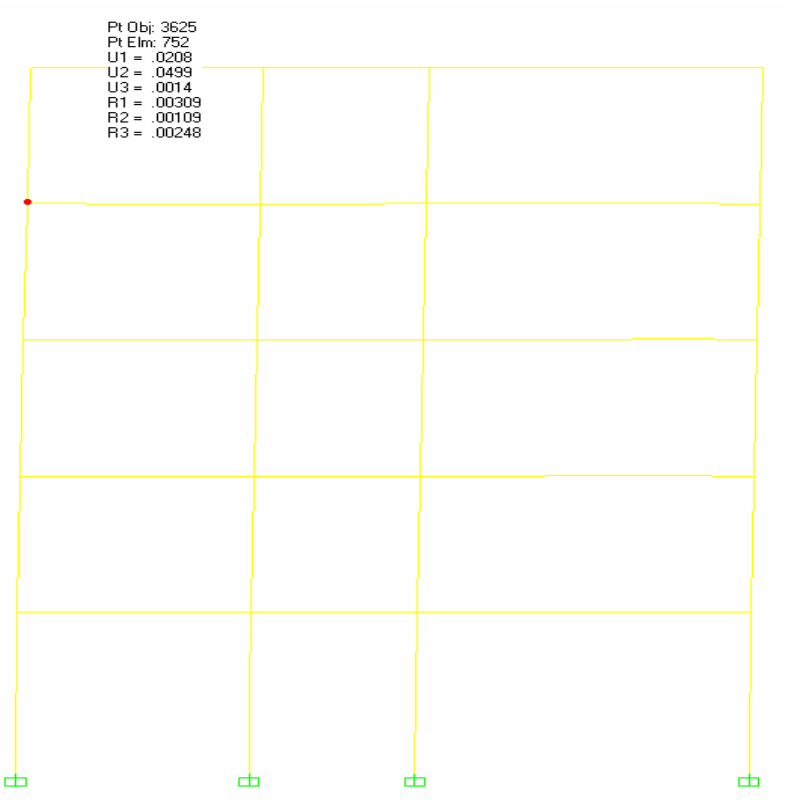
Şekil 6.43. Ankastre sistemin y yönünde 12-12 aksı zemin kat deplasmanları



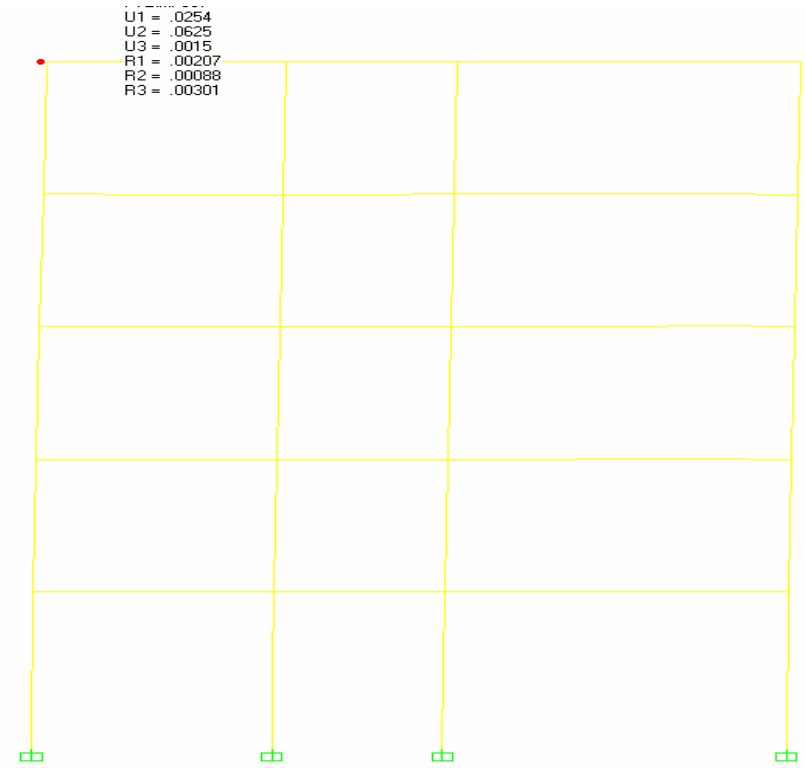
Şekil 6.44. Ankastre sistemin y yönünde 12-12 aksı 1. kat deplasmanları



Şekil 6.45. Ankastre sistemin y yönünde 12-12 aksı 2. kat deplasmanları

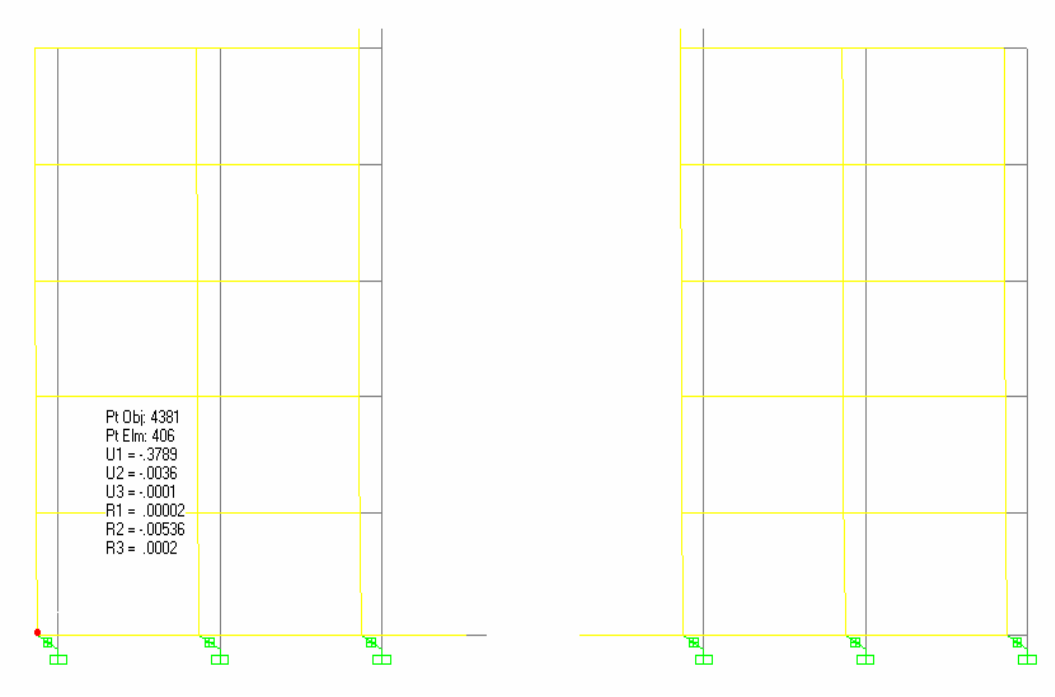


Şekil 6.46. Ankastre sistemin y yönünde 12-12 aksı 3. kat deplasmanları

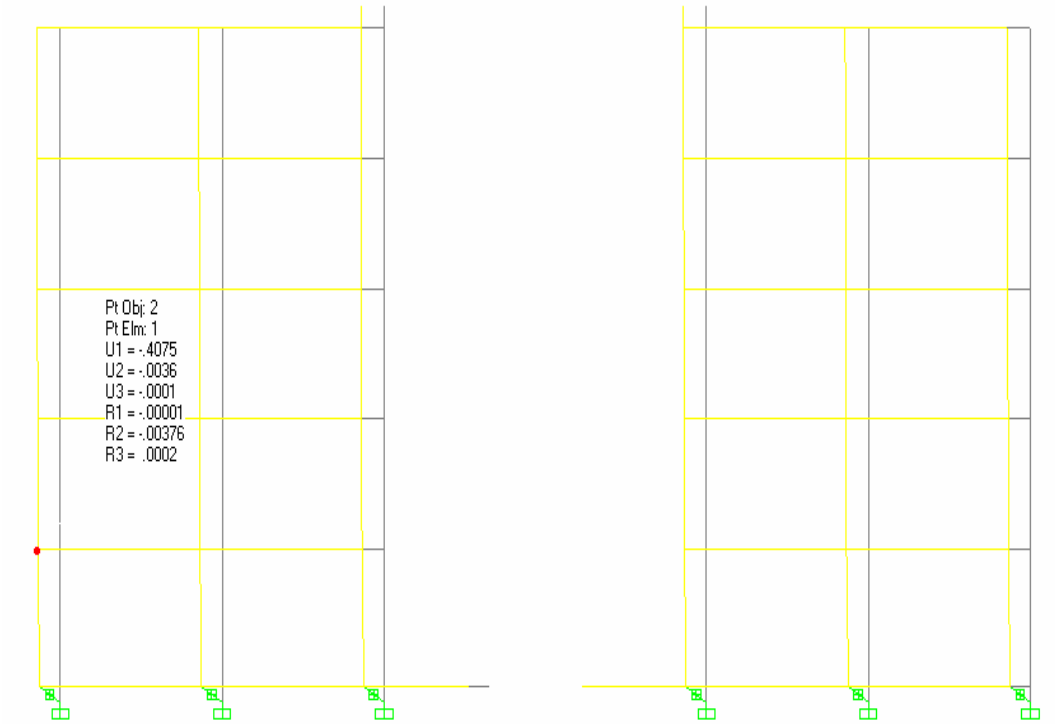


Şekil 6.47. Ankastre sistemin y yönünde 12-12 aksı 4. kat deplasmanları

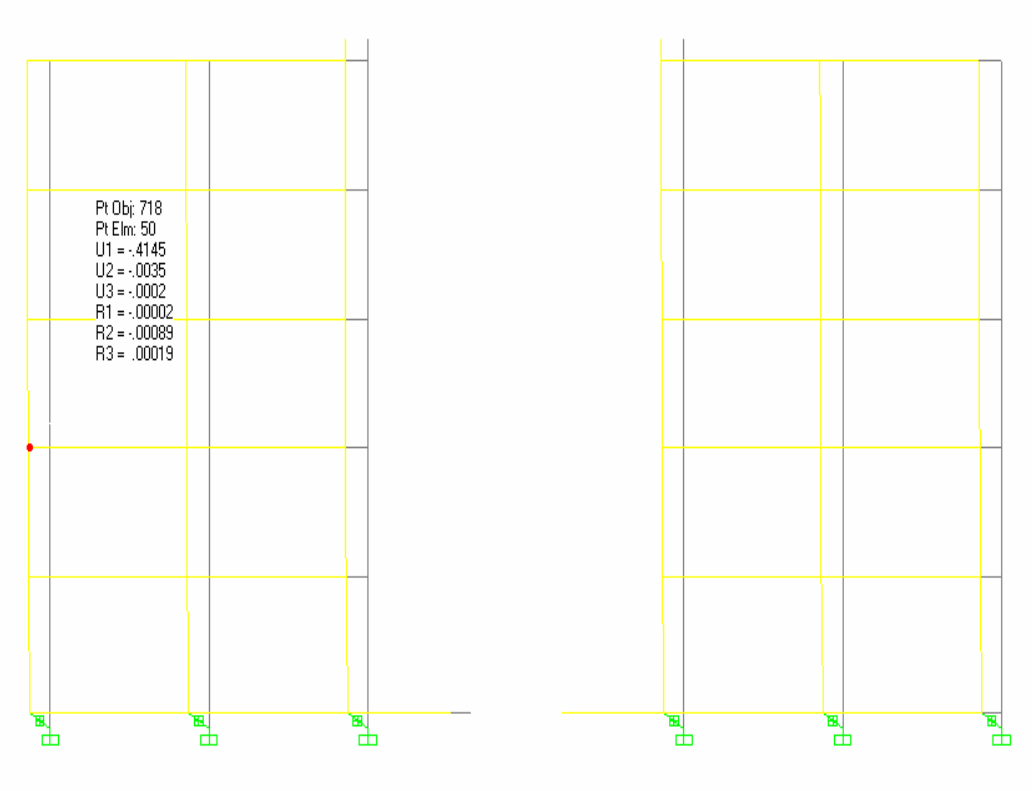
6.5.3. İzolatörlü sistemin x ve y yönündeki deplasmanları



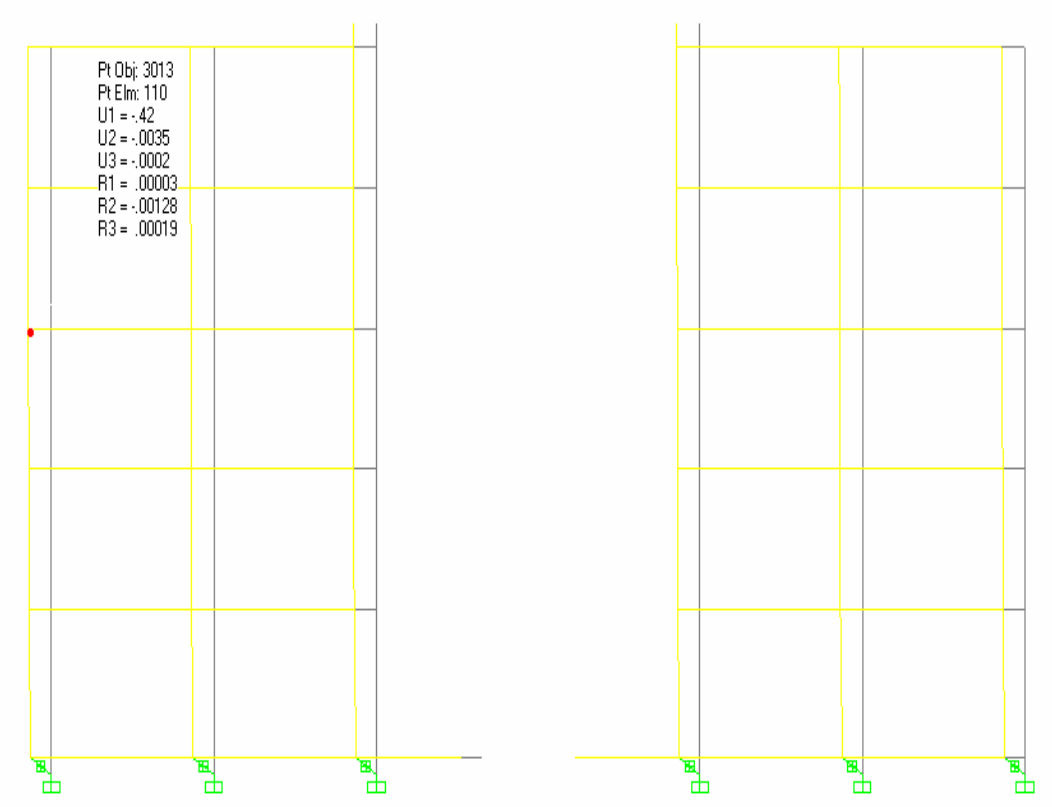
Şekil 6.48. Sistemin x yönünde B-B aksı izolatör deplasmanları



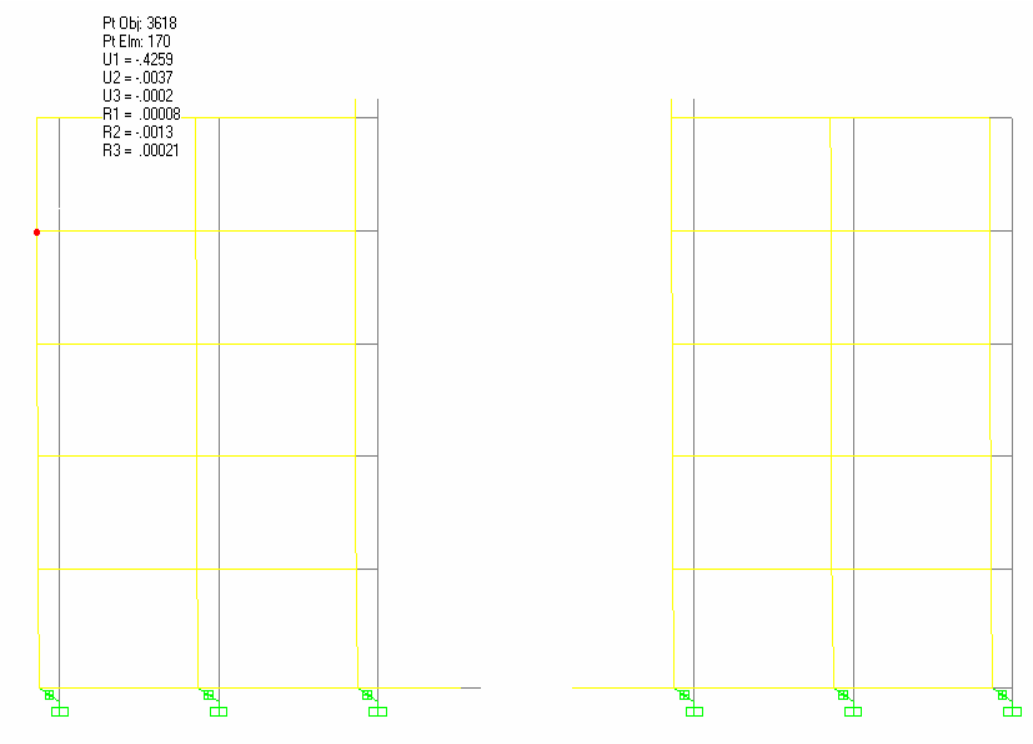
Şekil 6.49. Sistemin x yönünde B-B aksı zemin kat deplasmanları



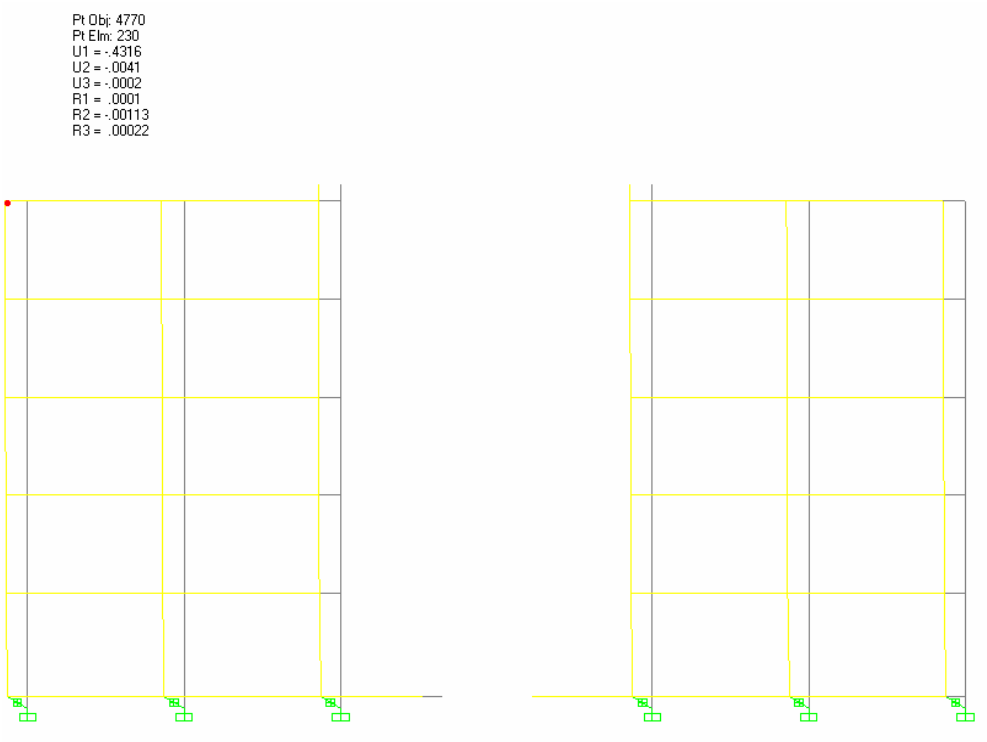
Şekil 6.50. Sistemin x yönünde B-B aksı 1. kat deplasmanları



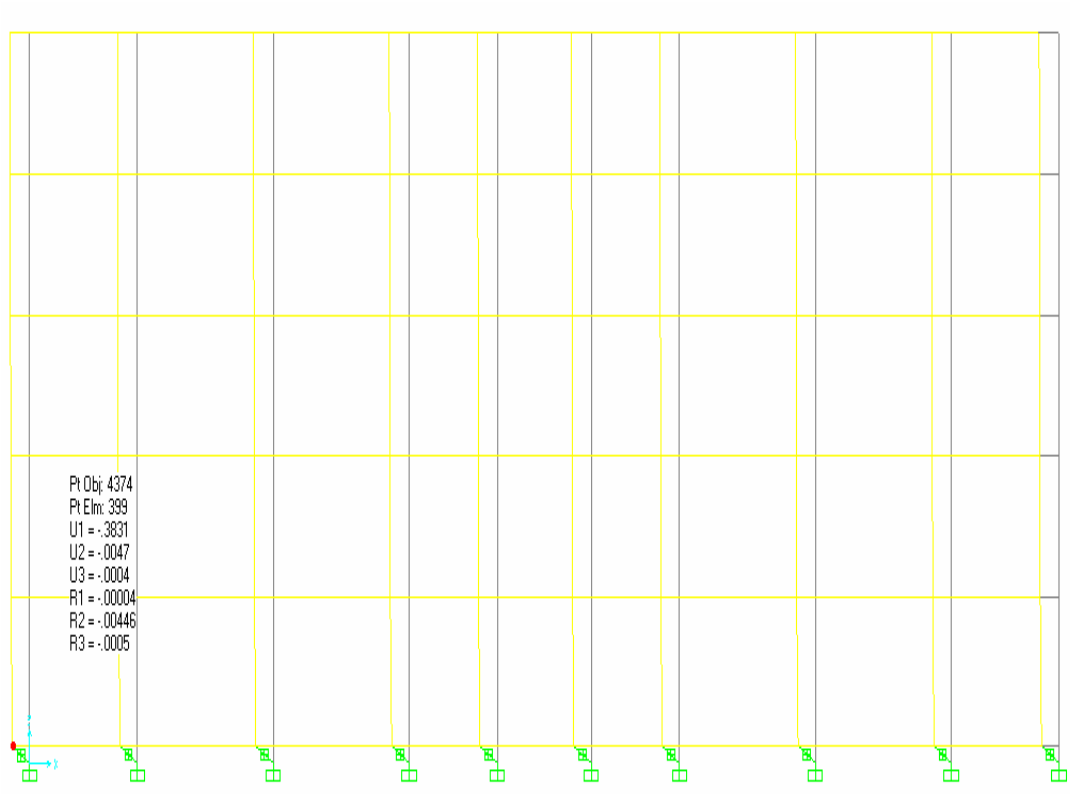
Şekil 6.51. Sistemin x yönünde B-B aksı 2. kat deplasmanları



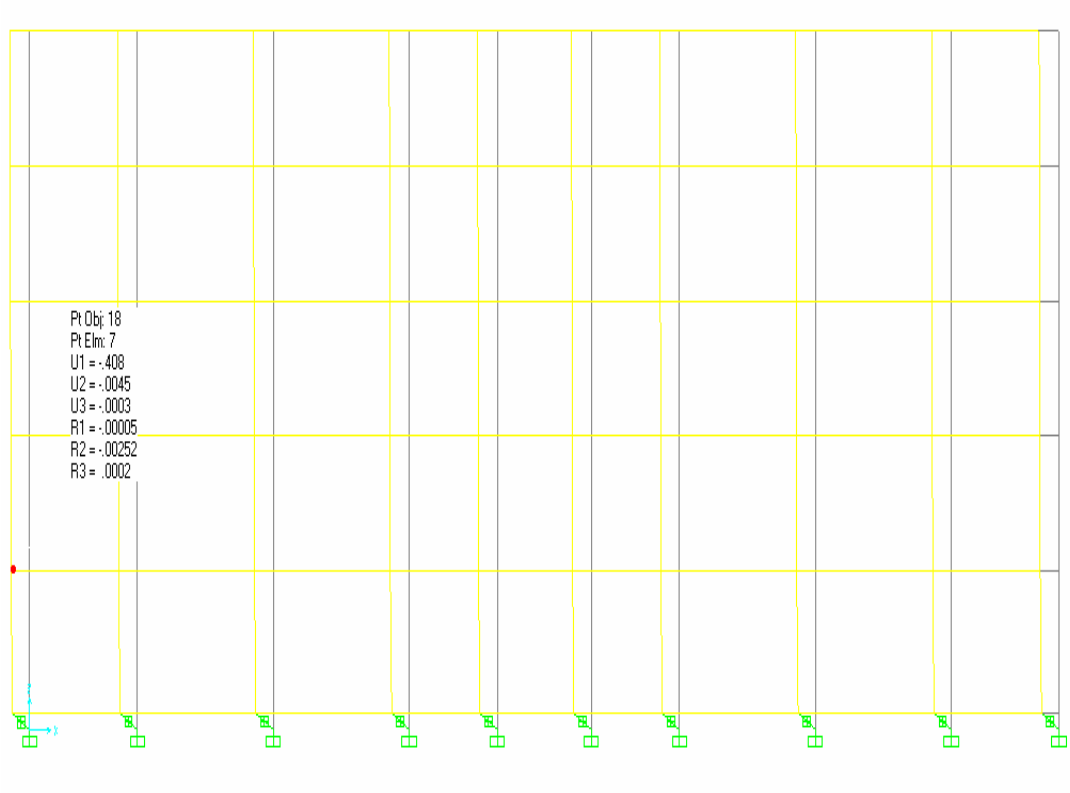
Şekil 6.52. Sistemin x yönünde B-B aksı 3. kat deplasmanları



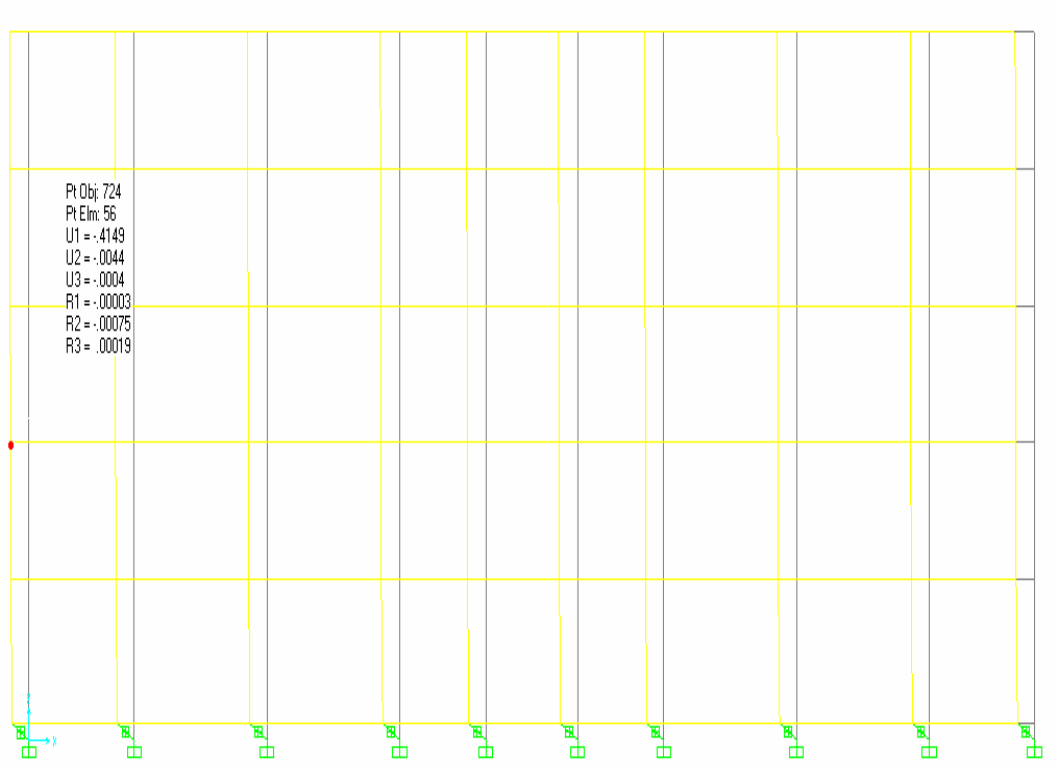
Şekil 6.53. Sistemin x yönünde B-B aksı 4. kat deplasmanları



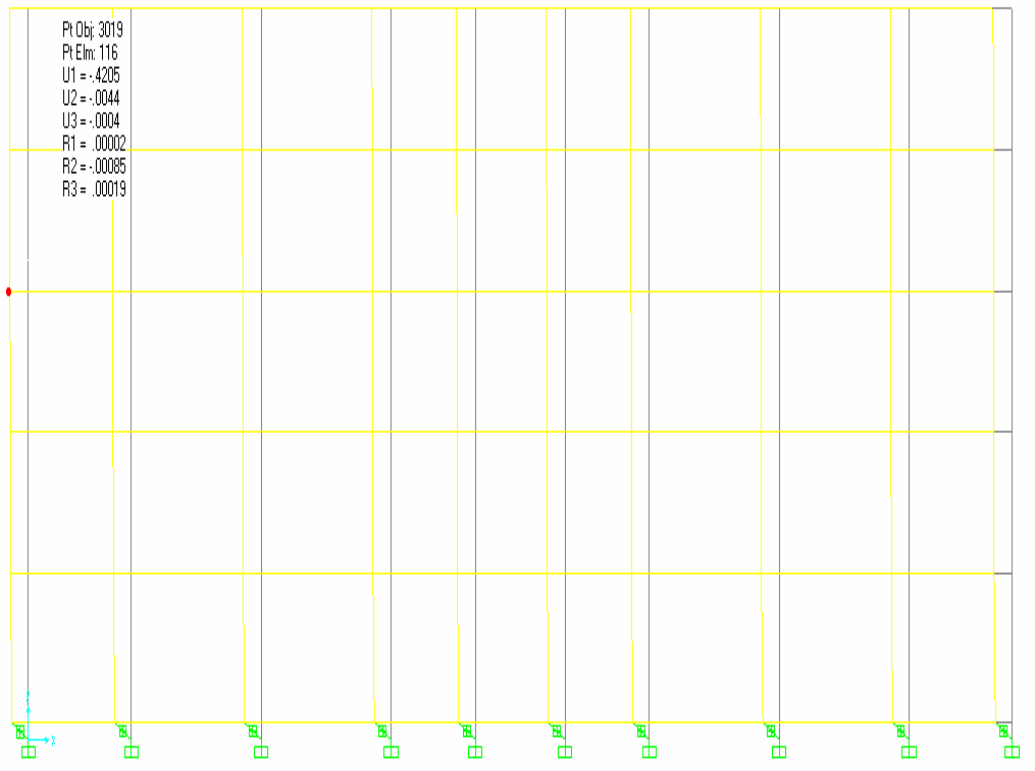
Şekil 6.54. Sistemin x yönünde I-I aksı izolatör deplasmanları



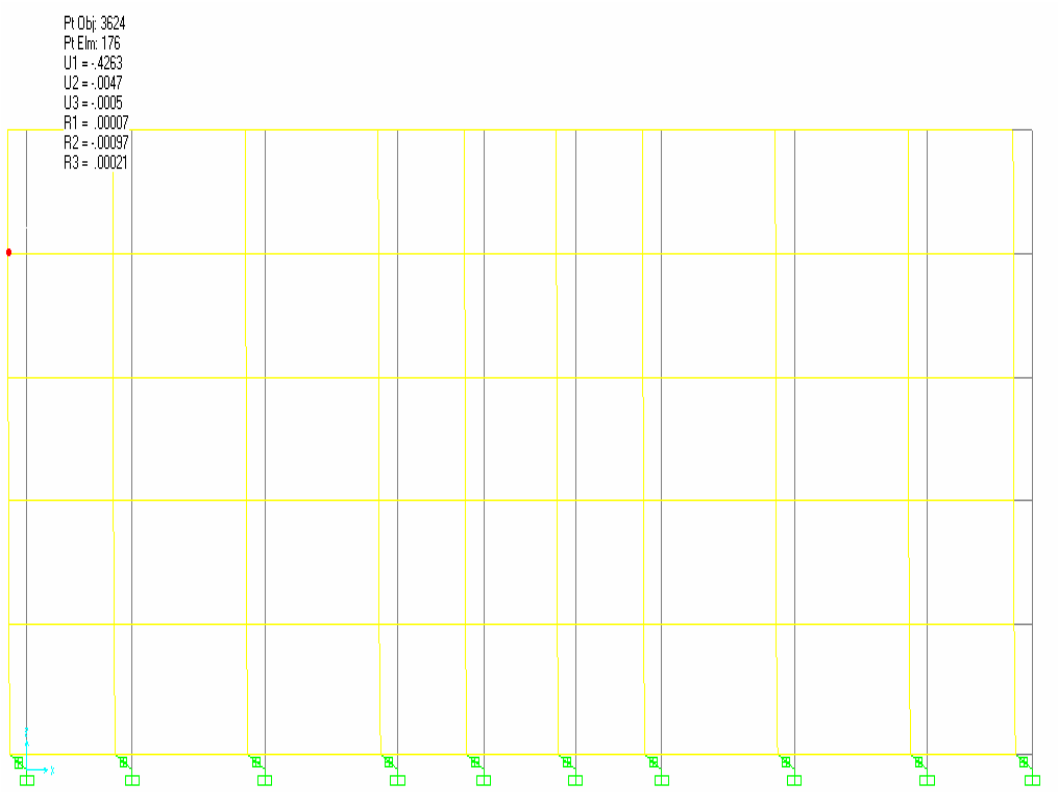
Şekil 6.55. Sistemin x yönünde I-I aksı zemin kat deplasmanları



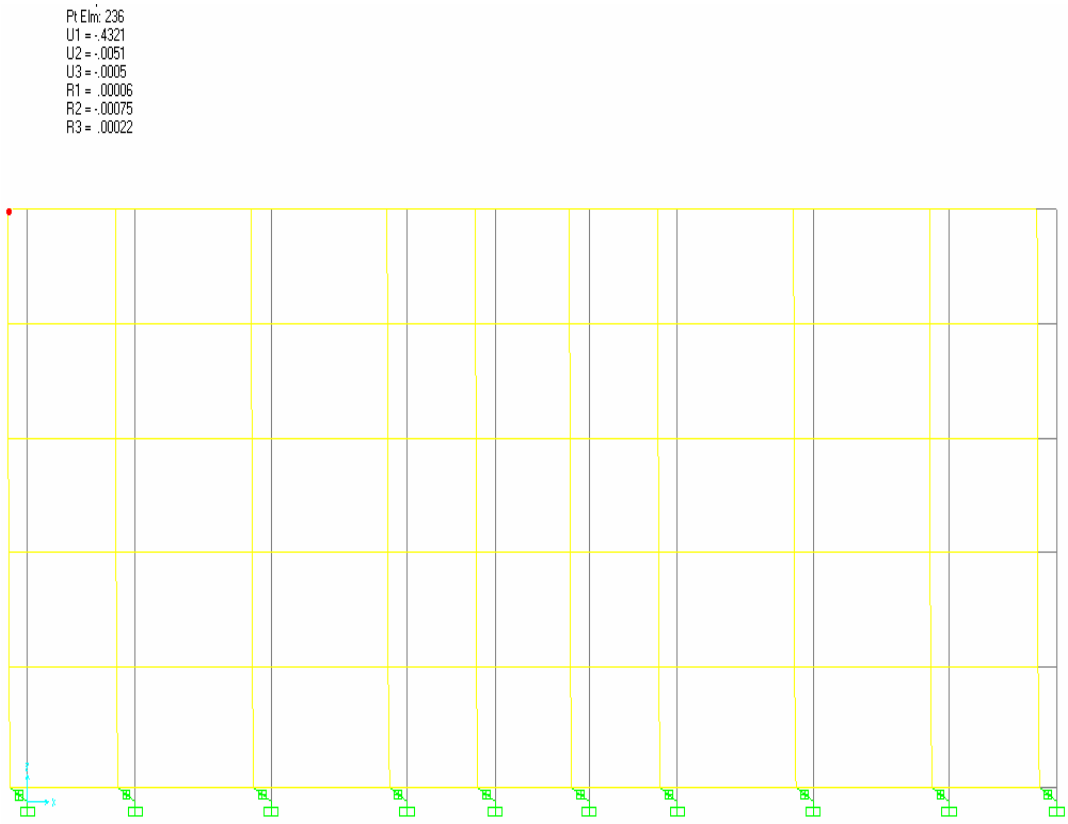
Şekil 6.56. Sistemin x yönünde I-I aksı 1. kat deplasmanları



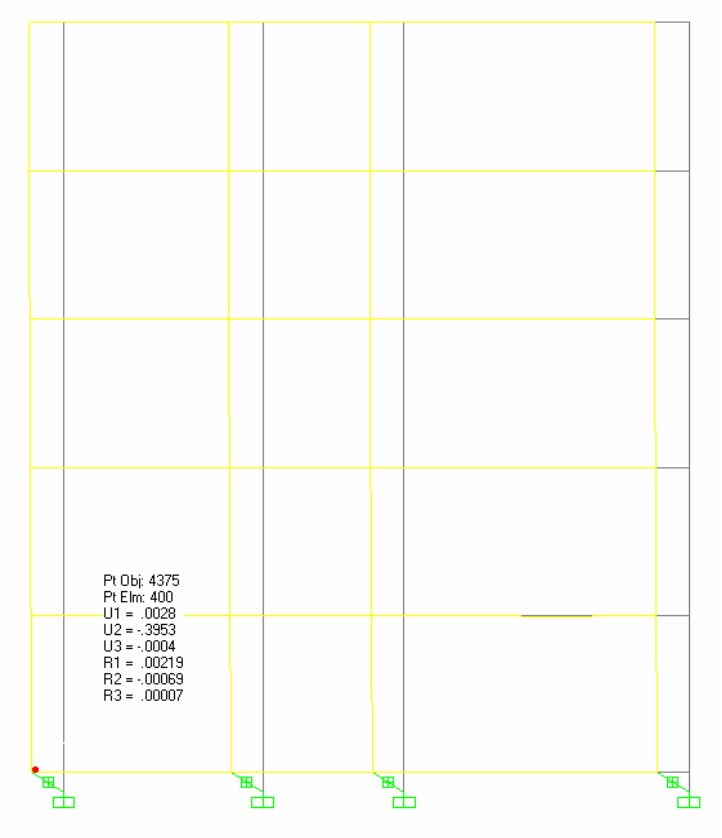
Şekil 6.57. Sistemin x yönünde I-I aksı 2. kat deplasmanları



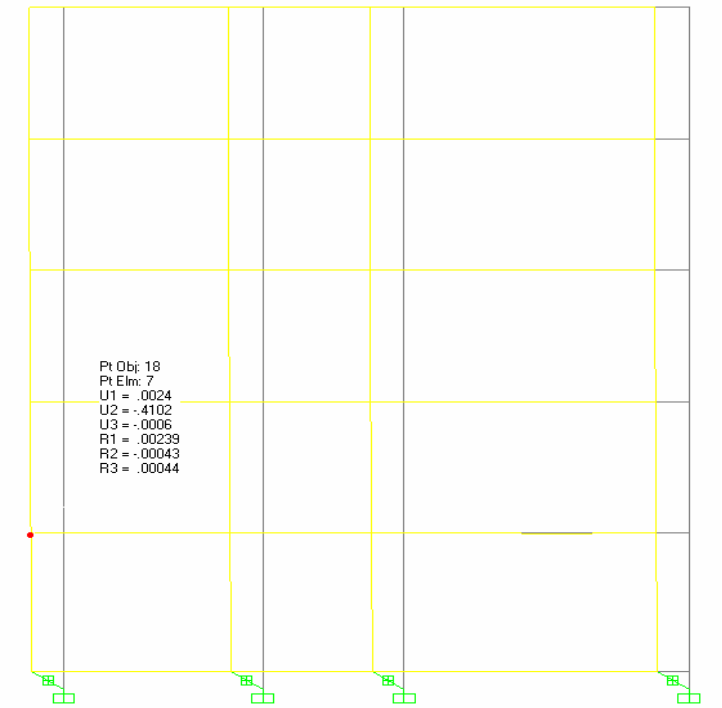
Şekil 6.58. Sistemin x yönünde I-I aksı 3. kat deplasmanları



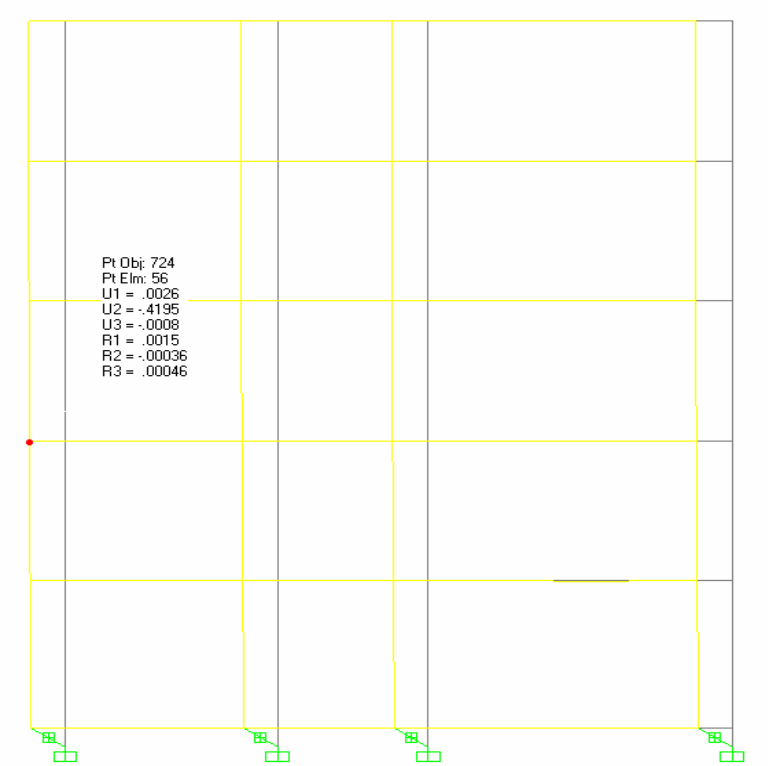
Şekil 6.59. Sistemin x yönünde I-I aksı 4. kat deplasmanları



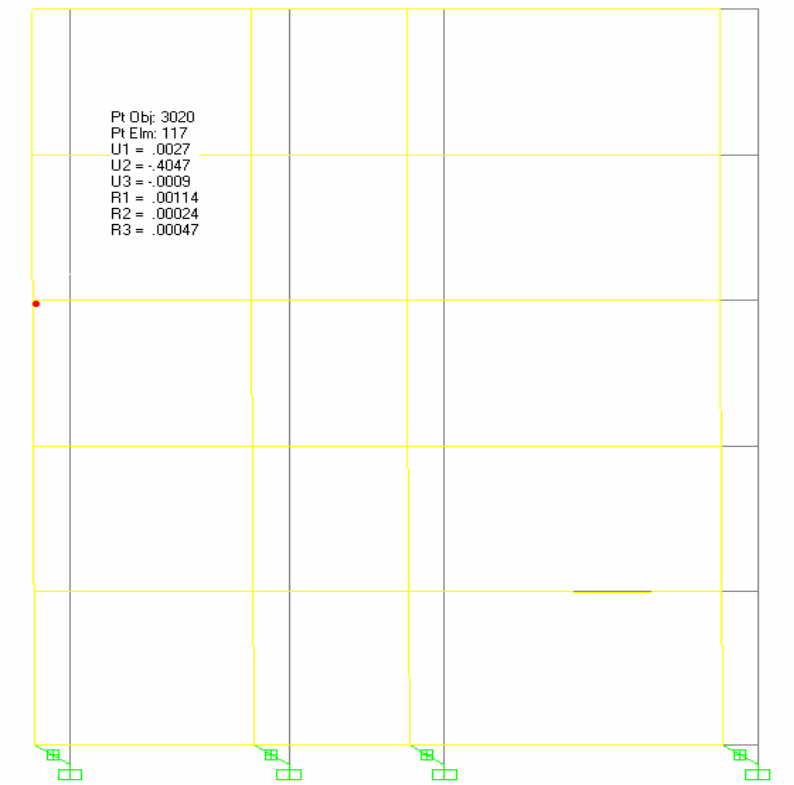
Şekil 6.60. Sistemin y yönünde 1-1aksı izolatör deplasmanları



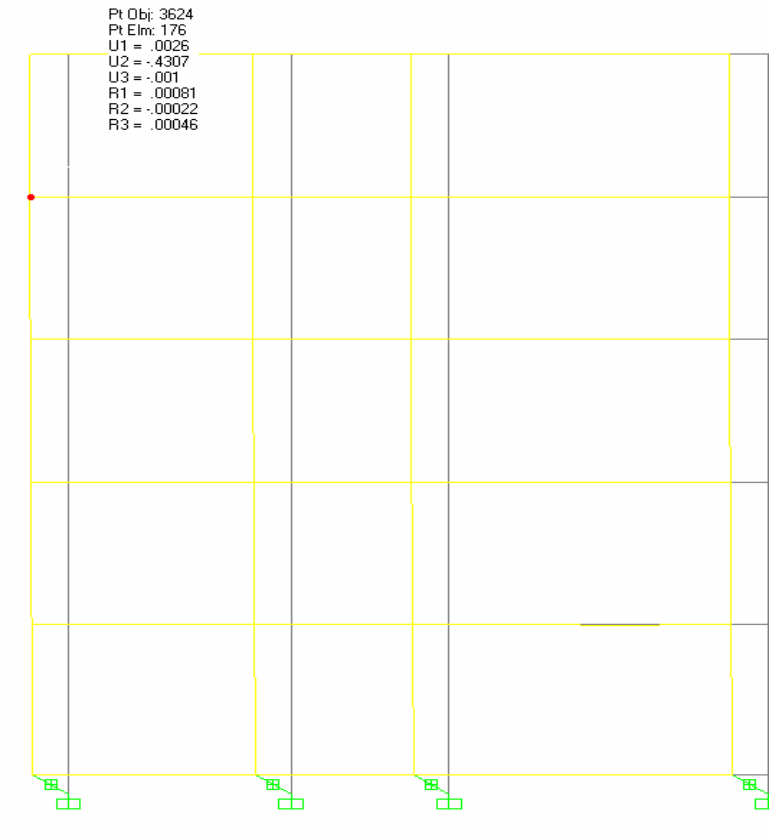
Şekil 6.61. Sistemin y yönünde 1-1aksı zemin kat deplasmanları



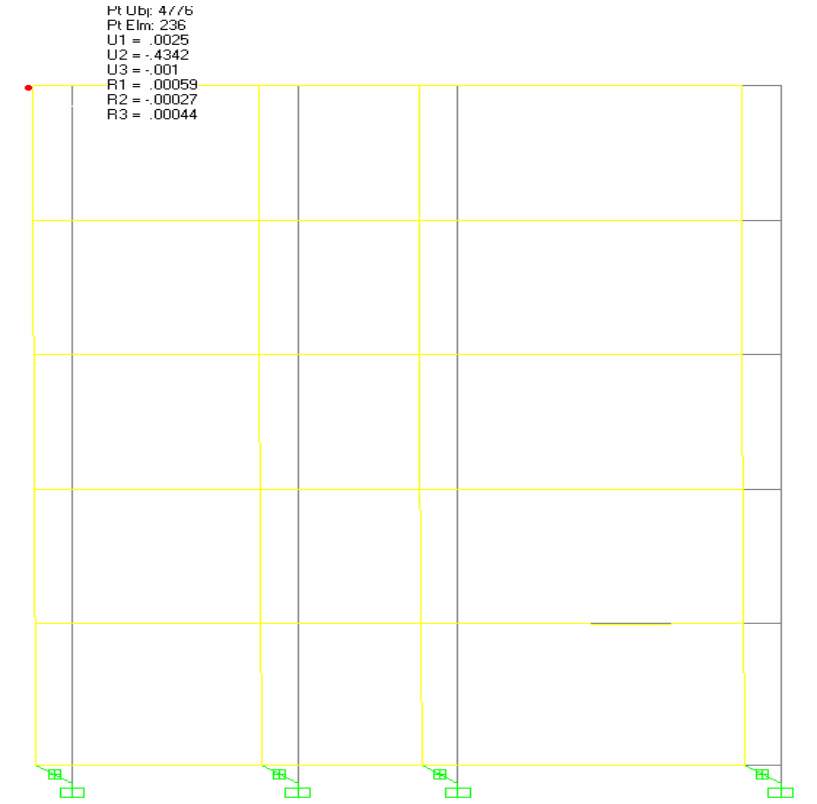
Şekil 6.62. Sistemin y yönünde 1-1aksı 1. kat deplasmanları



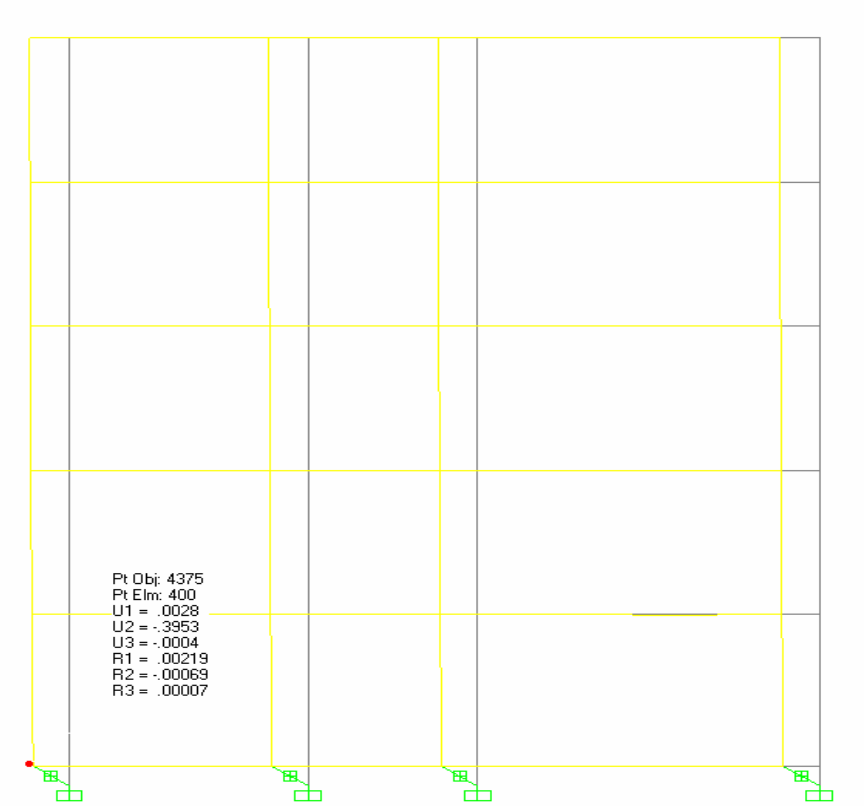
Şekil 6.63. Sistemin y yönünde 1-1aksı 2. kat deplasmanları



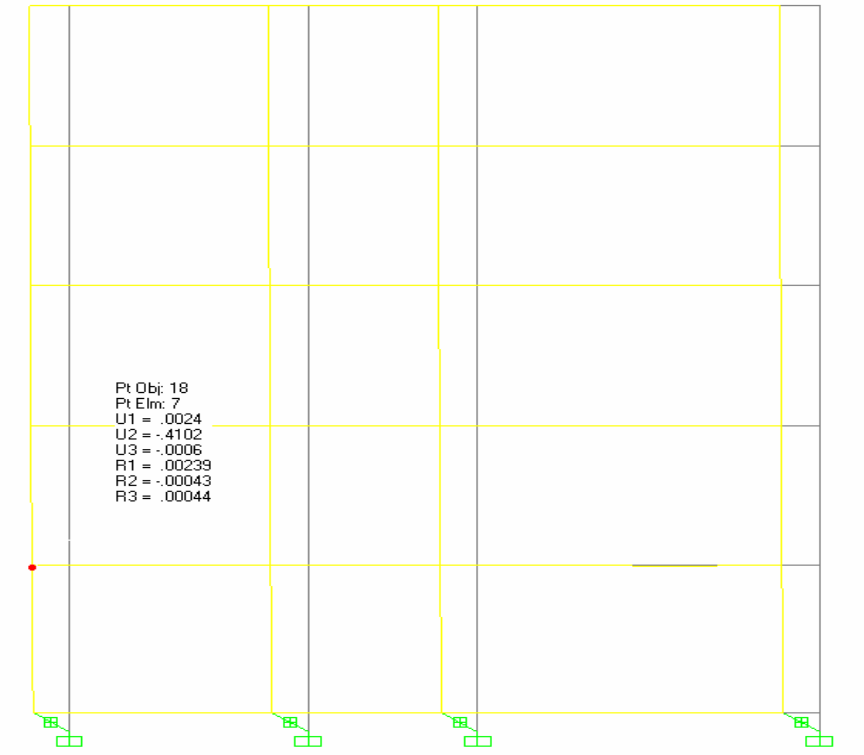
Şekil 6.64. Sistemin y yönünde 1-1aksı 3. kat deplasmanları



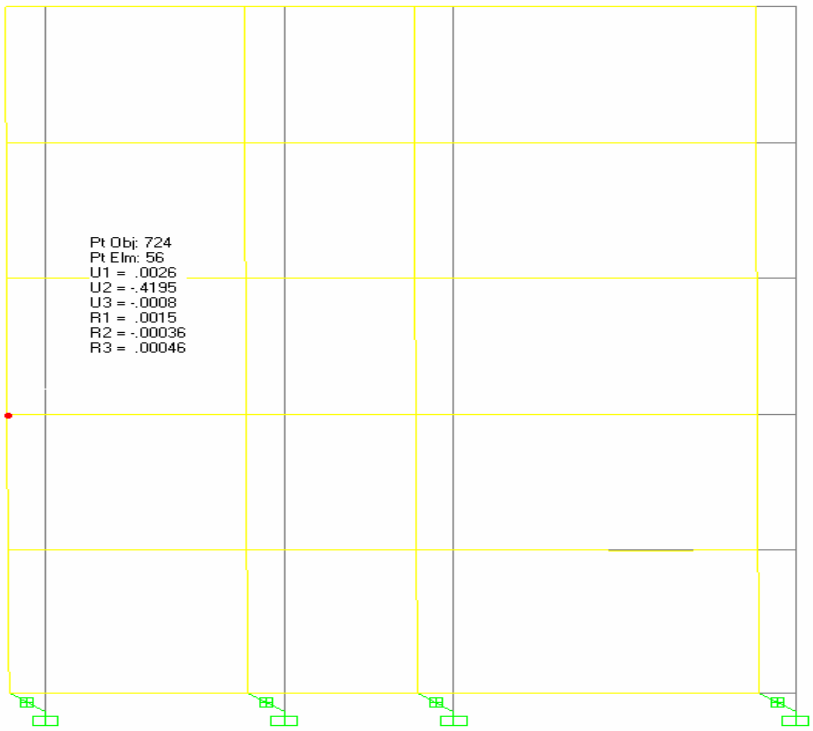
Şekil 6.65. Sistemin y yönünde 1-1aksı 4. kat deplasmanları



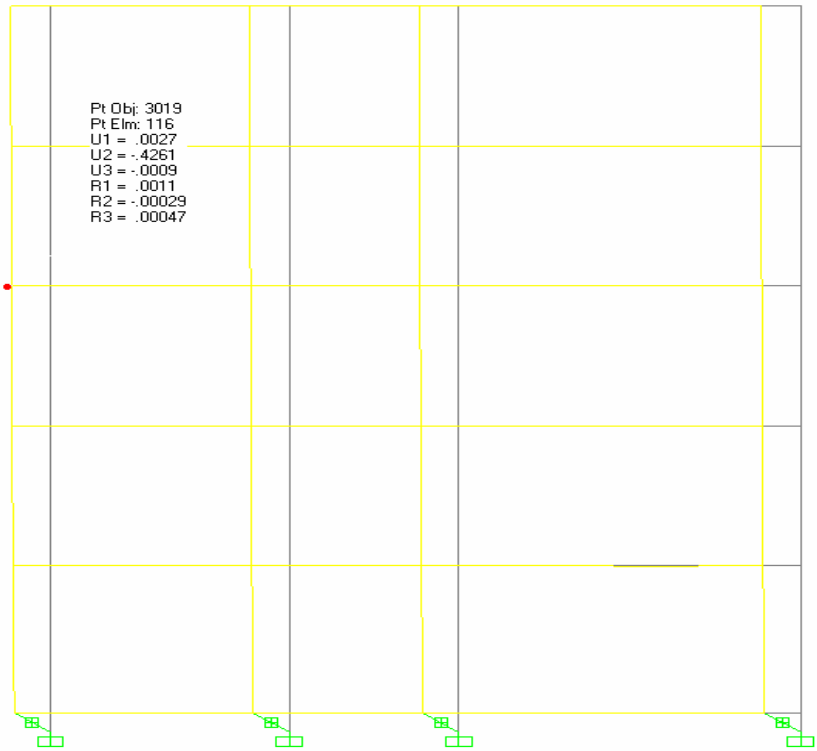
Şekil 6.66. Sistemin y yönünde 12-12aksı izolatör deplasmanları



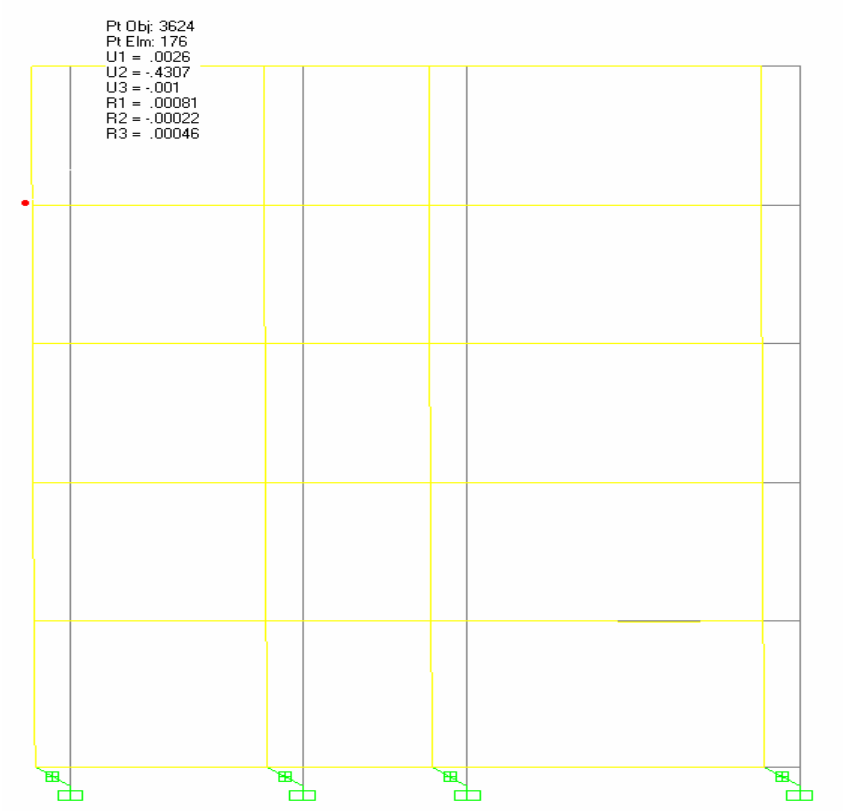
Şekil 6.67. Sistemin y yönünde 12-12 aksı zemin kat deplasmanları



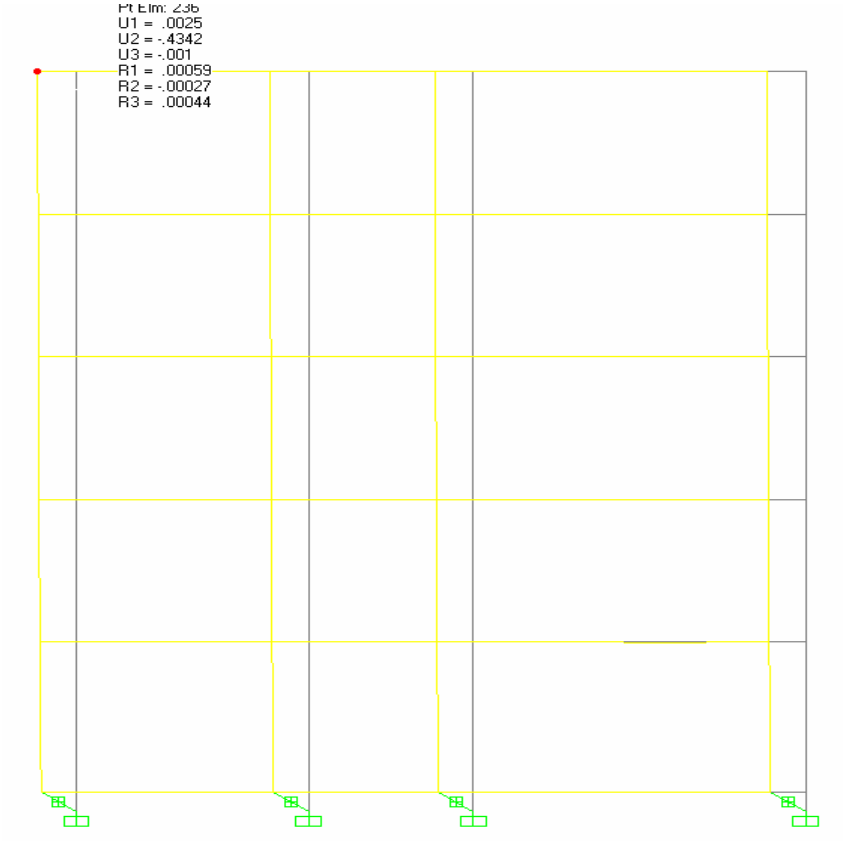
Şekil 6.68. Sistemin y yönünde 12-12 aksı 1. kat deplasmanları



Şekil 6.69. Sistemin y yönünde 12-12 aksı 2. kat deplasmanları



Şekil 6.70. Sistemin y yönünde 12-12 aksı 3. kat deplasmanları



Şekil 6.71. Sistemin y yönünde 12-12 aksı 4. kat deplasmanları

6.6. Analiz Sonuçlarının Değerlendirmesi

Yapının sismik izolasyon sonucunda periyodu 0,65 s mertebelerinden 2,01s seviyesine çıkmıştır yani 3 kat artmıştır.

Farklı çözümlerin deplasman değerlerine bakıldığı zaman 4. derece deprem bölgesi için çözümde bina yaklaşık olarak x yönünde3.5 cm, y yönünde 3.2cm deplasman yapmakta; 1. derece deprem bölgesi için çözümde ise bina yaklaşık olarak x yönünde12 cm, y yönünde 12.9 cm deplasman yapmaktadır. İzolasyonlu sisteme bakılırsa izolatörler yaklaşık olarak x yönünde 38cm bina ise yaklaşık 5 cm deplasman yapmakta; (deplasman 38 cm izolatörler + 5 cm bina olmak üzere toplam 43 cm) y yönünde ise 39,5 cm bina ise yaklaşık 3,9 cm deplasman yapmaktadır (deplasman 39,5 cm izolatörler + 3,9 cm bina olmak üzere toplam 43,4 cm).

7. MALİYET KARŞILAŞTIRMASI

7.1. Yapı İnşaat Maliyetlerinin Hesaplanması

Yapıların 1. ve 4. derece deprem bölgelerine göre sismik yalıtımlı ve yalıtımsız inşaat maliyetleri acısından bir karşılaştırma yapılacak olursa, en iyi çözüm inşaat alanları üzerinden , T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı'nın 2007 yılında yayınlamış olduğu "Yapı Yaklaşık Birim Maliyetleri Hakkında Tebliğ" değerlerini kullanmak olacaktır. 2008 yılı birim maliyetleri henüz çıkmadığı için 2007 yılı birim maliyeti üzerine %10 enflasyon oranı eklenecektir.

Yapı toplam alanı : 4956 m^2 olup yapı sınıfı olarak IVB gurubuna girmektedir.

- IVB gurubu için birim maliyet : 533 TL / m^2 +0,10*533 = 586 YTL / m^2
- Bina yaklaşık toplam maliyeti : 586 * 4956 = 2904216 YTL olarak hesaplanır.

Bu maliyet başta bütün inşaat olmak üzere elektrik ve mekanik tesisat işlerinin tamamını kapsar. Bu çalışmada 4. ve 1. derece konvansiyonel ve izolatörlü sistemin kaba inşaat maliyetleri karşılaştırılıp toplam yapı maliyetine oranları çıkarılacaktır.

Çizelge 7.1. Binanın 4. derece deprem bölgesi için yaklaşık kaba maliyetinin hesaplanması

POZ NO	AÇIKLAMA	BİRİM	BİRİM FİYAT(TL)	METRAJ	TOPLAM MALİYET(TL)
16058 / 1	C20 betonu	m^3	99,26	1304,8	129514,448
21.011	Betonarme kalıbı yapılması	m^2	14,69	7599,1	111630,779
21.065	İş iskelesi (duvarlar için)12,51 m' den fazla	m^2	5,05	8000	40400
21.066	İş iskelesi (tavanlar için)12,51m' den fazla	m^3	5,05	82600	417130
18.071	Yatay delikli 19*19*8,5 cm tuğla ile duvar yap.	m^3	11,73	985	11554,05
18.071/2	Yatay delikli 19*19*13,5 cm tuğla ile duvar yap.	m^3	73,53	6470	475739,1
23.014	Ø8-12 mm nervürlü çelik	ton	1567,68	109,4	171504,192
23.015	Ø14-28 mm nervürlü çelik	ton	1483,65	46,7	69286,455
GENEL TOPLAM					1426759,024

Çizelge 7.2. Binanın 1. derece deprem bölgesi için yaklaşık kaba maliyetinin hesaplanması

POZ NO	AÇIKLAMA	BİRİM	BİRİM FİYAT(TL)	METRAJ	TOPLAM MALİYET(TL)
16058 / 1	C25 betonu	m^3	106,69	1696	180946,24
21.011	Betonarme kalıbı yapılması	m^2	14,69	7243	106399,67
21.065	İş iskelesi (duvarlar için)12,51 m' den fazla	m^2	5,05	8000	40400
21.066	İş iskelesi (tavanlar için)12,51 m' den fazla	m^3	5,05	82600	417130
18.071	Yatay delikli 19*19*8,5 cm tuğla ile duvar yap.	m^3	11,73	985	11554,05
18.071/2	Yatay delikli 19*19*13,5 cm tuğla ile duvar yap.	m^3	73,53	6470	475739,1
23.014	Ø8-12 mm nervürlü çelik	ton	1567,68	74,9	117419,232
23.015	Ø14-28 mm nervürlü çelik	ton	1483,65	135	200292,75
GENEL TOPLAM					1549881,042

Yukarıdaki çizelgelerde görüldüğü gibi 1. derece deprem bölgesi için kolon, kiriş ve temel boyutlarındaki artış sebebiyle kaba inşaat maliyeti daha fazla çıkmıştır.

Çizelge 7.3. Sismik izolasyonlu binanın yaklaşık kaba maliyetinin hesaplanması

POZ NO	AÇIKLAMA	BİRİM	BİRİM FİYAT(TL)	METRAJ	TOPLAM MALİYET(TL)
16058 / 1	C20 betonu	m^3	99,26	1330	132015,8
21.011	Betonarme kalıbı yapılması	m^2	14,69	7699	113098,31
21.065	İş iskelesi (duvarlar için)12,51 m' den fazla	m^2	5,05	8000	40400
21.066	İş iskelesi (tavanlar için)12,51 m' den fazla	m^3	5,05	82600	417130
18.071	Yatay delikli 19*19*8,5 cm tuğla ile duvar yap.	m^3	11,73	985	11554,05
18.071/2	Yatay delikli 9*19*13,5 cm tuğla ile duvar yap.	m^3	73,53	6470	475739,1
23.014	Ø8-12 mm nervürlü çelik	ton	1567,68	109,4	171504,192
23.015	Ø14-28 mm nervürlü çelik	ton	1483,65	46,7	69286,455
GENEL TOPLAM					1430727,907

Sismik izolasyonlu çözümde 4. derece deprem bölgesi için tasarlanan sistemin aynısı kullanılmıştır. Farklı olarak izolasyonlu sistemde temellerde ampatman ve rijitlik perdeleri kullanılmamıştır. İlave olarak ise izolatörlerin üst kısmında binanın bir bütün olarak hareket etmesi için 25/60 kirişler kullanılmıştır ve binanın serbest olarak hareket edebilmesi için binanın bütün çevresine istinat perdesi düşünülmüştür.

7.2. İzolatör Maliyetlerinin Hesaplanması

İzolatör fiyatları Bayındırlık Birim Fiyatlarında bulunmadığı için maliyet hesabında piyasa fiyatlarından faydalanılmıştır. Birkaç firma ile görüşme sonucunda ;

1 adet kauçuk izolatörün yaklaşı maliyeti : 2000 $

1 adet sürtünmeli sarkaç izolatörün yaklaşık maliyeti : 7000 $

Bu fiyatlara gümrük, nakliye, montaj ve müteahhitlik karları dahil olup sadece KDV oranı hariçtir.

T.C. Merkez Bankası 15/05/2008 tarihli döviz kurunda : 1 USD : 1.250 YTL olarak verilmiştir. Dolayısıyla;

1 adet kauçuk izolatörün yaklaşık maliyeti : 2500 YTL

1 adet sürtünmeli sarkaç izolatörün yaklaşık maliyeti : 8750 YTL olarak hesaplanabilir.

Binada toplam 24 adet kauçuk izolatör ve 18 adet sürtünmeli sarkaç izolatör kullanılmıştır. Toplam izolatör maliyeti ise aşağıda verilmiştir.(Çizelge 7.4.)

Çizelge 7.4. İzolatör Maliyet Hesabı

İZOLATÖR CİNSİ	İZOLATÖR BİRİM MALİYETİ (YTL)	BİRİM (ADET)	TOP. İZOLATÖR MALİYETİ (YTL)
KAUÇUK İZOLATÖR	2500	24	60000
KAYICI İZOLATÖR	8750	18	157500
GENEL TOPLAM			217500

Dolayısıyla kaba inşaat maliyetini 1. ve 4. derece deprem bölgeleri için konvansiyonel ve sismik izolasyonlu olmak üzere tüm yapı maliyetine oranlanacak olursa; (Çizelge 7.5.)

Çizelge 7.5. Maliyet Karşılaştırmaları

HESAP TÜRÜ	KABA İNŞAAT MALİYETİ (TL)	İZOLATÖR MALİYETİ	YAPI TOPLAM MALİYETİ	KABA MALİYETİN TOPLAM MALİYETE ORANI (%)
4. DERECE DEP. BÖL. İÇİN MALİYET	1426759,024	-	2904216	49,13%
1. DERECE DEP. BÖL. İÇİN MALİYET	1549881,042	-	2904216	53,37%
SİSMİK İZOLASYONLU MALİYET	1430727,907	217500	3121716	45,83%

8. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında sismik izolasyon teknikleri ve izolatör tipleri, izolatörlerin hesap metodu ve boyutlandırılması konuları ele alınmıştır. Ayrıca dünya literatüründe sismik izolasyon uygulanmış örneklere yer verilmiştir. Daha sonra ise Konya Selçuk Üniversitesi Ar – Ge (Teknokent) Binası sismik izolasyonlu olarak tasarlanmış ve, 1. ve 4. derece deprem bölgesi için çözülen konvansiyonel sistemlerle ve maliyet açısından karşılaştırılmıştır.

Binanın analiz sonuçlarına bakılacak olunursa;

Yapının sismik izolasyon sonucunda periyodu 0,65 s mertebelerinden 2,01s seviyesine çıkmıştır yani 3 kat artmıştır. Dolayısıyla yapıya mevcut halinden daha yüksek bir yapı davranışı verilmiştir.

Yapının sismik izolasyonlu ve konvansiyonel sistemdeki farklı çözümlerin deplasman değerlerine bakıldığı zaman 4. derece deprem bölgesi için çözümde bina yaklaşık olarak x yönünde 3.5 cm, y yönünde 3.2cm deplasman yapmakta; 1. derece deprem bölgesi için çözümde ise bina yaklaşık olarak x yönünde12 cm, y yönünde 12.9 cm deplasman yapmaktadır. İzolasyonlu sisteme bakılırsa izolatörler yaklaşık olarak x yönünde 38cm bina ise yaklaşık 5 cm deplasman yapmakta y yönünde ise 39,5 cm bina ise yaklaşık 3,9 cm deplasman yapmaktadır.

Yukarıdaki kıyaslama tabiî ki hesaplarda ele alınan verilerin büyük önemi vardır. İzolasyonlu sistemdeki taşıyıcı sistem boyutları binanın mevcut taşıyıcı sistemi ile aynı alınmıştır. Deplasmanlara bakıldığı zaman ise sismik izolasyonlu sistemde bina 4. derece deprem bölgesi için yapılan hesaplardaki deplasmanlardan daha fazla çıkmıştır.

Bunun sebebi ise izolasyonlu sistemin çözümünde zaman tanım aralığında (Time History) Elcentro deprem verileri kullanılmıştır ve buna ilave olarak R katsayısı 4. derece deprem bölgesi için hesapta R=4, 1. derece deprem bölgesi için hesapta ise R=7 iken sismik izolasyonlu sistemde R=2 alınmıştır.

Bunun sonucunda sismik izolasyonlu sisteme deprem etkisi bakımından 4. derece deprem bölgesi için hesaptan 2 kat, 1. derece deprem bölgesi için hesaptan yaklaşık 3.5 kat daha fazla deprem kuvveti etki ettirilmiştir. Yani sismik izolayonlu sisteme hem büyüklüğü M : 7.1 olan bir deprem (El centro depremi) etki ettirilmiştir hem de R=2 alınarak binada oluşacak hasarlar minimize edilerek daha güvenli bir bina elde edilmiştir.

Maliyet karşılaştırma sonuçlarına bakılırsa sismik izolasyonlu binanın yaklaşık toplam maliyetinin (3121716 YTL) konvansiyonel sistemde bayındırlık birim maliyetlerine göre hesaplanmış binanın maliyetinden (2904216 YTL) yaklaşık % 7,48 daha fazla olduğu görülmüştür.

Sismik izolasyonun uygulanmasının gerekliliğinin değerlendirilmesi şöyle olmalıdır;

Türkiye maalesef dünyanın en aktif deprem kuşaklarından biri üzerinde bulunmaktadır. Türkiye topraklarının hemen hemen tamamı deprem riski altındadır. Ülkenin çok büyük bir kesiminde geçmişte büyük depremler yaşanmıştır. Bu depremlerden en yıkıcı olanları ise Kuzey Anadolu Fayı üzerinde olanlardır. Ayrıca Türkiye’ de olan depremler genellikle sığ depremlerdir. Bu sebeple oluşan depremlerin daha dar alanda hissedilir ama yıkıcı etkisi daha yüksektir. Dolayısıyla dünyanın birçok yerinde meydana gelen depremlerden Türkiye’ deki depremler daha yıkıcıdır. Bu yıkıcı etkiyi azaltmak için uygun çözüm ise sismik izolasyondur.

Öte yandan maliyet açısından bir değerlendirme yapılacak olursa; yukarıda belirtildiği gibi sismik izolasyonlu bina maliyeti yaklaşık % 7,48 daha fazla çıkmıştır. Yalnız bu maliyetler bugün şartlarına göre çıkarılmıştır. Bugün Türkiye’ de sismik izolasyonlu bina sayısı çok azdır. Dolayısıyla talep az olduğu için arzda az olmaktadır. Yani firmalar işletme maliyetlerini bu durumu dikkate alarak çıkarıp buna göre müşteriye teklif sunmaktadır. Talep artarsa işletme maliyetleri düşecek ve sismik izolasyonun yapı içerisindeki maliyet oranı da azalacaktır.

Aşağıda sismik izolasyon maliyetini vurgulamak için bir örnek verilmiştir.

Bridgestone Japonya’ da bir lastik firmasıdır aynı zamanda kauçuk izolatör de üretmektedir. Türkiye’ de iyi bir lastiğin bayi fiyatı yaklaşık 250 YTL’ dir. Bu lastikler içinde çelik barları bulunan ve normal kauçuklara göre çok farklı fiziksel ve kimyasal özelliğe sahip çok yüksek teknolojili ürünlerdir.

İzolatör maliyet hesaplarında (bölüm 7.2.) 620 mm çaplı bir izolatör maliyeti 2500 YTL + KDV alınmıştır. Oysaki bir izolatör için o kadar ileri teknoloji gerekmemektedir. Üstelik kauçuk izolatör imalatında atık kauçuk bile kullanılabilir. Yani bu maliyet talebin fazla olmasıyla çok daha küçük miktarlara düşürülebilir. Sonuç ne olursa olsun yapılan bu maliyetin insan hayatı üzerinde büyük olumlu etkisi olacaktır. Ama maalesef sismik izolasyon dünyada birçok gelişmiş ülke standartlarına girmiş olduğu halde ülkemizde 2007 deprem yönetmeliğinde her ne kadar sismik izolasyona yeşil ışık yakılsa da yeterli şartlar hala mevcut değildir.

Sonuç olarak sismik izolasyonun ivedi bir şekilde alt yapısı oluşturulup deprem yönetmeliğine eklenip belirli özellikteki; hastaneler, okullar, köprüler, enerji ve haberleşme merkezleri, itfaiye binaları, sıvı depolama tankları gibi depremden hemen sonra kullanılması gereken yapılarda hatta konutlarda zorunlu kılınması gerekmektedir.

9. KAYNAKLAR

Akiyama, H., (1997). “A Prospect For Future Eartquake Resistant Design, Engineering Structures”, 1997.

Alramazan, J.L.(2003), “ Accidental Torsion Due to Overturning in Nominally Symmertic Structures Isolated With The Fps, Eartquak Engineering And Structural Dynamics”, 2003.

Amasralı, S., (2004) Sta4-Cad Ver-12.0 "Çok katlı betonarme yapıların 3 boyutlu analiz ve tasarımı".

American Structural Engineering Design Provisions (1997), "Uniform Building Code", USA

ATC 17- Applied Technology Council (1986), "Proceeding of a Seminar and Workshop on Base Isolation And Energy Dissipation, National Science Foundation", March 10 - 14, 1986.

ATC 40- Applied Technology Council (1996), "Seismic Evalution And Retrofit of Concrete Buildings" Volume 1, Seismic Safety Commission, Califomia, November 1996.

Ateş Ş., Dumanoğlu A. (1999), "Taban İzolasyonlu Binaların Lineer Olmayan Deprem Analizi", TDV, Teknik Rapor TR 026-42, İstanbul, Eylül 1999.

Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, (2007), "Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik".

Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, (2007), "2007 Yılı İnşaat ve Tesisat Birim Fiyatları".

Bayraktar A., Ateş Ş., Dumanoğlu A. (2005), " Stochastic response of seismically isolated highway bridges with friction pendulum systems to spatially varying earthquake ground motions” ENGINEERING STRUCTURES 27 (13): 1843-1858 NOV 2005

Celep Z., Kumbasar N. (2000), Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, 2. Baskı, İstanbul

Chopra A. K. (1995), Dynamics of Structures: Theory and Applications to Earthquake Engineering, Prentice Hall, New Jersey

Computers and Structures Inc, Sap2000 “Yapıların sonlu elemanlar metoduna göre 3 boyutlu analizi”

Derdiman, M. K.(2006), “ Düzensiz Çok Katlı Betonarme Yapıların Davranışının Taban İzolatörleri, Enerji Sönümleyici ve Dağıtıcılarla İyileştirilmesi” Yüksek Lisans Tezi S.D.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü

Dynamic Isolation Systems Inc. (1985), Base Isolation of Buildings Architectural and Engineering Aspects, Berkeley, Califomia

Erdik, M., Durukal, E., Biro,Y., Birgören, G.(2001), "İstanbul'da Binalar için Deprem Riski ve Risk Azaltımına Yönelik Somut bir Öneri", Boğaziçi Üniversitesi, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü Deprem Mühendisliği Anabilim Dalı

Heyat, N. (2001), "Sismik Taban İzolasyonunda Sürtünmeli Sarkaç Modeli", Bahar Semineri, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2001.

Kaltakcı, Y., “Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı” Seminer, Konya (2007),

Kelly, I, Bachas, N., Duenas, L. ve Wu, T.C.(2001), "The Rehabilitation for Improved Seismic Resistance of Mitchell Hail", Massachusetts Institute of Technology High Performance Structures Design Project Report, İstanbul American Roberts High School Turkey, 2001

Levy, R. (2001), “ A simple approach to the seismic design of friction damped braced medium rice frames, Engineering structures”,2001

Marioni, A. (2001), "Behaviour of large base isolated prestressed concrete bridges during the recent exceptional earthquakes in Turkey", Report,

Mermer, A.S.(2006), “Silindirik Sıvı Depolama Tanklarında Sismik İzolasyon Uygulanması” Yüksek Lisans Tezi G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü

Naeim R, Kelly J. M (1999), Design of Seismic Isolated Structures: From Theory to Practice", John Wiley & Sons,Inc., New York.

Nakano Y. (1997), "Recent Seismic Retrofit Techniques of Existing RC Buildings in Japan", İNCEDE Report-10, Tokyo, 1997.

Skinner, R. I., Robinson, W. H. and McVerry, G. H. (1993), An Introduction to Seismic Isolation, John Wiley & Sons,Inc, New York

Şahin, N. (2001), "Yapılarda Sismik İyileştirme İçin Sismik İzalosyonun Kullanılması ", Yüksek Lisans Tezi,YTÜ Fen Bilimleri Enstütüsü

Taisei, C.S. (2003), Experimental and Computational Verification of Reasonable Design Formulae For Base – İsolated Structures”, 2003.

Tezcan S., Uluca O.(2000), “Reduction of Seismic Response by Viscoelastic Dampers”, İstanbul, Ocak 2000.

Timur, T. (2000), "Edirnekapı Mihrimah Sultan Camii Taşıyıcı Sistem Davranışının İncelenmesi", Yüksek Lisans Tezi,YTÜ Fen Bilimleri Ensrütüsü

Tolay, A.(2006), “Sismik İzolasyon Sistemlerinin Maliyet Analizi” Yüksek Lisans Tezi YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.

EKLER

Ek 1 : 1. Derece Deprem Bölgesi İçin SAP 2000 Hesap Verileri

Table: Active Degrees of Freedom

UX	UY	UZ	RX	RY	RZ
Yes/No	Yes/No	Yes/No	Yes/No	Yes/No	Yes/No
Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes

Table: Analysis Case Definitions

Case	Type	InitialCond	ModalCase	RunCase
Text	Text	Text	Text	Yes/No
DEAD	LinStatic	Zero		Yes
MODAL	LinModal	Zero		Yes
Q	LinStatic	Zero		Yes
EX	LinRespSpec		MODAL	Yes
EY	LinRespSpec		MODAL	Yes

Table: Area Section Properties, Part 1 of 3

Section	Material	MatAngle	AreaType	Type	Thickness	BendThick	Arc	InComp
Text	Text	Degrees	Text	Text	m	m	Degrees	Yes/No
ASEC1	CONC	0,000	Shell	Shell-Thin	1,000000	1,000000		
D10	C20	0,000	Shell	Shell-Thin	0,100000	0,100000		
D15	C20	0,000	Shell	Shell-Thin	0,150000	0,150000		

Table: Area Section Properties, Part 2 of 3

Section	CoordSys	Color	TotalWt	TotalMass	F11Mod	F22Mod	F12Mod
Text	Text	Text	Ton	Ton-s2/m	Unitless	Unitless	Unitless
ASEC1		Blue	0,0000	0,00	1,000000	1,000000	1,000000
D10		Red	898,8538	89,89	1,000000	1,000000	1,000000
D15		Red	107,5874	10,76	1,000000	1,000000	1,000000

Table: Area Section Properties, Part 3 of 3

Section	M11Mod	M22Mod	M12Mod	V13Mod	V23Mod	MMod	WMod
Text	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
ASEC1	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
D10	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
D15	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000

Table: Case - Modal 1 - General

Case	ModeType	MaxNumModes	MinNumModes	EigenShift	EigenCutoff	EigenTol	AutoShift
Text	Text	Unitless	Unitless	Cyc/sec	Cyc/sec	Unitless	Text
MODAL	Eigen	12	1	0,0000E+00	0,0000E+00	1,0000E-09	No

Table: Case - Modal 2 - Load Assignments - Eigen

Case	LoadType	LoadName	TargetPar	StatCorrect
Text	Text	Text	Percent	Yes/No
MODAL	Acceleration	Accel UX	99,0000	No
MODAL	Acceleration	Accel UY	99,0000	No

Table: Case - Response Spectrum 1 - General

Case	ModalCombo	DirCombo	DampingType	ConstDamp	EccenRatio	NumOverride
Text	Text	Text	Text	Unitless	Unitless	Unitless
EX	CQC	SRSS	Constant	0,0500	0,000000	0
EY	CQC	SRSS	Constant	0,0500	0,000000	0

Table: Case - Response Spectrum 2 - Load Assignments

Case	LoadType	LoadName	CoordSys	Function	Angle	TransAccSF
Text	Text	Text	Text	Text	Degrees	m/sec2
EX	Acceleration	U1	GLOBAL	S	0,000	3,92400
EY	Acceleration	U2	GLOBAL	S	0,000	3,92400

Table: Case - Static 1 - Load Assignments

Case	LoadType	LoadName	LoadSF
Text	Text	Text	Unitless
DEAD	Load case	G	1,000000
Q	Load case	Q	1,000000

Table: Combination Definitions, Part 1 of 2

ComboName	ComboType	CaseType	CaseName	ScaleFactor	SteelDesign	ConcDesign
Text	Text	Text	Text	Unitless	Yes/No	Yes/No
1,4G+1,6Q	Linear Add	Linear Static	DEAD	1,400000	No	No
1,4G+1,6Q		Linear Static	Q	1,600000		
G+Q+EX+0,3EY	Linear Add	Linear Static	DEAD	1,000000	No	No
G+Q+EX+0,3EY		Response Spectrum	EX	0,250000		
G+Q+EX+0,3EY		Linear Static	Q	1,000000		
G+Q+EX+0,3EY		Response Spectrum	EY	0,075000		
G+Q+EY+0,3EX	Linear Add	Linear Static	DEAD	1,000000	No	No
G+Q+EY+0,3EX		Response Spectrum	EX	0,075000		
G+Q+EY+0,3EX		Linear Static	Q	1,000000		
G+Q+EY+0,3EX		Response Spectrum	EY	0,250000		

Table: Combination Definitions, Part 2 of 2

ComboName	CaseName	AlumDesign	ColdDesign
Text	Text	Yes/No	Yes/No
1,4G+1,6Q	DEAD	No	No
1,4G+1,6Q	Q		
G+Q+EX+0,3EY	DEAD	No	No
G+Q+EX+0,3EY	EX		
G+Q+EX+0,3EY	Q		
G+Q+EX+0,3EY	EY		
G+Q+EY+0,3EX	DEAD	No	No
G+Q+EY+0,3EX	EX		
G+Q+EY+0,3EX	Q		
G+Q+EY+0,3EX	EY		

Table: Coordinate Systems

Name	Type	X	Y	Z	AboutZ	AboutY	AboutX
Text	Text	m	m	m	Degrees	Degrees	Degrees
GLOBAL	Cartesian	0,00000	0,00000	0,00000	0,000	0,000	0,000

Table: Frame Section Properties 01 - General, Part 1 of 5

SectionName	Material	Shape	t3	t2	Area	TorsConst
Text	Text	Text	m	m	m2	m4
ASANSORPERDE	C20	SD Section			2,022500	0,054743
K10/35	C20	Rectangular	0,350000	0,100000	0,035000	0,000096
K25/105	C20	Rectangular	1,050000	0,250000	0,262500	0,004649
K25/60	C20	Rectangular	0,600000	0,250000	0,150000	0,002307
K35/35	C20	Rectangular	0,350000	0,350000	0,122500	0,002113
K40/35	C20	Rectangular	0,350000	0,400000	0,140000	0,002719
K60/35	C20	Rectangular	0,350000	0,600000	0,210000	0,005454
P210/30	C20	Rectangular	0,300000	2,100000	0,630000	0,017199
P280/30	C20	Rectangular	0,300000	2,800000	0,840000	0,023499
S45/40	C20	Rectangular	0,400000	0,450000	0,180000	0,004504
S60/40	C20	Rectangular	0,400000	0,600000	0,240000	0,007512
S60/60	C20	Rectangular	0,600000	0,600000	0,360000	0,018252
S65/30	C20	Rectangular	0,300000	0,650000	0,195000	0,004155
S70/30	C20	Rectangular	0,300000	0,700000	0,210000	0,004604
S80/30	C20	Rectangular	0,300000	0,800000	0,240000	0,005502
SR25	C20	Circle	0,500000		0,196350	0,006136

Table: Frame Section Properties 01 - General, Part 2 of 5

SectionName	I33	I22	AS2	AS3	S33	S22	Z33
Text	m4	m4	m2	m2	m3	m3	m3
ASANSORPERDE	1,122861	2,982734	1,258116	0,753567	0,752091	1,955891	1,315185
K10/35	0,000357	0,000029	0,029167	0,029167	0,002042	0,000583	0,003063
K25/105	0,024117	0,001367	0,218750	0,218750	0,045938	0,010938	0,068906
K25/60	0,004500	0,000781	0,125000	0,125000	0,015000	0,006250	0,022500
K35/35	0,001251	0,001251	0,102083	0,102083	0,007146	0,007146	0,010719
K40/35	0,001429	0,001867	0,116667	0,116667	0,008167	0,009333	0,012250
K60/35	0,002144	0,006300	0,175000	0,175000	0,012250	0,021000	0,018375
P210/30	0,004725	0,231525	0,525000	0,525000	0,031500	0,220500	0,047250
P280/30	0,006300	0,548800	0,700000	0,700000	0,042000	0,392000	0,063000
S45/40	0,002400	0,003038	0,150000	0,150000	0,012000	0,013500	0,018000
S60/40	0,003200	0,007200	0,200000	0,200000	0,016000	0,024000	0,024000
S60/60	0,010800	0,010800	0,300000	0,300000	0,036000	0,036000	0,054000
S65/30	0,001463	0,006866	0,162500	0,162500	0,009750	0,021125	0,014625
S70/30	0,001575	0,008575	0,175000	0,175000	0,010500	0,024500	0,015750
S80/30	0,001800	0,012800	0,200000	0,200000	0,012000	0,032000	0,018000
SR25	0,003068	0,003068	0,176715	0,176715	0,012272	0,012272	0,020833

Table: Frame Section Properties 01 - General, Part 3 of 5

SectionName	Z22	R33	R22	ConcCol	ConcBeam	Color	TotalWt
Text	m3	m	m	Yes/No	Yes/No	Text	Ton
ASANSORPERDE	2,313906	0,745107	1,214403	No	No	Cyan	99,6081
K10/35	0,000875	0,101036	0,028868	No	Yes	Blue	776,6477
K25/105	0,016406	0,303109	0,072169	No	Yes	16744448	9,4500
K25/60	0,009375	0,173205	0,072169	No	Yes	8421631	241,4974
K35/35	0,010719	0,101036	0,101036	No	Yes	8454143	11,0250
K40/35	0,014000	0,101036	0,115470	No	Yes	8454016	284,0600
K60/35	0,031500	0,101036	0,173205	No	Yes	16777088	207,2438
P210/30	0,330750	0,086603	0,606218	Yes	No	12615935	62,0550
P280/30	0,588000	0,086603	0,808290	Yes	No	16744703	82,7400
S45/40	0,020250	0,115470	0,129904	Yes	No	Red	18,3600
S60/40	0,036000	0,115470	0,173205	Yes	No	4227327	70,9200
S60/60	0,054000	0,173205	0,173205	Yes	No	12615680	195,0300
S65/30	0,031688	0,086603	0,187639	Yes	No	DarkMagenta	39,0975
S70/30	0,036750	0,086603	0,202073	Yes	No	DarkBlue	20,6850
S80/30	0,048000	0,086603	0,230940	Yes	No	Gray8Dark	94,5600

SectionName	Z22	R33	R22	ConcCol	ConcBeam	Color	TotalWt
Text	m3	m	m	Yes/No	Yes/No	Text	Ton
SR25	0,020833	0,125000	0,125000	Yes	No	8388863	39,3681

Table: Frame Section Properties 01 - General, Part 4 of 5

SectionName	TotalMass	FromFile	AMod	A2Mod	A3Mod	JMod	I2Mod
Text	Ton-s2/m	Yes/No	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
ASANSORPERDE	9,96	No	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
K10/35	77,66	No	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
K25/105	0,95	No	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
K25/60	24,15	No	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
K35/35	1,10	No	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
K40/35	28,41	No	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
K60/35	20,72	No	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
P210/30	6,21	No	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
P280/30	8,27	No	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
S45/40	1,84	No	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
S60/40	7,09	No	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
S60/60	19,50	No	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
S65/30	3,91	No	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
S70/30	2,07	No	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
S80/30	9,46	No	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
SR25	3,94	No	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000

Table: Frame Section Properties 01 - General, Part 5 of 5

SectionName	I3Mod	MMod	WMod
Text	Unitless	Unitless	Unitless
ASANSORPERDE	1,000000	1,000000	1,000000
K10/35	1,000000	1,000000	1,000000
K25/105	1,000000	1,000000	1,000000
K25/60	1,000000	1,000000	1,000000
K35/35	1,000000	1,000000	1,000000
K40/35	1,000000	1,000000	1,000000
K60/35	1,000000	1,000000	1,000000
P210/30	1,000000	1,000000	1,000000
P280/30	1,000000	1,000000	1,000000
S45/40	1,000000	1,000000	1,000000
S60/40	1,000000	1,000000	1,000000
S60/60	1,000000	1,000000	1,000000
S65/30	1,000000	1,000000	1,000000
S70/30	1,000000	1,000000	1,000000
S80/30	1,000000	1,000000	1,000000
SR25	1,000000	1,000000	1,000000

Table: Frame Section Properties 02 - Concrete Column, Part 2 of 2

SectionName	ReinfType
Text	Text
P210/30	Check
P280/30	Check
S45/40	Check
S60/40	Check
S60/60	Check
S65/30	Check
S70/30	Check
S80/30	Check
SR25	Design

Table: Frame Section Properties 03 - Concrete Beam

SectionName	RebarMat	TopCover	BotCover	TopLeftArea	TopRghtArea	BotLeftArea	BotRghtArea
Text	Text	m	m	m2	m2	m2	m2
K10/35	REBAR	0,010000	0,010000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
K25/105	REBAR	0,030000	0,030000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
K25/60	REBAR	0,030000	0,030000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
K35/35	REBAR	0,030000	0,030000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
K40/35	REBAR	0,030000	0,030000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
K60/35	REBAR	0,030000	0,030000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

Table: Function - Response Spectrum - UBC94

Name	Period	Accel	FuncDamp	Z	SoilType
Text	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Text
S	0,000000	0,400000	0,500000	0,400000	3
S	0,200000	1,000000			
S	0,915000	1,000000			
S	1,200000	0,762667			
S	1,400000	0,653714			
S	1,600000	0,572000			
S	1,800000	0,508444			
S	2,000000	0,457600			
S	2,500000	0,366080			
S	3,000000	0,305067			
S	3,500000	0,261486			
S	4,000000	0,228800			
S	4,500000	0,203378			
S	5,000000	0,183040			
S	5,500000	0,166400			
S	6,000000	0,152533			
S	6,500000	0,140800			
S	7,000000	0,130743			
S	7,500000	0,122027			
S	8,000000	0,114400			
S	8,500000	0,107671			
S	9,000000	0,101689			
S	9,500000	0,096337			
S	10,000000	0,091520			

Table: Function - Response Spectrum - User

Name	Period	Accel	FuncDamp
Text	Sec	Unitless	Unitless
UNIFRS	0,000000	1,000000	0,050000
UNIFRS	1,000000	1,000000	

Table: Function - Time History - User

Name	Time	Value
Text	Sec	Unitless
RAMPTH	0,0000	0,000000
RAMPTH	1,0000	1,000000
RAMPTH	4,0000	1,000000
UNIFTH	0,0000	1,000000
UNIFTH	1,0000	1,000000

Table: Load Case Definitions

LoadCase	DesignType	SelfWtMult	AutoLoad
Text	Text	Unitless	Text
G	DEAD	1,000000	
Q	LIVE	0,000000	

Table: Material Properties 01 - General, Part 1 of 2

Material	Type	DesignType	UnitMass	UnitWeight	E	U	A
Text	Text	Text	Ton-s2/m4	Ton/m3	Ton/m2	Unitless	1/C
ALUM	Isotropic	Aluminum	2,7680E-01	2,7126E+00	7101003,22	0,330000	2,3580E-05
C20	Isotropic	Concrete	2,5000E-01	2,5000E+00	2800000,00	0,200000	1,1700E-05
CLDFRM	Isotropic	ColdFormed	8,0038E-01	7,8490E+00	20740553,97	0,300000	1,1700E-05
CONC	Isotropic	Concrete	2,4501E-01	2,4028E+00	2531050,65	0,200000	9,9000E-06
OTHER	Isotropic	None	2,4480E-01	2,4026E+00	2531050,65	0,200000	9,9000E-06
REBAR	Uniaxial	Rebar	8,0038E-01	7,8490E+00	20389019,16	0,000000	1,1700E-05
STEEL	Isotropic	Steel	8,0038E-01	7,8490E+00	20389019,16	0,300000	1,1700E-05

Table: Material Properties 03 - Design Steel

Material	Fy	Fu
Text	Ton/m2	Ton/m2
STEEL	25310,51	40778,04

Table: Material Properties 04 - Design Concrete

Material	Fc	RebarFy	RebarFys	LtWtConc	LtWtFact
Text	Ton/m2	Ton/m2	Ton/m2	Yes/No	Unitless
C20	1300,00	36500,00	36500,00	No	1,000000
CONC	2812,28	42184,18	28122,79	No	1,000000

Table: Material Properties 08 - Time Dependence For Concrete, Part 1 of 2

Material	E	Creep	Shrinkage	S	RelHumid	NotionSize	BetaSC	ShrinkStart
Text	Yes/No	Yes/No	Yes/No	Unitless	Percent	m	Unitless	Unitless
C20	No	No	No	0,250000	50,0000	100,000000	5,000000	0,000000
CONC	No	No	No	0,250000	50,0000	0,100000	5,000000	0,000000

Table: Material Properties 08 - Time Dependence For Concrete, Part 2 of 2

Material	BetaSC	CreepType
Text	Unitless	Text
C20	5,000000	Full Integration
CONC	5,000000	Full Integration

Table: Material Properties 09 - Stress-Strain Curves 1 - General

Material	HysType
Text	Text
ALUM	Kinematic
C20	Kinematic
CLDFRM	Kinematic
CONC	Takeda
REBAR	Kinematic

Material	HysType
Text	Text
STEEL	Kinematic

Table: Material Properties 11 - Design Rebar

Material	Fy	Fu
Text	Ton/m2	Ton/m2
REBAR	42184,18	63276,27

Table: Program Control, Part 1 of 2

ProgramName	Version	ProgLevel	LicenseOS	LicenseSC	LicenseBR	LicenseHT	CurrUnits
Text	Text	Text	Yes/No	Yes/No	Yes/No	Yes/No	Text
SAP2000	10.0.1	Advanced	Yes	Yes	Yes	No	Ton, m, C

Table: Program Control, Part 2 of 2

SteelCode	ConcCode	AlumCode	ColdCode
Text	Text	Text	Text
AISC-LRFD93	ACI 318-99	AA-ASD 2000	AISI-ASD96

Ek 2 : 4. Derece Deprem Bölgesi İçin SAP 2000 Hesap Verileri:

Table: Active Degrees of Freedom

UX	UY	UZ	RX	RY	RZ
Yes/No	Yes/No	Yes/No	Yes/No	Yes/No	Yes/No
Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes

Table: Analysis Case Definitions

Case	Type	InitialCond	ModalCase	RunCase
Text	Text	Text	Text	Yes/No
DEAD	LinStatic	Zero		Yes
MODAL	LinModal	Zero		Yes
Q	LinStatic	Zero		Yes
EX	LinRespSpec		MODAL	Yes
EY	LinRespSpec		MODAL	Yes

Table: Area Section Properties, Part 1 of 3

Section	Material	MatAngle	AreaType	Type	Thickness	BendThick	Arc	InComp
Text	Text	Degrees	Text	Text	m	m	Degrees	Yes/No
ASEC1	CONC	0,000	Shell	Shell-Thin	1,000000	1,000000		
D10	C20	0,000	Shell	Shell-Thin	0,100000	0,100000		
D15	C20	0,000	Shell	Shell-Thin	0,150000	0,150000		

Table: Area Section Properties, Part 2 of 3

Section	CoordSys	Color	TotalWt	TotalMass	F11Mod	F22Mod	F12Mod
Text	Text	Text	Ton	Ton-s2/m	Unitless	Unitless	Unitless
ASEC1		Blue	0,0000	0,00	1,000000	1,000000	1,000000
D10		Red	898,8538	89,89	1,000000	1,000000	1,000000
D15		Red	107,5874	10,76	1,000000	1,000000	1,000000

Table: Area Section Properties, Part 3 of 3

Section	M11Mod	M22Mod	M12Mod	V13Mod	V23Mod	MMod	WMod
Text	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
ASEC1	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
D10	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
D15	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000

Table: Case - Modal 1 - General

Case	ModeType	MaxNumModes	MinNumModes	EigenShift	EigenCutoff	EigenTol	AutoShift
Text	Text	Unitless	Unitless	Cyc/sec	Cyc/sec	Unitless	Text
MODAL	Eigen	12	1	0,0000E+00	0,0000E+00	1,0000E-09	No

Table: Case - Modal 2 - Load Assignments - Eigen

Case	LoadType	LoadName	TargetPar	StatCorrect
Text	Text	Text	Percent	Yes/No
MODAL	Acceleration	Accel UX	99,0000	No
MODAL	Acceleration	Accel UY	99,0000	No

Table: Case - Response Spectrum 1 - General

Case	ModalCombo	DirCombo	DampingType	ConstDamp	EccenRatio	NumOverride
Text	Text	Text	Text	Unitless	Unitless	Unitless
EX	CQC	SRSS	Constant	0,0500	0,000000	0
EY	CQC	SRSS	Constant	0,0500	0,000000	0

Table: Case - Response Spectrum 2 - Load Assignments

Case	LoadType	LoadName	CoordSys	Function	Angle	TransAccSF
Text	Text	Text	Text	Text	Degrees	m/sec2
EX	Acceleration	U1	GLOBAL	S	0,000	0,98100
EY	Acceleration	U2	GLOBAL	S	0,000	0,98100

Table: Case - Static 1 - Load Assignments

Case	LoadType	LoadName	LoadSF
Text	Text	Text	Unitless
DEAD	Load case	G	1,000000
Q	Load case	Q	1,000000

Table: Combination Definitions, Part 1 of 2

ComboName	ComboType	CaseType	CaseName	ScaleFactor	SteelDesign	ConcDesign
Text	Text	Text	Text	Unitless	Yes/No	Yes/No
1,4G+1,6Q	Linear Add	Linear Static	DEAD	1,400000	No	No
1,4G+1,6Q		Linear Static	Q	1,600000		
G+Q+EX+0,3EY	Linear Add	Linear Static	DEAD	1,000000	No	No
G+Q+EX+0,3EY		Response Spectrum	EX	0,250000		
G+Q+EX+0,3EY		Linear Static	Q	1,000000		
G+Q+EX+0,3EY		Response Spectrum	EY	0,075000		
G+Q+EY+0,3EX	Linear Add	Linear Static	DEAD	1,000000	No	No
G+Q+EY+0,3EX		Response Spectrum	EX	0,075000		
G+Q+EY+0,3EX		Linear Static	Q	1,000000		
G+Q+EY+0,3EX		Response Spectrum	EY	0,250000		

Table: Combination Definitions, Part 2 of 2

ComboName	CaseName	AlumDesign	ColdDesign
Text	Text	Yes/No	Yes/No
1,4G+1,6Q	DEAD	No	No
1,4G+1,6Q	Q		
G+Q+EX+0,3EY	DEAD	No	No
G+Q+EX+0,3EY	EX		
G+Q+EX+0,3EY	Q		
G+Q+EX+0,3EY	EY		
G+Q+EY+0,3EX	DEAD	No	No
G+Q+EY+0,3EX	EX		
G+Q+EY+0,3EX	Q		
G+Q+EY+0,3EX	EY		

Table: Coordinate Systems

Name	Type	X	Y	Z	AboutZ	AboutY	AboutX
Text	Text	m	m	m	Degrees	Degrees	Degrees
GLOBAL	Cartesian	0,00000	0,00000	0,00000	0,000	0,000	0,000

Table: Frame Section Properties 01 - General, Part 1 of 5

SectionName	Material	Shape	t3	t2	Area	TorsConst
Text	Text	Text	m	m	m2	m4
ASANSORPERDE	C20	SD Section			2,022500	0,054743
K10/35	C20	Rectangular	0,350000	0,100000	0,035000	0,000096
K25/105	C20	Rectangular	1,050000	0,250000	0,262500	0,004649
K25/60	C20	Rectangular	0,600000	0,250000	0,150000	0,002307
K35/35	C20	Rectangular	0,350000	0,350000	0,122500	0,002113
K40/35	C20	Rectangular	0,350000	0,400000	0,140000	0,002719
K60/35	C20	Rectangular	0,350000	0,600000	0,210000	0,005454
P210/30	C20	Rectangular	0,300000	2,100000	0,630000	0,017199
P280/30	C20	Rectangular	0,300000	2,800000	0,840000	0,023499
S45/40	C20	Rectangular	0,400000	0,450000	0,180000	0,004504
S60/40	C20	Rectangular	0,400000	0,600000	0,240000	0,007512
S60/60	C20	Rectangular	0,600000	0,600000	0,360000	0,018252
S65/30	C20	Rectangular	0,300000	0,650000	0,195000	0,004155
S70/30	C20	Rectangular	0,300000	0,700000	0,210000	0,004604
S80/30	C20	Rectangular	0,300000	0,800000	0,240000	0,005502
SR25	C20	Circle	0,500000		0,196350	0,006136

Table: Frame Section Properties 01 - General, Part 2 of 5

SectionName	I33	I22	AS2	AS3	S33	S22	Z33
Text	m4	m4	m2	m2	m3	m3	m3
ASANSORPERDE	1,122861	2,982734	1,258116	0,753567	0,752091	1,955891	1,315185
K10/35	0,000357	0,000029	0,029167	0,029167	0,002042	0,000583	0,003063
K25/105	0,024117	0,001367	0,218750	0,218750	0,045938	0,010938	0,068906
K25/60	0,004500	0,000781	0,125000	0,125000	0,015000	0,006250	0,022500
K35/35	0,001251	0,001251	0,102083	0,102083	0,007146	0,007146	0,010719
K40/35	0,001429	0,001867	0,116667	0,116667	0,008167	0,009333	0,012250
K60/35	0,002144	0,006300	0,175000	0,175000	0,012250	0,021000	0,018375
P210/30	0,004725	0,231525	0,525000	0,525000	0,031500	0,220500	0,047250
P280/30	0,006300	0,548800	0,700000	0,700000	0,042000	0,392000	0,063000
S45/40	0,002400	0,003038	0,150000	0,150000	0,012000	0,013500	0,018000
S60/40	0,003200	0,007200	0,200000	0,200000	0,016000	0,024000	0,024000
S60/60	0,010800	0,010800	0,300000	0,300000	0,036000	0,036000	0,054000
S65/30	0,001463	0,006866	0,162500	0,162500	0,009750	0,021125	0,014625
S70/30	0,001575	0,008575	0,175000	0,175000	0,010500	0,024500	0,015750
S80/30	0,001800	0,012800	0,200000	0,200000	0,012000	0,032000	0,018000
SR25	0,003068	0,003068	0,176715	0,176715	0,012272	0,012272	0,020833

Table: Frame Section Properties 01 - General, Part 3 of 5

SectionName	Z22	R33	R22	ConcCol	ConcBeam	Color	TotalWt
Text	m3	m	m	Yes/No	Yes/No	Text	Ton
ASANSORPERDE	2,313906	0,745107	1,214403	No	No	Cyan	99,6081
K10/35	0,000875	0,101036	0,028868	No	Yes	Blue	776,6477
K25/105	0,016406	0,303109	0,072169	No	Yes	16744448	9,4500
K25/60	0,009375	0,173205	0,072169	No	Yes	8421631	241,4974
K35/35	0,010719	0,101036	0,101036	No	Yes	8454143	11,0250
K40/35	0,014000	0,101036	0,115470	No	Yes	8454016	284,0600
K60/35	0,031500	0,101036	0,173205	No	Yes	16777088	207,2438
P210/30	0,330750	0,086603	0,606218	Yes	No	12615935	62,0550
P280/30	0,588000	0,086603	0,808290	Yes	No	16744703	82,7400
S45/40	0,020250	0,115470	0,129904	Yes	No	Red	18,3600
S60/40	0,036000	0,115470	0,173205	Yes	No	4227327	70,9200
S60/60	0,054000	0,173205	0,173205	Yes	No	12615680	195,0300
S65/30	0,031688	0,086603	0,187639	Yes	No	DarkMagenta	39,0975
S70/30	0,036750	0,086603	0,202073	Yes	No	DarkBlue	20,6850
S80/30	0,048000	0,086603	0,230940	Yes	No	Gray8Dark	94,5600

SectionName	Z22	R33	R22	ConcCol	ConcBeam	Color	TotalWt
Text	m3	m	m	Yes/No	Yes/No	Text	Ton
SR25	0,020833	0,125000	0,125000	Yes	No	8388863	39,3681

Table: Frame Section Properties 01 - General, Part 4 of 5

SectionName	TotalMass	FromFile	AMod	A2Mod	A3Mod	JMod	I2Mod
Text	Ton-s2/m	Yes/No	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
ASANSORPERDE	9,96	No	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
K10/35	77,66	No	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
K25/105	0,95	No	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
K25/60	24,15	No	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
K35/35	1,10	No	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
K40/35	28,41	No	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
K60/35	20,72	No	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
P210/30	6,21	No	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
P280/30	8,27	No	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
S45/40	1,84	No	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
S60/40	7,09	No	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
S60/60	19,50	No	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
S65/30	3,91	No	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
S70/30	2,07	No	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
S80/30	9,46	No	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
SR25	3,94	No	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000

Table: Frame Section Properties 01 - General, Part 5 of 5

SectionName	I3Mod	MMod	WMod
Text	Unitless	Unitless	Unitless
ASANSORPERDE	1,000000	1,000000	1,000000
K10/35	1,000000	1,000000	1,000000
K25/105	1,000000	1,000000	1,000000
K25/60	1,000000	1,000000	1,000000
K35/35	1,000000	1,000000	1,000000
K40/35	1,000000	1,000000	1,000000
K60/35	1,000000	1,000000	1,000000
P210/30	1,000000	1,000000	1,000000
P280/30	1,000000	1,000000	1,000000
S45/40	1,000000	1,000000	1,000000
S60/40	1,000000	1,000000	1,000000
S60/60	1,000000	1,000000	1,000000
S65/30	1,000000	1,000000	1,000000
S70/30	1,000000	1,000000	1,000000
S80/30	1,000000	1,000000	1,000000
SR25	1,000000	1,000000	1,000000

Table: Frame Section Properties 02 - Concrete Column, Part 2 of 2

SectionName	ReinfType
Text	Text
P210/30	Check
P280/30	Check
S45/40	Check
S60/40	Check
S60/60	Check
S65/30	Check
S70/30	Check
S80/30	Check
SR25	Design

Table: Frame Section Properties 03 - Concrete Beam

SectionName	RebarMat	TopCover	BotCover	TopLeftArea	TopRghtArea	BotLeftArea	BotRghtArea
Text	Text	m	m	m2	m2	m2	m2
K10/35	REBAR	0,010000	0,010000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
K25/105	REBAR	0,030000	0,030000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
K25/60	REBAR	0,030000	0,030000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
K35/35	REBAR	0,030000	0,030000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
K40/35	REBAR	0,030000	0,030000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
K60/35	REBAR	0,030000	0,030000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

Table: Function - Response Spectrum - UBC94

Name	Period	Accel	FuncDamp	Z	SoilType
Text	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Text
S	0,000000	0,400000	0,500000	0,400000	3
S	0,200000	1,000000			
S	0,915000	1,000000			
S	1,200000	0,762667			
S	1,400000	0,653714			
S	1,600000	0,572000			
S	1,800000	0,508444			
S	2,000000	0,457600			
S	2,500000	0,366080			
S	3,000000	0,305067			
S	3,500000	0,261486			
S	4,000000	0,228800			
S	4,500000	0,203378			
S	5,000000	0,183040			
S	5,500000	0,166400			
S	6,000000	0,152533			
S	6,500000	0,140800			
S	7,000000	0,130743			
S	7,500000	0,122027			
S	8,000000	0,114400			
S	8,500000	0,107671			
S	9,000000	0,101689			
S	9,500000	0,096337			
S	10,000000	0,091520			

Table: Function - Response Spectrum - User

Name	Period	Accel	FuncDamp
Text	Sec	Unitless	Unitless
UNIFRS	0,000000	1,000000	0,050000
UNIFRS	1,000000	1,000000	

Table: Load Case Definitions

LoadCase	DesignType	SelfWtMult	AutoLoad
Text	Text	Unitless	Text
G	DEAD	1,000000	
Q	LIVE	0,000000	

Table: Material Properties 01 - General, Part 1 of 2

Material	Type	DesignType	UnitMass	UnitWeight	E	U	A
Text	Text	Text	Ton-s2/m4	Ton/m3	Ton/m2	Unitless	1/C
ALUM	Isotropic	Aluminum	2,7680E-01	2,7126E+00	7101003,22	0,330000	2,3580E-05
C20	Isotropic	Concrete	2,5000E-01	2,5000E+00	2800000,00	0,200000	1,1700E-05
CLDFRM	Isotropic	ColdFormed	8,0038E-01	7,8490E+00	20740553,97	0,300000	1,1700E-05
CONC	Isotropic	Concrete	2,4501E-01	2,4028E+00	2531050,65	0,200000	9,9000E-06
OTHER	Isotropic	None	2,4480E-01	2,4026E+00	2531050,65	0,200000	9,9000E-06
REBAR	Uniaxial	Rebar	8,0038E-01	7,8490E+00	20389019,16	0,000000	1,1700E-05
STEEL	Isotropic	Steel	8,0038E-01	7,8490E+00	20389019,16	0,300000	1,1700E-05

Table: Material Properties 03 - Design Steel

Material	Fy	Fu
Text	Ton/m2	Ton/m2
STEEL	25310,51	40778,04

Table: Material Properties 04 - Design Concrete

Material	Fc	RebarFy	RebarFys	LtWtConc	LtWtFact
Text	Ton/m2	Ton/m2	Ton/m2	Yes/No	Unitless
C20	1300,00	36500,00	36500,00	No	1,000000
CONC	2812,28	42184,18	28122,79	No	1,000000

Table: Material Properties 08 - Time Dependence For Concrete, Part 1 of 2

Material	E	Creep	Shrinkage	S	RelHumid	NotionSize	BetaSC	ShrinkStart
Text	Yes/No	Yes/No	Yes/No	Unitless	Percent	m	Unitless	Unitless
C20	No	No	No	0,250000	50,0000	100,000000	5,000000	0,000000
CONC	No	No	No	0,250000	50,0000	0,100000	5,000000	0,000000

Table: Material Properties 08 - Time Dependence For Concrete, Part 2 of 2

Material	BetaSC	CreepType
Text	Unitless	Text
C20	5,000000	Full Integration
CONC	5,000000	Full Integration

Table: Material Properties 09 - Stress-Strain Curves 1 - General

Material	HysType
Text	Text
ALUM	Kinematic
C20	Kinematic
CLDFRM	Kinematic
CONC	Takeda
REBAR	Kinematic
STEEL	Kinematic

Table: Material Properties 11 - Design Rebar

Material	Fy	Fu
Text	Ton/m2	Ton/m2
REBAR	42184,18	63276,27

Table: Program Control, Part 1 of 2

ProgramName	Version	ProgLevel	LicenseOS	LicenseSC	LicenseBR	LicenseHT	CurrUnits
Text	Text	Text	Yes/No	Yes/No	Yes/No	Yes/No	Text
SAP2000	10.0.1	Advanced	Yes	Yes	Yes	No	Ton, m, C

Table: Program Control, Part 2 of 2

SteelCode	ConcCode	AlumCode	ColdCode
Text	Text	Text	Text
AISC-LRFD93	ACI 318-99	AA-ASD 2000	AISI-ASD96

Ek 3 : İzolatörlü Sistem İçin SAP 2000 Hesap Verileri:

Table: Active Degrees of Freedom

UX	UY	UZ	RX	RY	RZ
Yes/No	Yes/No	Yes/No	Yes/No	Yes/No	Yes/No
Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes

Table: Analysis Case Definitions

Case	Type	InitialCond	ModalCase	RunCase
Text	Text	Text	Text	Yes/No
DEAD	LinStatic	Zero		Yes
MODAL	LinModal	Zero		Yes
Q	LinStatic	Zero		Yes
elcentro x	NonModHist	Zero	MODAL	Yes
elcentro y	NonModHist	Zero	MODAL	Yes

Table: Area Section Properties, Part 1 of 3

Section	Material	MatAngle	AreaType	Type	Thickness	BendThick	Arc	InComp
Text	Text	Degrees	Text	Text	m	m	Degrees	Yes/No
ASEC1	CONC	0,000	Shell	Shell-Thin	1,000000	1,000000		
D10	C20	0,000	Shell	Shell-Thin	0,100000	0,100000		
D15	C20	0,000	Shell	Shell-Thin	0,150000	0,150000		

Table: Area Section Properties, Part 2 of 3

Section	CoordSys	Color	TotalWt	TotalMass	F11Mod	F22Mod	F12Mod
Text	Text	Text	Ton	Ton-s2/m	Unitless	Unitless	Unitless
ASEC1		Blue	0,0000	0,00	1,000000	1,000000	1,000000
D10		Red	898,8699	89,89	1,000000	1,000000	1,000000
D15		Red	50,9438	5,09	1,000000	1,000000	1,000000

Table: Area Section Properties, Part 3 of 3

Section	M11Mod	M22Mod	M12Mod	V13Mod	V23Mod	MMod	WMod
Text	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
ASEC1	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
D10	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
D15	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000

Table: Case - Modal 1 - General

Case	ModeType	MaxNumModes	MinNumModes	EigenShift	EigenCutoff	EigenTol	AutoShift
Text	Text	Unitless	Unitless	Cyc/sec	Cyc/sec	Unitless	Text
MODAL	Eigen	12	1	0,0000E+00	0,0000E+00	1,0000E-09	No

Table: Case - Modal 2 - Load Assignments - Eigen

Case	LoadType	LoadName	TargetPar	StatCorrect
Text	Text	Text	Percent	Yes/No
MODAL	Acceleration	Accel UX	99,0000	No
MODAL	Acceleration	Accel UY	99,0000	No

Table: Case - Static 1 - Load Assignments

Case	LoadType	LoadName	LoadSF
Text	Text	Text	Unitless
DEAD	Load case	G	1,000000
Q	Load case	Q	1,000000

Table: Combination Definitions, Part 1 of 2

ComboName	ComboType	CaseType	CaseName	ScaleFactor	SteelDesign	ConcDesign
Text	Text	Text	Text	Unitless	Yes/No	Yes/No
1,4G+1,6Q	Linear Add	Linear Static	DEAD	1,400000	No	No
1,4G+1,6Q		Linear Static	Q	1,600000		
elcentro1	Linear Add	NonLin Modal Hist	elcentro x	1,000000	No	No
G+Q+EX+0,3EY	Linear Add	NonLin Modal Hist	elcentro x	0,500000	No	No
G+Q+EX+0,3EY		Linear Static	DEAD	1,000000		
G+Q+EX+0,3EY		Linear Static	Q	1,000000		
G+Q+EX+0,3EY		NonLin Modal Hist	elcentro y	0,150000		
G+Q+EY+0,3EX	Linear Add	NonLin Modal Hist	elcentro x	0,150000	No	No
G+Q+EY+0,3EX		Linear Static	DEAD	1,000000		
G+Q+EY+0,3EX		Linear Static	Q	1,000000		
G+Q+EY+0,3EX		NonLin Modal Hist	elcentro y	0,500000		
G+Q-EX-0,3EY	Linear Add	NonLin Modal Hist	elcentro x	-0,500000	No	No
G+Q-EX-0,3EY		Linear Static	DEAD	1,000000		
G+Q-EX-0,3EY		Linear Static	Q	1,000000		
G+Q-EX-0,3EY		NonLin Modal Hist	elcentro y	-0,150000		
G+Q-EY-E0,3EX	Linear Add	NonLin Modal Hist	elcentro x	-0,150000	No	No
G+Q-EY-E0,3EX		Linear Static	DEAD	1,000000		
G+Q-EY-E0,3EX		Linear Static	Q	1,000000		
G+Q-EY-E0,3EX		NonLin Modal Hist	elcentro y	-0,500000		

Table: Combination Definitions, Part 2 of 2

ComboName	CaseName	AlumDesign	ColdDesign
Text	Text	Yes/No	Yes/No
1,4G+1,6Q	DEAD	No	No
1,4G+1,6Q	Q		
elcentro1	elcentro x	No	No
G+Q+EX+0,3EY	elcentro x	No	No
G+Q+EX+0,3EY	DEAD		
G+Q+EX+0,3EY	Q		
G+Q+EX+0,3EY	elcentro y		
G+Q+EY+0,3EX	elcentro x	No	No
G+Q+EY+0,3EX	DEAD		
G+Q+EY+0,3EX	Q		
G+Q+EY+0,3EX	elcentro y		
G+Q-EX-0,3EY	elcentro x	No	No
G+Q-EX-0,3EY	DEAD		
G+Q-EX-0,3EY	Q		
G+Q-EX-0,3EY	elcentro y		
G+Q-EY-E0,3EX	elcentro x	No	No
G+Q-EY-E0,3EX	DEAD		
G+Q-EY-E0,3EX	Q		
G+Q-EY-E0,3EX	elcentro y		

Table: Coordinate Systems

Name	Type	X	Y	Z	AboutZ	AboutY	AboutX
Text	Text	m	m	m	Degrees	Degrees	Degrees
GLOBAL	Cartesian	0,00000	0,00000	0,00000	0,000	0,000	0,000

Table: Frame Section Properties 01 - General, Part 1 of 5

SectionName	Material	Shape	t3	t2	Area	TorsConst
Text	Text	Text	m	m	m2	m4
ASANSORPERDE	C20	SD Section			2,022500	0,054743
K10/35	C20	Rectangular	0,350000	0,100000	0,035000	0,000096
K25/105	C20	Rectangular	1,050000	0,250000	0,262500	0,004649
K25/60	C20	Rectangular	0,600000	0,250000	0,150000	0,002307
K35/35	C20	Rectangular	0,350000	0,350000	0,122500	0,002113
K40/35	C20	Rectangular	0,350000	0,400000	0,140000	0,002719
K60/35	C20	Rectangular	0,350000	0,600000	0,210000	0,005454
P210/30	C20	Rectangular	0,300000	2,100000	0,630000	0,017199
P280/30	C20	Rectangular	0,300000	2,800000	0,840000	0,023499
S45/40	C20	Rectangular	0,400000	0,450000	0,180000	0,004504
S60/40	C20	Rectangular	0,400000	0,600000	0,240000	0,007512
S60/60	C20	Rectangular	0,600000	0,600000	0,360000	0,018252
S65/30	C20	Rectangular	0,300000	0,650000	0,195000	0,004155
S70/30	C20	Rectangular	0,300000	0,700000	0,210000	0,004604
S80/30	C20	Rectangular	0,300000	0,800000	0,240000	0,005502
SR25	C20	Circle	0,500000		0,196350	0,006136

Table: Frame Section Properties 01 - General, Part 2 of 5

SectionName	I33	I22	AS2	AS3	S33	S22	Z33
Text	m4	m4	m2	m2	m3	m3	m3
ASANSORPERDE	1,122861	2,982734	1,258116	0,753567	0,752091	1,955891	1,315185
K10/35	0,000357	0,000029	0,029167	0,029167	0,002042	0,000583	0,003063
K25/105	0,024117	0,001367	0,218750	0,218750	0,045938	0,010938	0,068906
K25/60	0,004500	0,000781	0,125000	0,125000	0,015000	0,006250	0,022500
K35/35	0,001251	0,001251	0,102083	0,102083	0,007146	0,007146	0,010719
K40/35	0,001429	0,001867	0,116667	0,116667	0,008167	0,009333	0,012250
K60/35	0,002144	0,006300	0,175000	0,175000	0,012250	0,021000	0,018375
P210/30	0,004725	0,231525	0,525000	0,525000	0,031500	0,220500	0,047250
P280/30	0,006300	0,548800	0,700000	0,700000	0,042000	0,392000	0,063000
S45/40	0,002400	0,003038	0,150000	0,150000	0,012000	0,013500	0,018000
S60/40	0,003200	0,007200	0,200000	0,200000	0,016000	0,024000	0,024000
S60/60	0,010800	0,010800	0,300000	0,300000	0,036000	0,036000	0,054000
S65/30	0,001463	0,006866	0,162500	0,162500	0,009750	0,021125	0,014625
S70/30	0,001575	0,008575	0,175000	0,175000	0,010500	0,024500	0,015750
S80/30	0,001800	0,012800	0,200000	0,200000	0,012000	0,032000	0,018000
SR25	0,003068	0,003068	0,176715	0,176715	0,012272	0,012272	0,020833

Table: Frame Section Properties 01 - General, Part 3 of 5

SectionName	Z22	R33	R22	ConcCol	ConcBeam	Color	TotalWt
Text	m3	m	m	Yes/No	Yes/No	Text	Ton
ASANSORPERDE	2,313906	0,745107	1,214403	No	No	Cyan	97,0800
K10/35	0,000875	0,101036	0,028868	No	Yes	Blue	0,0000
K25/105	0,016406	0,303109	0,072169	No	Yes	16744448	0,0000
K25/60	0,009375	0,173205	0,072169	No	Yes	8421631	371,5099
K35/35	0,010719	0,101036	0,101036	No	Yes	8454143	5,4819
K40/35	0,014000	0,101036	0,115470	No	Yes	8454016	300,4750
K60/35	0,031500	0,101036	0,173205	No	Yes	16777088	207,2438
P210/30	0,330750	0,086603	0,606218	Yes	No	12615935	60,4800
P280/30	0,588000	0,086603	0,808290	Yes	No	16744703	80,6400
S45/40	0,020250	0,115470	0,129904	Yes	No	Red	17,9100
S60/40	0,036000	0,115470	0,173205	Yes	No	4227327	69,1200
S60/60	0,054000	0,173205	0,173205	Yes	No	12615680	190,0800
S65/30	0,031688	0,086603	0,187639	Yes	No	DarkMagenta	38,1225
S70/30	0,036750	0,086603	0,202073	Yes	No	DarkBlue	20,1600
S80/30	0,048000	0,086603	0,230940	Yes	No	Gray8Dark	92,1600

SectionName	Z22	R33	R22	ConcCol	ConcBeam	Color	TotalWt
Text	m3	m	m	Yes/No	Yes/No	Text	Ton
SR25	0,020833	0,125000	0,125000	Yes	No	8388863	38,3863

Table: Frame Section Properties 01 - General, Part 4 of 5

SectionName	TotalMass	FromFile	AMod	A2Mod	A3Mod	JMod	I2Mod
Text	Ton-s2/m	Yes/No	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
ASANSORPERDE	9,71	No	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
K10/35	0,00	No	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
K25/105	0,00	No	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
K25/60	37,15	No	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
K35/35	0,55	No	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
K40/35	30,05	No	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
K60/35	20,72	No	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
P210/30	6,05	No	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
P280/30	8,06	No	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
S45/40	1,79	No	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
S60/40	6,91	No	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
S60/60	19,01	No	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
S65/30	3,81	No	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
S70/30	2,02	No	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
S80/30	9,22	No	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
SR25	3,84	No	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000

Table: Frame Section Properties 01 - General, Part 5 of 5

SectionName	I3Mod	MMod	WMod
Text	Unitless	Unitless	Unitless
ASANSORPERDE	1,000000	1,000000	1,000000
K10/35	1,000000	1,000000	1,000000
K25/105	1,000000	1,000000	1,000000
K25/60	1,000000	1,000000	1,000000
K35/35	1,000000	1,000000	1,000000
K40/35	1,000000	1,000000	1,000000
K60/35	1,000000	1,000000	1,000000
P210/30	1,000000	1,000000	1,000000
P280/30	1,000000	1,000000	1,000000
S45/40	1,000000	1,000000	1,000000
S60/40	1,000000	1,000000	1,000000
S60/60	1,000000	1,000000	1,000000
S65/30	1,000000	1,000000	1,000000
S70/30	1,000000	1,000000	1,000000
S80/30	1,000000	1,000000	1,000000
SR25	1,000000	1,000000	1,000000

Table: Frame Section Properties 02 - Concrete Column, Part 2 of 2

SectionName	ReinfType
Text	Text
P210/30	Check
P280/30	Check
S45/40	Check
S60/40	Check
S60/60	Check
“S65/30	Check
S70/30	Check
S80/30	Check
SR25	Design

Table: Frame Section Properties 03 - Concrete Beam

SectionName	RebarMat	TopCover	BotCover	TopLeftArea	TopRghtArea	BotLeftArea	BotRghtArea
Text	Text	m	m	m2	m2	m2	m2
K10/35	REBAR	0,010000	0,010000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
K25/105	REBAR	0,030000	0,030000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
K25/60	REBAR	0,030000	0,030000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
K35/35	REBAR	0,030000	0,030000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
K40/35	REBAR	0,030000	0,030000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
K60/35	REBAR	0,030000	0,030000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

Table: Function - Response Spectrum - UBC97

Name	Period	Accel	FuncDamp	Z	SoilType
Text	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Text
S	0,000000	0,400000	0,050000	0,400000	3
S	0,200000	1,000000			
S	0,915000	1,000000			
S	1,200000	0,762667			
S	1,400000	0,653714			
S	1,600000	0,572000			
S	1,800000	0,508444			
S	2,000000	0,457600			
S	2,500000	0,366080			
S	3,000000	0,305067			
S	3,500000	0,261486			
S	4,000000	0,228800			
S	4,500000	0,203378			
S	5,000000	0,183040			
S	5,500000	0,166400			
S	6,000000	0,152533			
S	6,500000	0,140800			
S	7,000000	0,130743			
S	7,500000	0,122027			
S	8,000000	0,114400			
S	8,500000	0,107671			
S	9,000000	0,101689			
S	9,500000	0,096337			
S	10,000000	0,091520			

Table: Function - Response Spectrum - User

Name	Period	Accel	FuncDamp
Text	Sec	Unitless	Unitless
UNIFRS	0,000000	1,000000	0,050000
UNIFRS	1,000000	1,000000	

Table: Function - Time History - User

Name	Time	Value
Text	Sec	Unitless
RAMPTH	0,0000	0,000000
RAMPTH	1,0000	1,000000
RAMPTH	4,0000	1,000000
UNIFTH	0,0000	1,000000
UNIFTH	1,0000	1,000000

Table: Link Property Definitions 01 - General, Part 1 of 2

Link	LinkType	Mass	Weight	RotInert1	RotInert2	RotInert3	PDM2I
Text	Text	Ton-s2/m	Ton	Ton-m-s2	Ton-m-s2	Ton-m-s2	Unitless
kaucuk izolator	Rubber Isolator	0,00	0,0000	0,00000	0,00000	0,00000	0,000000
LIN1	Linear	0,00	0,0000	0,00000	0,00000	0,00000	0,000000
surtunmeli izolator	Friction Isolator	0,00	0,0000	0,00000	0,00000	0,00000	0,000000

Table: Link Property Definitions 01 - General, Part 2 of 2

Link	PDM2J	PDM3I	PDM3J	Color
Text	Unitless	Unitless	Unitless	Text
kaucuk izolator	0,000000	0,000000	0,000000	Yellow
LIN1	0,000000	0,000000	0,000000	Green
surtunmeli izolator	0,000000	0,000000	0,000000	Yellow

Table: Link Property Definitions 02 - Linear

Link	DOF	Fixed	TransKE	TransCE
Text	Text	Yes/No	Ton/m	Ton-s/m
LIN1	U1	No	1,000	0,000

Table: Link Property Definitions 07 - Rubber Isolator, Part 1 of 2

Link	DOF	Fixed	NonLinear	TransKE	TransCE	DJ	TransK
Text	Text	Yes/No	Yes/No	Ton/m	Ton-s/m	m	Ton/m
kaucuk izolator	U1	No	No	140000,000	0,000		
kaucuk izolator	U2	No	Yes	110,000	0,000	0,00000	794,000
kaucuk izolator	U3	No	Yes	110,000	0,000	0,00000	794,000

Table: Link Property Definitions 07 - Rubber Isolator, Part 2 of 2

Link	DOF	TransYield	Ratio
Text	Text	Ton	Unitless
kaucuk izolator	U1		
kaucuk izolator	U2	7,9400	0,042800
kaucuk izolator	U3	7,9400	0,042800

Table: Link Property Definitions 08 - Sliding Isolator, Part 1 of 3

Link	DOF	Fixed	NonLinear	TransKE	RotKE	TransCE	RotCE
Text	Text	Yes/No	Yes/No	Ton/m	Ton-m/rad	Ton-s/m	Ton-m-s/rad
surtunmeli izolator	U1	No	Yes	17857,969		0,000	
surtunmeli izolator	U2	No	Yes	71,432		0,000	
surtunmeli izolator	R3	No	No		115,21250		0,000000

Table: Link Property Definitions 08 - Sliding Isolator, Part 2 of 3

Link	DOF	DJ	TransK	TransC	Slow	Fast	Rate
Text	Text	m	Ton/m	Ton*(s/m)^Cexp	Unitless	Unitless	sec/m
surtunmeli izolator	U1		17857,969	0,0000			
surtunmeli izolator	U2	0,00000	1785,797		0,030000	0,040000	787,402
surtunmeli izolator	R3						

Table: Link Property Definitions 08 - Sliding Isolator, Part 3 of 3

Link	DOF	Radius
Text	Text	m
surtunmeli izolator	U1	
surtunmeli izolator	U2	1,52400
surtunmeli izolator	R3	

Table: Load Case Definitions

LoadCase	DesignType	SelfWtMult	AutoLoad
Text	Text	Unitless	Text
G	DEAD	1,000000	
Q	LIVE	0,000000	

Table: Material Properties 01 - General, Part 1 of 2

Material	Type	DesignType	UnitMass	UnitWeight	E	U	A
Text	Text	Text	Ton-s2/m4	Ton/m3	Ton/m2	Unitless	1/C
ALUM	Isotropic	Aluminum	2,7680E-01	2,7126E+00	7101003,22	0,330000	2,3580E-05
C20	Isotropic	Concrete	2,5000E-01	2,5000E+00	2800000,00	0,200000	1,1700E-05
CLDFRM	Isotropic	ColdFormed	8,0038E-01	7,8490E+00	20740553,97	0,300000	1,1700E-05
CONC	Isotropic	Concrete	2,4501E-01	2,4028E+00	2531050,65	0,200000	9,9000E-06
OTHER	Isotropic	None	2,4480E-01	2,4026E+00	2531050,65	0,200000	9,9000E-06
REBAR	Uniaxial	Rebar	8,0038E-01	7,8490E+00	20389019,16	0,000000	1,1700E-05
STEEL	Isotropic	Steel	8,0038E-01	7,8490E+00	20389019,16	0,300000	1,1700E-05

Table: Material Properties 03 - Design Steel

Material	Fy	Fu
Text	Ton/m2	Ton/m2
STEEL	25310,51	40778,04

Table: Material Properties 04 - Design Concrete

Material	Fc	RebarFy	RebarFys	LtWtConc	LtWtFact
Text	Ton/m2	Ton/m2	Ton/m2	Yes/No	Unitless
C20	1300,00	36500,00	36500,00	No	1,000000
CONC	2812,28	42184,18	28122,79	No	1,000000

Table: Material Properties 08 - Time Dependence For Concrete, Part 1 of 2

Material	E	Creep	Shrinkage	S	RelHumid	NotionSize	BetaSC	ShrinkStart
Text	Yes/No	Yes/No	Yes/No	Unitless	Percent	m	Unitless	Unitless
C20	No	No	No	0,250000	50,0000	100,000000	5,000000	0,000000
CONC	No	No	No	0,250000	50,0000	0,100000	5,000000	0,000000

Table: Material Properties 08 - Time Dependence For Concrete, Part 2 of 2

Material	BetaSC	CreepType
Text	Unitless	Text
C20	5,000000	Full Integration
CONC	5,000000	Full Integration

Table: Program Control, Part 1 of 2

ProgramName	Version	ProgLevel	LicenseOS	LicenseSC	LicenseBR	LicenseHT	CurrUnits
Text	Text	Text	Yes/No	Yes/No	Yes/No	Yes/No	Text
SAP2000	10.0.1	Advanced	Yes	Yes	Yes	No	Ton, m, C

Table: Program Control, Part 2 of 2

SteelCode	ConcCode	AlumCode	ColdCode
Text	Text	Text	Text
AISC-LRFD93	ACI 318-99	AA-ASD 2000	AISI-ASD96