



**SİSMİK İZOLATÖRLERİN FARKLI  
KONUMLARININ BİNALARIN DİNAMİK  
DAVRANIŞLARINA ETKİSİ**

**Mehmet Burak YILDIZ**

**Yüksek Lisans Tezi  
İnşaat Mühendisliği  
Anabilim Dalı  
Dr. Öğr. Üyesi Muhammet YURDAKUL  
2020  
(Her Hakkı Saklıdır)**

T.C.  
BAYBURT ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ  
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**SİSMİK İZOLATÖRLERİN FARKLI KONUMLARININ BİNALARIN DİNAMİK  
DAVRANIŞLARINA ETKİSİ**

(The Effect of Different Location of Seismic Isolators on Dynamic Behavior of Buildings)

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mehmet Burak YILDIZ

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Muhammet YURDAKUL

Bayburt  
Ocak, 2020

## KABUL VE ONAY TUTANAĞI

Dr. Öğr. Üyesi Muhammet YURDAKUL danışmanlığında, 162004026 numaralı Mehmet Burak YILDIZ tarafından hazırlanan “Sismik İzolatörlerin Farklı Konumlarının Binaların Dinamik Davranışlarına Etkisi” adlı bu çalışma 08/01/2020 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

**Başkan** : Prof. Dr. Şevket ATEŞ

İmza: 

**Jüri Üyesi** : Dr. Öğr. Üyesi Muhammet YURDAKUL

İmza: 

**Jüri Üyesi** : Doç. Dr. Musa ARTAR

İmza: 

Bu tezin Bayburt Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili maddelerinde belirtilen şartları yerine getirdiğini onaylarım.

08/01/2020

  
Doç. Dr. Fatih GÜRBÜZ  
Enstitü Müdür Vekili

## ETİK VE BİLDİRİM SAYFASI

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum “Sismik İzolatörlerin Farklı Konumlarının Binaların Dinamik Davranışlarına Etkisi” başlıklı çalışmanın tarafımdan bilimsel etik ilkelere uyularak yazıldığını ve yararlandığım eserleri kaynakçada gösterdiğimi beyan ederim.

08/01/2020

Mehmet Burak YILDIZ



## TEŐEKKÖRLER

Çalıőmamın her aşamasında, bana destek veren danıőmanım Dr. Ögr. Üyesi Muhammet YURDAKUL'a ve aileme teőekkür ederim.

Mehmet Burak YILDIZ



**ÖZ**  
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
**SİSMİK İZOLATÖRLERİN FARKLI KONUMLARININ BİNALARIN DİNAMİK**  
**DAVRANIŞLARINA ETKİSİ**  
**Mehmet Burak YILDIZ**  
**Ocak 2020, 90 sayfa**

Bu tez çalışmasında, sismik izolasyonlu bir hastane binasında kullanılan izolatörlerin farklı konumlarda olmalarının binaya olan etkileri incelenmiştir. Bu amaçla bina iki farklı şekilde SAP2000 programında modellenmiştir. Modellemelerden birinde izolatörler temel seviyesindeki kolonların alt ucuna diğesinde ise üst ucuna yerleştirilmiştir. Sismik izolasyon sistemi olarak yüksek sönümlü kauçuk mesnet (YSKM) sistemi kullanılmıştır. Ayrıca sismik izolasyonlu binalar sismik izolasyonsuz durumu ile de karşılaştırılmıştır. Oluşturulan farklı modellemeler sonucunda binanın kesit tesirleri ve gerekli donatı alanlarındaki değişimin incelenmesi amaçlanan bu tez 4 ana başlıktan oluşmaktadır.

Birinci bölümde gelişen teknoloji ile yapıların daha güvenli ve depremden sonrada kullanılması için geliştirilen sismik izolatörlerin ortaya çıkışı ve bu sistemler ile ilgili yapılan araştırmaların literatür özetleri, sismik izolatör kavramı, izolatörlerin avantajları ve dezavantajları, Türkiye'deki sismik izolasyon uygulamaları ve sismik izolatörlerin çeşitleri tanıtılmıştır. Aynı bölümünde sismik izolasyonun UBC 97'ye göre tasarım esasları incelenmiş ve sismik izolatörlerin boyutlandırılması için gerekli yönetmelik şartlarının seçimleri yapılmıştır. İkinci bölümde sismik izolasyonu yapılacak olan binanın genel özellikleri, malzeme sınıfları ve yüklemeleri ile ilgili bilgiler verilmiştir. Seçilen parametrelere göre izolatörlerin boyutlandırılma ve mekanik özelliklerinin bulunması için gerekli hesaplar yapılmıştır. Üçüncü bölümde mekanik özellikleri bulunan izolatörlerin modellenmesi ile çıkan sonuçlara yer verilmiş olup dördüncü bölümde iki farklı seviyede uygulanan izolasyonun hastane binasında oluşturduğu dinamik ve maliyet farkları ile uygulama avantajları değerlendirilmiştir.

**Anahtar Sözcükler:** Sismik izolasyon, yüksek sönümlü kauçuk mesnet, betonarme bina, izolasyon sisteminin farklı konumları.

**ABSTRACT**  
**MASTER THESIS**  
**THE EFFECT OF DIFFERENT LOCATION OF SEISMIC ISOLATORS ON**  
**DYNAMIC BEHAVIOR OF BUILDINGS**

**Mehmet Burak YILDIZ**

**January 2020, 90 pages**

In this thesis, the effects of isolators used in a seismically isolated hospital building on the structure were investigated. For this purpose, the building was modeled in SAP2000 in two different ways. In the first model, the isolator was placed bottom the column level and in the second model, the isolator was placed at the top level of the column. High damped rubber support (HDRB) system was used as seismic isolation system. In addition, buildings with seismic isolation were compared with the seismic isolation status. This thesis, which is aimed to investigate the cross-sectional effects of the structure and the changes in the required reinforcement areas as a result of different modeling, consists of 4 main sections.

The appearance of improved seismic isolators and systems related to the research of the literature for safer and the use of after the earthquake of structures with technology developed in the first part, seismic isolators concept, advantages and disadvantages of the insulator, seismic isolation applications and types of seismic isolators in Turkey has been introduced. In the same section, the design principles of seismic isolation according to UBC 97 are examined and the necessary regulations for the sizing of seismic isolators are selected. In the second part, the general characteristics of the building to be insulated, material classes and loads are given. According to the selected parameters, necessary calculations were made to find the dimensions and mechanical properties of the isolators. In the third section, the results obtained by modeling the insulators having mechanical properties in the structure are given.

**Keywords:** Seismic structure isolation, high damping rubber bearing, reinforcement concrete building, different location of isolation system.

## İÇİNDEKİLER

|   |             |
|---|-------------|
| <b>ETİK VE BİLDİRİM SAYFASI .....</b>                         | <b>i</b>    |
| <b>TEŞEKKÜRLER .....</b>                                      | <b>ii</b>   |
| <b>ÖZ.....</b>  | <b>iii</b>  |
| <b>ABSTRACT .....</b>   | <b>iv</b>   |
| <b>İÇİNDEKİLER .....</b>                                      | <b>v</b>    |
| <b>ŞEKİLLER DİZİNİ.....</b>                                   | <b>viii</b> |
| <b>TABLolar DİZİNİ .....</b>                                  | <b>x</b>    |
| <b>KISALTMALAR VE SİMGELER DİZİNİ .....</b>                   | <b>xii</b>  |
| <b>BİRİNCİ BÖLÜM .....</b>                                    | <b>1</b>    |
| Giriş.....  | 1           |
| Literatür Özeti .....   | 2           |
| Çalışmanın Amacı .....  | 11          |
| Sismik İzolasyon Kavramı .....                                | 12          |
| Sismik İzolatörlerin Avantajları ve Dezavantajları .....      | 13          |
| Sismik İzolasyon Yönteminin Temel İlkeleri .....              | 13          |
| Sismik İzolasyon Yönteminin Uygulamalarındaki Zorluklar ..... | 14          |
| Sismik İzolasyon Sistemlerinde Uygulama Sınırlamaları .....   | 15          |
| Yapı ağırlığı. ....   | 15          |
| Yapı periyodu.....  | 15          |
| Zemin durumu. ....  | 15          |
| Yakın fay etkisi. ....  | 15          |
| Konum.....  | 15          |
| Sismik İzolasyonların Yerleştirilmesi .....                   | 16          |
| Yerleştirme seçenekleri. ....                                 | 16          |
| Sismik boşluk. ....   | 17          |
| Destek sistemleri. ....                                       | 18          |
| Türkiye’de Sismik İzolasyon Uygulamaları .....                | 18          |
| Sismik İzolasyon Sistemlerinin Sınıflandırılması .....        | 21          |
| Düşük sönümlü doğal kauçuk mesnetli sistemler. ....           | 21          |



|  |           |
|--|-----------|
| Kurşun çekirdekli kauçuk mesnetli sistemler. ....            | 23        |
| Yüksek sönümlü doğal kauçuk mesnetli sistemler. ....         | 24        |
| Sürtünmeli sarkaç mesnet sistemi. ....                       | 25        |
| Çapraz raylı sistemler. ....                                 | 26        |
| Deprem mühendisliği araştırma merkezi birleşik sistemi. .... | 28        |
| Elastik sürtünmeli taban izolasyon sistemi. ....             | 28        |
| Electricite TASS sistemi. ....                               | 28        |
| Gerb heliselik yay sistemleri. ....                          | 28        |
| Sismik İzolatör Tasarım Esasları.....                        | 30        |
| Analiz metodunun seçimi.....                                 | 30        |
| UBC-97 Terminolojisi.....                                    | 31        |
| UBC-97'e Göre Kullanılacak Parametrelerin Seçimi .....       | 32        |
| Sismik bölge faktörü. ....                                   | 32        |
| Zemin profil tipi. ....                                      | 32        |
| Sismik kaynak tipleri.....                                   | 33        |
| Kaynak yakınlık faktörü.....                                 | 33        |
| Sismik katsayı. ....   | 34        |
| Olabilecek maksimum deprem tepki katsayısı.....              | 34        |
| Sarsıntı şiddetine bağlı sismik katsayılar. ....             | 35        |
| Sönüm katsayısı. ....  | 36        |
| Taşıyıcı sistem davranış katsayısı. ....                     | 36        |
| <b>İKİNCİ BÖLÜM.....</b>                                     | <b>37</b> |
| Yöntem.....  | 37        |
| Tasarımda Kullanılacak Yapı Bilgileri .....                  | 37        |
| Yüksek Sönümlü Kauçuk İzolatörlerin Boyutlandırılması .....  | 40        |
| Tasarım yer değiştirmesi. ....                               | 41        |
| Minimum yatay rijitlik. ....                                 | 41        |
| İzolatör kalınlığının hesabı.....                            | 42        |
| İzolatör çapı hesabı. ....                                   | 42        |

|  |           |
|--|-----------|
| Yatay rijitlik .....   | 42        |
| Efektif titreşim periyodu .....                                | 43        |
| Toplam sönüm.....  | 43        |
| Yatay yer değiştirme. ....                                     | 43        |
| Maksimum yer değiştirme.....                                   | 44        |
| Taban kesme kuvveti.....                                       | 44        |
| Kauçuk izolatör detayı. ....                                   | 45        |
| Düşey rijitlik.....  | 46        |
| Düşey titreşim periyodu. ....                                  | 47        |
| Ortak alan hesabı.....   | 47        |
| Göçme riski kontrolü.....                                      | 48        |
| İzolatörün mekanik özellikleri. ....                           | 48        |
| İzolatörlerin Mekanik Özelliklerinin Programa Tanıtılması..... | 52        |
| <b>ÜÇÜNCÜ BÖLÜM.....</b>                                       | <b>54</b> |
| Bulgular.....  | 54        |
| Bina Modları ve Kütle Katılım Oranları .....                   | 54        |
| Kolon Kuvvetleri.....  | 59        |
| Kiriş Kuvvetleri.....  | 61        |
| Taban Kesme Kuvveti .....                                      | 63        |
| Görelî Kat Ötelenmeleri .....                                  | 64        |
| Donatı Hesabı.....   | 67        |
| <b>DÖRDÜNCÜ BÖLÜM.....</b>                                     | <b>78</b> |
| Sonuç, Tartışma ve Öneriler .....                              | 78        |
| KAYNAKÇA.....  | 80        |
| EKLER.....   | 84        |
| ÖZ GEÇMİŞ .....  | 90        |

## ŞEKİLLER DİZİNİ

|   |    |
|---|----|
| Şekil 1. Taban izolasyonlu (b) ve ankastre mesnetli (a) yapı (URL-1).....   | 12 |
| Şekil 2. Spektral ivme değerinin yalıtımlı ve yalıtımsız yapı için değişimi (URL-2) . .                                     | 14 |
| Şekil 3. Sismik izolatörlü yapıdaki sismik boşluk (Ali Hoşbaş,2006).....  | 16 |
| Şekil 4. Mekanik bağlantı (Ali Hoşbaş, 2006).....   | 17 |
| Şekil 5. Sismik boşluk (Ali Hoşbaş, 2006).....  | 17 |
| Şekil 6. Durdurucular (Ali Hoşbaş, 2006).....   | 18 |
| Şekil 7. Erzurum Şehir Hastanesi (URL-3).....   | 20 |
| Şekil 8. Gaz tankı kesiti (URL-4).....  | 20 |
| Şekil 9. Gaz tankında kullanılan izolatörler (URL-4).....   | 21 |
| Şekil 10. Çelik plaka takviyeli ve takviyesiz düşük sönümlü izolatörlerin yüklemeler altında şekil değişimleri (URL-4)..... | 22 |
| Şekil 11. Sismik izolatörün kesiti (URL-5).....   | 22 |
| Şekil 12. İzolatörlerin kolonlarda uygulama yerleri (URL-6).....  | 23 |
| Şekil 13. Kurşun çekirdekli kauçuk izolatör (URL-7).....  | 24 |
| Şekil 14. Yüksek sönümlü doğal kauçuk mesnetli sistemler (URL-8).....   | 25 |
| Şekil 15. Sürtünmeli sarkaç mesnet sistemi.....   | 25 |
| Şekil 16. Birim lineer kütle taşıyan çapraz raylı mesnetler.....  | 27 |
| Şekil 17. 2 birim lineer kütle taşıyan çapraz raylı mesnetler.....  | 27 |
| Şekil 18. 4 birim lineer kütle taşıyan çapraz raylı mesnetler.....  | 27 |
| Şekil 19. Spiral yaylı taban izolatörü (URL-9).....   | 29 |
| Şekil 20. Hastane binasına ait zemin kat kalıp planı.....   | 38 |
| Şekil 21. Hastane binasına ait 3 boyutlu sonlu eleman modeli.....   | 39 |
| Şekil 22. S1 kolonunun en kesiti.....   | 46 |
| Şekil 23. S10 kolonu kauçuk izolatörünün kuvvet-yer değiştirme grafiği.....   | 50 |
| Şekil 24. SAP2000 programında izolatör tanımlama.....   | 52 |
| Şekil 25. Düşey rijitliğin programa tanıtılması.....  | 53 |
| Şekil 26. Yatay rijitliklerin programa tanıtılması.....   | 53 |
| Şekil 27. Sismik izolasyonsuz bina modları.....   | 55 |
| Şekil 28. KAİ bina modları.....   | 56 |
| Şekil 29. KÜİ bina modları.....   | 57 |
| Şekil 30. KAİ bina 391 nolu kiriş kuvvetleri.....   | 61 |
| Şekil 31. KÜİ bina 391 nolu kiriş kuvvetleri.....   | 62 |
| Şekil 32. KAİ bina 371 nolu kiriş kuvvetleri.....   | 62 |

|  |    |
|--|----|
| <i>Şekil 33.</i> KÜİ bina 371 nolu kiriş kuvvetleri. ....                      | 63 |
| <i>Şekil 34.</i> X yönü kat ötelenmeleri. ....                                 | 66 |
| <i>Şekil 35.</i> Y yönü kat ötelenmeleri. ....                                 | 66 |
| <i>Ek-1.</i> 11- 11 Aksı Kolon Altı İzolatörlü Yapı Gerekli Donatı Alanı.....  | 84 |
| <i>Ek-2.</i> 11-11 Aksı Kolon Üstü İzolatörlü Yapı Gerekli Donatı Alanı. ....  | 85 |
| <i>Ek-3.</i> 10- 10 Aksı Kolon Altı İzolatörlü Yapı Gerekli Donatı Alanı.....  | 86 |
| <i>Ek-4.</i> 10- 10 Aksı Kolon Üstü İzolatörlü Yapı Gerekli Donatı Alanı. .... | 87 |
| <i>Ek-5.</i> 9- 9 Aksı Kolon Altı İzolatörlü Yapı Gerekli Donatı Alanı.....    | 88 |
| <i>Ek-6.</i> 9 - 9 Aksı Kolon Altı İzolatörlü Yapı Gerekli Donatı Alanı.....   | 89 |



## TABLolar DİZİNİ

|   |    |
|---|----|
| Tablo 1. <i>Sismik Bölge Faktörü</i> .....  | 32 |
| Tablo 2. <i>Zemin Profil Tipi</i> .....   | 32 |
| Tablo 3. <i>Sismik Kaynak Tipleri</i> .....   | 33 |
| Tablo 4. <i>Kaynak Yakınlık Faktörü (<math>N_v</math>)</i> .....                    | 33 |
| Tablo 5. <i>Kaynak Yakınlık Faktörü (<math>N_a</math>)</i> .....                    | 33 |
| Tablo 6. <i>Sismik Katsayı (<math>C_a</math>)</i> .....                             | 34 |
| Tablo 7. <i>Sismik Katsayı (<math>C_v</math>)</i> .....                             | 34 |
| Tablo 8. <i>OMD Tepki Katsayısı, <math>M_M</math></i> .....                         | 35 |
| Tablo 9. <i>Sarsıntı Şiddetine Bağlı Sismik Katsayı, <math>C_{AM}</math></i> .....  | 35 |
| Tablo 10. <i>Sarsıntı Şiddetine Bağlı Sismik Katsayı, <math>C_{VM}</math></i> ..... | 35 |
| Tablo 11. <i>Sönüm Katsayısı (<math>B</math>)</i> .....                             | 36 |
| Tablo 12. <i>Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı</i> .....                           | 36 |
| Tablo 13. <i>Kolonlara Gelen Eksenel Yükler</i> .....                               | 41 |
| Tablo 14. <i>Minimum Yatay Rijitlikler</i> .....                                    | 42 |
| Tablo 15. <i>İzolatör Çapları</i> .....   | 42 |
| Tablo 16. <i>Yatay Rijitlikler</i> .....  | 43 |
| Tablo 17. <i>Şekil Faktörü</i> .....  | 45 |
| Tablo 18. <i>Yükleme Modülleri</i> .....  | 46 |
| Tablo 19. <i>Düşey Rijitlik</i> .....   | 46 |
| Tablo 20. <i>Ortak Alanlar</i> .....  | 47 |
| Tablo 21. <i>Kritik Yükleri</i> .....   | 48 |
| Tablo 22. <i>Elastik ve Plastik Rijitlikler</i> .....                               | 48 |
| Tablo 23. <i>Kesme Kuvvetleri</i> .....   | 49 |
| Tablo 24. <i>Akma Yer Değiştirmesi</i> .....  | 49 |
| Tablo 25. <i>Efektif Rijitlik</i> .....   | 49 |
| Tablo 26. <i>Akma Dayanımı</i> .....  | 50 |
| Tablo 27. <i>İzolatörlerin Mekanik Özellikleri</i> .....                            | 51 |
| Tablo 28. <i>Binaların Modları</i> .....  | 54 |
| Tablo 29. <i>Binaların X Yönü Kütle Katılım Oranları (%)</i> .....                  | 58 |
| Tablo 30. <i>Binaların Y Yönü Kütle Katılım Oranları (%)</i> .....                  | 58 |
| Tablo 31. <i>Üç Farklı Analiz İçin Eksenel ve Kesme Kuvvetleri</i> .....            | 59 |
| Tablo 32. <i>Üç Farklı Analiz İçin Moment Kuvvetleri</i> .....                      | 60 |
| Tablo 33. <i>Üç Farklı Analiz İçin Eksenel ve Kesme Kuvvetleri</i> .....            | 63 |

|  |    |
|--|----|
| Tablo 34. <i>Sismik İzolasyonsuz Yapı Kat Ötelenmeleri</i> .....       | 64 |
| Tablo 35. <i>KAI Bina Kat Ötelenmeleri</i> .....                       | 65 |
| Tablo 36. <i>KÜİ Bina Kat Ötelenmeleri</i> .....                       | 65 |
| Tablo 37. <i>KÜİ Bina 11 Aksı Gerekli Donatılar</i> .....              | 67 |
| Tablo 38. <i>KÜİ Bina 10 Aksı Gerekli Donatılar</i> .....              | 67 |
| Tablo 39. <i>KÜİ Bina 9 Aksı Gerekli Donatılar</i> .....               | 68 |
| Tablo 40. <i>KÜİ Bina 8 Aksı Gerekli Donatılar</i> .....               | 68 |
| Tablo 41. <i>KÜİ Bina 7 Aksı Gerekli Donatılar</i> .....               | 68 |
| Tablo 42. <i>KÜİ Bina 6 Aksı Gerekli Donatılar</i> .....               | 69 |
| Tablo 43. <i>KÜİ Bina 5 Aksı Gerekli Donatılar</i> .....               | 69 |
| Tablo 44. <i>KÜİ Bina 4 Aksı Gerekli Donatılar</i> .....               | 69 |
| Tablo 45. <i>KÜİ Bina 3 Aksı Gerekli Donatılar</i> .....               | 70 |
| Tablo 46. <i>KÜİ Bina 2 Aksı Gerekli Donatılar</i> .....               | 70 |
| Tablo 47. <i>KÜİ Bina 1 Aksı Gerekli Donatılar</i> .....               | 70 |
| Tablo 48. <i>KAI Bina 11 Aksı Gerekli Donatılar</i> .....              | 71 |
| Tablo 49. <i>KAI Bina 10 Aksı Gerekli Donatılar</i> .....              | 71 |
| Tablo 50. <i>KAI Bina 9 Aksı Gerekli Donatılar</i> .....               | 71 |
| Tablo 51. <i>KAI Bina 8 Aksı Gerekli Donatılar</i> .....               | 72 |
| Tablo 52. <i>KAI Bina 7 Aksı Gerekli Donatılar</i> .....               | 72 |
| Tablo 53. <i>KAI Bina 6 Aksı Gerekli Donatılar</i> .....               | 72 |
| Tablo 54. <i>KAI Bina 5 Aksı Gerekli Donatılar</i> .....               | 73 |
| Tablo 55. <i>KAI Bina 4 Aksı Gerekli Donatılar</i> .....               | 73 |
| Tablo 56. <i>KAI Bina 3 Aksı Gerekli Donatılar</i> .....               | 73 |
| Tablo 57. <i>KAI Bina 2 Aksı Gerekli Donatılar</i> .....               | 74 |
| Tablo 58. <i>KAI Bina 1 Aksı Gerekli Donatılar</i> .....               | 74 |
| Tablo 59. <i>KÜİ Bina 11-11 Aksı Kirişleri Gerekli Donatılar</i> ..... | 75 |
| Tablo 60. <i>KÜİ Bina 10-10 Aksı Kirişleri Gerekli Donatılar</i> ..... | 75 |
| Tablo 61. <i>KAI Bina 11-11 Aksı Kirişleri Gerekli Donatılar</i> ..... | 76 |
| Tablo 62. <i>KAI Bina 10-10 Aksı Kirişleri Gerekli Donatılar</i> ..... | 76 |

## KISALTMALAR VE SİMGELER DİZİNİ

|                           |   |
|---------------------------|---|
| <b>A'</b>                 | : Ortak alan                                    |
| <b>A<sub>0</sub></b>      | : Etkin yer ivmesi                              |
| <b>C<sub>A</sub></b>      | : Sismik katsayı                                |
| <b>C<sub>AM</sub></b>     | : Sarsıntı şiddetine bağlı sismik katsayı       |
| <b>C<sub>V</sub></b>      | : Sismik katsayı                                |
| <b>C<sub>VM</sub></b>     | : Sarsıntı şiddetine bağlı sismik katsayı       |
| <b>D<sub>D</sub></b>      | : Tasarım yerdeğiştirmesi                       |
| <b>D<sub>m</sub></b>      | : Maksimum yerdeğiştirme                        |
| <b>d<sub>y</sub></b>      | : Akma yerdeğiştirmesi                          |
| <b>E</b>                  | : Elastisite modülü                             |
| <b>E<sub>c</sub></b>      | : Basınç elastisite modülü                      |
| <b>f<sub>y</sub></b>      | : Akma gerilmesi                                |
| <b>G</b>                  | : Kayma modülü                                  |
| <b>h<sub>tot</sub></b>    | : Toplam izolatör yüksekliği                    |
| <b>I</b>                  | : Atalet momenti                                |
| <b>I</b>                  | : Bina önem katsayısı                           |
| <b>K<sub>d</sub></b>      | : Akma sonrası rijitlik                         |
| <b>K<sub>eff</sub></b>    | : Efektif rijitlik                              |
| <b>K<sub>H</sub></b>      | : Yatay rijitlik                                |
| <b>K<sub>u</sub></b>      | : Akma öncesi rijitlik                          |
| <b>K<sub>v</sub></b>      | : Düşey rijitlik                                |
| <b>m</b>                  | : Kat kütlesi                                   |
| <b>M<sub>M</sub></b>      | : Beklenen maksimum depremde davranış katsayısı |
| <b>n</b>                  | : Hareketli yük azaltım katsayısı               |
| <b>N<sub>a</sub></b>      | : Yakın fay etkisi katsayısı                    |
| <b>n<sub>r</sub></b>      | : Kauçuk tabaka sayısı                          |
| <b>n<sub>s</sub></b>      | : Çelik levha sayısı                            |
| <b>N<sub>v</sub></b>      | : Yakın fay etkisi katsayısı                    |
| <b>P<sub>kritik</sub></b> | : Kritik burkulma yükü                          |
| <b>Q<sub>d</sub></b>      | : Akma dayanımı                                 |
| <b>R</b>                  | : Yapısal davranış katsayısı                    |
| <b>S</b>                  | : Şekil faktörü                                 |
| <b>T</b>                  | : Tek kauçuk tabaka kalınlığı                   |

|                             |  |
|-----------------------------|--|
| <b>T<sub>ankastre</sub></b> | : Ankastre mesnetli durumda periyot                          |
| <b>T<sub>D</sub></b>        | : Hedef periyot  |
| <b>T<sub>M</sub></b>        | : Hedeflenen maksimum periyot                                |
| <b>t<sub>r</sub></b>        | : İzolatör kalınlığı   |
| <b>t<sub>s</sub></b>        | : Çelik levha kalınlığı                                      |
| <b>V<sub>D</sub></b>        | : Tasarım taban kesme kuvveti                                |
| <b>W</b>                    | : İzolatöre gelen eksenel yük                                |
| <b>w<sub>D</sub></b>        | : Bir çevrimde sönmömlenen enerji                            |
| <b>Z</b>                    | : Sismik bölge katsayısı                                     |
| <b>γ<sub>max</sub></b>      | : Maksimum şekildeğiştirme                                   |
| <b>γ<sub>v</sub></b>        | : Düşey şekil değiştirme                                     |
| <b>Δ<sub>t</sub></b>        | : Düşey yerdeğiştirme  |
| <b>ε<sub>z</sub></b>        | : Düşey yer değiştirmenin toplam izolatör yüksekliğine oranı |
| <b>OMD</b>                  | : Oluşabilecek Maksimum Deprem                               |
| <b>S<sub>s</sub></b>        | : Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı                |
| <b>S<sub>1</sub></b>        | : 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı     |
| <b>K<sub>Aİ</sub></b>       | : Kolon altı izolatör  |
| <b>K<sub>Üİ</sub></b>       | : Kolon üstü izolatör  |
| <b>Q</b>                    | : Hareketli yük  |
| <b>A</b>                    | : İzolatör çapı  |
| <b>ΣK<sub>H</sub></b>       | : Toplam yatay rijitlik                                      |
| <b>B</b>                    | : Sönüm oranı  |
| <b>β</b>                    | : Sönüm katsayısı  |
| <b>e</b>                    | : Binanın iki yönünden uzun olan boyu                        |
| <b>b</b>                    | : Binanın iki yönünden biri                                  |
| <b>d</b>                    | : Binanın iki yönünden biri                                  |
| <b>V<sub>b</sub></b>        | : Azaltılmış deprem kuvveti                                  |
| <b>V<sub>s</sub></b>        | : Taban kesme kuvveti  |
| <b>C<sub>s</sub></b>        | : Taban kesme kuvvetinin bina ağırlığına oranı               |
| <b>R<sub>1</sub></b>        | : İzolasyonlu yapılar için deprem azaltma katsayısı          |
| <b>YSKM</b>                 | : Yüksek sönmömlü kauçuk izolatör                            |



## BİRİNCİ BÖLÜM

### Giriş

Türkiye ve dünya nüfusunun yoğun olarak yapılaştığı bölgeler genel olarak deprem riski yüksek aktif fay hatlarına yakın bölgelerdedir. Yüzyıllar boyunca insanoğlunun inşa ettiği yapılar orta ve büyük ölçekli depremlerde ağır hasarlar almış ya da yıkılarak büyük can kayıplarına yol açmıştır.

Yüzyıllar boyunca oluşan depremlerden ders alan insanoğlu yaşadığı yapıları daha güvenli hale getirebilmek adına çeşitli yöntemler geliştirmiştir. Gelişen teknoloji ve yapılan deneyler ile ülkelerin gelişmişlik düzeylerine göre yönetmelikler yazılmış yapılar daha güvenli hale getirilmiştir. Ancak yapılan yönetmelikler ile yapılar küçük ölçekli depremlerde hasar almaz iken, orta ve büyük ölçekli depremlerde ağır hasarlar alarak depremler sonrasında kullanılamaz hale gelmiştir. Deprem sonrasında hasar alan yapılar ve ekipmanlar insanların deprem sonrasında hemen hizmet alması gereken ulaşım, sağlık, haberleşme, altyapı sistemlerinde aksamalara neden olmuştur. Bu durum mühendisleri farklı çözümlere yöneltmiş ve zemin ile yapıyı ayırma fikrini ortaya çıkarmıştır.

Yapı ile zemini ayırma fikrine dayanan sismik izolasyon sistemi çeşitli yöntemler ile yapıya uygulanarak yapının periyodunun uzatılıp gelen deprem yükünün azaltılması ve görelî kat ötelenmesinin azaltılması amaçlanmıştır. Sismik izolasyon ile yapılar hafif ve orta şiddetli depremlerde hasarsız atlatıp, büyük şiddetli depremlerde kullanımı etkilemeyecek şekilde işlevini sürdürebilmiştir.

## Literatür Özeti

Deprem yalıtımının en ilkel örneği yaklaşık 2500 yıl önce Efes'deki Artemis tapınağının tabanında paketlenmiş kömür ve koyun derilerinin konulması ile başlamıştır. Bu yöntem ile modern izolatördeki gibi yapı zeminden ayrılarak yapının depremden etkilenmemesi sağlanmaya çalışılmıştır. Ancak modern izolatör sistemlerinin başlangıcı olarak 1876 yılında John Milne'nin örnek bir yapının altında kullandığı 25 cm çapındaki bilyeler ile yapıyı zeminden ayırması gösterilebilir. Bu uygulama basit olsa da yapının deneylerde deprem etkisine karşı etkili olduğu görülmüştür. Ancak yapı deprem ve rüzgar yüklerinden sonra eski konumuna geri dönememiştir.

Lee ve Medland (1979), Yeni Zelanda kauçuk mesnedi kullanılarak iki boyutlu yapının davranışlarını incelemiştir. Yapılan çalışma ile yapıların güçlü depremlerde elastik sınırlar içerisinde kalarak inşa edilebileceğini ve kesme kuvvetleri ile yer değiştirmelerin tahmin edilebileceğini göstermiştir.

Mostaghel (1983), sürtünmeli taban izolasyon sistemi uygulamış ve yapıyı deprem yüklerinden izole etmiştir. Sürtünme kuvveti deprem kuvvetini sönümlemiş ve deplasmanı sınırlandırmıştır.

Ahmadi (1983), hareketli mesnetlerde rijit kütle olarak davrandığı ve Coulomb sürtünmesi var olduğunu kabul ederek yaptığı çalışmada, eşdeğer doğrusallaştırma ve durağan sonuçlar ile karşılaştırmıştır.

Constantinou ve Tadjbakhs (1984), kauçuk ve sürtünmeli izolatörler ile iki boyutlu çerçevelerin analizini yapmışlardır. Sismik İzolasyon olarak sönümleyiciler ve yaylar kullanmışlar ve yatay yönde doğrusal ve viskoz sönüm sağlamadıklarını kabul etmişlerdir.

Constantinou ve Tadjbakhs (1985), rastgele yer tepkilerine maruz kalan kauçuk izolatörlerin iki boyutlu kayma çerçevesinde dinamik analizini gerçekleştirmişlerdir. Karesel ortalama tepkisi için frekans alanında spektral analizi kullanmışlardır.

Constantinou (1987), esnek bir zemin üzerindeki yapıların analizi için basitleştirilmiş bir yöntem ortaya koymuştur. Burada yapı sistemi tek katlı üst yapıdan, rijit bir taban ve visko-elastik yarı homojen zemin üstünde temelden oluşmaktadır. Sönümlü tek serbestlik dereceli yapı sisteminin dinamik davranışları için gerekli doğal frekans ve sönüm faktörü tek serbestlik dereceli sistemden elde edilmiştir.

Garevski vd. (1988), belirli hızdaki deprem hareketlerinin kablolu köprüye etkisini incelemiştir. Yapılan araştırmalar sonucunda yapı açıklığı yüzlerce metre olduğu için bir

mesnede gelen etkisinin diğ er mesnede ulaşmasının saniyeler s ureceğinden, yapının dinamik y uklerle beraber zahiri-statik y ukler ile birlikte analiz edilmesi gerektiğini vurgulamıştır.

Koh ve Balendra (1989), mesnetlerdeki  $P-\Delta$  etkileri ile izolasyonlu yapıların analizini gerçekleştirmişlerdir. Yapılan çalışmada mesnede gelen basıncın etkisi ile tabandaki d onme serbestlik derecesini de analize ilave etmişler ve izolatörlerin burkulma güvenlik katsayısının k u uk olması durumunda  $P-\Delta$  etkisinin ihmal edilmesinin büyük hatalara neden olabileceğini göstermişlerdir.

Chen ve Ahmadi (1992), kauçuk izolatörler ile kesme kirişi olarak modellenen yapıda ikincil sitemlerin stokastik tepkilerini incelemiştir. Yapıların tepkisini elde etmek için kareler toplamının karekökünü kullanmışlar ve analizler sonucunda ikincil sitemlerin tepkilerin azaldığını göstermişlerdir.

Soyluk (1997), kablolu bir köprüde stokastik analizi, hakim periyodu büyük olan kablolu ve asma köprüde kullanmıştır. Çalışmada stokastik ve deterministik analizleri karşılaştırmış ve stokastik yaklaşımın geçerliliğini göstermiştir.

Soyluk (2001), yer hareketlerinin değişim ve yayılma etkisiyle kablolu köprüde stokastik analizi yapmıştır. Çalışma sonucunda dalga yayılma, korelasyon ve zemin etkilerinin hepsinin sonuçlar üzerinde önemli etkilerinin olduğu ancak zemin etkisinin diğ er değişkenlere göre daha etkili olduğunu gözlemlemiştir.

Cimilli (2001), sismik izolasyonun sonuçlarını göstermek için örnek iki katlı yapıda zaman tanım alanında ve eş değer deprem yükü ile analizler yapmıştır. Zaman tanım alanında analiz yaparken 1992 Erzincan depremi kullanmıştır. Analizler sonucunda yanal ötelenmeleri, eğilme momenti, taban kesme kuvveti, bina periyotlarını karşılaştırmıştır.

Güzey (2002), kauçuk izolatörlerin mekanik davranışını, sonlu elastisite yöntemi ve MSC Marc/Mentat ile incelemiştir. Silindir izolatörler hem iki boyutlu hem de üç boyutlu olarak tasarlanmıştır. Yapılan iki farklı modelleme ve programın sonuçlarının birbirine çok yakın olduğunu tespit etmiştir.

Ateş ve Dumanog lu (2003), elastik zeminin izolasyonlu yapının dinamik davranışına etkisini incelemiştirler. Yedi katlı betonarme bina sürtünmeli sarkaç ile modellenerek, klasik ankastre sistem ile karşılaştırılmıştır. Yapılan araştırmalar sonucunda ankastre yapılarda zeminin eğilebilirliğinin etkisi var iken, izolasyonlu yapılarda önemli bir etkisinin olmadığını tespit etmişlerdir.

Baştuğ (2004), yapı sistemlerinde depreme karşı sismik izolatörlerin kullanılması UBC97 yönetmeliğini ele alarak incelemiştir. Seçilen yapı ankastre sistem ve üç tip sismik izolatör ile ayrı ayrı hesaplanıp sonuçları SAP2000 programı ile irdelemiştir. Yapılan analizler sonucunda sismik izolatörlerin depreme dayanıklı yapı tasarımına karşı geçerli bir sistem olduğunu tespit etmiştir.

Ateş (2004), değişerek yayılan deprem hareketlerinin sürtünmeli sarkaçlı karayolu köprülerindeki stokastik analizini gerçekleştirmiştir. Analizler sonucunda köprüler gibi uzun açıklıklara sahip yapıların değişen yer hareketlerinden sismik izolatörler ile kesit tesirlerinin azalacağını ve korunabileceğini göstermiştir.

Ateş vd (2005), değişerek yayılan yer hareketlerini sürtünmeli sarkaç izolatöre sahip karayolu köprülerindeki stokastik davranışını incelemiştir. Yapılan çalışmada tutarsızlık etkisi, dalga yayılma ve zemin etkilerini Harichandran ve Vanmarcke tutarsızlık modeli ile incelemiştir. Köprünün yapıldığı yerde yumuşak, orta ve sert zeminleri seçerek zemin etkisini modellemelerde hesaba katmışlardır. Filtre edilmiş beyaz gürültü hareketi her mesnede uygulanmıştır. Doğrusal olmayan sürtünmeli sarkacın hareketi FORTRAN dilinde programlanmış ve SVEM programına eklemiştir. Çalışma sonucunda sürtünmeli sarkaçların köprülerin stokastik davranışları üzerinde büyük etkilere sahip olduğunu tespit etmişlerdir.

Yücesoy (2005), UBC-97 yönetmeliğine göre 5 katlı örnek bir yapının kurşun çekirdekli kauçuk izolatörler ile güçlendirilmesini yapmıştır. Araştırmada yönetmeliğin gerekleri, izolatörlerin boyutlandırılması ve piyasada üretimi yapılan izolatörlerin seçimine yer vermiştir. Analiz sırasında Erzincan ve İzmit deprem kayıtları kullanılmış ve sismik taban izolasyonunun avantajları ve dezavantajları, yanal ötelenmeler, eğilme momentleri, taban kesme kuvvetleri ve yapı doğal periyodunun aldığı değerleri karşılaştırmıştır. Analizler sonucunda sismik izolatörlü yapının görece kat ötelenmelerinin, taban kesme kuvvetinin ankastre yapıya göre azaldığını tespit etmiştir.

Tolay (2006), ankastre sistem ile izolasyonlu sisteminin maliyetini karşılaştırmıştır. Taban izolasyonunun teorik esaslarını incelediği çalışmada, aynı yapı Sta4CAD yardımı ile izolatörlü ve ankastre olarak tasarlanmış ve boyutlandırmıştır. Boyutlandırma sonucunda ankastre ve izolatörlü yapı arasındaki maliyet farkını araştırmıştır. Çalışma sonucunda izolatör maliyetinin tüm yapı maliyetinin %12,72 sini oluşturduğunu tespit etmiştir.

Urgu (2006), bina periyotlarını arttırarak deprem kuvvetlerini azaltmayı esas alan üç çeşit izolatör çeşidi incelemiştir. Çalışma esnasında Düzce depreminin KG bileşeni kullanılmış ve uygulama yapılan 4 katlı binanın modelleme işlemi SAP2000 programı ile yapmıştır.

Çalışmada UBC-97 yönetmelik şartları dikkate alınmış ve bu yönetmeliğin kriterleri ve izolatör boyutlandırılması hakkında bilgi vermiştir. Analiz sonucunda üç farklı tip izolasyon sistemi ve ankastre sistem arasındaki kat ötelemeleri, maksimum kat ivmeleri, taban kesme kuvvetleri ve periyotları karşılaştırmıştır. Analizler sonucunda yapının taban kesme kuvvetinin ankastre yapıya göre yaklaşık %70 oranında azaldığı ve izolasyonlu yapının periyotlarının 2-3 sn. mertebesine ulaştığını tespit etmiştir.

Mum (2006), İzmit ili, Kirazlıyalı İlçesindeki liman tesislerini D100 karayoluna bağlayan köprüde uygulanan kauçuk izolatör sistemini incelemiştir. Araştırmada yapı SAP2000 programı ile gerçeğe uygun olacak şekilde modelledikten sonra analizlerde sismik izolatörlü yapının köprü ayaklarına çok büyük momentler aktarmadığını gözlemiştir.

Tokuç (2008), mevcut betonarme okul binasının performansının değerlendirmesini ve kurşun çekirdekli elastomer mesnetler ile güçlendirilmesini yapmıştır. Performans analizi 2007 deprem yönetmeliğine göre yapılan yapının sismik yalıtımı yapılırken mevcut deprem yönetmeliğinde ilgili kısım bulunmadığından Fema356 ve UBC-97 yönetmeliğinin şartlarını kullanmıştır. Analizi yapılan yapının yer değiştirmeleri, mod şekilleri, modal kütle katılım oranları ve iç kuvvetler gibi büyüklüklerini incelemiştir. Analizler sonucunda binanın sismik izolasyonlu hali için daha az deprem etkisine maruz kaldığını tespit etmiştir.

Yavuz (2008), 5 katlı bir örnek bina ile Erzurum Devlet Hastanesi binası önce ankastre sonra sismik izolatörlü olarak zaman tanım alanında analizini yapmıştır. Çalışmada izolatörlerin boyutlandırılması ve ilgili yönetmelikler hakkında bilgiler vermiştir. Sismik taban izolasyonunun avantajları ve dezavantajları, yanal ötelenmeler, eğilme momentleri, taban kesme kuvvetleri ve yapı doğal periyodunun aldığı değerleri karşılaştırmıştır. Yapılan analizler sonucunda sismik izolatörlü yapıda yanal ötelenmelerin azaldığı, eğilme momentlerinin ve taban kesme kuvvetinin azaldığı ve yapı doğal periyodunun arttığını tespit etmiştir.

Demir (2008), Konya Selçuk Üniversitesi Ar-Ge Binası SAP2000 programında sismik izolatörlü ve ankastre olarak 1. ve 4. Deprem bölgelerine göre analizini yapmış aynı zamanda yapı Sta4cad programı ile 1. ve 4. Deprem bölgelerinde çözüp boyutlandırılması ve maliyet karşılaştırılmasını yapmıştır. Çalışma esnasında izolatörlerin çalışma şekli, sismik izolatör çeşitleri, izolatörlerin hesap yöntemleri ve ilgili yönetmelikleri irdelemiştir. Yapılan hesaplamalar sonucunda izolatörlü binanın, ankastre binadan %7,48 daha maliyetli olduğunu tespit etmiştir.

Erişken (2010), depremin geliş açısının sismik izolatörlü binalara etkisini incelemiştir. Dünya deprem yönetmeliklerinde yeni gelişen bu sistem hakkında kabullerin bazıları ankastre

sistemlerdeki kabullerden alınmaktadır. Bunlardan en önemlisi deprem kayıtlarının doğrusal birleştirme yöntemidir. Bu kabulü göre depremin iki bileşeninin yapıya aynı anda etkimesi durumunda elde edilecek sonuçlar sadece ortogonal eksenler doğrultusunda yapılacak tek yönlü deprem analizleri ile ve sonuçlar %100+%30 doğrultusal birleştirme kuralına göre birleştirilerek elde edilmektedir. Ayrıca sismik izolatörlü yapılarda yapının güvenli bir şekilde hareketini gerçekleştirecek boşluklara ihtiyaç duyulmaktadır. Ancak bunlarının tasarımını yaparken sadece ortogonal ekseninde hesap yapılmakta olup izolatör deplasmanlarının hesaplanması hakkında herhangi bir kural bulunmamaktadır. Yapılan bu çalışmada tarihteki büyük deprem kayıtlarını yapıya farklı açılarda uygulayarak eleman iç kuvvetleri, sismik izolatör deplasmanları ve katlar arası görelî ötelemelerin depremin geliş doğrultusuna bağılı olarak nasıl değıştiğı ve %100+%30 doğrultusal birleştirme kuralının sismik izolasyonlu yapılara uygulanabilirliğini araştırmıştır. Sonuçta, birleştirme kuralı ile hesaplanan yapısal niceliklere ait değerlerin gerçekte oluşabilecek en büyük değerlerden az olduğunu görmüştür.

Öncü (2011), puls periyotlarının sismik izolasyonlu binaların performanslarına etkisini incelemiştir. Giderek yaygınlaşan sismik izolatörlü binaların güvenliğini yakın depremler tehdit etmektedir. Sismik izolatörlü yapıya yakın mesafede meydana gelen uzun periyoda ve yüksek genliğe sahip hız pulsuları içeren depremler yapıda büyük deplasmanlara ve üst yapıda hasarlara neden olmaktadır. Taban deplasmanı, bırakılacak sismik boşluk ve izolatör deplasman kapasitesi gibi nedenlerden dolayı belli sınırlar içerisinde tutulması gerekmektedir. Bunu sağlamak için ek sönümler kullanılabilir. Fakat bu durum kat ivmelerinde artışa neden olmaktadır. Özellikle yapının izolasyon periyodu ile puls periyodu çakışması durumunda yapı büyük olumsuz etkilere maruz kalmaktadır. Bu olumsuz etkileri incelenmek amacıyla farklı akma sonrası izolasyon periyodu, karakteristik kuvvet oranı ve ek sönüm oranı parametrelerine sahip sismik izolasyon sistemleri ile farklı puls periyodu ve sayısına sahip, yeryüzünden faya olan mesafelerin farklı olduğu sentetik yakın depremler kullanmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda deprem yüklerinin artması ile puls periyotları ve genliği artmış, pik taban deplasman taleplerinde özellikle uzun izolasyonlu sistemlerde önemli artışlar tespit etmiştir.

Yurdakul (2011), üç eğrilikli sarkaç mesnetli yapıların dinamik davranışına zemin eğilebilirliğinin etkisini incelemiştir. Araştırma için 8 katlı çerçeve model ile Gülburnu Köprüsü üzerinde çalışmalar yapmış, yapılarda sismik izolatörler kullanılarak yapı periyotlarının uzatılması ve buna bağılı olarak yapıya gelen deprem ivmelerinin azaltılmasını hedeflemiştir. Ele alınan yapılar önce ankastre sonra izolatörlü ve zemin etkileşimli olarak zaman tanıma alanında SAP2000 ile analizini yapıp sonuçlarını irdlemiştir. Yapılan analizler

sonucunda üç eğrilikli sürtünmeli sarkaç izolatörlerin, tek eğrilikli sürtünmeli sarkaç izolatörlerden daha küçük kesit tesirlerine sahip olduğunu tespit etmiştir.

Fitoz (2012), yakın kaynaklı ve her iki doğrultuda deprem hareketleri altında izolatör deplasmanları, kat ivmeleri, çatı ötelenmeleri, taban kesme kuvvetleri ve burulma momentlerini incelemiştir. Doğrusal olmayan dinamik analizlerden elde edilen bu parametreler eşdeğer yanal kuvvet yöntemi yardımıyla hesaplanan değerler ile karşılaştırmıştır. Analizlerde kat yüksekliği farklı iki betonarme binayı SAP2000 programı ile modellemiş ve sonuçlar farklı etkili sönümlenme değerleri ve izolasyon periyotları için incelemiştir.

Toprak (2012), burulma düzensizliği olan yapılarda sismik izolatör kullanımının deprem yükleri altındaki davranışa etkisini incelemiştir. Bu amaç ile 3, 5 ve 10 katlı yapıları modellemiş, modellerden burulma düzensizliği olmayan, %5 ,%10 ve %20 burulma düzensizliği olan yapılar türeterek El Centro, Northridge ve Kocaeli deprem kayıtlarını kullanarak incelemeler yapmıştır. Çalışma sonucunda burulma düzensizliğinin yapı üzerindeki olumsuz etkilerinin izolatörler ile önemli ölçüde azaldığını tespit etmiştir.

Kurtuluş (2012), yüksek sönümlü kauçuk izolatörlerin rijitleşme özelliğinin sismik izolasyonlu binaların deprem davranışına etkisini incelemiştir. Yüksek sönümlü kauçuk izolatörlerde deformasyonların belirli bir sınır aşması durumunda yüksek sönümlü kauçuk izolatörlere özgü bir davranış olan yanal rijitlikte artış görülmektedir. Bu rijitleşme özellikle büyük şiddetli depremlerde beklenen izolatör deplasmanlarında önem arz etmektedir. Uygulama yapılırken yanal rijitliği sahip olan izolatör sistemli binaların farklı büyüklükteki tarihi depremler ve suni deprem kayıtları ile analizini gerçekleştirmiş ve sonuçları kat ivmeleri, görelî kat ötelemeleri ve taban deplasmanlarını karşılaştırmalı olarak incelemiştir. Analizler sonucunda rijitleşen modellemede kat ivmeleri ve görelî kat ötelemelerinin doğrusal modele göre yüksek çıktığını, izolasyonlu sistemin deplasmanlarının daha az çıktığını tespit etmiştir.

Dinçer (2013), 8 katlı betonarme binayı yüksek sönümlü kauçuk izolatörler ile modellemiştir. Modellenen binayı SAP2000 programında zaman tanım alanında analizini yaparak sismik izolatörlerin önemini vurgulamıştır. Analizler sonucunda izolatörlü yapının kesit tesirlerinin %50 azaldığını, taban kesme kuvvetinin % 58 oranında azaldığını tespit etmiştir.

Kalpakkı (2013), temellerin kompozit sistemler ile sismik izolasyonunu incelemiştir. Bina altına konulan yüksek dayanımlı geotekstil malzemenin dinamik davranışı, sarsma tablası deneyi ile test etmiştir. Deney sonucunda test edilen sismik izolasyon sisteminin harmonik

taban hareketi altında yapıya gelen ivmelerin büyük oranda düştüğü ve görelî kat öteleme oranlarının büyük ölçüde azaldığını görmüştür.

Güler (2013), sismik izolasyonlu binalardaki doğrusal olmayan sıvı viskoz sönümleyicilerin yakın depremlere karşı etkinliğini araştırmıştır. Yapılan araştırmada doğrusal olmayan sıvı viskoz sönümleyicilerin izolatör deplasmanlarını azaltmadaki etkinliği ile kat ivmeleri, görelî kat ötelemeleri, yapısal kesme kuvvetleri ve taban kesme kuvvetleri üzerindeki etkileri doğrusal viskoz sönümleyicilerle karşılaştırmıştır.

Cicen (2014), mevcut bir betonarme kamu binasının performans analizi ve sismik izolasyon ile güçlendirilmesini incelemiştir. Seçilen kamu binasında önce yapısal düzensizlikleri inceleyip deprem performans analizi yapılmıştır. Daha sonra binayı sismik izolasyon ile güçlendirmiştir.

Baki (2015), betonarme bir binada sismik izolasyonlu ve izolasyonsuz çözümlerin karşılaştırılmasını yapmıştır. Çalışmada 3 katlı betonarme bir bina tasarlamış, yapı eşdeğer deprem yükü ve mod birleştirme yöntemi ile çözümünü yapmış ve en son sismik izolatörlü olarak çözümünü yaptıktan sonra kat kesme kuvvetleri, taban kesme kuvvetlerinin azaldığını gözlemlemiştir.

Saifullah(2015), sismik izolasyonlu binalar için yakın fay katsayılarının gerekliliği ve yeterliliğini araştırmıştır. Yapılan araştırmalarda faya 15 km den yakın yapılan sismik izolasyonlu yapılarda oluşabilecek büyük depremlerde kauçuk izolatörlerin yırtılabileceği ve burkulabileceğini görmüştür. Oluşabilecek depremlerin sismik izolatörlü binalar gibi uzun periyotlu olması durumunda deprem periyodu ve yapı periyodunun çakışma ihtimali olmaktadır. Bu durum Amerikan yönetmeliğinde (UBC97) oluşabilecek bu deplasmanları engellemek için yakın fay katsayılarını belirlemiş ve deprem specturumlarını buna göre büyütmiştir. Bu değerler analizi yapılan binada prototip çok sayıda tarihi deprem kaydı kullanarak zaman tanım alanında incelemiş ve binalar için gerekliliği ve yeterliliğini incelemiştir.

Karakurt (2015), sismik izolatörlü binalarda kat adedi etkisini incelemiştir. Yapılan araştırmada tek eğrilikli sürtünmeli sarkaç izolatörlerde kat adedinin yapısal davranışına ve maliyete etkisinin incelenmesi için 5, 10 ve 15 katlı binalar modellemiştir. Araştırmada sismik bölge olarak 1. deprem bölgesini kullanılmıştır. 5 ve 10 katlı yapılarda tek eğrilikli sürtünmeli sarkaç izolatörün iyi performans sergilediği ancak yüksek yapılarda bu izolatörün hem performans olarak hem de ekonomi olarak kullanımının iyi olmadığını tespit etmiştir.



Argu (2015), kurşun çekirdekli izolatorlerin tekrarlı yükler altında ısınması ile yaşanan dayanım kaybını incelemiştir. Yapılan analizler sonucunda binalarda kurşun çekirdekli izolatorler ile tasarlanırken ısınma analizlerinin yapılması gerektiği sonucuna varmıştır.

Alemdağ (2016), hâkim modlarında burulma düzensizliği olan yapıların sismik izolator ile nasıl güçlendirilebileceği yeni bir yaklaşım ile aklamıştır. Eski yaklaşımlarda burulmanın önlemesi için dış akslarda kalan izolatorler görece gçlendiriliyordu ancak bu yapılırken sisteminde rijitliği artırıldığı için sistemin hedeflenen periyodu azalmakta dolayısı ile kat ivmeleri, taban kesme kuvvetleri de artmaktaydı. Geliştirdiği bu yöntemde, izolatorlere gelen ağırlığa göre tasarlamak yerine, izolatorleri i ve dış olmak üzere ikiye ayırıp belirli rijitlik oranına göre tasarlamaktadır. Rijitlik oranını hesap etmek içinse, içerisinde sisteme ait belirli parametreler barındıran bir formül geliştirmiştir. Bu formülden elde edilen rijitlik oranına göre tasarlanan izolator sistemi, yapının burulma rijitliğini artırarak ilk iki moddaki burulmaları engellemiştir.

Sevim (2016), sismik izolatorlerin bina türü yapıların dinamik davranışına etkisini incelemiştir. Yüksek sönümlü kauçuk izolator kullanılmış örnek bir hastane binası üzerinde yapılan çalışmada sistem SAP2000 programında modellenip 1980 Loma Prieta ve 1999 Kocaeli depremi kaydı kullanılarak zaman tanım alanında analizi yapmıştır. Modeldeki bazı düğüm noktalarında ve kesit boyunca oluşan etkiler, yer değiştirme değerleri karşılaştırmalı olarak sunmuştur. Yapılan araştırmada taban kesme kuvvetinin %45 azaldığı, azalan taban kesme kuvveti ile kolon u momentlerinin azaldığı ve yapı maliyetlerinin arttığını tespit etmiştir.

Yurdakul (2016),  eğrilikli sürtünmeli sarkaç izolatorlerin karayolu köprüsündeki stokastik davranışını belirlemeye çalışmıştır. Deprem hareketleri rastgele hareketler olduğundan bu tür yapılarda, rastgele kuvvetlerin istatikselsel ortalama ve olasılıklarla tanımlandığı stokastik analiz ile yapılmasını uygun görmüştür. Yapılan analizlerde  eğrilikli sürtünmeli sarkaçların, sürtünmenin de etkisiyle yapının enerji yutma kapasitesini arttırdığını tespit etmiştir.

Al-Ameeri (2017), kurşun çekirdekli izolatorlerin orta ve yüksek binalardaki performansını incelemiştir. Yapılan araştırmada 5,10 ve 15 katlı elik yapılar, ankastre ve sismik izolasyonlu olarak modellenerek 3 farklı deprem kaydı ile analizini yapmıştır. Analizler sonucunda sismik izolatorl yapıların sismik tepkilerinin, ankastre yapıya göre önemli ölçüde azaldığını görmüştür.

Bakkaloğlu (2018), sismik izolasyonla yapılması planlanan yapılar da tasarımlar yapılırken ve binaların inşası sırasında ortaya çıkan sorunlar ve bu sorunların çözümlerini için gereken önerileri, yapımları tamamlanan 5 adet hastane binasını inceleyerek ortaya koymuştur.

Yiğit (2019), 1975 deprem yönetmeliğine göre tasarlanan bir binanın performans düzeyini incelemiştir. Yapılan incelemede yapının göçme düzeyinde olduğunu tespit etmiş ve binanın güçlendirilmesi için klasik yöntemler ile sismik izolasyonlu yöntemleri ayrı ayrı kullanmıştır. Yapılar analizler sonrasında iki yapının can güvenliği performans düzeyini sağladığını tespit etmiş ve yapıların maliyetlerini karşılaştırmıştır. Analizler sonucunda geleneksel güçlendirmede yapının periyodunun azalmasından dolayı taban kesme kuvvetinin arttığı tespit etmiştir. Ayrıca geleneksel güçlendirme ve sismik izolatör ile güçlendirme arasında fazla bir maliyet farkının olmadığını, işletme ve yapım süresi eklenince sismik izolatörün daha ekonomik olacağını tespit etmiştir.

Kuvat (2019), sismik izolasyon cihazlarının pahalı olması nedeniyle az katlı yapılar da daha ekonomik olan yüksek sönümlü zemin tabakları fikrini ortaya çıkarmıştır. Önerdiği bu sistemin ana mantığının çeşitli karışımlar ile yapının zemininde sönüm tabakası oluşturmaktır. Yapılan çalışmada çeşitli karışım oranları ile zeminler oluşturmuş ve oluşturduğu bu zeminlerde yaptığı analizleri karşılaştırmıştır. Analizler sonucunda kat sayısına bağlı olarak çatı seviyesindeki ivmelerini %65'e kadar azaldığını tespit etmiştir.

## **Çalışmanın Amacı**

Yapılan literatür araştırmasında sismik izolatörlerle ilgili çokça çalışma yapılmasına rağmen yüksek sönümlü kauçuk izolatörlerin kolonlarda farklı seviyelerde yerleştirilmesi ile ilgili çalışmaya rastlanamamıştır. Bu çalışma ile literatüre katkı sağlama amaçlanmaktadır. Çalışmada, Isparta Merkez’de yapımı planlanan 7 katlı betonarme hastane binasının sonlu eleman modeli SAP2000 (Computers and Structures Inc. 2019) programında oluşturulacak ve analizler Türkiye bina deprem yönetmeliği (TBDY) 2018’e göre standart deprem yer hareketi spektrumları ile gerçekleştirilecektir. Sismik izolatörlerin konumunun yapıdaki etkisini gözlemek için yapılan çalışmada bina sismik izolasyonsuz, kolon altından izolasyonlu (KAİ) ve Kolon üstünden izolasyonlu (KÜİ) olarak tasarlanacaktır. Analizler sonucunda izolatörlerin konumunun bina üzerindeki dinamik etkileri değerlendirilecek, sistemlerin avantajları ve dezavantajları irdelenecektir. Bu değerlendirmeler yapılırken izolatörlerin hesapları UBC-97 (Uniform Building Code)’ ye göre, bina tasarımı TBDY 2018’e göre yapılacaktır.

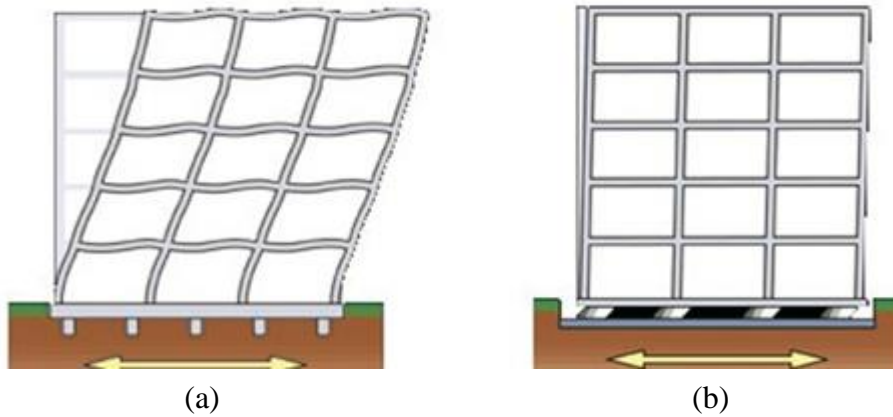
## Sismik İzolasyon Kavramı

Sismik izolasyon, yapının temelini ve üst yapısının çeşitli araçlar ile birbirinden ayrılmasıdır. İzolasyonlar genel olarak temel seviyesinde yapılması bu sistemleri taban izolasyonu olarak adlandırılmasına neden olmasına karşın izolasyon kolon altında, ortasında veya üstünde uygulanabilmektedir. Bu sistemde amaç yapının periyodunun uzatılarak yapıya gelen deprem etkisini azaltmaktır.

Ankastre yapılar tasarlanırken tasarımcılar çeşitli sorunlar ile karşılaşır bunlar şu şekilde özetlenebilir;

1. Yapıda kullanılan kolon ve perde kesitleri büyük kullanır ise yapının rijitliği artar. Bununla birlikte yapının görelî kat ötelenmesi azalır, yapı maliyeti ve kat ivmeleri artar. Rijit yapı depremde hasar almasa dahi içerisinde bulunan tesisat ve ekipmanlar zarar görür.
2. Yapıda kullanılan kolon ve perde kesitleri küçük kullanılır ve yapının süneklîği arttırılır ise, kat ivmeleri ve yapı maliyeti azalır, görelî kat ötelenmeleri artar. Ancak yapıda rijitlik azaldığı için görelî kat ötelenmesi sonucu deprem sonrasında bina kullanılamaz hale gelebilir.

Görüldüğü gibi ankastre yapılar ile aynı anda yapının ve içinde bulunan cihazların korunması mümkün olmamaktadır. Klasik sistem ile yapının ve ekipmanların aynı anda korunamaması tasarımcıları başka sistemler arayışına itmiş ve sismik izolatörler tasarlanmıştır. Sismik izolatörler ile yapıya etkiyen ivme azalmakta ve üst yapının katları arasında görelî kat ötelenmesinin azaltılmıştır. Görelî kat ötelenmesi azalan yapıda ekipmanlar zarar görmez ve yapı depremden sonra da işlevini yerine getirebilir. Şekil 1’de taban izolasyonlu ve izolasyonsuz yapının deprem hareketine yer verilmiştir.



Şekil 1. Taban izolasyonlu (b) ve ankastre mesnetli (a) yapı (URL-1).

## **Sismik İzolatörlerin Avantajları ve Dezavantajları**

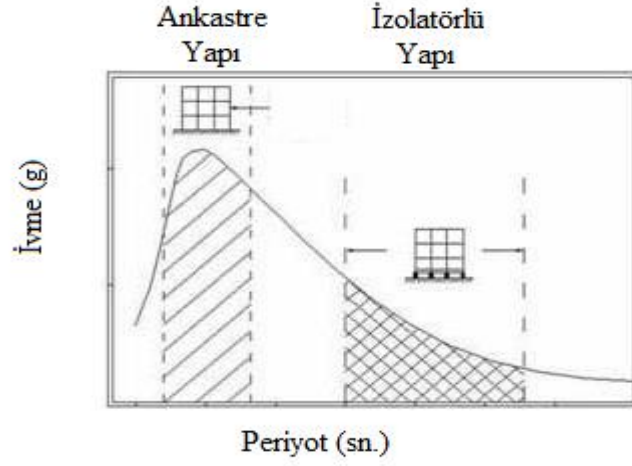
Sismik izolatörler ülkemizde yeni yeni yaygınlaşmaya başlamıştır. Bu yüzden dolayı bu sistemler ile ilgili bilgi sahibi mühendis bulmak zordur. Her izolasyon sisteminin avantajları olduğu gibi dezavantajları da bulunmaktadır, bundan dolayı amacına uygun sistemin seçilmesi büyük önem arz etmektedir. Sismik izolatörlerin avantajları aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- Depremlerde can güvenliğinin artması,
- Taşıyıcı yapıda hasarların en aza indirilmesi,
- Bina içerisindeki ekipmanların korunması (hastanelerdeki cihazların korunması, yeniden yapılması mümkün olmayan tarihi eser ve yapıların korunması, nükleer reaktör ve rafinelelerin korunması)
- Deprem sonrası hemen kullanım ile iş kaybının ve ekonominin etkilenmemesi,
- Ulaşım yapıları olan köprü viyadük gibi yapıların sürekliliği,
- Göreli kat ivmesinin azalması olarak sıralanabilir.

Sismik izolatörlerin bu gibi avantajlarının yanı sıra oldukça sınırlı dezavantajları bulunmaktadır. Örneğin yapının tasarlanan depremden fazla depreme maruz kalması durumunda izolatörlerde kopma ile birlikte kalıcı hasarlar olabilmektedir. Ayrıca izolatörlerin maliyeti yüksek olması ile birlikte yapıda uygulanması gereken ekstra bodrum maliyeti ve temel kazılarının daha derin olması, temelin etrafının yapının deplasman yapabilmesi için istinat duvarları ile çevrilmesi, izolatörlü yapıda kullanılması gereken kanalizasyon, su, elektrik, doğalgaz gibi sistemlerin farklı şekilde yapılması izolasyonlu yapıların maliyet kalemlerini arttırmaktadır.

## **Sismik İzolasyon Yönteminin Temel İlkeleri**

Yapılarda kullanılan deprem izolasyonunun ana amacı, yapıya yatay yönde gelecek deprem kuvvetlerini, yapının titreşim periyodunu arttırma veya yapının deprem sönüm oranını arttırma seçeneklerinden birini kullanarak azaltmaktır. Yapı periyodunun deprem etkilerinde ne derece de önemli olduğu şekil 2’de görülmektedir. Grafikte de görüldüğü gibi yapı periyodunun artması ile yapıya gelen spektral ivme azalmaktadır. Yapı periyodu, yapının bir tam salınım yapması için geçen süredir. Buradan da anlaşılacağı gibi yapının periyodunun çok uzun olması durumunda artan yer değiştirme ihtiyacının karşılanması gerekmektedir. Bu talep karşılandığında yapı önemli oranda depremden korunur.



Şekil 2. Spektral ivme değerinin yalıtımlı ve yalıtımsız yapı için değişimi (URL-2).

Binalarda sismik izolatörlerin genel olarak aşağıdaki özellikleri içermektedir;

- Yüksek düşey rijitlik,
- Düşük yatay rijitlik,
- Yüksek oranda enerji sönümlenme,
- Deprem sonrasında eski halini alma,
- Harici yatay yüklemelerde yüksek yatay rijitlik,

Bunların yanında izolatörler maksimum yük ve yer değiştirme durumlarında kararlılığını korumalı, yer değiştirmelere direnç göstermeli ve tekrarlı titreşim yüklerinde fiziksel özelliklerin deformasyonlar sınırlı kalmalıdır.

### Sismik İzolasyon Yönteminin Uygulamalarındaki Zorluklar

- İzolasyonlu yapının alt ve üst seviyesi arasındaki yer değiştirmelerin yapının servis ömrü boyunca sağlanmalıdır.
- Süneklik oranı yüksek, yapı periyodu yüksek olup rezonans riski taşımayan yapılara uygulanmasının yapıya yeterli etkisi yoktur.
- Yapının yükseklik ve genişlik oranındaki büyük fark devirici momentlerin artmasına ve yapının düşey yönde hareket etme riskini ortaya çıkarmaktadır. Bu durum izolatörlerin yüksek yapılarda kullanımını zorlaştırmaktadır.

## **Sismik İzolasyon Sistemlerinde Uygulama Sınırlamaları**

### **Yapı ağırlığı.**

Etkili bir izolasyon sistemi için yapı periyodunun uzun olması gerekmektedir. Yapı periyodu, yapı ağırlığı ile doğru, yapı rijitliği ile ters orantılıdır. Hedef periyoda ulaşmak için hafif yapıların düşük yatay rijitlikle yapılması gerekmektedir. İzolasyon sistemlerinin belirli bir rijitlik aralığı bulunmaktadır. Örnek olarak kauçuk izolatörlerin yatay yüklemeler altında stabil kalabilmesi için gereken minimum çap değeri vardır ve bu da minimum rijitlik değerini ifade etmektedir. Kayıcı izolatörlü sistemlerde bu tür kısıtlamalar bulunmamaktadır, bu yüzden az katlı hafif binalarda kayıcı sistemler uygulanabilir. Ancak bu sistemin pahalı parçasını oluşturan kayıcı plakalar az ve çok katlı binalar için yaklaşık aynı maliyettedir.

### **Yapı periyodu.**

Sismik izolatörlerin uygulanacağı binaların periyodlarının kısa olması gerekmektedir. Yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyotları ( $T_A$  ve  $T_B$ ) arasında ya da yakınında olan kısa periyotlu yapıların periyotlarının 1,5-3,5 saniye aralığına taşıma ile etkili bir izolasyon sağlanmış olur. Uzun periyotlu yapılara sismik izolatörlerin herhangi bir etkisi olmayacaktır.

### **Zemin durumu.**

İzolasyon sistemi en iyi ZA ve ZB türü kaya ve sert zeminlerde uygulanır, yumuşak zeminler deprem büyütme etkisi ve rezonans etkisi yaratabilir. Ancak gerekli önlemler alınarak sismik izolatörler ZF tipi zemin haricindeki zeminler için de kullanılabilir.

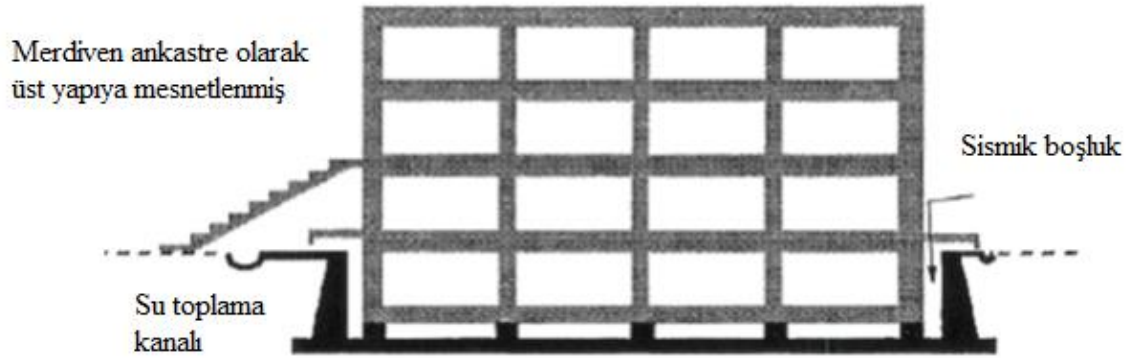
### **Yakın fay etkisi.**

Yakın fay etkisi sismik izolatörlerin uygulamasında en tartışılır konu durumundadır. Yapıya 5 km'den daha yakında bulunan faylarda deprem dalgalarında girişim adı verilen olay gerçekleşir. Girişim farklı deprem dalgalarının üst üste binmesidir. Bu durum izolatörün maliyetini arttırır ve tasarımını karmaşıktırır.

### **Konum.**

Sismik izolasyonun yapılacağı yapının, zemin koşulları ve dinamik koşullar uygunsuzsa dikkat edilmesi gereken en önemli konu yapının konumudur. Taban izolasyonu üst ve alt yapıyı ayıran düzlemin varlığına ve yatay yönde yapının salınımını gerçekleştirebilecek sismik boşluğun bulunmasına bağlıdır. Taban izolasyonlu yapılarda bırakılması gereken sismik boşluk şekil 3'de gösterilmiştir. Salınım boşluğu yapının bulunduğu bölgenin depremselliğine ve izolatörlerin deplasman değerlerine göre yeterli olacak şekilde 10-100 cm aralığına kadar

bırakılmalıdır. Yeterli sanılım boşluğunun bulunmaması veya izolasyon yapılacak binanın çok yakınında yapı bulunması durumunda izolatör istenildiği gibi çalışmamaktadır.



Şekil 3. Sismik izolatörlü yapıdaki sismik boşluk (Ali Hoşbaş,2006).

### Sismik İzolasyonların Yerleştirilmesi

Yapılara uygulanacak sismik izolatörler sistem üzerinde burulmayı önleyecek şekilde yerleştirmeden önce, izolatörlerin yapıda uygulama seviyesine karar verilmelidir. İzolatörün yeri seçilirken zeminin yapıya çıkarabileceği etkiler, izolatörün olası bakımı, yangın, sıcaklık gibi etkiler dikkate alınmalıdır. Bununla birlikte yapıda asansör, merdiven ve iç tesisat gibi sistemleri düşünülerek tasarım çok dikkatli yapılmalıdır.

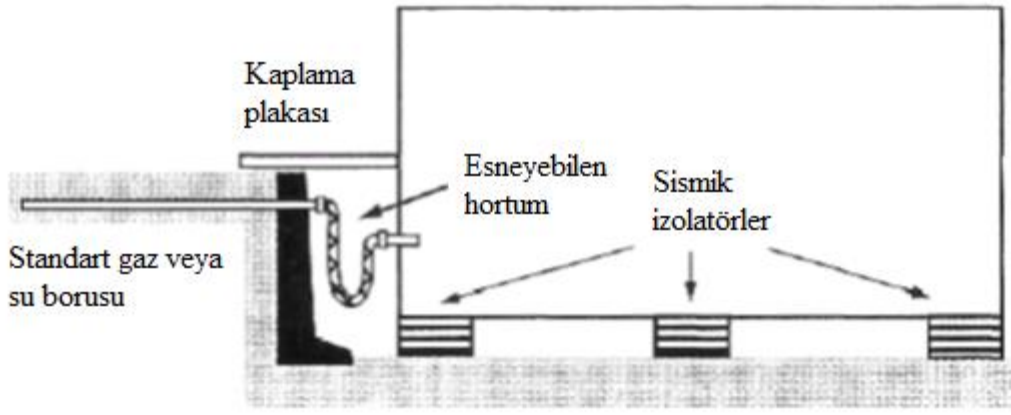
#### Yerleştirme seçenekleri.

Yapılarda sismik izolasyon genel itibari ile kolon alt bölgesinden yapılmaktadır. Bu durumda yapının içerisinde bulunan merdiven gibi sistemler servisine devam edebilmektedir. Ancak izolatör kolon ortası ve kolon üstünde uygulandığında bina içi ulaşım sistemlerinde gerekli önlemler alınmalıdır. Aynı şekilde izolasyon seviyesinde bulunan kapı, duvar gibi sistemlerinde alt ve üst yapı arasındaki ötelenmeyi karşılayacak şekilde tasarlanmalıdır. Bunların yanı sıra izolatörlerin görünmeyen bir alanda veya bodrumda konumlandırılması seçeneği vardır. Bu seçenek ile izolatörlerin bakım ve olası değişiminin yapılması kolaylaşır. Ancak bu durum ek kat maliyetine, istinat duvarı maliyetine ve kazı maliyetlerine neden olmaktadır.

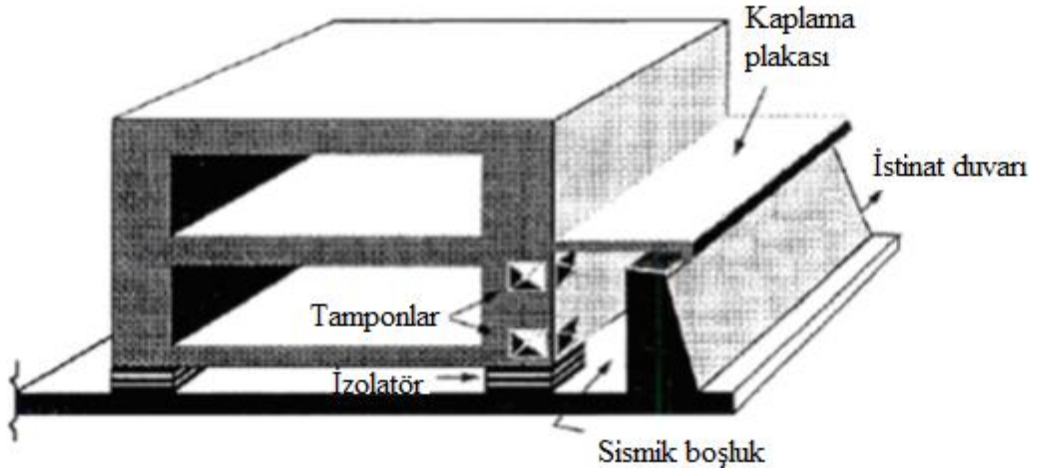


### Sismik boşluk.

Sismik izolatörlü yapılarda beklenen maksimum yer değiştirmeye göre binanın hareket edebileceği boşluk bırakılmalıdır. Toprak altında bırakılacak sismik boşluklarda sistem istinat duvarı ile korunmalı yapının tüm servis ömrü boyunca bu bölgeye su, toprak gibi yabancı maddelerin dolmasını engellemek için gerekli tedbirler alınmalıdır. Ayrıca yapıya dışarıdan bağlanacak olan su, doğalgaz, elektrik ve kanalizasyon gibi sistemlerin ek yerlerinin esnek olarak dizayn edilmelidir. Sismik izolasyonlu yapılardaki mekanik bağlantıya örnek şekil 4’de, sismik boşluğun korunması için gerekli yapılar olan istinat duvarları ve kaplama plakası şekil 5’de verilmiştir.



Şekil 4. Mekanik bağlantı (Ali Hoşbaş, 2006).

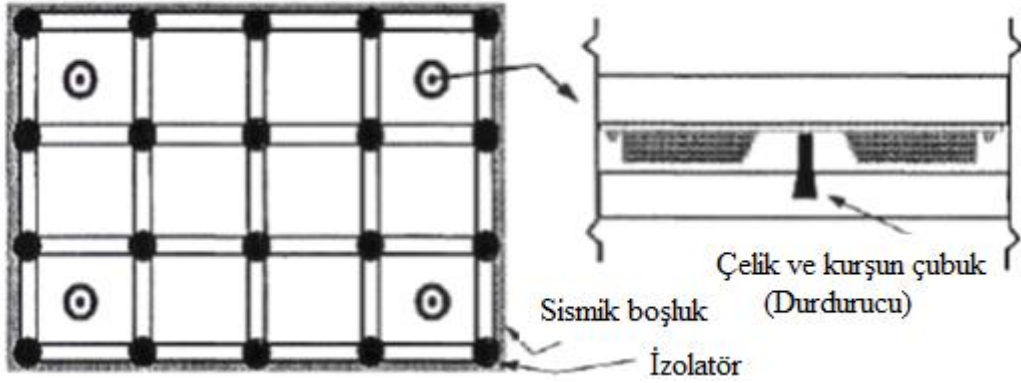


Şekil 5. Sismik boşluk (Ali Hoşbaş, 2006).

### Destek sistemleri.

Sismik izolatörlü binalarda deplasmanları sınırlamak için destek elemanları kullanılabilir. Bu elemanlar izolatörlerin hesaplanan deplasmanı aşması durumunda binanın komşu bina ya da sismik boşlukta bulunan istinat duvarına çarpmasını engellemek için gereklidir. Oluşabilecek çarpışmalar bölgesel hasarlara, kat ivmelerinin artmasına ya da bina içerisinde bulunan ekipmanların zarar görmesine neden olabilir. Bu hasarların minimuma indirilmesi için iki tip sistem bulunmaktadır. Bu sistemler tamponlar ve durduruculardır.

Durdurucu çelik ve kurşundan oluşan çevresi silindirik izolatörler ile çevrili büyük çaplı çubuk parçasıdır (Şekil 6). Tamponlar yapının dışarısında bulunan çıkıntı şeklinde elastik malzemeden oluşan yalıtıcılardır. Tamponlar komşu bina ya da istinat duvarı ile çarpışmayı korur.



Şekil 6. Durdurucular (Ali Hoşbaş, 2006).

### Türkiye’de Sismik İzolasyon Uygulamaları

Ülkemizin deprem kuşağında bulunması, deprem sonrasında hemen kullanımı gerekli yapıların depremden korunmasını zorunlu kılmıştır. Depremler klasik ankastre yapılarda büyük yıkımlara ya da ağır hasarlara neden olmaktadır. Bu durum yapılarda farklı sistemlerin kullanılmasını zorunlu hale getirmiştir. Ankastre yapıların tasarımı yapılırken yapının deprem enerjisinin bir bölümünün sünek davranış ile karşılanması hedeflenir bu da yapının salınım yapması anlamına gelmektedir. Salınım (katlar arası görelî ötelenme) binaların içinden bulunan iletişim, ulaşım ve sağlık hizmetleri aletlerinde önemli hasarlara ve kullanılamaz hale gelmesine neden olmaktadır. Deprem yalıtımında ülkemizde son yıllarda kullanımı artan sismik izolatörler bu sorunların aşılmasında büyük fayda sağlamaktadır. Yapılarda kullanılan izolatörler yapının katlar arasındaki görelî kat ötelenmesini azaltmakta ve yapının bir bütün halinde hareket etmesi ile yapı deprem kuvvetlerinden etkilenmemektedir.

Ülkemizde İstanbul Sabiha Gökçen Havalimanında deprem izolatörleri kullanılmıştır. Aprondan çatıya kadar yapının yüksekliği 20 m'dir ve 2000 ton ağırlığındaki çatı toplam 30 kolon üzerine oturtulmuştur. Çatının sıcaklık gerilmeleri ve deprem kuvvetlerinden etkilenmemesi için kolonlar ile çatı arasına üst seviyeden 30 adet izolatör yerleştirilmiştir. Yapıda çatı yüklerinin az olduğu dış kolonlarında 20 adet yüksek sönümlü kauçuk izolatör, ortadaki 10 adet kolonda ise 10 adet kurşun çekirdekli izolatör kullanılmıştır. Orta aks da kullanılan 10 adet kurşun çekirdekli izolatör, yapıyı etkileyebilecek rüzgârlarda izolatör rijitliğini arttırmak ve çatı deplasmanını engellemek için yerleştirilmiştir.

Türkiye'de sismik izolasyon ile güçlendirilen ilk yapı olarak Atatürk Havalimanı Dış Hatlar Terminali olarak kabul edilmektedir. Havalimanının dış hatlar terminalindeki inşaat devam ederken meydana gelen Düzce depreminde yapıda kısmi hasarlar meydana gelmiştir. Kaba inşaatı bitme aşamasında olan yapıda tüm kolonlar mantolanarak güçlendirilmiş ve çatı ile kolon arası askıya alınarak izolatörler yerleştirilmiştir.

Düzce depreminde fayın çok yakınından geçmesi nedeniyle büyük hasar gören yapılardan bir tanesi de Bolu Viyadüğüdür. Viyadükte bulunan histeretik enerji sönümleyici cihazlar işlevini yerine getirememiş ve yerine sürtünme sarkaç tipli izolatörelere kullanılmıştır.

2005 yılında 50.000 m<sup>2</sup> alana sahip Antalya Hava Limanı Dış Hatlar Terminalinde sismik izolatörler ile güçlendirilme yapılmıştır. 411 adet kolonun kesilip askıya alınan yapının kolonlarına kurşun çekirdekli izolatörler yerleştirilmiştir. Benzer şekilde yapının perde duvarlarına da kayıcı mesnetler eklenmiştir.

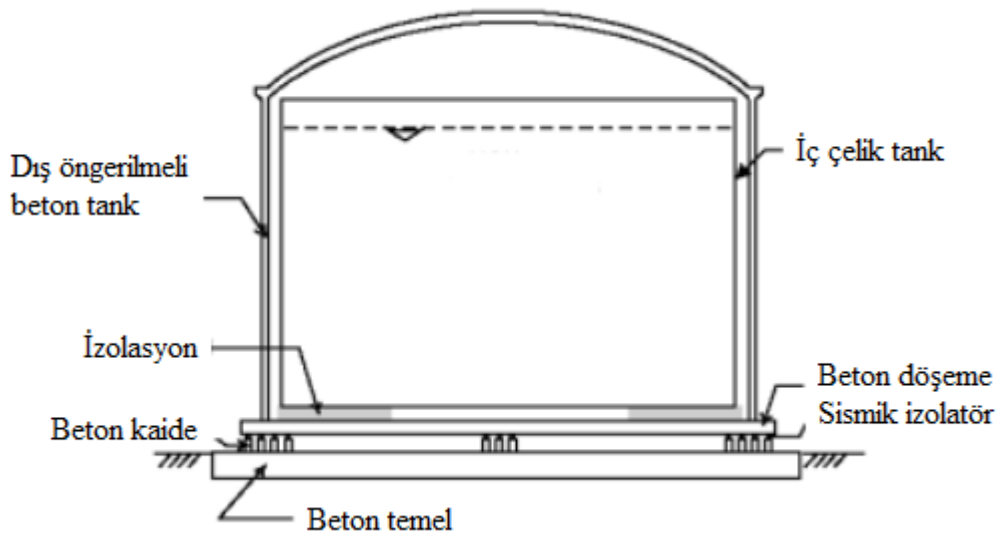
İstanbul'da 1966 yılında hizmete açılan Trabya Oteli, Marmara depreminde hasar görmüştür ve bazı temel bağlantılarının olmadığı tespit edilmiştir. Trabya Oteli 2005 yılında eğrisel yüzeyli sürtünmeli sarkaç tipli izolatörler ile güçlendirilmiştir. Ancak yapı işletmede baş gösteren sıkıntıları nedeniyle geleneksel yöntemler ile tekrar güçlendirilmiştir.

Deprem sonrasında hemen kullanılması gereken en önemli yapılar hastanelerdir. Bundan dolayı da Erzurum Devlet Hastanesi sismik izolatörler ile inşa edilmiştir. Bu hastanede 386 adet kurşun çekirdekli izolatör kullanılmış olup bu izolatörlerin çapları 80, 90, 100, 110 cm'dir. Şekil 7'de Erzurum Devlet Hastanesi'ndeki sismik izolasyon sistemi gösterilmiştir.

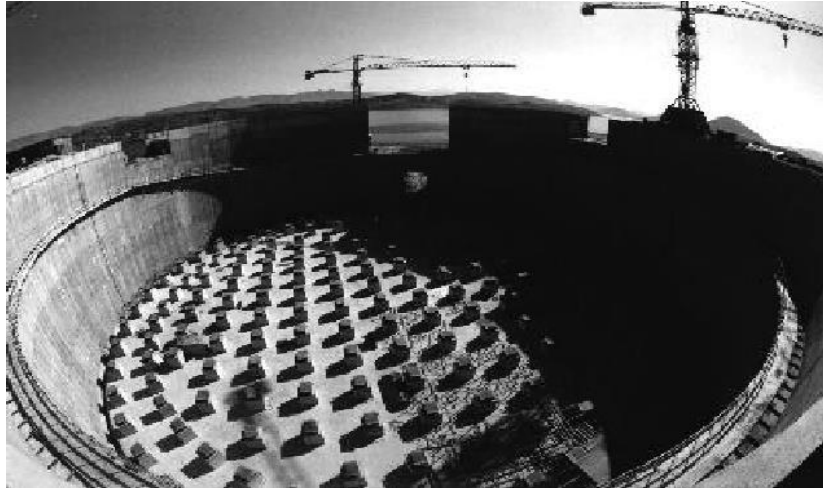


Şekil 7. Erzurum Şehir Hastanesi (URL-3).

Deprem durumunda ulaşım askları (köprü, viyadük vb.), hastane binalarının korunduğu gibi önemli sanayi yapıları ve tehlikeli maddelerin depolandığı alanlarında korunması gerekmektedir. Bundan dolayı İzmir Ali Ağa’da bulunan LNG tankları sismik izolatörlü olarak inşa edilmiştir. 140.000 m<sup>3</sup> kapasiteli tanklarda 112 adet kurşun çekirdekli sismik izolatör, 221 adet düşük sönümlü izolatör kullanılmıştır. Sismik izolatörlerin uygulanma şekli ve örnek bir uygulama şekil 8 ve 9’da gösterilmiştir.



Şekil 8. Gaz tankı kesiti (URL-4).



Şekil 9. Gaz tankında kullanılan izolatörler (URL-4).

### Sismik İzolasyon Sistemlerinin Sınıflandırılması

Sismik izolatörler 3 ana tip altında incelenebilir. Bunlar;

1-Elastomer esaslı sistemler;

- Düşük Sönümlü Doğal ve Yapay Kauçuk İzolatörler
- Kuşun Çekirdekli Kauçuk İzolatörler
- Yüksek Sönümlü Kauçuk İzolatörler

2-Kayıcı tipli İzolatörler;

- Sürtülmeli Sarkaç Sistemi
- Çapraz Raylı Sistemler
- Deprem Mühendisliği Araştırma Merkezi Birleşik Sistemi
- Elastik Sürtülmeli Taban İzolasyonu
- Electricite TASS Sistemi

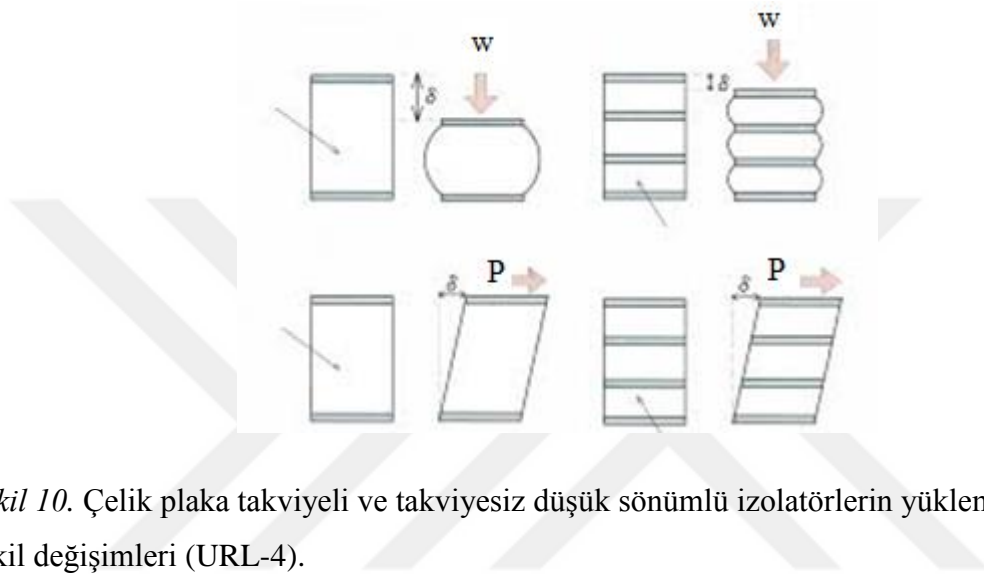
3- Helisel Yaylı Sistemler

- Gerb Heliselik Yay Sistemleri

#### **Düşük sönümlü doğal kauçuk mesnetli sistemler.**

Doğal kauçuk izolatörler günümüz teknolojisi mesnetlerinin atasını oluşturmaktadır. Bu tip izolatörler ilk olarak aralarında çelik levhalar kullanılmadan yapılarda kullanılmıştır. Ancak daha sonra uygulamalarda karşılaşılan sorunların sonucunda izolatörlere ara çelik levhalar eklenmiştir. Örneğin Üsküp’de ilkokul binasında yalıtım için kullanılan izolatörler bina ağırlığı ile şişmiş ve deformasyonlar meydana gelmiştir. Ayrıca izolatörlerin düşey yönde yeterli rijitliği olmadığı için deprem esnasında yapıda yukarı yönde hareketlenmeler meydana gelmiştir. İzolatörler eklenen çelik levhalar ile düşey yönde yüksek düşey rijitliğe erişmiştir.

Ancak bu tip izolatörlerde yatay rijitlik yeterli seviyede değildir. Yatay rijitlik çelik levhalar arasındaki kauçuk tabaka sayısı ve kalınlığına bağlıdır. Yanal rijitlik kauçuk kalınlığı sabit tutularak tabaka sayısı ile artırılmaya çalışılır ancak yüksekliğin artması burulma sorunu ortaya çıkardığı için izolatör kalınlığı çapının yarısı ile sınırlandırılmıştır. Bu izolasyon sisteminin en büyük avantajı kolay üretilebiliyor olması, yükleme, yıpranma ve sıcaklık etkilerinden sınırlı düzeyde etkilenmesidir. Sistemin en büyük dezavantajı ise ilave bir sönümleyici sisteme ihtiyaç duymasındır. Düşük sönümlü izolatörün yüklemeler altında deformasyonları şekil 10’da ve sismik bir izolatörün kesiti şekil 11’ de verilmiştir.

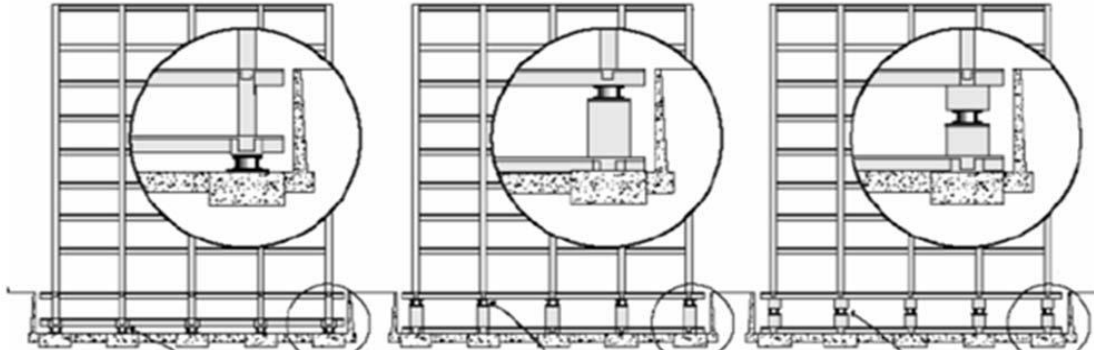


Şekil 10. Çelik plaka takviyeli ve takviyesiz düşük sönümlü izolatörlerin yüklemeler altında şekil değişimleri (URL-4).



Şekil 11. Sismik izolatörün kesiti (URL-5).

Deprem izolatörleri yapılarda kolonun alt, orta ve üst konumlarında kullanılabilir. İzolasyonun yapılacağı konumlar şekil 12’de gösterilmiştir.



Şekil 12. İzolatörlerin kolonlarda uygulama yerleri (URL-6).

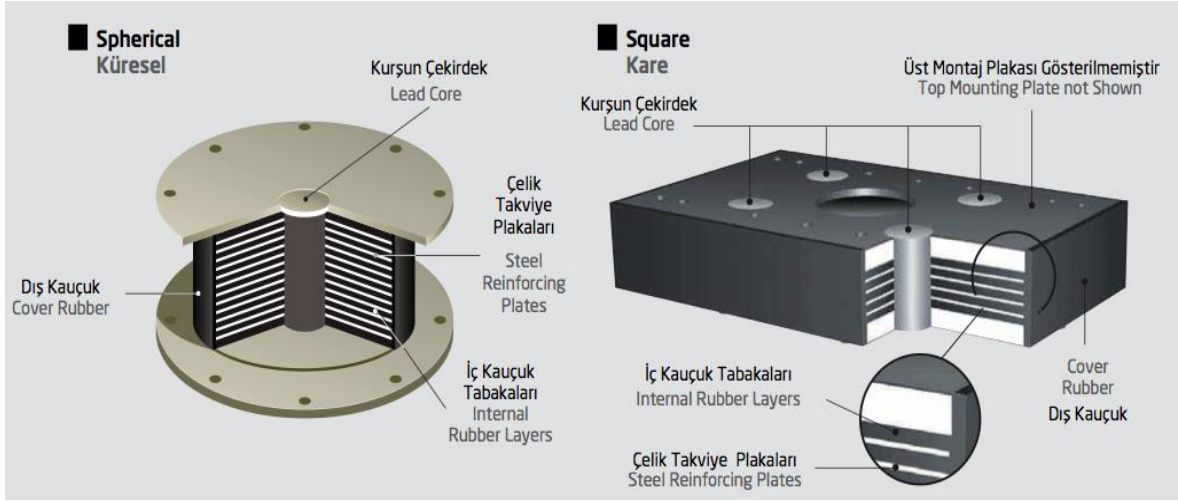
### **Kurşun çekirdekli kauçuk mesnetli sistemler.**

Kurşun çekirdekli sismik izolatörler, 1975’te Yeni Zelanda’da düşük sönümlü izolatörlerin eksik yönlerinin geliştirilmesi ile oluşturulmuştur. İzolatörün ortasına yerleştirilen çelik kurşun izolatöre büyük yatay rijitlik katmış olup Japonya ve ABD’ de birçok yapıda kullanılmıştır. İzolatörün ortasında bulunan kurşun çekirdek 10 MPa civarından akma gerilmesi sağlamakta olup, yer değiştirmede etkili başlangıç rijitliği ve sönümü sağlamaktadır. Bu tip izolatörler genel olarak düşük sönümlü izolatörler ile birlikte kullanılmaktadır. Kurşun çekirdekli izolatörler orta kolonlarda, düşük sönümlü kauçuk izolatörler dış kolonların temel seviyesinde dengeleyici olarak kullanılmaktadır.

Kurşun çekirdekli sismik izolatörlerin avantajları yapının düşeyde rijit davranması, yatay deprem ve rüzgâr yüklerinde esnek davranış göstermesi ve ek bir sisteme gerek duymadan tek başına uygulanabilmesidir. Dezavantajı ise büyük deprem yüklerinde ortada bulunan kurşun çekirdeğin şekil değiştirmesi elastik ötesi davranışa geçtiğinde kurşun çekirdekdeki deformasyonun kontrol edilememesidir.

Bu tür sismik izolasyonun uygulandığı binalar büyük depremlerde iyi bir performans sergilemiştir. Kurşun çekirdekli kauçuk izolatörün kesiti ve birden fazla kurşun çekirdekli izolatör şekil 13’de gösterilmiştir.





Şekil 13. Kurşun çekirdekli kauçuk izolatör (URL-7).

### Yüksek sönümlü doğal kauçuk mesnetli sistemler.

Yüksek sönümlü izolatörler İngiliz kurumu olan “Malaysian Rubber Producer Research Association” tarafından düşük sönümlü ve kurşun çekirdekli izolatörlerin dezavantajlarına karşılık üretilmiştir. Doğal kauçuğa, saf karbon blok, yağ, reçine ve özel katkıları ilave edilerek sönüm oranları artırılmıştır. %100 kayma şekil değiştirmelerinde sönüm %10 ve %20 oranlarına çıkarılmıştır. Yüksek sönümlü izolatörde sönüm viskoz veya çevrimsel değildir. Sönüm ikisi arasında davranışa sahiptir. Deneyler sonucunda bu mesnedin lineer viskoz ve elasto-plastik elemanlarının birleşimi bir davranış göstermektedir. Bu izolatörün bir diğer avantajı yüksek frekanslı tekrarlı yükler olan trafik ve demiryolu gibi titreşimlerin yapıya ulaşmadan sönümlenebilmesidir.

Yüksek sönümlü izolatörlerin kullanımının birçok avantajı bulunmaktadır. Gerekli esnekliği ve sönümü başka bir elemana ihtiyaç duymadan karşılayabilmesi, kolay tasarlanması ve kolay üretimi yüksek sönümlü izolatörleri diğer izolatörlerden öne çıkarır. Şekil 14’de yüksek sönümlü kauçuk izolatörün resmi verilmiştir.

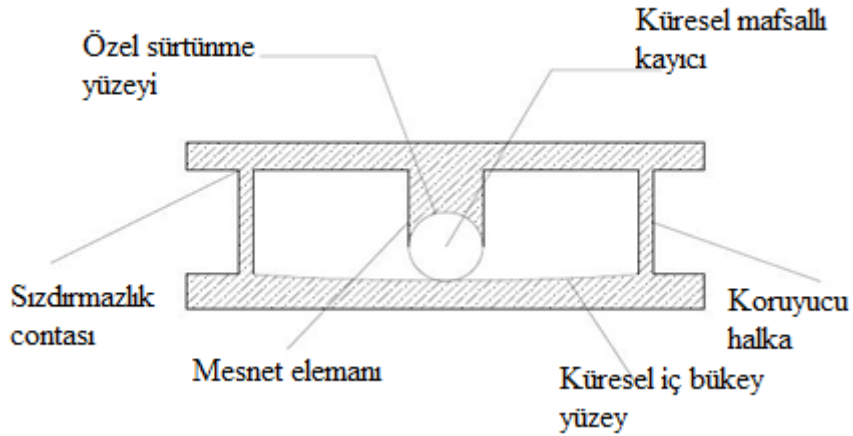




Şekil 14. Yüksek sönümlü doğal kauçuk mesnetli sistemler (URL-8).

#### Sürtünmeli sarkaç mesnet sistemi.

Sürtünmeli sarkaç mesnet sisteminde, deprem hareketinin enerjisinin sarkaç hareketi ve yer çekimi ile sönmülenmesi amaçlanmıştır. Sistemin elemanları kayıcı mafsallı ve özel metaller kullanılarak üretilen içbükey eğrisel yüzeylerdir. Sürtünmeli sarkaç mesnet sisteminin iç elemanları şekil 15’de gösterilmiştir.



Şekil 15. Sürtünmeli sarkaç mesnet sistemi.

Deprem esnasında yanal etki ile oluşan kinetik enerji, kayıcı mesnedin eğrisel yüzeyinde yükselerek potansiyel enerjiye dönüşür ve deprem etkisi ortadan kalkınca sarkaç potansiyel enerjiyi sürtünme ile sönmüleyerek denge konumuna geri döner. Deprem hareketinde yanal rijitlik ve her mafsallı ayağında oluşacak sürtünme kuvveti, mesnedin üzerindeki yapı ağırlığı ile ilgilidir. Bu nedenle yapı ağırlık merkezi ile mesnetlerin rijitlik merkezi çakışmalıdır ve böylece

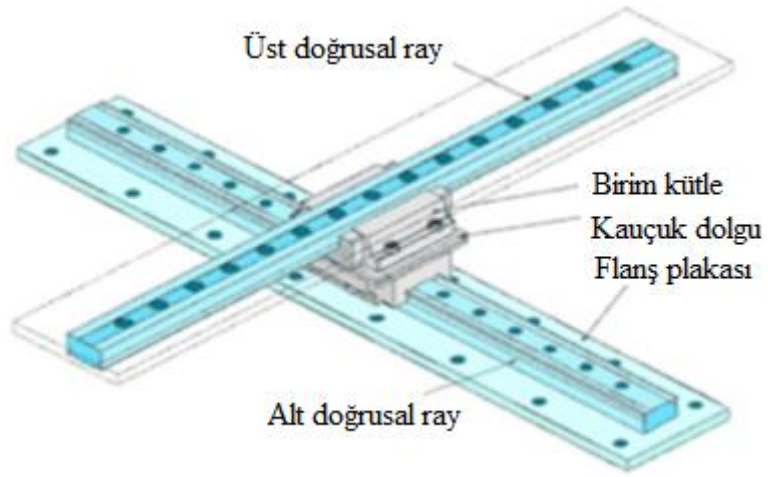
yapının burulması engellenmelidir. Sürtünmeli sarkaç mesnet sistemleri elastomer mesnetlerin tüm avantajlarını sağlar ve diğer izolatörlerin dezavantajlarını taşımazlar. Elastomer mesnetler yapısı itibari ile yangından korunması gerekmektedir. Bununla birlikte elastomer mesnetlerin tasarlandığı deprem yükünden fazla deprem yüküne maruz kalması durumunda kopma ihtimali bulunmasına karşın, sürtünmeli sarkaç tipi izolatörlerde bu tür riskler bulunmamaktadır. Sürtünmeli sarkaçlı izolatörde bulunan koruyucu silindir, yapının yatay yer değiştirmesini ve izolatörün içerisine yabancı cisimlerin girmesini engeller. Koruyucu silindir ile yapının yer değiştirilmesinin sınırlandırılması, deprem yüklerinin hesaplardan büyük olması durumunda büyük bir emniyet sağlamakla birlikte izolatörün boyu ile yapının izolasyon periyodu kontrol altında tutulmaktadır. İzolatörün titreşim periyodu denklem 1 ile hesaplanmaktadır.

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{R_K}{g}} \quad (1)$$

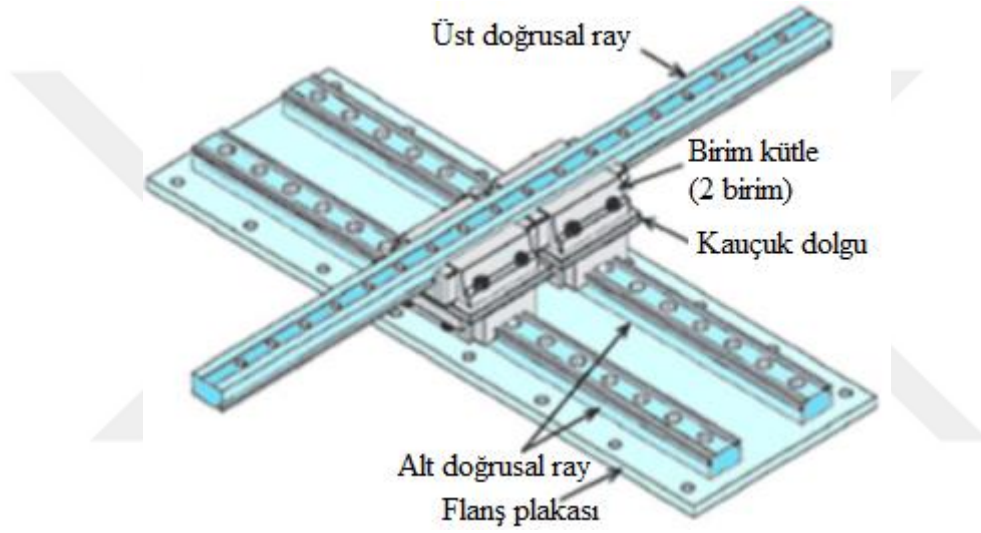
Burada;  $R_K$  küresel yüzeyin eğrilik yarıçapını,  $g$  yer çekimi ivmesini ifade etmektedir.

#### **Çapraz raylı sistemler.**

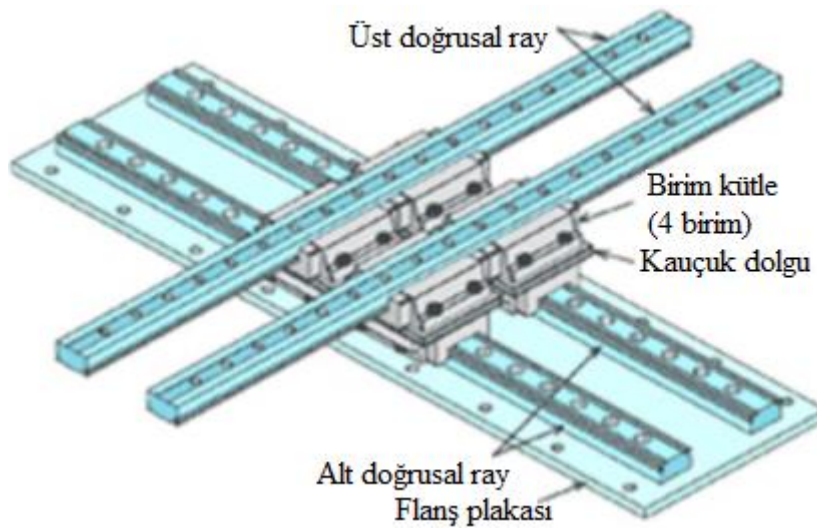
Çapraz raylı sistemler, elastomer kaynaklı deprem izolatörlerinin yapılarda kullanımında ortaya çıkan burkulma ve kopma gibi sorunları gidermek için tasarlanmıştır. Bu sistemler çeşitli deprem kayıtları, deneysel veriler ile analiz edilmiş ve üstün bir performans sağlamış olup uygulanabilirlik konusunda gerekli yeterlilikleri sağlamıştır. Bu sistemde amaç taşıma gücü zayıf ve uzun doğal periyoda sahip zeminlerde sismik izolasyon sisteminin uygulanabilirliğinin artırılmasıdır. Çapraz raylı sistemler birbirine dik iki yönde hareket edebilen çelik gövde ve bilyelerden oluşan raylı bir sistemden meydana gelmektedir. İzolatörün kapasitesini, etkili bilye adedi, bilyelerin çapı ve ray adedi değiştirmektedir. Çapraz raylı sistemler 10 – 30 ton düşey yük taşıma kapasitesine sahip olup her iki doğrultuda 35-100 cm arasında deplasman yapabilmektedir. Şekil 16-18’de çapraz raylı izolatörlerden sırasıyla birim lineer kütle, 2 birim lineer kütle ve 4 birim lineer kütle taşıyan çapraz raylı mesnetler gösterilmiştir.



Şekil 16. Birim lineer kütle taşıyan çapraz raylı mesnetler.



Şekil 17. 2 birim lineer kütle taşıyan çapraz raylı mesnetler.



Şekil 18. 4 birim lineer kütle taşıyan çapraz raylı mesnetler.

### **Deprem mühendisliği araştırma merkezi birleşik sistemi.**

Bu sistem kauçuk izolatörler ile kayıcı izolatör sistemlerinin birlikte kullanılması ile oluşturulmuş bir sistemdir. Bu sistemde yapının iç kolonlarında dayanaklı kayıcı elemanlar kullanılmış olup dış kolonlarda ise düşük sönümlü kauçuk izolatörler kullanılmıştır. Doğal sönümlü kauçuk izolatörler, yapının yeniden eski konumuna gelmesi ve yapı burulmasını kontrol etmekte, kayıcı elemanlar ise sönümü sağlamaktadır.

### **Elastik sürtünmeli taban izolasyon sistemi.**

Bu sisteme gerek duyulmasının sebebi, kayıcı mesnetlerin deplasmandan sonra yapıyı eski haline getirecek bir kuvvete sahip olmamasıdır. Bu sistemde izolatörler sürtünmeli olarak birbiri ile çalışan teflon kaplı eşit merkezli plakalar ve merkezi bir kauçuk çekirdekten meydana gelmektedir. Bu sistemle ortaya eklenen kauçuk izolatör sayesinde yapının eski haline gelmesi sağlanmıştır. Bu sistemin avantajları şu şekildedir.

- Elastik sürtünmeli izolatörde rijitlik ile kütle merkezi izolatör seviyesinde çakıştığı için simetrik olmayan düzensiz yapılarda kullanılabilmesidir.
- Yapıyı küçük deprem ve rüzgârdan kaynaklı yer değiştirmelerden etkilenmemesini sağlar.
- Bu sistemde elastomerler sadece yatay yüklerden etkilenilir ve düşey yükleri kayıcı bölümler taşıdığından dolayı elastomerlerin deformasyonları azalır. Böylelikle yapının yer değiştirme kapasitesi ve kullanım ömrü artar.

### **Electricite TASS sistemi.**

Bu izolatör sistemi Japonya'da "TAISEI" adlı bir kuruluş tarafından geliştirilmiştir. Bu izolatör sisteminde yapının tüm düşey yüklemesi paslanmaz çelik teflon elemanlar ile karşılanır. İzolatörde kullanılan neopran tabakalar yapının eski konumuna gelmesini sağlamıştır. Sistemin dezavantajları ise elastomer mesnetler düşey yük almasından dolayı sadece çekmeye çalışması ve kayıcı sistemin sürtünme hızlarının çok hassas oluşunun modellemede yarattığı güçlük olarak sıralanabilir.

### **Gerb heliselik yay sistemleri.**

Bu sistem ilk olarak elektrik santrali türbinine ait cihazlarda bulunan titreşimin sismik izolasyonu için geliştirilmiştir. Bu izolatör yatay ve düşey olarak esnek olan büyük helezonik yaylardan oluşmaktadır. Düşey frekans, yatay frekansın 5 katı civarındadır. Çelik yaylar sönüm için kullanılmaz sadece salınımı gerçekleştirir ve bu sistem ek olarak Gerb Visko sönümleyiciler ile kullanılmaktadır (Şekil 19). Bu sistemin uygulandığı yapılar çeşitli cihazlar

ve gözlemler ile incelenmiş ancak izolatörlerin salınım hareketi nedeniyle binada deprem sırasında ortaya çıkan ivmeleri azaltamadığı görülmüştür.



(a)



(b)

Şekil 19. Spiral yaylı taban izolatörü (URL-9).



## **Sismik İzolatör Tasarım Esasları**

UBC-97 de yapıların uygulanacağı zemin, yapının faya yakınlığı ve yapının yüksekliğine göre kullanılacak deprem analiz yöntemi farklılıklar göstermektedir. Yapıların hangi yöntem ile analiz edileceği aşağıda verilen şartlara göre seçilmektedir.

### **Analiz metodunun seçimi.**

#### ***Sağlam zeminler.***

Sağlam olarak kabul edilen ve UBC-97’de  $S_A$ ,  $S_B$ ,  $S_C$  ve  $S_D$  olarak tanımlanmış olan zeminlerde yapılması planlanan yapılarda belirli şartları sağlaması durumunda “Eş Değer Deprem Yüğü Yöntemi” kullanılabilir. Bu şartlar;

- Yapının faya olan uzaklığı 10 km’nin üstünde olmalı,
- Yapı yüksekliği 20 m’den veya 4 kattan az olmalı,
- Yapının hedeflenen periyodu, ankastre durum periyodunun 3 katından fazla olmalı,
- Hedeflenen maksimum periyot 3sn.’den küçük olmalı,

Yapı bu koşulların tamamını sağlıyor ise yapının tasarımında eş değer deprem yüğü yöntemi kullanılabilir.

#### ***Zayıf zeminler.***

Zayıf olarak kabul edilen ve UBC-97’de  $S_E$  ve  $S_F$  olarak tanımlanmış olan zeminlerde fay yapıya 10 km’den fazla uzakta ise “Zaman Tanım Alanında Çözüm” yapılabilir ancak, fay 10 km’den yakın ise zemin çalışması yapılması zorunlu olmaktadır. Çalışmada gerekli şartlar aşağıda sıralanmıştır.

- Yapının yerinin ve yapının bulunduğu zeminin laboratuvarda kapsamlı bir şekilde incelenmesi,
- S dalgalarının ilerleyişinin analitik olarak incelenmesi,
- Maksimum deprem büyüklüğünün olasılık olarak tahmin edilmesi
- Maksimum zemin ivmesi, zemin hâkim periyodu, deprem süresi ile yapay deprem kaydının oluşturulması.

## UBC-97 Terminolojisi

UBC-97’de geçen bazı tanımlar aşağıda sıralanmıştır.

- Tasarım Depremi (DBE) : %10 ihtimal ile 50 yılda aşılması beklenen deprem (dönüşüm periyodu 475 yıl).
- Oluşabilecek Maksimum Deprem (OMD): Yapının bulunduğu bölgede meydana gelebilecek en büyük depremdir. 100 yılda aşılma ihtimali %10’dur. (dönüşüm periyodu 1000 yıl)
- Efektif Sönüm ( $\beta_{eff}$ ): İzolatörlerin her bir çevriminde sönümlendiği enerjinin viskoz sönümleme değeridir.
- Efektif rijitlik ( $K_H$ ): İzolasyon sisteminin yanal ötelemesine bağlı yanal kuvvet değeridir.
- Tasarım yer değiştirmesi ( $d_D$ ): Dizayn depremin sırasında burulmalar dikkate alınmadan meydana gelebilecek yer değiştirmedir.
- Maksimum yer değiştirme ( $d_M$ ): Maksimum deprem sırasında burulmalar dikkate alınmadan meydana gelebilecek yer değiştirmedir.
- Tasarım periyodu ( $T_D$ ): Sismik izolasyonlu yapının tasarım yer değiştirmesinde ele alınan yöndeki efektif periyottur.
- Beklenen maksimum periyot ( $T_M$ ): Sismik izolasyonlu yapının maksimum yer değiştirmesi sırasında ele alınan yöndeki efektif periyottur.

## UBC-97'e Göre Kullanılacak Parametrelerin Seçimi

### Sismik bölge faktörü.

UBC-97 bölgeleri sismik aktivitesine göre beş bölgeye ayırmıştır. Bu bölgelerden 1. deprem bölgesi en düşük deprem bölgesini ifade ederken, 4. deprem bölgesi en büyük deprem bölgesini ifade etmektedir. UBC-97' nin aksine AFAD (Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı)'ın 2018 yılında Türkiye için hazırladığı deprem haritasında her nokta için farklı deprem ivmesi değerleri bulunmaktadır. Bu haritadan binanın yapılacağı yer için okunan ivme değeri 0,308 g' dir. Bu nedenle tablo 1'e göre Z=4 alınmıştır.

Tablo 1. Sismik Bölge Faktörü

| Bölge | 1     | 2A   | 2B   | 3    | 4    |
|-------|-------|------|------|------|------|
| Z     | 0,075 | 0,15 | 0,20 | 0,30 | 0,40 |

### Zemin profil tipi.

Yapının bulunduğu bölge sert toprak olduğu için tablo 2'den zemin profil tipi S<sub>D</sub> olarak seçilmiştir.

Tablo 2. Zemin Profil Tipi

| Zemin Profil Tipi | Zemin Profil Tanımı   | Zemin yüzeyinden 30,5 m içindeki tabakanın ortalama zemin özellikleri |   |   |
|-------------------|---|---|---|---|
|                   |   | Kayma Dalgası Hızı, V <sub>s</sub> (m/s)                              | Standart Penetrasyon Testi, N (Darbe/30 cm) | Drenajsız Kesme Direnci, S <sub>u</sub> (kPa) |
| S <sub>A</sub>    | Sert Kaya   | >1500   | -   | -   |
| S <sub>B</sub>    | Kaya  | 760-1500  | -   | -   |
| S <sub>C</sub>    | Sıkı Toprak ve Yumuşak Kaya   | 360-760   | >50   | >100  |
| S <sub>D</sub>    | Sert Toprak   | 180-360   | 15-50                                       | 50-100  |
| S <sub>E</sub>    | Yumuşak Toprak  | <180  | <15   | <50   |
| S <sub>F</sub>    | Yerel zemin sınıfına bağlı değerlendirme gerektirir. Sıvılaşma tehlikesi bulunan zayıf zeminleri temsil eder. |   |   |   |



### Sismik kaynak tipleri.

UBC-97' de sismik kaynak tipi, fay hatlarının taşıdıkları sismik riske göre A, B ve C olarak sınıflandırılmıştır. Yapı birinci deprem bölgesi ve büyük depremler oluşturabilecek faylara yakın olduğu için tablo 3' den A sismik kaynak tipi seçilmiştir.

Tablo 3. *Sismik Kaynak Tipleri*

| Sismik Kaynak Tipi | Sismik Kaynak Özellikleri   | Sismik Kaynak Tanımı          |                         |
|--------------------|---|-------------------------------|-------------------------|
|                    |   | Maksimum Moment Büyüklüğü (M) | Kayma Hızı, SR (mm/yıl) |
| A                  | Büyük depremler oluşturabilecek yüksek oranda sismik aktiviteye sahip fay hatları   | $M \geq 7,0$                  | $SR \geq 5$             |
| B                  | Tip A ve C'nin dışındaki tüm fay hatları  | $M \geq 7,0$                  | $SR < 5$                |
|                    |   | $M < 7,0$                     | $SR > 2$                |
|                    |   | $M \geq 6,5$                  | $SR < 2$                |
| C                  | Düşük oranda sismik aktiviteye sahip ve büyük depremler oluşturamayacak fay hatları | $M < 6,5$                     | $SR \leq 2$             |

### Kaynak yakınlık faktörü.

Sismik kaynak tipi A ve yapının yapılacağı yerin sismik kaynağa en yakın mesafesi 15 km den fazla olduğu için tablo 4 ve tablo 5 'den yakınlık faktörü  $N_v$  ve  $N_a$ , 1 olarak seçilmiştir.

Tablo 4. *Kaynak Yakınlık Faktörü ( $N_v$ )*

| Sismik Kaynak Tipi | Sismik kaynağa en yakın mesafe ( $N_v$ ) |      |       |              |
|--------------------|--|------|-------|--------------|
|                    | $\leq 2$ km                              | 5 km | 10 km | $\geq 15$ km |
| A                  | 2,0                                      | 1,6  | 1,2   | 1,0          |
| B                  | 1,6                                      | 1,2  | 1,0   | 1,0          |
| C                  | 1,0                                      | 1,0  | 1,0   | 1,0          |

Tablo 5. *Kaynak Yakınlık Faktörü ( $N_a$ )*

| Sismik Kaynak Tipi | Sismik kaynağa en yakın mesafe ( $N_a$ ) |      |       |
|--------------------|--|------|-------|
|                    | $\leq 2$ km                              | 5 km | 10 km |
| A                  | grafik                                   | 1,2  | 1,0   |
| B                  | grafik                                   | 1,0  | 1,0   |
| C                  | 1,0                                      | 1,0  | 1,0   |

### Sismik katsayı.

Sismik bölge faktörü ( $Z$ ) 0,4, zemin profil tipi ( $S_D$ ) ve kaynak yakınlık faktörü ( $N_a$ ) “1” olarak seçilmiştir. Seçilen bu değerler ile sismik katsayısı ( $C_a$ ), tablo 6’den  $0,44N_a$  olarak seçilir ve  $N_a=1$  olduğundan  $C_a=0,44$  olarak bulunur. Aynı şekilde sismik katsayısı  $C_v$ , tablo 7’den  $0,64N_v$  seçilir ve  $N_v=1$  olduğunda  $C_v=0,64$  olarak bulunur.

Tablo 6. Sismik Katsayı ( $C_a$ )

| Zemin Profil Tipi | Sismik Bölge Faktörü  |          |         |         |           |
|-------------------|---|----------|---------|---------|-----------|
|                   | $Z=0,075$   | $Z=0,15$ | $Z=0,2$ | $Z=0,3$ | $Z=0,4$   |
| $S_A$             | 0,06  | 0,12     | 0,16    | 0,24    | $0,32N_a$ |
| $S_B$             | 0,08  | 0,15     | 0,20    | 0,30    | $0,40N_a$ |
| $S_C$             | 0,09  | 0,18     | 0,20    | 0,30    | $0,40N_a$ |
| $S_D$             | 0,12  | 0,22     | 0,28    | 0,36    | $0,44N_a$ |
| $S_E$             | 0,19  | 0,30     | 0,34    | 0,36    | $0,36N_a$ |
| $S_F$             | S <sub>F</sub> zemin profiline sahip bölgelerde $C_a$ sismik katsayısı bölgenin geoteknik incelenmesi ve dinamik tepki analizinin yapılması sonucu elde edilir. |          |         |         |           |

Tablo 7. Sismik Katsayı ( $C_v$ )

| Zemin Profil Tipi | Sismik Bölge Faktörü  |          |         |         |            |
|-------------------|---|----------|---------|---------|------------|
|                   | $Z=0,075$   | $Z=0,15$ | $Z=0,2$ | $Z=0,3$ | $Z=0,4$    |
| $S_A$             | 0,06  | 0,12     | 0,16    | 0,24    | $0,32 N_v$ |
| $S_B$             | 0,08  | 0,15     | 0,20    | 0,30    | $0,40 N_v$ |
| $S_C$             | 0,13  | 0,25     | 0,32    | 0,46    | $0,56 N_v$ |
| $S_D$             | 0,18  | 0,32     | 0,40    | 0,54    | $0,64 N_v$ |
| $S_E$             | 0,26  | 0,50     | 0,64    | 0,84    | $0,96 N_v$ |
| $S_F$             | S <sub>F</sub> zemin profiline sahip bölgelerde $C_v$ sismik katsayısı bölgenin geoteknik incelenmesi ve dinamik tepki analizinin yapılması sonucu elde edilir. |          |         |         |            |

### Olabilecek maksimum deprem tepki katsayısı.

OMD tepki katsayısı olarak adlandırılan  $M_M$ ,  $Z=0,4$  ile  $N_v=1$ ’in çarpımı olan tasarım deprem sarsıntı şiddetine bağlı olarak tablo 8’den 1,25 olarak bulunmuştur.

Tablo 8. *OMD Tepki Katsayısı,  $M_M$* 

| DBE Sarsıntı Yoğunluğu $ZN_v$ | OMD Karşılık Katsayısı, $M_M$ |
|-------------------------------|-------------------------------|
| 0,075                         | 2,67                          |
| 0,15                          | 2,00                          |
| 0,20                          | 1,75                          |
| 0,30                          | 1,50                          |
| 0,40                          | 1,25                          |
| $\geq 0,50$                   | 1,20                          |

### Sarsıntı şiddetine bağlı sismik katsayılar.

OMD spektrumunun minimum spektral ordinatlarının sabit ivmeli ve hızlı kısımlarının tanımlanmasında kullanılan, sarsıntı şiddetine bağlı  $C_{AM}$  ve  $C_{VM}$  sismik katsayıları  $M_M$ ,  $Z$  ve  $N_A$  (sabit hızlı kısım için  $N_v$ )'nin çarpımı olan OMD sarsıntı şiddeti ve zemin profil tipine bağlı olarak sırasıyla tablo 9 ve tablo 10'da verilmiştir.

Tablo 9. *Sarsıntı Şiddetine Bağlı Sismik Katsayı,  $C_{AM}$* 

| Zemin Profil<br>Tipi | Olabilecek Maksimum Deprem Sarsıntı Şiddeti $M_M Z N_a$   |      |      |      |                |
|----------------------|---|------|------|------|----------------|
|                      | 0,075   | 0,15 | 0,2  | 0,3  | $\geq 0,4$     |
| $S_A$                | 0,06  | 0,12 | 0,16 | 0,24 | $0,8M_M Z N_a$ |
| $S_B$                | 0,08  | 0,15 | 0,20 | 0,30 | $1,0M_M Z N_a$ |
| $S_C$                | 0,09  | 0,18 | 0,24 | 0,33 | $1,0M_M Z N_a$ |
| $S_D$                | 0,12  | 0,22 | 0,28 | 0,36 | $1,1M_M Z N_a$ |
| $S_E$                | 0,19  | 0,30 | 0,34 | 0,36 | $0,9M_M Z N_a$ |
| $S_F$                | $S_F$ zemin profiline sahip bölgelerde $C_{AM}$ katsayısı bölgenin geoteknik ncelenmesi ve dinamik tepki analizinin yapılması sonucu elde edilir. |      |      |      |                |

Tablo 10. *Sarsıntı Şiddetine Bağlı Sismik Katsayı,  $C_{VM}$* 

| Zemin Profil<br>Tipi | Olabilecek Maksimum Deprem Sarsıntı Şiddeti $M_M Z N_v$   |      |      |      |                |
|----------------------|---|------|------|------|----------------|
|                      | 0,075   | 0,15 | 0,2  | 0,3  | $\geq 0,4$     |
| $S_A$                | 0,06  | 0,12 | 0,16 | 0,24 | $0,8M_M Z N_v$ |
| $S_B$                | 0,08  | 0,15 | 0,20 | 0,30 | $1,0M_M Z N_v$ |
| $S_C$                | 0,13  | 0,25 | 0,32 | 0,45 | $1,4M_M Z N_v$ |
| $S_D$                | 0,18  | 0,32 | 0,40 | 0,54 | $1,6M_M Z N_v$ |
| $S_E$                | 0,26  | 0,50 | 0,64 | 0,84 | $2,4M_M Z N_v$ |
| $S_F$                | $S_F$ zemin profiline sahip bölgelerde $C_{VM}$ katsayısı bölgenin geoteknik ncelenmesi ve dinamik tepki analizinin yapılması sonucu elde edilir. |      |      |      |                |

### Sönüm katsayısı.

Sönüm oranı % 10 olan izolatörlerin tablo 11'den sönüm katsayısı 1,2 olarak seçilmiştir.

Tablo 11. *Sönüm Katsayısı (B)*

| Efektif Sönüm Oranı ( $\beta_D, \beta_M$ ) | Sönüm Katsayıları ( $B_D, B_M$ ) |
|--|----------------------------------|
| $\leq 2$                                   | 0,8                              |
| 5  | 1,0                              |
| 10   | 1,2                              |
| 20   | 1,5                              |
| 30   | 1,7                              |
| 40   | 1,9                              |
| $\geq 50$                                  | 2,0                              |

### Taşıyıcı sistem davranış katsayısı.

İzolatörünün uygulanacağı yapının taşıyıcı sistemi moment aktaran çerçeve sistem olduğu için deprem azaltma katsayısı olan  $R_1$  katsayısı, tablo 12'den 2 olarak seçilmiştir.

Tablo 12. *Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı*

| Taşıyıcı Sistem            | $R_1$ | R   |
|----------------------------|-------|-----|
| Moment Aktaran Çerçeve     | 2     | 8,5 |
| Perde Duvar                | 2     | 5,5 |
| Merkezi Çaprazlı Çerçeve   | 1,6   | 5,6 |
| Dışmerkez Çaprazlı Çerçeve | 2     | 7   |

## İKİNCİ BÖLÜM

### Yöntem

#### Tasarımda Kullanılacak Yapı Bilgileri

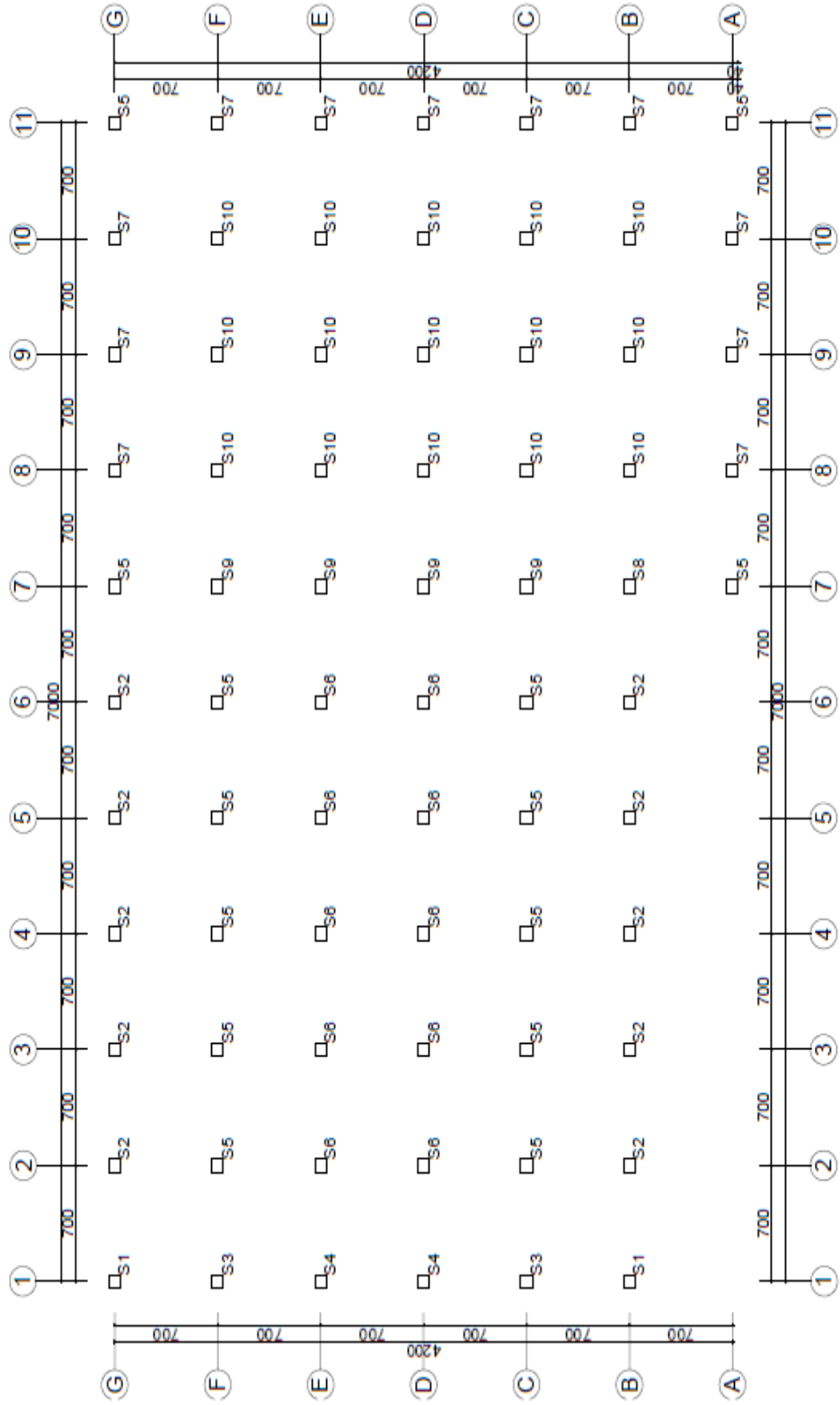
Analizi yapılacak hastane binası 1 ve 7 aksı 4 katlı, 7 ve 11 aksları arası 7 katlı olarak tasarlanmış olup bina her iki yönde de aks mesafesi olarak 7 metre olarak seçilmiştir. Taşıyıcı sistem olarak betonarme çerçeve sistem kullanılmıştır. Hastane binasının döşeme tipi olarak düz döşeme seçilmiştir.

Kullanılan malzeme C30 betonu ve S420 çeliği olup kolonlar 80 x 80 cm, kirişler 40 x 70 cm ve döşeme kalınlığı 15 cm olarak boyutlandırılmıştır. Bina modelinin tasarımında deprem bölgesi 0,308 g, kısa periyot harita spektral ivme katsayısı ( $S_s$ ) 0,728 ve 1 sn. periyot için harita spektral ivme katsayısı ( $S_1$ ) 0,168 olarak seçilmiştir.

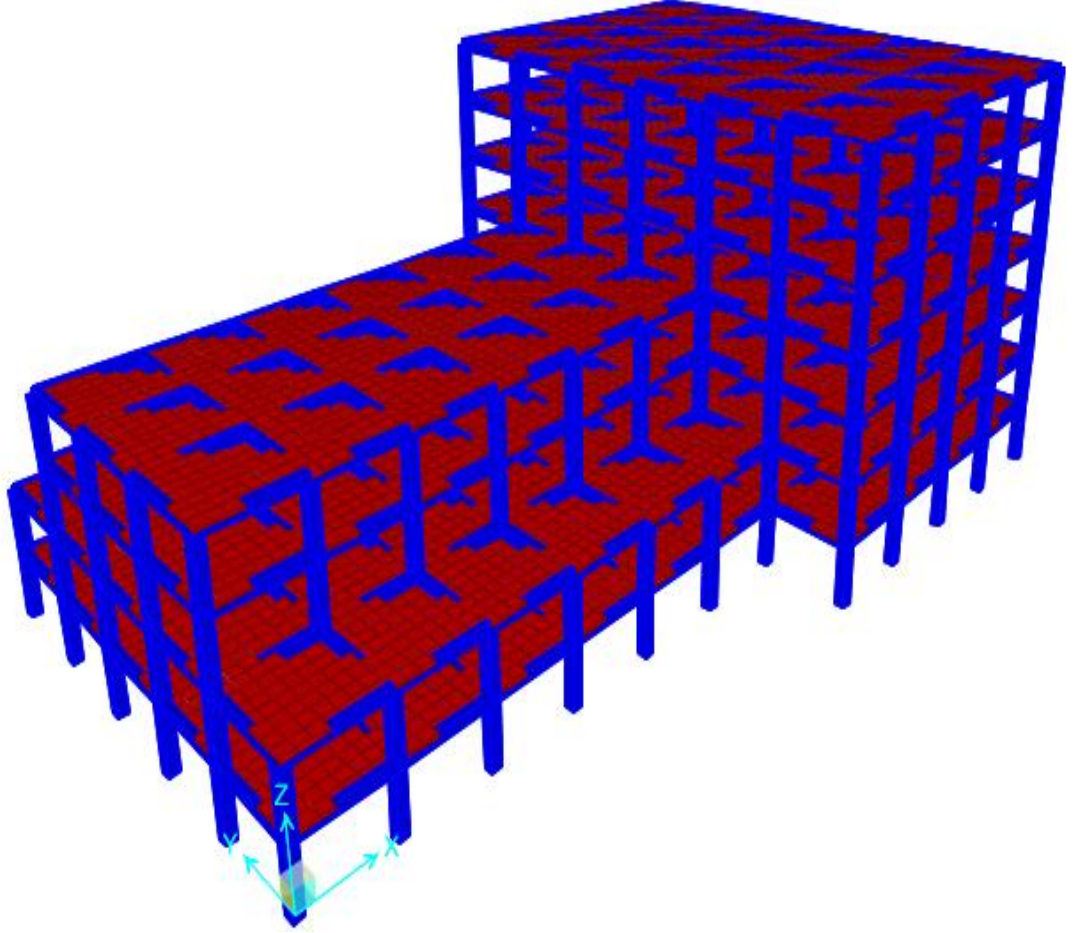
Analizi yapılacak binanın kat yükseklikleri 4 m. olarak belirlenmiştir. Sismik izolasyonlu binada izolatörler kolon altına (KAİ) ve kolon üstüne (KÜİ) yerleştirilerek iki farklı analizi yapılmıştır. İzolatör boyutlandırması yapılırken ağırlık olarak zemine iletilen yük dikkate alınmış olup kolon altı ve kolon üstü arasındaki ağırlık farkı ihmal edilmiştir. Hastane yapısı olarak tasarımı yapılan yapıda 15 cm döşeme rijit diyafram olarak tanımlanmış TS498'e göre hareketli yük 5 kN/m<sup>2</sup>, kaplama yükü 1 kN/m<sup>2</sup> olarak alınmıştır. Deprem hesaplarında hareketli yük katılım oranı %30 olarak dikkate alınmıştır.

Yapı önem katsayısı izolasyonlu yapılar için yönetmelik gereği 1 olarak dikkate alınmıştır. Yapı ağırlığı hesaplanırken donatılı betonun birim hacim ağırlığı 25 kN/m<sup>3</sup>, duvar ağırlığı 4 kN/m olarak dikkate alınmıştır.

Tasarımı yapılacak binanın kalıp planı ve 3 boyutlu sonlu eleman modeli şekil 20 ve şekil 21'de verilmiştir.



Şekil 20. Hastane binasına ait zemin kat kalıp planı.



Şekil 21. Hastane binasına ait 3 boyutlu sonlu eleman modeli.

## Yüksek Sönümlü Kauçuk İzolatörlerin Boyutlandırılması

Çalışmada kullanılan hastane binasının ilk titreşim periyodu 0,93 sn. olarak belirlenmiştir. Hedeflenen periyot ilk periyodun üç katı olan 2,8 sn. ve binanın maksimum periyodu 3,5 sn.'dir. 71 adet yüksek sönümlü kauçuk izolatör kullanılmış ve izolatörlerin kayma modülü (G) 1 MPa olarak seçilmiştir. Binanın toplam ağırlığı (g+0,3q) 156600 kN dur.

**Sismik Bölge Faktörü:** 0,308 g tasarım ivmesine sahip bölge için "Z" tablo 1'den 0,40 olarak seçilmiştir.

**Zemin Tipi:** Binanın uygulanacağı zemin sert toprak olarak seçilmiş olup tablo 2'den S<sub>D</sub> zemin tipi seçilmiştir.

**Sismik Kaynak Tipi:** Binanın bulunduğu bölgede büyük depremler oluşturabilecek faylar bulunduğundan sismik kaynak tipi tablo 3'den "A" olarak seçilmiştir.

**Kaynak Yakınlık Faktörleri:** Binanın bulunacağı konum aktif fay hattına 15 km'den uzak olduğu için kaynak yakınlık faktörleri olan N<sub>v</sub> ve N<sub>a</sub>, sırasıyla tablo 4 ve tablo 5'den 1 olarak seçilmiştir.

**OMD Davranış Katsayısı:** Z değeri ve N<sub>v</sub> değerinin çarpımı ile deprem sarsıntı şiddeti 0,4 olarak bulunur. Bu değere karşılık gelen maksimum M<sub>M</sub> tablo 8'den 1,25 olarak seçilmiştir.

### Sismik Katsayılar:

C<sub>a</sub> tablo 6'dan ve C<sub>v</sub> tablo 7'dan S<sub>D</sub> tipi zeminler için aşağıdaki gibi seçilir ve yakınlık katsayıları ile çarpılarak sarsıntı şiddetine bağlı deprem katsayısı C<sub>VD</sub> ve C<sub>AD</sub> değerleri bulunmaktadır.

$$C_v=0,64N_v \rightarrow C_{VD}=0,64 \times 1 =0,64$$

$$C_a=0,44N_a \rightarrow C_{AD}=0,44 \times 1 =0,44$$

Maksimum deprem tepki katsayısı, sismik bölge faktörü ve yakınlık faktörleri çarpılıp bulunan değer ile tablo 9'dan C<sub>AM</sub> ve tablo 10'dan C<sub>VM</sub> değerleri hesaplanmaktadır.

$$\alpha = M_M Z N_A = 1,25 \cdot 0,40 \cdot 1 = 0,50 \rightarrow C_{AM} = 1,1 \times \alpha = 1,1 \times 0,50 = 0,55$$

$$\alpha' = M_M Z N_V = 1,25 \cdot 0,40 \cdot 1 = 0,50 \rightarrow C_{VM} = 1,6 \times \alpha = 1,6 \times 0,50 = 0,80$$

**Sönüm Katsayısı:** Tablo 11'den %10 sönüm yapan yüksek sönümlü kauçuk izolatörler için sönüm katsayısı B=1,2 olarak seçilmiştir.

**Deprem Azaltma Katsayısı:** Moment aktaran çerçeve sistemler için deprem azaltma katsayısı tablo 12'den R<sub>1</sub>=2 olarak seçilmiştir. Kolonlara gelen eksenel yükler tablo 13'de verilmiştir.



Tablo 13. Kolonlara Gelen Eksenel Yükler

| Kolon Tipi | Eksenel Yük (kN) | Kolon Adedi |
|------------|------------------|-------------|
| S1         | 500              | 2           |
| S2         | 700              | 10          |
| S3         | 1100             | 2           |
| S4         | 1400             | 2           |
| S5         | 1800             | 14          |
| S6         | 2150             | 10          |
| S7         | 2400             | 11          |
| S8         | 2600             | 1           |
| S9         | 3100             | 4           |
| S10        | 3700             | 15          |

#### Tasarım yer değiştirmesi.

Tasarım yer değiştirme, UBC-97' ye göre denklem 1 ile hesaplanmaktadır.

$$D_D = \frac{g \times C_{vD} \times T_D}{B \times 4\pi^2} \quad (1)$$

Maksimum yer değiştirme, UBC-97' ye göre denklem 2 ile hesaplanmaktadır.

$$D_M = \frac{g \times C_{vM} \times T_M}{B \times 4\pi^2} \quad (2)$$

Burada;  $D_D$  ve  $D_M$  yer değiştirme,  $C_{vD}$  ve  $C_{vM}$  sismik katsayı,  $B$  izolatör sönüm katsayısını göstermektedir. Tasarım yer değiştirme denklem 1'e göre 0,371 m olarak hesaplanmıştır. Maksimum yer değiştirme denklem 2'ye göre 0,579 m olarak hesaplanmıştır.

#### Minimum yatay rijitlik.

Minimum yatay rijitlik  $k_D$ , UBC-97' ye göre denklem 3 ile hesaplanmaktadır.

$$k_D = \frac{4\pi^2 \times W}{T_D^2 \times g} \quad (3)$$

Burada;  $k_D$  minimum yatay rijitlik,  $W$  izolatöre gelen eksenel yük,  $T_D$  hedef periyot,  $g$  yer çekimi ivmesini göstermektedir. Tüm izolatörler için minimum yatay rijitlik denklem 3'e göre hesaplanıp tabloda 14'de verilmiştir.

Tablo 14. *Minimum Yatay Rijitlikler*

| Kolon         | S1  | S2  | S3  | S4  | S5  | S6   | S7   | S8   | S9   | S10  |
|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|
| $k_D$<br>kN/m | 256 | 359 | 564 | 718 | 923 | 1102 | 1231 | 1333 | 1590 | 1897 |

**İzolator kalınlığının hesabı.**

Kullanılan izolatorler, izolator kalınlığının maksimum %150'si kadar şekil değiştirme yapabilmektedir. Buna göre izolator kalınlığı denklem 4 ile hesaplanmaktadır.

$$t_r = \frac{D_D}{\gamma} \quad (4)$$

Burada;  $t_r$  izolator kalınlığını,  $\gamma$  izolator şekil değiştirme katsayısını göstermektedir. İzolator kalınlığı denklem 4 'e göre 0,30 m olarak hesaplanmıştır.

**İzolator çapı hesabı.**

Minimum izolator çapı, UBC-97' ye göre denklem 5 ile hesaplanmaktadır.

$$A = \frac{k_D \times t_r}{G} \quad (5)$$

Burada; A izolator çapını göstermektedir. Burada S1 kolonunun hesaplarında izolator çapı daha düşük çıkmasına rağmen izolatorün çapı ile yüksekliği oranının burulmaya neden olabileceği için S2 kolonu tipi izolatöre çevrilmiş ve 9 farklı izolator tasarlanarak tabloda 15' de verilmiştir.

Tablo 15. *İzolator Çapları*

| Kolon                     | S1 | S2 | S3 | S4 | S5 | S6 | S7 | S8 | S9 | S10 |
|---------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|
| A<br>İzolator<br>Çapı(cm) | 45 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 90  |

**Yatay rijitlik.**

Yatay rijitlik, UBC-97' ye göre denklem 6 ile toplam yatay rijitlik denklem 7 ile hesaplanmaktadır.

$$K_H = \frac{A_1 \times G_A}{t_r} \quad (6)$$

$$\Sigma K_H = N_A \times K_H^A + N_B \times K_H^B + \dots \quad (7)$$

Burada;  $K_H$  yatay rijitliği,  $N$  izolatör sayısını göstermektedir. Yatay rijitlikler denklem 6'ya göre hesaplanıp tablo 16'da gösterilmiştir. Toplam yatay rijitlik denklem 7'ye göre 87560 kN/m olarak hesaplanmıştır.

Tablo 16. *Yatay Rijitlikler*

| Kolon           | S1  | S2  | S3  | S4  | S5  | S6   | S7   | S8   | S9   | S10  |
|-----------------|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|
| $K_H$<br>(kN/m) | 530 | 530 | 654 | 792 | 942 | 1106 | 1282 | 1472 | 1675 | 2120 |

#### **Efektif titreşim periyodu.**

Sistemin efektif titreşim periyodu, denklem 8'e göre hesaplanmaktadır.

$$T_D = 2\pi \sqrt{\frac{W_T}{\sum K_H \times g}} \quad (8)$$

Burada;  $T_D$  efektif titreşim periyodunu göstermektedir. Efektif titreşim periyodu denklem 8'e göre 2,68 sn olarak hesaplanmış olup hedeflenen periyoda yakın olduğu için hesaplara devam edilmiştir.

#### **Toplam sönüm.**

Bulunan sonuçlara göre sönüm oranı ve sönüm katsayısı, denklem 9 ve 10'a göre hesaplanmaktadır.

$$B = \frac{\sum(N * K_H^1 * B + N * K_H^2 * B)}{\sum K_H} \quad (9)$$

$$B = \frac{4}{1 - \ln \beta} \quad (10)$$

Burada;  $B$  sönüm oranını,  $\beta$  sönüm katsayısını göstermektedir. Toplam sönüm denklem 9' dan %10, sönüm katsayısı denklem 10' dan 1,21 olarak hesaplanmıştır.

#### **Yatay yer değiştirme.**

Değişen sönüm oranlarına göre sistemin gerçek yer değiştirmesi denklem 11'e göre hesaplanmaktadır.

$$D_D = \frac{g * C_v * T_D}{B * 4\pi^2} \quad (11)$$

Yatay yer değiştirme değişen sönüm oranlarına göre denklem 11'den 0,371 m olarak hesaplanmış olup izolatör kalınlığı 30 cm olduğu için yatay yer değiştirme istenilen sınırlar içerisinde.

### **Maksimum yer değiştirme.**

İzolatörün burulmalardan dolayı yapacağı maksimum yer değiştirme olup denklem 12, 13 ve 14'e göre hesaplanmaktadır.

$$E = 0,05 \times e \quad (12)$$

$$D_{\text{total}} = D_D \left( 1 - \frac{12 \times E}{b^2 + d^2} \right) \quad (13)$$

$$D_{\text{total}} \geq D_D \times 1,1 \quad (14)$$

Burada "e" binanın x ve y doğrultusundaki, uzun planda binanın boyunu, b ve d binanın x ve y doğrultusundaki bina boyutlarını göstermektedir. Maksimum yer değiştirme denklem 7.9.1, 7.9.2 ve 7.9.3 göre 0,3877 m olarak hesaplanmıştır.

### **Taban kesme kuvveti.**

Sismik izolasyonlu yapının taban kesme kuvveti denklem 15, 16 ve 17'ye göre hesaplanmaktadır.

$$V_b = K_H \times D_D \quad (15)$$

$$V_s = \frac{K_H \times D_D}{R} \quad (16)$$

$$C_s = \frac{V_s}{W_T} \quad (17)$$

Burada  $V_b$  azaltılmamış deprem kuvvetini,  $V_s$  taban kesme kuvvetini, R deprem azaltma katsayısını,  $C_s$  taban kesme kuvvetinin bina ağırlığına oranını göstermektedir. Taban kesme kuvveti denklem 15 ve 16'ya göre 16970 kN olarak hesaplanmış olup taban kesme kuvvetinin bina ağırlığına oranı denklem 17'ye göre %10,84 olarak hesaplanmıştır.

### Kauçuk izolatör detayı.

UBC-97’de elastomer tabakaların arasına konacak her bir çelik levha kalınlığı standartlarda 2 mm olarak verilmiştir. İzolatörlerdeki tabakaların bir tanesinin kalınlığı denklem 18’e göre hesaplanmakta olup izolatörün şekil faktörü denklem 19’a göre hesaplanmaktadır.

$$\frac{D}{80} \leq t_0 \leq \frac{D}{40} \quad (18)$$

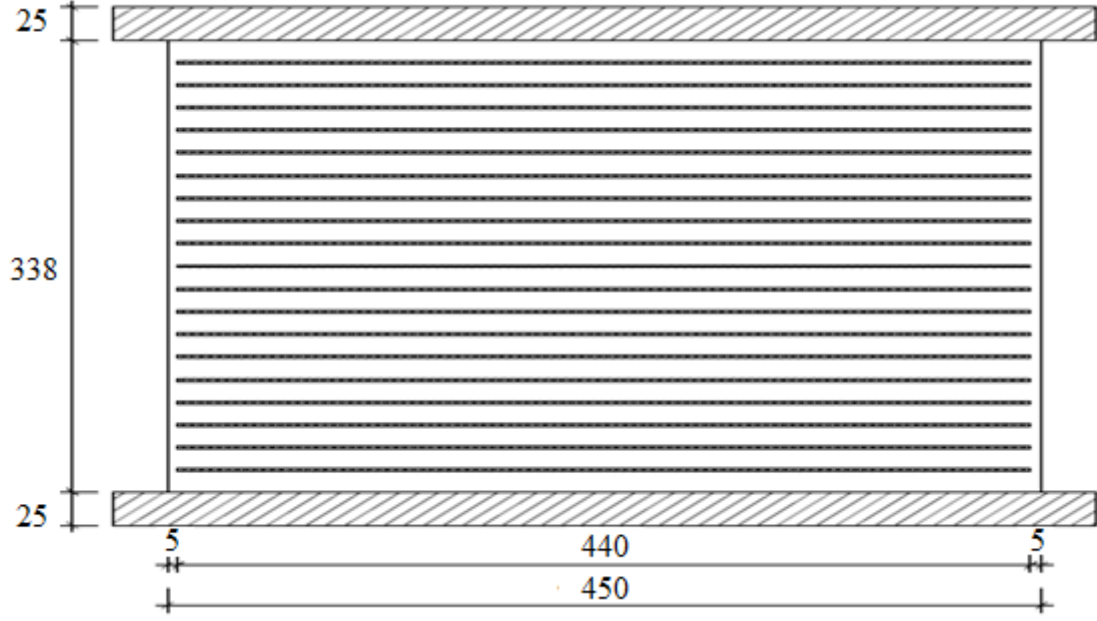
$$S = \frac{\text{Disk Alanı}}{\text{Kesit Alanı}} = \frac{\frac{R \times D^2}{4}}{R \times D \times t} = \frac{D}{4 \times t} \quad (19)$$

Burada  $t_0$  çelik levhalar arasında kalan kauçuğun kalınlığını, S izolatörün şekil faktörünü göstermektedir. İzolatörlerin arasındaki elastomer tabakaların kalınlığı  $t_0$  denklem 18 ile 15 mm olarak hesaplanmış olup, şekil faktörü denklem 19 ile hesaplanıp her bir izolatör için tablo 17’de verilmiştir.

Tablo 17. Şekil Faktörü

| Kolon | S1  | S2  | S3   | S4   | S5 | S6    | S7    | S8   | S9    | S10 |
|-------|-----|-----|------|------|----|-------|-------|------|-------|-----|
| S     | 7,5 | 7,5 | 8,33 | 9,16 | 10 | 10,83 | 11,66 | 12,5 | 13,33 | 15  |

Toplam elastomer kalınlığı 200 mm, bir tabaka elastomer kalınlığı 15 mm olarak hesaplanmış olup 20 tabaka elastomer kullanılmıştır. Her elastomerin arasında 2 mm kalınlığında 19 adet çelik plaka bulunmaktadır. İzolatörlerin alt ve üstünde 25 mm çelik levha bulunmaktadır. Buradan toplam izolatör yüksekliği 388 mm olarak hesaplanmıştır. Şekil 32’ de 450 mm çapındaki bir izolatörün en kesiti örnek olarak gösterilmiştir.



Şekil 22. S1 kolonunun en kesiti.

### Düşey rijitlik.

Yükleme modülü denklem 20, düşey rijitlik denklem 21 ile hesaplanmaktadır. Çelik levhanın rijitliği 2000 MPa olarak hesaplara katılmıştır.

$$E_C^A = \frac{6 \times G_A \times S_A^2 \times K}{6 \times G_A \times S_A^2 + K} \quad (20)$$

$$K_V^A = \frac{E_C^A \times A}{t_r} \quad (21)$$

Burada  $E_C$  yüklem modülünü,  $K_V$  düşey rijitliği göstermektedir. Yüklem modülü ve düşey rijitlik denklem 20 ve 21'e göre hesaplanıp tablo 18 ve 19'da verilmiştir.

Tablo 18. *Yüklem Modülleri*

| Kolon                      | S1     | S2     | S3     | S4     | S5     | S6     | S7     | S8     | S9     | S10    |
|----------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| $E_C$<br>kN/m <sup>2</sup> | 288770 | 288770 | 344828 | 402662 | 461538 | 520801 | 579881 | 638297 | 695652 | 805970 |

Tablo 19. *Düşey Rijitlik*

| Kolonn        | S1     | S2     | S3     | S4     | S5     | S6     | S7     | S8     | S9      | S10     |
|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| $K_V$<br>kN/m | 150105 | 150105 | 221289 | 312668 | 426509 | 564828 | 729378 | 921644 | 1142851 | 1675797 |

Bulunan değerlere göre toplam düşey rijitlik denklem 22 ile hesaplanmaktadır.

$$\sum K_V = N_A \times K_A^V + N_B \times K_B^V \quad (22)$$

Denklem 22'den toplam düşey rijitlik 53141741 kN/m olarak hesaplanmıştır.

### **Düşey titreşim periyodu.**

Binanın düşeyde yapmış olduğu tasarım yer değiştirmesi denklem 23 ile, düşey titreşim periyodu ise denklem 24 ile hesaplanmaktadır.

$$\Delta t = \frac{W_t}{K_V} \quad (23)$$

$$T_V = \frac{T_{DV}}{\sqrt{6S}} \quad (24)$$

Burada  $\Delta t$  yatay yer değiştirmeyi,  $T_V$  düşey titreşim periyodunu göstermektedir. Yatay yer değiştirme denklem 23'e göre 0,00289 m, düşey titreşim periyodu denklem 24'e göre 0,33 sn olarak hesaplanmıştır.

### **Ortak alan hesabı.**

İzolatörler için ortak alan A, denklem 25 ve 26 ile hesaplanmaktadır.

$$A' = A \left( 1 - \frac{2}{\pi} (\theta + \sin\theta \cos\theta) \right) \quad (25)$$

$$\sin\theta = \frac{D_D}{D} \quad (26)$$

Burada  $D_D$  kayma deplasmanını,  $A'$  izolatör deplasman yaptığındaki ortak alanı göstermektedir.  $A'$  ve  $\sin\theta$  Denklem 25 ve 26 ile hesaplanıp tablo 20'de verilmiştir.

Tablo 20. Ortak Alanlar

| Kolon        | S1    | S2    | S3    | S4    | S5    | S6    | S7    | S8    | S9    | S10   |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $\sin\theta$ | 0,825 | 0,825 | 0,742 | 0,674 | 0,618 | 0,57  | 0,53  | 0,494 | 0,463 | 0,412 |
| $\theta$     | 55,63 | 55,63 | 47,98 | 42,48 | 38,25 | 34,85 | 32,05 | 29,69 | 27,67 | 24,38 |
| radyan       | 0,97  | 0,97  | 0,84  | 0,74  | 0,666 | 0,61  | 0,558 | 0,516 | 0,481 | 0,424 |
| $A'$         | 0,013 | 0,013 | 0,029 | 0,049 | 0,074 | 0,104 | 0,137 | 0,174 | 0,216 | 0,311 |

### Göçme riski kontrolü.

İzolatördeki çelik levhaların ataleti denklem 27 ile, izolatörün göçme kontrolü ise denklem 28 ile hesaplanmaktadır.

$$I = \frac{\pi \times \left(\frac{D}{2}\right)^4}{4} \quad (27)$$

$$P_{\text{Kritik}} = \frac{\pi}{4} \sqrt{\frac{E_C \times I \times G \times A_S}{3}} \quad (28)$$

Burada  $P_{\text{Kritik}}$  izolatörün taşıyabileceği yükü,  $I$  çelik levhanın ataletini göstermektedir. Çelik plaka ataleti ve  $P_{\text{Kritik}}$  denklem 27 ve 28'e göre hesaplanıp tablo 21'de verilmiştir.

Tablo 21. Kritik Yükleri

| Kolon                       | S1     | S2    | S3    | S4    | S5    | S6    | S7    | S8    | S9    | S10   |
|-----------------------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $I \text{ (cm}^4\text{)}$   | 0,0018 | 0,001 | 0,002 | 0,004 | 0,005 | 0,008 | 0,011 | 0,014 | 0,019 | 0,03  |
| $P_{\text{kritik}}$<br>(kN) | 1717   | 1717  | 2590  | 3747  | 5232  | 7094  | 9381  | 12141 | 15422 | 23735 |

Bulunan değerler bir izolatöre gelen yükten fazla olduğu için göçme riski bulunmamaktadır.

### İzolatörün mekanik özellikleri.

Plastik rijitlik denklem 29, elastik rijitlik denklem 30 ile hesaplanmaktadır.

$$K_2 = \frac{A \times G}{t_r} \quad (29)$$

$$K_1 = 6 \times K_2 \quad (30)$$

Burada  $K_2$  plastik rijitliği,  $K_1$  elastik rijitliği göstermektedir. Plastik rijitlik ve elastik rijitlik denklem 29 ve 30'a göre hesaplanmış olup tablo 22'de verilmiştir.

Tablo 22. Elastik ve Plastik Rijitlikler

| Kolon         | S1   | S2   | S3   | S4   | S5   | S6   | S7   | S8   | S9   | S10   |
|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| $K_2$<br>kN/m | 520  | 520  | 642  | 777  | 924  | 1085 | 1258 | 1444 | 1643 | 2079  |
| $K_1$<br>kN/m | 3120 | 3120 | 3852 | 4662 | 5545 | 6510 | 7548 | 8664 | 9858 | 12474 |



İzolator kesme kuvveti denklem 31 ile hesaplanmaktadır.

$$Q = C_s \times W \quad (31)$$

Denklem 31'e göre kesme kuvveti hesaplanmış olup tablo 23'de verilmiştir.

Tablo 23. *Kesme Kuvvetleri*

| Kolon     | S1 | S2 | S3  | S4  | S5  | S6  | S7  | S8  | S9  | S10 |
|-----------|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Q<br>(kN) | 53 | 74 | 117 | 149 | 191 | 229 | 255 | 276 | 330 | 393 |

Akma yer değiştirmesi denklem 32 ile hesaplanmaktadır.

$$D_Y = \frac{Q}{K_1 - K_2} \quad (32)$$

Burada  $D_Y$  akma yer değiştirmesini göstermektedir. Akma yer değiştirmesi denklem 32'ye göre hesaplanmış olup tablo 24'de verilmiştir.

Tablo 24. *Akma Yer Değiştirmesi*

| Kolon     | S1   | S2    | S3    | S4    | S5    | S6    | S7   | S8    | S9   | S10   |
|-----------|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|------|-------|
| $D_Y$ (m) | 0,02 | 0,028 | 0,036 | 0,038 | 0,041 | 0,042 | 0,04 | 0,038 | 0,04 | 0,037 |

$K_{eff}$  denklem 33 ile hesaplanmaktadır.

$$K_{eff} = K_1 + \frac{Q}{D} \quad (33)$$

Burada  $K_{eff}$  maksimum yer değiştirmeye karşılık gelen eşdeğer rijitliği göstermektedir.  $K_{eff}$  denklem 33'e göre hesaplanmış olup tablo 25'de verilmiştir.

Tablo 25. *Efektif Rijitlik*

| Kolon               | S1    | S2    | S3    | S4     | S5     | S6     | S7     | S8     | S9     | S10    |
|---------------------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| $K_{eff}$<br>(kN/m) | 656,9 | 711,8 | 943,4 | 1160,4 | 1417,7 | 1674,1 | 1916,0 | 2146,9 | 2493,0 | 3093,9 |

Akma dayanımı denklem 34 ile hesaplanmaktadır.

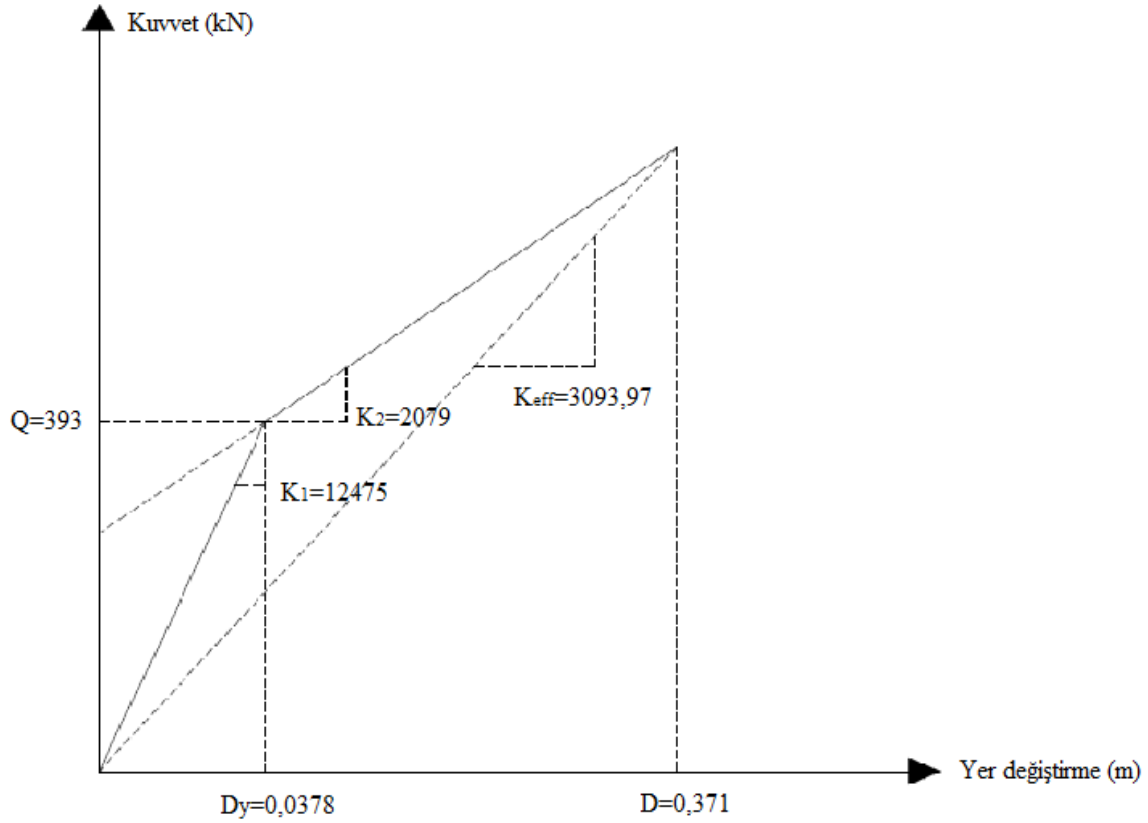
$$F_Y = K_1 \times D_Y \quad (34)$$

Burada  $F_y$  akma dayanımını göstermektedir. Akma dayanımı denklem 34'e göre hesaplanmış olup tablo 26'da verilmiştir.

Tablo 26. Akma Dayanımı

| Kolon         | S1   | S2    | S3     | S4     | S5     | S6     | S7     | S8     | S9     | S10    |
|---------------|------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| $F_y$<br>(kN) | 63,8 | 89,31 | 140,35 | 179,63 | 229,66 | 274,32 | 306,22 | 331,74 | 395,53 | 472,09 |

Bulunan sonuçlara göre S10 kolonun kuvvet yer değiştirme grafiği şekil 23'de verilmiştir.



Şekil 23. S10 kolonu kauçuk izolatörünün kuvvet-yer değiştirme grafiği.

Tüm izolatör tiplerinin hesaplamalar sonucunda bulunan mekanik özellikleri tablo 27'de gösterilmiştir. Bu değerler izolatörlerin SAP2000 programında tanıtılması kullanılacaktır.

Tablo 27. İzolatörlerin Mekanik Özellikleri

| Doğrultu             | S1                              |        | S2    |        | S3    |        | S4     |        | S5     |        | S6     |        | S7     |        | S8     |        | S9     |         | S10    |         |        |
|----------------------|---------------------------------|--------|-------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|---------|--------|
|                      | 500                             |        | 700   |        | 1100  |        | 1400   |        | 1800   |        | 2150   |        | 2400   |        | 2600   |        | 3100   |         | 3700   |         |        |
|                      | D                               | DO     | D     | DO     | D     | DO     | D      | DO     | D      | DO     | D      | DO     | D      | DO     | D      | DO     | D      | DO      | D      | DO      |        |
| U <sub>1</sub> Düşey | Rijitlik (kN/m)                 | 150105 | -     | 150105 | -     | 221289 | -      | 312668 | -      | 426509 | -      | 564828 | -      | 729378 | -      | 921644 | -      | 1142851 | -      | 1675797 | -      |
|                      | Rijitlik (kN/m)                 | 657    | 3119  | 712    | 3119  | 943    | 3850   | 1160   | 4659   | 1418   | 5545   | 1674   | 6507   | 1916   | 7547   | 2157   | 8663   | 2493    | 9857   | 3094    | 12475  |
| U <sub>2</sub> Yatay | Akma Dayanımı (kN)              | -      | 64    | -      | 89    | -      | 140    | -      | 179    | -      | 230    | -      | 274    | -      | 306    | -      | 332    | -       | 396    | -       | 472    |
|                      | K <sub>2</sub> / K <sub>1</sub> | -      | 0,167 | -      | 0,167 | -      | 0,1667 | -      | 0,1667 | -      | 0,1667 | -      | 0,1667 | -      | 0,1667 | -      | 0,1667 | -       | 0,1667 | -       | 0,1667 |

D:Doğrusal; DO: Doğrusal olmayan

## İzolatörlerin Mekanik Özelliklerinin Programa Tanıtılması

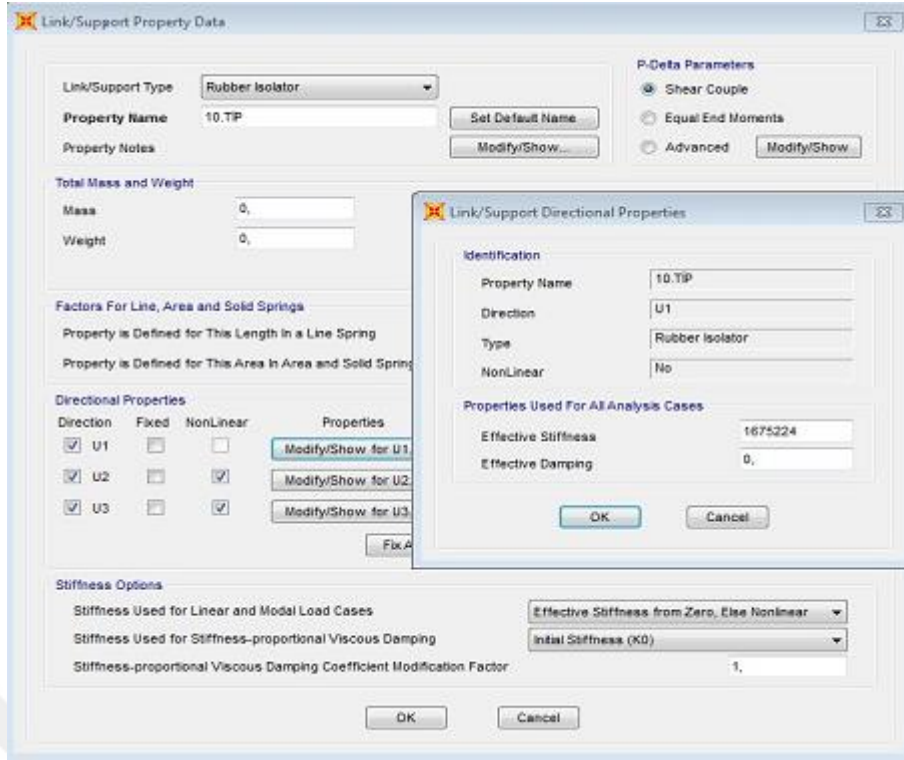
Tablo 27’de hesaplanan izolatörlerin mekanik özellikleri değerler SAP2000 programında link elemanlar ile aşağıdaki sıralama ile tanımlanmaktadır.

Define ⇒ Link / Support Properties ⇒ Add New Properties ⇒ Link / Support Type ⇒ Rubber Isolator sekmeleri sırası ile açılır (Şekil 24).

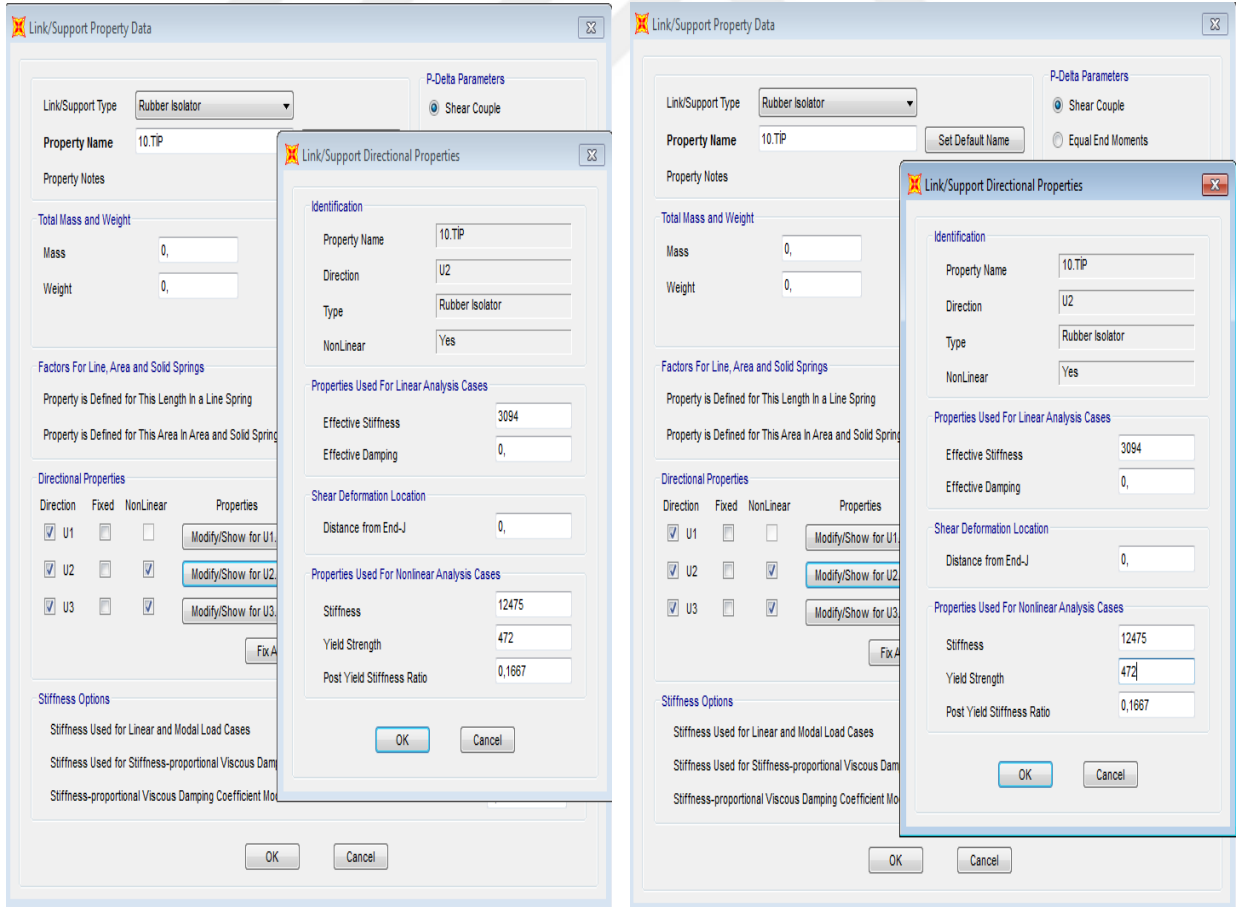
Örnek olarak S10 tipi izolatör tanıtılması için açılan pencerede  $U_1, U_2$  ve  $U_3$  yönleri işaretlenir. Burada  $U_1$  düşey yönü,  $U_2$  ve  $U_3$  sırasıyla yatay yönlerini göstermektedir. İzolatörler Z yönünde lineer, X ve Y yönlerinde nonlinear davranış sergilemektedir. Bu yüzden  $U_2$  ve  $U_3$  yönlerinde nonlinear işaretlenir.  $U_1$  yönündeki rijitlik değeri 1675797 kN/m olarak yazılır (Şekil 25).  $U_2$  yönünde doğrusal analiz durumundaki etkili rijitlik 3094 kN/m, doğrusal olmayan analiz durumundaki plastik rijitlik 12475 kN/m, akma dayanımı 472 kN, elastik ve plastik rijitlik arasındaki oran 0,1667 olarak yazılır. Aynı tanımlamalar izolatörün  $U_3$  yönü için tekrarlanır (Şekil 26).

The screenshot shows the 'Link/Support Property Data' dialog box in SAP2000. The 'Link/Support Type' is set to 'Rubber Isolator' and the 'Property Name' is 'LIN1'. The 'P-Delta Parameters' section has 'Shear Couple' selected. The 'Total Mass and Weight' section has all fields set to 0. The 'Factors For Line, Area and Solid Springs' section has both fields set to 1. The 'Directional Properties' section has a table with columns for Direction, Fixed, NonLinear, and Properties. The 'U1' row has 'Fixed' checked, 'U2' and 'U3' rows have 'NonLinear' checked. The 'Stiffness Options' section has 'Effective Stiffness from Zero, Else Nonlinear' selected for linear cases and 'Initial Stiffness (K0)' for viscous damping, with a coefficient of 1. The dialog has 'OK' and 'Cancel' buttons at the bottom.

Şekil 24. SAP2000 programında izolatör tanımlama.



Şekil 25. Düşey rijitliğin programa tanıtılması.



Şekil 26. Yatay rijitliklerin programa tanıtılması.

## ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

### Bulgular

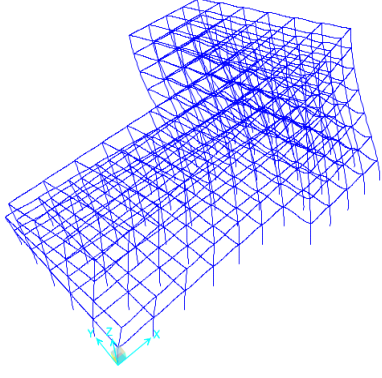
#### Bina Modları ve Kütle Katılım Oranları

Bu alt bölümde sismik izolasyonsuz, KAİ ve KÜİ hastane binalarının mod şekilleri, periyotları ve kütle katılım oranları gösterilmiştir. Yapılan analiz sonuçlarında sismik izolasyonsuz hastane binasının ilk 6 mod şekilleri şekil 27’de gösterilmiştir. KAİ ve KÜİ hastane binalarının mod şekilleri sırasıyla şekil 28 ve şekil 29’da gösterilmiştir. Sismik izolasyonsuz ve sismik izolasyonlu hastane binalarının periyotları tablo 28’de verilmiştir. Her yön için kütle katılım oranlarını tablo 29 ve tablo 30’da verilmiştir.

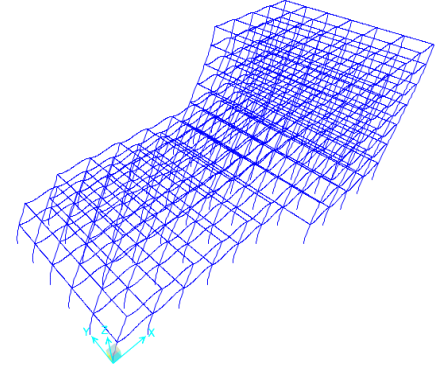
Tablo 28. *Binaların Modları*

| Mod (sn) | Sismik İzolasyonsuz | KAİ Bina | KÜİ Bina |
|----------|---------------------|----------|----------|
| 1        | 0,930               | 2,455    | 2,333    |
| 2        | 0,807               | 2,388    | 2,279    |
| 3        | 0,580               | 2,254    | 2,155    |
| 4        | 0,337               | 0,493    | 0,487    |
| 5        | 0,325               | 0,483    | 0,477    |
| 6        | 0,299               | 0,425    | 0,421    |
| 7        | 0,171               | 0,253    | 0,247    |
| 8        | 0,169               | 0,238    | 0,233    |
| 9        | 0,161               | 0,222    | 0,216    |
| 10       | 0,112               | 0,147    | 0,145    |
| 11       | 0,111               | 0,145    | 0,143    |
| 12       | 0,109               | 0,143    | 0,141    |

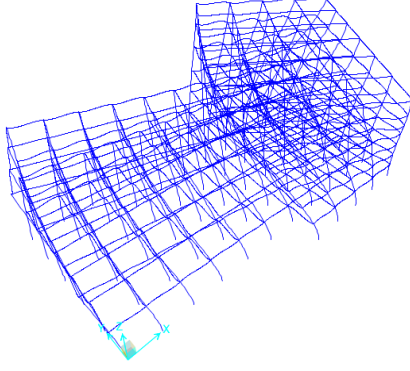
Analizler sonucunda izolasyonsuz binanın hakim modlarının periyotları, KAİ ve KÜİ binalarda 3 kata kadar artmıştır. KAİ binanın periyotlarının ise, KÜİ binaya göre daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Bunun nedeni KÜİ binanın, izolasyon seviyesinden dolayı binanın daha rijit davranış sergilemesidir.



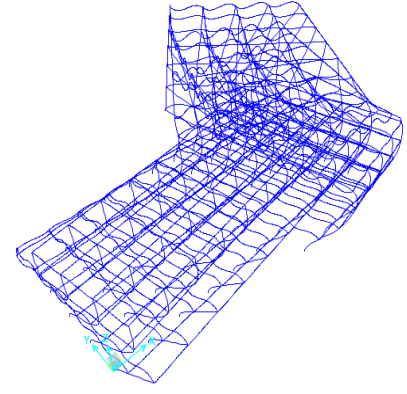
Mod1=0,93 sn. (a)



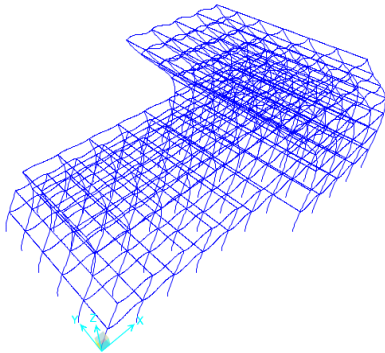
Mod2=0,81 sn. (b)



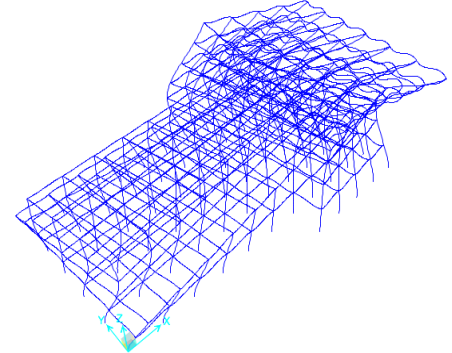
Mod3=0,58 sn. (c)



Mod4=0,33 sn. (d)

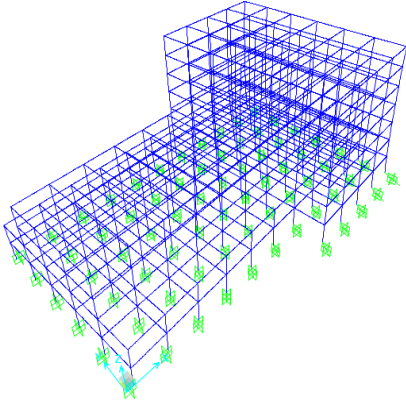


Mod5=0,32 sn. (e)

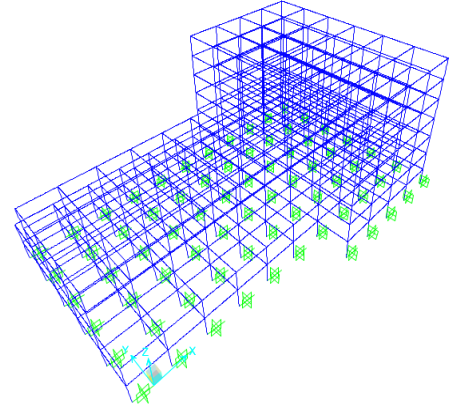


Mod6=0,29 sn. (f)

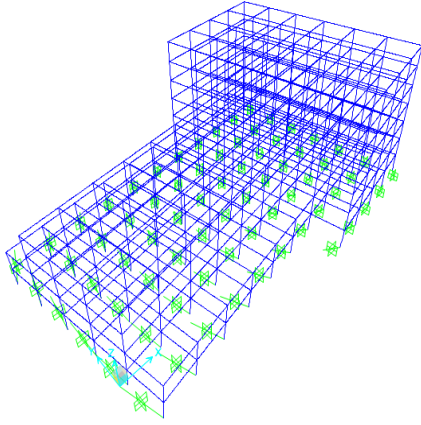
Şekil 27. Sismik izolasyonsuz bina modları.



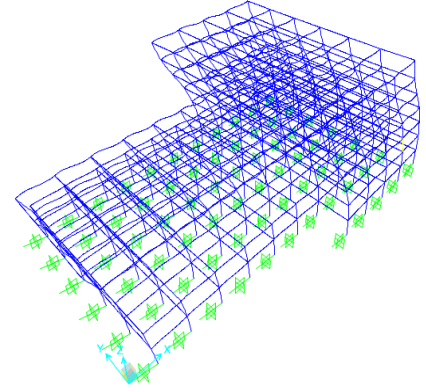
Mod1=2,45 sn. (a)



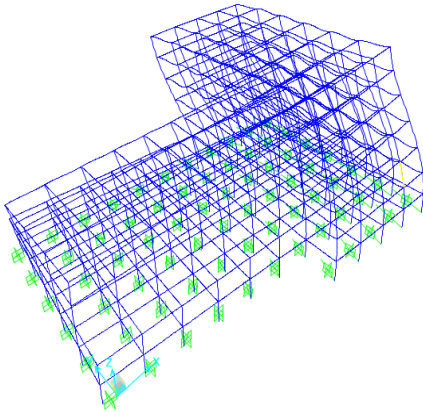
Mod2=2,38 sn. (b)



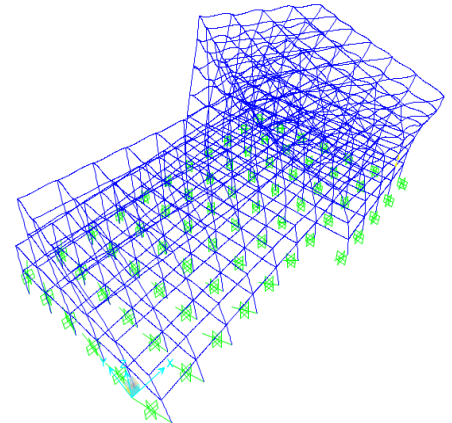
Mod3=2,25 sn. (c)



Mod4=0,49 sn. (d)



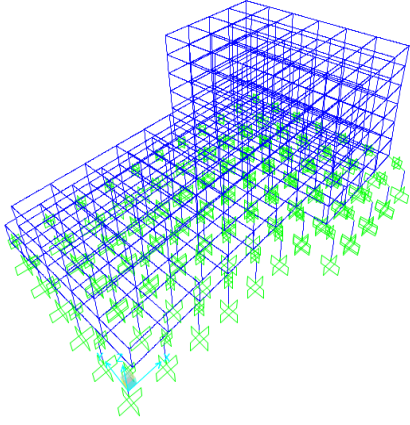
Mod5=0,48 sn. (e)



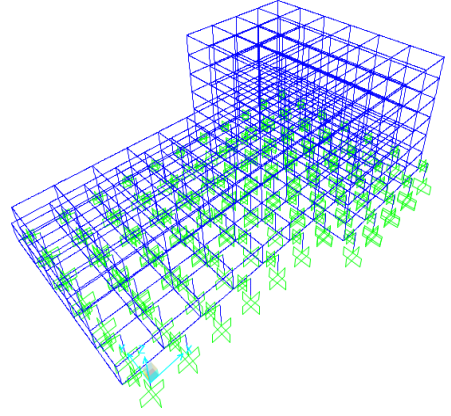
Mod6=0,42 sn. (f)

Şekil 28. KAİ bina modları.

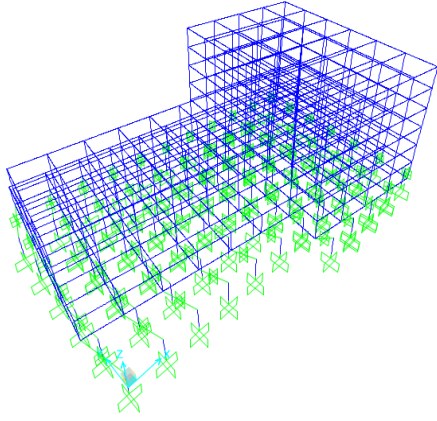




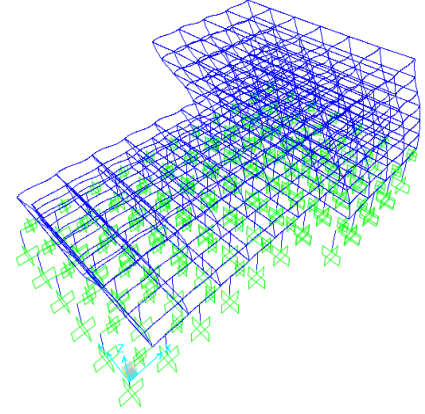
Mod1=2,33 sn. (a)



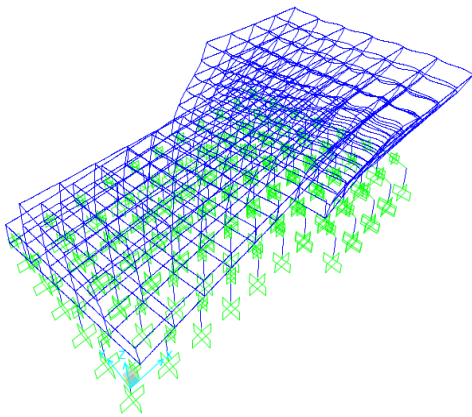
Mod2=2,27 sn. (b)



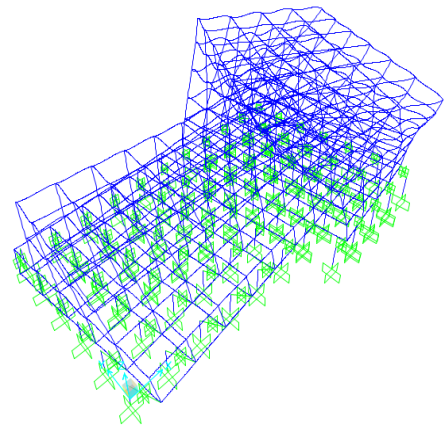
Mod3=2,15 sn. (c)



Mod4=0,48 sn. (d)



Mod5=0,47 sn. (e)



Mod6=0,42 sn. (f)

Şekil 29. KÜİ bina modları.

Tablo 29. *Binaların X Yönü Kütle Katılım Oranları (%)*

|        | Sismik<br>İzolasyonsuz Bina | KAİ Bina | KÜİ Bina |
|--------|-----------------------------|----------|----------|
| Mod 1  | 0,005                       | 0,005    | 0,004    |
| Mod 2  | 0,703                       | 0,995    | 0,983    |
| Mod 3  | 0,705                       | 0,995    | 0,983    |
| Mod 4  | 0,706                       | 0,999    | 0,986    |
| Mod 5  | 0,862                       | 0,999    | 0,986    |
| Mod 6  | 0,862                       | 0,999    | 0,986    |
| Mod 7  | 0,862                       | 0,999    | 0,986    |
| Mod 8  | 0,935                       | 0,999    | 0,986    |
| Mod 9  | 0,935                       | 0,999    | 0,986    |
| Mod 10 | 0,935                       | 0,999    | 0,986    |
| Mod 11 | 0,959                       | 0,999    | 0,986    |
| Mod 12 | 0,959                       | 0,999    | 0,986    |

Tablo 30. *Binaların X Yönü Kütle Katılım Oranları (%)*

|        | Sismik<br>İzolasyonsuz Bina | KAİ Bina | KÜİ Bina |
|--------|-----------------------------|----------|----------|
| Mod 1  | 0,527                       | 0,759    | 0,755    |
| Mod 2  | 0,534                       | 0,765    | 0,761    |
| Mod 3  | 0,723                       | 0,996    | 0,983    |
| Mod 4  | 0,832                       | 0,996    | 0,983    |
| Mod 5  | 0,832                       | 0,999    | 0,986    |
| Mod 6  | 0,832                       | 0,999    | 0,986    |
| Mod 7  | 0,937                       | 0,999    | 0,986    |
| Mod 8  | 0,937                       | 0,999    | 0,986    |
| Mod 9  | 0,937                       | 0,999    | 0,986    |
| Mod 10 | 0,937                       | 0,999    | 0,986    |
| Mod 11 | 0,938                       | 0,999    | 0,986    |
| Mod 12 | 0,938                       | 0,999    | 0,986    |

## Kolon Kuvvetleri

Sismik izolasyonsuz, KAİ ve KÜİ hastane binasının kolon kesit tesirlerinin karşılaştırılabilmesi için en olumsuz yük kombinasyonu dikkate alınarak binanın 11- D aksında bulunan kolonlar seçilmiştir. Seçilen bu kolonlardaki kesit tesirleri üç farklı analiz için tablo 31 ve 32’de gösterilmiştir.

Tablo 31. Üç Farklı Analiz İçin Eksenel ve Kesme Kuvvetleri

| Sismik İzolasyonsuz |                |                | KAİ Bina |                |                | KÜİ Bina |                |                |
|---------------------|----------------|----------------|----------|----------------|----------------|----------|----------------|----------------|
| P                   | V <sub>2</sub> | V <sub>3</sub> | P        | V <sub>2</sub> | V <sub>3</sub> | P        | V <sub>2</sub> | V <sub>3</sub> |
| kN                  | kN             | kN             | kN       | kN             | kN             | kN       | kN             | kN             |
| -2114               | 170            | 547            | -2327    | 107            | 376            | -2453    | 61             | 314            |
| -2082               | 170            | 547            | -2295    | 107            | 376            | -2425    | 61             | 314            |
| -2050               | 170            | 547            | -2263    | 107            | 376            | -2396    | 61             | 314            |
| -2979               | -8             | -548           | -2621    | 77             | -375           | -2482    | -89            | -314           |
| -2947               | -8             | -548           | -2589    | 77             | -375           | -2453    | -89            | -314           |
| -2915               | -8             | -548           | -2557    | 77             | -375           | -2424    | -89            | -314           |
| -1773               | 181            | 547            | -1961    | 96             | 270            | -2041    | 60             | 270            |
| -1741               | 181            | 547            | -1929    | 96             | 270            | -2012    | 60             | 270            |
| -1709               | 181            | 547            | -1897    | 96             | 270            | -1983    | 60             | 270            |
| -2480               | -23            | -547           | -2174    | 29             | -269           | -2066    | -71            | -269           |
| -2448               | -23            | -547           | -2142    | 29             | -269           | -2037    | -71            | -269           |
| -2416               | -23            | -547           | -2110    | 29             | -269           | -2008    | -71            | -269           |
| -1428               | 142            | 480            | -1583    | 91             | 238            | -1630    | 41             | 225            |
| -1396               | 142            | 480            | -1551    | 91             | 238            | -1601    | 41             | 225            |
| -1364               | 142            | 480            | -1519    | 91             | 238            | -1572    | 41             | 225            |
| -1978               | 29             | -481           | -1732    | 56             | -237           | -1651    | -50            | -225           |
| -1946               | 29             | -481           | -1700    | 56             | -237           | -1622    | -50            | -225           |
| -1914               | 29             | -481           | -1668    | 56             | -237           | -1594    | -50            | -225           |
| -1085               | 197            | 422            | -1197    | 103            | 181            | -1221    | 52             | 183            |
| -1053               | 197            | 422            | -1165    | 103            | 181            | -1193    | 52             | 183            |
| -1021               | 197            | 422            | -1133    | 103            | 181            | -1164    | 52             | 183            |
| -1469               | -32            | -420           | -1292    | 41             | -179           | -1238    | -62            | -182           |
| -1437               | -32            | -420           | -1260    | 41             | -179           | -1209    | -62            | -182           |
| -1405               | -32            | -420           | -1228    | 41             | -179           | -1181    | -62            | -182           |
| -746                | 164            | 309            | -806     | 88             | 126            | -814     | 39             | 127            |
| -714                | 164            | 309            | -774     | 88             | 126            | -785     | 39             | 127            |
| -682                | 164            | 309            | -742     | 88             | 126            | -756     | 39             | 127            |
| -956                | -11            | -309           | -853     | 47             | -125           | -826     | -42            | -126           |
| -924                | -11            | -309           | -821     | 47             | -125           | -797     | -42            | -126           |
| -892                | -11            | -309           | -789     | 47             | -125           | -768     | -42            | -126           |
| -382                | 166            | 181            | -403     | 120            | 78             | -409     | 18             | 76             |
| -350                | 166            | 181            | -371     | 120            | 78             | -380     | 18             | 76             |
| -318                | 166            | 181            | -339     | 120            | 78             | -351     | 18             | 76             |
| -460                | 92             | -180           | -419     | 110            | -76            | -414     | -26            | -75            |
| -428                | 92             | -180           | -387     | 110            | -76            | -386     | -26            | -75            |
| -396                | 92             | -180           | -355     | 110            | -76            | -357     | -26            | -75            |

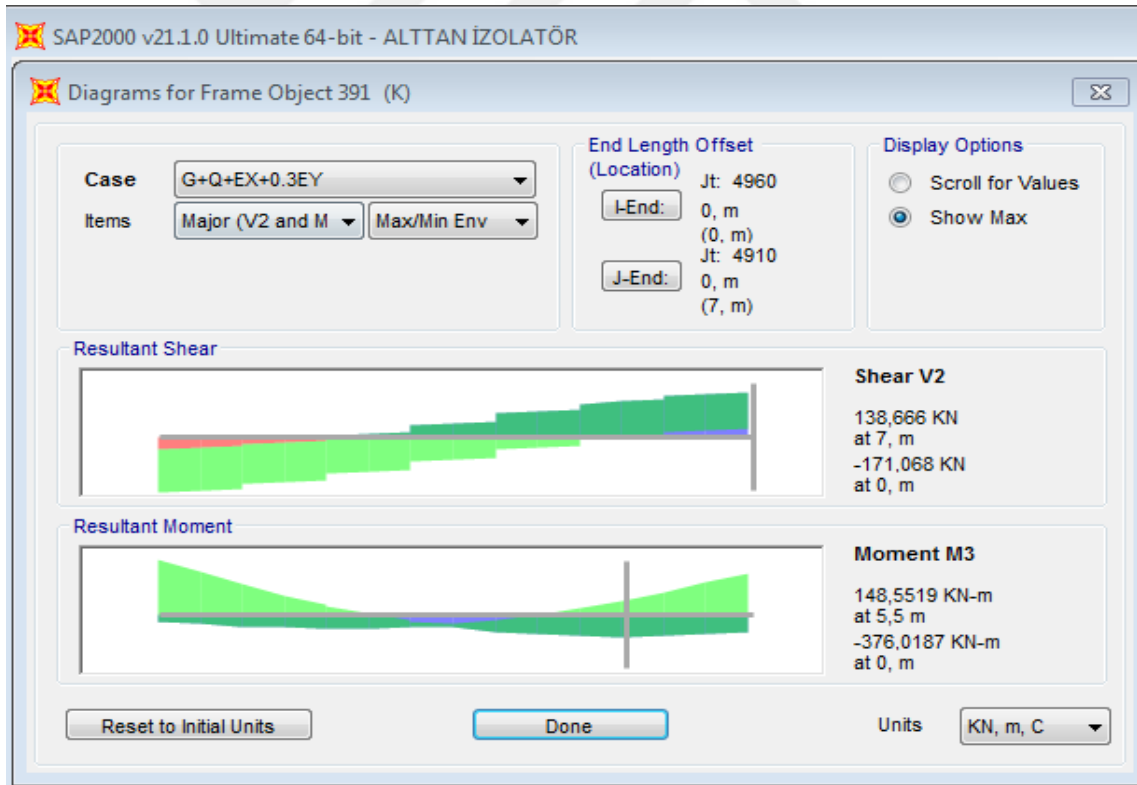
Tablo 32. Üç Farklı Analiz İçin Moment Kuvvetleri

| Sismik İzolasyonsuz |                | KAİ Bina       |                | KÜİ Bina       |                |
|---------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| M <sub>2</sub>      | M <sub>3</sub> | M <sub>2</sub> | M <sub>3</sub> | M <sub>2</sub> | M <sub>3</sub> |
| kN-m                | kN-m           | kN-m           | kN-m           | kN-m           | kN-m           |
| 1240                | 389            | 606            | 286            | 741            | 144            |
| 165                 | 64             | 155            | 118            | 113            | 22             |
| 957                 | -13            | 898            | -39            | 516            | 144            |
| -1240               | -57            | -604           | 153            | -740           | -213           |
| -165                | -55            | -154           | -48            | -113           | -35            |
| -957                | -301           | -899           | -260           | -517           | -101           |
| 1078                | 361            | 427            | 161            | 513            | 114            |
| 114                 | 43             | 124            | 23             | 37             | 12             |
| 1121                | 56             | 654            | -36            | 568            | 152            |
| -1078               | -47            | -424           | 77             | -511           | -132           |
| -114                | -44            | -123           | -35            | -37            | -9             |
| -1122               | -371           | -657           | -226           | -569           | -128           |
| 872                 | 287            | 390            | 170            | 390            | 74             |
| 145                 | 65             | 93             | 17             | 65             | 10             |
| 1065                | -27            | 561            | -97            | 511            | 108            |
| -873                | 50             | -387           | 125            | -389           | -94            |
| -144                | -70            | -92            | -17            | -65            | -12            |
| -1062               | -321           | -563           | -198           | -512           | -92            |
| 723                 | 410            | 276            | 198            | 294            | 97             |
| 175                 | 57             | 92             | 10             | 76             | 12             |
| 978                 | 53             | 447            | -77            | 439            | 132            |
| -719                | -90            | -270           | 85             | -292           | -116           |
| -175                | -69            | -92            | -16            | -76            | -11            |
| -980                | -396           | -452           | -218           | -441           | -111           |
| 452                 | 286            | 168            | 165            | 174            | 56             |
| 192                 | 88             | 85             | 37             | 80             | 22             |
| 794                 | 99             | 333            | -58            | 332            | 105            |
| -451                | 40             | -166           | 128            | -173           | -62            |
| -192                | -67            | -85            | -15            | -80            | -22            |
| -795                | -382           | -336           | -191           | -333           | -99            |
| 192                 | 251            | 80             | 197            | 78             | 16             |
| 181                 | 22             | 76             | -25            | 73             | 25             |
| 537                 | -167           | 228            | -246           | 223            | 76             |
| -191                | 164            | -76            | 173            | -77            | -26            |
| -181                | -123           | -77            | -65            | -73            | -20            |
| -539                | -449           | -233           | -304           | -225           | -55            |

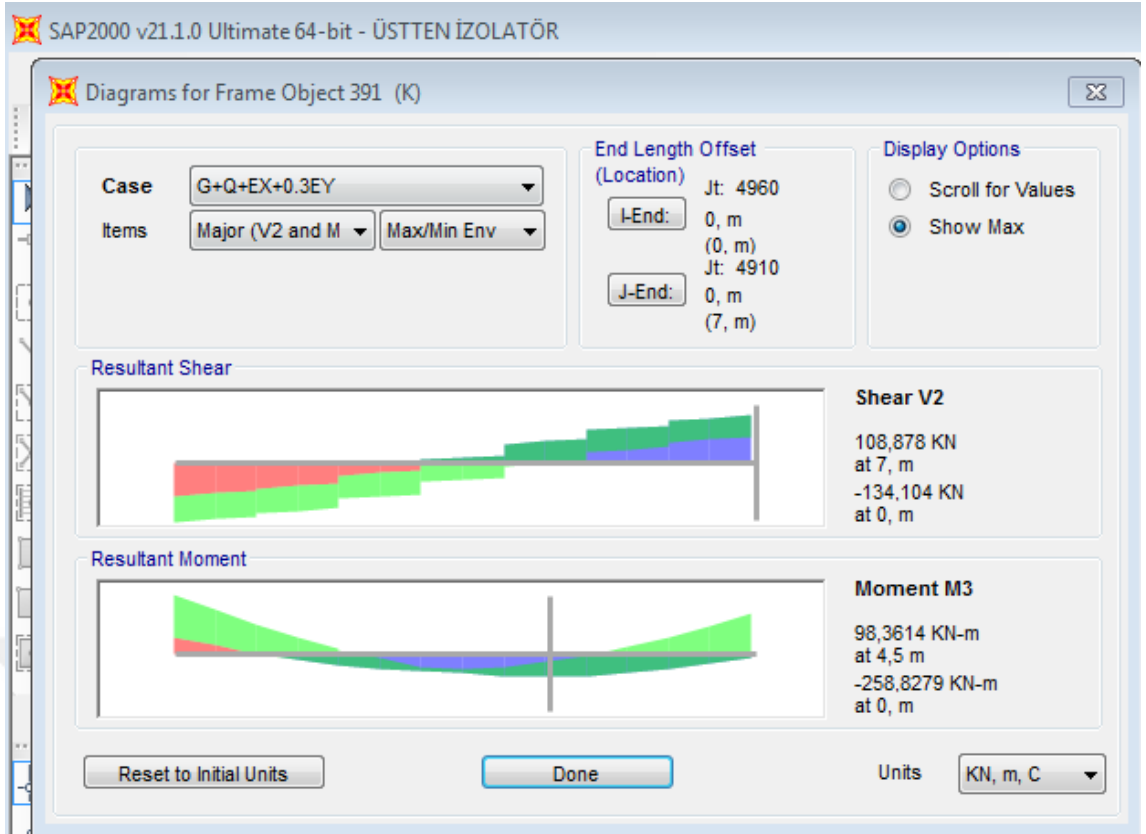
Sismik izolasyonsuz bina, KAİ ve KÜİ binalardaki kolonların kuvvet değişimlerinin kıyaslanabilmesi için sismik izolasyonsuz binanın deprem azalma katsayısı, sismik izolasyonlu binalarda olduğu gibi 2 olarak seçilmiştir. Yapılan analizler sonucunda KAİ binanın, izolasyonsuz binaya göre moment ve kesme kuvveti değerlerinin yaklaşık %40 oranında azaldığı görülmüştür. KAİ bina ile KÜİ bina kendi aralarında karşılaştırıldığında, KAİ binanın moment kuvvetlerinin KÜİ binaya göre yaklaşık olarak %10 az olduğu görülmüştür. Ancak bu fark binanın yalnızca ilk üç katında etkili olup üst katlarda fark ihmal edilebilir seviyelere gelmektedir.

### Kiriş Kuvvetleri

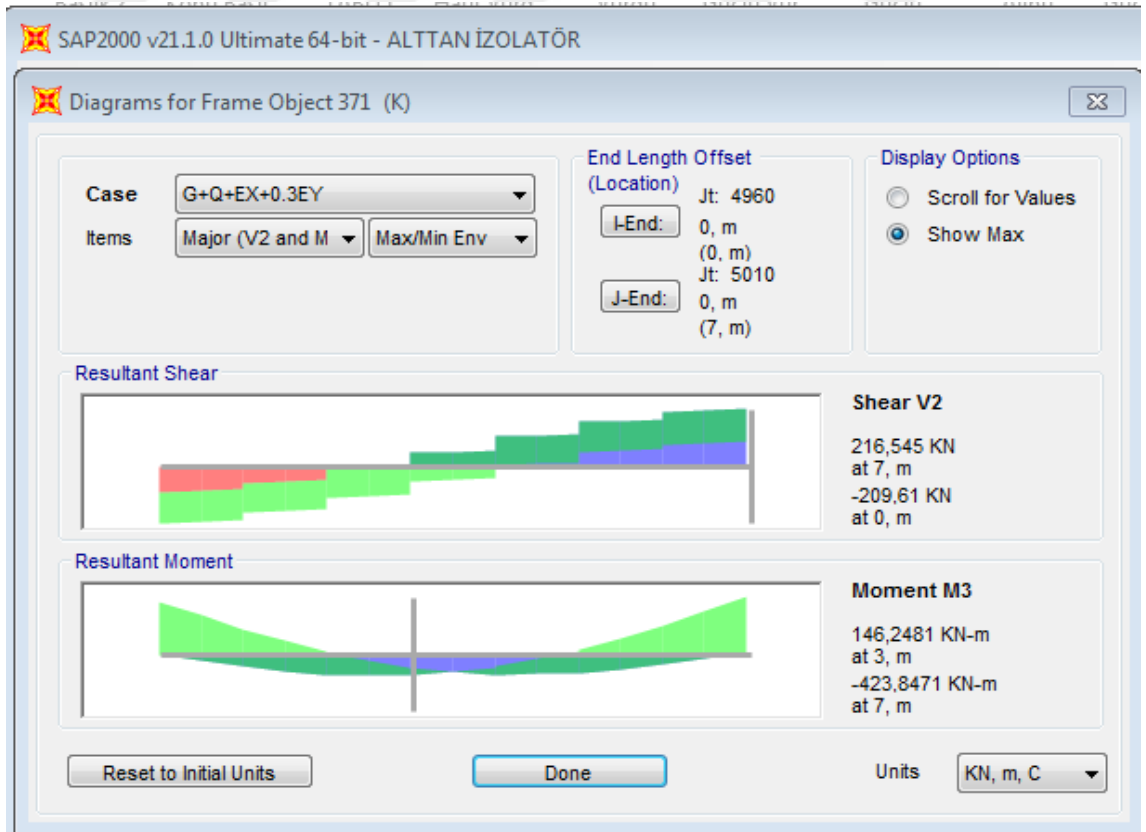
KAİ ve KÜİ hastane binasının kirişleri moment aktaran çerçeve sisteme sahip olduğundan kirişlerde hem negatif hem de pozitif momentler bulunmaktadır. Bundan dolayı, analizi yapılan binaların iç kuvvetlerinin tablo ile karşılaştırılması zor olduğu için karşılaştırma SAP2000 programında seçilen kirişlerin diyagramları üzerinden şekil 30, 31, 32 ve 33'e göre yapılacaktır.



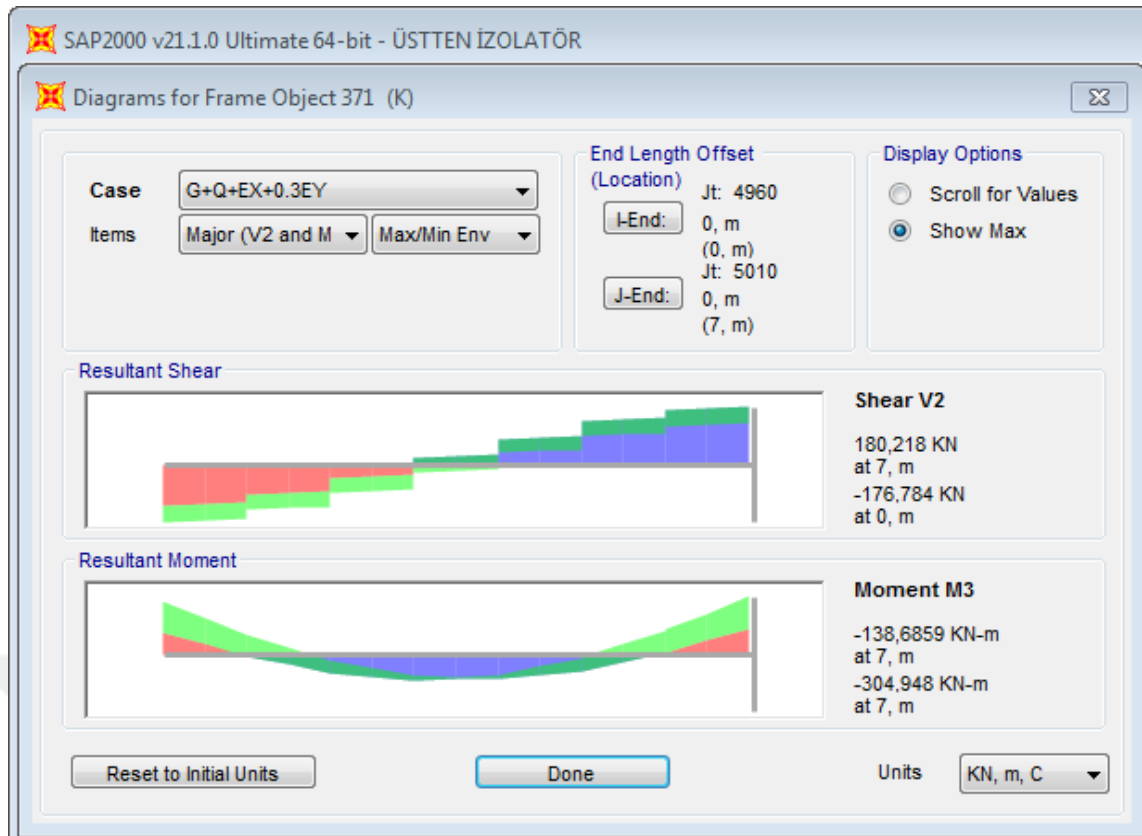
Şekil 30. KAİ bina 391 nolu kiriş kuvvetleri.



Şekil 31. KÜİ bina 391 nolu kiriş kuvvetleri.



Şekil 32. KAİ bina 371 nolu kiriş kuvvetleri.



Şekil 33. KÜİ bina 371 nolu kiriş kuvvetleri.

KAİ ve KÜİ binaların örnek 2 adet kirişinde yapılan incelemede, KÜİ binaların kirişlerindeki moment ve kesme kuvvetlerinin KAİ binalara göre daha az olduğu tespit edilmiştir. KÜİ binalarda moment ve kesme kuvvetleri, KAİ binalara göre alt katlar yaklaşık olarak %40 oranında az oluşmakta olup üst katlarda bu oran yaklaşık %10 seviyelerindedir.

### Taban Kesme Kuvveti

Sismik İzolasyonsuz, KAİ ve KÜİ binaların Ex ve Ey yönlerindeki tasarım depremi sonucunda tabanında meydana gelen kolon kesme kuvvetlerinin toplamı tablo 33’de verilmiştir.

Tablo 33. Üç Farklı Analiz İçin Eksenel ve Kesme Kuvvetleri

|    | KAİ Bina<br>Taban Kesme Kuvveti | KÜİ Bina<br>Taban Kesme Kuvveti | Sismik İzolasyonsuz Bina<br>Taban Kesme Kuvveti |
|----|---------------------------------|---------------------------------|---|
| Ex | 16220,56 kN                     | 16580,72 kN                     | 36706,52 kN                                     |
| Ey | 14755,33 kN                     | 15273,48 kN                     | 34768,32 kN                                     |

Yapılan analiz sonucunda KAİ binaların taban kesme kuvvetlerinin sismik izolasyonsuz binaya göre yaklaşık olarak %56 azaldığı tespit edilmiştir. KAİ binanın taban kesme kuvvetinin KÜİ yapıya göre yaklaşık %2 oranında az olduğu görülmüştür. Oluşan farkın iki bina arasındaki periyot farkından kaynaklandığı düşünülmektedir.

## Görelî Kat Ötelenmeleri

Sismik izolasyonsuz, KAİ ve KÜİ binaların Ex ve Ey yönlerinde etkileyen tasarım depremi sonucunda katların ötelenmeleri tablo 34-36'da verilmiştir. Çıkan sonuçların daha iyi değerlendirilebilmesi için ötelenmeler şekil 34 ve 35'te gösterilmiştir.

Tablo 34. *Sismik İzolasyonsuz Yapı Kat Ötelenmeleri*

| Joint | OutputCase | StepType | U <sub>1</sub> | U <sub>2</sub> |
|-------|------------|----------|----------------|----------------|
| Text  | Text       | Text     | mm             | mm             |
| 13515 | EX         | Max      | 0              | 0              |
| 13515 | EY         | Max      | 0              | 0              |
| 13516 | EX         | Max      | 7,215          | 0,973          |
| 13516 | EY         | Max      | 0,814          | 10,11          |
| 13517 | EX         | Max      | 19,58          | 2,687          |
| 13517 | EY         | Max      | 2,259          | 27,86          |
| 13518 | EX         | Max      | 32,85          | 4,534          |
| 13518 | EY         | Max      | 3,837          | 46,62          |
| 13519 | EX         | Max      | 44,88          | 6,217          |
| 13519 | EY         | Max      | 5,289          | 63,63          |
| 13520 | EX         | Max      | 57,79          | 7,721          |
| 13520 | EY         | Max      | 6,705          | 77,86          |
| 13521 | EX         | Max      | 68,99          | 8,886          |
| 13521 | EY         | Max      | 7,840          | 88,29          |
| 13522 | EX         | Max      | 76,48          | 9,612          |
| 13522 | EY         | Max      | 8,562          | 94,65          |

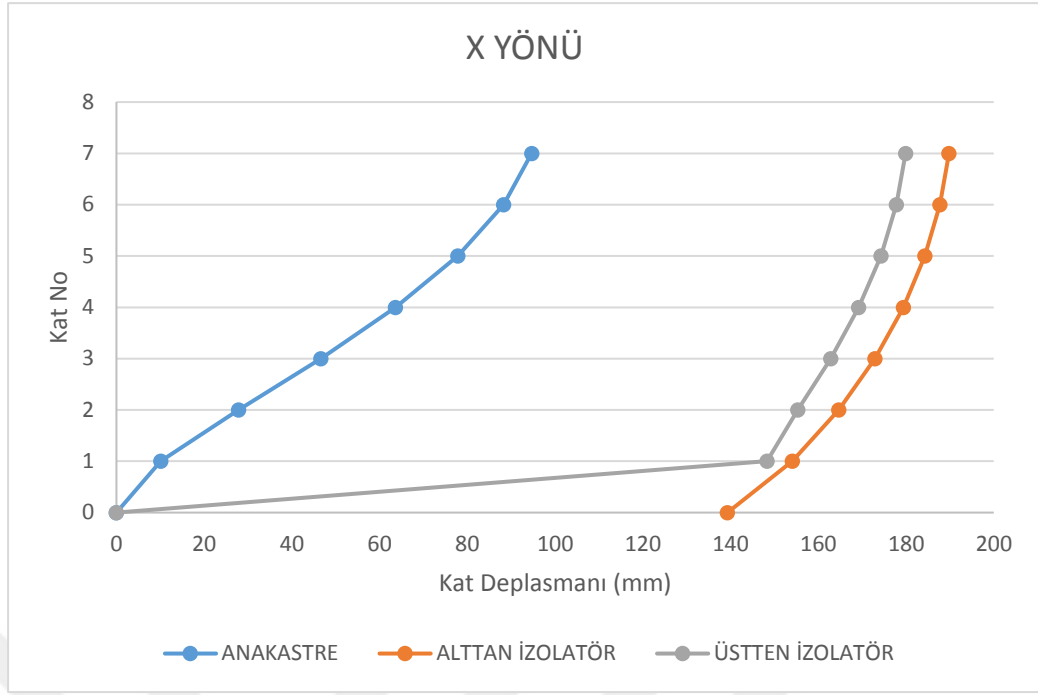


Tablo 35. *KAI Bina Kat Ötelenmeleri*

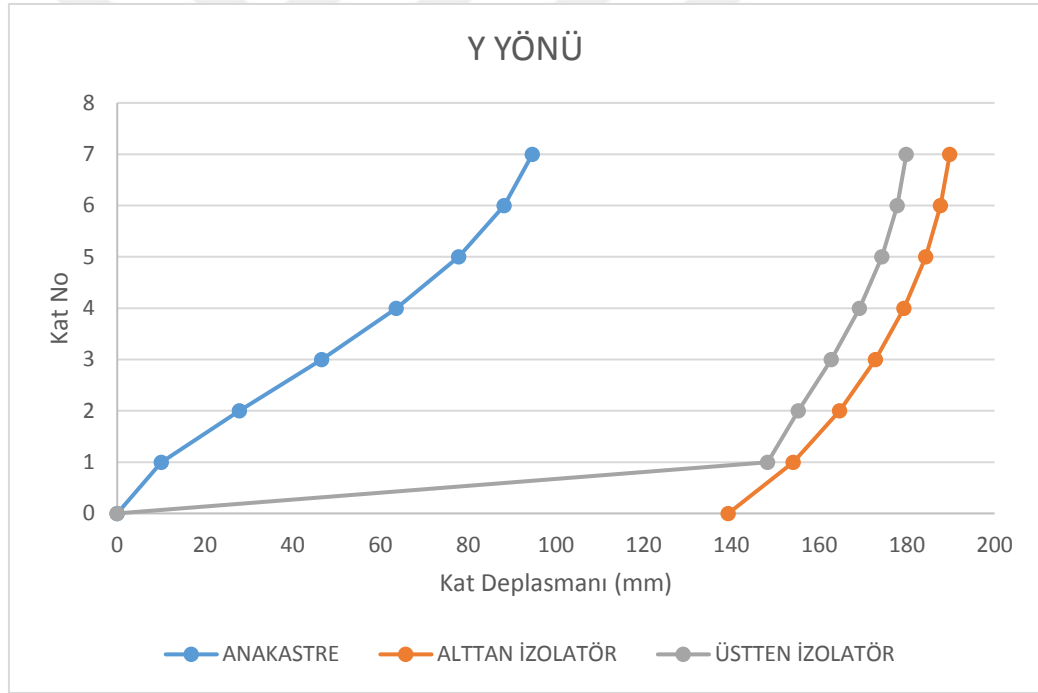
| Joint | OutputCase | StepType | U <sub>1</sub> | U <sub>2</sub> |
|-------|------------|----------|----------------|----------------|
| Text  | Text       | Text     | mm             | mm             |
| 13515 | EX         | Max      | 124,84         | 5,706          |
| 13515 | EY         | Max      | 3,9058         | 139,3          |
| 13516 | EX         | Max      | 138,55         | 6,264          |
| 13516 | EY         | Max      | 4,3780         | 154,1          |
| 13517 | EX         | Max      | 146,05         | 6,635          |
| 13517 | EY         | Max      | 4,6701         | 164,7          |
| 13518 | EX         | Max      | 151,51         | 6,923          |
| 13518 | EY         | Max      | 4,8961         | 172,9          |
| 13519 | EX         | Max      | 155,82         | 7,158          |
| 13519 | EY         | Max      | 5,080          | 179,4          |
| 13520 | EX         | Max      | 159,89         | 7,346          |
| 13520 | EY         | Max      | 5,2332         | 184,3          |
| 13521 | EX         | Max      | 163,09         | 7,479          |
| 13521 | EY         | Max      | 5,3455         | 187,7          |
| 13522 | EX         | Max      | 165,13         | 7,560          |
| 13522 | EY         | Max      | 5,4178         | 189,8          |

Tablo 36. *KÜİ Bina Kat Ötelenmeleri*

| Joint | OutputCase | StepType | U <sub>1</sub> | U <sub>2</sub> |
|-------|------------|----------|----------------|----------------|
| Text  | Text       | Text     | mm             | mm             |
| 13516 | EX         | Max      | 134,2          | 4,967          |
| 13516 | EY         | Max      | 3,562          | 148,3          |
| 13517 | EX         | Max      | 139,0          | 5,164          |
| 13517 | EY         | Max      | 3,729          | 155,3          |
| 13518 | EX         | Max      | 144,0          | 5,380          |
| 13518 | EY         | Max      | 3,911          | 162,81         |
| 13519 | EX         | Max      | 148,3          | 5,576          |
| 13519 | EY         | Max      | 4,074          | 169,2          |
| 13520 | EX         | Max      | 152,4          | 5,736          |
| 13520 | EY         | Max      | 4,209          | 174,3          |
| 13521 | EX         | Max      | 155,7          | 5,849          |
| 13521 | EY         | Max      | 4,307          | 177,8          |
| 13522 | EX         | Max      | 157,8          | 5,917          |
| 13522 | EY         | Max      | 4,369          | 179,9          |
| 13777 | EX         | Max      | 0              | 0              |
| 13777 | EY         | Max      | 0              | 0              |
| 13778 | EX         | Max      | 5,631          | 0,208          |
| 13778 | EY         | Max      | 0,149          | 6,222          |



Şekil 34. X yönü kat ötelenmeleri.



Şekil 35. Y yönü kat ötelenmeleri.

Analizler sonucunda KÜİ ve KAİ binaların görelî kat ötelenmelerinin, izolasyonsuz yapıya göre yaklaşık %50 azaldığı tespit edilmiştir. İzolasyonlu binalarda ise KÜİ binada toplam kat deplasmanlarının, KAİ binaya göre %5 daha az seviyede olduğu görülmüştür.

## Donatı Hesabı

Yapılan modellemeler sonucunda izolatörlerin konumunun binaya olan etkisini daha net anlamak için KAİ ve KÜİ binalarda gerekli donatılar hesaplanarak karşılaştırma yapılmıştır. Binalar için gerekli donatı bulunurken SAP2000 programının otomatik donatı analizi kullanılmıştır. KÜİ bina kolonları gerekli donatı alanları tablo 37-47’de, KAİ bina kolonları gerekli donatı alanları tablo 48-58’de, KÜİ bina kirişleri gerekli donatı alanları tablo 59-60’da ve KAİ bina kirişleri gerekli donatı alanları tablo 61-62’de verilmiştir

Tablo 37. KÜİ Bina 11 Aksı Gerekli Donatılar

| 11 – 11 Aksı Kolonları Gerekli Donatı Alanı (mm <sup>2</sup> ) |      |       |      |      |      |      |      |
|--|------|-------|------|------|------|------|------|
|  | A    | B     | C    | D    | E    | F    | G    |
| 1.KAT  | 8731 | 10002 | 9352 | 8601 | 9030 | 9708 | 8585 |
| 2.KAT  | 6400 | 6400  | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 |
| 3.KAT  | 6400 | 6400  | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 |
| 4.KAT  | 6400 | 6400  | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 |
| 5.KAT  | 6400 | 6400  | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 |
| 6.KAT  | 6400 | 6400  | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 |
| 7.KAT  | 6400 | 6400  | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 |

Tablo 38. KÜİ Bina 10 Aksı Gerekli Donatılar

| 10 – 10 Aksı Kolonları Gerekli Donatı Alanı (mm <sup>2</sup> ) |      |       |       |       |       |       |      |
|--|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
|  | A    | B     | C     | D     | E     | F     | G    |
| 1.KAT  | 9472 | 15355 | 13783 | 12106 | 13150 | 14766 | 9205 |
| 2.KAT  | 6400 | 6400  | 6400  | 6400  | 6400  | 6400  | 6400 |
| 3.KAT  | 6400 | 6400  | 6400  | 6400  | 6400  | 6400  | 6400 |
| 4.KAT  | 6400 | 6400  | 6400  | 6400  | 6400  | 6400  | 6400 |
| 5.KAT  | 6400 | 6400  | 6400  | 6400  | 6400  | 6400  | 6400 |
| 6.KAT  | 6400 | 6400  | 6400  | 6400  | 6400  | 6400  | 6400 |
| 7.KAT  | 6400 | 6400  | 6400  | 6400  | 6400  | 6400  | 6400 |

Tablo 39. KÜİ Bina 9 Aksı Gerekli Donatılar

| 9 – 9 Aksı Kolonları Gerekli Donatı Alanı (mm <sup>2</sup> ) |      |       |       |       |       |       |      |
|--|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
|  | A    | B     | C     | D     | E     | F     | G    |
| 1.KAT  | 8866 | 14306 | 12566 | 11458 | 11876 | 13640 | 8541 |
| 2.KAT  | 6400 | 6400  | 6400  | 6400  | 6400  | 6400  | 6400 |
| 3.KAT  | 6400 | 6400  | 6400  | 6400  | 6400  | 6400  | 6400 |
| 4.KAT  | 6400 | 6400  | 6400  | 6400  | 6400  | 6400  | 6400 |
| 5.KAT  | 6400 | 6400  | 6400  | 6400  | 6400  | 6400  | 6400 |
| 6.KAT  | 6400 | 6400  | 6400  | 6400  | 6400  | 6400  | 6400 |
| 7.KAT  | 6400 | 6400  | 6400  | 6400  | 6400  | 6400  | 6400 |

Tablo 40. KÜİ Bina 8 Aksı Gerekli Donatılar

| 8 – 8 Aksı Kolonları Gerekli Donatı Alanı (mm <sup>2</sup> ) |      |       |       |       |       |       |      |
|--|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
|  | A    | B     | C     | D     | E     | F     | G    |
| 1.KAT  | 8403 | 13447 | 11664 | 11344 | 11525 | 12668 | 7966 |
| 2.KAT  | 6400 | 6400  | 6400  | 6400  | 6400  | 6400  | 6400 |
| 3.KAT  | 6400 | 6400  | 6400  | 6400  | 6400  | 6400  | 6400 |
| 4.KAT  | 6400 | 6400  | 6400  | 6400  | 6400  | 6400  | 6400 |
| 5.KAT  | 6400 | 6400  | 6400  | 6400  | 6400  | 6400  | 6400 |
| 6.KAT  | 6400 | 6400  | 6400  | 6400  | 6400  | 6400  | 6400 |
| 7.KAT  | 6400 | 6400  | 6400  | 6400  | 6400  | 6400  | 6400 |

Tablo 41. KÜİ Bina 7 Aksı Gerekli Donatılar

| 7 – 7 Aksı Kolonları Gerekli Donatı Alanı (mm <sup>2</sup> ) |      |      |      |      |      |      |      |
|--|------|------|------|------|------|------|------|
|  | A    | B    | C    | D    | E    | F    | G    |
| 1.KAT  | 7165 | 8338 | 9211 | 8653 | 8906 | 9396 | 6400 |
| 2.KAT  | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 |
| 3.KAT  | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 |
| 4.KAT  | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 |
| 5.KAT  | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 |
| 6.KAT  | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 |
| 7.KAT  | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 |

Tablo 42. KÜİ Bina 6 Aksı Gerekli Donatılar

| 6 – 6 Aksı Kolonları Gerekli Donatı Alanı (mm <sup>2</sup> ) |   |      |      |      |      |      |      |
|--|---|------|------|------|------|------|------|
|  | A | B    | C    | D    | E    | F    | G    |
| 1.KAT  | - | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 |
| 2.KAT  | - | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 |
| 3.KAT  | - | -    | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | -    |
| 4.KAT  | - | -    | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | -    |
| 5.KAT  | - | -    | -    | -    | -    | -    | -    |
| 6.KAT  | - | -    | -    | -    | -    | -    | -    |
| 7.KAT  | - | -    | -    | -    | -    | -    | -    |

Tablo 43. KÜİ Bina 5 Aksı Gerekli Donatılar

| 5 – 5 Aksı Kolonları Gerekli Donatı Alanı (mm <sup>2</sup> ) |   |      |      |      |      |      |      |
|--|---|------|------|------|------|------|------|
|  | A | B    | C    | D    | E    | F    | G    |
| 1.KAT  | - | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 |
| 2.KAT  | - | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 |
| 3.KAT  | - | -    | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | -    |
| 4.KAT  | - | -    | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | -    |
| 5.KAT  | - | -    | -    | -    | -    | -    | -    |
| 6.KAT  | - | -    | -    | -    | -    | -    | -    |
| 7.KAT  | - | -    | -    | -    | -    | -    | -    |

Tablo 44. KÜİ Bina 4 Aksı Gerekli Donatılar

| 4 – 4 Aksı Kolonları Gerekli Donatı Alanı (mm <sup>2</sup> ) |   |      |      |      |      |      |      |
|--|---|------|------|------|------|------|------|
|  | A | B    | C    | D    | E    | F    | G    |
| 1.KAT  | - | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 |
| 2.KAT  | - | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 |
| 3.KAT  | - | -    | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | -    |
| 4.KAT  | - | -    | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | -    |
| 5.KAT  | - | -    | -    | -    | -    | -    | -    |
| 6.KAT  | - | -    | -    | -    | -    | -    | -    |
| 7.KAT  | - | -    | -    | -    | -    | -    | -    |

Tablo 45. KÜİ Bina 3 Aksı Gerekli Donatılar

| 3 – 3 Aksı Kolonları Gerekli Donatı Alanı (mm <sup>2</sup> ) |   |      |      |      |      |      |      |
|--|---|------|------|------|------|------|------|
|  | A | B    | C    | D    | E    | F    | G    |
| 1.KAT  | - | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 |
| 2.KAT  | - | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 |
| 3.KAT  | - | -    | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | -    |
| 4.KAT  | - | -    | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | -    |
| 5.KAT  | - | -    | -    | -    | -    | -    | -    |
| 6.KAT  | - | -    | -    | -    | -    | -    | -    |
| 7.KAT  | - | -    | -    | -    | -    | -    | -    |

Tablo 46. KÜİ Bina 2 Aksı Gerekli Donatılar

| 2 – 2 Aksı Kolonları Gerekli Donatı Alanı (mm <sup>2</sup> ) |   |      |      |      |      |      |      |
|--|---|------|------|------|------|------|------|
|  | A | B    | C    | D    | E    | F    | G    |
| 1.KAT  | - | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 |
| 2.KAT  | - | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 |
| 3.KAT  | - | -    | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | -    |
| 4.KAT  | - | -    | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | -    |
| 5.KAT  | - | -    | -    | -    | -    | -    | -    |
| 6.KAT  | - | -    | -    | -    | -    | -    | -    |
| 7.KAT  | - | -    | -    | -    | -    | -    | -    |

Tablo 47. KÜİ Bina 1 Aksı Gerekli Donatılar

| 1 – 1 Aksı Kolonları Gerekli Donatı Alanı (mm <sup>2</sup> ) |   |      |      |      |      |      |      |
|--|---|------|------|------|------|------|------|
|  | A | B    | C    | D    | E    | F    | G    |
| 1.KAT  | - | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 |
| 2.KAT  | - | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 |
| 3.KAT  | - | -    | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | -    |
| 4.KAT  | - | -    | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | -    |
| 5.KAT  | - | -    | -    | -    | -    | -    | -    |
| 6.KAT  | - | -    | -    | -    | -    | -    | -    |
| 7.KAT  | - | -    | -    | -    | -    | -    | -    |

Tablo 48. *KAI Bina 11 Aksı Gerekli Donatılar*

| 11 – 11 Aksı Kolonları Gerekli Donatı Alanı (mm <sup>2</sup> ) |      |      |      |      |      |      |      |
|--|------|------|------|------|------|------|------|
|  | A    | B    | C    | D    | E    | F    | G    |
| 1.KAT  | 7353 | 8192 | 7358 | 6502 | 6891 | 7779 | 7220 |
| 2.KAT  | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 |
| 3.KAT  | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 |
| 4.KAT  | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 |
| 5.KAT  | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 |
| 6.KAT  | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 |
| 7.KAT  | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 |

Tablo 49. *KAI Bina 10 Aksı Gerekli Donatılar*

| 10 – 10 Aksı Kolonları Gerekli Donatı Alanı (mm <sup>2</sup> ) |      |       |       |       |       |       |      |
|--|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
|  | A    | B     | C     | D     | E     | F     | G    |
| 1.KAT  | 9232 | 13671 | 11904 | 11110 | 12524 | 12979 | 8994 |
| 2.KAT  | 6400 | 6400  | 6400  | 6400  | 6400  | 6400  | 6400 |
| 3.KAT  | 6400 | 6400  | 6400  | 6400  | 6400  | 6400  | 6400 |
| 4.KAT  | 6400 | 6400  | 6400  | 6400  | 6400  | 6400  | 6400 |
| 5.KAT  | 6400 | 6400  | 6400  | 6400  | 6400  | 6400  | 6400 |
| 6.KAT  | 6400 | 6400  | 6400  | 6400  | 6400  | 6400  | 6400 |
| 7.KAT  | 6400 | 6400  | 6400  | 6400  | 6400  | 6400  | 6400 |

Tablo 50. *KAI Bina 9 Aksı Gerekli Donatılar*

| 9 – 9 Aksı Kolonları Gerekli Donatı Alanı (mm <sup>2</sup> ) |      |       |       |       |       |       |      |
|--|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
|  | A    | B     | C     | D     | E     | F     | G    |
| 1.KAT  | 8534 | 12510 | 11264 | 10646 | 10952 | 11720 | 8145 |
| 2.KAT  | 6400 | 6400  | 6400  | 6400  | 6400  | 6400  | 6400 |
| 3.KAT  | 6400 | 6400  | 6400  | 6400  | 6400  | 6400  | 6400 |
| 4.KAT  | 6400 | 6400  | 6400  | 6400  | 6400  | 6400  | 6400 |
| 5.KAT  | 6400 | 6400  | 6400  | 6400  | 6400  | 6400  | 6400 |
| 6.KAT  | 6400 | 6400  | 6400  | 6400  | 6400  | 6400  | 6400 |
| 7.KAT  | 6400 | 6400  | 6400  | 6400  | 6400  | 6400  | 6400 |

Tablo 51. *KAI Bina 8 Aksı Gerekli Donatılar*

| 8 – 8 Aksı Kolonları Gerekli Donatı Alanı (mm <sup>2</sup> ) |      |       |       |       |       |       |      |
|--|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
|  | A    | B     | C     | D     | E     | F     | G    |
| 1.KAT  | 8052 | 11665 | 10904 | 10516 | 10729 | 11290 | 7558 |
| 2.KAT  | 6400 | 6400  | 6400  | 6400  | 6400  | 6400  | 6400 |
| 3.KAT  | 6400 | 6400  | 6400  | 6400  | 6400  | 6400  | 6400 |
| 4.KAT  | 6400 | 6400  | 6400  | 6400  | 6400  | 6400  | 6400 |
| 5.KAT  | 6400 | 6400  | 6400  | 6400  | 6400  | 6400  | 6400 |
| 6.KAT  | 6400 | 6400  | 6400  | 6400  | 6400  | 6400  | 6400 |
| 7.KAT  | 6400 | 6400  | 6400  | 6400  | 6400  | 6400  | 6400 |

Tablo 52. *KAI Bina 7 Aksı Gerekli Donatılar*

| 7 – 7 Aksı Kolonları Gerekli Donatı Alanı (mm <sup>2</sup> ) |      |      |      |      |      |      |      |
|--|------|------|------|------|------|------|------|
|  | A    | B    | C    | D    | E    | F    | G    |
| 1.KAT  | 6400 | 7830 | 8474 | 7786 | 8068 | 8683 | 6400 |
| 2.KAT  | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 |
| 3.KAT  | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 |
| 4.KAT  | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 |
| 5.KAT  | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 |
| 6.KAT  | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 |
| 7.KAT  | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 |

Tablo 53. *KAI Bina 6 Aksı Gerekli Donatılar*

| 6 – 6 Aksı Kolonları Gerekli Donatı Alanı (mm <sup>2</sup> ) |   |      |      |      |      |      |      |
|--|---|------|------|------|------|------|------|
|  | A | B    | C    | D    | E    | F    | G    |
| 1.KAT  | - | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 |
| 2.KAT  | - | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 |
| 3.KAT  | - | -    | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | -    |
| 4.KAT  | - | -    | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | -    |
| 5.KAT  | - | -    | -    | -    | -    | -    | -    |
| 6.KAT  | - | -    | -    | -    | -    | -    | -    |
| 7.KAT  | - | -    | -    | -    | -    | -    | -    |



Tablo 54. *KAI Bina 5 Aksı Gerekli Donatılar*

| 5 – 5 Aksı Kolonları Gerekli Donatı Alanı (mm <sup>2</sup> ) |   |      |      |      |      |      |      |
|--|---|------|------|------|------|------|------|
|  | A | B    | C    | D    | E    | F    | G    |
| 1.KAT  | - | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 |
| 2.KAT  | - | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 |
| 3.KAT  | - | -    | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | -    |
| 4.KAT  | - | -    | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | -    |
| 5.KAT  | - | -    | -    | -    | -    | -    | -    |
| 6.KAT  | - | -    | -    | -    | -    | -    | -    |
| 7.KAT  | - | -    | -    | -    | -    | -    | -    |

Tablo 55. *KAI Bina 4 Aksı Gerekli Donatılar*

| 4 – 4 Aksı Kolonları Gerekli Donatı Alanı (mm <sup>2</sup> ) |   |      |      |      |      |      |      |
|--|---|------|------|------|------|------|------|
|  | A | B    | C    | D    | E    | F    | G    |
| 1.KAT  | - | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 |
| 2.KAT  | - | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 |
| 3.KAT  | - | -    | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | -    |
| 4.KAT  | - | -    | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | -    |
| 5.KAT  | - | -    | -    | -    | -    | -    | -    |
| 6.KAT  | - | -    | -    | -    | -    | -    | -    |
| 7.KAT  | - | -    | -    | -    | -    | -    | -    |

Tablo 56. *KAI Bina 3 Aksı Gerekli Donatılar*

| 3 – 3 Aksı Kolonları Gerekli Donatı Alanı (mm <sup>2</sup> ) |   |      |      |      |      |      |      |
|--|---|------|------|------|------|------|------|
|  | A | B    | C    | D    | E    | F    | G    |
| 1.KAT  | - | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 |
| 2.KAT  | - | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 |
| 3.KAT  | - | -    | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | -    |
| 4.KAT  | - | -    | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | -    |
| 5.KAT  | - | -    | -    | -    | -    | -    | -    |
| 6.KAT  | - | -    | -    | -    | -    | -    | -    |
| 7.KAT  | - | -    | -    | -    | -    | -    | -    |

Tablo 57. KAİ Bina 2 Aksı Gerekli Donatılar

| 2 – 2 Aksı Kolonları Gerekli Donatı Alanı (mm <sup>2</sup> ) |   |      |      |      |      |      |      |
|--|---|------|------|------|------|------|------|
|  | A | B    | C    | D    | E    | F    | G    |
| 1.KAT  | - | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 |
| 2.KAT  | - | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 |
| 3.KAT  | - | -    | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | -    |
| 4.KAT  | - | -    | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | -    |
| 5.KAT  | - | -    | -    | -    | -    | -    | -    |
| 6.KAT  | - | -    | -    | -    | -    | -    | -    |
| 7.KAT  | - | -    | -    | -    | -    | -    | -    |

Tablo 58. KAİ Bina 1 Aksı Gerekli Donatılar

| 1 – 1 Aksı Kolonları Gerekli Donatı Alanı (mm <sup>2</sup> ) |   |      |      |      |      |      |      |
|--|---|------|------|------|------|------|------|
|  | A | B    | C    | D    | E    | F    | G    |
| 1.KAT  | - | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 |
| 2.KAT  | - | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 |
| 3.KAT  | - | -    | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | -    |
| 4.KAT  | - | -    | 6400 | 6400 | 6400 | 6400 | -    |
| 5.KAT  | - | -    | -    | -    | -    | -    | -    |
| 6.KAT  | - | -    | -    | -    | -    | -    | -    |
| 7.KAT  | - | -    | -    | -    | -    | -    | -    |

KÜİ binada taban kesme kuvvetlerinin fazla olmasından ve periyodunun daha kısa olmasından dolayı 1. katın bina kolonlarındaki donatı oranları, KAİ binalara göre yaklaşık %5 oranında artmaktadır. Ancak bu fark binanın çok katlı bölümlerinde ve bu bölümlerin sadece zemin ve birinci katlarında meydana gelmektedir. Binanın üst katlarında kolon kesit tesirlerinin azalması ve birbirine yaklaşmasından dolayı minimum donatı oranları yeterli olmuştur.

Tablo 59. KÜİ Bina 11-11 Aksı Kirişleri Gerekli Donatılar

| 11 – 11 Aksı Kirişleri İçin Gerekli Donatı Alanı (mm <sup>2</sup> ) |                   |      |      |                   |      |      |                   |      |      |
|---|-------------------|------|------|-------------------|------|------|-------------------|------|------|
|   | A-B Aksı Kirişler |      |      | B-C Aksı Kirişler |      |      | C-D Aksı Kirişler |      |      |
| 7. KAT  | 824               | 268  | 766  | 979               | 317  | 982  | 977               | 319  | 988  |
|   | 540               | 750  | 503  | 639               | 750  | 641  | 638               | 750  | 645  |
| 6. KAT  | 1241              | 398  | 1077 | 1350              | 438  | 1372 | 1370              | 442  | 1385 |
|   | 750               | 750  | 702  | 750               | 750  | 750  | 750               | 750  | 750  |
| 5. KAT  | 1704              | 538  | 1571 | 1811              | 586  | 1834 | 1826              | 591  | 1847 |
|   | 821               | 750  | 759  | 928               | 750  | 913  | 935               | 750  | 931  |
| 4. KAT  | 2203              | 750  | 2084 | 2295              | 750  | 2326 | 2312              | 750  | 2337 |
|   | 1234              | 801  | 1185 | 1374              | 830  | 1366 | 1381              | 829  | 1383 |
| 3. KAT  | 2630              | 750  | 2541 | 2712              | 769  | 2741 | 2729              | 771  | 2754 |
|   | 1659              | 985  | 1573 | 1750              | 978  | 1751 | 1760              | 979  | 1766 |
| 2. KAT  | 2757              | 787  | 2727 | 2863              | 823  | 2901 | 2882              | 825  | 2908 |
|   | 1803              | 1039 | 1702 | 1895              | 1036 | 1893 | 1900              | 1034 | 1908 |
| 1. KAT  | 2097              | 750  | 2172 | 2171              | 750  | 2179 | 2168              | 750  | 2189 |
|   | 1367              | 914  | 1110 | 1241              | 770  | 1249 | 1252              | 776  | 1255 |

Tablo 60. KÜİ Bina 10-10 Aksı Kirişleri Gerekli Donatılar

| 10 – 10 Aksı Kirişleri İçin Gerekli Donatı Alanı (mm <sup>2</sup> ) |                   |      |      |                   |      |      |                   |      |      |
|---|-------------------|------|------|-------------------|------|------|-------------------|------|------|
|   | A-B Aksı Kirişler |      |      | B-C Aksı Kirişler |      |      | C-D Aksı Kirişler |      |      |
| 7. KAT  | 1253              | 432  | 1351 | 1339              | 433  | 1355 | 1335              | 430  | 1347 |
|   | 750               | 1177 | 750  | 750               | 1082 | 750  | 750               | 1085 | 750  |
| 6. KAT  | 1619              | 512  | 1487 | 1697              | 546  | 1732 | 1718              | 546  | 1730 |
|   | 781               | 1136 | 750  | 818               | 1083 | 834  | 827               | 1082 | 833  |
| 5. KAT  | 2042              | 637  | 1978 | 2144              | 674  | 2171 | 2158              | 674  | 2171 |
|   | 976               | 1148 | 946  | 1022              | 1083 | 1034 | 1028              | 1084 | 1034 |
| 4. KAT  | 2464              | 750  | 2445 | 2571              | 750  | 2598 | 2585              | 750  | 2598 |
|   | 1165              | 1150 | 1156 | 1212              | 1083 | 1224 | 1218              | 1084 | 1224 |
| 3. KAT  | 2811              | 750  | 2876 | 2943              | 750  | 2960 | 2952              | 750  | 2963 |
|   | 1357              | 1156 | 1345 | 1374              | 1083 | 1381 | 1377              | 1086 | 1382 |
| 2. KAT  | 2944              | 750  | 3120 | 3113              | 750  | 3140 | 3125              | 750  | 3136 |
|   | 2240              | 750  | 2637 | 2485              | 750  | 2456 | 2456              | 750  | 2468 |
| 1. KAT  | 2240              | 750  | 2637 | 2485              | 750  | 2456 | 2456              | 750  | 2468 |
|   | 1163              | 1201 | 1241 | 1174              | 1080 | 1161 | 1161              | 1093 | 1166 |

Tablo 61. *KAI Bina 11-11 Aksı Kirişleri Gerekli Donatılar*

| 11 – 11 Aksı Kirişleri İçin Gerekli Donatı Alanı (mm <sup>2</sup> ) |                   |      |      |                   |      |      |                   |      |      |
|---|-------------------|------|------|-------------------|------|------|-------------------|------|------|
|   | A-B Aksı Kirişler |      |      | B-C Aksı Kirişler |      |      | C-D Aksı Kirişler |      |      |
| 7. KAT  | 785               | 256  | 750  | 983               | 318  | 984  | 980               | 320  | 991  |
|   | 515               | 750  | 486  | 642               | 750  | 642  | 640               | 750  | 647  |
| 6. KAT  | 1184              | 380  | 1035 | 1343              | 436  | 1366 | 1367              | 441  | 1383 |
|   | 750               | 750  | 675  | 750               | 750  | 750  | 750               | 750  | 750  |
| 5. KAT  | 1629              | 516  | 1512 | 1792              | 578  | 1815 | 1811              | 584  | 1831 |
|   | 786               | 750  | 750  | 912               | 750  | 894  | 921               | 750  | 916  |
| 4. KAT  | 2129              | 729  | 2026 | 2283              | 750  | 2313 | 2304              | 750  | 2328 |
|   | 1180              | 779  | 1118 | 1364              | 826  | 1352 | 1374              | 825  | 1374 |
| 3. KAT  | 2640              | 750  | 2569 | 2791              | 797  | 2820 | 2810              | 799  | 2835 |
|   | 1684              | 995  | 1584 | 1822              | 1008 | 1820 | 1834              | 1008 | 1839 |
| 2. KAT  | 3337              | 993  | 3321 | 3051              | 1041 | 3544 | 3524              | 1042 | 3555 |
|   | 2346              | 1258 | 2219 | 2471              | 1258 | 2469 | 2480              | 1256 | 2488 |
| 1. KAT  | 4487              | 1416 | 4551 | 4517              | 1366 | 4544 | 4524              | 1362 | 4560 |
|   | 3570              | 1783 | 3197 | 3344              | 1574 | 3368 | 3367              | 1582 | 3380 |

Tablo 62. *KAI Bina 10-10 Aksı Kirişleri Gerekli Donatılar*

| 10 – 10 Aksı Kirişler İçin Gerekli Donatı Alanı (mm <sup>2</sup> ) |                   |      |      |                   |      |      |                   |      |      |
|--|-------------------|------|------|-------------------|------|------|-------------------|------|------|
|  | A-B Aksı Kirişler |      |      | B-C Aksı Kirişler |      |      | C-D Aksı Kirişler |      |      |
| 7. KAT   | 1253              | 432  | 1352 | 1340              | 433  | 1355 | 1335              | 430  | 1347 |
|  | 750               | 1177 | 750  | 750               | 1082 | 750  | 750               | 1085 | 750  |
| 6. KAT   | 1567              | 497  | 1438 | 1686              | 543  | 1721 | 1710              | 543  | 1722 |
|  | 757               | 1137 | 750  | 813               | 1083 | 829  | 824               | 1082 | 829  |
| 5. KAT   | 1973              | 617  | 1913 | 2120              | 668  | 2148 | 2137              | 668  | 2150 |
|  | 944               | 1149 | 917  | 1011              | 1082 | 1023 | 1019              | 1083 | 1025 |
| 4. KAT   | 2396              | 738  | 2379 | 2551              | 750  | 2579 | 2568              | 750  | 2582 |
|  | 1135              | 1150 | 1127 | 1203              | 1083 | 1215 | 1210              | 1084 | 1217 |
| 3. KAT   | 2839              | 750  | 2910 | 3029              | 750  | 3046 | 3039              | 750  | 3051 |
|  | 1384              | 1157 | 1359 | 1444              | 1083 | 1428 | 1446              | 1085 | 1442 |
| 2. KAT   | 3433              | 808  | 3593 | 3611              | 851  | 3640 | 3629              | 853  | 3641 |
|  | 1951              | 1289 | 1684 | 1945              | 1201 | 1926 | 1945              | 1198 | 1940 |
| 1. KAT   | 4970              | 1335 | 5413 | 5340              | 1389 | 5313 | 5311              | 1373 | 5321 |
|  | 3553              | 1960 | 3107 | 3397              | 1726 | 3405 | 3409              | 1738 | 3401 |

Verilen tablolarda da görüldüğü gibi KÜİ binalarda, zemin ve 1. kat kolonlarında %5 oranında donatı alanı artmasına rağmen, yapı genelinde kirişlerde yaklaşık %15 oranında donatı alanı azalmaktadır. Binada kirişlerin sayısının kolonlardan fazla ve daha uzun olması, binanın genelindeki kirişlerin donatılarının azalmasından dolayı KÜİ bina tasarımının daha ekonomik olmasını sağlamaktadır. Kirişler için gerekli donatı alanlarının bulunduğu şekiller EK-1’de verilmiştir.



## DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

### Sonuç, Tartışma ve Öneriler

Bu tez çalışmasında 7 katlı betonarme çerçeve sisteme sahip bir hastane binası sismik izolasyonlu olarak modellenmiştir. İzolasyon sistemi olarak YSKM kullanılmıştır. İzolatörler temel seviyesindeki kolonların alt ve üst ucuna yerleştirilerek binanın dinamik davranışı karşılaştırılmıştır. Ayrıca sismik izolasyonlu binalar sismik izolasyonsuz durumu ile de karşılaştırılmıştır. Yapılan analizler sonucunda aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

- İki farklı seviyede sismik izolasyonu yapılan binaların, sismik izolasyonsuz binaya göre periyotları yaklaşık olarak 3 kat artmıştır.
- KAİ binanın periyodu 2,45 sn. ve KÜİ binanın periyodu 2,33 sn olarak belirlenmiştir. KAİ binanın periyodu, KÜİ binanın periyoduna göre yaklaşık olarak %5 daha uzundur.
- KÜİ binanın toplam kat deplasmanları, KAİ binanın toplam deplasmanından yaklaşık olarak %5 oranında azalmıştır.
- KÜİ binanın görelî kat ötelenmeleri, KAİ binanın görelî kat ötelenmelerine göre yaklaşık olarak %10 oranında azalmıştır.
- Sismik izolasyonlu binaların taban kesme kuvvetleri sismik izolasyonsuz binaya göre yaklaşık %56 azalmıştır. KÜİ binadaki taban kesme kuvveti, KAİ binaya göre yaklaşık olarak %2 fazladır.
- KÜİ binada taban kesme kuvvetlerinin fazla olmasından dolayı 1. kattaki bina kolonlarındaki donatı oranları, KAİ binalara göre yaklaşık %5 oranında artmaktadır. Ancak üst seviyedeki kolonlarda önemli değişiklik göstermemektedir.
- KÜİ binalarda, alt kolonlarda donatı oranları bir miktar artmasına rağmen, bina genelinde kirişlerde yaklaşık %15 oranında donatı oranı azalmaktadır. Bina genelinde kirişlerde donatıların azalması KÜİ bina tasarımının daha ekonomik olacağını göstermektedir.

Çıkan bu sonuçlara göre çok katlı olarak yapılması planlanan izolatörlü binalarda izolatörlerin kolon üst seviyesine yerleştirilmesi bina maliyeti açısından daha ekonomik olacaktır.

düşünülmektedir. Bununla birlikte yeni yapılacak binalarda sismik izolatörlerin kolon üstüne yerleştirilmesi binanın konumuna göre sismik boşluk için yapılması gereken istinat duvarı, kazı maliyetleri gibi kalemleri azaltabilir. Ayrıca kolon alt ucuna yerleştirilen izolatörler binada çeşitli mimari ve kullanım zorluklarına neden olacaktır. Bunlar kapı, duvar gibi mimari detayların izolatörler ile çakışması, izolatör uygulamasının yapılacağı katın farklı amaçlar (otopark vb.) için kullanılamaması olarak gösterilebilir. Bu durum ancak gizli kat uygulaması ile çözülebilir. Ancak bu durum da olası sismik izolatör bakımları ve değişimlerinde zorluklara neden olmaktadır. Bunlarla birlikte sismik izolasyonlu olarak tasarlanmamış ancak sonradan sismik izolatörler ile güçlendirilmesi düşünülen binalarda analizler sonuçlarına göre belirli oranlarda taşıyıcı elemanlarda güçlendirmeye gerek duyulmaktadır. Bu tür binalara KÜİ tasarım gerçekleştirilmesi durumunda yapının genel olarak zemin ve 1 katlarında güçlendirilme yapılarak yapının mantolama maliyetleri ve işçilikler azaltılabilir.

## KAYNAKÇA

- Ahmadi, G. (1983). *Stochastic Earthquake Response of Structures on Sliding Foundation*, *International Journal of Engineering Science*, 21, 2, 93-102.
- Al-Ameeri, A. (2017). *Kurşun Çekirdekli Kauçuk İzolatörlü Çelik Binaların Deprem Analizi*. Yüksek Lisans Tezi, Gaziantep Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. (477715)
- Alemdağ, E. (2016). *A New Method To Increase Effectiveness of Base Isolation On Torsionally Unrestrained Structures*. Yüksek Lisans Tezi, ODTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü. (446454)
- Arguç, S. (2015). *Effects Of Lead Core Heating On The Superstructure Response Of Seismic Isolated Building*. Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. (414273)
- Ateş, Ş. (2004). *Sürtünmeli Sarkaç Sistemi İle Karayolu Köprülerinin Değişerek Yayılan Yer Hareketi İçin Stokastik Analizi*. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. (156067)
- Ateş, Ş., Dumanoglu, A. A., & Bayraktar, A., (2005). *Stochastic Responce of Seismically Isolated Highway Bridges With Friction Pendulum Systems to Spatially Varying Earthquake Ground Montions*, *Engineering Structures*, 27, 13, 1843-1858
- Ateş, Ş., & Dumanoglu, A. A. (2013). *Kauçuk Mesnetli Binaların Dinamik Analizi*, Beşinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, Mayıs 2003, İstanbul, Bildiri No:AT-048.
- Baki, S. (2015). *Betonarme Bir Binada Sismik İzolasyonlu ve İzolasyonsuz Çözümlerin Karşılaştırılması*. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. (397301)
- Bakkaloğlu, E. (2018). *Hastane Binalarında Sismik İzolasyon Sistemlerinin Kullanım Kararının Bina Üretim Sürecine Etkileri*. Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü. (512064)
- Baştuğ, B. (2004). *Yapı Sistemlerinde Depreme Karşı Sismik İzolatör Kullanılması*. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. (151659)
- Chen, Y., & Ahmadi, G., (1992). *Stochastic Earthquake Responce of Secondary Systems In Base-Isolated Structures*, *Eartquake Responce Engineering And Structural Dynamics*, 21, 12, 1039-1057
- Cicen, C. (2014). *Mevcut Bir Betonarme Kamu Binasının Performans Analizi ve Sismik İzolasyon İle Güçlendirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü. (374041)
- Computers and Structures Inc. (2019). *SAP2000: Static and Dynamic Finite Element Analysis of Structures*, Berkeley, CA, U.S.A.
- Constantinou, M. C., & Tadjbakhsh, I. G. (1984). *Responce of a Sliding Structure to Filtered Random Excitation*, *Journal of Structurak Engineering*, 12, 3, 401-418
- Constantinou, M. C., & Tadjbakhsh, I. G. (1985). *Hysteretic Dampers in Base Isolation: Random Approach*, *Journal of Structural Engineering*, 111, 4, 705-721.
- Constantinou, M. C., (1987). *A simplified Analaysis Procedure for Base-Isolated Structures on Flexible Foundation*, *Eartquake Engineering and Structural Dynamics*, 15, 963-983



- Demir, S. (2008). *Sismik İzolasyon Sistemleriyle Yapıların Tasarımı ve Mevcut Bir Yapıya Uygulanması*. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. (178262)
- Dinçer, E. (2013). *Temel İzolasyonlu Yapıların Dinamik Analizi*. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Fen Bilimleri Enstitüsü. (328471)
- Erişgen, G. (2010). *Deprem Geliş Açısının Sismik İzolasyonlu Binalara Etkisi*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü . (282587)
- Fitoz, H. (2012). *Responce Of Asymmetric Isolated Buildings Under Bi-Directional Excitations Of Near-Fault Ground Motions*. Yüksek Lisans Tezi, ODTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü. (305797)
- Garevski, M., Dumanoglu, A. A., & Severn, R. T., (1988). *Dynamic Characteristics and Seismic Behaviour of Jindo Bridge, South Korea Structural Engineering Review*,1, 141-149.
- Güler, E. (2013). *Sismik İzolasyonlu Binalardaki Doğrusal Olmayan Sıvı Viskoz Sönümleyicilerin Yakın Depremlere Karşı Etkinliği*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. (346556)
- Güzey, Ş. (2002). *Kauçuk Tabanlı Sismik İzolatörlerin Elastik Davranışlarının sayısal olarak incelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, ODTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü. (118958)
- Hoşbaş, A. (2006). *Çok Katlı Betonarme Yapının Sismik İzolatörlerle Modellenmesi ve Yapının Perdelerle Modellenmesi ve Yapının Perdelerle Güçlendirilmiş Durumu İle Karşılaştırılması*. Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü. (172161)
- Kalpakkı, V. (2013). *Seismic Isolation Of Foundations By Composite Liners*. Doktora Tezi, ODTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü. (343038)
- Karakurt, P. (2015). *Sismik İzolatörlü Binalarda Kat Adedi Etkisi*. Yüksek Lisans Tezi, Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. (411608)
- Koh, C. H., & Balendra, T. (1989). *Seismic Responce of Base Isolated Buildings Including P-Δ Effects of Isolation Bearings*, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 18,4, 461-473
- Kurtuluş, H. (2012). *Yüksek Sönümlü Kauçuk İzolatörlerin Rijitleşme Özelliğinin Sismik İzolasyonlu Binaların Deprem Davranışına Etkisi*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü . (325670)
- Kuvat, A. (2019). *Bitümlü Sönümleyici Geomatertallerin Tasarlanması ve Sismik İzolasyon Amaçlı Kullanabilirliklerinin Sayısal Olarak İncelenmesi*. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. (557842)
- Lee, D. M., & Medland, I. C. (1979). *Base Isolation Systems for Earthquake Protection of Multi-Storey Shear Structures*, Earthquake Engineering and Structural Dynamics,7, 555, 568.
- M.E.B. Mesleki Eğitim Geliştirme Projesi (2006). *Deprem İzolatör Sistemleri*, İnşaat Teknolojisi, Ankara
- Mostaghel, N. (1983). *Responce of Sliding Structures to Earthquake Support Motion*. *Journal of Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, Vol. 11, No. 6, pp. 729-748, 1983
- Mum, N. (2006). *Betonarme Köprülerde Sismik İzolasyon Etkisinin İncelenmesi ve Bir Uygulama Örneği*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Kültür Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. (237133)

- Öncü, S. (2011). *Puls Periyotlarının Sismik İzolasyonlu Binaların Performansına Etkisi*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. (305530)
- Saifullah, M. (2015). *Sismik İzolasyonlu Binalar İçin Yakın Fay Katsayılarının Gerekliliği ve Yeterliliği*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. (411495)
- Sevim E. (2016). *Sismik İzolatörlerin Bina Türü Yapıların Dinamik Davranışına Etkisi*. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. (457753)
- Soyluk, K. (1997), *Kablolu Köprülerin Stotastik Analizi*, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri. (66992)
- Soyluk, K. (2001), *Değişerek Yayılan Yer Hareketi Etkisindeki Kablolu Köprülerin Stokastik Analizi*. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. (106480)
- Cimilli S. (2001). *Elastomerik Pedler İle Sismik İzolasyon*. Yüksek Lisans Tezi, Boğaziçi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. (112117)
- TBDY 2018, *Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği*
- Tokuç, M. (2008). *Mevcut Betonarme Bir Okul Binasının Performansının Değerlendirilmesi ve Sismik İzolasyon Kullanılarak Güçlendirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü. (223944)
- Tolay, A. (2006). *Sismik İzolasyon Sistemlerinin Maliyet Analizi*. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. (182636)
- Toprak, T. (2012). *Burulma Düzensizliği Olan Yapılarda Sismik İzolasyon Kullanımının Deprem Yükleri Altındaki Davranışına Olan Etkisi*. İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü. (315270)
- UBC-97 ( Uniform Building Code 1997)
- Urgu, M. (2006). *Sismik İzolasyonlu Yapıların Tasarımı*. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü . (202439)
- (URL-1) <https://www.sanalsantiye.com/sismik-izolatorler/#.XhfYVVUzbiU>
- (URL-2) <http://www.dokaendustri.com.tr/>
- (URL-3)<https://www.trthaber.com/haber/turkiye/hastaneler-depreme-karsi-sismik-izolasyonla-korunuyor-430933.html>
- (URL-4) <https://www.slideshare.net/ErdalCoskun/sismik-izolasyon-ve-enerji-snmleyiciler>
- (URL-5) <http://structpedia.com/deprem-etkisini-azaltan-elastomerik-mesnetli-sistemler/>
- (URL-6) <https://muhendiscekmece.com/2018/09/sismik-izolator-sistemleri.html>
- (URL-7) <http://arfen.com.tr/>
- (URL-8)<https://www.anadoluraylisistemler.org/sismik-deprem-izolatorleri-hdrb-izolatorler-urun-1023>
- (URL-9) <https://www.linkyapi.com.tr/urun/sismik-izolatorler>
- Yavuz, E. (2008). *Sismik İzolasyon Tekniği ve Kullanılışına İlişkin Örnek Uygulama*. Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. (237436)
- Yiğit, S. (2019). *Mevcut Betonarme Yapıların Güçlendirilmesinde Sismik İzolasyon Kullanılması*. Yüksek Lisans Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. (595704)

- Yurdakul, M. (2011). *Üç Eğrilikli Sürtünmeli Sarkaç Mesnetli Yapıların Dinamik Davranışına Zemin Eğilebilirliğinin Etkisi*. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi. (276524)
- Yurdakul, M. (2016). *Üç Eğrilikli Sürtünmeli Sarkaç Mesnet Sistemi ile Sismik İzolasyonu Yapılan Karayolu Köprüsünün Değişerek Yayılan Yer Hareketi Altında Stokastik Analizi*. Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. (435047)
- Yücesoy, A. (2005). *Sismik İzolatörler İle Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı*. Yüksek Lisans Tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. (183930)



## EKLER

### Ek-1. 11- 11 Aksı Kolon Altı İzolatörlü Yapı Gerekli Donatı Alanı

|       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|       | 785,  | 256,  | 750,  |       | 983,  | 318,  | 984,  |       | 980,  | 320,  | 991,  |       | 980,  | 321,  | 992,  |       | 972,  | 321,  | 995,  |       | 750,  | 258,  | 792,  |       |
|       | 515,  | 750,  | 486,  |       | 642,  | 750,  | 642,  |       | 640,  | 750,  | 647,  |       | 640,  | 750,  | 647,  |       | 635,  | 750,  | 649,  |       | 478,  | 750,  | 519,  |       |
| 6400. |       |       |       | 6400. |       |       |       | 6400. |       |       |       | 6400. |       |       |       | 6400. |       |       |       | 6400. |       |       |       | 6400. |
|       | 1184, | 380,  | 1035, |       | 1343, | 436,  | 1366, |       | 1367, | 441,  | 1383, |       | 1367, | 441,  | 1383, |       | 1349, | 434,  | 1358, |       | 1018, | 383,  | 1192, |       |
|       | 750,  | 750,  | 675,  |       | 750,  | 750,  | 750,  |       | 750,  | 750,  | 750,  |       | 750,  | 750,  | 750,  |       | 750,  | 750,  | 750,  |       | 665,  | 750,  | 750,  |       |
| 6400. |       |       |       | 6400. |       |       |       | 6400. |       |       |       | 6400. |       |       |       | 6400. |       |       |       | 6400. |       |       |       | 6400. |
|       | 1629, | 516,  | 1512, |       | 1792, | 578,  | 1815, |       | 1811, | 584,  | 1831, |       | 1812, | 585,  | 1830, |       | 1794, | 581,  | 1810, |       | 1489, | 518,  | 1637, |       |
|       | 786,  | 750,  | 750,  |       | 912,  | 750,  | 894,  |       | 921,  | 750,  | 916,  |       | 921,  | 750,  | 916,  |       | 897,  | 750,  | 907,  |       | 750,  | 750,  | 790,  |       |
| 6400. |       |       |       | 6400. |       |       |       | 6400. |       |       |       | 6400. |       |       |       | 6400. |       |       |       | 6400. |       |       |       | 6400. |
|       | 2129, | 729,  | 2026, |       | 2283, | 750,  | 2313, |       | 2304, | 750,  | 2328, |       | 2305, | 750,  | 2326, |       | 2288, | 750,  | 2304, |       | 1989, | 722,  | 2128, |       |
|       | 1180, | 779,  | 1118, |       | 1364, | 826,  | 1352, |       | 1374, | 825,  | 1374, |       | 1375, | 824,  | 1373, |       | 1352, | 819,  | 1362, |       | 1103, | 765,  | 1159, |       |
| 6400. |       |       |       | 6400. |       |       |       | 6400. |       |       |       | 6400. |       |       |       | 6400. |       |       |       | 6400. |       |       |       | 6400. |
|       | 2640, | 750,  | 2569, |       | 2791, | 797,  | 2820, |       | 2810, | 799,  | 2835, |       | 2813, | 799,  | 2832, |       | 2795, | 798,  | 2811, |       | 2526, | 750,  | 2633, |       |
|       | 1684, | 995,  | 1584, |       | 1822, | 1008, | 1820, |       | 1834, | 1008, | 1839, |       | 1836, | 1007, | 1837, |       | 1815, | 1001, | 1823, |       | 1559, | 979,  | 1662, |       |
| 6400. |       |       |       | 6400. |       |       |       | 6400. |       |       |       | 6400. |       |       |       | 6400. |       |       |       | 6400. |       |       |       | 6400. |
|       | 3337, | 993,  | 3321, |       | 3501, | 1041, | 3544, |       | 3524, | 1042, | 3555, |       | 3530, | 1042, | 3550, |       | 3518, | 1041, | 3526, |       | 3274, | 984,  | 3333, |       |
|       | 2346, | 1258, | 2219, |       | 2471, | 1258, | 2469, |       | 2480, | 1256, | 2488, |       | 2483, | 1254, | 2486, |       | 2462, | 1252, | 2478, |       | 2191, | 1242, | 2328, |       |
| 6400. |       |       |       | 6400. |       |       |       | 6400. |       |       |       | 6400. |       |       |       | 6400. |       |       |       | 6400. |       |       |       | 6400. |
|       | 4487, | 1416, | 4551, |       | 4517, | 1366, | 4544, |       | 4524, | 1362, | 4560, |       | 4535, | 1361, | 4551, |       | 4520, | 1366, | 4547, |       | 4512, | 1408, | 4489, |       |
|       | 3570, | 1783, | 3197, |       | 3344, | 1574, | 3368, |       | 3367, | 1582, | 3380, |       | 3369, | 1578, | 3379, |       | 3359, | 1570, | 3359, |       | 3172, | 1770, | 3562, |       |
| 7353. |       |       |       | 6192. |       |       |       | 7358. |       |       |       | 6502. |       |       |       | 6891. |       |       |       | 7779. |       |       |       | 7220. |

## Ek-2. 11-11 Aksı Kolon Üstü İzolatörlü Yapı Gerekli Donatı Alanı

|                   |                   |                   |                   |                   |                   |
|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 824, 268, 766,    | 979, 317, 982,    | 977, 319, 988,    | 976, 319, 988,    | 970, 320, 990,    | 754, 270, 831,    |
| 540, 750, 503,    | 639, 750, 641,    | 638, 750, 645,    | 638, 750, 645,    | 634, 750, 646,    | 495, 750, 544,    |
| 6400.             | 6400.             | 6400.             | 6400.             | 6400.             | 6400.             |
| 1241, 398, 1077,  | 1350, 438, 1372,  | 1370, 442, 1385,  | 1370, 442, 1385,  | 1356, 436, 1365,  | 1061, 400, 1249,  |
| 750, 750, 702,    | 750, 750, 750,    | 750, 750, 750,    | 750, 750, 750,    | 750, 750, 750,    | 692, 750, 750,    |
| 6400.             | 6400.             | 6400.             | 6400.             | 6400.             | 6400.             |
| 1704, 538, 1571,  | 1811, 586, 1834,  | 1826, 591, 1847,  | 1827, 592, 1846,  | 1813, 589, 1829,  | 1548, 540, 1713,  |
| 821, 750, 759,    | 928, 750, 913,    | 935, 750, 931,    | 935, 750, 931,    | 916, 750, 924,    | 750, 750, 825,    |
| 6400.             | 6400.             | 6400.             | 6400.             | 6400.             | 6400.             |
| 2203, 750, 2084,  | 2295, 750, 2326,  | 2312, 750, 2337,  | 2314, 750, 2335,  | 2300, 750, 2317,  | 2046, 750, 2203,  |
| 1234, 801, 1185,  | 1374, 830, 1366,  | 1381, 829, 1383,  | 1382, 827, 1381,  | 1364, 822, 1372,  | 1169, 787, 1214,  |
| 6400.             | 6400.             | 6400.             | 6400.             | 6400.             | 6400.             |
| 2630, 750, 2541,  | 2712, 769, 2742,  | 2729, 771, 2754,  | 2731, 771, 2751,  | 2717, 769, 2734,  | 2498, 750, 2624,  |
| 1659, 985, 1573,  | 1750, 978, 1751,  | 1760, 979, 1766,  | 1762, 978, 1764,  | 1745, 972, 1752,  | 1549, 969, 1639,  |
| 6400.             | 6400.             | 6400.             | 6400.             | 6400.             | 6400.             |
| 2757, 787, 2727,  | 2863, 823, 2901,  | 2882, 825, 2908,  | 2886, 825, 2904,  | 2877, 823, 2884,  | 2685, 777, 2750,  |
| 1803, 1039, 1702, | 1895, 1036, 1893, | 1900, 1034, 1908, | 1902, 1032, 1906, | 1886, 1030, 1899, | 1676, 1025, 1784, |
| 6400.             | 6400.             | 6400.             | 6400.             | 6400.             | 6400.             |
| 2097, 750, 2172,  | 2171, 750, 2179,  | 2168, 750, 2189,  | 2174, 750, 2183,  | 2165, 750, 2188,  | 2141, 750, 2088,  |
| 1367, 914, 1110,  | 1241, 770, 1249,  | 1252, 776, 1255,  | 1251, 772, 1257,  | 1245, 768, 1248,  | 1089, 902, 1351,  |
| 8731.             | 10002.            | 9352.             | 8601.             | 9030.             | 9708.             |
|                   |                   |                   |                   |                   |                   |

### Ek-3. 10- 10 Aksı Kolon Altı İzolatörlü Yapı Gerekli Donatı Alanı

|                         |                   |                   |                   |                   |                         |
|-------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------------|
| 1253, 432, 1352,        | 1340, 433, 1355,  | 1335, 430, 1347,  | 1335, 430, 1347,  | 1343, 431, 1349,  | 1341, 428, 1265,        |
| 750, 1177, 750,         | 750, 1082, 750,   | 750, 1085, 750,   | 750, 1085, 750,   | 750, 1082, 750,   | 750, 1176, 750,         |
| 6400.                   | 6400.             | 6400.             | 6400.             | 6400.             | 6400.                   |
| 1567, 497, 1438,        | 1686, 543, 1721,  | 1710, 543, 1722,  | 1711, 543, 1722,  | 1709, 539, 1698,  | 1427, 500, 1577,        |
| 757, 1137, 750,         | 813, 1083, 829,   | 824, 1082, 829,   | 824, 1082, 829,   | 823, 1083, 818,   | 750, 1136, 762,         |
| 6400.                   | 6400.             | 6400.             | 6400.             | 6400.             | 6400.                   |
| 1973, 617, 1912,        | 2120, 668, 2148,  | 2137, 668, 2150,  | 2137, 668, 2150,  | 2135, 664, 2133,  | 1900, 620, 1984,        |
| 944, 1149, 917,         | 1011, 1082, 1023, | 1019, 1083, 1025, | 1019, 1083, 1024, | 1017, 1082, 1017, | 911, 1147, 949,         |
| 6400.                   | 6400.             | 6400.             | 6400.             | 6400.             | 6400.                   |
| 2396, 738, 2379,        | 2551, 750, 2579,  | 2568, 750, 2582,  | 2568, 750, 2581,  | 2565, 750, 2565,  | 2363, 741, 2405,        |
| 1135, 1150, 1127,       | 1203, 1083, 1215, | 1210, 1084, 1217, | 1211, 1084, 1216, | 1209, 1083, 1209, | 1120, 1149, 1139,       |
| 6400.                   | 6400.             | 6400.             | 6400.             | 6400.             | 6400.                   |
| 2839, 750, 2910,        | 3029, 750, 3046,  | 3039, 750, 3051,  | 3039, 750, 3051,  | 3033, 750, 3040,  | 2894, 750, 2845,        |
| 1384, 1157, 1359,       | 1444, 1083, 1428, | 1446, 1085, 1442, | 1446, 1085, 1442, | 1432, 1083, 1439, | 1353, 1156, 1377,       |
| 6400.                   | 6400.             | 6400.             | 6400.             | 6400.             | 6400.                   |
| 3433, 808, 3593,        | 3611, 851, 3640,  | 3629, 853, 3641,  | 3629, 853, 3640,  | 3628, 853, 3622,  | 3577, 808, 3439,        |
| 1951, 1289, 1684,       | 1945, 1201, 1926, | 1945, 1198, 1940, | 1944, 1197, 1940, | 1930, 1197, 1940, | 1684, 1284, 1943,       |
| 6400.                   | 6400.             | 6400.             | 6400.             | 6400.             | 6400.                   |
| 4970, 1335, 5413, (O/S) | 5340, 1389, 5313, | 5311, 1373, 5321, | 5316, 1372, 5316, | 5307, 1391, 5345, | 5407, (O/S) 1333, 4976, |
| 3553, 1960, 3107,       | 3397, 1726, 3405, | 3409, 1738, 3401, | 3405, 1736, 3405, | 3408, 1729, 3394, | 3109, 1957, 3547,       |
| 9232.                   | 13671.            | 11904.            | 11110.            | 11524.            | 12979.                  |
|                         |                   |                   |                   |                   |                         |

**Ek-4. 10- 10 Aksı Kolon Üstü İzolatörlü Yapı Gerekli Donatı Alanı**

|       |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
|-------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|       | 1253, 432, 1351,  | 1339, 433, 1355,  | 1335, 430, 1347,  | 1335, 430, 1347,  | 1343, 431, 1348,  | 1341, 428, 1265,  |
| 6400. | 750, 1177, 750,   | 750, 1082, 750,   | 750, 1085, 750,   | 750, 1085, 750,   | 750, 1082, 750,   | 750, 1176, 750,   |
| 6400. | 1619, 512, 1487,  | 1697, 546, 1732,  | 1718, 546, 1730,  | 1718, 546, 1730,  | 1720, 543, 1709,  | 1476, 515, 1628,  |
| 6400. | 781, 1136, 750,   | 818, 1083, 834,   | 827, 1082, 833,   | 827, 1082, 833,   | 828, 1083, 823,   | 750, 1135, 786,   |
| 6400. | 2042, 637, 1978,  | 2144, 674, 2171,  | 2158, 674, 2171,  | 2158, 674, 2171,  | 2158, 671, 2157,  | 1965, 640, 2052,  |
| 6400. | 976, 1148, 946,   | 1022, 1083, 1034, | 1028, 1084, 1034, | 1028, 1084, 1034, | 1028, 1083, 1027, | 941, 1147, 980,   |
| 6400. | 2464, 750, 2445,  | 2571, 750, 2598,  | 2585, 750, 2598,  | 2585, 750, 2598,  | 2585, 750, 2583,  | 2429, 750, 2472,  |
| 6400. | 1165, 1150, 1156, | 1212, 1083, 1224, | 1218, 1084, 1224, | 1218, 1084, 1224, | 1218, 1083, 1217, | 1149, 1148, 1168, |
| 6400. | 2811, 750, 2876,  | 2943, 750, 2960,  | 2952, 750, 2963,  | 2952, 750, 2963,  | 2949, 750, 2954,  | 2862, 750, 2817,  |
| 6400. | 1357, 1156, 1345, | 1374, 1083, 1381, | 1377, 1086, 1382, | 1377, 1086, 1382, | 1376, 1083, 1378, | 1339, 1155, 1349, |
| 6400. | 2944, 750, 3120,  | 3113, 750, 3140,  | 3125, 750, 3136,  | 3126, 750, 3135,  | 3129, 750, 3122,  | 3105, 750, 2948,  |
| 6400. | 1522, 1156, 1449, | 1522, 1085, 1504, | 1518, 1087, 1514, | 1517, 1087, 1514, | 1507, 1085, 1518, | 1443, 1155, 1515, |
| 6400. | 2240, 750, 2637,  | 2485, 750, 2456,  | 2456, 750, 2468,  | 2462, 750, 2461,  | 2449, 750, 2490,  | 2627, 750, 2241,  |
| 9472. | 1163, 1201, 1241, | 1174, 1080, 1161, | 1161, 1093, 1166, | 1164, 1093, 1163, | 1158, 1080, 1176, | 1237, 1201, 1157, |
|       | 15355.            | 13783.            | 12106.            | 13150.            | 14766.            | 9205.             |

## Ek-5. 9- 9 Aksı Kolon Altı İzolatörlü Yapı Gerekli Donatı Alanı

|                   |                   |                   |                   |                   |                   |
|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 1244, 433, 1354,  | 1325, 431, 1349,  | 1331, 428, 1340,  | 1331, 428, 1340,  | 1340, 428, 1334,  | 1347, 430, 1252,  |
| 750, 1176, 750,   | 750, 1078, 750,   | 750, 1081, 750,   | 750, 1081, 750,   | 750, 1078, 750,   | 750, 1175, 750,   |
| 6400.             | 6400.             | 6400.             | 6400.             | 6400.             | 6400.             |
| 1549, 492, 1429,  | 1653, 532, 1686,  | 1676, 532, 1684,  | 1676, 532, 1685,  | 1677, 530, 1661,  | 1422, 494, 1556,  |
| 750, 1137, 750,   | 797, 1083, 812,   | 808, 1082, 812,   | 808, 1082, 812,   | 808, 1083, 801,   | 750, 1136, 752,   |
| 6400.             | 6400.             | 6400.             | 6400.             | 6400.             | 6400.             |
| 1920, 602, 1867,  | 2052, 647, 2076,  | 2067, 647, 2076,  | 2068, 647, 2076,  | 2067, 644, 2060,  | 1861, 604, 1927,  |
| 920, 1148, 896,   | 980, 1081, 991,   | 987, 1081, 991,   | 987, 1081, 991,   | 987, 1080, 984,   | 893, 1147, 923,   |
| 6400.             | 6400.             | 6400.             | 6400.             | 6400.             | 6400.             |
| 2255, 698, 2250,  | 2400, 746, 2424,  | 2416, 746, 2425,  | 2416, 747, 2425,  | 2415, 744, 2409,  | 2243, 701, 2263,  |
| 1072, 1149, 1070, | 1136, 1080, 1147, | 1143, 1082, 1147, | 1143, 1082, 1147, | 1143, 1080, 1140, | 1066, 1148, 1075, |
| 6400.             | 6400.             | 6400.             | 6400.             | 6400.             | 6400.             |
| 2617, 750, 2701,  | 2798, 750, 2814,  | 2808, 750, 2817,  | 2808, 750, 2817,  | 2805, 750, 2808,  | 2694, 750, 2625,  |
| 1232, 1154, 1269, | 1311, 1078, 1318, | 1315, 1081, 1319, | 1315, 1081, 1319, | 1314, 1078, 1315, | 1266, 1153, 1236, |
| 6400.             | 6400.             | 6400.             | 6400.             | 6400.             | 6400.             |
| 3164, 750, 3336,  | 3333, 765, 3361,  | 3350, 766, 3359,  | 3349, 766, 3358,  | 3350, 766, 3340,  | 3326, 750, 3170,  |
| 1732, 1199, 1540, | 1720, 1109, 1700, | 1717, 1106, 1712, | 1716, 1105, 1712, | 1703, 1105, 1714, | 1536, 1195, 1727, |
| 6400.             | 6400.             | 6400.             | 6400.             | 6400.             | 6400.             |
| 4577, 1236, 5169, | 5065, 1284, 5022, | 5018, 1267, 5034, | 5025, 1266, 5025, | 5012, 1284, 5071, | 5163, 1235, 4582, |
| 3236, 1841, 2813, | 3087, 1613, 3095, | 3097, 1624, 3089, | 3092, 1622, 3092, | 3097, 1615, 3081, | 2814, 1838, 3230, |
| 8534.             | 12510.            | 11264.            | 10646.            | 10952.            | 11720.            |
|                   | 12510.            |                   |                   |                   |                   |



**Ek-6. 9 - 9 Aksı Kolon Altı İzolatörlü Yapı Gerekli Donatı Alanı**

|        |   |                   |                   |                   |                   |                   |
|--------|---|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|        | 1244, 433, 1355,  | 1325, 431, 1349,  | 1331, 428, 1340,  | 1331, 428, 1340,  | 1340, 428, 1334,  | 1347, 430, 1251,  |
| 6400.  | 750, 1175, 750,   | 750, 1078, 750,   | 750, 1081, 750,   | 750, 1081, 750,   | 750, 1078, 750,   | 750, 1175, 750,   |
| 6400.  | 1597, 506, 1476,  | 1665, 536, 1697,  | 1685, 535, 1693,  | 1685, 535, 1693,  | 1689, 533, 1673,  | 1469, 508, 1604,  |
| 6400.  | 771, 1136, 750,   | 803, 1083, 818,   | 812, 1082, 816,   | 812, 1082, 816,   | 814, 1083, 807,   | 750, 1136, 775,   |
| 6400.  | 1985, 621, 1931,  | 2076, 654, 2100,  | 2090, 653, 2098,  | 2090, 653, 2098,  | 2092, 652, 2084,  | 1924, 623, 1992,  |
| 6400.  | 950, 1147, 925,   | 991, 1081, 1002,  | 997, 1081, 1001,  | 997, 1081, 1001,  | 998, 1081, 995,   | 922, 1146, 953,   |
| 6400.  | 2318, 716, 2312,  | 2420, 750, 2444,  | 2433, 750, 2441,  | 2433, 750, 2441,  | 2435, 749, 2428,  | 2305, 718, 2325,  |
| 6400.  | 1100, 1148, 1097,   | 1145, 1080, 1156, | 1151, 1082, 1155, | 1151, 1082, 1155, | 1152, 1080, 1149, | 1094, 1147, 1103, |
| 6400.  | 2592, 750, 2672,  | 2722, 750, 2737,  | 2730, 750, 2738,  | 2730, 750, 2738,  | 2729, 750, 2730,  | 2666, 750, 2600,  |
| 6400.  | 1221, 1153, 1256,   | 1278, 1078, 1285, | 1281, 1081, 1285, | 1281, 1081, 1285, | 1281, 1078, 1282, | 1254, 1153, 1225, |
| 6400.  | 2729, 750, 2916,  | 2891, 750, 2917,  | 2903, 750, 2912,  | 2903, 750, 2911,  | 2908, 750, 2898,  | 2907, 750, 2735,  |
| 6400.  | 1348, 1152, 1362,   | 1351, 1079, 1363, | 1356, 1081, 1360, | 1357, 1081, 1360, | 1358, 1079, 1354, | 1358, 1151, 1344, |
| 6400.  | 2088, 750, 2494,  | 2333, 721, 2305,  | 2304, 716, 2316,  | 2309, 714, 2308,  | 2297, 722, 2337,  | 2486, 750, 2090,  |
| 88866. | 1039, 1194, 1178,   | 1107, 1068, 1094, | 1093, 1081, 1099, | 1096, 1081, 1095, | 1090, 1068, 1108, | 1174, 1193, 1033, |
|        | 14306.  |                   | 12566.            | 11458.            | 11876.            | 13640.            |
|        |  |                   |                   |                   |                   |                   |

## ÖZ GEÇMİŞ

Mehmet Burak YILDIZ, 1991 yılında Isparta'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Konya'da yaptı. 2011 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliğine başlayıp 2016'da buradan mezun oldu. 2017 yılında Bayburt Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimine başladı. 2016 yılında Hanecioğlu Mühendislik'de inşaat mühendisi olarak çalıştı. 2017 yılında Isparta Betaş Prefabrik'de proje mühendisi olarak görevine devam etmektedir.

