

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



TRABZON



KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünce

Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : / /

Tezin Savunma Tarihi : / /

Tez Danışmanı :

Trabzon

ÖNSÖZ

Bu çalışma, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

“Bitüm-Kum ve Genleştirilmiş Polistiren Bloklı Taban İzolasyonunun Orta Yükseklikteki Yapıların Sismik Performansına Etkisinin Nümerik Analizi” adlı tez çalışması için bana öneride bulunan, bilgi ve tecrübesini aynı zamanda maddi ve manevi desteğini esirgemeyen danışmanım Prof. Dr. Erol ŞADOĞLU'na tüm içtenliğimle teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmamın en başından beri tüm çalışma aşamalarımı takip eden, bilgi ve görüşlerini benimle paylaşan Arş. Gör. Ali Fuat GENÇ'e teşekkür ederim.

Desteklerini ve yardımlarını esirgemeyen Arş. Gör. Fezayıl SUNCA'ya, Arş. Gör. Ahmet KUVAT'a, Arş. Gör. Ali KAYA'ya, Arş. Gör. Zafer YILMAZ'a teşekkür ederim.

Akademik çalışmalarımnda bana destek olan çalışma arkadaşlarım İnş. Müh. Mustafa YILMAZ'a, İnş. Müh. Kardelen PEPENOĞLU'na, İnş. Müh. Kerem Can ENGİN'e, Elk. Müh. Miraç ÖZTÜRK'e, İç Mim. Hilal ÖZTÜRK'e, İç Mim. Neslişah KILIÇBAY'a teşekkür ederim.

Hayatım boyunca benden tüm desteklerini esirgemeyen ve yanımda olan babam Ziya YILMAZ'a, annem Emine YILMAZ'a, kardeşlerim Aleyna YILMAZ ve Göksu GÜL'e teşekkür eder ve çalışmamın, yeni çalışmalara öncülük etmesini ve ülkemize faydalı olmasını temenni ederim.

Mert Ahmet YILMAZ

Trabzon 2022

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “BİTÜM-KUM VE GENLEŞTİRİLMİŞ POLİSTİREN BLOKLU TABAN İZOLASYONUNUN ORTA YÜKSEKLİKTEKİ YAPILARIN SİSMİK PERFORMASINA ETKİSİNİN NÜMERİK ANALİZİ” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. Erol ŞADOĞLU’nun sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 21 / 06 / 2022

Mert Ahmet YILMAZ

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ	IV
İÇİNDEKİLER	V
ÖZET	VII
SUMMARY	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ	IX
TABLolar DİZİNİ	XI
SEMBOLLER DİZİNİ	XII
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Giriş	1
1.2. Konuyla İlgili Daha Önce Yapılmış Çalışmalar	1
1.3. Tezin Amacı ve İçeriği	4
1.4. Sismik Taban İzolasyonları	5
1.4.1. Sismik İzolatörlerin Temel Özellikleri	6
1.4.2. Sismik İzolatörlerin Amacı	8
1.4.3. Sismik İzolasyon Sistemlerinin Temel Fonksiyonları	9
1.5. Sismik Taban İzolasyon Türleri ve Sistemleri	11
1.5.1. Kurşun Çekirdekli Mesnetler	12
1.5.2. Yüksek Sönümlü Kauçuk Mesnetler	13
1.5.3. Sürtünmeli Sarkaç Mesnetler	14
1.5.4. Düşük Sönümlü Kauçuk Mesnetler	15
1.5.5. Diğer Taban İzolasyon Sistemleri	16
1.6. Sismik Taban İzolatörlü Sistemlerin Avantajları ve Dezavantajları	16
1.6.1. Sismik Taban İzolatörlü Sistemlerin Avantajları	16
1.6.2. Sismik Taban İzolatörlü Sistemlerin Dezavantajları	19
1.7. Sismik Taban İzolasyonlu Sistemlerin Kullanım Alanları	19
1.8. Geoteknik Sismik İzolasyon	20
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR	22
2.1. Yapı Modelinin Belirlenmesi ve Analiz Programına Aktarılması	22
2.1.1. Betonarme Çerçeve Sistem	22

2.1.2. Autocad Modelinin ANSYS’e Aktarılması.....	22
2.2. Sonlu Elemanlar ve Ansys Kullanımı.....	30
2.3. Kullanılan Malzemeler ve Özellikleri.....	32
2.4. Modal Analiz.....	33
2.5. Rayleigh Sönüm Katsayısının Hesabı.....	40
2.5.1. Model-1 ait Rayleigh Sönüm Katsayılarının Bulunması.....	41
2.5.2. Model-2 ait Rayleigh Sönüm Katsayılarının Bulunması.....	42
2.5.3. Model-3 ait Rayleigh Sönüm Katsayılarının Bulunması.....	43
2.5.4. Model-4 ait Rayleigh Sönüm Katsayılarının Bulunması.....	44
3. BULGULAR	46
3.1. Yapıda Oluşan Yer Değiştirmeler	46
3.2. Yapıda Oluşan İvme Değerleri	52
3.3. Katlar Arası Rölatif Yer Değiştirme	55
4. SONUÇ	59
5. KAYNAKLAR	61
ÖZGEÇMİŞ	

Yüksek Lisans Tezi

ÖZET

BİTÜM-KUM VE GENLEŞTİRİLMİŞ POLİSTİREN BLOKLU TABAN İZOLASYONUNUN ORTA YÜKSEKLİKTEKİ YAPILARIN SİSMİK PERFORMASINA ETKİSİNİN NÜMERİK ANALİZİ

Mert Ahmet YILMAZ

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Erol ŞADOĞLU
2022, 62 Sayfa

Sismik izolasyon sistemleri, depremde oluşan etkileri azaltmaya yarayan sistemlerdir. Teknolojinin gelişmesiyle birlikte izolasyon sistemlerinin kullanımı da gün geçtikçe artmaktadır. Fakat klasik izolasyon sistemleri oldukça yüksek maliyetli sistemlerdir. Bu sebeple, klasik izolasyon sistemlerine alternatif yeni sismik izolasyon yaklaşımları ortaya çıkmaktadır. Bu tez kapsamında, bitüm-kum karışımı ve yüksek dayanımlı köpük (EPS) malzemesinin birlikte kullanılmasıyla oluşan sismik izolasyon sisteminin, 4 katlı bir yapının sismik performansına etkisi incelenmiştir. Analizler sonucunda, kullanılan izolasyon sisteminin yer değiştirmeler, ivme ve rölatif yer değiştirmelere bakılarak yeterli performans göstermediği sonucu ortaya koyulmuştur. Bu izolasyon sisteminin daha yüksek katlı yapılarda kullanılmasının ve çoklu analizlerin sonucunda değerlendirilmesinin daha doğru olacağı belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Sismik İzolasyon, Yüksek Dayanımlı Köpük, Deprem, İvme, Rölatif Yer Değiştirme

Master Thesis

SUMMARY

NUMERICAL ANALYSIS OF THE EFFECTS OF BASE ISOLATION WITH BITUMEN-SAND AND EPS BLOCKS ON SEISMIC PERFORMANCE OF MID RISE BUILDINGS

Mert Ahmet YILMAZ

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Civil Engineering Graduate Program
Supervisor: Prof. Dr. Erol ŞADOĞLU
2022, 62 Pages

Seismic isolation systems are utilized to reduce the earthquake effect. Recent advancements in technology caused an increase in the employment of these systems. However, classic isolation systems are expensive. Therefore, many alternatives to the classic seismic isolation systems have been developed. In this thesis, the effect of using a combination of the bitumen-sand mixture and high-strength foam known as EPS on the seismic performance of 4 story structure is examined. Displacement, acceleration and relative displacement results of the isolation system are studied, and the performance of the presented combination is found ineffective. It is suggested to avoid using this system in high-rise structures and perform multiple analyses for better assessment.

Key Words: Seismic Isolation, Expanded Polystyrene, Earthquake, Acceleration, Relative, Displacement

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Düşey yük aktarımı.....	10
Şekil 1.2. Yatayda yer değiştirme ve merkezlenme.....	10
Şekil 1.3. Yer değiştirme ile birlikte izolatörler ile sönümlleme	11
Şekil 1.4. Kurşun çekirdekli mesnet (URL-1, 2021)	12
Şekil 1.5. Yüksek sönümlü kauçuk mesnetler (URL-2, 2021).....	13
Şekil 1.6. Sürtünmeli Sarkaç Mesnetler (URL-3, 2021).....	14
Şekil 1.7. Düşük Sönümlü Kauçuk Mesnetler (URL-4, 2021)	15
Şekil 1.8. Sismik izolatörlü yapıdaki kat ötelemelerinin farkı (D.İ.S.,2011)	18
Şekil 1.9. Burulma halinin yapı davranışına etkisi (Kurt,2009).....	18
Şekil 1.10. Yapısal ve geoteknik sismik izolasyonun sınıflandırılması (Tsang2012).....	21
Şekil 2.1. Betonarme çerçeve sistem modeli	23
Şekil 2.2. Model-1 plan kesit ölçüleri.....	23
Şekil 2.3. Model-1 A-A kesiti ölçüler	24
Şekil 2.4. Model-1 B-B kesiti ölçüler.....	24
Şekil 2.5. Betonarme çerçeve sisteme izolatör eklenmiş model	25
Şekil 2.6. Betonarme çerçeve sisteme izolatör ve köpük eklenmiş model	26
Şekil 2.7. Betonarme çerçeve sisteme izolatör ve kısmi köpük eklenmiş model	27
Şekil 2.8. ANSYS referans model.....	28
Şekil 2.9. ANSYS geoteknik sismik izolasyon ilaveli model	28
Şekil 2.10. ANSYS geoteknik sismik izolasyon ve yüksek sönümlü köpük ilaveli model. 29	
Şekil 2.11. ANSYS geoteknik sismik izolasyon ve yüksek sönümlü kısmi köpük ilaveli model.....	29
Şekil 2.12. Bir boyutlu sonlu eleman.....	30
Şekil 2.13. İki boyutlu üçgen sonlu eleman	30
Şekil 2.14. İki boyutlu dörtgen sonlu elemanlar.....	31
Şekil 2.15. 20 düğümlü SOLİD 186 modeli	31
Şekil 2.16. Mesh yapılmış model	32
Şekil 2.17. Model-1 mod 1.....	34
Şekil 2.18. Model-1 mod 2	35
Şekil 2.19. Model-1 mod 3.....	35
Şekil 2.20. Model-2 mod 1.....	36
Şekil 2.21. Model-2 mod 2	36

Şekil 2.22. Model-2 mod 3.....	37
Şekil 2.23. Model-3 mod 1.....	37
Şekil 2.24. Model-3 mod 2.....	38
Şekil 2.25. Model-3 mod 3.....	38
Şekil 2.26. Model-4 mod 1.....	39
Şekil 2.27. Model-4 mod 2.....	39
Şekil 2.28. Model-4 mod 3.....	40
Şekil 2.29. Erzincan depremine ait ivme-zaman grafiği	45
Şekil 3.1. Model-1'e ait katlarda oluşan yer değiştirme farkları.....	46
Şekil 3.2. Model-1 dördüncü kata ait zamana bağlı yer değiştirme grafiği.....	47
Şekil 3.3. Model-2'e ait katlarda oluşan yer değiştirme farkları.....	48
Şekil 3.4. Model-2 dördüncü kata ait zamana bağlı yer değiştirme grafiği.....	48
Şekil 3.5. Model-3'e ait katlarda oluşan yer değiştirme farkları.....	49
Şekil 3.6. Model-3 dördüncü kata ait zamana bağlı yer değiştirme grafiği.....	50
Şekil 3.7. Model-4'e ait katlarda oluşan yer değiştirme farkları.....	51
Şekil 3.8. Model-4 dördüncü kata ait zamana bağlı yer değiştirme grafiği.....	51
Şekil 3.9. Model-1 bina tepe noktasına ait zamana bağlı ivme kaydı	52
Şekil 3.10. Model-2 bina tepe noktasına ait zamana bağlı ivme kaydı	53
Şekil 3.11. Model-3 bina tepe noktasına ait zamana bağlı ivme kaydı	53
Şekil 3.12. Model-4 bina tepe noktasına ait zamana bağlı ivme kaydı	54
Şekil 3.13. Model-1'e ait rölatif yer değiştirme oranları.....	55
Şekil 3.14. Model-2'e ait rölatif yer değiştirme oranları.....	56
Şekil 3.15. Model-3'e ait rölatif yer değiştirme oranları.....	56
Şekil 3.16. Model-4'e ait Rölatif Yer Değiştirme Oranları	57
Şekil 3.17. 4 Modele ait Rölatif Yer Değiştirme Oranları	57

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 2.1. Malzeme Özellikleri	33
Tablo 2.2. Multilineer İzolatör Malzemesi Gerilme-Şekil Değişirme Değerleri	33
Tablo.2.3. Model-1'e ait mod değerleri	41
Tablo.2.4. Model-2'e ait mod değerleri	42
Tablo.2.5. Model-3'e ait mod değerleri	43
Tablo.2.6. Model-4'e ait mod değerleri	44
Tablo 3.1. Model-1'e ait katlarda oluşan maksimum yer değiştirmeler	46
Tablo 3.2. Model-2'e ait katlarda oluşan maksimum yer değiştirmeler	47
Tablo 3.3. Model-3'e ait katlarda oluşan maksimum yer değiştirmeler	49
Tablo 3.4. Model-4'e ait katlarda oluşan maksimum yer değiştirmeler	50
Tablo 3.5. Tüm modellere ait yer değiştirme ve ivme değerleri	55

SEMBOLLER DİZİNİ

E	Elastisite Modülü
N	Newton
V	Poisson Oranı
ρ	Yoğunluk
α	Alfa Sönüm Katsayısı
β	Beta Sönüm Katsayısı
ζ	Sönüm Oranı
w	Açısal Hız
f	Frekans
π	Pi Sayısı

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Her geçen gün ülkemizde yeni depremler meydana gelmektedir. Bu depremlerle hasar gören binaların sayısı artmaktadır. Ülkemizin bulunduğu konum itibariyle deprem açısından aktif bir alanda yer aldığı göz önünde bulundurulursa, yapılan binalarda bu tehlide karşı önlem alınması gerekmektedir. Can ve mal kaybının önüne geçilmesi için teknolojik çalışmalar ilerledikçe yeni önlemler alınmaktadır. Günümüzde önemli yapı tiplerinde kullanımı yaygın olan izolatör sistemleri de bu önlemler arasındadır.

İzolatör sistemleri yapının istenilen performansı karşılayabilmesi için yapı tipine bağlı olarak kendi içerisinde de farklılık göstermektedir. Altyapı mühendisliğinin bir anabilim dalı olan geoteknik alanı da izolatör sistemlerinin henüz yapıya ulaşmadan yapı temelinde çözülmesini amaçlayan çalışmalar yapmaktadır. Geoteknik sismik izolasyonun asıl amacı yapıda istenmeyen yıkıcı ivme ve yer değiştirmeleri azaltmaktır.

Çalışmalar sonucunda geliştirilen bazı izolatör sistemleri yapılar için belli tehditleri ortadan kaldırılabile bile yapıda istenmeyen sonuçlar ortaya koyabilmektedir. Bu eksiklikleri ortadan kaldırmak için izolatör sistemlerinin yapıda kullanıma ilave olarak yeni malzeme arayışı doğmaktadır.

Bu çalışmada daha önceden testleri yapılmış bir izolatör malzemesinin farklı şekillerde kullanımı ve bu kullanımlara ilave olarak yüksek dayanımlı köpük ile birlikte ortak olarak nasıl bir etki ortaya koyduğu incelenmiştir. Aynı zamanda yapılan çalışmadan ortaya çıkabilecek yeni sorunlar hakkında da fikir ortaya koyulmuştur.

1.2. Konuyla İlgili Daha Önce Yapılmış Çalışmalar

Öztürk (2007), çalışmasında yapısal kontrol sistemlerini genel olarak değerlendirmiş, belirlemiş olduğu sismik izolatör sistemlerini tanıtmıştır. Bunların haricinde betonarme bir yapıya kurşun çekirdekli kauçuk izolatör sistemi uygulamıştır. İzolatör sistemlerini modifiye etmiş ve ankastre temelli yapı kriterlerine göre performans değerlendirmesi yapmıştır (Öztürk, 2007).

Polat (2007), bu çalışmada; perde ve çerçevelerden oluşmuş ve sadece çerçeveden oluşan taban izolasyonlu yapıların geniş kapsamlı analizlerini yapmış ve bu sonuçları değerlendirmiştir. İlk olarak iki sistemde de eşdeğer deprem yükünü kullanmış bunu da ETABS programı yardımıyla uygulamıştır. Daha sonra Zaman Tanım Alanı Yöntemi kullanarak yine ETABS programı yardımıyla analiz ve değerlendirmeler yapmıştır. Zaman tanım alanında çözüm yapıldığında yapıda oluşan yüklemeler daha elverişsiz bir hal almıştır. Yapıda kullanılan izolatör türü olarak DIS B belirlenmiş ve uygulanmıştır. Analiz sonuçlarında yapıların periyotlar artarak ivmelerinde azalmalar meydana geldiği tespit edilmiştir. Buna bağlı olan taban kesme kuvvetlerinde de belirgin bir azalma olduğu not edilmiştir. Sonuç olarak taban izolatörlü olarak modellenip çözümlenen yapıların, klasik olarak modellenip analiz yapılan yapılara oranla depreme karşı daha güvenli ve emniyetli sonuçlar aldığı görülmüştür. Her iki yapı sistemi içinde taban izolatörünün kullanımının uygun olduğu da bu çalışmada değerlendirilmiştir (Polat, 2007).

Waheb (2018), çalışmasında var olan deprem sorunları çözmek veya gelecekte bu tarz durumlara çözüm olabilmek için yapılan çalışmada en etkin depreme dayanıklı kontrol sistemleri ele alınmış ve sismik taban izolasyon sistemleri ile izole edilmiştir. 5, 10 ve 15 katlı binaların kütle sönümleyiciler ile farklı davranışları incelenmiştir. Çalışmanın yapılış amacı insanların hayatlarını ve değerli eşyalarını daha dayanıklı yapılar yaparak veya mevcut yapıları güçlendirerek daha dayanıklı yapıların oluşumuna katkıda bulunmaktır. Tek ayarlı kütle sönümleyici (STMD), çoklu ayarlı kütle sönümleyici (MTMD) ve dağıtılmış çoklu ayarlı kütle sönümleyiciler(d-MTMD) ile donatılmış taban izolasyonlu binaların gerçek deprem yer hareketi altındaki sismik davranışları incelenmiştir. 5,10 ve 15 katlı taban izolasyonlu binaların analitik modelleri kullanılarak sayısal çalışma yapılmıştır. Binalar, her kat seviyesinde yanal serbestlik derecesine sahip kesme tipi yapı olarak modellenmiştir ve binalar lamine kauçuk mesnetler (LRB), kurşun kauçuk mesnet(NZ), sürtünmeli sarkaç mesnet(FPS) ve esnek sürtünmeli taban izolatörü ile izole edilmiştir. Eşit kütle oranına sahip bir hibrit sistemde izolatörlerin periyotlarının artmasıyla kütle sönümleyicilerin etkinliğinin azaldığı bulunmuştur. Kütle sönümleyicinin kat yüksekliği arttıkça yerleşiminin önemli olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca çoklu ayarlı kütle sönümleyiciler ve dağıtılmış çoklu ayarlı kütle sönümleyicilerin kurulumunun tek ayarlı kütle sönümleyiciye kıyasla en üst kat ivmesini azaltmada önemli ölçüde faydalı olduğu gözlemlenmiştir (Waheb,2018).

Çetinöz (2018), çalışmasında bitişik binaların deprem etkisiyle birbirine çarpması sonucu oluşabilecek etkilerin taban izolatörü kullanılarak ne kadar değişim gösterdiğini

incelemiştir. Farklı kat sayısındaki yapıların toplanmış kütle modelleri kapsamında çalışma yapmıştır. Deprem analizi olarak Zaman Tanım Alanlı analizler izolatörlü ve izolatörsüz olarak farklı farklı incelenmiştir. Bu modelleme ve inceleme için SAP2000 programında gerçekte var olan üç adet bitişik bina tekrardan modellenip analizler yapılmıştır. Yapının inşa edilmiş halinde izolatör olmaması nedeniyle o hali ile analize tabi tutulmuş daha sonra da uygun olan taban izolatör sistemi belirlenerek yapıya yerleştirilmiş ve yapıya sismik hareketler etki ettirilerek çarpışma durumları incelenmiştir. Binalar arasında oluşan çarpma kuvvetleri doğrusal olmayan elastik yay modeli (Hertz Modeli) varsayılarak hesaplamalar yapılmıştır. Bu çalışmalar sonucunda bitişik binalar arasında deprem etkisi ile oluşan çarpışmalar sismik izolatörler parametreleri değiştirilerek değerlendirilmiştir. İzolatörler yapının periyotlarına etkide bulunduğu için, çarpışmaların minimum düzeye gelmesi için gerekli olanın üst yapı periyotlarının birbirine yaklaştırılması sonucunda olduğu tespit edilmiştir (Çetinöz, 2018).

Kurt (2019), ortaya koyduğu çalışmada yapıların depreme karşı olan dayanımının geleneksel ilkelerinden bahsetmiş ve aktif olarak en yaygın kullanılan sismik izolatör yöntemlerini örneklemiş ve bu yapılardan bahsetmiştir. Sismik izolatör sistemlerinin hesap ve tasarım ilkelerini Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018'e uygun olarak yapıp analiz edilmiştir. Sürtünmeli sarkaç mesnetli ve ankastre mesnetli izolatör sistemlerini bir hastane binasında ETABS programında sonlu eleman yöntemiyle incelemiştir. İki farklı sistem halinde modellenene yapıya Zaman Tanım Alanında deprem etkisi etki ettirilmiştir. Toplamda 11 adet deprem kaydının etkisi incelemiştir. Bu çalışmalar doğrultusunda yapıdaki yer değiştirme ve kesit etkilerini elde etmiştir. Bununla birlikte taban kesme kuvvetleri, kat ivmeleri, rölatif kat ötelemeleri ve kesit tesirleri iki farklı sisteme sahip aynı yapı için değerlendirilmiş ve bunların sonucunda ise sismik izolatör sistemlerinin deprem üzerindeki sönümleme etkisi ortaya koyulmuştur (Kurt, 2019).

Kuvat (2019), yapmış olduğu çalışmada depremden meydana gelen enerjiyi temel sisteminin altında kullanılabilecek yüksek sönümleme özelliğine sahip bitümlü geomataryeller ile çözümlemeyi amaçlamıştır. Bu amaç doğrultusunda farklı penetrasyon değerlerine sahip bitüm malzemelere farklı miktarlarda kullanılmış olup bitüm-kum karışımlarını meydana getirilmiş, oluşan bu karışımların kayma modülü ve sönüm oranı gibi özellikleri, üç eksenli kesme ve çevrimsel basit kesme deneyleri yardımıyla belirlenmiştir. En yüksek sönüm oranının bulunduğu karışıma kum ağırlığının belli miktarlarında öğütülmüş araç lastiği eklenerek var olan sönüm oranını arttırmayı hedeflemiştir. Bu

malzemeni sismik davranışa etkisi ise ANSYS programı yardımıyla sonlu elemanlar methodu ile incelenmiştir. Çalışmada yapının kat sayısı, kullanılan geomataryelin boyutlarının ve deprem ivmelerinin yapının sismik davranışına olan etkisini incelemiştir. Deneyler ve çalışmalar sonucunda sönüm miktarı %10 olarak 160/220 penetrasyon değerine sahip bitüm karışımında belirlenmiştir. Karışıma eklenen öğütülmüş araç lastiği miktarına bağlı olarak sönüm oranının arttığı ve aynı zamanda da kayma modülünün azaldığı tespit edilmiştir. Yapılan analizler sonucunda çatı seviyesinde oluşan ivmelerin %65 miktarında azaldığı hesaplanmıştır. Sonuç olarak ortaya koyulan karışımın GSİ sistemlerinde etkin bir biçimde kullanılabileceği bu çalışma ile ortaya koyulmuştur (Kuvat, 2019).

Zardari (2020), yılında yapmış olduğu çalışmada geoteknik sismik izolasyon sistemlerinin, geleneksel sismik izolasyon yöntemlerine göre ucuz ve temel yöntemlerle uygulanabildiğini ortaya koymuş ve orta yükseklikteki binalar için kullanılabilir olduğunu öne sürmüştür. Çalışmanın asıl amacı daha düşük maliyetli sönümleme etkisi olan malzemeler tespit etmek ve değerlendirmelerini yapmaktır. Bu sebeple SBS polimer ve karbon liflerle karıştırılmış bitüm bir karışım hazırlanmıştır. Oluşturulan malzemenin izolatör malzemesi olarak kullanılmasını sağlamak için dinamik özelliklerini test etmek amacıyla basit kesme deneyi altında malzeme incelenmiştir. Malzemenin sismik izolatör olarak kullanılması sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak değerlendirilmiştir. Sismik izolatör malzemesinin kullanımı sonucunda yapıda en üst noktada oluşan tepki ivmelerinin yaklaşık olarak %75 oranda azaldığı görülmüştür. Yapıda oluşan maksimum rölatif kat ötelemelerinin de %60 oranda azaldığı görülmüştür (Zardari, 2020).

1.3. Tezin Amacı ve İçeriği

Deprem her yıl birçok yapıya yıkıcı etki oluşturan doğal afetlerden biridir. Depremi nerede ne zaman ve ne büyüklükte olacağı tahmin edilemediği için ancak, alınacak önlemler ile depremlerin yıkıcı etkilerini azaltarak can ve mal güvenliğini sağlamak ve olası kayıpların en aza indirmek mümkündür. Dolayısıyla inşaat mühendisliği bünyesinde gerçekleştirilen projelerin tasarım aşamasında, yapıların depreme karşı dayanıklılıklarının artırılması gözetilerek gerekli güvenlik koşullarının sağlanması gerekmektedir. Bu kapsamda, depreme dayanıklı yapı tasarımında, yapının taban kesme kuvvetini azaltmak için sismik izolatörlerin kullanılması veya yapının sönümlemesini ve sismik enerjinin sönümlemesini artırmak için yapıda sönümleyicilerin kullanılması, yapıda oluşacak

depremin yıkıcı etkilerinin önlenmesi için etkin bir yaklaşımdır olarak kabul edilmektedir. Güncel izolasyon sistemleri çok pahalı olduğundan ancak özel yapılarda uygulanabilmektedir. Bu çalışmada bitüm-kum ve genleştirilmiş polistiren bloklarla oluşturulan sismik taban izolasyonunun sismik performansının nümerik analizi yapılacaktır. Böylece güncel izolasyon sistemlerine alternatif ucuz bir sönümleme esaslı taban izolasyonunun kullanılabilirliği irdelenecektir. Bu izolasyon sisteminin hedeflediği binalar, orta yükseklikteki binalardır. Moment çerçeveli 4-8 katlı yapıların nümerik modelleri izolasyonlu ve izolasyonsuz olarak yapılacaktır. Bu modellere çeşitli deprem kayıtlarının yer hareketleri etki ettirilip zaman tanım alanında deprem analizi yapılacaktır. Yapının titreşim frekansı, katların rölatif ötelemeleri ve ivmeleri belirlenip irdelenecektir. Böylece, sismik izolasyonun yapının davranışına etkisi değerlendirilecektir.

1.4. Sismik Taban İzolasyonları

Sismik taban izolasyonu, yapılara etki eden deprem kuvvetinden korunmak amacıyla geliştirilmiş ve yapıyı etkileyen deprem yüklerinin azaltılmasını sağlayan bir sistemdir. Bu izolasyon sistemi, yapının depreme karşı koyma dayanımını arttırmaktan ziyade, binaya etki eden deprem enerjisini yapıların periyodunu artırarak azaltma prensibini esas alan depreme dayanıklı bir yapı düzenleme yaklaşımıdır. Depremi insanların yaşam alanında oluşturduğu olumsuz etkiler, insanoğlunun bu anlamda bilinçlenmesine neden olmaktadır. Bu doğrultuda sismik izolatör sistemleri, sismik hareketli yüklerinin; yapılara, viyadük ve köprülerde oluşturabileceği zararların önlenmesi, can ve mal kayıplarının en aza indirilebilmesi ve ulaşımın sağlanabilmesi amacıyla geliştirilmiştir (Kurt, 2018).

Yapıların geleneksel tasarımında, yapının göçmesinin önüne geçilerek, sismik enerjiyi elastik dışı şekil değiştirmeler aracılığıyla sönümlenmesi sağlanmaktadır. Ancak bu yaklaşım yapıda onarılması oldukça zor olan hasarlar oluşmasına neden olur. Sismik taban izolasyonu ise deprem enerjisinin tamamına yakın bir kısmı izolatör sistemleri ve ek sönüm cihazlar ile tüketilir, bu yolla oluşacak deprem enerjisinin etkisi azaltılarak kalan küçük etkisi yapıya etki ettirilir. (Polat, 2007).

Deprem anında aktif fay hareketleri, yukarı doğru çıktıkça büyüyen yatay kuvvetler oluşturmaktadır. Bu kuvvetler çok büyük olmakla birlikte yapıların, ağırlığının yaklaşık %10 düzeyinde bir yatay yüke elastik olarak direnebileceği bilinmektedir. Sismik taban izolatörleriyle yalıtılmış yapı yaklaşımı ise, yapının depremde oluşabilecek yatay yüke göre

5-6 kat daha düşük bir yükü taşıyabilmesi temeline dayanmaktadır. Deprem şiddetinin fazla olduğu durumlarda yapının depreme karşı dirençli olması ve yapı bütünlüğünün korunması sağlanır (Kurt, 2018).

Sismik taban izolasyonuna sahip yapılarda, sismik yalıtım cihazları sayesinde yer değiştirme özelliği bulunmaktadır. Bu özellik yapının deprem anında katlar arası çok küçük yer değiştirmeler yaparak rijit bir davranış sergilemesini sağlar ve yapının üst kısmına etki eden deprem kuvvetlerini önemli ölçüde azaltır. Bunun bir sonucu olarak; sismik taban izolatörlü yapılarda oluşan şekil değiştirmeler elastik bölgede oluşacağından, yapının depreme karşı hasar görmeden atlatılabileceği bilinmektedir (Polat, 2007). Bu nedenle sismik izolasyon sistemlerinin; ülkelerin siyasi ve ekonomik yapıları, deprem sonrası işlevine devam etmesi gereken hastane, iletişim merkezleri ve bünyesinde önemli cihazlar bulunduran binalarda kullanılmasının ve yaygın hale getirilmesinin oldukça önemli olduğu söylenebilir.

1.4.1. Sismik İzolatörlerin Temel Özellikleri

Sismik izolatörlerin yapının deprem karşısında korunmasını sağlayabilmesi için bazı temel özelliklere sahip olması gerekmektedir. Bu özellikler şu şekilde sıralanabilmektedir:

- Sismik izolatörlü yapıların frekans değerleri düşük olabilmesi için yatay rijitlikleri düşük olmalıdır.
- Yapının, düşük şiddetli depremler, rüzgar yükleri gibi etkisi az olabilecek yükler altında hareket etmesini engellemek amacıyla düşeyde yüksek rijitlik sağlamalıdır.
- Sistemdeki oluşacak yer değiştirmeleri minimize hale getirerek ve oluşabilecek rezonans etkisini ortadan kaldıracak yeterlilikte sönüm olmalıdır.
- Üst yapının etki sonrasında ilk haline geri gelebilmesi için geri merkezleştirici bir etki oluşturulmalıdır.
- Beklenmeyen bir şiddette gerçekleşecek deprem durumunda önce izolatörlerin, sonrasında ise yapıda oluşabilecek olası bir yıkılmayı engellemek amacıyla tasarlanacak bir sistemdir.
- Yapı çekme kuvvetlerinden oluşacak bir etkiye maruz kalabilecek bir risk taşıyorsa çekme yüküne karşı yeterli bir dayanıma sahip olarak tasarlanmalıdır.

Bahsedilen özelliklerde sismik izolatörlerin kullanılmasıyla sağlanacak yararlar ise aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

- Yapısal hasarların önüne geçilebilir.
- Yapısal olmayan hasarlar önlenir.
- Şiddetli depremler sonrasında bile yapı kullanım imkanı sağlar.
- Yapının deprem sonrası fonksiyon kaybetmemesi sağlanır.
- Yapılarda bulunan değerli cihazlar ve eşyalar önemli ölçüde korunabilir.
- Can güvenliği sağlanır.
- Tarihi bina ve kültürel değerlerin korunması sağlanmaktadır.
- Araştırma ve geliştirme projeleri korunabilir.
- Sismik izolasyonlu yapılar minimum bakım gereksinimine ihtiyaç duyar.
- İş devamlılığı sağlanmakta ve pazardaki pay korunmaktadır.
- Yapıların operasyonu sırasında minimum engelleme ile güçlendirilmesi sağlanmaktadır (Polat, 2007).

Sismik izolasyonlu sistemleri yapıya gelen kuvvetleri azaltmaktadır. Bu sayede yapı kat ivmelerini küçülterek elastik davranış göstermektedir. Bu sistem ile kat arası deplasmanlar azalır, tüm katlarda yaklaşık olarak aynı deplasmanlar oluşur ve rölatif kat ötelemeleri sıfıra yaklaştırılır.

Sismik izolatörler, depremden kaynaklanan kat ivmeleri ve göreceli kat ötelemeleri sorunlarına çözüm bulan uygulamalardır. Bu sistemde ankastre mesnetli titreşim periyodu, uygulama yapılan binanın titreşim periyodunun birkaç kat altında tutularak yapının esnekliği artırılmaktadır. Esnekliği artan bir yapının kat ivmeleri yapıya zarar vermeyecek seviyeye düşmüş olur. Bu sayede içerisinde önemli cihazlar barındıran yapıların, depremin oluşturabileceği tahribata karşı korunması sağlanmaktadır.

Sismik izolasyon uygulaması yapılan binalarda, esnekliğin sebep olduğu rölatif kat ötelemeleri yalıtımın olduğu seviyede oluşmakta bununla birlikte üst yapı rijit bir kütle hareketi yaparak rölatif kat ötelemelerini sınırlandırmaktadır.

Yapının titreşim periyodunu arttırması veya frekansını azaltması, sismik izolasyonun en önemli özelliklerinden biridir. Bu özellik ile zeminde oluşan hakim frekans ile yapının kendi frekansı uzaklaştırılarak rezonans etkisinin önüne geçilmeye çalışılır.

Doğru tasarlanan bir izolatör sistemi sayesinde üst yapıda oluşabilecek dış merkezlilikten kaynaklanabilecek burulma hali engellenebilir. Burulma etkileri, izolatör sistemi ve üst yapının rijitlik merkezi çakıştırılarak çözülmeye çalışılır.

Sismik izolatörler, yapıda yatayda oluşan deprem yükünün aktarılmasında ve dağıtılmasının kontrol edilmesinde kullanılabilir. Bu sayede sismik izolatörler, klasik depreme dayanıklı yapı tasarımından farklı olarak maliyetlerin düşük olmasını sağlar.

Sismik izolasyon, önceki yıllarda deprem yükünün dikkate alınmadığı tarihi yapılarda uygulanır ancak; mimari tasarıma diğer güçlendirme yöntemleriyle kıyaslandığında daha az etki etmesi sebebiyle birçok yapıda uygulanmaktadır. Aynı zamanda iş merkezi ve ofis yapılarında klasik güçlendirme yöntemleri iş kesintilerine neden olabileceğinden dolayı sismik izolasyon sistemi tercih edilmektedir.

Sismik izolatörler, taşıyıcı sistemin özelinde olmasa da sistemin tamamı pay alındığında sönümü artırmaktadır. Taşıyıcı sistemden beklenen deprem enerjisini sönümlenmesi sismik izolatörlerle alınarak, taşıyıcı sistemin davranış olarak elastik bölgede kalmasını sağlamaktadır.

Sismik izolasyon kullanımında yapının üst bölgesi rijit bir kütle hareketi yapmaktadır ve bu davranış karmaşık olmayan matematiksel ifadeler ile elde edilebilir. Bu anlamda sistemin projelendirilmesi oldukça kolay olmaktadır. Bunun yanında ankastre mesnetli yapıların projelendirilmesinde kabuller oldukça fazla olabildiğinden, yapı öngörülenden farklı davranış sergileyebilmektedir. Ancak sismik izolasyonda bu gibi durumların meydana gelebilme olasılığı oldukça düşüktür (Kurt, 2018).

1.4.2. Sismik İzolatörlerin Amacı

Yapısal olmayan ve katları arası bağlantıyı sağlayan yapı elemanlarında büyük görelî kat ötelemeleri hasara neden olmaktadır. Görelî kat ötelemeleri minimize edebilmek için perde duvar kullanılabilir, böylece yapı daha rijit hale getirilebilir. Ama bu yöntemle, oluşacak yer hareketi etkisinin artmasına ve narin eşyaların hasar görmesine sebep olabilecek yüksek ivmelerin ortaya çıkmasına yol açar. Sistemin bu durumdan kurtulmak için biraz daha esnek hale getirilerek oluşan kat ivmeleri azaltılabilir. Fakat bu durumda yüksek rölatif kat ötelemelerine sebep olacaktır. Taban izolasyon yöntemini kullanmak, rölatif kat ötelemesini ve kat ivmelerinin birlikte azaltmanın tek kullanışlı yoludur. İzolasyonun bulunduğu seviyede toplanan yer değiştirmeler vasıtası ile izolasyon sistemi,

gerekli esnekliği sağlamaktadır. Bundan yola çıkılarak, ankastre mesnetin bulunduğu yapılar için hem rölatif kat ötelemelerini hem de katlara gelen kuvveti aynı miktarda azaltmak pek mümkün değildir.

Sismik izolatörlü yapılarda oluşan dinamik davranışı, katlarda meydana gelen kuvvetlerin ve yer değiştirmelerin istenilen seviyede kalmasını sağlar. Taban izolatörlerinin kullanılması, yapıda oluşacak deprem etkisini azalttığı için, taban izolatörü kullanılmış yapılarda deprem etkisine göre modelleme yapılırken kesit boyutlandırmaları avantaj sağladığı gözlemlenmiştir.

Sismik izolatörlü yapıların en belirgini olan birinci titreşim periyodu, ankastre mesnetli yapılardakine göre daha büyüktür. Bu ise sistemde oluşan temel frekansın yani birinci frekansın ankastre mesnetli yapıların temel frekansından daha küçük olması anlamına gelir. Bu sebepten dolayı yapıda oluşan deprem kuvvetleri de azaltılmış olur.

İzolatörlü yapıda, izolasyon sisteminde yer değiştirme yalnızca birinci mod süresince gerçekleşir. Üst yapı neredeyse rijit davranışı göstermektedir. Etkin modların oluşturduğu katılım değeri düşüktür. Başka bir deyişle periyot değeri büyüdüğünde spektral ivmelerin azalacağı görülmektedir. Bu da taban kesme kuvvetinin azalması demektir.

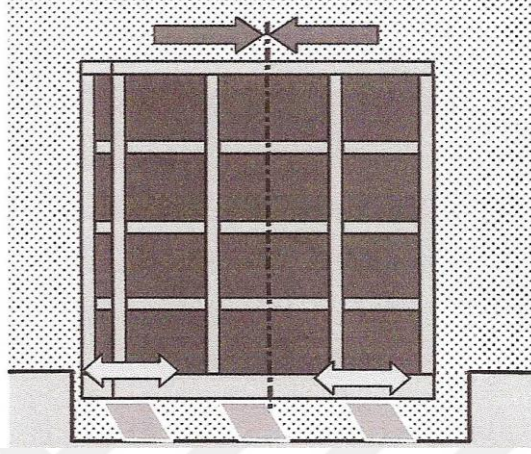
1.4.3. Sismik İzolasyon Sistemlerinin Temel Fonksiyonları

Sismik izolatörler temel olarak fonksiyona sahiptir. Bunlar:

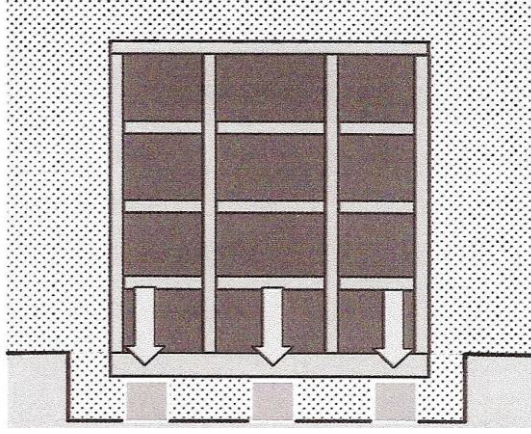
- Düşey yüklerin iletimi,
- Yatay düzlemdeki yer değiştirmelere izin vermesi,
- Enerjinin önemli ölçüde sönümlenmesi,
- Kendi kendine merkezleme yapması, olarak sıralanabilir.

Birinci fonksiyon, izolasyon sisteminin normal bir şekilde yataklama sistemi gibi görev görmesidir. Başka anlatım ile düşey yüklerin üst kısımdan alt kısma transfer edilmesidir. Enerjinin sönümlenmesi ile izole edilen binanın yer değiştirme seviyesi sınırlanır ve daha güvenli bir sistem sağlanır. Kendiliğinden merkezleme özelliğinin hedefi ise yapının daha önceki konumuna gelmesini sağlamaktır. Bu yöntemle deprem anında oluşan yer değiştirmenin önüne geçilmiş olur. Kendiliğinden merkezleme, fay hattına

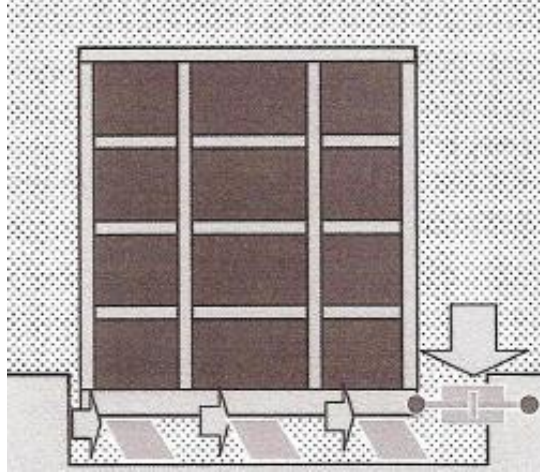
yakın olan binalarda büyük önem taşır. Enerji sönümlenmesi ve Kendiliğinden merkezleme özelliğinin iki farklı fonksiyon olduğuna dikkat edilmelidir. Buna ilişkin görseller şekil 1.1, şekil 1.2, şekil 1.3’te verilmiştir.



Şekil 1.1. Düşey yük aktarımı



Şekil 1.2. Yatayda yer değiştirme ve merkezlenme



Şekil 1.3. Yer değiştirme ile birlikte izolatörler ile sönümleme

1.5. Sismik Taban İzolasyon Türleri ve Sistemleri

Taban izolasyonu, yapının depreme karşı dayanıklılığını arttırmayı amaçlamaktan daha çok; yapının depreme karşı oluşturacağı tepkiyi azaltma prensibine dayanan, depreme dayanıklı yapı tasarım yaklaşımı olarak tanımlanabilir. Geleneksel yaklaşımlardan farklı olan bu teknolojinin uygun bir şekilde uygulanması, yapının şiddetli deprem anında rijit davranış göstermesini ve yapı sistemi içerisindeki zorlanmanın elastik sınırlar içerisinde kalmasını sağlamaktadır (Polat, 2007). Taban izolasyonu oldukça etkili bir kontrol yaklaşımı olmakla birlikte, yataydaki rijitliği düşük olan bir malzeme üzerine inşa edilmiş binalarda esnek yapıda taban sistemi oluşturmaktadır. Bu sistem aracılığıyla zemin davranışlarından kaynaklanan büyük frekanslar ayrıştırılabilmekte bu da yapının görebileceği zararların önüne geçilebilmektedir. Bu bağlamda sismik izolasyon, büyük frekanslara sahip küçük ve orta yükseklikte olan yapılarda sismik korumayı sağlayan etkili bir yaklaşımdır (Başdoğan, 2012).

Sismik taban izolatörleri ülkelerin siyasi ya da ekonomik yapısı için önem taşıyan, içerisinde hassas cihazlar barındıran ve kültürel miras niteliği taşıyan binalarda kullanılması oldukça önemlidir. Bu sistemler aracılığıyla; can güvenliğinin sağlanması, yapısal hasarların önlenmesi, deprem sonrası binanın kullanımına olanak sağlaması, tarihi bina ve değerlerin korunması, minimum bakım gereksinimi, iş devamlılığının sağlanması gibi birçok yarar sağlanmaktadır. Bununla birlikte sismik izolasyonun uygulandığı binalarda, yapıya gelen kuvvetler azalmakta, kat ivmeleri küçülmekte, yapıda elastik davranış görülmekte ve rölatif kat deplasmanları sıfıra yaklaşmaktadır (Polat, 2007). Sismik taban izolasyonu aracılığıyla

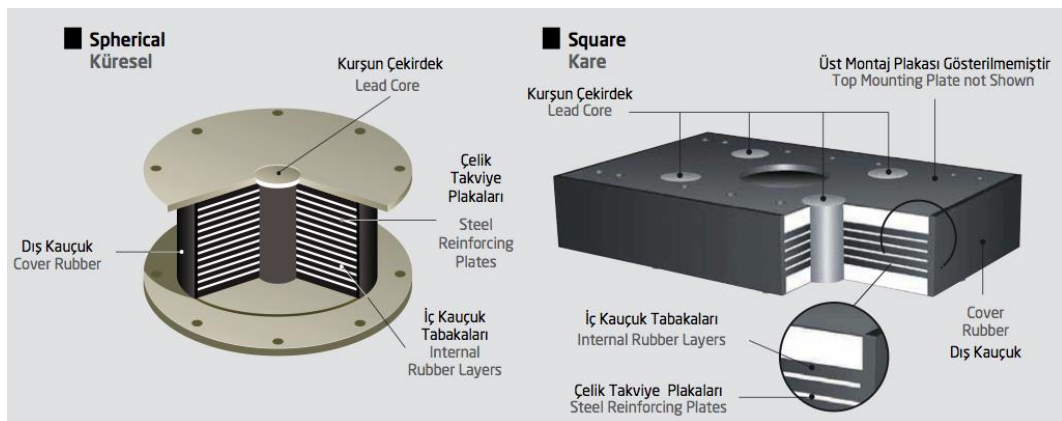
binanın zeminle bağlantısı ayrılarak, zeminde oluşabilecek ve binada hasara neden olabilecek etkilerin önüne geçilebilmektedir. Sismik izolatörlerin çalışma prensibi, yapının sismik tepkilerini azaltmaya dayanmaktadır. Bu prensibe bağlı olarak üretilen farklı izolatörler bulunmaktadır (Çetinöz, 2018).

Taban izolasyon veya mesnet bileşenleri, kauçuk esaslı izolasyon sistemleri ve kayma esaslı izolatörlü sistemler şeklinde iki farklı gruptan oluşmaktadır. Kauçuk esaslı izolatörlerde doğal ya da yapay kauçuk malzemeli elastomer malzeme bulunmaktadır. Kayma esaslı izolasyon sistemlerinde ise kayıcı yüzey çoğunlukla teflon ve paslanmaz çelik malzemeden oluşmaktadır (Polat, 2007). Sismik taban izolatör sistemlerinde çalışma prensibi aynı olmakla birlikte farklı çeşitleri şu şekilde sıralanabilmektedir:

- Kurşun çekirdekli mesnetler
- Düşük sönümlü mesnetler
- Yüksek sönümlü mesnetler
- Sürtünmeli sarkaç mesnetler
- Diğer taban izolasyon sistemleri

1.5.1. Kurşun Çekirdekli Mesnetler

Kurşun çekirdekli mesnetler(şekil 1.4), düşük sönümlü doğal kauçuk katmanların çelik bloklar yardımıyla birleştirilmesi ve bu taşıyıcının orta noktasındaki boşluğa silindir şeklinde olan kurşun çekirdeğin yerleştirilmesiyle oluşmaktadır.

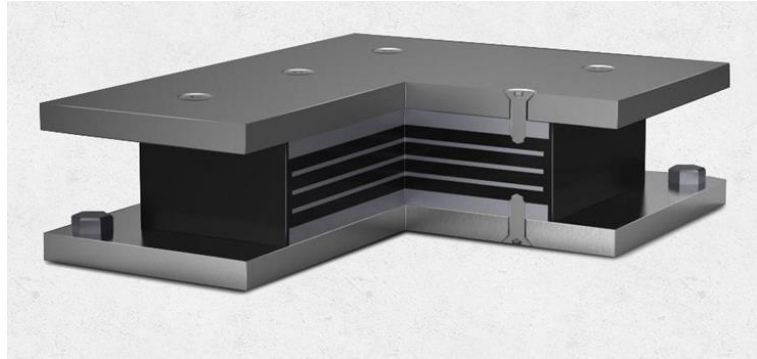


Şekil 1.4. Kurşun çekirdekli mesnet (URL-1, 2021)

Elastomerik mesnetlerin düşük sönüm özelliklerinden kaynaklanan problemler, mesnetlerin içerisine kurşun çekirdek yerleştirilerek ortadan kaldırılabilir. Elastomerik mesnetlerin orta noktasına kurşun çekirdekten daha küçük bir boşluk yapılmaktadır. Kurşun çekirdek bu boşluğa sıkı bir şekilde yerleştirildikten sonra, her iki kısım tek bir bütün haline getirilerek kurşun çekirdekli mesnet oluşturulur. Bu mesnetlerin performansları, yatayda etkiyen kuvvete bağlı olarak değişmektedir. Yatayda etkiyen kuvvetin düşük olması durumunda, çelik plakaların gösterdiği hareket kurşun çekirdekle absorbe edilir bu yüzden mesnette daha yüksek yatay rijitlik görülür. Yataydaki kuvvet arttığında ise çelik bloklar, kurşun çekirdeğin bozulma yapmasına, akma yapmasına neden olarak mesnetin yatay rijitliğini düşürmektedir. Kurşun çekirdekli mesnetlerin sönümleri %15-%35 arasında değişmektedir (Başdoğan, 2012).

1.5.2. Yüksek Sönümlü Kauçuk Mesnetler

Yüksek sönüme sahip kauçuk izolatörler(şekil 1.5), kauçuk tabakaların çelik bloklar arasına yerleştirilmesi ile oluşturulmaktadır. Kauçuk esaslı sistemlerden farklı olarak bu mesnetlerde, kimyasal özellikleri değiştirilerek yüksek sönümlü hale getirilen kauçuk kullanılmaktadır (Polat, 2007).



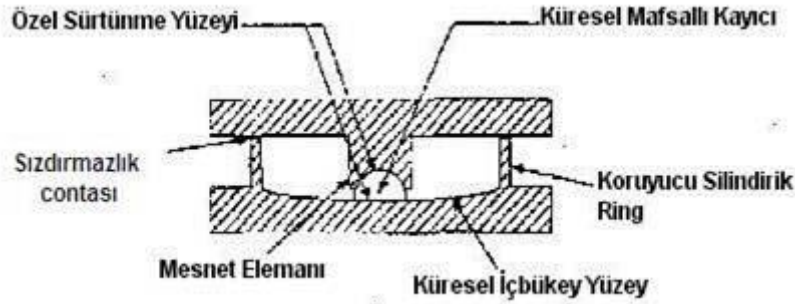
Şekil 1.5. Yüksek sönümlü kauçuk mesnetler (URL-2, 2021)

Elastomerik mesnetlerin sönümlerini arttırmak amacıyla uygulanan yöntemlerden biri de içinde bulunun doğal veya sentetik olan kauçuk bileşenlerini değiştirmektir. Doğal kauçuk bileşenine karbon siyahına benzer bir katkı maddesi eklenerek, kauçuk yapının özellikleri değiştirilmekte ve bu şekilde yüksek sönüm sağlanmaktadır. Bu mesnetler, sadece

kauçuk ve çelik bloklardan oluşmaktadır ancak istenilen enerji kırılımı ve istenilen esneklik değerlerini de barındırır. Doğal kauçuklar için sönüm, düşük gerilmede %15, yüksek gerilmede ise %10 arasında değişkenlik göstermektedir. Yüksek sönüm özelliğine sahip kauçuk mesnetlerin mekanik özellikleri, sıcaklık, zaman ve yüksek yüklemelerle değişebilmektedir (Başdoğan, 2012).

1.5.3. Sürtünmeli Sarkaç Mesnetler

Sürtünmeli sarkaç mesnet sistemi(şekil 1.6), kayma hareketinin ve bir geri dönüş kuvvetinin birleşmesiyle oluşan sürtünmeli bir izolasyon sistemidir (Polat, 2007). Sürtünmeli sarkaç mesnetler, yassı kayıcı yüzeye sahiptir. Yassı kayıcı yüzeyli sürtünmeli mesnetler, depremde sonra binanın ilk konumuna dönmesine engel olmaktadır. Bunun nedeni, sürtünme sebebiyle oluşan kuvvetin, yatayda etki ettirilen kuvvetten fazla olması ve binadaki davranışın harekete devam etmemesi binanın merkez noktasından uzakta kalmasıdır. Deprem sonrasında merkez konumundan uzaklaşan binanın merkeze olan uzaklığı azaltmak amacıyla küresel veya konkav kayma yüzeyleri geliştirilmiştir. Bu tür mesnetler, sürtünmeli sarkaç mesnetler olarak adlandırılmaktadır ve %3 sürtünme katsayısına sahip küresel sürtünmeli yüzey teflon ile kaplanmaktadır.



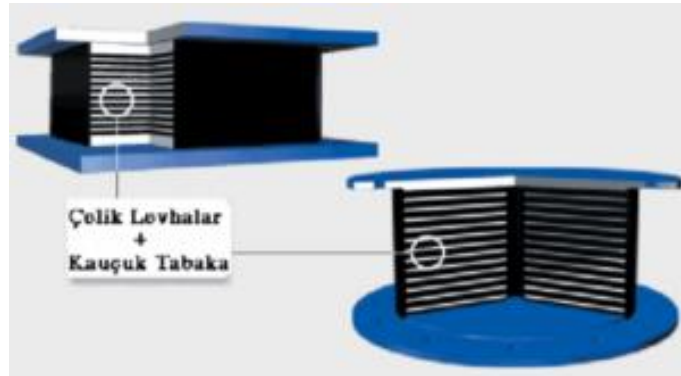
Şekil 1.6. Sürtünmeli Sarkaç Mesnetler (URL-3, 2021)

Sürtünmeli sarkaç sisteminin en önemli özelliklerinden biri, kaymayı başlatan kuvvetin kaymayı sürdürmek için gereken kuvvetten büyük olmasıdır. Buna neden olan statik sürtünme kuvvetidir. Sürtünmeli sarkaç mesnetleri, diğer sismik taban izolasyon sistemlerine göre daha nadir bakım gerektirmektedir. Paslanmayan çeliğin üzerine kaplanan

teflonun kayma yüzeyini korozyona karşı etkin bir şekilde koruduğu varsayılmaktadır. Bu kaplanmış teflon, sadece mesnetlerin depremde kayması nedeniyle uzun yıllar boyunca korunmaktadır. Bunun yanında zaman ve sıcaklık değişiklikleri, mesnetin mekanik özelliklerini önemli derecede etkilemektedir (Başdoğan, 2012).

1.5.4. Düşük Sönümlü Kauçuk Mesnetler

Son zamanlarda çelik plakalar ve sac levhaların dahil edilmesiyle özellikleri geliştirilen düşük sönümlü mesnetler(şekil 1.7), temel olarak doğal kauçuktan yapılan izolasyon sistemidir (Başdoğan, 2012). Düşük sönümlü izolatörler, iki adet kalın kesitli çelikten oluşan uç levhası ve bu levhaların arasına fazla miktarda ince kesitli çelikten ara sac levhaların bir araya gelmesiyle oluşmaktadır. Kauçuk malzeme ise uygun sıcaklık ve basınç altında vulkanizasyon işleminden geçerek çelik levhalara bağlanmıştır. Çelik ara saclar, yatay rijitliğe etki etmemekle birlikte, kauçuk malzemenin yanıl yüzeylerinde oluşabilecek deformasyonu önlemekte ve yüksek düzeyde düşey rijitlik sağlamaktadır. Yatay rijitlik, kauçuk tabakaların kalınlığına ve sayısına bağılı olarak değişmektedir ve ideal düzeyde istenen yatay rijitlik; kauçuk tabaka sayısındaki değişim ve tabakadaki kalınlığın sabit tutulması ile elde edilir (Polat, 2007).



Şekil 1.7. Düşük Sönümlü Kauçuk Mesnetler (URL-4, 2021)

Elastomerik mesnetler olarak da adlandırılan düşük sönümlü mesnetlerin binalarda ve genel anlamıyla yapılarda 50 yıldan fazla kullanım ömrü bulunmaktadır. Elastomerik mesnetlerin sönümü, kauçuğun esnek ve yüksek elastik kayma deformasyonu olması nedeniyle, %2-%3 arasında değişmektedir. Diğer izolatörlerle kıyaslandığında düşük

sönümlü mesnetlerin kolaylıkla üretilebildiği ve daha az maliyetli olduğunu söylemek mümkündür. Düşük sönümlü mesnetlerin mekanik özellikleri sıcaklık ve zamandan bağımsızdır ancak; kritik sönümün düşük olması sebebiyle yatay yüklerin kontrol altına alınabilmesi, ek sönüm cihazlarının kullanılmasını gerektirmektedir (Başdoğan, 2012).

1.5.5. Diğer Taban İzolasyon Sistemleri

İlk olarak Avrupa’da geliştirilen çanak şeklindeki mesnetler, elastomerik ve kayıcı tip mesnetlerin birleşmesinden oluşmaktadır. Elastomer tabaka tepe kısmında bulunan, teflon tabakası ile kaplı, kap şeklindeki bir piston tarafından sıkıştırılmıştır. Sıkıştırılan piston aracılığıyla, elastomerin yüksek basınç altında şişmesi engellenmektedir. Bununla birlikte deprem anındaki yer değiştirmelerde, kayıcı yüzeyin yüklere daha eşit bir şekilde dağılması için, kap şeklindeki mesnetler dönme kapasitesine sahiptir. Ancak yatay hareketlerden kaynaklanan eksantrisite, izolasyon altında bulunan yapısal sistemin ek hareketler yapmasına neden olabilmektedir.

1.6. Sismik Taban İzolatörlü Sistemlerin Avantajları ve Dezavantajları

Sismik taban izolatörünün tasarlanış amacı yapılarda can ve mal güvenliğini sağlayıp daha uzun ömürlü ve korunaklı yapılar oluşturmak olsa da yapılara bu avantajların yanında bazı dezavantajlarda sağlayabilir.

1.6.1. Sismik Taban İzolatörlü Sistemlerin Avantajları

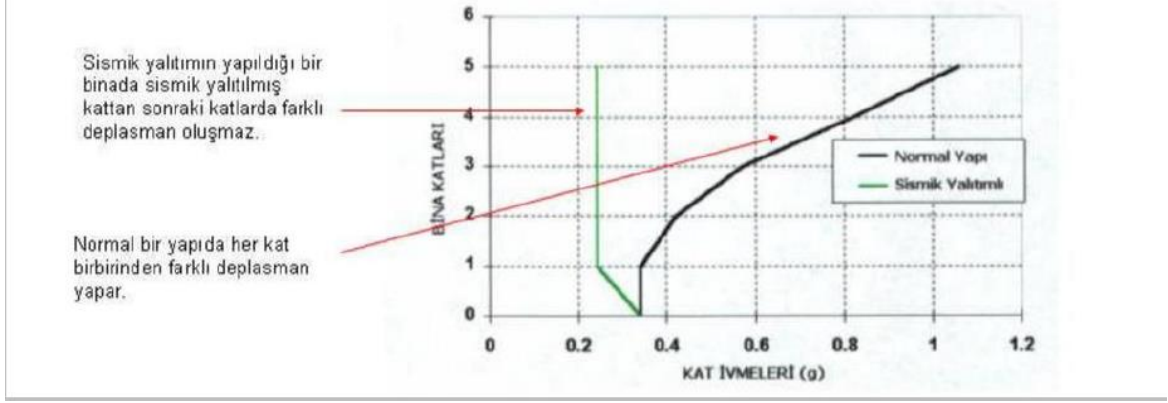
Sismik taban izolatörlü sistemlerin kullanılması yapılara daha düşük maliyetli bir sistem uygulayarak, yapıların normal ve şiddetli depremlerde yapının taşıyıcı sistemine ve yapıda bulunan canlı, cansız varlıklarda oluşabilecek hasarların ve kayıpların önüne geçilmesine katkıda bulunur. Sismik taban izolatörlü sistemlerin yapılara kattığı başka avantajlarda şöyledir;

- Yapılarda oluşacak deprem sonrası can kayıplarının minimuma indirilmesi.
- Şiddetli depremlerde deprem sonrası kullanıma imkân verilmesi.

- Yapılarda meydana gelebilecek taşıyıcı sistem hasarları ve mimari hasarların doğrudan azaltılmasını sağlamak.
- Deprem sonrasında kullanıma imkân sağlamasıyla birlikte kaybedilebilecek iş potansiyelinin önüne geçilmesi.
- Yapılarda bulunabilecek kıymetli eşyaların ve teknolojik aletlerin korunması.
- Karayollarında oluşabilecek aksamaların önüne geçilmesi.
- Köprü ve viyadük gibi yüksek maliyetli yapılarda hasar oluşmadan kullanıma devam edilmesi.
- Orta şiddetli depremlerde yapılarda bir hasar oluşturmayıp yapılarda bir onarım veya yapım maliyetinin önüne geçilmesi.
- Aktif fay hattı üzerinde bulunan sürekli düşük şiddetli deprem etkisinde bulunan yapılarda bakıma duyulan ihtiyacın azaltılması.
- Tarihi yapılarda oluşabilecek hasarların önüne geçerek, gelecek nesillere taşınmasına sağlamak.
- Bilim ve teknoloji araştırma projelerinin korunmasını sağlamak. (D.İ.S.,2011)

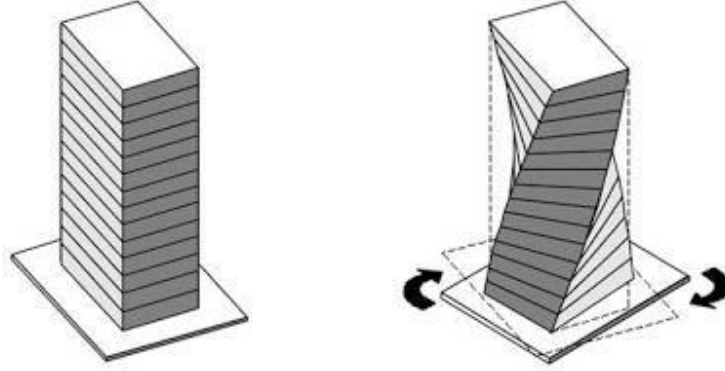
Bu avantajların haricinde sismik izolatörlerin yapı sistemi üzerindeki bazı yapısal avantajları da şu şekildedir.

- Sismik izolatörün olmadığı normal yapılarda sismik hareket anlarında yapılarda rölatif kat ötelemeleri(şekil 1.8) her kat için farklı olacağından. Kolon-kiriş birleşim bölgelerinde hasarlar görülmektedir. Sismik izolatörün bulunduğu yapılarda ise sismik hareket esnasında rölatif kat ötelemeleri çok farklı olmayacağından kolon-kiriş birleşim bölgelerinde oluşan hasarlar az miktarda oluşabilecek ve yapının salınım hareketi daha kontrollü olacaktır. Bu avantajda yapıda bulunan canlı cansız tüm varlıkların daha çok korunmasını sağlayacaktır. (D.İ.S.,2011)



Şekil 1.8. Sismik izolatörlü yapıdaki kat ötelemelerinin farkı (D.İ.S.,2011)

- Yapılarda dış merkezlilik olduğu durumlarda ortaya burulma hali sorunu çıkabilir. Fakat iyi modellenmiş bir sismik izolatörle inşa edilmiş bir yapıda bu sorunu çözebilirsiniz. Sismik izolatör ile tasarlanan bu yapıda, yapının rijitlik merkezleri üst üste getirilerek yapıda oluşabilecek burulma hali ortadan kaldırılabilir. (Kurt,2009)



Şekil 1.9. Burulma halinin yapı davranışına etkisi (Kurt,2009)

- Sismik izolatörün yapıya sağladığı en önemli avantajlardan biride yapıda oluşacak titreşim frekansını artırıp, aynı zamanda da yapının frekansını azaltmaktır. Bu frekansın azalması yapının zeminin hakim frekansı ile yapı frekansı arasındaki farkı artırarak oluşabilecek rezonans etkisinden yapıyı korumaktır. (Kurt,2009)

1.6.2. Sismik Taban İzolatörlü Sistemlerin Dezavantajları

- Sismik izolatöre sahip yapılarda şiddetli depremler sonrasında. Sismik izolatörlerde yırtılma gibi sonuçlar ortaya çıkabilir.
- Yapıların yumuşak zeminlerde yapılması deprem anında yapılarda oluşan hakim periyotunun yüksek olmasına sebep olacağından, aynı zamanda bu yapılara sismik izolatör etkisi ile yapıda oluşacak hakim periyotunu daha fazla artıracığından yapıyı rezonansa sokabilir. Bu sebeple bu tarz yapılarda sismik izolatörlerin kullanılması yapıda oluşacak deprem yükünü artırmış olacaktır.
- Sismik izolatörler yapının geneline göre yanmaya karşı daha dayanıksızdılar. Bu yüzden sismik izolatörün bulunduğu yapılarda daha iyi tasarlanmış bir yangın koruma sistemi kullanılmalıdır (Toprak,2012).
- Yapı yüksekliğini arttığı yapılarda sismik izolatör sistemlerini kullanmanın zorluğu da artmaktadır. Yüksek yapılarda yapının yükseklik/genişlik oranının yükseklik arttıkça artmasıyla yapıda oluşacak devrilme momenti de artacaktır. Bundan dolayı sismik izolatörlerin bulundukları seviyeden havaya kalkma ihtimalini doğurabilir.
- Yapılarda kullanılan sismik izolatörler deprem sırasında fazla yer değiştirme yapar. Bu da yapıya salınım kolaylığı sağlamaktadır. Bu kolaylığın sağlanması için yapılarda kullanılan sismik izolatörlerin belirli mesafelerde boşluk içererek kullanılması gerekmektedir. Bu yüzden bitişik düzendeki yapılarda sismik izolatör kullanmak pek mümkün değildir. Kullanılması durumunda ise yapıda çekiçleme etkisi oluşturacaktır (Kurt,2009).

1.7. Sismik Taban İzolasyonlu Sistemlerin Kullanım Alanları

Sismik izolatörler tasarım amacı depremlerden sonra yapının sağlam bir şekilde kalmasıdır. Bu yüzden yapılan iş yerlerinde ve konutlarda kullanılabilir. Bazı kullanım yerleri şu şekildedir.

- Depreme karşı yüksek performans beklenen yapıların tamamında,
- Hastane, aile sağlık ocaklarında,
- Stratejik açıdan önemli olan yapılarda,

- İtfaiye ve yangın söndürme sistemlerinin olduğu yapılarda,
- Haberleşme, iletişim merkezleri tesislerinde,
- Havaalanı, terminaller ve ulaşımı sağlayan tüm karayolları yapılarında,
- Ekonomik açıdan önemli enerji tesislerinde,
- Kimyasal, patlayıcı vb. malzemelerin bulunduğu ve bu malzemelerin bulunup depolandığı tesislerde,
- Teknolojik ve bilimsel çalışmaların yapıldığı yapılarda

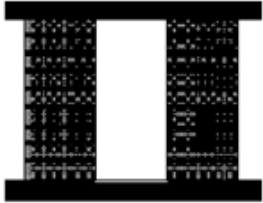
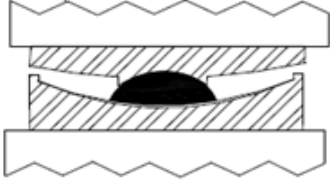
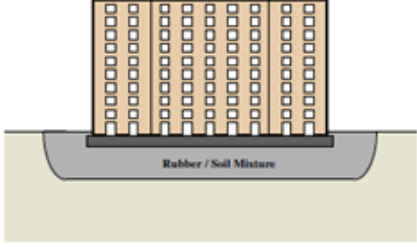
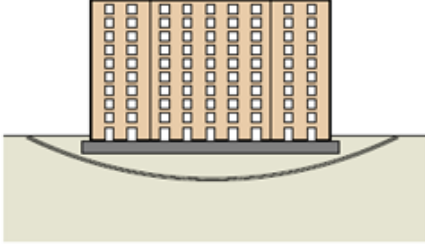
Sismik izolatörlerin aktif olarak kullanıldığı bir diğer yerde yeterli sünekliğe sahip olmayan güçsüz ve gevrek yapıların güçlendirilmesinde. Mimari şartlardan dolayı bir değişiklik yapılamayan tarihi binaların güçlendirilmesinde de sismik izolatörler açısından önemli bir kullanım alanıdır. (Yavuz, 2008)

1.8. Geoteknik Sismik İzolasyon

Diğer izolasyon türlerinde gayet iyi sonuçlar görülse de her izolasyon türünün kendine özel dezavantajı vardır. En belirgin ortak dezavantajları uygulama zorluğu ve yüksek maliyetlerinin fazla olmasından kaynaklanmaktadır. Bu sebeptendir ki bu izolasyon türlerinin yaygın olarak kullanılmasına engel olmaktadır. Araştırmacıların çalışmaları sonucun yapısal sismik izolatörlere başka bir alternatif olarak daha ekonomik ve uygulama yöntemi daha basit olan geoteknik sismik izolasyon fikri ortaya konmuştur. Bu yöntemin asıl amacı deprem sırasında üst yapıda bir atalet etkisi oluşturmamayı sağlayarak bu etkiyi yapının alt yapısında çözmektir. Geoteknik sismik izolasyonda kabaca kendi içerisinde 3 farklı türe ayrılabilir. Bunlar şu şekildedir;

- Temelin Sallanması
- Sönümleyici Temel Zeminleri
- Sürtünme Esaslı

Bu izolasyon türlerin içerisinde temelin sallanması depreme dayanıklı yapıların tasarımı çerçevesinde değerlendirmeye alınmaktadır. Tsang(2012) sismik izolasyonu şekil 1.10'da vermiştir.

	Rijitlik/Sönümlleme	Kayıcı/Sürtünme
Geleneksel "Yapısal"	Elastomerik mesnet 	Küresel kayıcı mesnet 
Yeni "Geoteknik"	Kauçuk-Granüler Zemin Karışımı 	Geosentetik Gömlek 

Şekil 1.10. Yapısal ve geoteknik sismik izolasyonun sınıflandırılması (Tsang2012)

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Yapı Modelinin Belirlenmesi ve Analiz Programına Aktarılması

2.1.1. Betonarme Çerçeve Sistem

Çerçeve sistemler kolon ve kirişlerin bir araya gelmesiyle oluşan genellikle düşeyde yük taşıyan elemanlardır. Donatı yerleştirilmesinin iyi yapıldığı ve orta yükseklikteki yapılarında yatay yüklere karşı belirli emniyetlerin sağlandığı durumlarda da tercih edilirler. Çerçeve sistemlerin süneklik kapasiteleri yüksektir. Bu yüzden depremden kaynaklanacak kuvvetler altında iyi bir enerji tüketme kapasiteleri vardır. Bu sebepten dolayıdır ki yatay yük altında fazla boyutlarda yer değiştirme yapabilme ihtimalleri vardır.

Yatay yüklere karşı yapılan fazla yer değiştirmelere çözüm üretebilmek ve aynı zamanda kullanılan analiz programında modellenen yapının analiz edilebilir hale gelmesinin sağlamak amacıyla tez çalışmasında 4 katlı, radye temel ile zemine oturtulmuş bir çerçeve sistem tasarımı yapılmıştır.

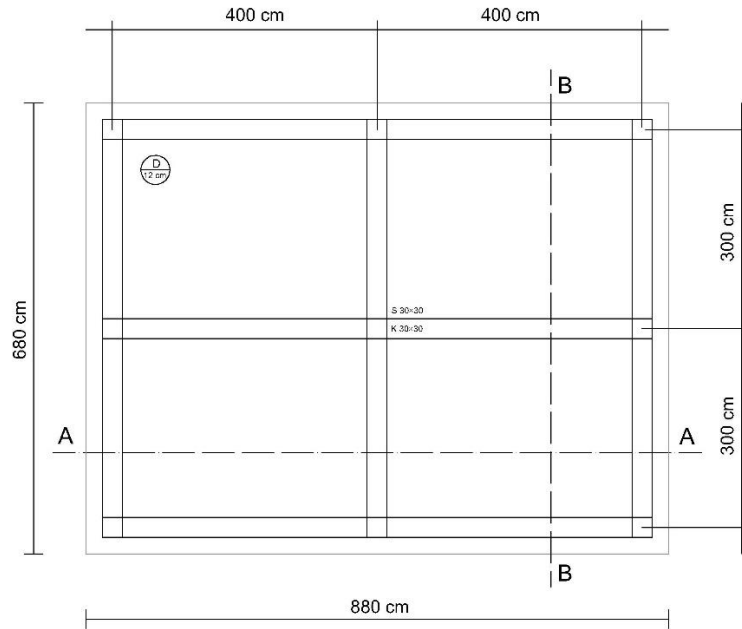
2.1.2. Autocad Modelinin ANSYS'e Aktarılması

Hedeflenen deprem analizini yapmak için kullanılacak olan betonarme çerçeve sistemin modellenmesi AutoCAD programı kullanılarak yapılmıştır (şekil 2.1). Yapı modeli AutoCAD programında dört farklı şekilde modellenmiştir. Bu modeller aşağıda görüldüğü gibi sıralanmıştır.

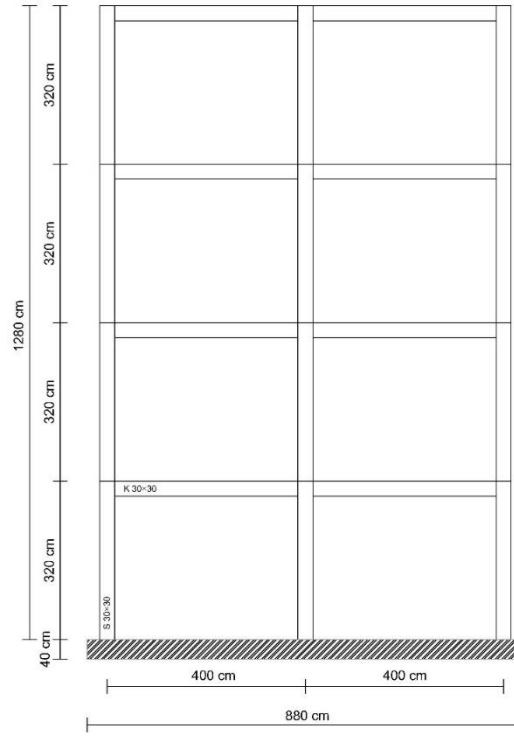
Model-1. Yapı modeli sadece radye temel olarak modellenmiştir. Model-1 olarak adlandırılan betonarme yapının temelinde diğer modeller ile karşılaştırılması amacıyla sismik izolatör sistemi yapının temeline eklenmemiştir. Bu model analiz için referans model olarak kabul edilmiştir. Aşağıda şekil 2.2, şekil 2.3, şekil 2.4'te model-1'e ait kesitler ve ölçüler görülmektedir.



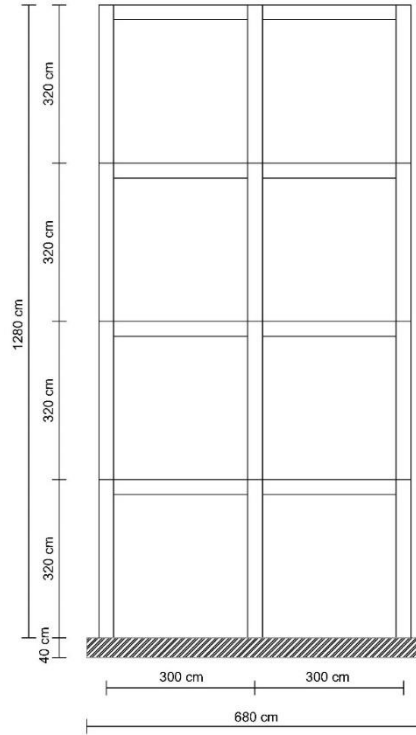
Şekil 2.1. Betonarme çerçeve sistem modeli



Şekil 2.2. Model-1 plan kesit ölçüleri

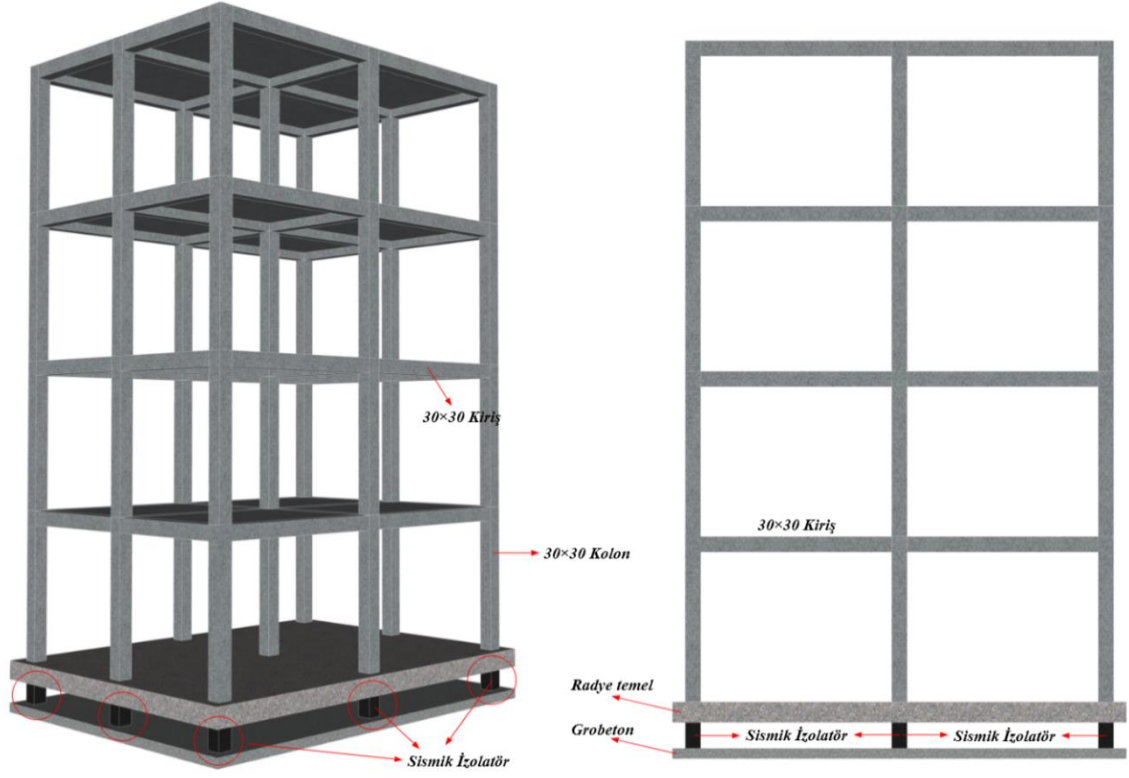


Şekil 2.3. Model-1 A-A kesiti ölçüler



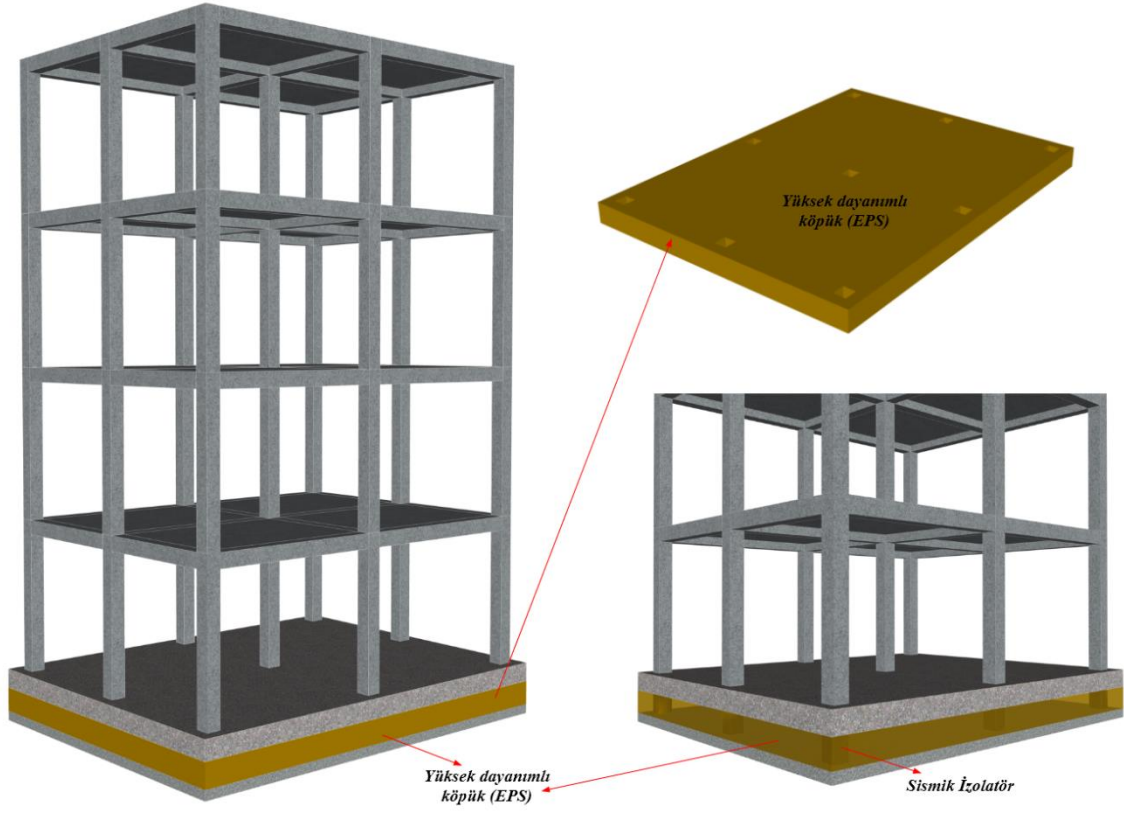
Şekil 2.4. Model-1 B-B kesiti ölçüler

Model-2. Bu model tipinde model-1’de oluşturulmuş modelin radye temelının altında olacak şekilde kolonların eksenleri boyunca devam eden ve en alt katmanında ise grobeton bir katmanla birleştirilen bir sistem olarak tasarlanmıştır. Aşağıda şekil.2.5’te model-2’ye ait detaylar görülmektedir.



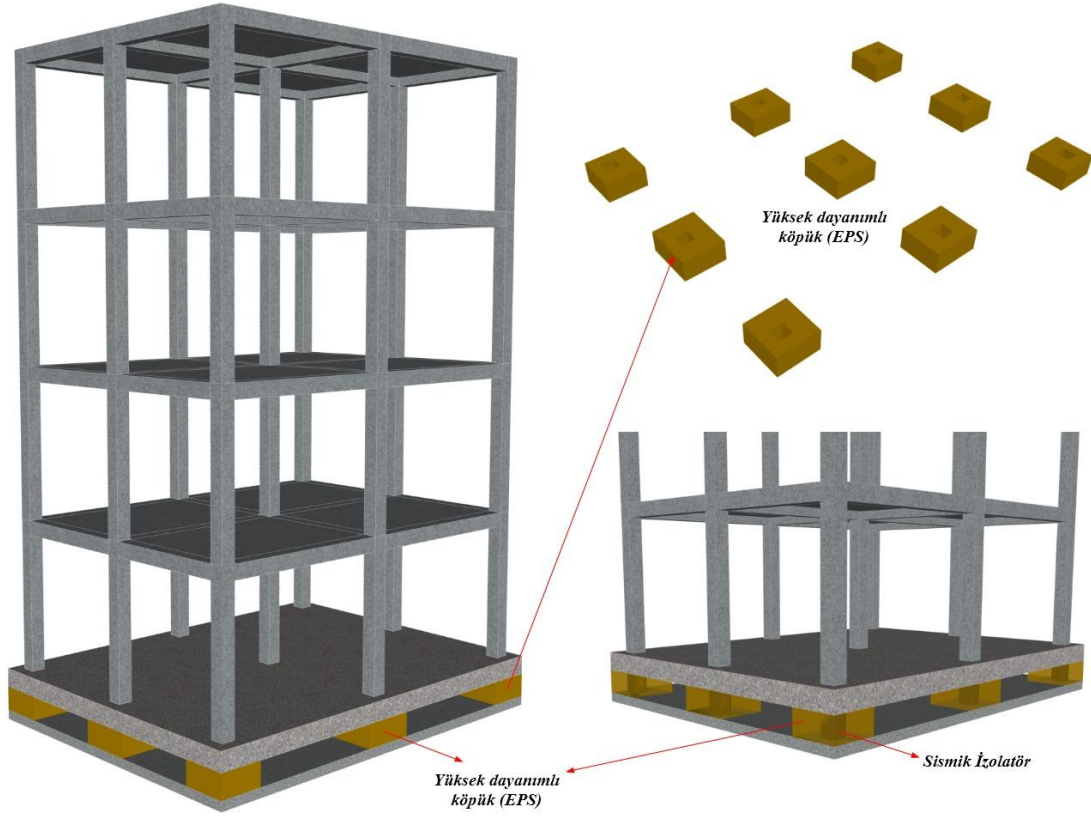
Şekil 2.5. Betonarme çerçeve sisteme izolatör eklenmiş model

Model-3. Bu model tipinde model-2’de oluşturulmuş modelin radye temel altına yerleştirilmiş olan izolatörlerin çevresi köpük malzemesi ile doldurulmuştur. İzolatör çevresinin doldurulması için kullanılan bölge yüksek dayanımlı köpük (EPS) malzemesini temsil etmektedir. Model-3’e ait detaylar şekil.2.6’da görülmektedir.



Şekil 2.6. Betonarme çerçeve sisteme izolatör ve köpük eklenmiş model

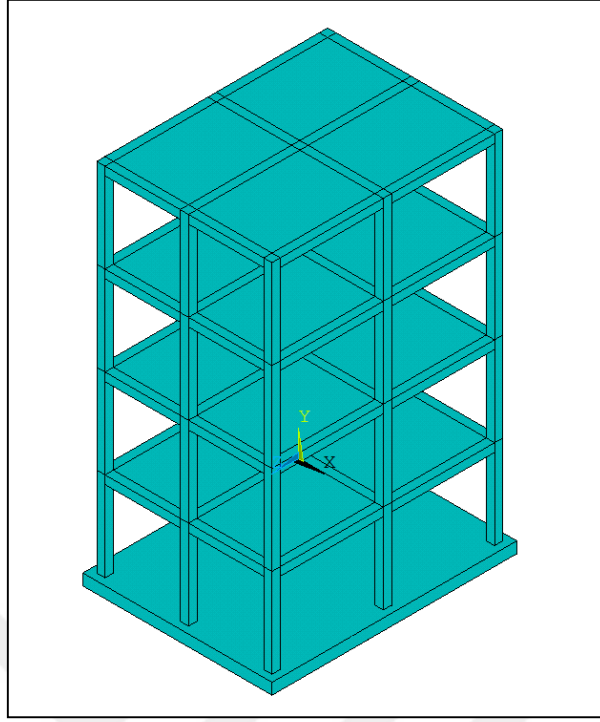
Model-4 Bu model tipinde model-2’de oluşturulmuş radye temel altına yerleştirilen izolatörlerin çevrelerini saracak şekilde belli bir alan köpük malzemesi ile doldurulmuştur. İzolatörü çevreleyen köpük model-3’te kullanılan yüksek dayanımlı köpük (EPS) malzemesidir. Model-4’e ait detaylar şekil 2.7’de görülmektedir.



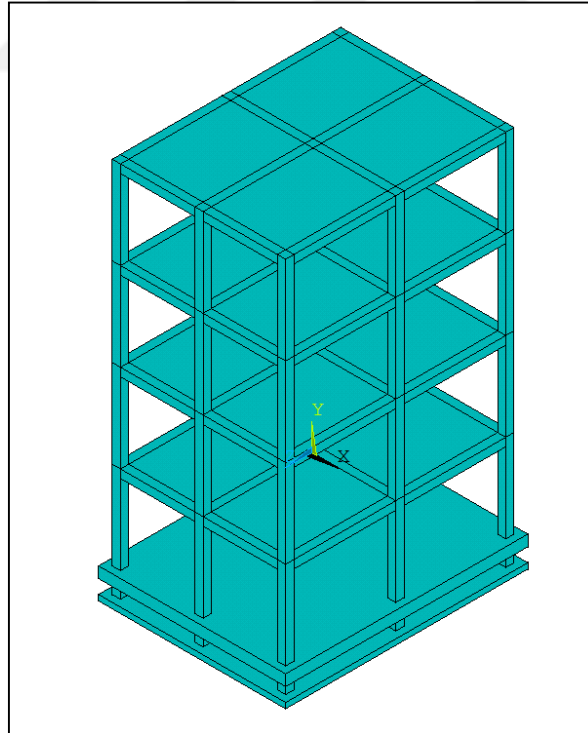
Şekil 2.7. Betonarme çerçeve sisteme izolatör ve kısmi köpük eklenmiş model

3D yapı modellerin oluşturulmasından sonra model-1(şekil 2.8), model-2(şekil 2.9), model-3(şekil 2.10) ve model-4(şekil 2.11) ayrı ayrı olarak ACIS.sat dosya formatında Export edilmiştir. Oluşturulan dosya formatları ilgili ANSYS programına ait klasör içerisine kopyalanmış ve ANSYS programı içerisinde import edilerek aktarılmıştır.

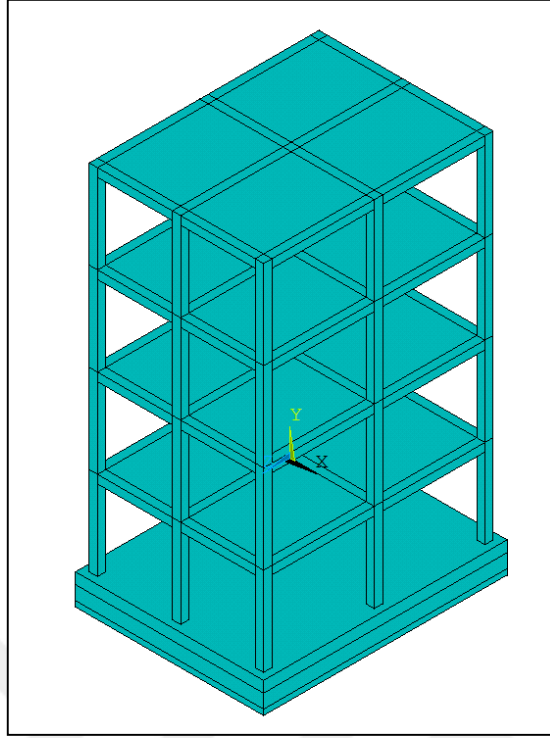
ANSYS model penceresine 3D modellerin aktarılması için sırasıyla File > Import > ACIS butonlarına tıklanır ve istenilen modelin dosya formatı seçilir. Gelen modelin 3D solid olarak görünmesi için sırasıyla PlotCtrls > Best Quality Image > Reset to Globals sekmelerine tıklanır ve daha sonra sağ taraftaki görünüm seçeneklerinden Isometric View butonuna basılır.



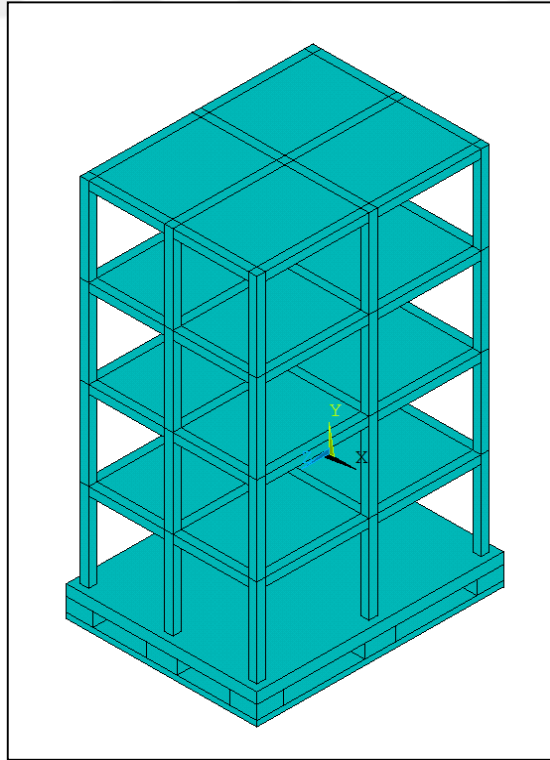
Şekil 2.8. ANSYS referans model



Şekil 2.9. ANSYS geoteknik sismik izolasyon ilaveli model



Şekil 2.10. ANSYS geoteknik sismik izolasyon ve yüksek sönümlü köpük ilaveli model



Şekil 2.11. ANSYS geoteknik sismik izolasyon ve yüksek sönümlü kısmi köpük ilaveli model

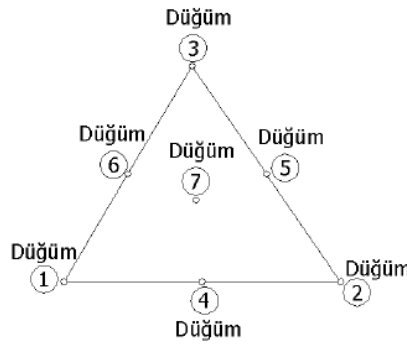
2.2. Sonlu Elemanlar ve Ansys Kullanımı

Analizin yapılacak olduğu elemanda gerçekçi ve doğru sonuçlar elde edilebilmesi için o eleman en uygun sonlu elemanlara bölünmelidir. Bu bölme işlemi parçanın sürekliliğine ve geometrisine en uygun şekilde yapılmalıdır. Sonlu elemanlar bir, iki veya üç boyuttan oluşabilmektedir. Ortamın şekli, malzeme özellikleri, yüklemeler ve değişken uzunluklar sadece bir değişkenle ifade edilebilecek şekilde ise bir boyutlu sonlu elemanlar(şekil 2.12) tercih edilir (Deliktaş, 2010).



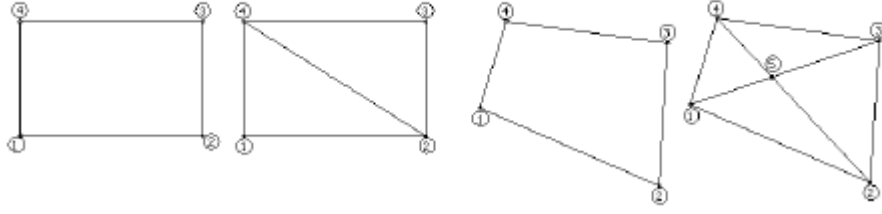
Şekil 2.12. Bir boyutlu sonlu eleman

Genel olarak sonlu elemanlar iki boyutlu seçilir. İki boyutlu elemanlar yaklaşık olarak doğru sonuçlar verebilmektedir. Elemanların iki boyutlu seçilmesinin bir başka sebebi de analiz süresine doğrudan etki etmesidir. İki boyutlu eleman tiplerinde en basit olanı üçgen eleman olmaktadır (Deliktaş, 2010). Üçgen elemana ait görsel şekil 2.13'te verilmiştir.



Şekil 2.13. İki boyutlu üçgen sonlu eleman

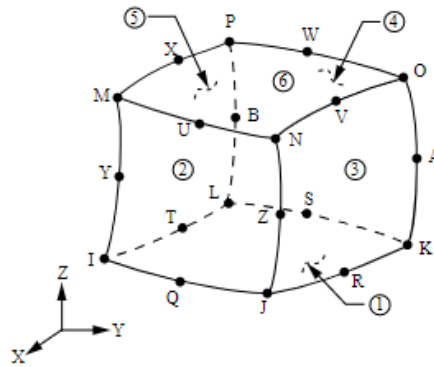
İki boyutlu elemanlarda yaygın olarak kullanılan diğer elemanlar; iki boyutlu dikdörtgen, iki üçgenli dikdörtgen, dörtgen elemanı ve dört üçgenli dörtgen elemanı tipi sonlu eleman modelleridir (Deliktaş, 2010). Dörtgen elemanlara şekil 2.14'te verilmiştir.



Şekil 2.14. İki boyutlu dörtgen sonlu elemanlar

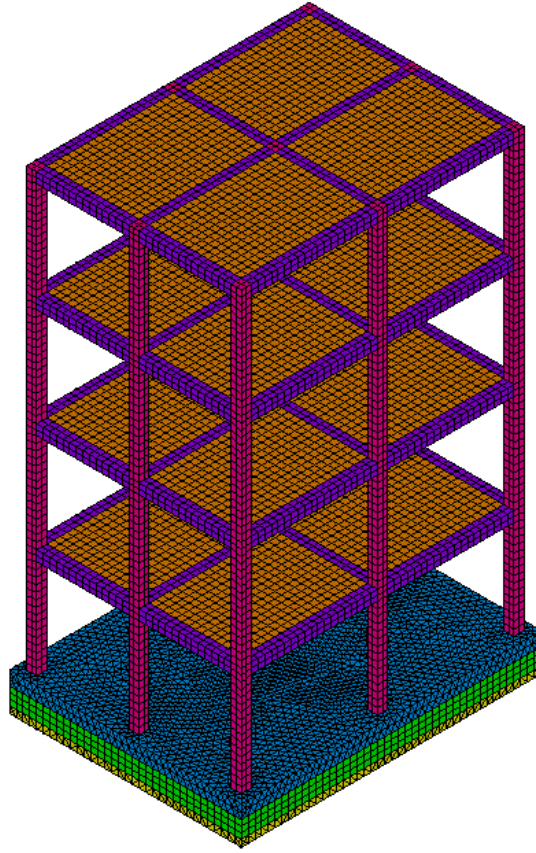
Günümüzde analizlerin yapılabilmesi için birçok paket program mevcuttur. Bu tez kapsamında analizler için ANSYS programı seçilmiştir. ANSYS seçiminde etkin rol oynayan sebep analiz sonuçlarının değerlendirilmesinde hata oranının gerçeğe yakın düzeyde olması ve verilerin sisteme kolaylıkla aktarılmasıdır.

ANSYS sonlu eleman yöntemi ile çözüm yapan bir program olduğu için bir sonlu eleman tipi ve buna uygun mesh seçimi yapmak gerekmektedir. Yapılan analizlerin ve kullanılan malzemelerin özelliklerine göre **SOLID 186** eleman tipi ile çözüm yapılmıştır. Bu eleman tipi 20 düğümlü bir üç boyutlu katı eleman tipidir. Öğeler düğüm başına üç adet serbestlik derecesine sahiptir. İzolatör analizinde ihtiyaç duyulabilecek büyük sapmalar, büyük gerilmeleri ve malzeme deformasyonlarını gösterebilmek için yeterli özelliğe sahip bir eleman tipidir.



Şekil 2.15. 20 düğümlü SOLID 186 modeli

ANSYS programında eleman tipi seçildikten sonra model için uygun mesh işlemi yapılmıştır. Mesh işlemi yapılırken oluşacak düğüm sayısına göre bir mesh işlemi yapılmalıdır. Analiz süresi üzerinde etkili bir rol oynamaktadır. Mesh işleminde buna ek olarak yapılan mesh yüzeye uygun ve düzgün bir bölmeye sahip olmalıdır. Analiz için modelin genelinde 0.2m mesafeli düzgün mesh tercih edilmiştir. Kolon temel birleşim bölgeleri ve izolatör temel birleşim bölgelerinin bazı bölümlerinde ise Free mesh yapılmıştır. Mesh yapılmış model şekil 2.16’da verilmiştir.



Şekil 2.16. Mesh yapılmış model

2.3. Kullanılan Malzemeler ve Özellikleri

Tez kapsamı boyunca kullanılan malzemeler belirli özellikler belirlenerek alınmış ve bu değerler çalışma başında teorik olarak belirlenmiştir. Modellemeler oluşturulurken grobeton ve radye temel haricinde yapıda yer alan izolatör, köpük dışında başka bir malzeme kullanılmayıp modelin grobeton hariç tüm beton yüzeyleri için aynı tip beton kullanılmıştır.

Tablo 2.1. Malzeme Özellikleri

Malzeme	Elastisite Modülü (E) (N/m ²)	Poisson Oranı (V)	Yoğunluk (ρ) (kg/m ³)
Beton	3 E10	0.2	2500
Grobeton	2 E10	0.2	2400
Köpük	2.8 E6	0.09	15
İzolatör	8.67 E6	0.35	1850

İzolatör malzemesi için paket programa girilen değerler multi lineer kinematik hardening(MLKH) olarak girilmiştir. Yapılan analizler lineer analiz olmadığı için. Malzeme özelliklerinin tamamı sadece elastisite modülü ve poisson oranı olarak tanımlanmamıştır. Bu malzemenin özellikleri daha önceden bu konuda çalışmış olan Dr. Ahmet Kuvat'ın çalışmasından alınmıştır. ANSYS paket programına multi lineer bir malzeme tanımlamak için seçilen yol Gerilme-Şekil değiştirme eğrisidir. Bu sayede kullanılan izolatör malzemesi belli bir gerilme altında şekil değiştirmeler yapacak ve analiz sonuçların daha önceden test edilen malzemenin gerçek değerlerini referans alacaktır. İzolatör malzemesine ait değerler tablo 2.2'de gösterilmiştir (Kuvat, 2019).

Tablo 2.2. Multilineer İzolatör Malzemesi Gerilme-Şekil Değiştirme Değerleri

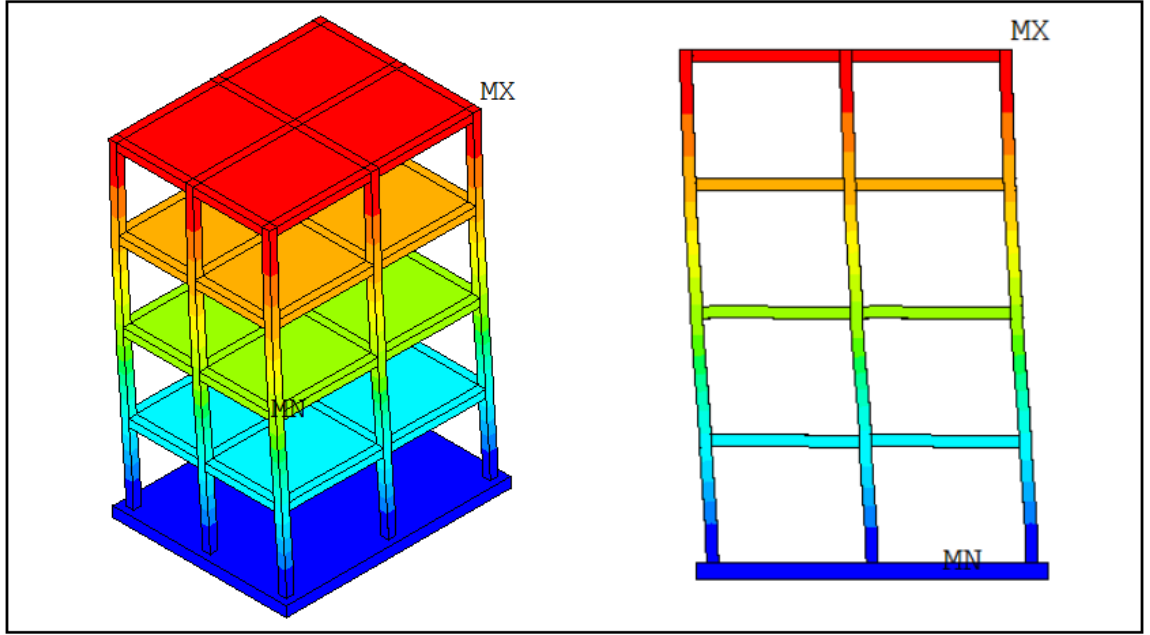
MLKH	
σ (N/m ²)	ϵ
200095.3	0.02306852
250520.1	0.03705926
261381.5	0.0565333
208692.4	0.1003778

2.4. Modal Analiz

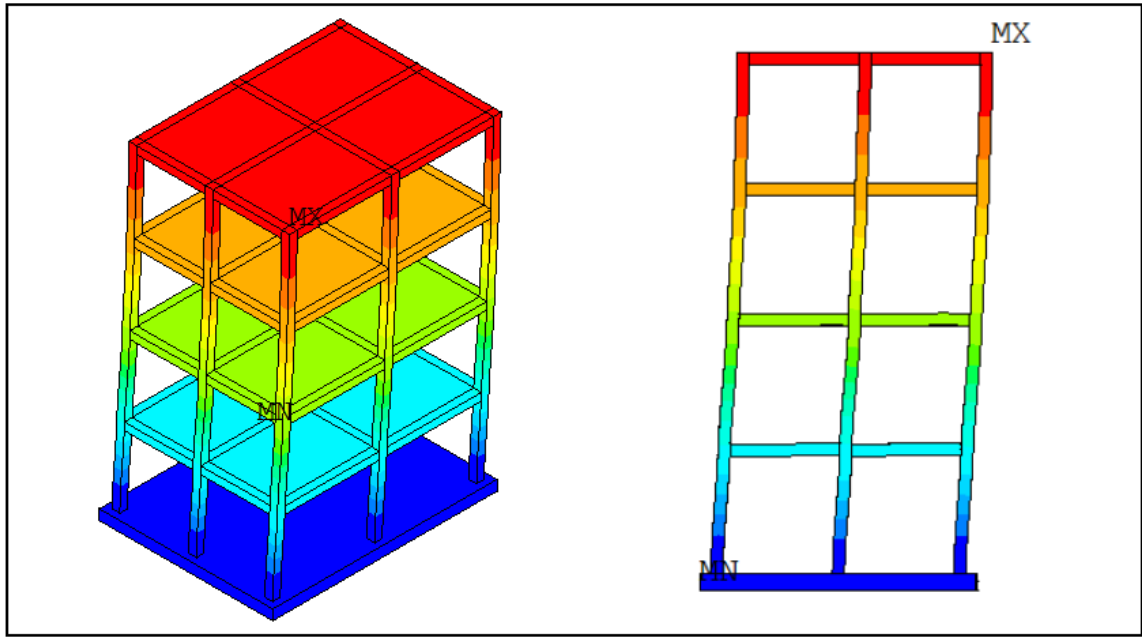
Modal analiz, yapıların belirli bir etkidenden kaynaklı olarak nasıl titreştiğini ve bu hareketler sonucunda oluşan kuvvetlere karşı eğilimini anlamak için yapılan bir analiz çeşididir. Bu analizler sonucunda yapının frekans değerleri buna bağlı olarak yapının o

frekansın oluştuğu anlardaki mod şekilleri elde edilir. Modal analiz sonucu yapının her periyoduna bağlı olarak o periyotlar da yapıda oluşan deformasyon şekillerinin gşsterimine mod şekli denir. Yapıda oluşan bu modlar yapıya hangi kuvvet uygulanırsa uygulansın değişmez. Yapıya daha sonradan etki ettirilecek olan deprem ivmelerinin sonucunda da yapı aynı modal hareketleri yapar. Modal analiz bize yapının hangi kuvvet olursa olsun yapı bu kuvvet altında yapacağı hareketi řn gşsterim olarak sunar. Yapıya etki ettirilecek ivmeye bağlı olarak yapıda oluşan yer değiştirmeler değişiklik gşsterir.

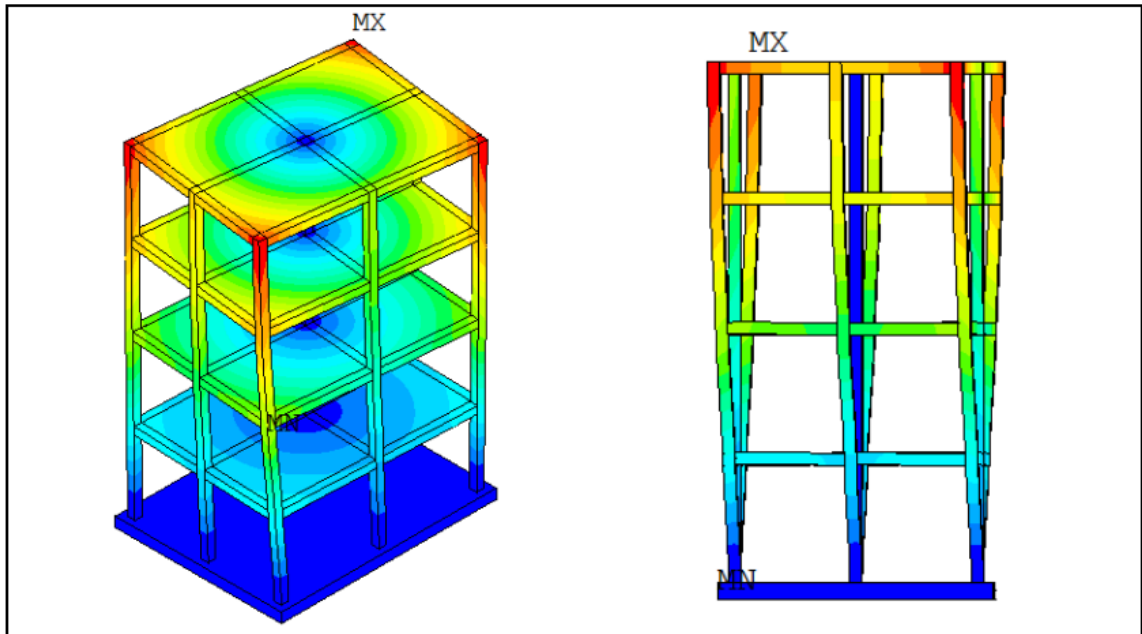
Yapılan alışma da 4 farklı model için yapının ilk 3 frekansına ait mod şekilleri şekil 2.17 - şekil 2.28 arasında verilmiş ve bu mod şekilleri bir konut için istenilen formda olduğu gşrşlmşştşr.



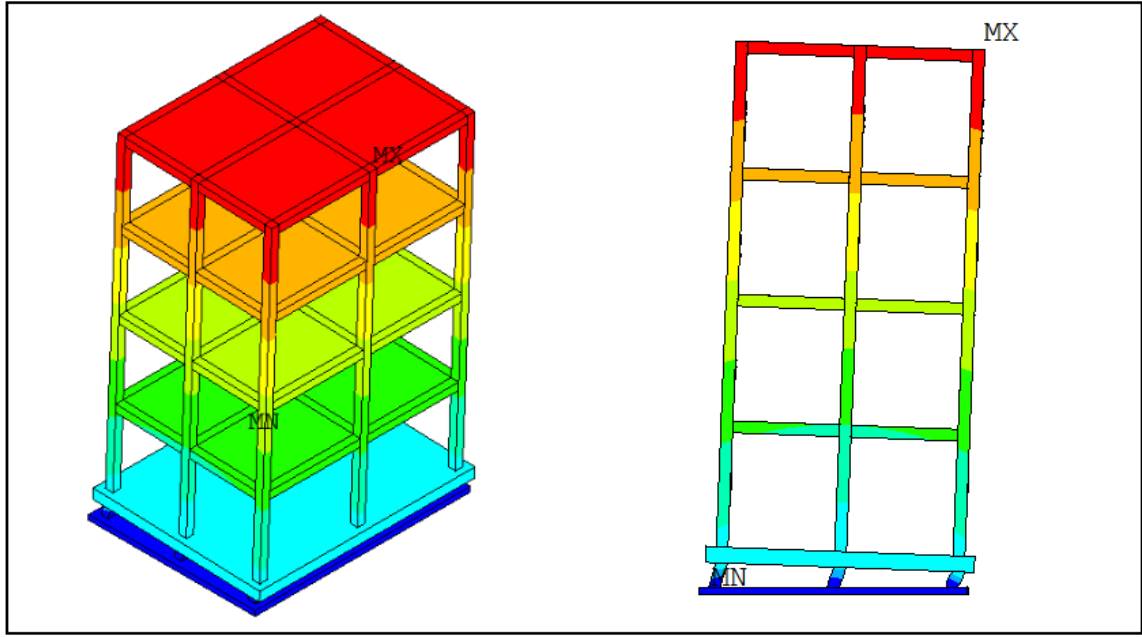
şekil 2.17. Model-1 mod 1



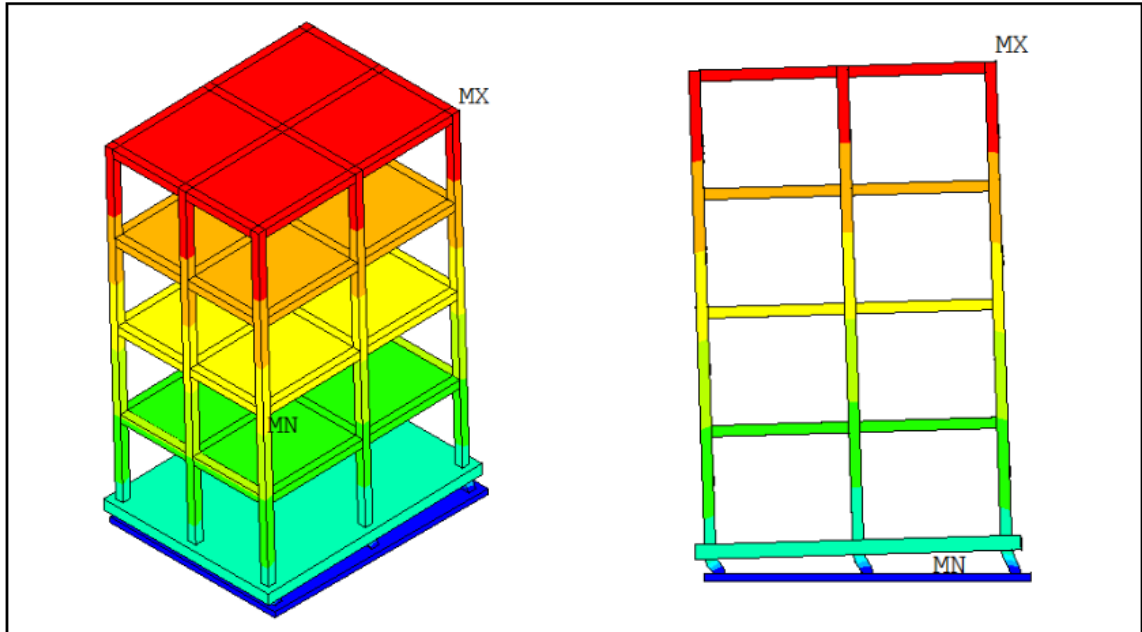
Şekil 2.18. Model-1 mod 2



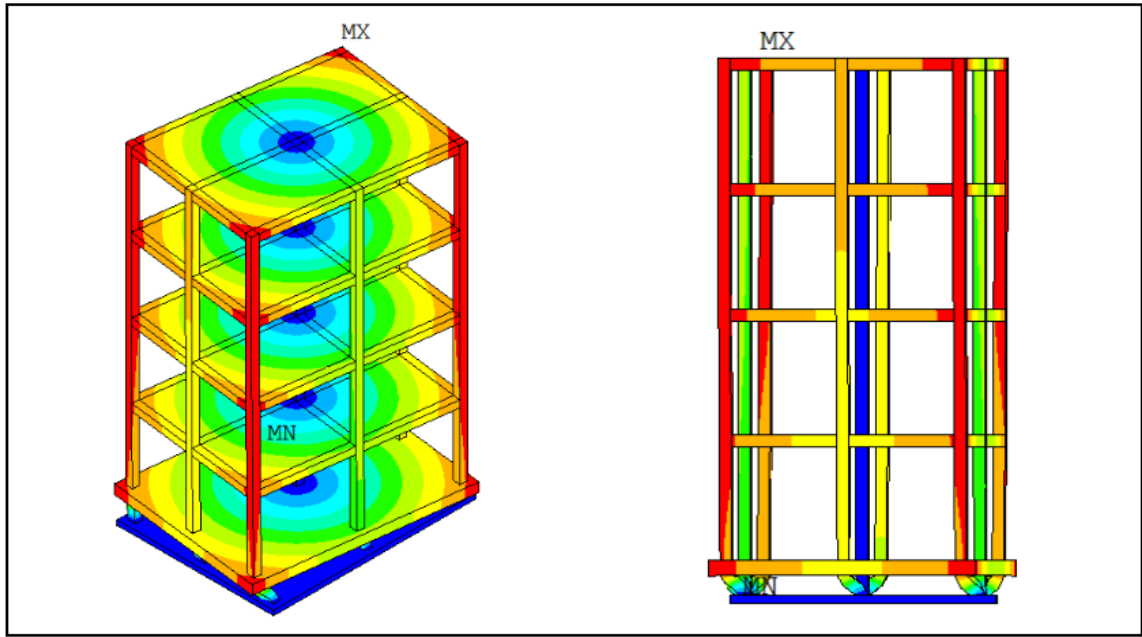
Şekil 2.19. Model-1 mod 3



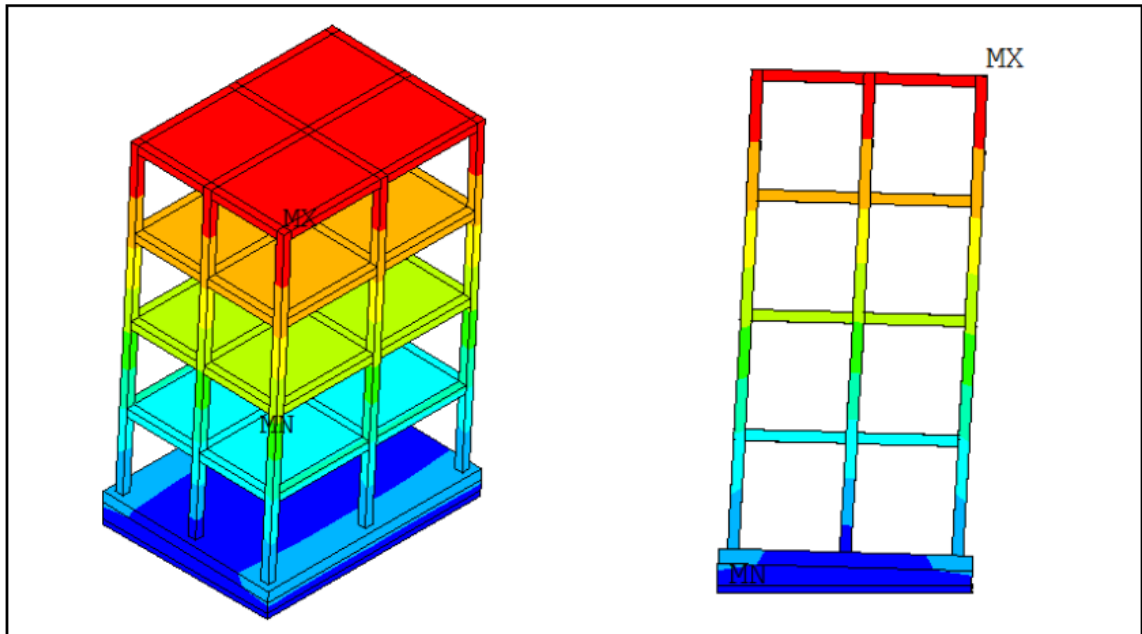
Şekil 2.20. Model-2 mod 1



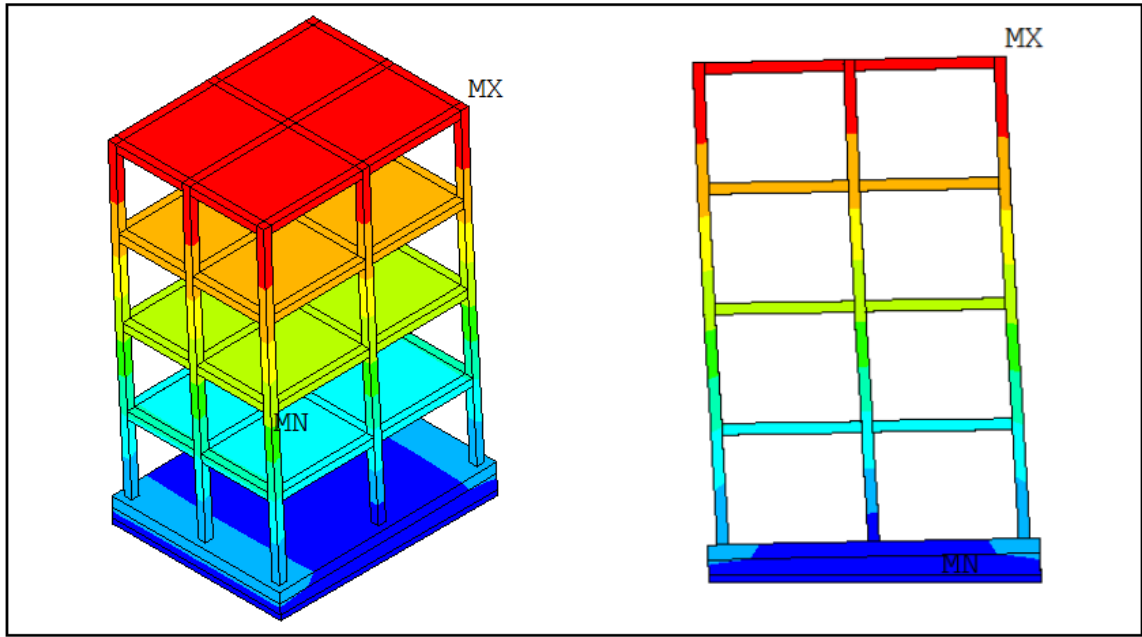
Şekil 2.21. Model-2 mod 2



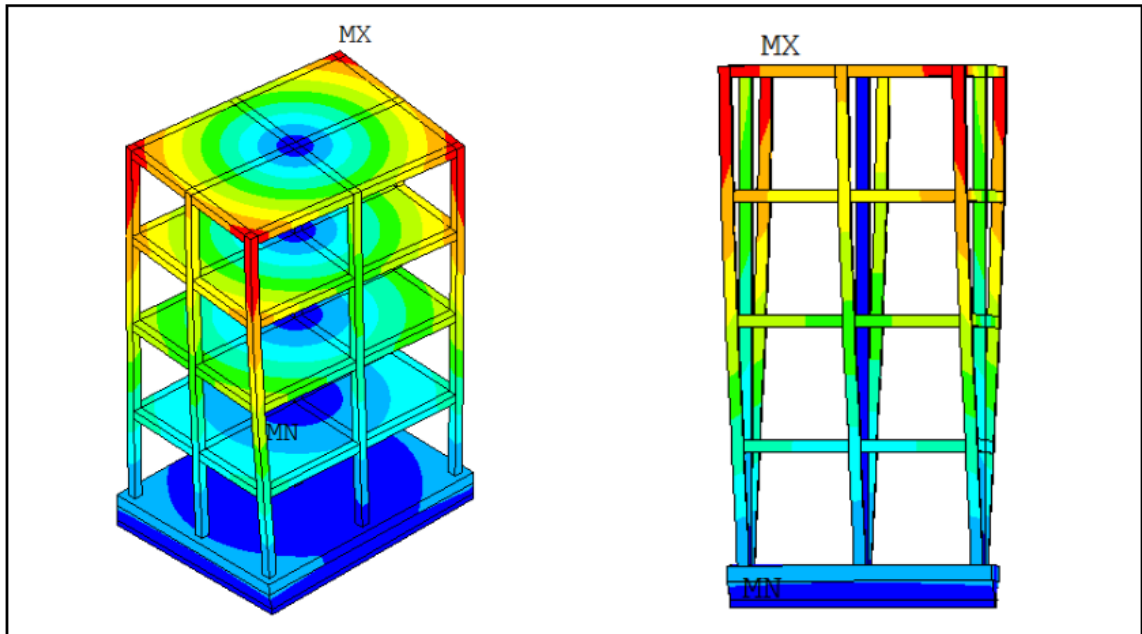
Şekil 2.22. Model-2 mod 3



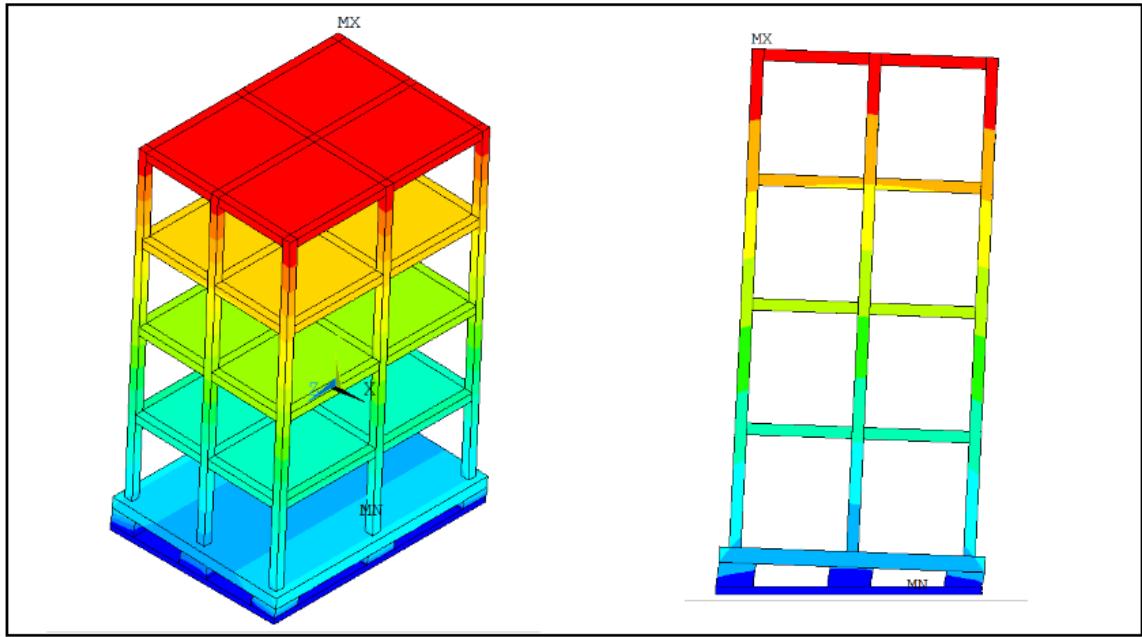
Şekil 2.23. Model-3 mod 1



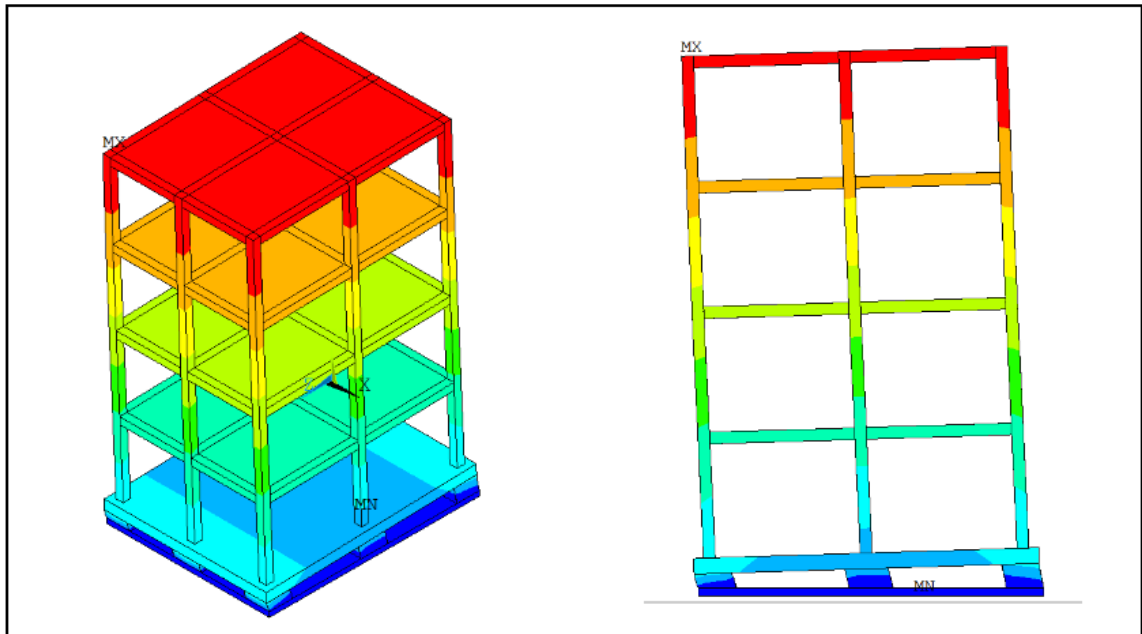
Şekil 2.24. Model-3 mod 2



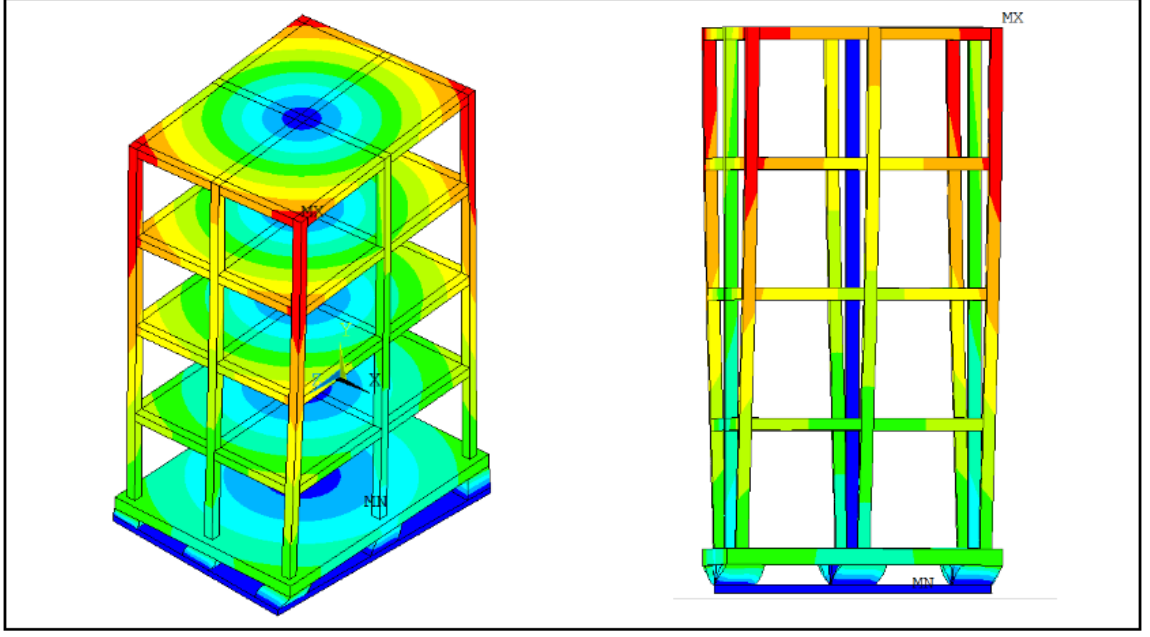
Şekil 2.25. Model-3 mod 3



Şekil 2.26. Model-4 mod 1



Şekil 2.27. Model-4 mod 2



Şekil 2.28. Model-4 mod 3

2.5. Rayleigh Sönüm Katsayısının Hesabı

Rayleigh sönüm katsayısının hesabı için ANSYS programında yapılan modal analiz sonucunda elde edilen kütle katılım oranının toplamı %90 değerine ulaştığı modlar hesaba katılmıştır. Yapının ilk beş modunda kütle oranının %90'a ulaştığı varsayılmıştır. Bu sebeple mod-1 ve mod-5'ten elde edilen frekans değerleri dikkate alınarak aşağıda verilen denklem (2.1) ve (2.2)'de verilen eşitlikler kullanılarak hesaplanacaktır.

$$\alpha = 2\zeta \frac{w_i w_j}{(w_i + w_j)} \quad (2.1)$$

$$\beta = \frac{2\zeta}{(w_i + w_j)} \quad (2.2)$$

Denklem (2.1) ve (2.2)'de α , β rayleigh sönüm katsayılarını, ζ sönüm oranını, w_i ve w_j açısal hızı ifade etmektedir. Açısal hız değerleri denklem (2.3) ve (2.4) kullanılarak elde edilecektir.

$$w_i = 2\pi f_i \quad (2.3)$$

$$w_j = 2\pi f_j \quad (2.4)$$

Denklem (2.3) ve (2.4)'de f_i mod-1' ait frekans değerini, f_j ise mod-5'e ait frekans değerini ifade etmektedir.

Her model tipi için frekans değerleri ANSYS programı sol menüsünden **General Postproc > Results Summary** sekmelerine tıklanarak **SET, LIST Command** sonuç ekranından alınır.

2.5.1. Model-1 Ait Rayleigh Sönüm Katsayılarının Bulunması

Tablo.2.3. Model-1'e ait mod değerleri

Mod	Frekans [Hz]
1	2.1453
2	2.2613
3	2.7710
4	6.6577
5	6.9445

Model-1'e ait mod-1 ve mod-5'te elde edilen frekans değerlerine bağlı olarak sırasıyla denklem (2.3) ve (2.4) kullanılarak açısal hız değerleri aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$w_i = 2\pi f_i \Rightarrow w_1 = 2\pi f_1 = 2 \times \pi \times 2.1453 \Rightarrow \underline{w_1 = 13.479 [rad / sn]}$$

$$w_j = 2\pi f_j \Rightarrow w_5 = 2\pi f_5 = 2 \times \pi \times 6.9445 \Rightarrow \underline{w_5 = 43.630 [rad / sn]}$$

Model-1'e ait elde edilen açısal hız değerleri kullanılarak denklem (2.1) ve (2.2)' göre rayleigh sönüm katsayıları aşağıdaki gibi hesaplanır. Sönüm oranı $\zeta = 5\%$ olarak dikkate alınacaktır.

$$\alpha = 2\zeta \frac{w_1 w_5}{(w_1 + w_5)} = (2 \times 0.05) \times \frac{(13.479 \times 43.630)}{(13.479 + 43.630)} \Rightarrow \underline{\underline{\alpha = 1.0298}}$$

$$\beta = \frac{2\zeta}{(w_1 + w_5)} = \frac{(2 \times 0.05)}{(13.479 + 43.630)} \Rightarrow \underline{\underline{\beta = 0.001751}}$$

2.5.2. Model-2 Ait Rayleigh Sönüm Katsayılarının Bulunması

Tablo.2.4. Model-2'e ait mod değerleri

Mod	Frekans [Hz]
1	0.4175
2	0.4846
3	0.7676
4	1.0975
5	1.1815

Model-2'e ait mod-1 ve mod-5'te elde edilen frekans değerlerine bağlı olarak sırasıyla denklem (2.3) ve (2.4) kullanılarak açısal hız değerleri aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$w_i = 2\pi f_i \Rightarrow w_1 = 2\pi f_1 = 2 \times \pi \times 0.4175 \Rightarrow \underline{\underline{w_1 = 2.6230 [rad / sn]}}$$

$$w_j = 2\pi f_j \Rightarrow w_5 = 2\pi f_5 = 2 \times \pi \times 1.1815 \Rightarrow \underline{\underline{w_5 = 7.4236 [rad / sn]}}$$

Model-2'e ait elde edilen açısal hız değerleri kullanılarak denklem (2.1) ve (2.2)' göre rayleigh sönüm katsayıları aşağıdaki gibi hesaplanır. Sönüm oranı $\zeta = 0.45$ olarak dikkate alınacaktır.

$$\alpha = 2\zeta \frac{w_1 w_5}{(w_1 + w_5)} = (2 \times 0.45) \times \frac{(2.6230 \times 7.4236)}{(2.6230 + 7.4236)} \Rightarrow \underline{\underline{\alpha = 1.7444}}$$

$$\beta = \frac{2\zeta}{(w_1 + w_5)} = \frac{(2 \times 0.45)}{(2.6230 + 7.4236)} \Rightarrow \underline{\underline{\beta = 0.0896}}$$

2.5.3. Model-3 Ait Rayleigh Sönüm Katsayılarının Bulunması

Tablo.2.5. Model-3'e ait mod değerleri

Mod	Frekans [Hz]
1	1.4280
2	1.5635
3	2.4380
4	5.8104
5	5.9211

Model-3'e ait mod-1 ve mod-5'te elde edilen frekans değerlerine bağlı olarak sırasıyla denklem (2.3) ve (2.4) kullanılarak açısal hız değerleri aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$w_i = 2\pi f_i \Rightarrow w_1 = 2\pi f_1 = 2 \times \pi \times 1.4280 \Rightarrow w_1 = 8.9724 [\text{rad} / \text{sn}]$$

$$w_j = 2\pi f_j \Rightarrow w_5 = 2\pi f_5 = 2 \times \pi \times 5.9211 \Rightarrow w_5 = 37.2034 [\text{rad} / \text{sn}]$$

Model-3'e ait elde edilen açısal hız değerleri kullanılarak denklem (2.1) ve (2.2)' göre rayleigh sönüm katsayıları aşağıdaki gibi hesaplanır. Sönüm oranı $\zeta = 0.03$ olarak dikkate alınacaktır.

$$\alpha = 2\zeta \frac{w_1 w_5}{(w_1 + w_5)} = (2 \times 0.03) \times \frac{(8.9724 \times 37.2034)}{(8.9724 + 37.2034)} \Rightarrow \underline{\underline{\alpha = 0.4337}}$$

$$\beta = \frac{2\zeta}{(w_1 + w_5)} = \frac{(2 \times 0.03)}{(8.9724 + 37.2034)} \Rightarrow \underline{\underline{\beta = 0.001299}}$$

2.5.4. Model-4 Ait Rayleigh Sönüm Katsayılarının Bulunması

Tablo.2.6. Model-4'e ait mod değerleri

Mod	Frekans [Hz]
1	0.8458
2	1.0006
3	1.7619
4	2.7526
5	2.8104

Model-4'e ait mod-1 ve mod-5'te elde edilen frekans değerlerine bağlı olarak sırasıyla denklem (2.3) ve (2.4) kullanılarak açısal hız değerleri aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$w_i = 2\pi f_i \Rightarrow w_1 = 2\pi f_1 = 2 \times \pi \times 0.8458 \Rightarrow \underline{w_1 = 5.3143 [rad / sn]}$$

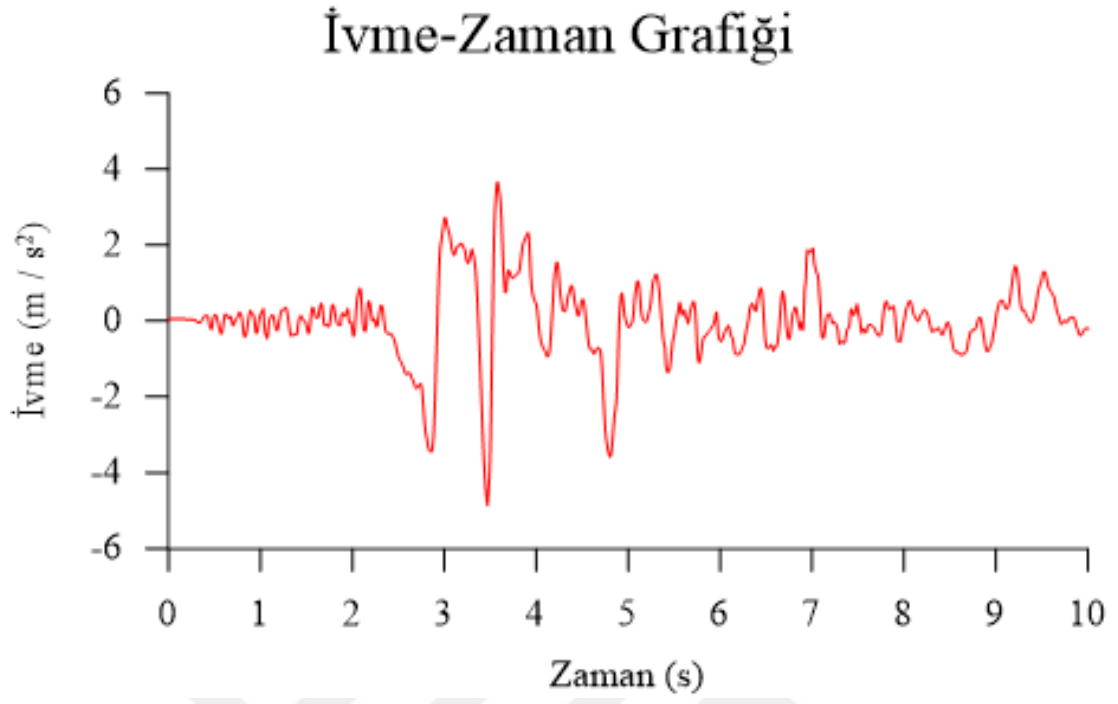
$$w_j = 2\pi f_j \Rightarrow w_5 = 2\pi f_5 = 2 \times \pi \times 2.8104 \Rightarrow \underline{w_5 = 17.6583 [rad / sn]}$$

Model-4'e ait elde edilen açısal hız değerleri kullanılarak denklem (2.1) ve (2.2)' göre rayleigh sönüm katsayıları aşağıdaki gibi hesaplanır. Sönüm oranı $\zeta = \%3$ olarak dikkate alınacaktır.

$$\alpha = 2\zeta \frac{w_1 w_5}{(w_1 + w_5)} = (2 \times 0.03) \times \frac{(5.3143 \times 17.6583)}{(5.3143 + 17.6583)} \Rightarrow \underline{\underline{\alpha = 0.2451}}$$

$$\beta = \frac{2\zeta}{(w_1 + w_5)} = \frac{(2 \times 0.03)}{(5.3143 + 17.6583)} \Rightarrow \underline{\underline{\beta = 0.002612}}$$

Analizler için tek bir ivme kaydı kullanılmıştır. Bu ivme kaydı Erzincan depremine ait 10 saniyelik bir ivme kaydıdır. Yer değiştirmeler, ivmeler ve rölatif yer değiştirmeler Erzincan depremi ivme kaydıyla oluşturulmuştur. İvme-Zaman grafiği şekil 2.29'da verilmiştir.



Şekil 2.29. Erzincan depremine ait ivme-zaman grafiği

3. BULGULAR

Sismik taban izolasyonlu yapı modelinin analizleri tamamlanmış ve değerlendirmeye alınmıştır. Bu tip yapı analizlerinde yapının yer değiştirmesi, ivmesi, yapı modları ve rölatif yer değiştirmeleri değerlendirilmektedir. 4 farklı model için yer değiştirmeler, ivmeler ve rölatif yer değiştirmeler tablo ve şekillerle verilmiş ve yorumlanmıştır.

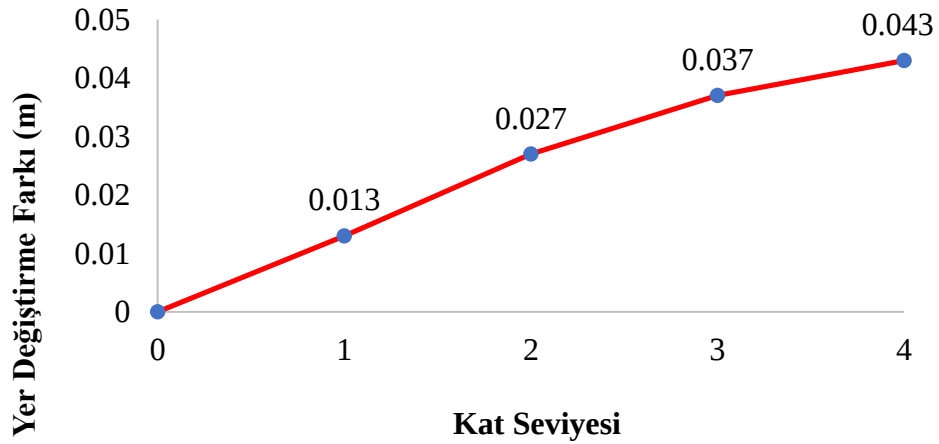
Analizler için tek bir ivme kaydı kullanılmıştır. Bu ivme kaydı Erzincan depremine ait 10 saniyelik bir ivme kaydıdır. İvme-Zaman grafiği şekil 3.18’de verilmiştir.

3.1. Yapıda Oluşan Yer Değiştirmeler

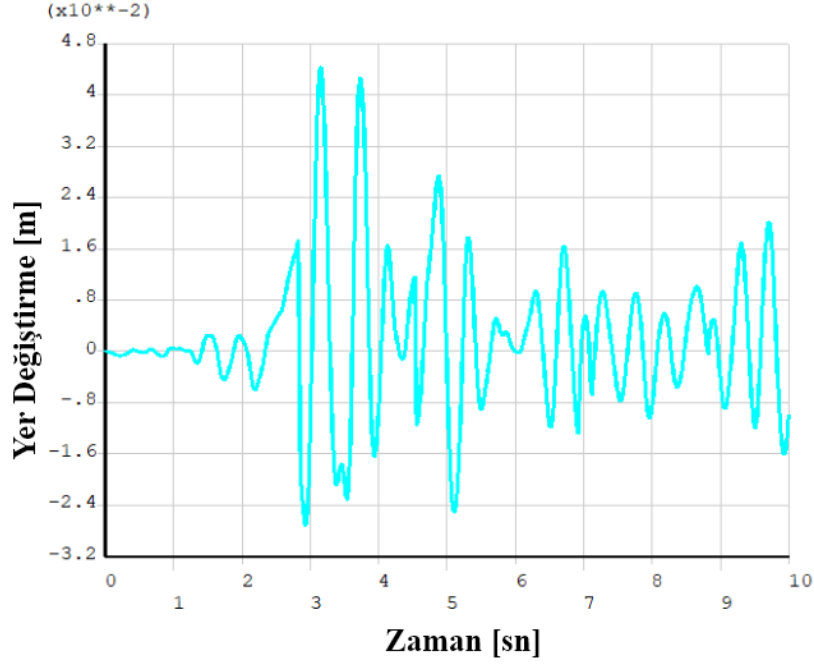
Yapı sadece betonarme haliyle modellenmiştir. Bu modele model-1 adı verilmektedir.

Tablo 3.1. Model-1’e ait katlarda oluşan maksimum yer değiştirmeler

Kat Seviyesi	Yer Değiştirme (m)
0	0.278444
1	0.291566
2	0.305784
3	0.315782
4	0.321037



Şekil 3.1. Model-1’e ait katlarda oluşan yer değiştirme farkları

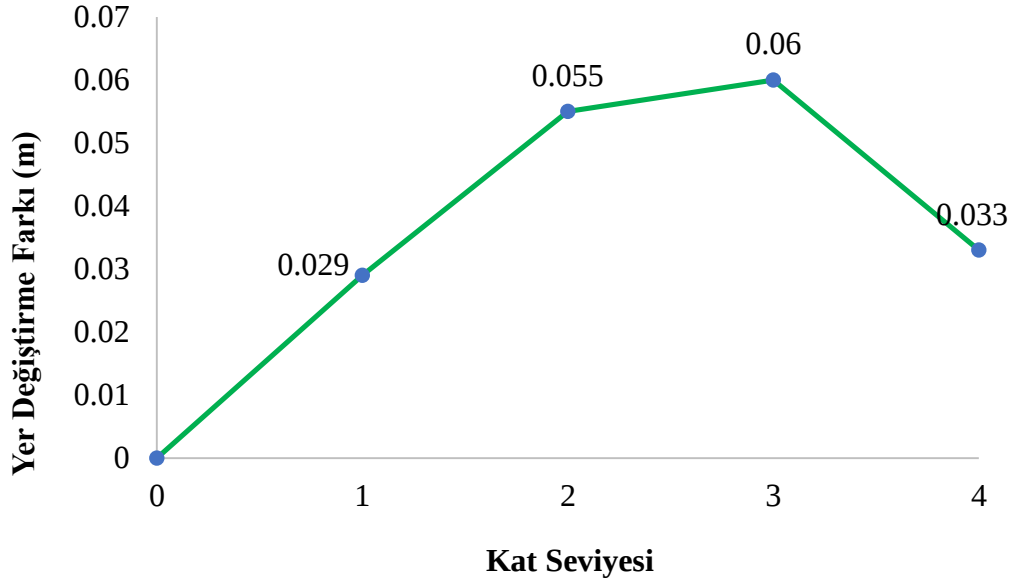


Şekil 3.2. Model-1 dördüncü kata ait zamana bağlı yer değiştirme grafiği

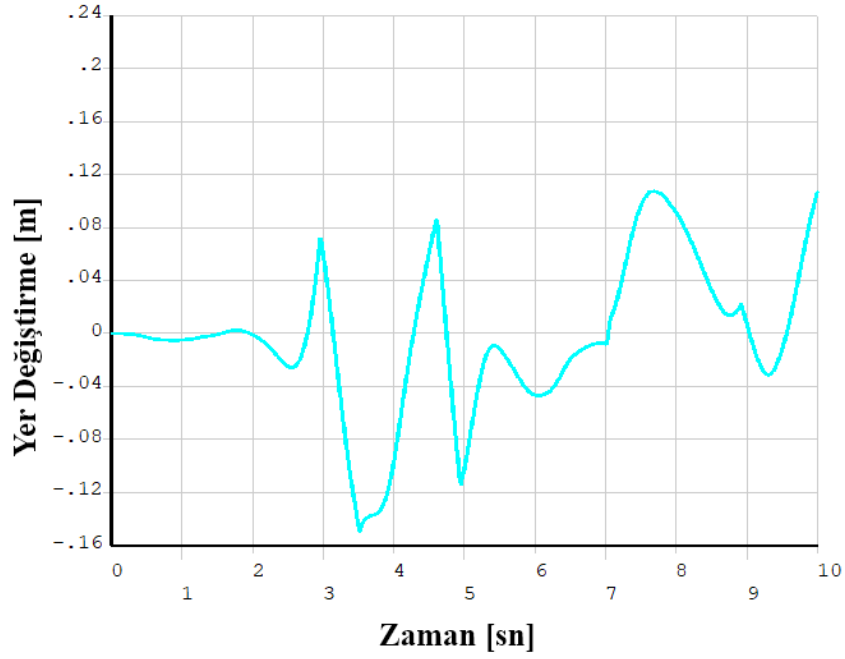
Yapı modeline sadece izolatör eklendiği haline ise model-2 adı verilmiştir. Bu modelde yapıya eklenen izolatör tabanın yapıda oluşturduğu etkiler değerlendirilmektedir.

Tablo 3.2. Model-2'e ait katlarda oluşan maksimum yer değiştirmeler

Kat Seviyesi	Yer Değiştirme (m)
0	0.192192
1	0.163142
2	0.136865
3	0.132493
4	0.159558



Şekil 3.3. Model-2'e ait katlarda oluşan yer değiştirme farkları

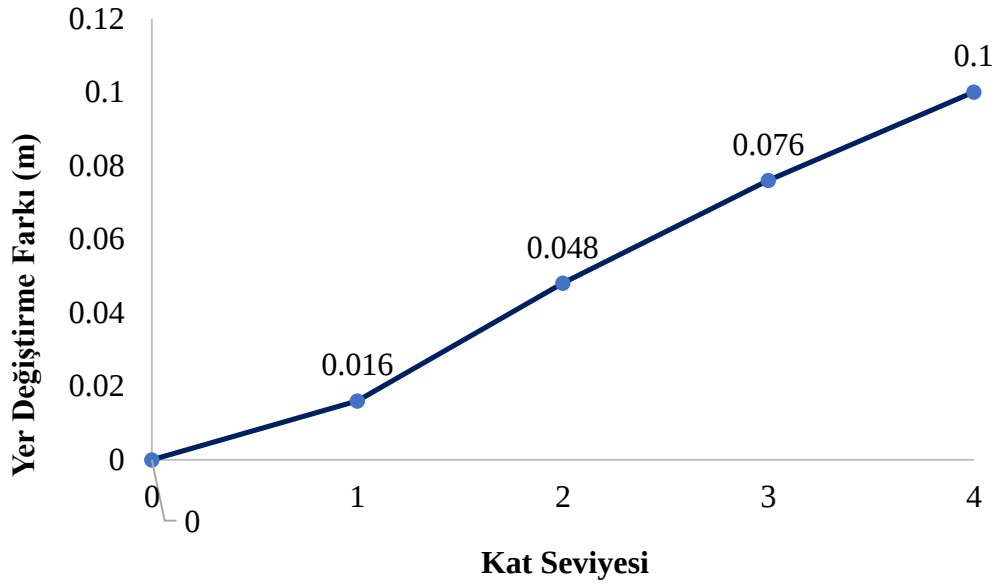


Şekil 3.4. Model-2 dördüncü kata ait zamana bağlı yer değiştirme grafiği

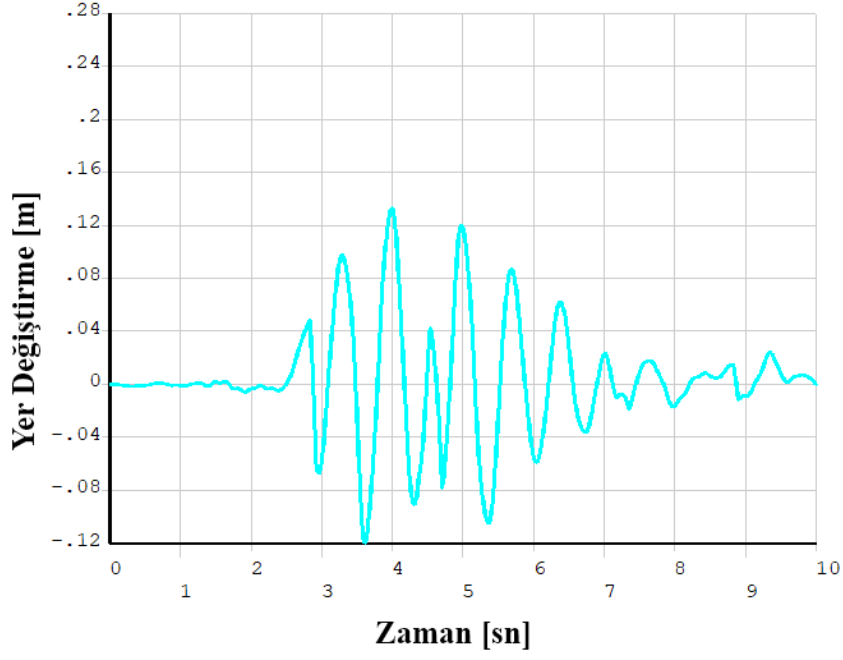
Yapıya eklenen izolatör sisteme ek olarak yapının taban blokları arasına yüksek dayanıma sahip köpük eklenmiş ve tamamen kapalı bir alan elde edilmiştir. Yapının bu haline ise model-3 adı verilmiştir. Bu modelde de diğer modellerde olduğu gibi yapının yer değiştirmeleri incelenmiştir.

Tablo 3.3. Model-3'e ait katlarda oluşan maksimum yer değiştirmeler

Kat Seviyesi	Yer Değiştirme (m)
0	0.277818
1	0.293948
2	0.325435
3	0.353534
4	0.376848



şekil 3.5. Model-3'e ait katlarda oluşan yer değiştirme farkları

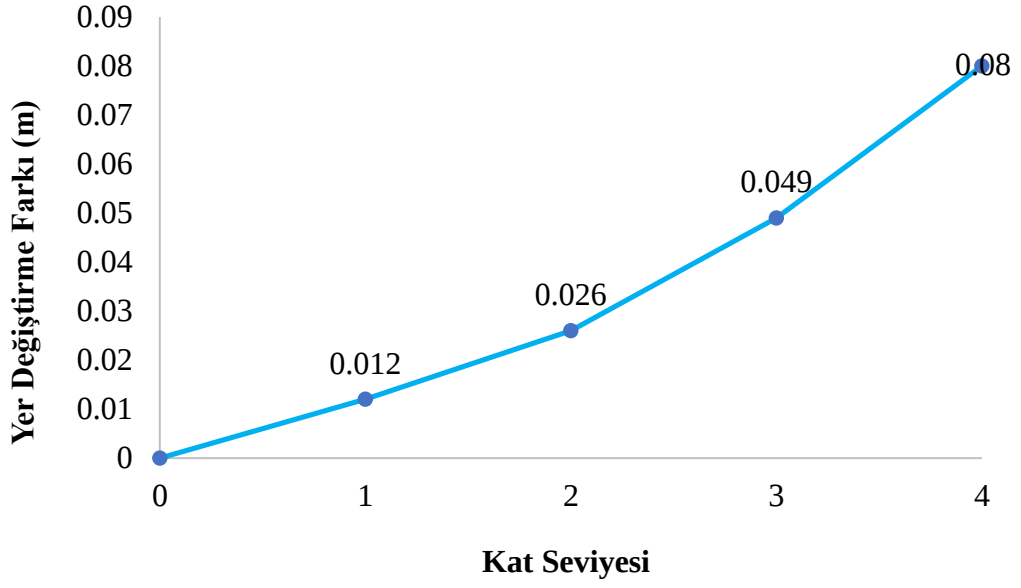


Şekil 3.6. Model-3 dördüncü kata ait zamana bağlı yer değiştirme grafiği

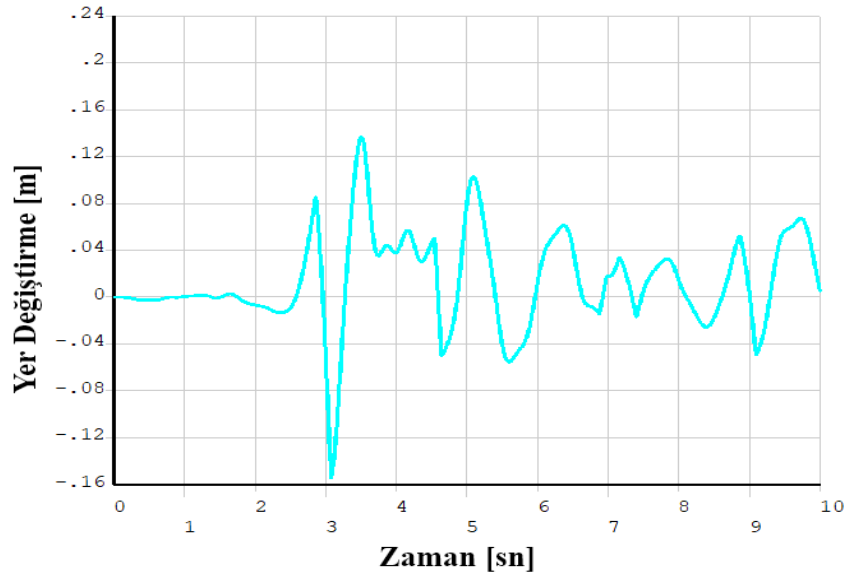
Son model olarak yapıda oluşturulan yüksek dayanımlı köpük bloğun alanını küçülterek oluşturulmuş olan modele model-4 adı verilmiştir. Bu modelde köpük bloğun büyüklüğünün yapıya katacağı etkiler değerlendirilmiştir ve bu etkilerin yer değiştirmeler üzerindeki etkisi incelenmiştir.

Tablo 3.4. Model-4'e ait katlarda oluşan maksimum yer değiştirmeler

Kat Seviyesi	Yer Değiştirme (m)
0	0.304539
1	0.317009
2	0.330134
3	0.353756
4	0.385363



Şekil 3.7. Model-4'e ait katlarda oluşan yer değiştirme farkları



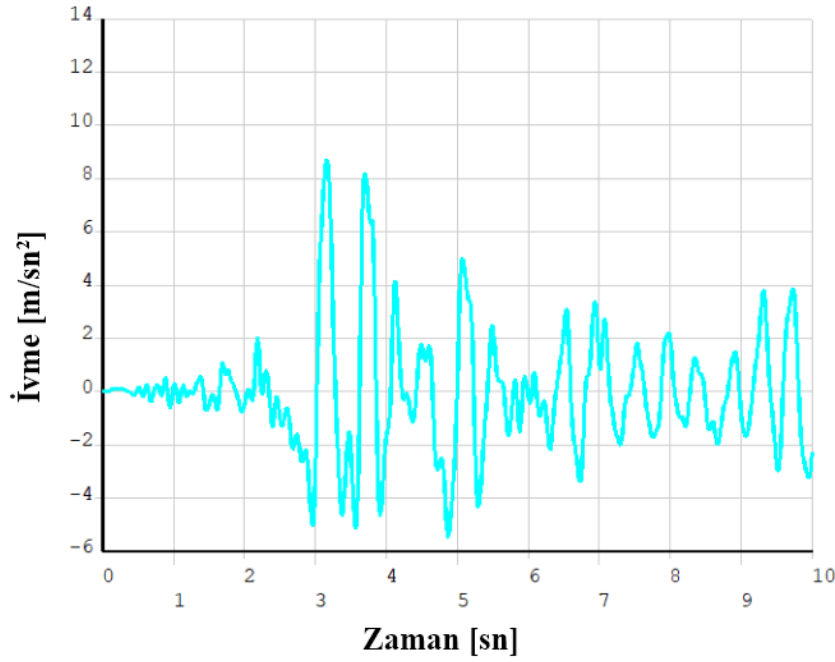
Şekil 3.8. Model-4 dördüncü kata ait zamana bağlı yer değiştirme grafiği

Yer değiştirme grafiklerine ve tablolara bakarak yapının saf modelinde yani model-1 de oluşan yer değiştirmeler sisteme izolatör eklenmesi sonucunda model-2 de 3.kata kadar artarken 4.katta azalmıştır. Bu da yapı modelinin daha yüksek kata ihtiyaç duyabileceğini gösterebilir. İzolatör sistemleri yapılarda oluşan yer değiştirmeyi artırabilir. Yapının yıkıcı etkisinin ortadan kalkması için periyot uzar ve oluşan yer değiştirmelerde artış gözlenebilir.

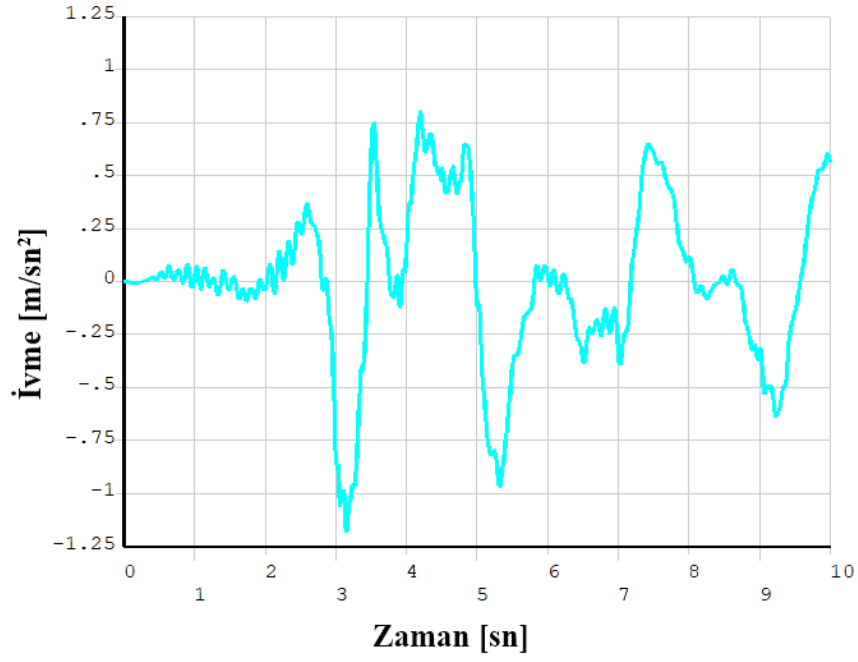
Bu yüzden sadece yer değiştirme ile kıyas yapmak yerine ivmelerle birlikte değerlendirmek daha doğru bir sonuç ortaya koyacaktır.

3.2. Yapıda Oluşan İvme Değerleri

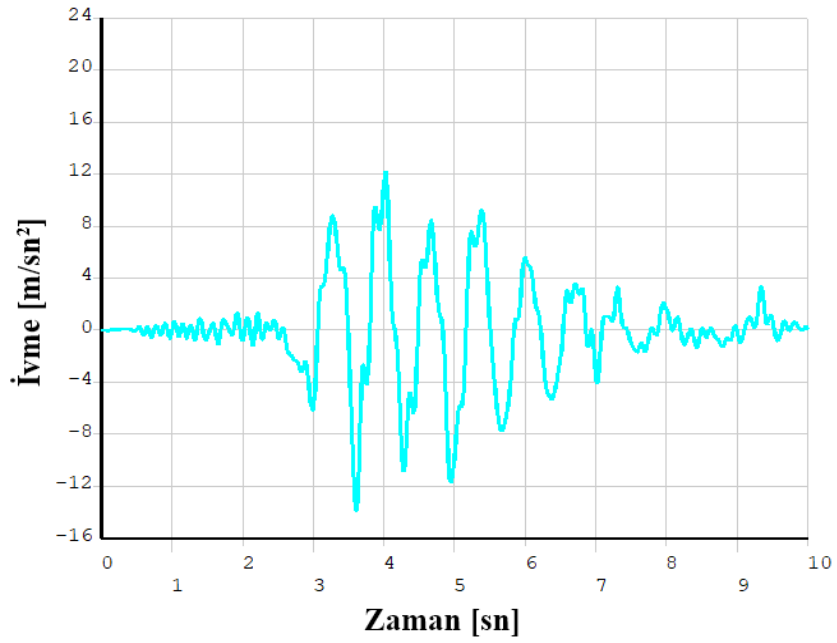
İvme yapıların deprem analizleri sonucunda değerlendirilmesi için olduğa önemli bir parametredir. Yapıda oluşan yıkıcı etkiyi ifade edebilecek bir etkidir. İvme ne kadar büyükse yapıda oluşacak hasarda o kadar büyük olabilmektedir. İzolatörlerin amacı yapıda oluşan ivmeyi azaltarak yapının alacağı hasarı azaltmaktır. Bu sebeple yapıda kullanılan izolatör yapıda oluşacak yer değiştirmeyi istenen ölçüde artırıp ivmeyi azaltarak yapıda oluşacak bir hasarın önüne geçmeyi amaçlamaktadır. 4 farklı yapı modeline göre ivme kayıtları incelenmiştir.



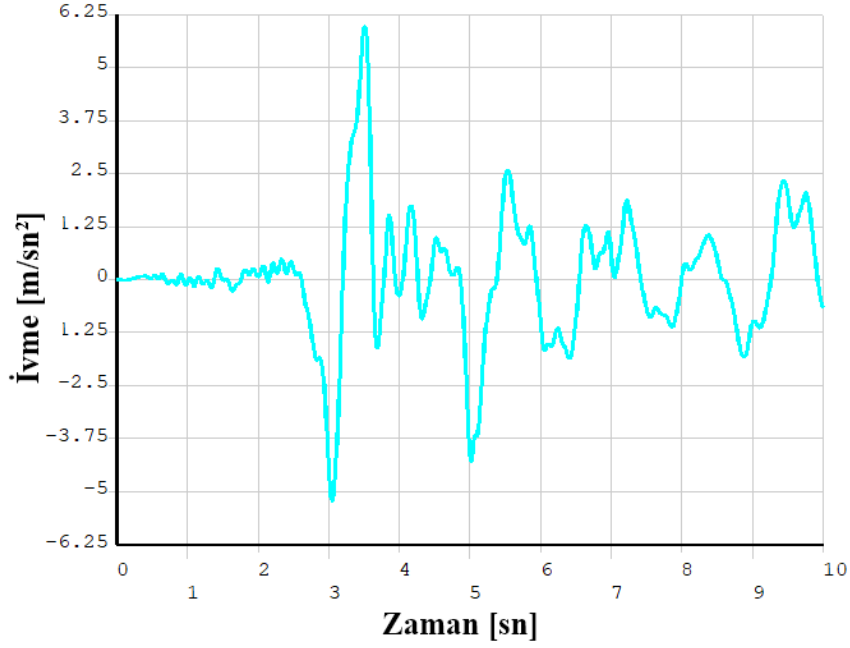
şekil 3.9. Model-1 bina tepe noktasına ait zamana bağlı ivme kaydı



Şekil 3.10. Model-2 bina tepe noktasına ait zamana bağlı ivme kaydı



Şekil 3.11. Model-3 bina tepe noktasına ait zamana bağlı ivme kaydı



Şekil 3.12. Model-4 bina tepe noktasına ait zamana bağlı ivme kaydı

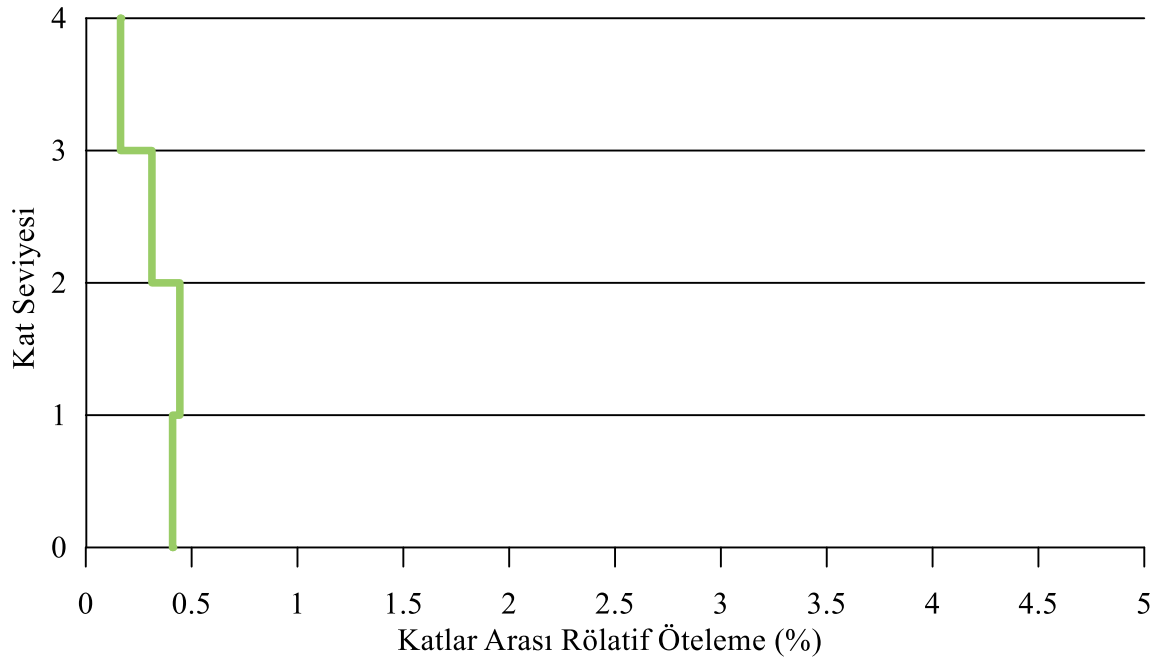
Tüm değerler göz önünde bulundurulduğunda saf modelde yer değiştirme değeri küçükken ivme değeri yüksektir. Yapıya izolatör ekleyerek yapıda oluşan ivme 8 kat azaltılmıştır. Bu da yapının deprem şiddetini azaltmıştır. Fakat yer değiştirme istenilen değerden biraz daha fazla artmıştır. Yapıyı daha rijit hale getireceği tahmin edilen yüksek dayanımlı köpük yapıya eklendiğinde ise yapıda oluşan yer değiştirme 1-2 cm azalmış fakat yapının taban blokları arasında kullanılan yüksek dayanımlı köpük yapıyı bir bütün gibi çalıştırdığı için ivme değeri normal modelden daha yüksek değerlere çıkmıştır. Bu uyumsuzluğu ortadan kaldırmak için yapıda bloklar arasında kullanılan yüksek dayanımlı köpüğün alanı küçültülmüş ve öyle analiz edilmiştir. Bunun sonucunda ise yapıda oluşan yer değiştirme sadece izolatörün olduğu modelden 0.6 cm kadar artmış, ivme değeri tamamen köpük kullanılan modele göre yaklaşık olarak 8 m/s^2 kadar azalmıştır. İvme değeri istenilen değerlere yakın hale gelse de oluşan yer değiştirmeler tahmin edilenden fazladır. Değerler tablo 3.5'te verilmiştir.

Tablo 3.5. Tüm modellere ait yer değiştirme ve ivme değerleri

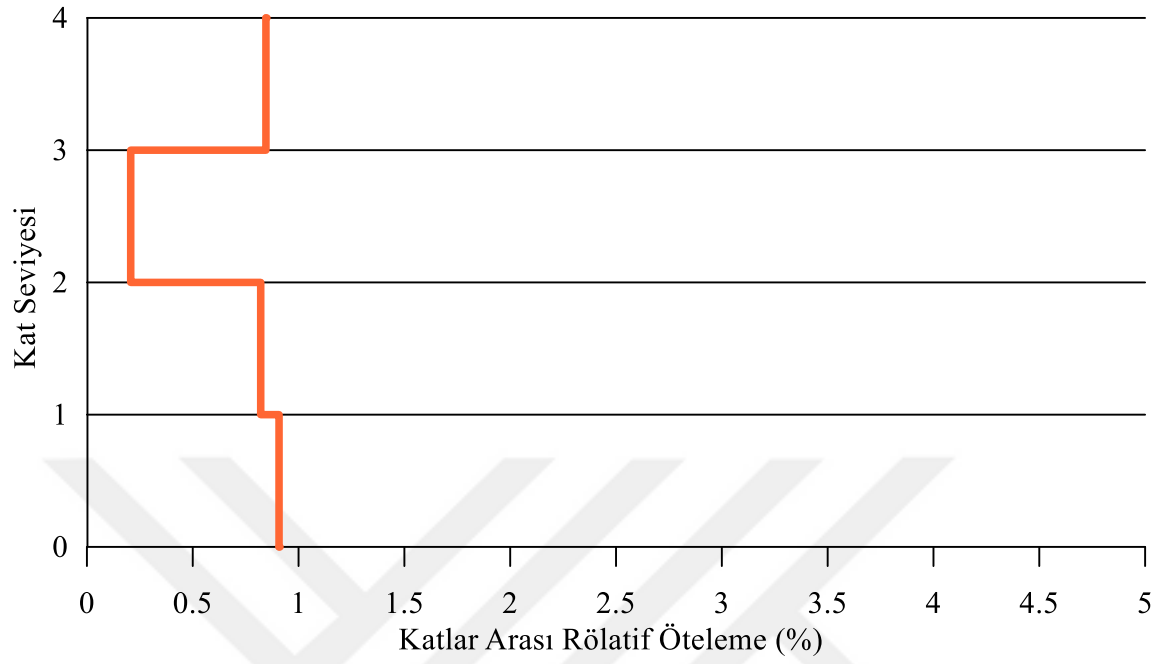
	Yer Değiştirme Farkı (m)	Maksimum İvme (m/sn ²)
Saf Model	0.044199	8.6975
Sadece İzolatör	0.148669	1.1789
İzolatör ve Kısmı Köpük	0.154244	5.9647
İzolatör ve Köpük	0.132917	13.8391

3.3. Katlar Arası Rölatif Yer Değiştirme

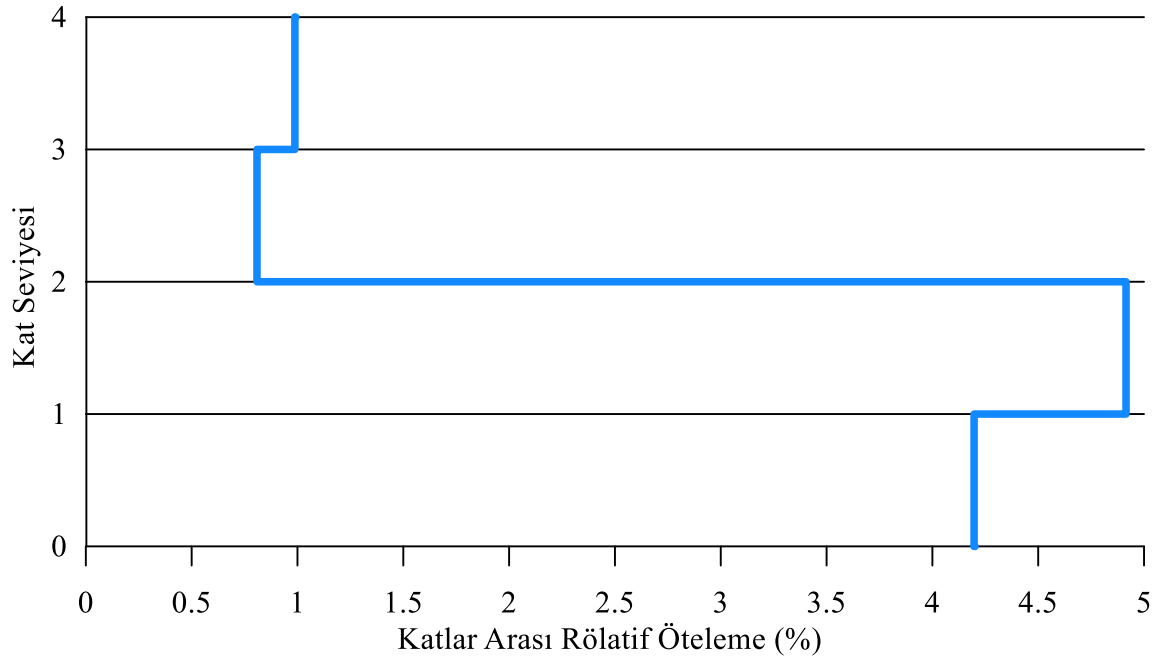
Yapılarda oluşan hasarın değerlendirilmesi için katlar arası ötelenme değerleri oldukça önemli bir parametredir. Binaların sismik analizlerin değerlendirilmesinde kullanılan bir yöntemdir. 4 farklı model için rölatif yer değiştirme grafikleri çizilmiş olup, değerlendirilmiştir. Yer değiştirme verilerine ait grafikler şekil 3.13-şekil 3.17 arasında gösterilmiştir.



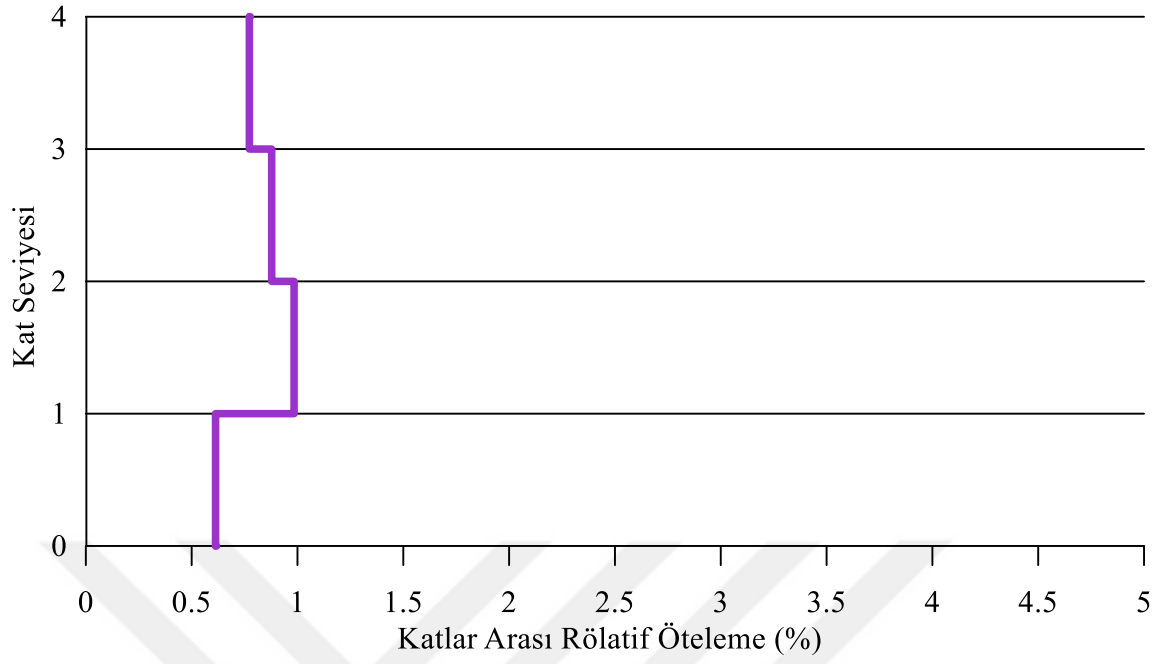
Şekil 3.13. Model-1'e ait rölatif yer değiştirme oranları



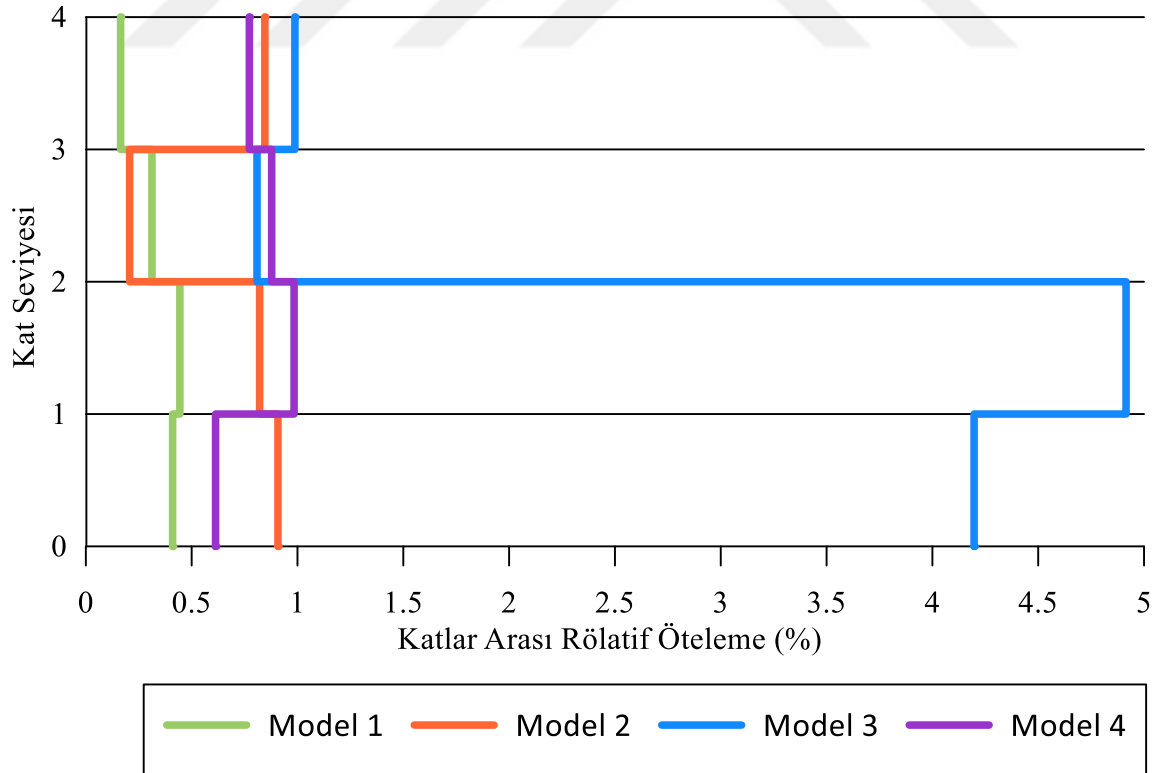
Şekil 3.14. Model-2'e ait rölatif yer değiştirme oranları



Şekil 3.15. Model-3'e ait rölatif yer değiştirme oranları



Şekil 3.16. Model-4'e ait Rölatif Yer Değiştirme Oranları



Şekil 3.17. 4 Modele ait Rölatif Yer Değiştirme Oranları

Rölatif yer değıştirme oranları model-1 e ait grafikte istenilen formdadır. Kat yüksekliği arttıkça yer değıştirme oranının azalması beklenmektedir. Yapıya izolatör eklendiğinde yapıda oluşan rölatif yer değıştirmeler kat yükseldikçe azalmakta fakat değeri olarak artmaktadır. Yapıya hem izolatör hem de bloklar arası tamamen köpük kullanıldığı formunda ise rölatif yer değıştirmeler kat arttıkça azalmakta hem de değeri saf modele yakın olduğu görölmüşür. Bloklar arası kısmi olarak köpük kullanılan modelde ise ilk iki katta oluşan rölatif yer değıştirme beklenilenin çok üstünde artmış son iki katta ise ortalama değeriye yaklaştığı gözlemlenmiştir. Yapı da oluşan bu rölatif yer değıştirmeler sonucunda yapıda beklenen form model-4'te yaklaşık olarak görölmüşür.



4. SONUÇ

Yapılan çalışmada bitüm-kum karışımı ve yüksek dayanımlı köpüğün birleştirilmesiyle elde edilen izolasyon sisteminin, Erzincan depreminden elde edilen ivme kaydının etki ettirildiği 4 katlı bir yapı üzerindeki performansı değerlendirilmiştir. Kullanılan sismik izolasyon sisteminin ve köpüğün yapıya kattığı avantaj ve dezavantajlar incelemiştir.

- İzolasyon sistemlerinin ivme üzerindeki etkisi bu çalışmada belirlenmiştir ve saf modelde oluşan ivmeler, sisteme izolatör eklenmesiyle yüksek oranda azaltılmıştır.
- İzolasyon sistemleri yapının frekansını düşürdüğü için yapının periyodu artmış ve bu sebeptendir ki yapıda oluşan yer değiştirme artmıştır.
- İzolatör malzemesi ile birlikte çalışması beklenen yüksek dayanımlı köpük malzemesi, yapının saf modeli ile izolatör sistemi arasında değerlerde olması tahmin edilmiş fakat kullanılan izolatör malzemesi yeterli etkiyi göstermemiştir.
- Yüksek dayanımlı köpük taban blokları arasında kullanıldığında bloklar arası yeterli sönümü yapacak olan izolatörün çalışmasına kısmen engel olmuştur.
- Yüksek dayanımlı köpük yapının tabanında oluşan etkileri elastik bir cisim gibi yapının tamamına aktarmış bu da yapıda oluşan ivme değerlerinin saf modelden daha fazla noktaya çıkmasına sebep olmuştur.
- Yüksek dayanımlı köpüğün etkin alanı azaltılınca yapıda oluşan yer değiştirmeler artmış fakat ivme değerleri yapının saf modeli ile izolatör kullanılan modelinin arasına denk gelmiştir.
- Alanı azaltılan köpük sonucu sistemde oluşan yer değiştirmeler en büyük değerlerine ulaşmıştır.
- Yapıda oluşan rölatif yer değiştirmeler izolatör ve köpüğün kullanıldığı modelde istenilen formda çıkmış fakat değerler yine saf modelin üstünde olduğu gözlemlenmiştir.
- İzolatör sisteminin hedefi yapıda oluşan yer değiştirmeyi tahammül edilebilir düzeyde artırarak yapıda oluşan etkiyi azaltmaktır. Fakat yer değiştirme artsa bile yapının rölatif yer değiştirmeleri yani katlar arasında oluşan bağıl yer değiştirme izolatörün kullanılmadığı saf modele göre artmıştır.

- Yapıda oluşan bu etkiler yapıda kullanılan Erzincan depreminin ivme kaydı sonucunda yapının hakim periyoduna yakın olduğu ve yer değiştirmelerin bu sebepten istenilen düzeyden fazla arttığı değerlendirilmiştir.
- Sismik izolasyon sisteminin kapsamlı olarak değerlendirilmesi için birden fazla deprem kaydına ihtiyaç duyulmaktadır. Konuyla ilgili yapılacak çalışmaların, çoklu analiz yapılacak şekilde planlanması daha doğru sonuçlara ulaşılmasını sağlayacaktır.
- İzolatör sisteminin birlikte çalışması planlanan malzemenin izolatörün çalışma prensibini etkileyecek veya yapıya başka sorunlar doğuracak malzeme olarak seçilmemesi gerekmektedir.
- Yapı birden fazla kat yüksekliğine sahip bir şekilde modellenip, kullanılan izolatör sisteminin yapı yüksekliğine bağlı olarak ne kadar daha verimli çalışıp çalışmadığı değerlendirilmelidir.
- Analizler sonucunda yapıda kullanılan ivme kaydının, yapıya ait hakim periyoda yakın değerlere gelmesi sonucunda yapı istenilen formun dışına çıkabilmekte ve bu durum izolatör sisteminin yapıya etkisini değerlendirmeyi zorlaştırmaktadır.

5. KAYNAKLAR

- Başdoğan, A. C., 2012. Yapılarda Taban İzolasyonu Sistemleri, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Çetinöz, K., 2018. Bina Tipi Bitişik Yapılarda Sismik Taban İzolatörlerinin Kullanımı, Yüksek Lisans Tezi, Uşak Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Uşak.
- Deliktaş, O., 2010. Kuleli İnşaat Kreninin Tasarımı ve Sonlu Elemanlar, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- D.İ.S., 2011. Deprem İzolatör Sistemleri, T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, I. Baskı, Ankara.
- Kurt, Z., 2019. Ankastre ve Sürtünmeli Sarkaç Mesnetli Binaların Dinamik Davranışlarının Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018' e Göre Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Kuvat, A., 2019. Bitümlü Sönümleyici Geomateryallerin Tasarlanması ve Sismik İzolasyon Amaçlı Kullanılabilirliklerinin Sayısal Olarak İncelenmesi, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Polat, H. İ., 2007. Perde-Çerçeve ve Çerçevelerden Oluşan Yapıların Taban İzolatörleri Kullanılarak Analizi ve Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Waheb, M. H., 2018. Deprem Etkisindeki Yapıların Sismik Taban İzolasyonu ve Çoklu Ayarlı Kütle Sönümleyici Sistemleri ile Karma Korunması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Aydın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Toprak, T., 2012. Burulma Düzensizliği Olan Yapılarda Sismik İzolasyon Kullanımının Deprem Yükleri Altındaki Davranışa Olan Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Tsang, H. H., 2008. Seismic Isolation by Rubber–Soil Mixtures for Developing Countries, Earthquake Engineering & Structural Dynamics, 37, 2, 283-303.
- Yavuz, E., 2008. Sismik İzolasyon Tekniği ve Kullanılışına İlişkin Örnek Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Zardari, S., 2020. Modifiye Bitüm Katkılı Geoteknik Sismik İzolasyon (GSİ) Malzemesi Araştırılması ve Yapı Davranışına Etkisinin İncelenmesi, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Öztürk, B. K., 2007 Yapısal Kontrol Sistemlerinin Değerlendirilmesi ve Taban İzolatörlerinin Betonarme Bir Binaya Uygulanması, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

URL-1, www.arfen.com.tr/sismik-izolatorler. 21 Kasım 2021

URL-2 www.kaucukdergisi.com/tag/yuksek-sonumlu-izolatorler. 21 Kasım 2021

URL-3 www.dokaendustri.com.tr/urunler.php?sayfa=epsizolatorler. 21 Kasım 2021

URL-4 www.structpedia.com/deprem-etkisini-azaltan-elastomerik-mesnetli-sistemler. 21 “ Kasım 2021



ÖZGEÇMİŞ

Mert Ahmet Yılmaz, İlk ve orta öğrenimini 2002- 2010 yılları arasında 100.Yıl İlköğretim Okulu'nda, lise öğrenimini ise 2010-2014 yılları arasında Akçaabat Anadolu Lisesi'nde tamamladı. 2015 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü'nde "Lisans" eğitimine başladı. 01.06.2019 tarihinde İnşaat Mühendisliği bölümünü Onur Öğrencisi olarak tamamladı. 2019 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda "Yüksek Lisans" eğitime başladı.

