

**T.C.
MANİSA CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI
MAKİNE TEORİSİ VE DİNAMİĞİ BİLİM DALI**

**DEPREM ETKİSİ ALTINDAKİ YÜKSEK YAPILARDA TİTREŞİM
ANALİZİ**

Hilmi İLTER

**Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Saim KURAL**



Manisa-2019

TEZ ONAYI

Hilmi İLTER tarafından hazırlanan Deprem Etkisi Altındaki Yüksek Yapılarda Titreşim Analizi adlı tez çalışması 22/ 11 /2019 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri önünde Manisa Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak başarıyla savunulmuştur.

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Saim KURAL
Manisa Bayar Üniversitesi



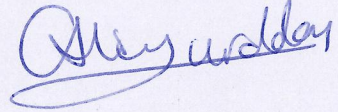
Jüri Üyesi

Doç. Dr. Uğur ÇAVDAR
İzmir Demokrasi Üniversitesi



Jüri Üyesi

Dr. Öğr. Üyesi Ali YURDDAŞ
Manisa Celal Bayar Üniversitesi



TAAHHÜTNAME

Bu tezin Manisa Celal Bayar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü'nde, akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

HİLMİ İLTER



İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER	I
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	III
TABLO DİZİNİ	IV
TEŞEKKÜR.....	VI
ÖZET	VII
ABSTRACT	VIII
1.GİRİŞ	- 1 -
2.GENEL BİLGİLER	- 3 -
2.1 Deprem Nedir	- 3 -
2.1.1 Deprem Riskinin En Çok Olduğu Bölgeler	- 4 -
2.2 Ülkemizde Olan Bazı Büyük Depremler.....	- 5 -
2.2.1 Marmara Depremi.....	- 5 -
2.2.2 Van Depremi.....	- 7 -
2.2.3 Erzincan Depremi	- 8 -
2.3 Depremde Binaya Ne Olur?	- 10 -
2.4 Depremın Yapılar Üzerindeki Etkileri	- 12 -
2.4.1 Zeminin Büyütme Etkisi.....	- 12 -
2.4.2 Doğal Periyotlar	- 12 -
2.4.3 Arazi Cevap Spectrumu:.....	- 17 -
2.4.4 Sönüm:	- 20 -
2.4.5 Dinamik Büyütme:.....	- 22 -
2.4.6 Daha Büyük Kuvvetler ve İlave Direnç:.....	- 23 -
2.4.7 Süneklik:	- 23 -
2.4.8 Dayanım ve Rijitlik:	- 24 -
2.4.9 Kuvvet Dağılımı ve Gerilme Yığılması:.....	- 26 -
2.4.10 Burulma Etkileri:	- 30 -
2.4.11 Yapım Kalitesi:	- 31 -
3. MATARYEL VE YÖNTEMLER.....	- 32 -
3.1 Yapısal Analiz	- 33 -
3.2 Mode Yapısı Analizi.....	- 33 -
3.3 Harmonik Tepki Analizi.....	- 34 -

3.4 Tepki Spektrumu	- 34 -
4. DEPREM ETKİSİ ALTINDAKİ YÜKSEK YAPILARDA TİTREŞİM ANALİZİ -	
35 -	
4.1 Mesh yapısı ve Analizi	- 35 -
4.2 Bina Modelleri.....	- 39 -
4.3 12 Katlı Bina modelleri	- 49 -
4.4 18 Katlı Bina Modelleri ve Deprem Etkileri	- 63 -
4.5 24 Katlı Bina Modelleri.....	- 71 -
4.6 37 Katlı Bina Modelleri.....	- 79 -
4.7 49 Katlı Bina Modelleri.....	- 87 -
SONUÇ VE ÖNERİLER	- 95 -
KAYNAKLAR	- 97 -
ÖZGEÇMİŞ	- 99 -

ŞEKİLLER DİZİNİ

ŞEKİL 2.1. YERKABUĞU HAREKETİNİN ŞEMATİK ANLATIMI	- 3 -
ŞEKİL 2.2. DÜNYA DEPREM RİSK BÖLGELERİ	- 5 -
ŞEKİL 2.3. TÜRKİYE DEPREM RİSK BÖLGELERİ	- 5 -
ŞEKİL 2.4. MARMARA DEPREMİ'NİN YOL AÇTIĞI YIKIM	- 6 -
ŞEKİL 2.5. MARMARA DEPREMİ'NİN YOL AÇTIĞI YIKIM	- 6 -
ŞEKİL 2.6. VAN DEPREMİ'NİN YOL AÇTIĞI YIKIM	- 7 -
ŞEKİL 2.7. VAN DEPREMİ'NİN YOL AÇTIĞI YIKIM	- 8 -
ŞEKİL 2.8. ERZİNCAN DEPREMİ HAKKINDA GAZETE HABERİ.....	- 9 -
ŞEKİL 2.9. ERZİNCAN DEPREMİ'NİN YARATTIĞI YIKIM.....	- 9 -
ŞEKİL 2.10. İSTANBUL DİKİLİ TAŞ	- 11 -
ŞEKİL 2.12. DOĞAL PERİYOT	- 14 -
ŞEKİL 2.13. YÜKSEKLİKLE YAPI PERİYODUNUN DEĞİŞİMİ	- 15 -
ŞEKİL 2.14. SAVUNMASIZ GRUP	- 16 -
ŞEKİL 2.15. TİTREŞİM MODLARI.....	- 17 -
ŞEKİL 2.16. İVME, HIZ VE YER DEĞİŞTİRME İÇİN BASİTLEŞTİRİLMİŞ CEVAP SPECTRUMLARI.....	- 18 -
ŞEKİL 2.17. DEPREM YÖNETMELİKLERİNDE KULLANILAN BASİT BİR CEVAP SPECTRUMU	- 19 -
ŞEKİL 2.18. BAYRAK DİREĞİNİN PERİYODUNU (GÖSTERECEĞİ DAVRANIŞI) DEĞİŞTİRME HUSUSUNDA YAPILABİLECEK İŞLEMLER: HER DEĞİŞİM PERİYODU KISALTIR.	- 19 -
ŞEKİL 2.19. FARKLI SÖNÜM ORANLARI İÇİN CEVAP SPECTURUMLARI	- 22 -
ŞEKİL 2.20.SÜNEKLİK	- 24 -
ŞEKİL 2.21. KAT ÖTELEME ORANI	- 25 -
ŞEKİL 2.22. DAYANIM VE RİJİTLİK	- 26 -
ŞEKİL 2.23. KUVVET DAĞILIMI VE RİJİTLİK	- 27 -
ŞEKİL 2.24. KISA KOLON PROBLEMİ.....	- 28 -
ŞEKİL 2.25.İSTENİLMEYEN KISA KOLON OLUŞUMU	- 29 -
ŞEKİL 4.1. TAM DOLU OLARAK MODELLENEN BİNANIN MESH YAPISI	- 35 -
ŞEKİL 4.2. 3 KATLI ORTA KİRİŞSİZ OLARAK MODELLENEN BİNANIN MESH YAPISI.....	- 36 -
ŞEKİL 4.3. 4 KATLI ORTA KİRİŞSİZ OLARAK MODELLENEN BİNA	- 37 -
ŞEKİL 4.4. 5 KATLI ORTADAN KİRİŞLİ OLARAK MODELLENEN BİNA	- 38 -
ŞEKİL 4.5.1. 12 KATLI W610X325X551 PROFİL KULLANILAN MODELİMİZ	- 40 -
ŞEKİL 4.5.2. W 610X325X551 PROFİLİ KESİTİ.....	- 41 -
ŞEKİL 4.5.3. BÜTÜN MODELLERE UYGULANAN DEPREM FREKANSLARI VE GRAFİĞİ	- 44 -
ŞEKİL 4.6. MODELİMİZE DEPREM FREKANSI UYGULANDIĞINDA OLUŞAN TOPLAM DEFORMASYON - 45	
-	
ŞEKİL 4.7. MODELİMİZE DEPREM FREKANSI UYGULANDIĞINDA OLUŞAN TOPLAM GERİLME.....	- 46 -
ŞEKİL 4.8. 25 KATLI W610X325X551 PROFİL İLE MODELLENMİŞ BİNA.....	- 47 -
ŞEKİL 4.9. TAM DOLU MODELLENMİŞ 12 KATLI BİNA	- 49 -
ŞEKİL 4.10. 12 KATLI KAFES MODELİ.....	- 50 -
ŞEKİL 4.11. 12 KATLI ORTADAN İKİ KİRİŞLİ BİNA MODELİMİZ	- 51 -
ŞEKİL 4.12. 12 KATLI ORTADAN 3 KİRİŞLİ MODEL.....	- 52 -
ŞEKİL 4.13. 50M DAİRESEL MODEL.....	- 53 -
ŞEKİL 4.14. 12 KATLI MODEL 2 YE DEPREM FREKANSI VERİLDİĞİNDE GERİLME	- 55 -
ŞEKİL 4.15. 12 KATLI MODEL 2 YE DEPREM ETKİSİNDE TOPLAM DEFORMASYON	- 56 -
ŞEKİL 4.16. 12 KATLI MODEL 2.2 YE DEPREM ALTINDAKİ GERİLME	- 57 -
ŞEKİL 4.17.MODEL 2.2 NİN DEPREM ALTINDAKİ TOPLAM DEFORMASYONU	- 58 -
ŞEKİL 4.18. MODEL 2.1 İN DEPREM ALTINDA Kİ GERİLME	- 59 -
ŞEKİL 4.19. MODEL 2.1 İN DEPREM ETKİSİ ALTINDAKİ TOPLAM DEFORMASYONU	- 60 -
ŞEKİL 4.20. 12 KATLI BİNANIN 6. MOD DOĞAL FREKANSI İÇİN OLUŞAN GERİLME.....	- 61 -

ŞEKİL 4.21. 12 KATLI BİNANIN 6. MOD DOĞAL FREKANSI İÇİN OLUŞAN TOPLAM DEFORMASYON.	- 62 -
ŞEKİL 4.22. 18 KATLI MODEL 1	- 63 -
ŞEKİL 4.23. 18 KATLI MODEL 2	- 64 -
ŞEKİL 4.24. 18 KATLI MODEL 3	- 65 -
ŞEKİL 4.25. DEPREM FREKANSI ALTINDA YAPININ GERİLMESİ	- 67 -
ŞEKİL 4.26. DEPREM FREKANSI ETKİSİ ALTINDA TOPLAM DEFORMASYON.....	- 68 -
ŞEKİL 4.27. 18 KATLI BİNANIN 6. MOD DOĞAL FREKANSI İÇİN OLUŞAN GERİLME.....	- 69 -
ŞEKİL 4.28. 18 KATLI BİNANIN 6. MOD DOĞAL FREKANSI İÇİN OLUŞAN TOPLAM DEFORMASYON.	- 70 -
ŞEKİL 4.29. 24 KATLI MODEL 2	- 71 -
ŞEKİL 4.30. 24 KATLI MODEL 1	- 72 -
ŞEKİL 4.31. 24 KATLI MODEL 3	- 73 -
ŞEKİL 4.32. 24 KATLI MODEL 2 NİN DEPREM ALTINDAKİ GERİLME.....	- 75 -
ŞEKİL 4.33. 24 KATLI MODEL 2 NİN DEPREM ETKİSİNDE TOPLAM DEFORMASYONU	- 76 -
ŞEKİL 4.34. 24 KATLI BİNANIN İLK FREKANSI İÇİN OLUŞAN GERİLME.....	- 77 -
ŞEKİL 4.35. 24 KATLI BİNANIN İLK DOĞAL FREKANSI İÇİN OLUŞAN TOPLAM DEFORMASYON	- 78 -
ŞEKİL 4.36. 37 KATLI MODEL 1	- 79 -
ŞEKİL 4.37. 37 KATLI MODEL 3	- 80 -
ŞEKİL 4.38. 37 KATLI MODEL 2	- 81 -
ŞEKİL 4.39. DEPREM FREKANSI VERİLDİĞİNDEKİ GERİLME	- 83 -
ŞEKİL 4.40. DEPREM FREKANSI VERİLDİĞİNDEKİ TOPLAM DEFORMASYON.....	- 84 -
ŞEKİL 4.41. 37 KATLI BİNANIN İLK DOĞAL FREKANSI İÇİN OLUŞAN GERİLME	- 85 -
ŞEKİL 4.42. 37 KATLI BİNANIN İLK DOĞAL FREKANSI İÇİN OLUŞAN TOPLAM DEFORMASYON	- 86 -
ŞEKİL 4.43. 49 KATLI MODEL 1	- 87 -
ŞEKİL 4.44. 49 KATLI MODEL 3	- 88 -
ŞEKİL 4.45. 49 KATLI MODEL 2	- 89 -
ŞEKİL 4.46. DEPREM FREKANSI ETKİSİ ALTINDA BİNADAKİ GERİLME.....	- 91 -
ŞEKİL 4.47. DEPREM FREKANSI ETKİSİ ALTINDA TOPLAM DEFORMASYON.....	- 92 -
ŞEKİL 4.48. 49 KATLI BİNANIN İLK DOĞAL FREKANSI İÇİN OLUŞAN GERİLME	- 93 -
ŞEKİL 4.49. 49 KATLI BİNANIN İLK DOĞAL FREKANSI İÇİN OLUŞAN TOPLAM DEFORMASYON	- 94 -

TABLO DİZİNİ

Tablo 4.1. Eleman büyüklüğüne bağlı doğal frekans ve maksimum deformasyon .- 39 -	
Tablo 4.2. 12 katlı W610x325x551 profiline göre çizilmiş modelin doğal frekansları - 42 -	
Tablo 4.2.1 Deprem hızlarının Richter ölçeğine göre değerleri..... - 43 -	
Tablo 4.3. 25 katlı W610x325x551 a göre çizilmiş modelin frekans ve deformasyon değerleri - 48 -	
Tablo 4.4. 12 katlı modeller için doğal frekans ve maksimum deformasyon - 54 -	
Tablo 4.5. 18 katlı binalar için doğal frekans ve maksimum deformasyon - 66 -	
Tablo 4.6. 24 katlı binalar için doğal frekans ve maksimum deformasyon - 74 -	
Tablo 4.7. 37 katlı binalar için doğal frekans ve maksimum deformasyon - 82 -	
Tablo 4.8. 49 katlı binalar için doğal frekans ve maksimum deformasyon - 90 -	

TEŞEKKÜR

Çalıőmamın her aőamasında bana destek olan, bilgi ve deneyimleri ile yol gösteren, tecrübeleri ile beni aydınlatan ve desteğini hiç eksik etmeyen, kendisini tanımaktan büyük onur duyduğum danışman hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Saim KURAL' a, çalışmalar sırasında manevi desteğini her zaman hissettiğim hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Ali YURDDAŞ'a ve Sayın Dr. Öğr. Üyesi İbrahim AYDIN'a, öğrenim hayatım boyunca beni maddi manevi olarak destekleyen ve hep yanımda olan aileme yürekten teşekkür ederim.



HİLMİ İLTER

MANİSA,2019

ÖZET

Yüksek Lisans

DEPREM ETKİSİ ALTINDAKİ YÜKSEK YAPILARDA TİTREŞİM ANALİZİ

Hilmi İLTER

Manisa Celal Bayar Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Saim KURAL

İnsan nüfusunun artmasına bağlı olarak artık binalar boyuna yapılmaya başlanmıştır. Bu uzun binalar gerek rüzgar'ın etkisiyle gerekse doğal bir afet olarak bilinen deprem' e maruz kalmaktadır. Çalışmamızda deprem altındaki bu yapıların gösterdiği tepkileri inceleyerek bu yapıların depreme karşı gösterdiği direnci en yüksek olarak daha sağlam ve güvenilir yapmayı amaçladık. ANSYS programıyla çizdiğimiz modellerimize uyguladığımız deprem frekansları bu modellerin doğal frekans ve maksimum deformasyonları, depremden sonra oluşacak gerilme ve toplam deformasyonları inceledik. Deprem frekansıyla doğal frekansları rezonansa girdiğinde ortaya çıkan gerilme ve toplam deformasyonlarına binaların bunlardan nasıl etkilenip vereceği tepkiyi önceden bilip yapıyı daha fazla güvenilir hale getirmenin yollarını ve böyle bir olası afette can kaybını en aza indirmeyi planladık. 50m, 75m, 100m, 150m, 200m yüksekliğinde ki binaları baz alarak yaptığımız çalışmada yapıların 6 moddaki doğal frekans ve maksimum deformasyonlarını bulduk. Önceden yaşanmış depremlerin frekansları göz önüne alınarak, yapılarımıza bu deprem frekansı uygulandığında oluşan gerilmeleri inceleyerek özellikle dış kirişlerinin deformasyona uğradığını ve farklı frekanslarda binanın temelinde yakın bölgelerde daha yüksek gerilmeler oluştuğunu gördük.

Anahtar Kelimeler: Deprem, Titreşim, ANSYS, Gerilme, Deformasyon

2019, 110 sayfa

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

Vibration Analysis in Tall Buildings Under Earthquake Impact

Hilmi İLTER

Manisa Celal Bayar University

Graduate School of Applied and Natural Sciences

Department of Mechanical Engineering

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Saim KURAL

Due to the increase in the human population, buildings are now being built longitudinally. These tall buildings are exposed to earthquakes, which are known as a natural disaster due to the wind. In our study, we investigated the reactions of these structures under earthquake and aimed to make the resistance of these structures to earthquake more robust and reliable. By examining the natural frequencies and total deformations of the earthquake frequencies that we apply to the models we have drawn with ANSYS program, we know how the buildings will be affected and reacted to the stresses and total deformations that occur when the natural frequencies resonate with the earthquake frequency. We planned to minimize. Based on 50m, 75m, 100m, 150m, 200m high buildings, we found the natural frequency and maximum deformations of the buildings in the 6th mode. Then, by examining the stresses that occur when the earthquake frequency is applied to these structures, we have seen that especially the external beams are deformed and stresses occur in various parts of the building at different frequencies. We have completed our study by examining many details such as the material of the building and the ground to be constructed, taking into consideration the pre-formed earthquake frequencies in the places where there are earthquakes.

Keywords: Earthquake, Vibration, ANSYS, Stress, Deformation

2019, 110 pages

1.GİRİŞ

İnsanlar varoluşundan beri birçok doğal olaylarla mücadele etmiştir. Özellikle günümüzde en önemli ihtiyaçlardan biri olarak tanımlayacağımız barınak olayı da insan nüfusu arttıkça yaşadığımız konutlarda enine değil boyuna olmaya başlamıştır. Durum böyle olunca bu afetlerden en önemlisi bizler için deprem olmaktadır. Depreme karşı önlemlerimizin yetersiz olduğunu, ülkemizde ve hatta diğer ülkelerde yaşanan olaylara bakıldığında görmekteyiz.

Bina yüksekliğinin artmasına bağlı olarak, rüzgar ve depremden dolayı yapılara daha çok yatay yönde güç etki etmekte ve düşey yönde ki güçleri taşıyan kolonlar, bu yatay güçlerin etkisinde oluşan eğilme momentlerine karşı yeterli dayanımı gösterememektedir. Bu nedenle çok fazla can ve mal kaybı oluşmaktadır. Bu doğal olayların son teknolojiyle bile nerde ve ne zaman olacağı bilinmediğinden can ve mal kaybını minimum düzeyde tutmak için, yapı sistemlerinin optimum düzeyde boyutlandırılması gerekmektedir. Yapıların normal bir şekilde boyutlandırılması için, yapıya etki eden statik ve dinamik kuvvetlerin çok iyi bir biçimde doğruya en yakın şekilde tahmin edilmesi gerekir. Daha sonra bu statik olan kuvvetlerin yapının şekli ve hangi malzeme kullanıldıysa onun hacim ağırlığı ile önceden araştırılan ve incelenen yük değerleri alınarak hesaplanmalıdır. Bu şekilde yapıların deprem etkileri altında davranışlarını belirlenebilir. Deprem kuşaklarında bulunan ülkelerde bu davranışlara göre yapılar oluşturulması gerektiği çok önemli bir hal almaktadır.

Literatürde bu konu hakkında çeşitli yöntemlerle değişik tipteki ve boyuttaki yapılarda incelemeler yapılmıştır.

İ. Bozkurt (2005), Sürekli Bağlantı Yöntemi ile boşluklu perdelerin analizini yapmıştır ve bu tip binaların kuvvetler altında etkilerini göstermiştir. Bu çalışmada, elastik zemine yerleştirilen ve bağlantı kirişleri ile blok duvarları birleşiminde bağlantılı elastiki bulunan, belirli yüksekliklerine sağlamaştırıcı kirişler yerleştirilmiş iki açıklı simetri olmayan boşluklu perdelerin serbest ve zorlanmış titreşim analizi yapılmıştır. Toplanmış kütle modeline dönüştürülen sistem için

sürekli bağlantı kullanıp, bağlantı kirişlerinin ve güçlendirici kirişlerin orta noktalarında düşey yer değiştirme içim uygunluk denklemleri yazılarak çözüme gidilmiştir.[1]

Rosman (1964), sürekli bağlantı yöntemini kullanarak bir veya iki sıra boşluklu ve tepesinden tekil yük ile yüklenmiş boşluklu perdeler üzerinde çalışmıştır.

Elkholy ve Robinson (1973), sonlu farklar yöntemini kullanarak rijit ve elastik temeller üzerinde oturan çok sıra boşluklu perdelerin analizini yapmışlardır.

İ. G. Arıcı (2011), Çelik levha perdeli sistemlerin dinamik yükler altındaki davranışlarını incelemiş ve Eşdeğer Deprem Yöntemini kullanarak yapının bu kuvvet altındaki davranışını incelemiştir.[2]

Z. Kıral, ve B. G. Kıral 1999 yılı Marmara depreminden alınan deprem verilerini kullanarak test asansörünü incelemiştir. Bu çalışmada ANSYS programından faydalanmıştır.[3]

Değişik yapı sistemlerinin farklı kuvvetler altındaki davranışlarını inceleyerek, bu yapıların bu kuvvetler altındaki şekil değişikliğini, verdiği tepkiyi önceden görebiliriz. Bunun için yapıya etki eden kuvvetlerin belirlenmesi gerekir. Yapı sistemleri davranışlarını önceden bilmek yapımız ortaya çıktıktan sonra bize fayda sağlayacaktır. Dinamik yüklerde, depremin oluşturduğu etkiler yapının kolonlarının şekil değiştirmesine bağlı olduğundan bilinemezler. Bu sebepten boyutlandırma yapmadan hesaplanamazlar. Bu nedenle gerçek şartlara en yakın kabuller yapıp, hesaplamak boyutlandırma işlemi için çok önemlidir. Yapıların dinamik kuvvetler etkisindeki durumunu belirlemek için yapımızın frekansını, mod larını bilmek gerekir. Bu sebepten, yapı davranışlarını en çok etkileyen değerleri bulup yapının hangi durumlarda nasıl davranacağını belirlememiz yapıların daha sağlam ve güvenli bir şekilde olmasına imkan sunacaktır. Bunun için öncelikle depremi ve depremde yapıya ne olur bunları bilmemiz gerekir. [4]

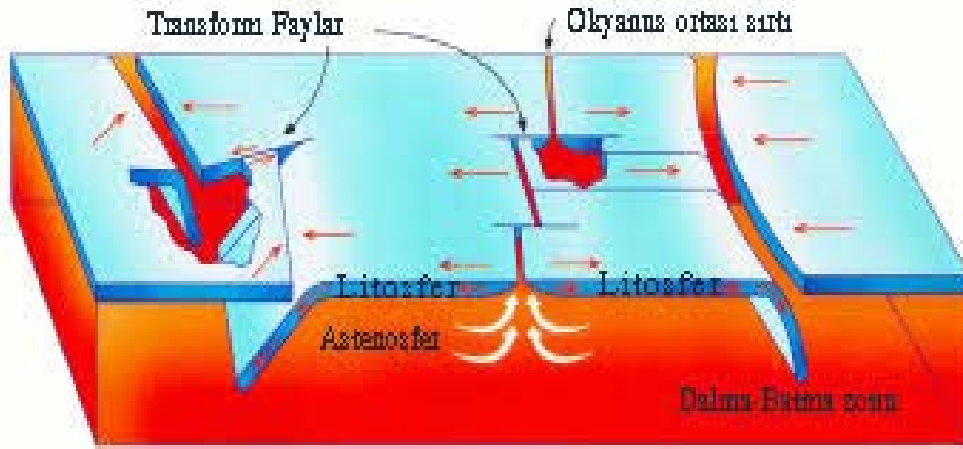
2.GENEL BİLGİLER

Yüksek yapıların deprem etkisi altında titreşim analizini yapmadan önce ilk önce depremin ne olduğunu ve yapılarda nasıl etki edeceğini araştırılmalıdır.

2.1 Deprem Nedir

Yer altındaki kırılmalar sebebiyle birden titreşim dalgaları oluşur. Bu dalgalar geçtikleri yeri sarsar bu olaya "DEPREM" denir.

Deprem, insanların merkez olarak baz aldığı ve hareket kabiliyetinin olmadığını düşündüğü yerin hareket edip üzerindeki oluşan yapılara hasar verip hatta yıkabilecek kadar fazla hareket edip can kaybına yol açan bir doğa olayıdır.



Şekil 2.1. Yer kabuğu hareketinin şematik anlatımı

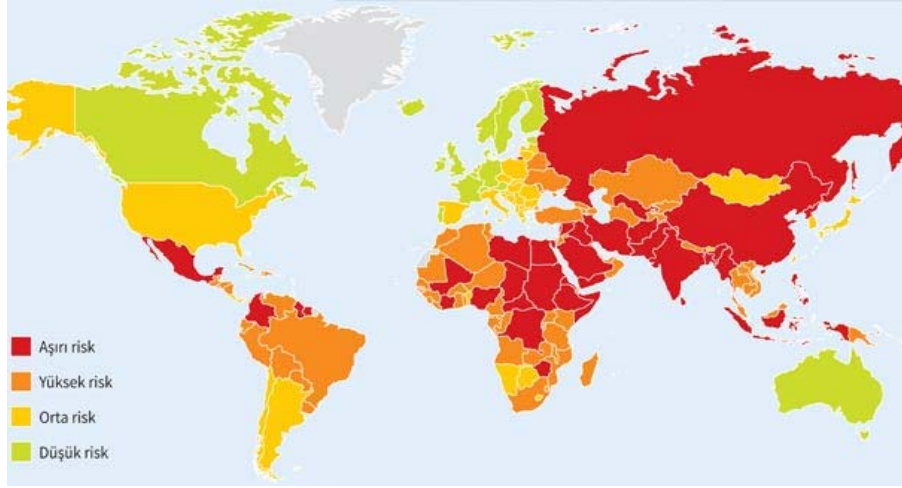
Dünyada en fazla depremin olduğu alan Pasifik Ateş Hattı olarak bilinir. Eğer bu konuda sıralama yapacak olursak ikinci olarak Akdeniz Himalaya Kuşağını söyleyebiliriz. Deprem etkisini en az hisseden bu konuda daha şanslı olarak tanımlayacağımız yerler İskandinav ülkelerinin bulunduğu alanlar ve Kuzey Afrika,

Brezilyanın doğusu ve Avusturalya yı söyleyebiliriz. Yaşadığımız ülke olan Türkiye deprem konusundan maalesef şansızdır. Alp Himalaya Dağ Kuşağında olduğumuzdan depremler sıklıkla meydana gelir.

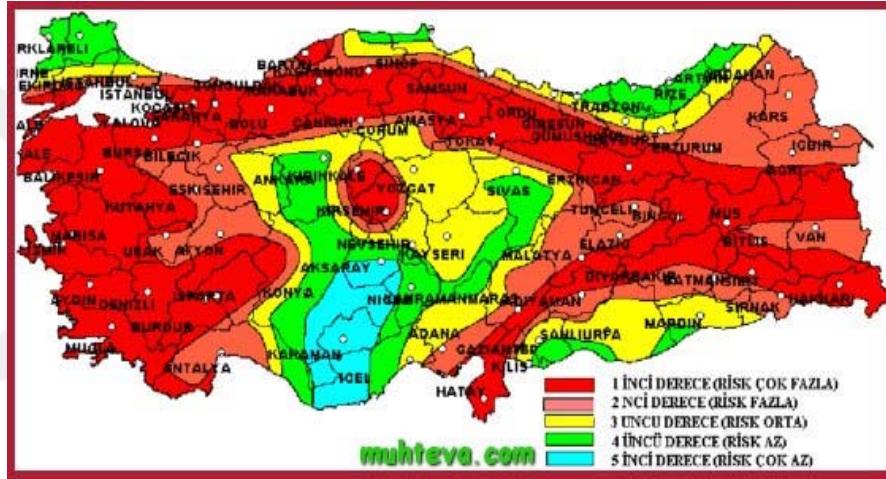
Dünyada oluşan depremlerin yüzdesini oluşturacak olursak %68 gibi büyük bir oranının bu kuşakta oluştuğunu görmekteyiz. Bir diğer kuşakta Avrupa ve Asya arasındadır ki bu kuşakta da %21'i oluşmaktadır. Atlas okyanusunun sırtları boyunca uzanan bir kuşak daha vardır araştırmalara göre oluşan depremlerin %11'i burada görülmektedir.[5]

2.1.1 Deprem Riskinin En Çok Olduğu Bölgeler

- 1- Japonya
- 2- Çin Halk Cumhuriyeti
- 3- İran
- 4- Türkiye
- 5- Pakistan
- 6- Asya kıtasının özellikle güney kısımları
- 7- Amerika kıtasının batı kıyıları (Güney Amerika'da Şili)



Şekil 2.2. Dünya deprem risk bölgeleri



Şekil 2.3. Türkiye deprem risk bölgeleri

2.2 Ülkemizde Olan Bazı Büyük Depremler

2.2.1 Marmara Depremi

1999 yılının 17 Ağustos tarihinde gece 3 sularında 7,4 büyüklüğünde meydana gelen bu deprem 45 saniye boyunca sürmüştür. “Asrın Felaketi” olarak tanımlanan bu depremin merkez üssü Kocaeli nin Gölcük ilçesidir. Bu deprem o bölgede bulunan Sakarya, Yalova, Düzce, Kocaeli ve İstanbul da hissedilip büyük bir yıkıma yol açmıştır.



Şekil 2.4. Marmara Depremi'nin yol açtığı yıkım



Şekil 2.5. Marmara Depremi'nin yol açtığı yıkım

Bu doğal afetin bilançosu çok ağır olmuştur. Resmi kayıtlara bakıldığında merkez üssü olan Kocaeli nde 9 bin 477, Yalova da 2 bin 504, Bolu da 270, Bursa da 268, Eskişehir de 86, Sakarya da 3 bin 891, İstanbul da 981 ve Zonguldak ta 3 kişi olmak üzere toplamda 17 bin 480 kişi hayatını kaybetmiştir. Sadece Kocaeli

bölgesindeki binalara bakıldığında 17 bin civarı bina çökerken 91 bini orta hasar102 bin 822 konut az hasar olarak ve 14 bin 133 işyeri zarar görmüştür. Depremden sonra evleri zarar gören vatandaşlar için 45 bin prefabrik konut yapılmıştır. 150 binin üzerinde vatandaş yetersiz prefabrik konutlar dolayısıyla çadırda barınmak zorunda kalmıştır.

2.2.2 Van Depremi

23 Ekim 2011 tarihinde 13:41 sularında Van da meydana gelen 7,2 şiddetindeki deprem 25 saniye sürmüştür. Merkez üssü Tabanlı köyü olan bu depremin bu bölgedeki şiddetinin 9 olduğu belirtilmiştir. Bu şiddetten dolayı cumhuriyet tarihi boyunca Anadolu da oluşmuş en büyük depremlerden biri olarak tanımlanmıştır. Tabi ki bu denli büyük bir deprem o bölgede bulunan Ağrı, Iğdır, Muş, Siirt, Kars, Hakkari, Mardin in yanı sıra İran ve Kuzey Iraktan bile hissedilmiştir. Depremin etkisi o kadar büyüktür ki elektrik ve telefon hatları bile kesilmiştir.



Şekil 2.6. Van Depremi'nin yol açtığı yıkım



Şekil 2.7. Van Depremi'nin yol açtığı yıkım

2.2.3 Erzincan Depremi

26 Aralık 1939 yılında Kuzey Anadolu Fay zonu olarak bilinen fay hattında Erzincan da 7,9 büyüklüğünde oluşan deprem topraklarımızda oluşmuş depremlerin en şiddetlerinden biri olmuştur. Kışın meydana gelmesinin de etkisiyle 30,000 den fazla vatandaşımız maalesef hayatını kaybetmiştir. Yaklaşık 100,000 kişi yaralanıp 166,720 bina çökmüştür.



Şekil 2.8. Erzincan Depremi hakkında gazete haberi



Şekil 2.9. Erzincan Depremi'nin yarattığı yıkım

2.3 Depremde Binaya Ne Olur?

Deprem oluşurken oluşan sarsılma yüzeyde ivmeler oluşturur. Bu ivmeler yatay ve düşeydir. Deprem söz konusu olduğundan yatay tarafta oluşan ivmeler önemli hale gelir. Bu ivmeler yapılarda yatay yönde moment oluştururlar. Deprem de zarar görmemek için yapılar bu ivmelere karşı dayanıklı olmalıdır. Bu yatay kuvvetler yapının titreşim özelliklerinin sayesinde olduğundan her yapı için farklılık gösterir. 5-10 kattan daha yüksek olan binalar, bu kuvvete daha fazla maruz kalırlar. Bu oluşan modlar sırası ile oluşmazlar. Yapı sallanırken farklı karakterlerde olurlar. Çünkü farklı hareketler yapı eş zamanda etki eder. Deprem esnasında zemin hareket edecektir. Bu hareketin frekansı ile yapının doğal frekansı çakışmamalıdır. Rezonans diye de isimlendirdiğimiz bu olay gerçekleşirse binamız çok büyük zarar görecektir. [6]

Bu doğal afetle baş etmek mümkün müdür? Yoksa sadece seyirci mi kalabiliriz? Bunun cevabı; Daha önce oluşmuş depremlere bakıldığında görmek mümkündür. Eski tarihlere gidecek olursak 1509 yılında İzmit- Çatalca arasında çok büyük bir deprem oluşmuştur. İnanılması güç büyüklükte enerji açığa çıkan bu depremde kayıtlara göre kıyametin koptuğu sanılacak kadar büyük zarar meydana gelmiştir. Bu kadar büyük bir depreme bile dayanan Dikili taş ve Dikili duvar zarar görmemiştir. Bu bir mucize değildir. Mühendislik bilgisidir.

Başka bir büyük depremi ele aldığımızda Erzincan depremini ele almamak olmaz. Yaklaşık “8” şiddetindeki bu deprem Erzincan’ı neredeyse haritadan silecek kadar zarar veriyse de yerle bir edemediği Erzincan Gar Binasını söylememiz gerekir. 1932 yılında yapılan bu bina 7 sene sonra oluşan bu depreme karşı ayakta kalmaktan öte hasar dahi almamıştır. Demek ki depremin yapılar üzerindeki etkilerini bilirsek yapıları depreme dayanıklı yapabiliriz.



Şekil 2.10. İstanbul Dikili Taş



Şekil 2.11. Erzincan Gar Binası

2.4 Depremın Yapılar Üzerindeki Etkileri

2.4.1 Zeminin Büyütme Etkisi

Deprem ve yapıya etkisi diyorsak kesinlikle en önemli parametrelerden birisi zemindir. Bunun nedeni deprem yer kabuğunda fay kırılması ile oluşur. Ve bu titreşimler zemine dağılır. Yapının yapıldığı zeminin yoğunluğu, zeminin tipi, zeminin yumuşak ya da sert olduğu kaç metre derinliğe kadar ilerliyor bunlar depremin etkilerini değiştirebilir. Örneğin 1 ila 30m sert olmayan bir zemin ile sert olan bir zemini incelediğimizde sert kayanın büyütme çarpanı 1,5 iken sert olmayan zeminde bu çarpan 6 olarak ölçülmüştür. Tabi uzun periyotlar da önemi olan bu durum depremin etkisine doğrudan etki eder. Sert olmayan zeminde deprem zararı sert zeminlere göre daha fazladır. Mantıken bunu söylemek mümkündür zaten 1906 da San Francisco depremine bakıldığında bu durum apaçık ortaya çıkmaktadır.[7] 1906 San Francisco depremini incelersek özellikle yat limanı bölgesindeki yumuşak zeminin olduğu yerler hasar görüp bu tarihten sonra bu şekildeki zeminlere yapı yapılırken özel temeller gerektiğini söylemişlerdir. 1989 Lama Prieta depremine bakacak olursak San Francisco gibi yumuşak zeminlerde hasarlar çok daha fazladır. İncelemeler ve araştırmalarla uzun periyotlu titreşimler de zemin titreşimlerini yumuşak zemin 3 ila 6 kat arttırmaktadır. Bu sebepten bu tarz zeminlerde yapı yapılacaksa titreşim dayanıklılığını daha büyükmüş gibi düşünmeliyiz ve o şekilde tasarlamamız gerekir.[8]

2.4.2 Doğal Periyotlar

Deprem etkilerinden bahsederken deprem dalgalarının frekanslarından söz etmemek olmaz. Bu periyod veya frekansların dalgaları nasıl değeri nedir bunu bilmek gerekir. Birden ve hızlıyı yoksa yavaş bir şekilde yumuşak bir biçim demi. Bunları bilmemiz binaya etkileyen sismik güçleri bilmemiz ve yorumlamamız için oldukça önemlidir. Sonuçta her maddenin doğal bir periyodu vardır. Bunu bilmek işlerimizi son derece kolaylaştıracaktır. Öncelikle periyod ve frekans tam anlamına bakıldığında sismik dalgaların bir tur yaptığı zamana periyod. Saniye de kaç tur yaptığına frekans denir. Frekans periyodun ters anlamlısıdır diyebiliriz.[9]

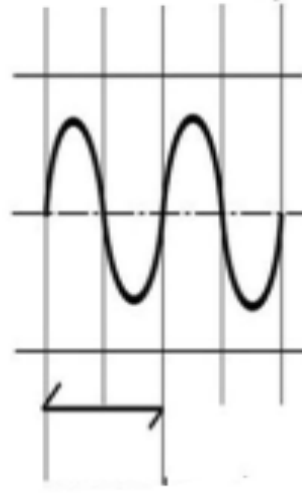
Cisimlerin hepsinin kendine özgü doğal periyotları vardır. Ama bu başka periyotlarla titreşim yapamaz anlamına gelmez. Bir cisme ileri veya geri bir kuvvet uyguladığımızda başka periyotlarla da titreşim yapabilirler. Hatta bu periyotları daha uzun sağlayarak bu titreşimi uzun yapmakta mümkündür. [10]

Hepimizin bildiği basit bir örnekle tanımlarsak salıncakta hızlanmak için yapılan hareketlere bakmak lazım ilk bir itme ile sallamaya başlarız ardından salıncağın doğal periyoduna en yakın şekilde bizde hareketlerimizle bir periyod yapmayı başarırızsa durmadan sallanmaya devam edebiliriz.

Yukarıdaki salıncak örneğini bir bina olarak ele aldığımızda depremde salıncağa binip farklı bir periyod titreşimi oluşturan çocuk gibi düşünelim. İlk hareketle yapımızı harekete geçirip ileri geri sallamaya başlayacaktır. Eğer depremin frekansı binamızinkiyile yakın olursa aynı durmayan salıncak gibi binamızda sallanmaya devam edecektir. Böyle bir durumda hasar oluşacaktır.[11]

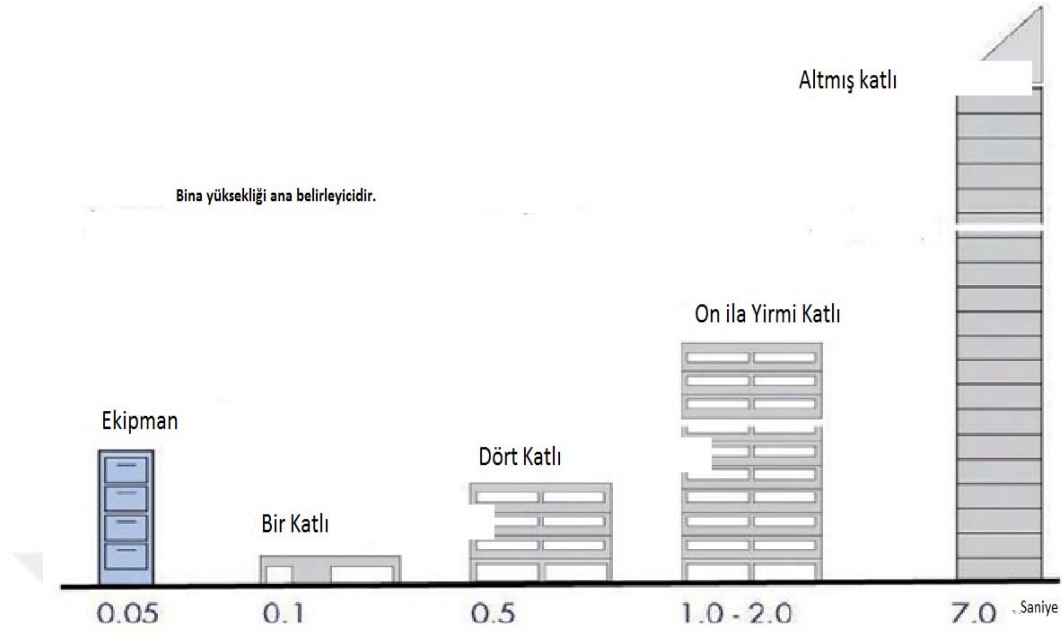


Dönem, Frekansın tersidir



Bir Saniyedeki periyot

Şekil 2.12. Doğal Periyot



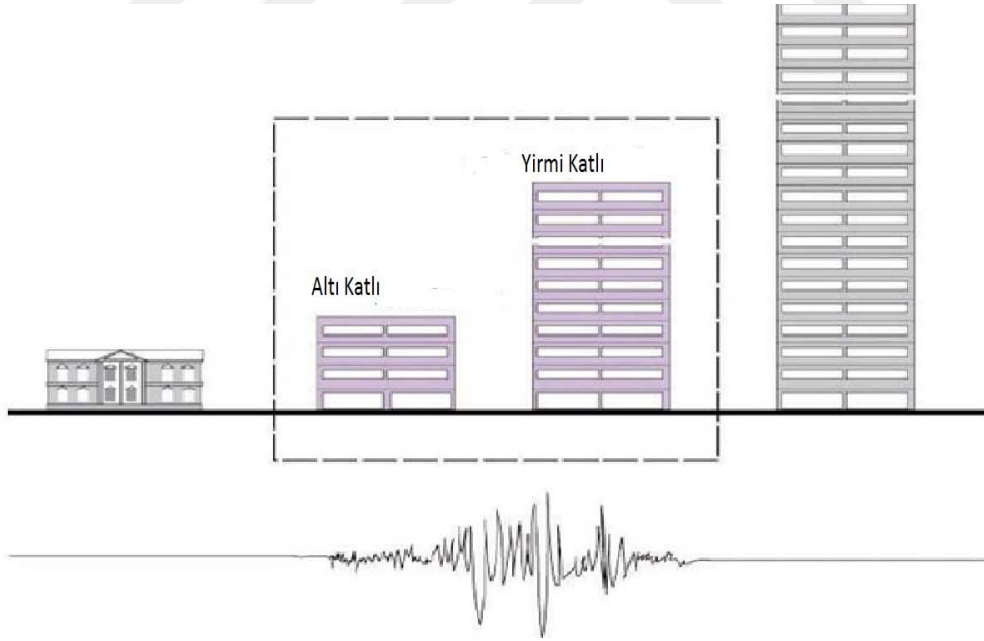
Şekil 2.13. Yükseklikle yapı periyodunun değişimi
(Taşıyıcı sistem, geometri ve malzeme oranları periyoda etki eder.)

Deprem sırasında hasar oluşturan en önemli olay frekanslar yani doğal periyodlar yüzünden olduğundan bu konuda birçok araştırma ve inceleme yapılmıştır. Bir asma köprü düşünüldüğünde periyodu araştırmalara göre yaklaşık 6 saniyedir. Ama söz konusu bina ise temel soru binada kaç kat olduğudur. Nedeni bina da ki kat sayısını 10 a bölerek periyodu bilebiliriz. Buradan da yüksekliğin çok önemli olduğunu söylemek mümkündür. Tabi ki binayı hangi malzemeyi kullanarak yaptık, kaç tane kolon var, şekli nasıl orantılı mı, mimari yapısında ekstradan bir yük var mı, bunların hepsi periyodu önemli derecede etki etse de en önemli olarak yüksekliği söylemek mümkündür.[12]

Örnek vermek gerekirse 60 katlı bir bina düşünelim yapılan araştırmalara göre periyodu 7 saniye olarak ölçülmüş olsun. Bu şu anlama gelecektir, bir deprem bu binaya etki edip harekete geçirdiği zaman bu bina her ileri geri hareketi 7 saniye de tamamlayacak anlamına gelir. (Şekil 2.13)

Bu yapıların periyodları deprem esnasında değişebilir. Bunun nedeni deprem eğer baya güçlü ise yapıda çatlama oluşurabilir. Bu da binayı yumuşatıp periyodu arttırır. Zemin periyoduna yaklaşırsa rezonans oluşur. Rezonans olursa özellikle daha önceden hasar görmüş bir yapıya çökme ihtimali çok yüksektir. Eğer yapımızın malzemesi çelikten ise rezonans fazla önemli değildir. Şeklini korumaya devam eder. Tabi ki rezonans a girmesi yine de istenmez. Rezonans aslında yer hareket periyodunun titreşen bir yapının doğal periyoduna yakın küçük bir güçle zorlanırsa yapının daha önceden açıkladığımız yatay ivmesini 4,5 kat daha arttırır. Bu durum a “rezonans” demektedir. Rezonans oluşan bir bina genelde büyük zarar görür.[13]

Bu büyük zararı görmemek için rezonans ihtimalini en düşüğe almamız gerekir. Yapılan araştırmalara göre de depremin frekansı eğer yapının frekansına eşitse hatta yakın olması durumunda bile en büyük hasarlar meydana gelmektedir. Bu sebepten yapımızı yaparken zemin yapısını bilmek çok önemlidir. Periyodun uzun veya kısa olmasına bakılması gerekmektedir.

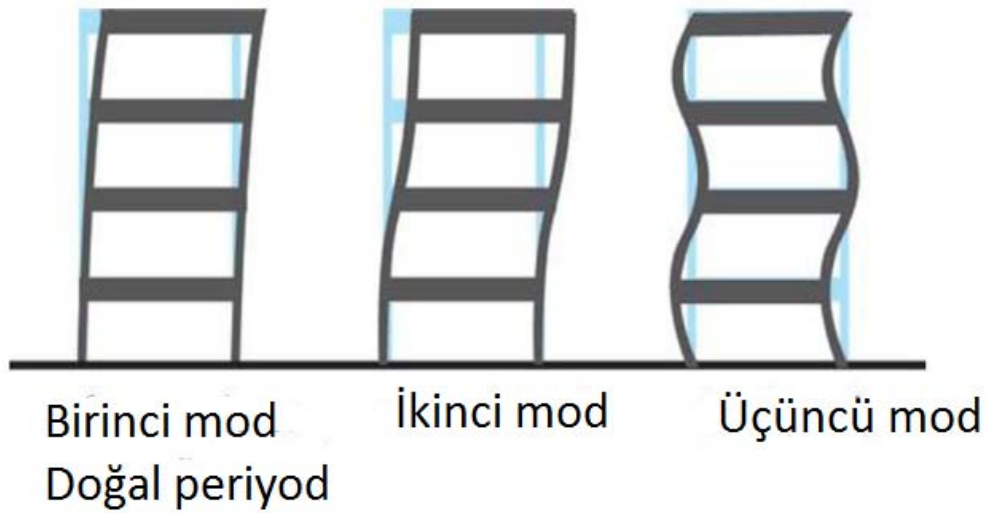


Şekil 2.14. Savunmasız grup

(6 ila 20 kat arasındaki yapılar deprem frekansı ile rezonansa girebilir.)

Tabi ki her zaman bu şekilde tahminler tutmuyor. Mexico City de meydana gelen deprem 1985 yılında olmuş ve rezonans oluşmuş. Bu sebepten büyük bir yıkım oluşmuştur. Bu depremde zemin ve yükseklik bakımından da bize örnek olmuştur. Zemini yumuşak olan bu yerde ki binalar 90 saniye boyunca depremden etkilendi ki sert zeminde benzer yapılar 2 saniye periyoda sahipti. Kat sayısı 6 ve 20 olanlar rezonansa girerek çok daha büyük ivme kazanıp hasar alırken, 20 kattan uzun olanlarda hasar belli bir oranda kalmıştır. [14]

Depremde en istenilmeyen durum olan rezonans dan uzak durmak için elimizden geleni yapmalıyız. Bunu nasıl yapabiliriz diye araştırdığımızda, yumuşak zeminin uzun bir periyodu olduğunu gördük. Eğer zemin yumuşaksa üstüne yapacağımız yapı kısa periyotlu olmalıdır. Yükseklik olarak bakıldığında çok daha farklı modları olduğundan hepsi hesaplanıp bunlara göre tasarlanmalıdır.

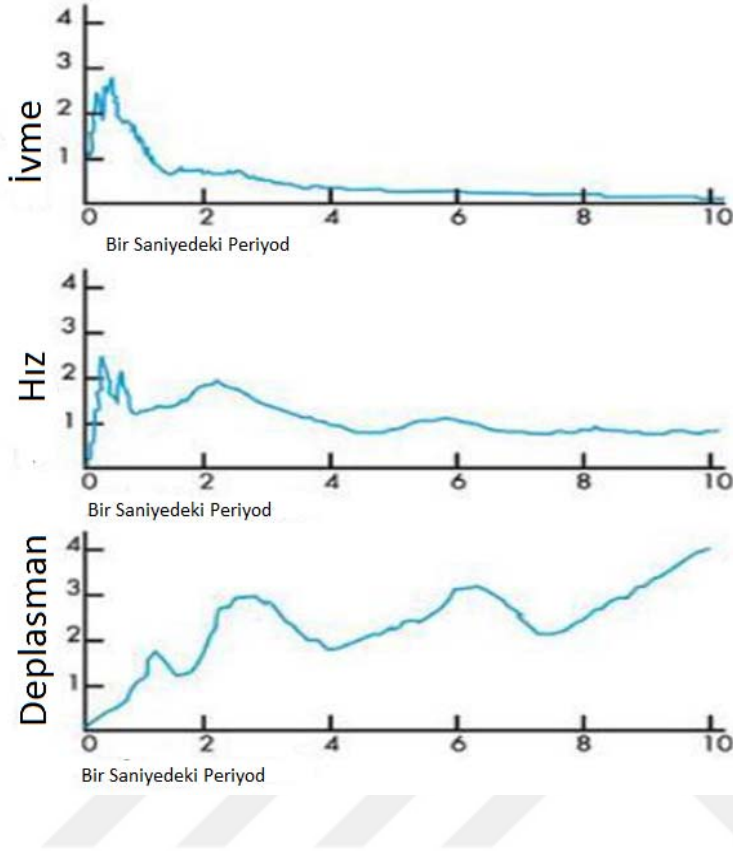


Şekil 2.15. Titreşim modları

2.4.3 Arazi Cevap Spectrumu:

Araştırmalar göz önüne alındığında değişik periyodlara sahip yapılar aynı deprem e farklı hareketler sergileyebilir. Aynı şekilde yapı değişik depremlere farklı hareketler verecektir. Yapının değişik frekanslara nasıl tepki vereceğini bilmek önemlidir. Bu tür grafikler vardır. Daha önce oluşmuş depremleri baz alarak yapılan

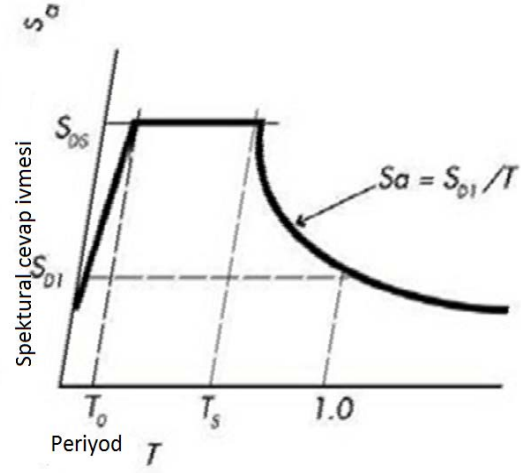
bu grafiklere Arazi Cevap Spektrumu grafiği denir. İvme- Hız-Yer değişimini gösteren bu grafikler çok önemli birer kaynaktır.[15]



Şekil 2.16. İvme, hız ve yer değiştirme için basitleştirilmiş cevap spektrumları

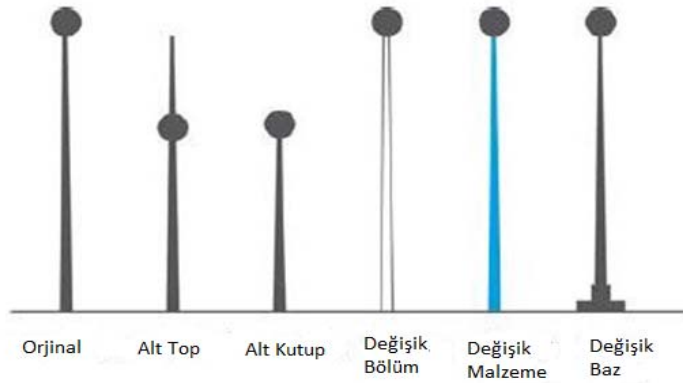
Şekil 2.16’da görülen basit bir cevap spektrum grafiğidir. Yatay eksen periyodların düşey eksende karşılık geldiği değerleri görmekteyiz. Orta yükseklikteki bir binanın grafiği olan bu şekilde doğal periyodun 0,3 saniye olduğunu görmekteyiz. Bu grafikten şu yorumu da yapmak gerekir. Periyod uzadıkça ivme azalır. Yer değiştirme artar. Bu sebepten bu şekilde uzun periyod lu depremler yapılarda oldukça fazla hasar oluşmasına yol açarlar.[16]

Bu sebeplerden deprem yönetmeliklerine uyup onların belirttiği standart cevap spektrumlarına bakıp incelememiz gerekir. Bu grafikler yapılırken zemin parametreleri de incelendiğinden bize yapımızın maruz kalacağı yükleri de tahmin etmemiz için fayda sağlar. En önemlisi rezonans oluşturacak ivmeyi frekansı belirlememizde yardımcı olur.



Şekil 2.17. Deprem yönetmeliklerinde kullanılan basit bir cevap spectrumu

Kısaca bu grafik bilgilerine aslında rezonanstan uzak durmak için ihtiyacımız vardır. Zemin yapısını bilmek bizim için faydalı olacaktır. Misal 0,3 saniye periyoda sahipse zemin ve cevap spektrumlarına bakıldığında yapının doğal frekansını zorlayacak deprem ivmelerini doğru ve gerçeğe yakın hesaplamakta özellikle yüksek bina için çok önemlidir.



Şekil 2.18. Bayrak direğinin periyodunu (Göstereceği davranışı) değiştirme hususunda yapılabilecek işlemler: Her değişim periyodu kısaltır.

Bu şekilde bakıldığında bina periyodunun nasıl değiştirmemiz gerekeceğini anlayabiliyoruz. Neler yaparsak periyod değişir. Basit bir şekilde Şekil 2.18 i örnek vererek bunun yollarına bakalım.[17]

Yukarıdaki şekilde direğin yüksekliğiyle oynayabiliriz.

Ağırlığını daha alt seviyelere getirebiliriz.

Şeklini değiştirebiliriz.

Yapılan malzemeyi değiştirebiliriz.

Bağlantı noktalarının malzeme yapısını ve şeklini değiştirebiliriz.

Önceden tasarladığımız bina yapısının ve zeminden alınan bilgileri göz önüne almalıyız.

Sönümü kolaylaştıracak cihazlar takmalıyız.

Kütlesi ile oynayarak periyodunu değiştirebiliriz.[18]

Bunları yaptığımızda yapının bu direkte olabilir binada olabilir. Doğal periyodu değişecektir. Zemin periyoduna ivmesine göre bu yolları denememiz bizim için faydalı olacaktır.

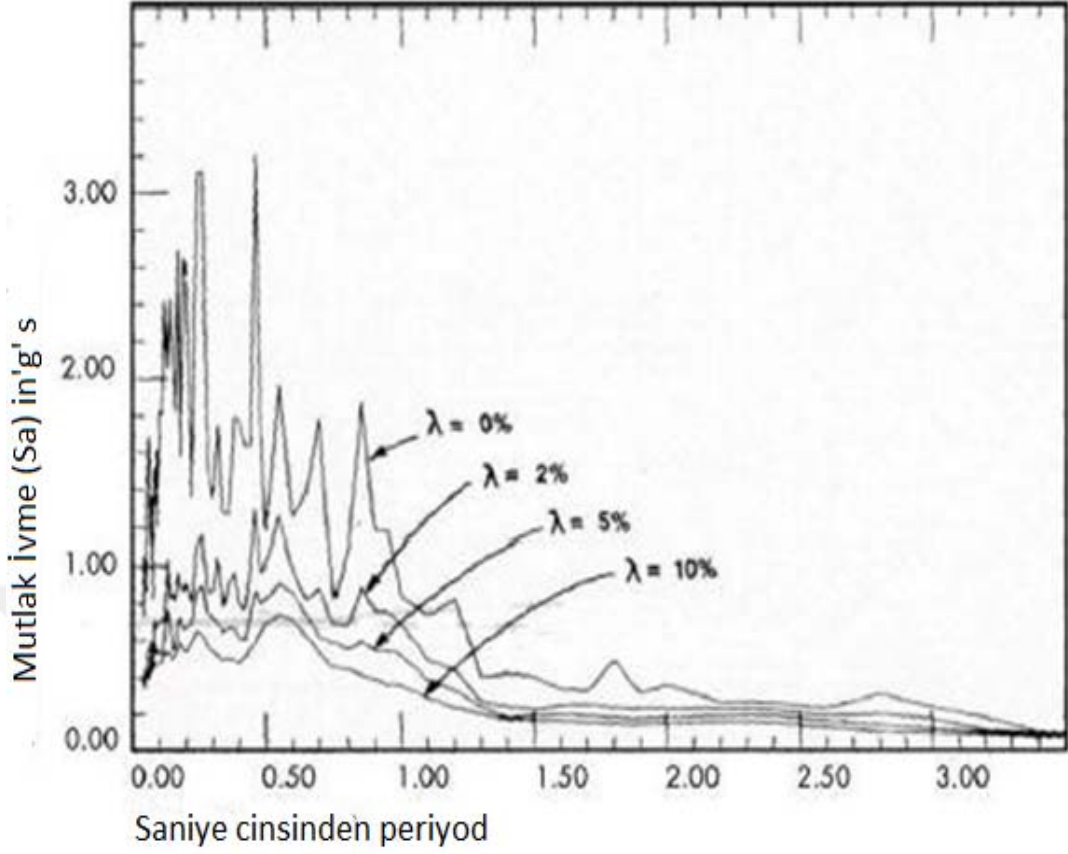
2.4.4 Sönüm:

İlk hareketi kazandırdığımız yapı periyodu sayesinde sallanmaya başlayacaktır. Ama zamanla bu salınım azalıp ardından duracaktır. Bunun sebebi yapının iç sürtünmesi sayesinde enerjinin bir kısmını yutmasıdır. Bu olaya “sönüm” denir. Sönüme en büyük etki tabii yapıya şekli, malzemesi ve bağlantı şekilleridir. Örnek vermek gerekirse bir yapının beton olduğunu ve aynı yapının malzemesinin çelik çerçeve ile yapıldığını düşünelim. Beton olan yapı daha çabuk durma eğilimini gösterecektir. Ya da bağlantı noktaları ve ya mimari özellikleri de sönüme direkt etki edecektir. Sönümün kaç saniye sürdüğünü ölçmek için yapının sallanmayı durdurup eski haline geçiş süresini gözlemlemek yeterlidir. En düşük zaman olan bu durum

kritik sönüm adını alır. Kritik sönüm farklılık gösterir. %3 ile %10 arası değişir. İyi tahmin edebilmek için ağır betondan olan yapılarda yüksek, çelik gibi malzemelerde düşük değerleri kullanmalıyız.[19]

Sönüm oranını doğru hesaplamak çok önemli olacaktır. Çünkü bu değer azalırsa zemin hareketinden dolayı ivmeler artar. Bu da yapının hasar görmesine yol açacaktır. Daha önceden oluşturulmuş ve o malzeme ve yapı için önerilen sönüm değerlerini yapmak mümkündür. Bunu cevap spektrum tablolarına bakarak belirleyebiliriz. Cevap spektrumlarında genellikle sönüm %0, %2, %5 ve %10 olduğu ivmeleri gösterir.[20]

Bu grafiklerden çeşitli yapılar yaparken faydalanabiliriz. Bayrak direği için %0 sönümdeki ivmeye bakabiliriz. Ancak bir bina yaparsak %5 sönüm değerinden faydalanabiliriz. Bu şekilde bina tepkisini azaltabilir ve bina davranışlarından dolayı hasarı en aza indirgeyebiliriz.[21]



Şekil 2.19. Farklı sönüm oranları için Cevap specturumları

2.4.5 Dinamik Büyütme:

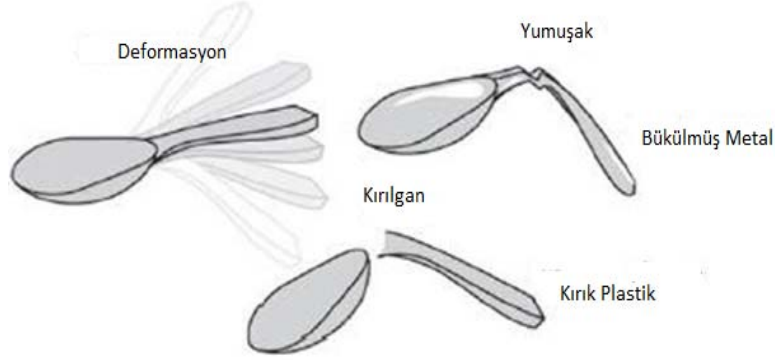
Deprem esnasında zeminde bir yer değişim oluşacaktır. Aynı zamanda binada bu esnada bir yer değişim yaşayacaktır. Bu beklenen bir durumdur. Bina eğer zeminden daha büyük bir oranla yer değiştirmişse bu durum a Dinamik Büyütme adını veririz. Bu büyütme zeminden yeryüzüne çıkan enerji sebep olmaktadır büyümeye zeminin hareketi, yapının şekli, malzemesi ve sönümü de etki eder. Sönüm arttıkça büyütme oranı düşecektir. Sönümlü binalar için %5 alacağımızı söylemiştik. Sönüm ü %5 alınan bina da büyütme katsayısı 2,5 tir.[22]

2.4.6 Daha Büyük Kuvvetler ve İlave Direnç:

Yüksek sönümlü, rezonans olasılığı az bir yapı bile, ek yüklerinden çok fazla tepkiler etki eder. Düşey yüklere göre oluşturulan modelleme ve hesaplarda fazla güvenlik katsayıları oluştuğunu bilenlere bu durum ilginç gelebilir. Yapılar, düşey yüklerde yapıldığı gibi güvenlik katsayıları kullanılarak meydana gelmesi az olabilecek en yüksek yer hareketi kuvvetlerine göre modellediğimizde finansal olarak çok pahalı olacaktır. Bununla beraber taşıyıcı kolonların kesitleri artarken bina kullanım alanı düşecek ve yapı askeri bir sığınak gibi görülecektir. Pek çok yapının modellendikleri ağırlıklardan çok daha fazla ağırlık atındayken bile bazen zarar görmeden bazen de az zararlarla kaldığını belirtmektedir. Bu, yük analizinin belli olmaması, bina dayanımının model dayanımından fazla olması ve yapılan yanlışların güvenli tarafta olması olarak söylenebilir. İlâveten statik analizde hesapta olmayan bölme duvarları yapıya ek güç kazandırmaktadır. Bazı taşıyıcı kolonlar dayanım yerine rijitlik ile hesaplanması da yapı için ek güç sağlamaktadır. Malzemelerin gerçek sağlamlığı, mühendislerin hesaplarda kullandığından daha fazladır. Son olarak depreme karşı sağlam olarak modellenen yapıların model eşik değerlerinin üstündeki kuvvetlere bakıldığında meydana gelen ve süneklik olarak bilinen özelliği oluşur. Bütün özellikler topluca, yapıya mühim bir sağlamlık oluşturacak katsayısı veya başka bir söylemle hesaba katılmamış ek direnç sağlar.[23]

2.4.7 Süneklik:

Belirli bir yük e maruz kalan yapı tekrar eski haline dönememesine süneklik denir. Malzeme özelliğidir. Genellikle çelik yapılara has özelliktir. Enerji emilimini tüketirken meydana gelir. Örnek verecek olursak bir çay kaşığına ele alalım. Metalden yapılmış çay kaşığına ileri geri oynatırsak şekil eski haline gelmeyecek ama bir bozulma oluşacaktır. Plastik malzeme olsaydı birkaç hareketten sonra kırılacaktı. İşte bu durum süneklik özelliğidir. Basitte olsa kaşık bile yaptığımız enerjiyi tüketip kırılma süresini uzatacaktır. Yaptığımız kuvvete karşı tepki koyacaktır.[24]



şekil 2.20.Sünelik

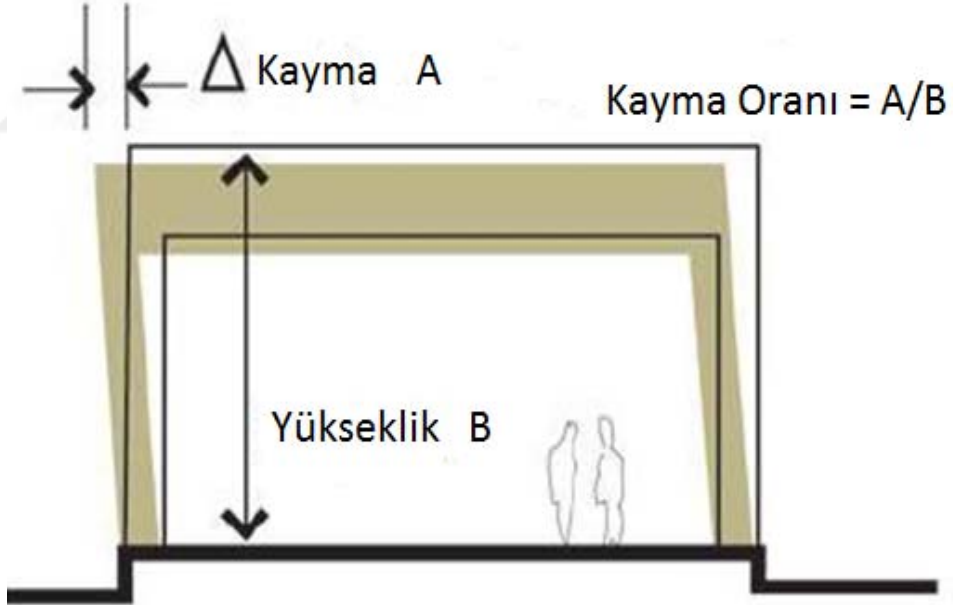
Bu örnekte olduğu gibi binaların malzemesi bağlantıları ve taşıyıcı kolonlarında da sünelik özelliği vardır. Gevrek basit bir malzemedenden yapılan binalar enerjiyi tam ememezler ve çökerler. Çelik gibi yapılar binamıza gelen enerjiyi emip sünelik kazandırırılar. Bu şekilde çökmesini engelleyip daha az hasar oluşmasına yol açarlar. Bu sebepten bina yapılırken yönetmelik ve önceden yapılan araştırmalara göre taşıyıcı kolon ve bağlantı noktaları deforme oluşacak ama bu yerlerden kopup, kırılıp, çökmeyecek şekilde planlanmalıdır. Büyük şiddette ki depremlerde bile bu biçimde tasarlanmış binalar hasar görüp oturulmayacak kadar kötü duruma gelse de, en azından çökmeyecek ve can kaybını en aza indirmiş olacaktır.[25]

2.4.8 Dayanım ve Rijitlik:

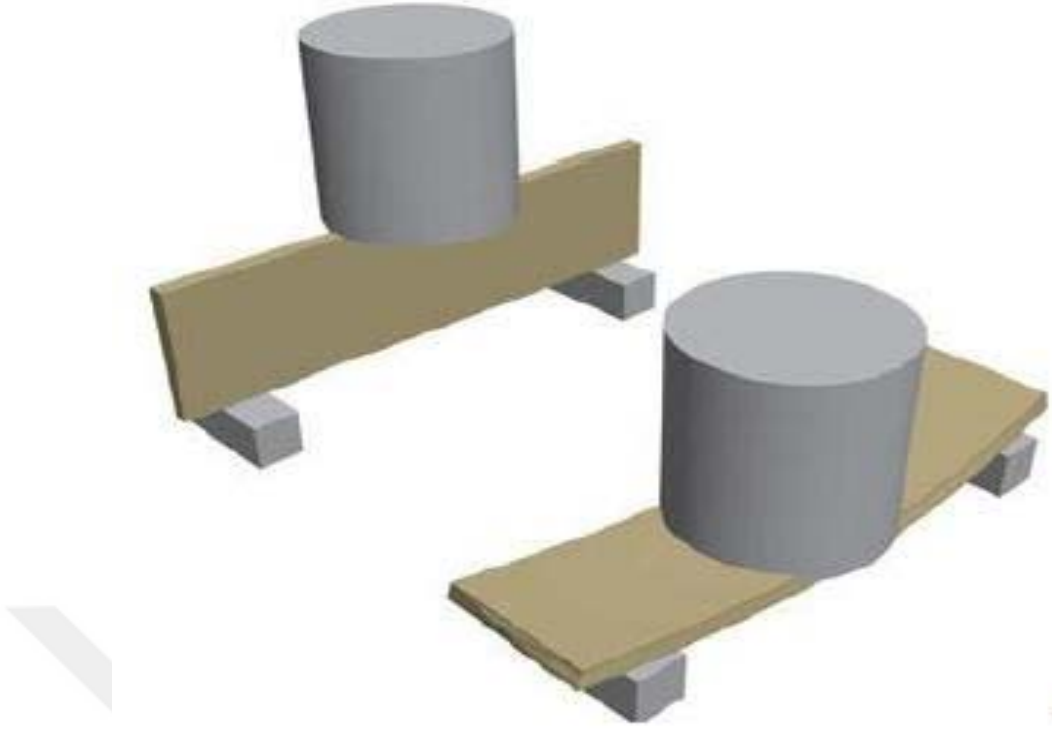
Yapılarımızın en önemli iki özelliği olan bu özellikleri depreme karşı dayanıklı olmasını sağlamaktadır. Binaların mimari özelliklerine bakıldığında üstünde oluşan yükleri kaldırması gerilmeleri taşıması gerekir. Bu özelliğine dayanım demektedir. Rijitlik ise dış cephe, çatı gibi sonradan ekleme ile yerleştirilmiş özelliklerinin yer değiştirmesidir. Her hangi bir depremde bu özelliklerin de ağırlığı, malzemesi ve şeklini iyi tasarlayıp o şekilde koymamız gerekir. Örneğin bir binaya

dış cephe kaplıyorsak ilk binanın dayanımına yani buradaki oluşacak yükü kaldırabileceğine baktıktan sonra bir deprem kuvvetinde bu dış cephenin yatay ivmeye karşı nasıl bir tepki göstereceğini bilmek bizim için önemlidir.[26]

Tasarladığımız binalar boş duramaz. Yaşama konforu için bir şeyler daha yapılmalı işte bu yüzden bunlarla ilgili şartnameler vardır. Bu şartnamelerde malzemelerin nasıl olacağını nasıl monte edileceği gibi bilgilere yer verilmektedir. Örnek verecek olursak oda oluşturmak için bölmek zorundayız ve içeriye duvar örmek gerekir. TS500-TDY2007 şartnamesi, “duvara dik yönde 240 N/m²’den düşük olmamak üzere gelen bütün yüklere karşı gelecek şekilde tasarlanmalıdır.”[27] Çoğu mimar malzemenin kalitesinin çok daha önemli olduğunu söyler. Bu iç duvarlar titreşimde kayma yaparlar. Bu her duvar için farklı olarak düşünürsek bunlara çok daha ciddi koşullar getirilebilir. Aksi halde iç ve dış duvarlarda çatlama, kırılma meydana gelebilir. Bu da istenmeyen bir durumdur. Yanal deplasman yapması için gereken kurallara uymalıyız. Böylelikle kırılma ve çatlama önleyebiliriz.[28]



Şekil 2.21. Kat Öteleme Oranı



Şekil 2.22. Dayanım ve Rijitlik

Deprem sayesinde bir kat ötelemesi olduğunda ve bu baya fazla olduysa düşey yönde kalıcı şekil bozukluğu oluşur. Ve ilerleyen zamanlarda toptan çöküme yol açabilir. Bu iki özellik bu sebepten önemlidir. Kuvvete göre konumlanmalıdır. Şekil 2.22 deki gibi köşeye veya ortaya konulduğunda nasıl bir esneme ile şekil değiştirdiğini kolayca anlayabiliriz. Yapıların dayanımları malzeme bakımından bakılırsa genelde aynı olarak söyleyebiliriz. Ancak mimari sayesinde rijitlikleri daima farklı olacaktır.[29]

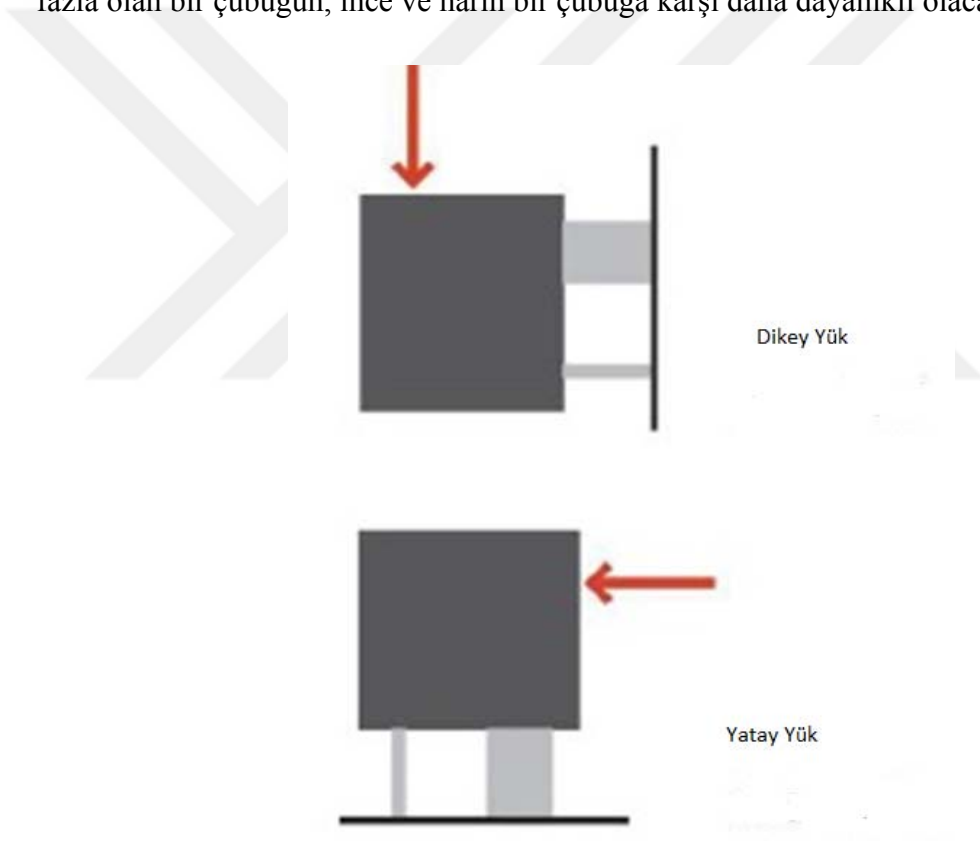
2.4.9 Kuvvet Dağılımı ve Gerilme Yığılması:

Bir yapıyı sismik tarafına bakarak incelersek, rijitliğin değişimi yanında mühim bir konu daha vardır. Yatay kuvvetleri belirlerken yapımızın ağırlığı ile ivme çarpılır ve bu sayede bulunur diye tanımladık. Ama bu sonradan eklenen elemanlar bu etkiyi nasıl bölüşecek. Eşit mi olacak yada bazıları daha fazlamı alacak bunlar

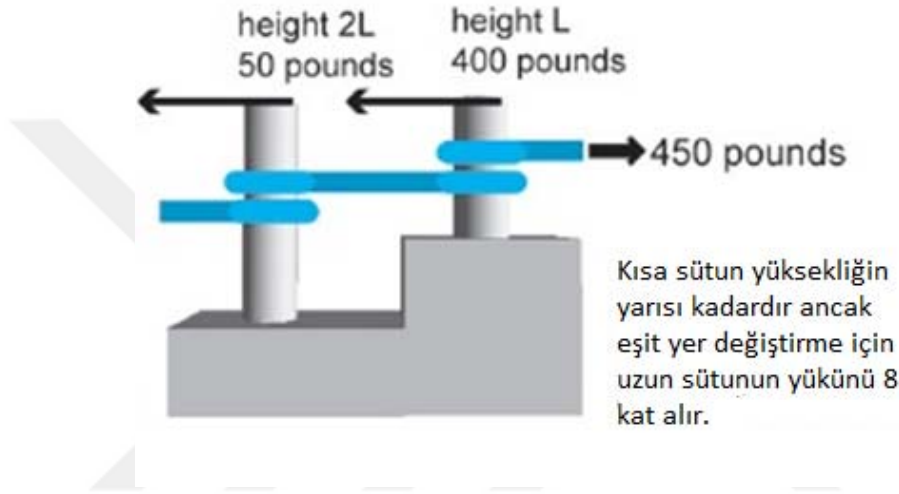
belirlenmelidir. Bakıldığında rijitlikleri ile orantılı olarak kuvvetler dağılır. Büyük rijitliğe büyük yük diyebiliriz. Bu dağılım için yapının rijitliğinin en doğru biçimde hesaplayıp bulmak gerekir.[30]

Yapımız eğer beton ise rijitlikleri aynı büyüklükte olacağından kuvvet dağılımı da eş olacaktır. Bu sebepten yine aynı miktarda hareket oluşacaktır.

Tabi ki sonradan eklenen döşemeler ya da çatı plakaları bunları rijit diyaframı grubuna koymak gerekir. Çünkü farklı malzeme, boyutta olacağından rijitliklerinin farklı olacağını söylemek mümkündür. Eleman dağılımını bulmak bizim sismik titreşim de nasıl hareket etmemizi belirlemesi açısından önemlidir. Basit olarak tahmin etsek te kesin yargılı bir hesaplama daha tatmin edicidir. Kalın ve rijitliği fazla olan bir çubuğun, ince ve narin bir çubuğa karşı daha dayanıklı olacağı gibi.



Şekil 2.23. Kuvvet Dağılımı ve Rijitlik



Şekil 2.24. Kısa Kolon Problemi

Yanal rijitliğe ait bu tanımın bilinmesi gereken yöne şekil 2.24 te verilmiştir. Bu tarz kolon kesitleri eşittir. Boylarını kıyaslayacak olursak uzun olan kısa olanın 2 katıdır. Matematiksel formülle yaklaşırsak rijitlik kolon boyunun küpüne göre farklılık gösterir. Bu mantıkla kısa olana 2 dersek (2^3) sekiz kat daha rijittir. Taşıdığı yük olarak bakılırsa sekiz kat daha fazla yük taşır. Buda asıl gerilmenin burada daha fazla olduğunu gösterir.



Şekil 2.25.İstenilmeyen Kısa Kolon Oluşumu

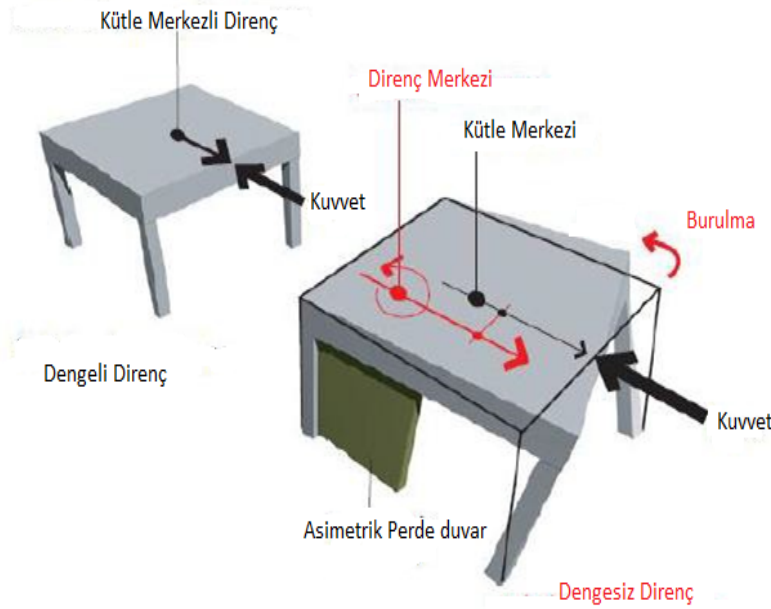
Değişik boyutlara sahip kolonları bulunan yapılarda bu durumun önemli neticeleri vardır. Çünkü elemanlara gelen yükleri eşit olarak dağıtmak zorundayız. Rijitliklerini oluşacak kuvvete uygun olarak tasarlamalıyız. Bunları yapmamıza rağmen daha sonrada bazı sorunlar oluşabilir. Genelde kısa – uzun kolon problemi oluşur. Böyle zamanlarda yeniden tasarlayıp inceleyip analiz etmek gerekir. Ve bu şekilde bir sorun olup olmadığını belirli zaman aralıklarıyla inceleyip, bakılmalı aksi halde daha büyük zarara neden olur.[31]

2.4.10 Burulma Etkileri:

Katı olan her şeyin bir ağırlık merkezi vardır. Bu merkez de dönme meydana gelmeyeceğinden denge noktası da denilebilir. Bina tasarlanırken eğer iyi bir şekilde plan yaparsak binanın geometrik merkezi ile kütle merkezi aynı yerde olacaktır. Kütle merkezini daha sonra eklenen döşeme, duvar ve çatı gibi aksesuarlar değiştirir. Bunları göz önüne alarak denge getirmeye çalışmalıyız.[32]

Deprem esnasında yapımızın kütle merkezi ile elemanların merkezleri arasında uyum olmazsa burulma etkisi meydana gelir. Bu olaya “eksantrisite” deriz. Deprem anında bu kuvvete maruz kalan yapı rijitlik merkezinin etrafında dönmeye çalışır. Yapısından dolayı burada burulma oluşur.[33]

Eğer her şeyi doğru ayarlayıp kütle düzgünce dağıtılacak şekilde tasarlanırsa, kuvvetlere karşı yapı direnecektir. Elemanları simetri olarak koyarsak rijitlik burulmayı önleyecektir. Tabi ki burulma her şartta meydana gelir. Hiç olamaz demek yanlış olsa da en aza indirmek mümkündür.



Şekil 2.26. Burulma Kuvveti

2.4.11 Yapım Kalitesi:

Öncelikle bir yapı diyorsak bu yapının doğru inşa edilip edilmediğine bakmak gerekir. Ardından yapının hangi malzemedен yapıldığı araştırılmalı depreme karşı dayanıklımı, belirli özelliklerine bakılmalı. Bir deprem titreşimi yollandığında bu güçleri emniyetli bir biçimde birbirlerine geçirebiliyor mu bunu bilmeliyiz. Bu şekilde bütünlüğü koruyup birleşim noktaları daha güçlü olacaktır. Düğüm noktaları buna göre tasarlanmalıdır.

Her yapının tasarlanmasında farklı bilgilere bakmalıyız. Misal beton yapı yapıyorsak çelik kolonları doğru yerlere ve doğru miktarda koymamız gerekir. Ahşap bir yapı ise açıklıkları, çivi hesabı bile aslında çok kritik öneme sahiptir. Dış cephe, çerçeveler, cam kaplamalar, bunlar arasındaki mesafe elektrik trafoları, soğutucu bunların hepsi yapım kalitesini etkiler. Yapım kalitesi için malzeme testleri yapılmalıdır. Uzman personeller denetlemeli ve her aşamada incelenmelidir.[34]

Deprem etkisine zıt binanın dayanımı birkaç saniye de meydana gelir. Bu zaman içerisinde sismik dalgalar toplanarak bütün depremlerde değişik bir etki meydana getirirler. İlaveten deprem titreşimleri ilerlediği yerlerde değişimlere yol açar. Her yerde farklı zemin olacağından oluştuğu titreşim farklı olacaktır. Ve her bina boyutu, şekli, oluştuğu malzeme, yaşı, kolonları, iç mimarisi, yapım kalitesi farklı olacağından aynı depreme farklı tepki vereceklerdir. Bu tepkileri incelemek için o arazide daha önce oluşmuş depremlere ve binanın verdiği tepkilere bakmak gerekir.[35]

3. MATARYEL VE YÖNTEMLER

Çalışmada sonlar elemanlar metodu bilgisayar programı yardımıyla ele alınan probleme uygulanmıştır. Sonlar elemanlar paket programı olarak ANSYS workbench kullanılmıştır. ANSYS; bilgisayar uzantılı olan, mühendislik çalışmalarında faydalanılan, çözüm ve simülasyonları oluşturabildiğimiz bir programdır. ANSYS programı ile mekanik, yapısal çözüm, hesaplamalı akışkanlar dinamiği ve ısı geçişleri gibi değişik disiplinlerde faydalı çalışmalara imkan vermektedir.

Sonlu elemanlar prensibi ile bütün halinde analizi imkansız olan bir biri içine girmiş geometrideki şekilleri ufak ve çok miktarda bölümlere ayırarak bu küçük parçaların tek tek analizi yapıp bütün problemin analizi ortaya çıkarılır. Sonlu sayıdaki verilerin çözümü sonucu bulunan değerler toplanarak tek ve mantıklı bir sonuç bulunur. Deprem etkilerini görmek için yaptığımız analizlerde ANSYS programının çeşitli modülleri kullanılmıştır. Bu modüllerin temel çözücüsü ANSYS Mechanicaldir.

Sonlu elemanlar yöntemin den faydalanılan bu program bileşen ve alt sistemlerin reel dünyadaki hareketlerini animasyon şeklinde yapılarak reel e yakın veriler ortaya çıkarır. Mühendislik simülasyonlarında çözümü yapılmaya çalışılan modelin olduğu maddenin özellikleri çok fazla önem taşır. ANSYS programı, geniş bir malzeme kütüphanesine sahip olmakla birlikte özel malzeme tanımlamamıza da imkan tanımaktadır. Mühendislikte kullanılan maddelerin özelliklerinden biri olan izotropik ve ortotropik sağlamlık, doğrusal elastikiyet, hiperelastisite, plastiklik, viskoelastik özellikler, viskoplastite ve süneklik gibi malzeme özellikleri çözüm öncesinde direk olarak bulabiliriz. ANSYS programı ile çözüm yapılacak maddenin özelliği daha önceden araştırılmalarla hazırlanan kataloglardan bakılarak programa yazılabilir. Çalışmamızda “Static Structural” “Modal” “ Response Spectrum” ve

“ Harmonic Responce” modülleri kullanılmıştır. Statik analiz çizimleri için “Static Structural” mod yapısına doğal frekansların hesaplanması için “Modal” ve deprem anında oluşacak deformasyon ve gerilmelerin analizi için “Response “deprem frekansının binanın temel frekanslarına yakın olduğu durumların analizi için “Harmonic Response “ modülleri kullanılmıştır. İncelediğimiz yapıların tasarımında ise yine ANSYS programının bir modülü olan derin modeller kullanılmıştır.

Statik bir yapıya analiz yaparken, önemli atalet ve sönümlenme etkilerini oluşturmeyen yüklerin neden olduğu yapılarda veya bileşenlerde yer değişimleri, gerilmeleri ve kuvvetleri bilmemiz gerekir bu sebepten Static-Structural modülünü kullanmamız gerekir. Bu şekilde gerilmeleri, yer değiştirmeleri ve kuvvetleri bulabiliriz.

3.1 Yapısal Analiz

Statik bir yapısal analiz olan Static-Structural, önemli atalet ve sönümlenme etkileri oluşturmeyen yüklerin neden olduğu yapılarda veya bileşenlerde yer değiştirmeleri, gerilmeleri, gerilmeleri ve kuvvetleri belirler. Sabit yükleme ve yanıt koşulları kabul edilir; yani, yükler ve yapının tepkisi zamana göre yavaşça değişebilir.

3.2 Mod Yapısı Analizi

Bir modal analiz, bir yapının veya bir makine bileşeninin titreşim özelliklerini (doğal frekanslar ve mod yapıları) belirler. Geçici dinamik analiz, harmonik analiz veya spektrum analizi gibi başka, daha ayrıntılı, dinamik bir analiz için bir başlangıç noktası olarak da hizmet verebilir. Doğal frekanslar ve mod yapıları, dinamik yükleme koşulları için bir yapının tasarımında önemli parametrelerdir. Ayrıca dönen bir türbin kanadı gibi önceden gerilmiş bir yapı üzerinde modal analiz yapabilirsiniz.

Yapı veya makine bileşeninde sönümlenme varsa, sistem sönümlü bir modal analiz haline gelir. Sönümlü bir modal sistem için, doğal frekanslar ve mod şekilleri karmaşık hale gelir.

3.3 Harmonik Tepki Analizi

Yapısal bir sistemde, herhangi bir sürekli d6ngüsel yük, bir sürekli d6ngüsel veya harmonik tepki üretecektir. Harmonik analiz sonuçları, lineer bir yapının zamanla sinüzoidal olarak (harmonik olarak) değişen yüklere karşı kararlı durum tepkisini belirlemek için kullanılır, böylece tasarımlarınızın rezonans, yorgunluk ve diğer zararlı etkilerin diğer zararlı etkilerinin başarılı bir şekilde üstesinden gelip gelmeyeceğini doğrulamanızı sağlar titreşimler.

Bu analiz tekniği bir yapının sadece kararlı hal, zorlanmış titreşimlerini hesaplar. Uyarmanın başında meydana gelen geçici titreşimler harmonik bir analizde hesaba katılmaz.

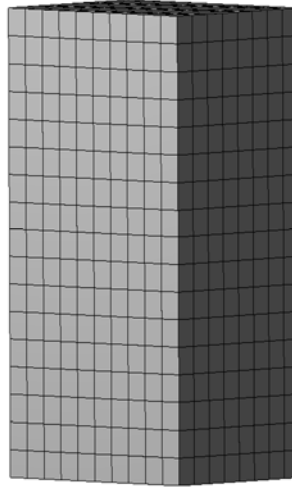
3.4 Tepki Spektrumu

Tepki spektrumu analizleri, örneğin rüzgar yükleri altındaki yüksek binalar gibi inşaat yapı tasarımlarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Diğer bir ana uygulama sismik yükler altındaki nükleer santral tasarımları içindir.

4. DEPREM ETKİSİ ALTINDAKİ YÜKSEK YAPILARDA TİTREŞİM ANALİZİ

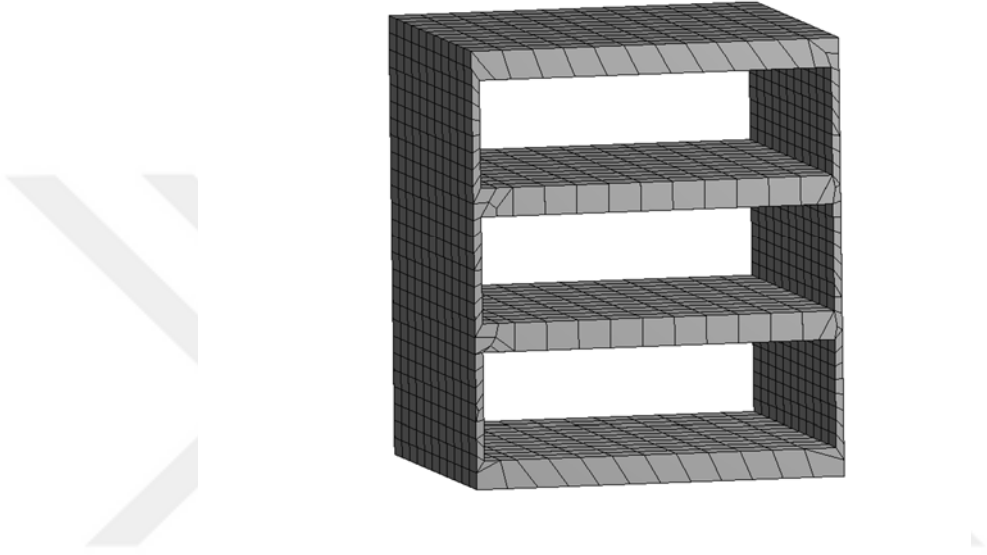
Öncelikle deprem etkisi altında kalacak yapının nerde olduğu çok önemlidir. Yukarıda bahsettiğimiz gibi zemin etkisi yapının titreşime karşı nasıl bir tepki vereceğini değiştirir. Aynı boyutta iki bina farklı zeminlerde farklı değerler elde etmemize sebep olur bu nedenle biz hem doğru bir şekilde karşılaştırmak için yapının sert zeminde olduğunu düşündük ve yapılarımızı bu şekilde hepsini sert bir zeminde düşündük. Ardından çizdiğimiz bina modellerinde optimum sonucu verebilmek için hangi mesh büyüklüğünü bulmak gerekir. Bu sebepten ilk başta fazla yüksek olmayan ortalama beş katlı yirmi beş metrelik bir binayı örnek olarak değerlendirelim.

4.1 Mesh yapısı ve Analizi



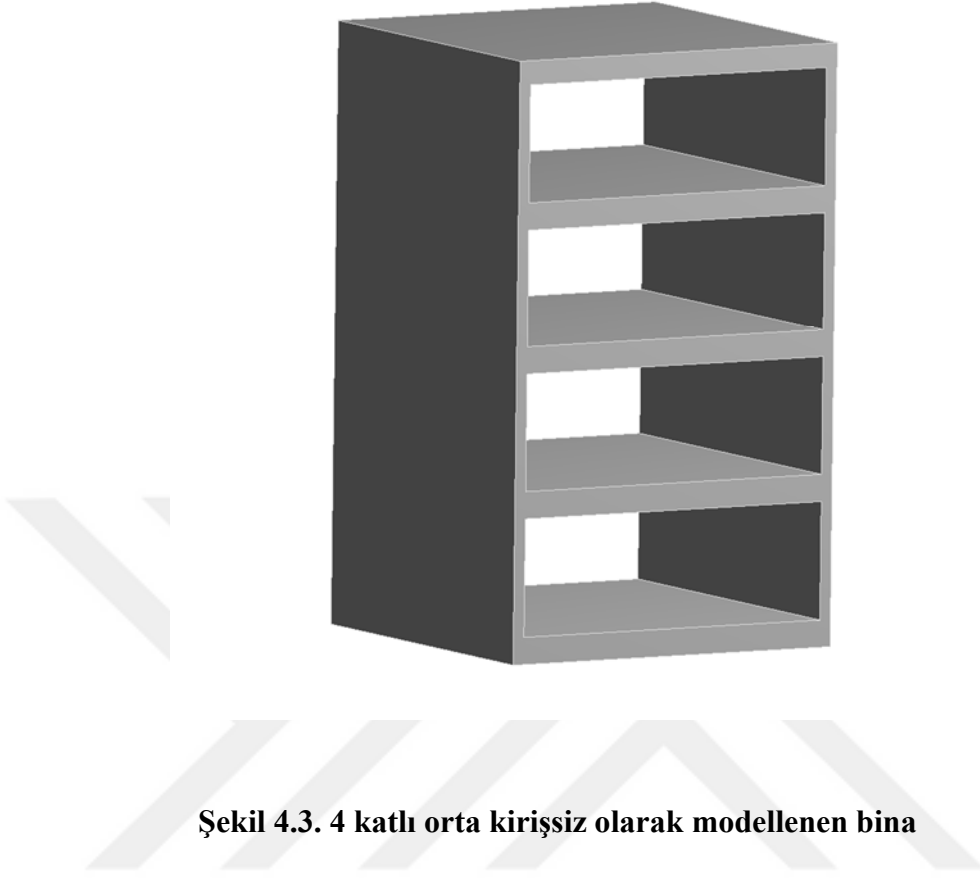
Şekil 4.1. Tam dolu olarak modellenen binanın mesh yapısı

Bu çizdiğimiz modelde yapımızın hacmi $30002,7 \text{ m}^3$, kütlesi $2,3571\text{e}+007 \text{ kg}$, düğüm nokta sayısı 6669 , eleman sayısı 1360 dır. 13.202m ene 22.744m boya ve 10m genliğe sahip olan örneğimizi baz alıp ardından bina yapısına daha uygun olmasını beklediğimiz kafes yapısına sahip bina tasarımlarına geçilmiştir.



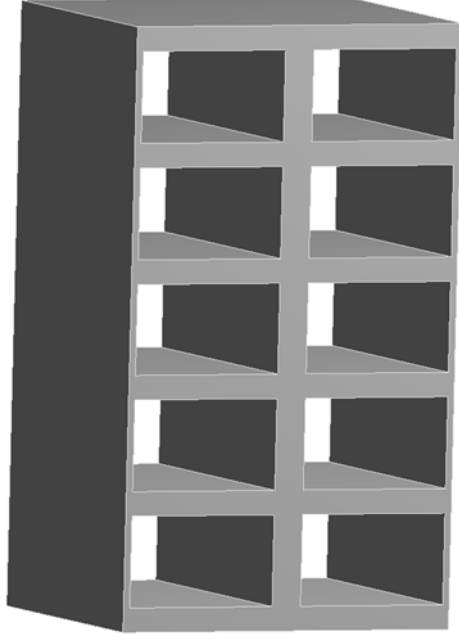
Şekil 4.2. 3 katlı orta kirişsiz olarak modellenen binanın mesh yapısı

Bu tasarımımızda orta noktadan kiriş koymadan dış kirişler 0.8m olup ara katlarda düşey kirişlerin boyutu 1m dir. Hacmi $373,68\text{m}^3$, düğüm sayısı 8696 ve eleman sayısı 1276 dır.



Şekil 4.3. 4 katlı orta kirişsiz olarak modellenen bina

Beş katlı binamızın ölçüleri 20m boy eni 12m dir. Derinliğinde 12 m olduğu yapımızın yan kirişlerinin ölçüsü 0.5 yatay kirişler 1m dir. Hacmi $783,36 \text{ m}^3$, kütlesi $6,1494e+006 \text{ kg}$ düğüm noktası 7760 ve eleman sayısı 1090 dır.



Şekil 4.4. 5 katlı ortadan kirişli olarak modellenen bina

Son tasarladığımız beş katlı ortadan kirişli bu modelimizde köşe kirişler 30mm, yatay kirişlerimiz 80mm ve ortadaki kirişimiz 100mm dir. Hacmi $765,12\text{m}^3$, kütlesi $6,00062\text{e}+006\text{kg}$, düğüm sayısı 47218 eleman sayısı 8180 olan bu binamızın boyu 19.8 m olup eni 11.4m dir.

Gerçeğe en yakın olan modelimiz olduğu için bu yapıya göre mesh analinizin yapılmasını daha uygun görülmüştür. Değişik eleman büyüklüklerinde doğal frekans ve maksimum deformasyo'nu Tablo 4.1 de görmekteyiz.

Tablo 4.1. Eleman büyüklüğüne bağlı doğal frekans ve maksimum deformasyon

Eleman Büyükü	MOD 1		MOD 2		MOD 3		MOD 4		MOD 5		MOD 6	
	D.F	M.D	D.F	M.D	D.F	M.D	D.F	M.D	D.F	M.D	D.F	M.D
0,5 m	4,74360 Hz	0,00065358m	10,9360 Hz	0,00076996m	11,3960 Hz	0,0012108m	15,3840 Hz	0,00063487m	29,1310 Hz	0,00059216m	37,7180 Hz	0,0011514m
0,75 m	4,80170 Hz	0,00065428m	10,9480 Hz	0,00077519m	11,4900 Hz	0,0012131m	15,5090 Hz	0,00063592m	29,3360 Hz	0,0005911m	37,9333Hz	0,0011558m
1 m	4,96190 Hz	0,00065336m	10,970 Hz	0,00077058m	11,6750 Hz	0,0012053m	16,0290 Hz	0,00062933m	30,3340 Hz	0,00059648m	38,3402 Hz	0,0011584m
1,5 m	5,67110 Hz	0,00064826m	11,0140 Hz	0,00077497m	12,3090 Hz	0,0011866m	18,5280 Hz	0,00064084m	34,1450 Hz	0,00058309m	38,9250 Hz	0,00070969m
2 m	5,57490 Hz	0,00065745m	11,0730 Hz	0,00078245m	12,2810 Hz	0,0012084m	18,150 Hz	0,00061366m	34,2800 Hz	0,00060631m	39,0390 Hz	0,00071005m

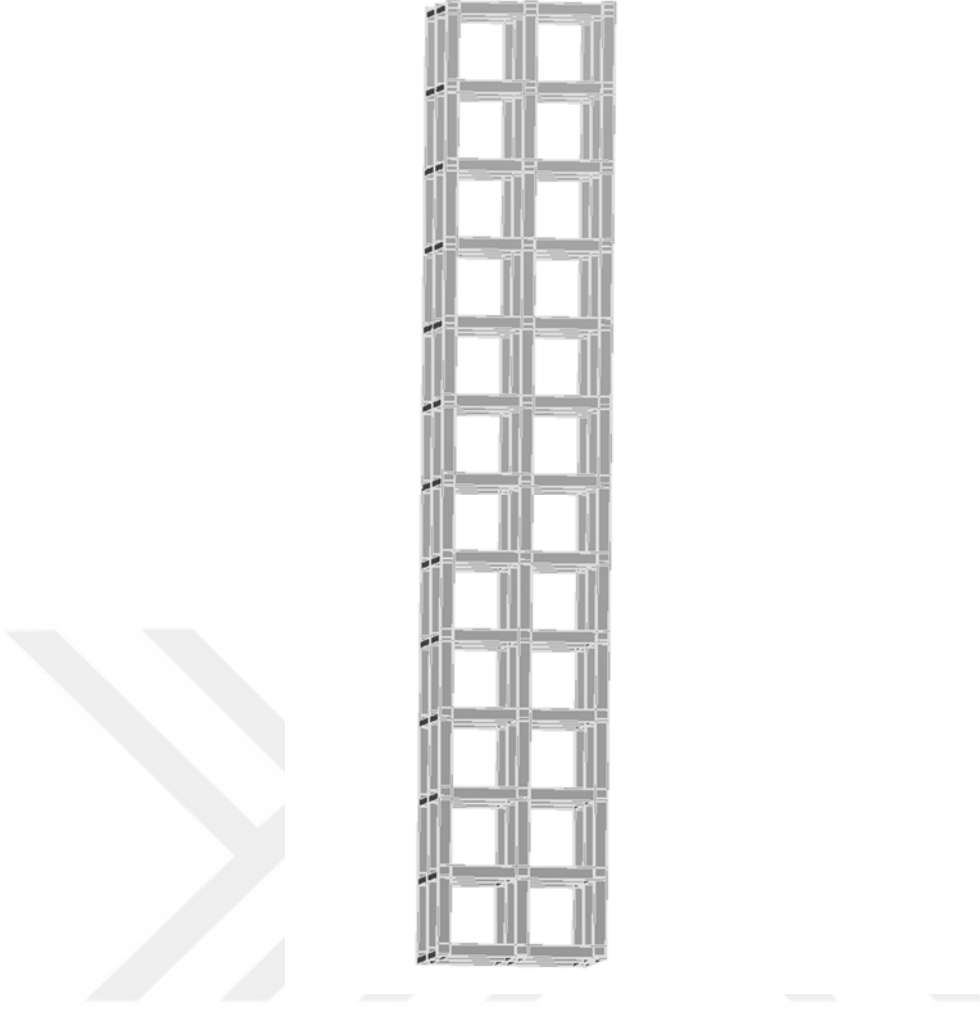
D.F : Doğal Frekans

M.D : Maksimum Deformasyon

Tablo 4.1'den görüldüğü üzere eleman büyüklüğüne bağlı olarak doğal frekans ve maksimum deformasyonun değişimlerini görmekteyiz. Bu değerler incelendiğinde 1,5m eleman büyüklüğü ve sonrasında doğal frekans ve maksimum deformasyon değerlerinde oldukça artış görülmüştür. Kullanılan bilgisayarın gücünde göz önüne alındığında her bir elemanın yaklaşık olarak 1m seçilmesi uygun görülmüştür.

4.2 Bina Modelleri

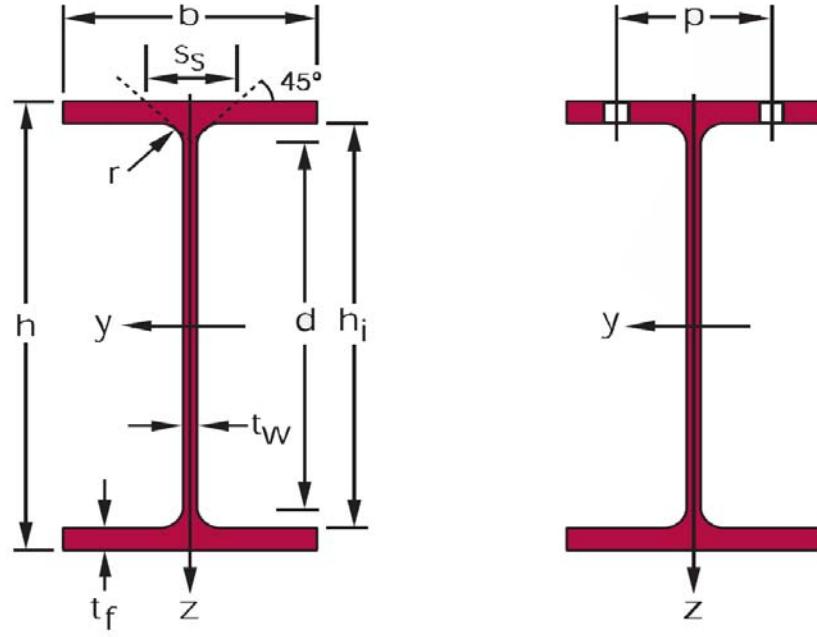
Deprem etkisini ölçmek için yapacağımız modelimizi W610x325x551 profil kullanarak tasarladık. Bu profil ile yapılan tasarımda karmaşık bir geometri oluştuğu için karşılaştırma yapabilmek adına 12 ve 25 katlı modeller belirlenmiş ve analiz buna göre yapılmıştır. Daha sonra model daha basitleştirilerek daha yüksek binaların analizine imkan sağlamıştır.



Şekil 4.5.1. 12 katlı W610x325x551 profil kullanılan modelimiz

Yapımızın boyu 50m, en 8,347m olan yapımız 12 katlıdır. Hacmi $72,911\text{m}^3$ ve kütlesi $5,7235\text{e}+005$ kg dır. Düğüm noktası 187625 ve eleman sayısı 100353 tür. Binamızın değişik modlardaki doğal frekans değerleri Tablo 4.2 de verilmiştir.

W610x325x551 profilinin boyutları ve kesitini daha ince bir detayla göreceğ olursak;



Şekil 4.5.2. W 610x325x551 profili kesiti

Kesitte görüldüğü gibi W610x325x551 profili kullanarak yaptığımız modellerde başlıca değerler şu şekildedir.

$$h = 711\text{mm}$$

$$t_f = 69,1\text{ mm}$$

$$t_w = 38,6\text{ mm}$$

$$b = 347\text{ mm}$$

$$y = 154,2\text{ mm}$$

değerleri kullanılmıştır.

Tablo 4.2. 12 katlı W610x325x551 profiline göre çizilmiş modelin doğal frekansları

MODLAR	DOĞAL FREKANSLAR
1	0,81444
2	1,6621
3	1,7184
4	2,4898
5	4,3642
6	5,1182

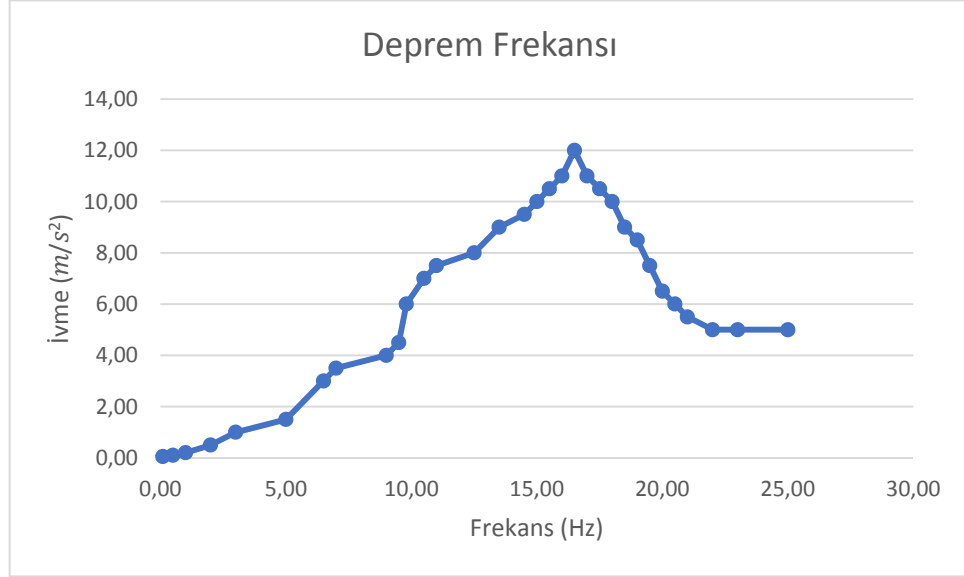
Modelimize şekildeki değişime sahip deprem etki frekansı etki ettiğinde modelimizde oluşan toplam deformasyon ve toplam gerilme Şekil 4.6 ve Şekil 4.7 de görölmektedir.

Çizdiğimiz modeldeki doğal frekansları bulduk deprem etki frekansı etki ettiğinde ne olacağını bilmemiz gerekir. Deprem frekansları farklılık gösterir. Bizler daha doğru bir yorum için bütün modellediğimiz yapılara aynı deprem frekanslarını verip buna göre daha düzgün yorum yapmak için bu şekilde bir yöntemin daha doğru olacağını düşündük.

Tablo 4.2.1 Deprem hızlarının Richter ölçeğine göre değerleri

Yoğunluk	Hızlanma (g)	Hız (cm/s)	Algılanan Sallanma	Potansiyel Hasar
I	< 0,0017	<0,1	Hissedilmez	Yok
II - III	0,0017 - 0,014	0,1 – 1,1	Zayıf	Yok
IV	0,014 - 0,039	1,1 – 3,4	Hafif	Yok
V	0,039 - 0,092	3,4 – 8,1	Orta	Çok Hafif
VI	0,092 - 0,18	8,1 – 16	Kuvvetli	Hafif
VII	0,18 - 0,34	16 – 31	Çok Güçlü	Orta
VIII	0,34 - 0,65	31 – 60	Şiddetli	Orta Derecede Ağır
IX	0,65 - 1,24	60 – 116	Şiddetli	Ağır
X+	>1,24	>116	Aşırı	Çok Ağır

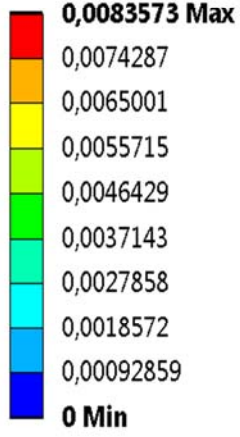
Binalarımıza uygulayacağımız deprem frekanslarının değerlerini Tablo 4.2.1 de görmekteyiz. Bu tabloyla hangi şiddette hızda bir depremin ivmesi nasıl bir hasar oluşacağını görmekteyiz.



Şekil 4.5.3. Bütün modellere uygulanan deprem frekansları ve grafiği

Depremin frekans ve ivmesi Şekil 4.5.1'deki gibidir. Bundan sonra tasarladığımız her modelde aynı frekansta deprem uygulanacaktır.

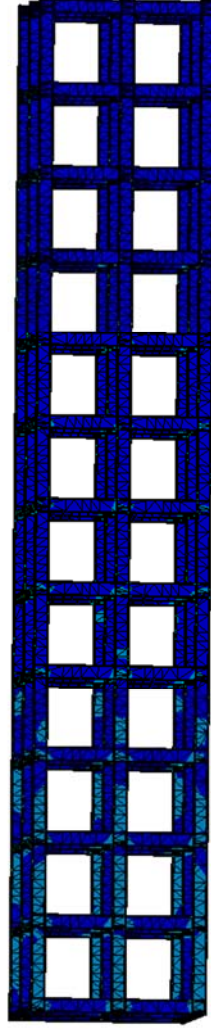
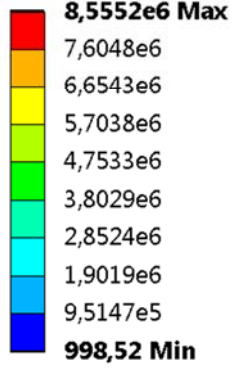
H: Response Spectrum
Total Deformation
Type: Total Deformation
Unit: m
Time: 0



Şekil 4.6. Modelimize deprem frekansı uygulandığında oluşan toplam deformasyon

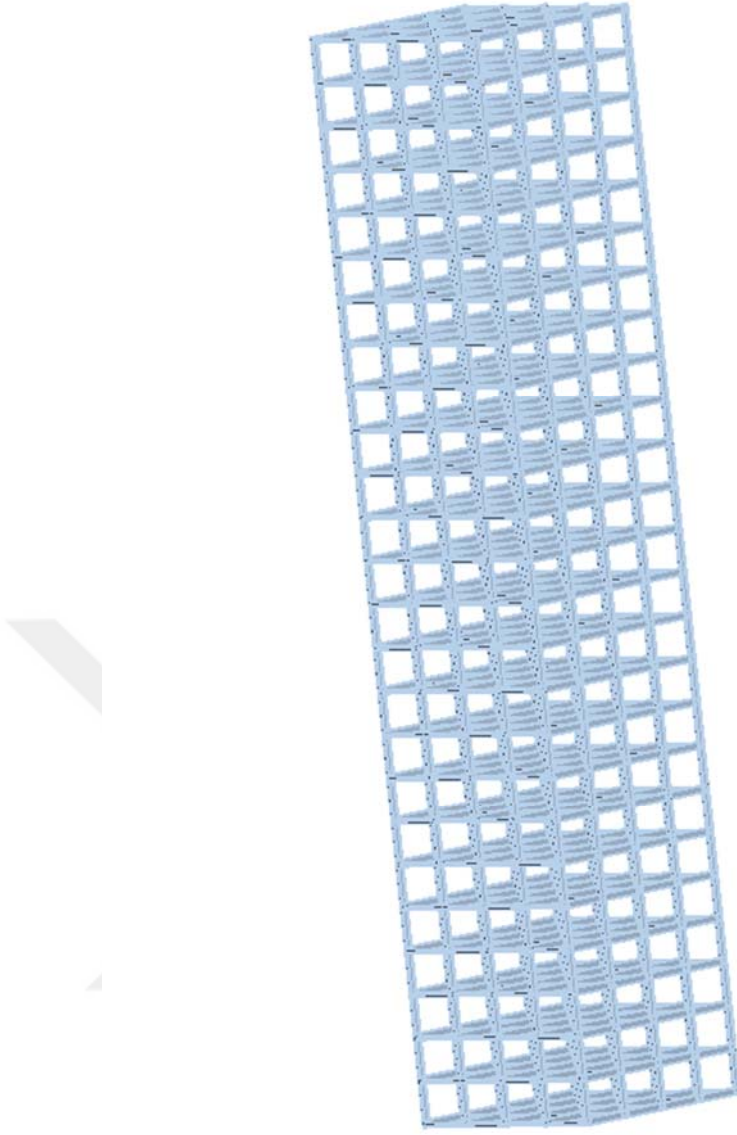
Maksimum deformasyon en yüksek 0,0083573m olduğunu ve bu deformenin en tepede daha yoğun olduğunu zemine yaklaştıkça azaldığını görmekteyiz.

H: Response Spectrum
Equivalent Stress
Type: Equivalent Stress
Unit: Pa
Time: 0



Şekil 4.7. Modelimize deprem frekansı uygulandığında oluşan toplam gerilme

Yapımızdaki gerilmeler neredeyse binamızın her yerinde eşit değerdedir. Lakin dikkatli bakıldığında alt kısımların dış ve orta kirişlerinde gerilmenin biraz daha fazla olduğunu söyleyebiliriz. (8.5 Mpa maksimum gerilme olmuştur.)



Şekil 4.8. 25 katlı W610x325x551 profil ile modellenmiş bina

100 m boya, 20,347 ene ve 25 kata sahip olan bu modelde hacim 520,81m³dür. Düğüm noktası 1502716 ve eleman sayısı 766674'tür. Modelimizin doğal frekans ve maksimum deformasyonlarının farklı modlardaki değerleri Tablo 4.3 te verilmiştir.

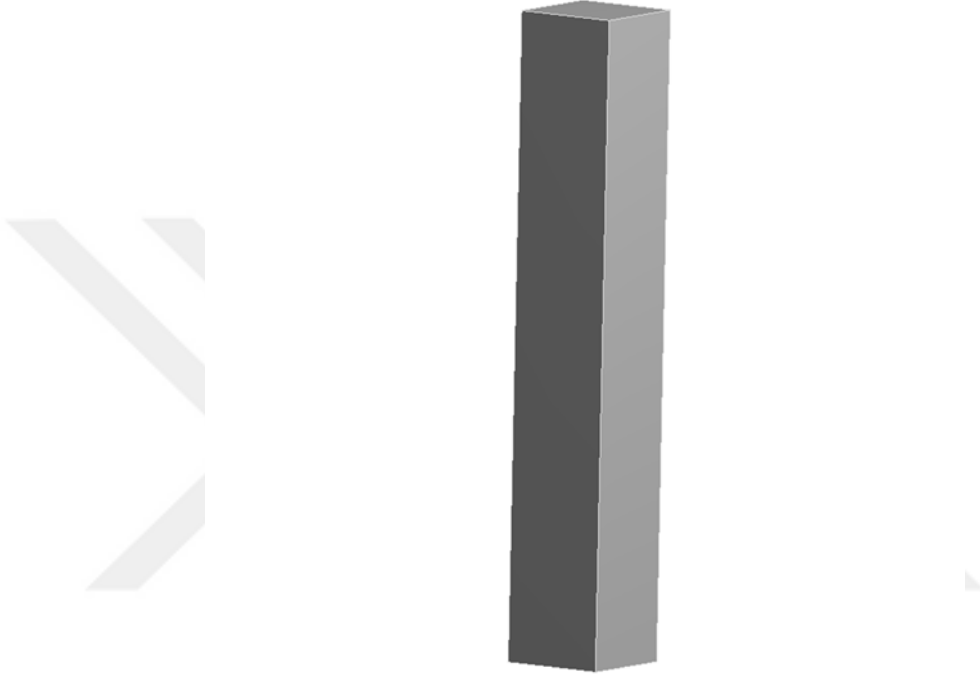
Tablo 4.3. 25 katlı W610x325x551 a göre çizilmiş modelin frekans ve deformasyon değerleri

MODLAR	DOĞAL FREKANS	MAKSİMUM DEFORMASYON
1	0,34864 Hz	0,023456 m
2	0,70099 Hz	0,037567 m
3	0,76935 Hz	0,027005 m
4	1,0576 Hz	0,023191 m
5	1,8265 Hz	0,022779 m
6	2,1159 Hz	0,035015 m

Hem modellerimizin doğal frekanslarını bulmamız hem de bir deprem frekansı altında nasıl bir tepki vereceğini görüp yorumlayıp ve bu modelleri kendi arasında içi boş, dolu, silindir şeklinde yapıp yüksekliğine göre birbiriyle karşılaştıracağımızdan dolayı çizimlerimizi basite indirmek zorundayız. Böylelikle elde edeceğimiz değerleri karşılaştırıp yorumlayabiliriz. 25 katlı modelin analizinde oluşan yaklaşık 1,5 milyon düğüm noktasının “Harmonic Response” analizlerinin çözümü bilgisayarın yetersiz kalmasından dolayı elde edilememiştir. Bu nedenle modellerde basitleştirme işlemi yapılarak daha yüksek binalardaki analizler gerçekleştirilmiştir.

4.3 12 Katlı Bina modelleri

Mesh analizinden sonra yapımızın boyutlarını değiştirerek doğal frekans ve toplam deformasyon bulmak için 50 m uzunluğunda değişik modeller tasarlayarak bunları karşılaştırıp en doğru veriler elde etmek planlanmıştır.



şekil 4.9. Tam dolu modellenmiş 12 katlı bina

Tam dolu modellenmiş binamızın boyu 50m ve eni 8.1 m dir. Hacimi 32,805 m³, düğüm noktası 19280 ve eleman sayısı 4050 dir.

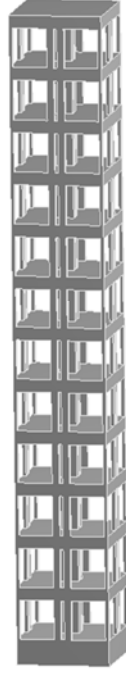
Tam dolu olan bu binamızı değişik yüksekliklerde de tasarlayacağımız için bu modelimize “Model 1 “ adını veriyoruz. Model 1 içi tam dolu olarak modellenmiş bina yapısı olarak ilerde karşılaştırma yapılırken işimizi kolaylaştıracaktır.



Şekil 4.10. 12 Katlı Kafes Modeli

Kafes modeli bir yapıya uygun olan bu modelimizde kirişler 0.8m olarak alınmıştır. Binanın ortasından da 0.8m kalınlığında bir kiriş geçmektedir. Bu yapıdan alınan değerler; hacim $1077,3m^3$, düğüm noktası 16370 ve eleman sayısı 7291 dir. Modlardaki doğal frekans ve maksimum deformasyon Tablo 2 de verilmiştir.

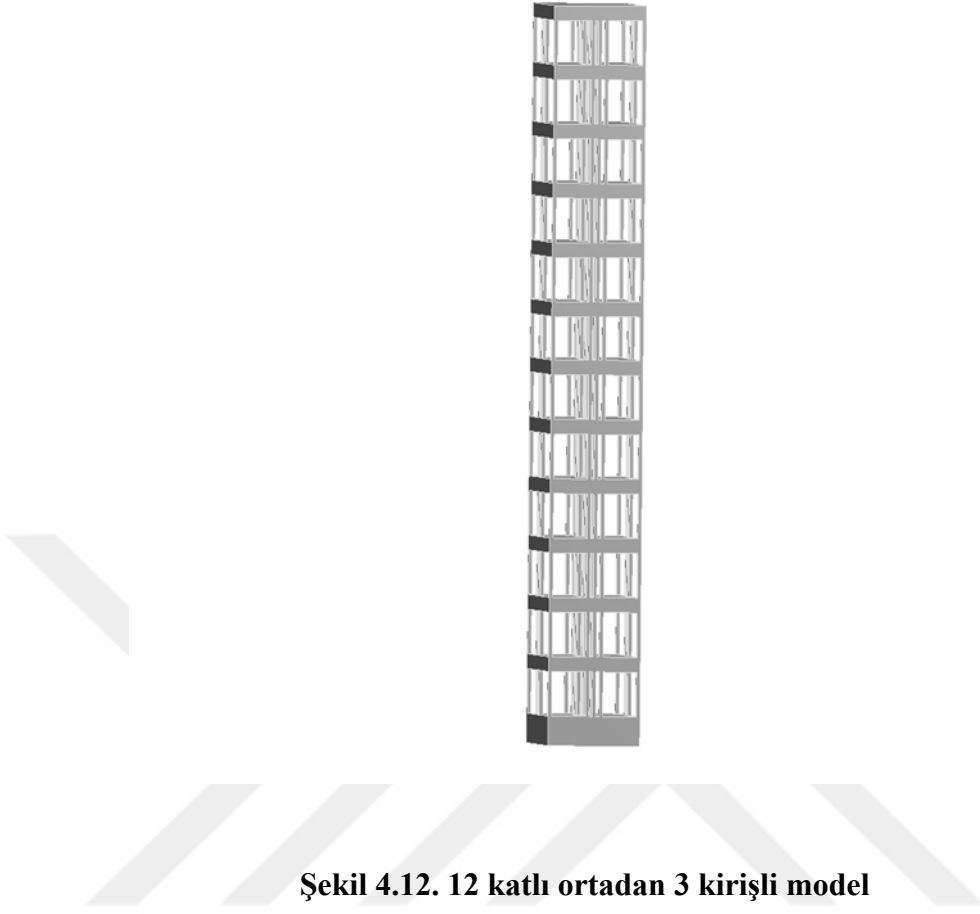
Kafes modeli, iler ki tasarladığımız binalarda da kullanacağımız bir model olduğu için bu modele “Model 2” diyoruz.



Şekil 4.11. 12 katlı ortadan iki kirişli bina modelimiz

Bu yapımızda dış kirişler 0.5 m olup orta noktadan birbirinden ayrı iki adet 0.3 m kalınlığında iki kiriş vardır. Hacim $1035,2 \text{ m}^3$, düğüm noktası 28319 ve eleman sayısı 13572 dir.

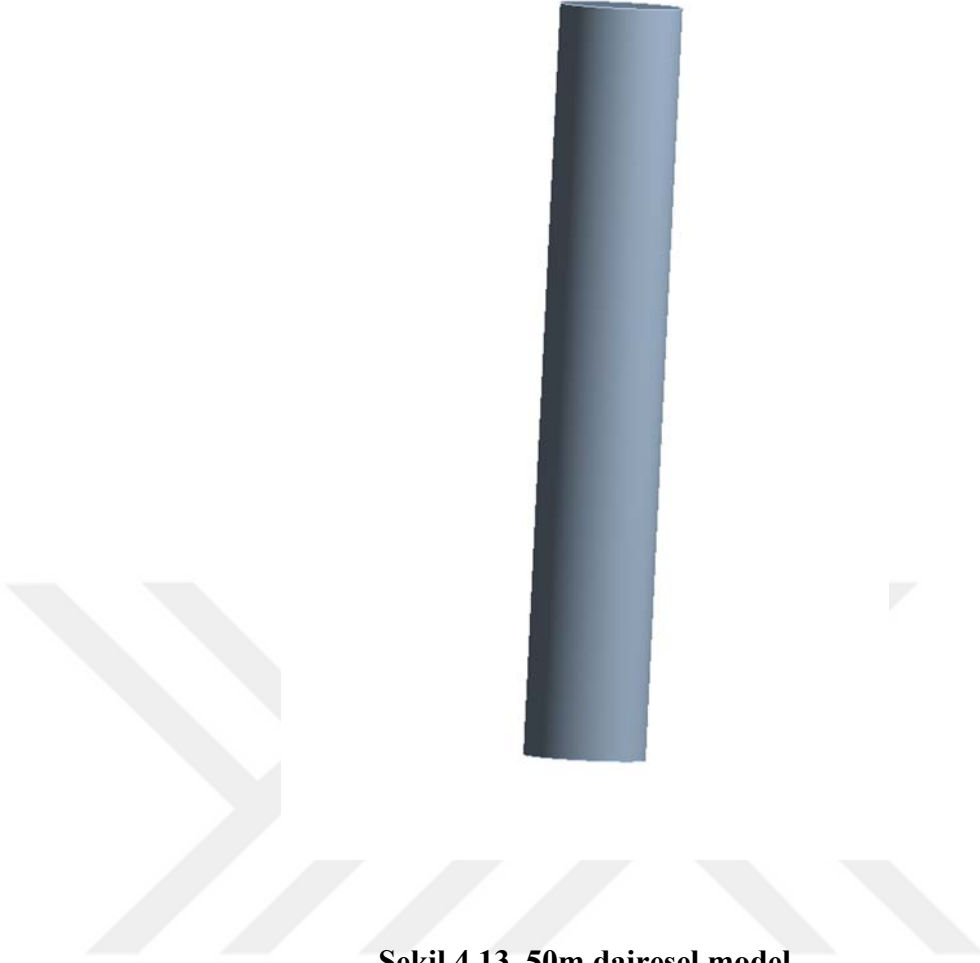
Bu modellerden en iyi değer veren kafes şeklindeki modeli daha sonra tasarlanacak daha uzun binalarda kullanılacağından bu modelde kafes şeklinde olan model 2 ye benzediğinden bu modele “Model 2.1 “ diyoruz.



Şekil 4.12. 12 katlı ortadan 3 kirişli model

Bu modelde tüm kirişlerin boyutu 0.3m'dir. Orta noktada birbirinden bağımsız 3 kiriş bulunmaktadır. Hacim $999,54m^3$, düğüm noktası 61526 ve eleman sayısı 30501dir.

Model 2.2 de dediğimiz üzere bu modelde yine kafes modeli olup değerlere bakılacağından bu modele "Model 2.2" diyoruz.



Şekil 4.13. 50m dairesel model

Bu modelimizde çap 8,1m olarak alınmıştır. Hacim $2576,5\text{m}^3$, düğüm sayısı 10536 ve eleman sayısı 5799 dur.

$$I_x=4,291\text{e}+009\text{kg.m}^2$$

$$I_y=1,6584+008\text{kg.m}^2$$

$$I_z=4,2961\text{e}+009\text{kg.m}^2$$

Bu modelimizin daha yüksek boyuttaki değerlerini ölçmek için bu modele “Model 3” diyoruz. Daha sonraki çalışmalarda bu tipteki modellere model 3 olarak söz edeceğiz.

Tablo 4.4. 12 katlı modeller için doğal frekans ve maksimum deformasyon

		TAM DOLU BİNA MODELİ (MODEL 1)	12 KATLI ORTA KİRİŞLİ BİNA MODELİ (MODEL2)	SİLİNDİRİK BİNA MODELİ (MODEL 3)
MOD 1	D.F	2,6082 Hz	1,4218 Hz	2,2698 Hz
	M.D	0,01247m	0,02027m	0,4442m
MOD2	D.F	2,6082Hz	1,423Hz	2,27Hz
	M.D	0,01247m	0,020277m	0,44421m
MOD3	D.F	14,414Hz	2,9418Hz	13,138Hz
	M.D	0,015296m	0,026355m	0,44727m
MOD4	D.F	14,707Hz	5,3174Hz	13,138Hz
	M.D	0,012807m	0,017951m	0,44727m
MOD5	D.F	14,707Hz	5,326Hz	15,652Hz
	M.D	0,012807m	0,017956m	0,44474m
MOD6	D.F	25,352Hz	8,8363Hz	25,341Hz
	M.D	0,008845m	0,026332m	0,31544m

D.F: Doğal Frekans**M.D: Maksimum Deformasyon**

Titreşim problemlerinde en önemli mod yapının 1.modudur çünkü genel itibari ile en büyük genlikler bu mod yapısında meydana gelir. İncelenen modellerde en düşük 1.mod doğal frekans değeri W610x325x551 profilli modelde, daha sonra orta kirişli modelde, daha sonra silindirik en yüksekte tam dolu kare modelde ölçülmüştür. 50 m tasarımlar için doğal frekans ve toplam deformasyon tablomuzdan değerlere bakarak ve gerçek yapıya uygun olan modellerimize deprem frekansı uyguladığımızda aşağıdaki şekiller ortaya çıkmaktadır. (Şekil.4.14, Şekil.4.15)

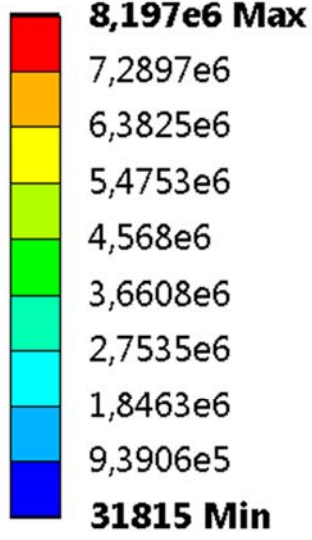
G: Response Spectrum

Equivalent Stress

Type: Equivalent Stress

Unit: Pa

Time: 0



Şekil 4.14. 12 katlı Model 2 ye deprem frekansı verildiğinde gerilme

Bu modelimizdeki gerilmenin yoğun olduğu yerler dış kirişlerin zemine yakın olan orta noktalarını görmekteyiz ve bu noktalar oldukça küçüktür. Şekil 23'te de görüldüğü gibi yapımızın büyük bir kısmında gerilme minimum noktadadır.

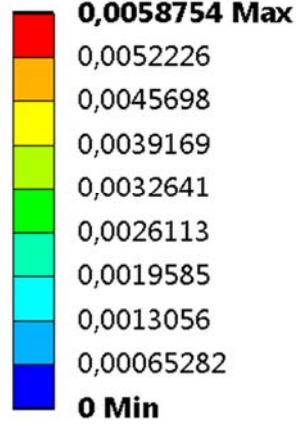
G: Response Spectrum

Total Deformation

Type: Total Deformation

Unit: m

Time: 0



Şekil 4.15. 12 katlı model 2 ye deprem etkisinde toplam deformasyon

Toplam deformasyonun binamızın alt kısmında etkili olup zeminden uzaklaştıkça deformasyonun azaldığını görmekteyiz. Bu azalma etkisi normal olarak kabul edilir. Değer olarak ta istediğimiz sonucu veren bu yapıımız bu deprem frekansına göre sağlam olarak durup fazla etki görmeyecektir.

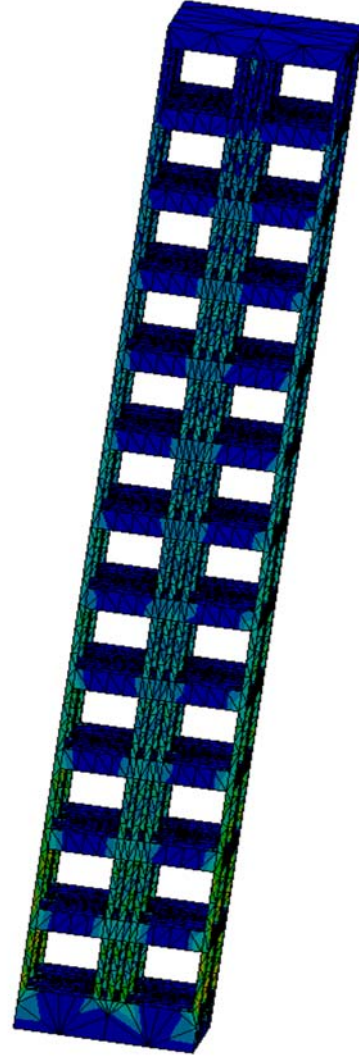
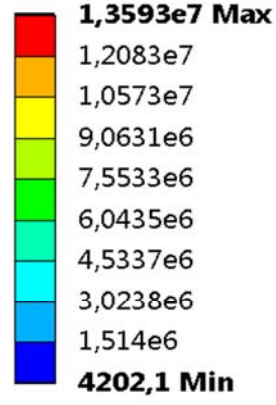
G: Response Spectrum

Equivalent Stress

Type: Equivalent Stress

Unit: Pa

Time: 0



Şekil 4.16. 12 katlı model 2.2 ye deprem altındaki gerilme

Bu modelimiz de deprem altındaki gerilmenin dış kolonlarda daha fazla toplandığını görmekteyiz.

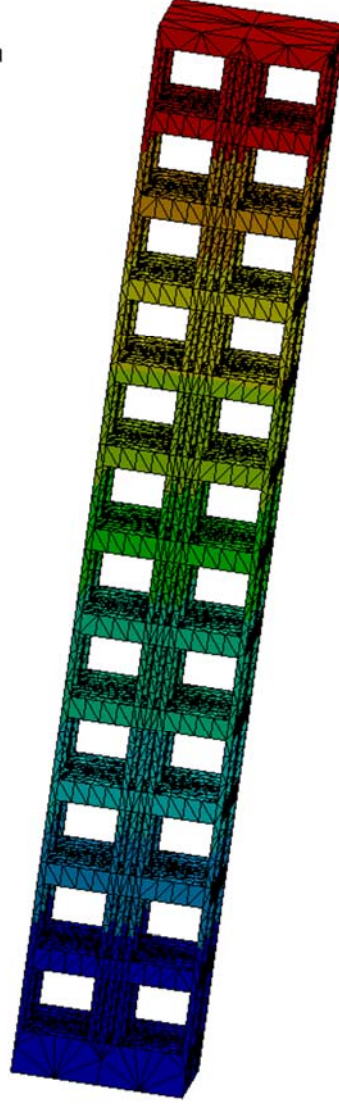
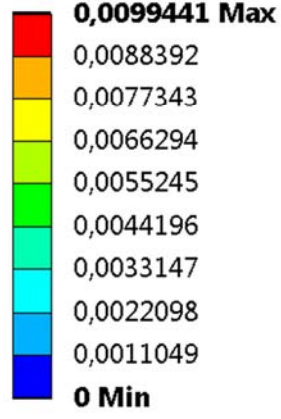
G: Response Spectrum

Total Deformation

Type: Total Deformation

Unit: m

Time: 0



Şekil 4.17. Model 2.2 nin deprem altındaki toplam deformasyonu

Bu modelimizde deformasyonların yine zeminden yukarı doğru arttığını görmekteyiz ama değerlere bakıldığında ilk modelimizden daha büyük bir deformasyon olduğunu görmekteyiz.

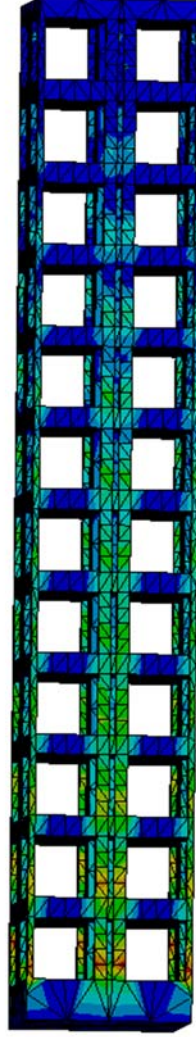
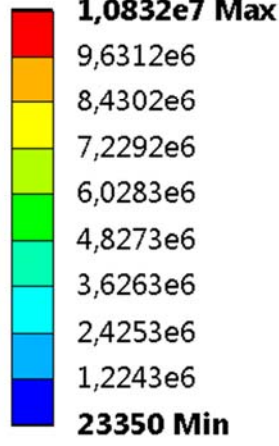
G: Response Spectrum

Equivalent Stress

Type: Equivalent Stress

Unit: Pa

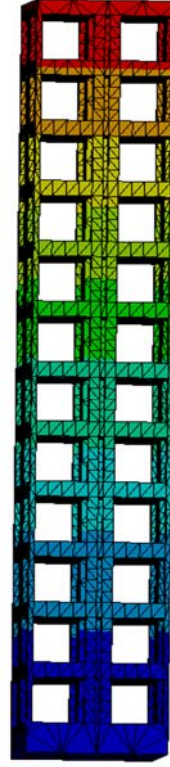
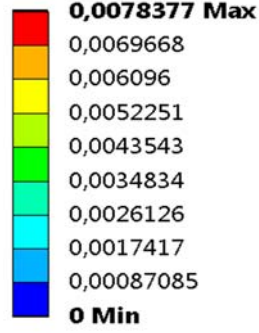
Time: 0



Şekil 4.18. Model 2.1 in deprem altında ki gerilme

Yapımızda ki gerilmeye bakıldığında kirişlerin alt taraflarında yoğun olduğunu görmekteyiz. Ve orta kirişlerdeki gerilmelerde yoğunlaştığını fark ediyoruz.

G: Response Spectrum
Total Deformation
Type: Total Deformation
Unit: m
Time: 0



Şekil 4.19. Model 2.1 in deprem etkisi altındaki toplam deformasyonu

Bu tasarımımızda da deformasyonun yine zeminde fazla olduğunu görmekteyiz değerlere bakıldığında tek kirişliden daha fazla üç kirişliden daha az bir değer oluştuğunu görmekteyiz.

Bu modellerimizden yola çıkarak dış kirişlerin ince olduğu zaman stresin ve deformasyonun arttığını ve dış kirişlerin daha kalın olması gerektiğini anlıyoruz. Toplam deformasyon değerlerini göz önüne aldığımızda en iyi değeri tek kirişli modelimizin verdiğini görmekteyiz.

Peki tek kirişli modelimizin doğal frekansı ile depremin en yüksek frekansı çakıştığında nasıl bir değerler çıkıp yapımızın tepkisi ne olur diye düşünüp frekanslarını karşılaştırırsak olacak olan durumlar şekil 29 ve şekil 30 da görmekteyiz.

C: Harmonic Response

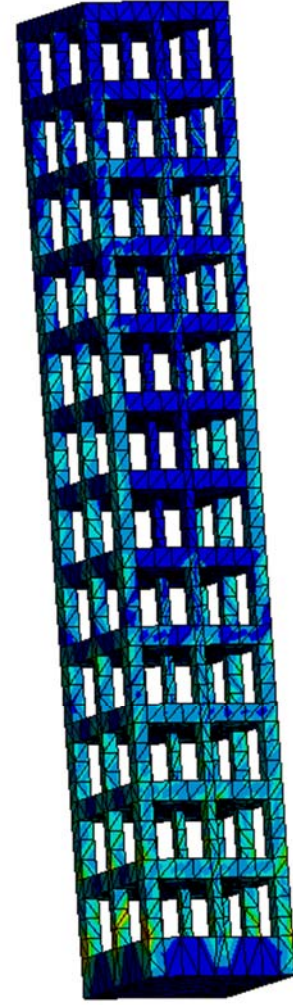
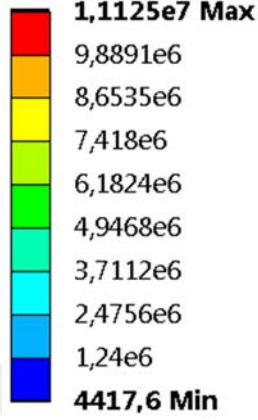
Equivalent Stress

Type: Equivalent (von-Mises) Stress

Frequency: 8,8363 Hz

Sweeping Phase: 0, °

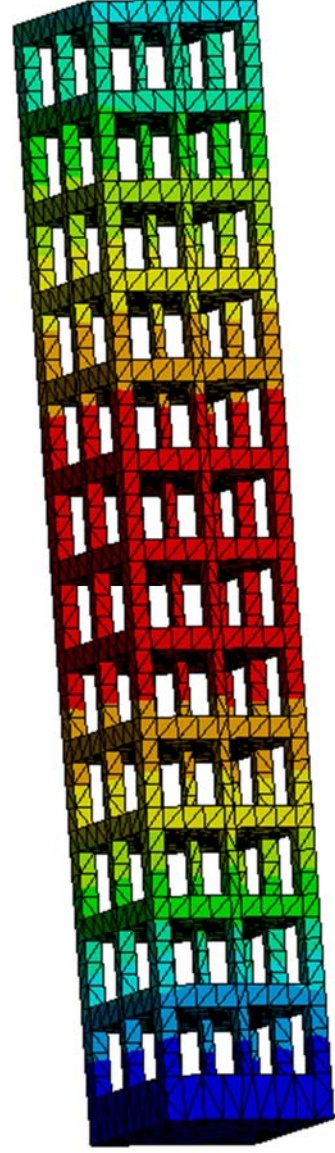
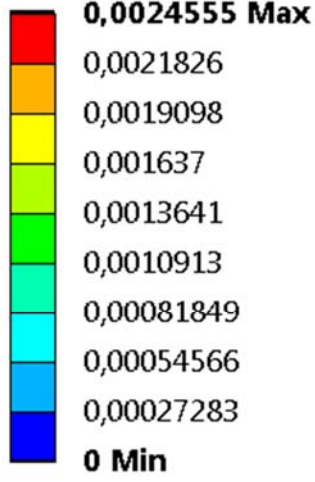
Unit: Pa



Şekil 4.20. 12 katlı binanın 6. mod doğal frekansı için oluşan gerilme

Gerilmenin arttığını gerek değerler olarak gerekse şekillerdeki kırmızı ile işaretlenmiş yerlerin kirişlerimizdeki artışından anlayabiliyoruz. 6.moddaki 8,8363Hz deprem frekansındaki birleşiminde yapımızda çok daha büyük bir değerde gerilme oluşuyor.

C: Harmonic Response
Total Deformation
Type: Total Deformation
Frequency: 8,8363 Hz
Sweeping Phase: 0, °
Unit: m

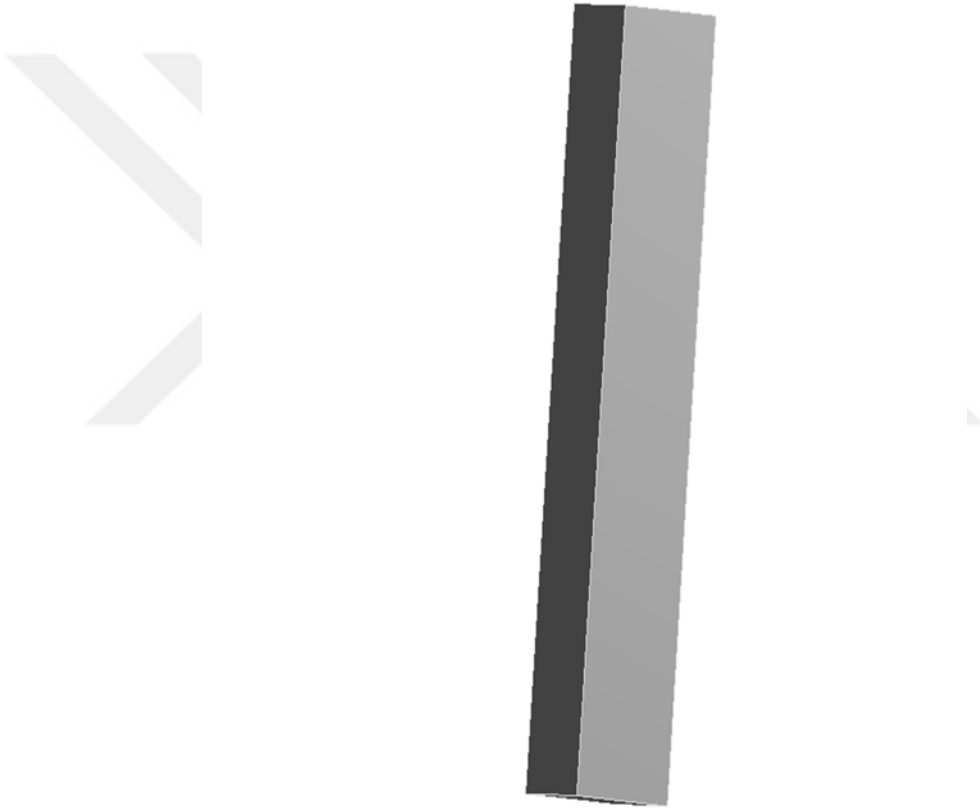


Şekil 4.21. 12 katlı binanın 6. mod doğal frekansı için oluşan toplam deformasyon

Modelimizin 6.modunda burkulma etkisi olacağından dolayı modelimizin orta kısmında büyük bir ölçüde deformasyon oluşmaktadır. Bu şekilde bir çakışma sonrası binamız büyük ölçüde zarar görebilir.

4.4 18 Katlı Bina Modelleri ve Deprem Etkileri

Deprem frekansımızın daha yüksek yapılarda oluşturacağı gerilme ve deformasyonu görmek için bu sefer yapımızı yine altın orana dayalı bir şekilde boyu 75 m eni 12.5m olarak tasarlıyoruz. Bütün modellerimizin toplam uzunluk ve eni aynıdır. 75m yapımızı tasarlarken daha önce yaptığımız araştırmaları baz alarak mesh ini eleman büyüklüğünü 1m alıp bina yapısında' ki dış kirişleri ince olan modelleri bu yapılarda uygulamayacağız.



Şekil 4.22. 18 katlı Model 1

İçi dolu olan bu modelimizde hacim 11719 m^3 , düğüm noktası adeti 57260 ve eleman sayısı 12675 tir. Atalet momentleri ise;

$$I_x = 4,4319e+010 \text{ kg.m}^2$$

$$I_y = 2,3956e+009 \text{ kg.m}^2$$

$$I_z = 4,4319e+010 \text{ kg.m}^2$$



Şekil 4.23. 18 katlı Model 2

Bu tasarımda dış kirişler 'in eni 0,75 m iç taraftaki kirişler 1m 'dir. Böylelikle deformasyonu en aza indirmeyi amaç edindik. Bu yapımızın hacmi 3925,3m³ dür.Düğüm noktası sayısı 82791 ve eleman sayısı 43163 tür.

$$I_x=1,6845e+010 \text{ kg.m}^2$$

$$I_y=8,4568e+008 \text{ kg.m}^2$$

$$I_z=1,6844e+0,10 \text{ kg.m}^2$$



Şekil 4.24. 18 katlı Model 3

Dairesel yapımızın çapı altın orana göre baz alınarak 12.5 m dir. Hacim 9203,9m³, düğüm noktası adeti 26637 ve eleman sayısı 15032 dir.

$$I_x=3,4569e+009 \text{ kg.m}^2$$

$$I_y=1,4108e+009 \text{ kg.m}^2$$

$$I_z=3,4569e+010\text{kg.m}^2$$

Bu tasarladığımız modellerimizin doğal frekans ve maksimum deformasyonunu Tablo 4.3'te verilmiştir.

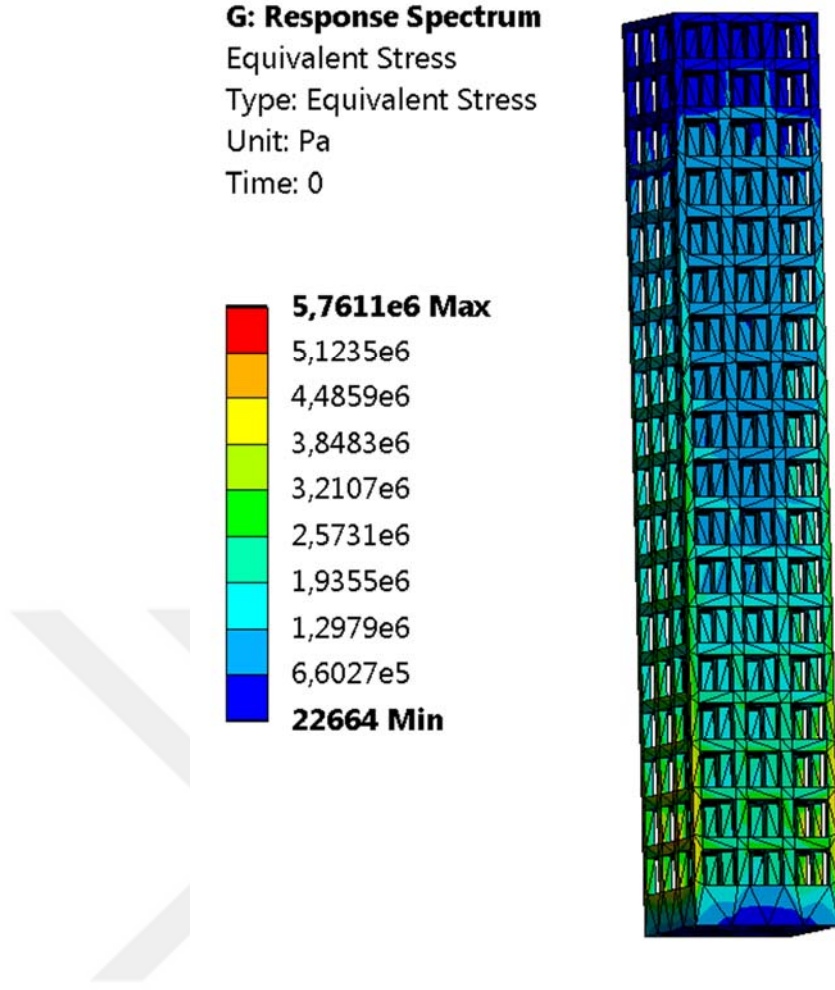
Tablo 4.5. 18 katlı binalar için doğal frekans ve maksimum deformasyon

		MODEL 1	MODEL 2	MODEL 3
MOD 1	D.F	1,7868Hz	1,003Hz	1,5552Hz
	M.D	0,0066045m	0,011327m	0,0074304m
MOD 2	D.F	1,7868Hz	1,0039Hz	1,5553Hz
	M.D	0,0066045m	0,011299m	0,0074305m
MOD 3	D.F	9,6092Hz	2,2786Hz	8,9639Hz
	M.D	0,0080934m	0,014463m	0,0074857m
MOD 4	D.F	10,022Hz	4,1729Hz	8,9641Hz
	M.D	0,0065523m	0,010074m	0,0074858m
MOD 5	D.F	10,022Hz	4,189Hz	10,435Hz
	M.D	0,0065523m	0,010156m	0,0074408m
MOD 6	D.F	16,902Hz	6,8409Hz	16,893Hz
	M.D	0,0046803m	0,014587m	0,0052779m

D.F: Doğal Frekans

M.D: Maksimum Deformasyon

Modellerimizin doğal frekans ve maksimum deformasyonlarını inceledikten sonra bina olarak gerçeğe en yakın olan modelimize deprem frekansını verip bu kuvvet altındaki durumunu inceleyelim.



Şekil 4.25. Deprem frekansı altında yapının gerilmesi

Modelimiz deprem frekansı karşısında dış kirişler hariç çok yüksek bir gerilme gözükmemektedir.

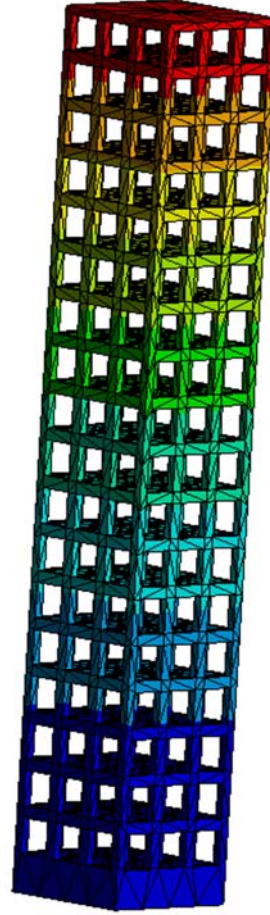
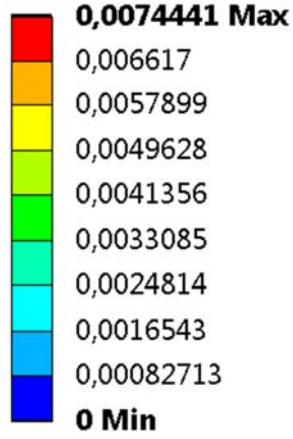
G: Response Spectrum

Total Deformation

Type: Total Deformation

Unit: m

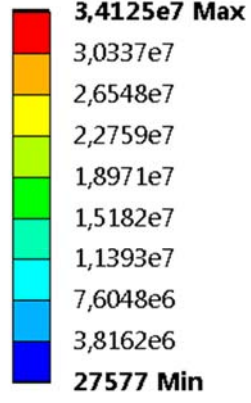
Time: 0



Şekil 4.26. Deprem frekansı etkisi altında toplam deformasyon

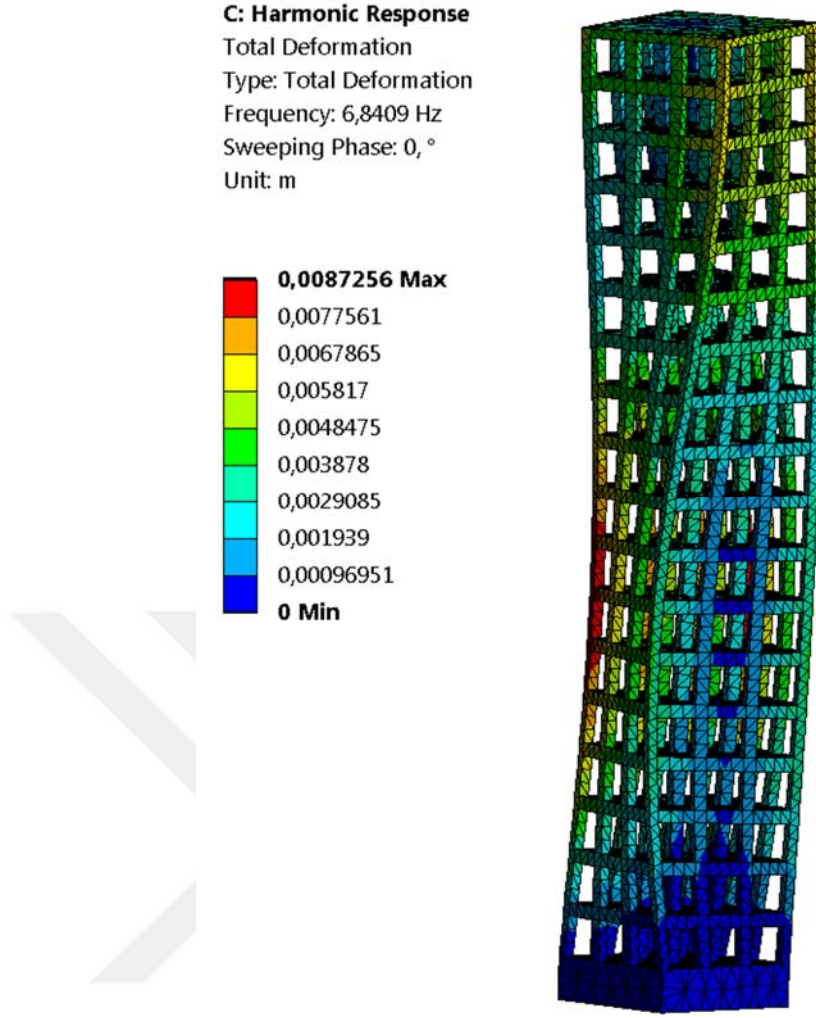
Deformasyon yine beklenildiği gibi etki edip üst tarafa doğru azaldığını görmekteyiz. Çıkan değerde bakıldığında binamızın bu sarsıntıdan sağlam çıkabileceğini düşünebiliriz. Peki depremle doğal frekansı çakıştığında nasıl olabileceğini inceleyelim.

C: Harmonic Response
Equivalent Stress
Type: Equivalent (von-Mises) Stress
Frequency: 6,8409 Hz
Sweeping Phase: 0, °
Unit: Pa



Şekil 4.27. 18 katlı binanın 6. mod doğal frekansı için oluşan gerilme

Modelimiz deprem frekansı ile eşit değere geldiğinde 6. Mod olan burkulma modumuzda bu tarz bir görüntü alarak şiddetini artırır.

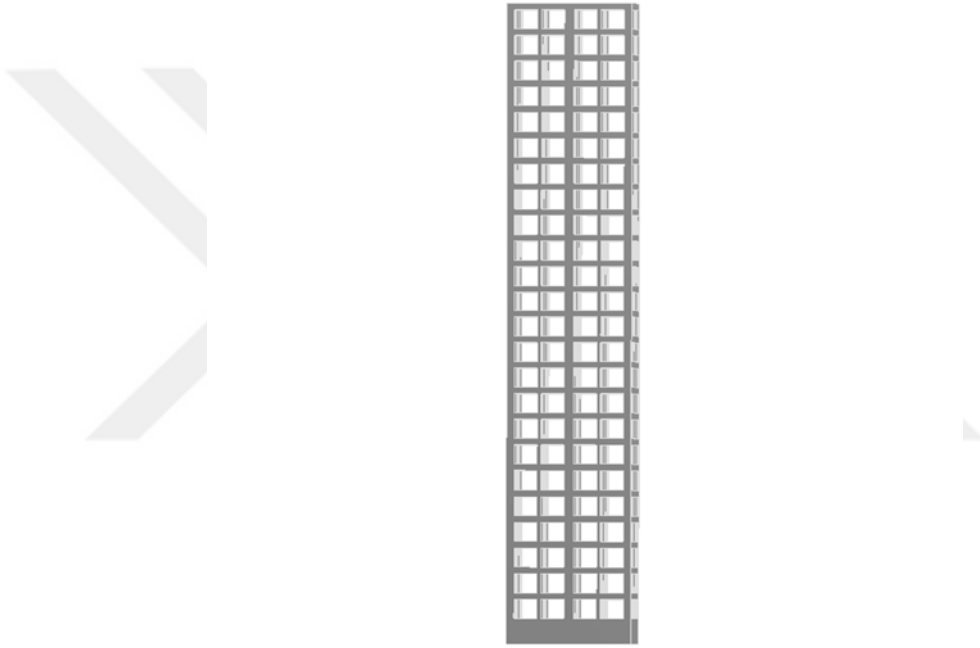


Şekil 4.28. 18 katlı binanın 6. mod doğal frekansı için oluşan toplam deformasyon

Toplam deformasyonda yine 6.modu ele aldığımız için orta noktada binamızda deforme olacaktır.

4.5 24 Katlı Bina Modelleri

100m'lik yapılarımızda enimizi 16,25 m alıyoruz. Toplamda 24 katlı olan bu yapılarımızı içi dolu model içi boş gerçeğe uygun model ve dairesel olarak 3 modeli inceleyerek doğal frekans ve maksimum deformasyonlarını bulup içi boş gerçeğe uygun modelimize deprem frekansı altındaki gerilme ve toplam deformasyonunu göreceğiz.



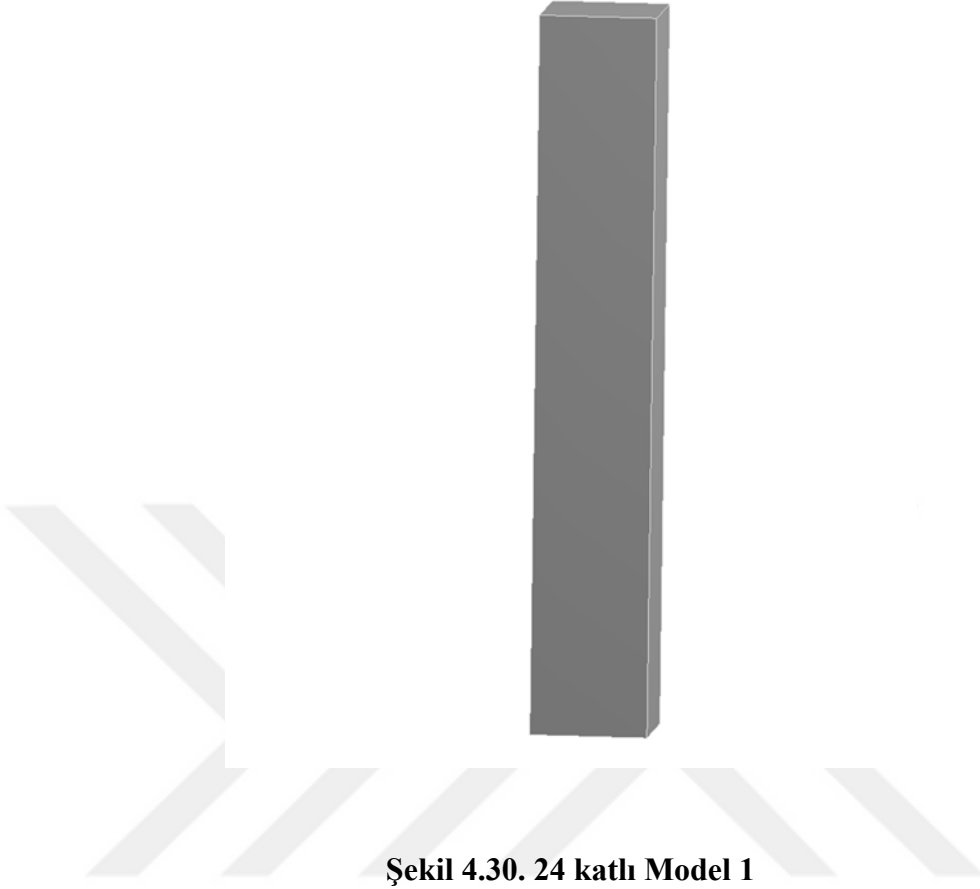
Şekil 4.29. 24 katlı Model 2

Bu modelimizin dış kirişleri 1m, tam orta kiriş 1.25m diğer kirişleri 0.5m dir. Hacmi 8694,3m³, düğüm sayısı 123508 ve eleman sayısı 60494 dir.

$$I_x = 6,6683e+010 \text{ kg.m}^2$$

$$I_y = 3,1869e+009 \text{ kg.m}^2$$

$$I_z = 6,6683e+0,10 \text{ kg.m}^2$$



Şekil 4.30. 24 katlı Model 1

Basitleştirilmiş içi dolu modelimizin hacmi 26406m^3 , düğüm noktası 126996 ve eleman sayısı n28900'dür.

$$I_x = 1,773\text{e}+0,11 \text{ kg.m}^2$$

$$I_y = 9,1229\text{e}+009 \text{ kg.m}^2$$

$$I_z = 1,773\text{e}+0,11 \text{ kg.m}^2$$



Şekil 4.31. 24 katlı Model 3

100m dairesel binamızın çapı 16,25, hacmi 20739m³, düğüm noktası 48470 ve eleman sayısı 27708'dir.

$$I_x = 1,3834e+011 \text{ kg.m}^2$$

$$I_y = 5,3726e+009 \text{ kg.m}^2$$

$$I_z = 1,3834e+011 \text{ kg.m}^2$$

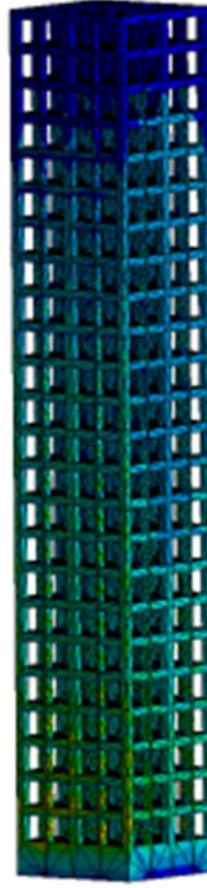
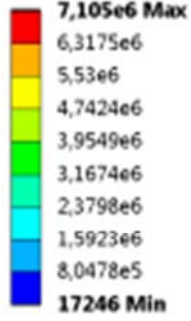
Tablo 4.6. 24 katlı binalar için doğal frekans ve maksimum deformasyon

		MODEL 1	MODEL 2	MODEL 3
MOD 1	D.F	1,3076Hz	0,69905Hz	1,1378Hz
	M.D	0,0043997m	0,0074828m	0,15654m
MOD 2	D.F	1,3076Hz	0,69914Hz	1,1378Hz
	M.D	0,0043997m	0,0074819m	0,15654m
MOD 3	D.F	7,2063Hz	1,4912Hz	6,5823Hz
	M.D	0,0053912m	0,009645m	0,15764m
MOD 4	D.F	7,3692Hz	2,8283Hz	6,5824Hz
	M.D	0,0043537m	0,0067785m	0,15764m
MOD 5	D.F	7,3692Hz	2,831Hz	7,8259Hz
	M.D	0,0043537m	0,0067789m	0,15675m
MOD 6	D.F	12,675Hz	4,4794Hz	12,668Hz
	M.D	0,0031175m	0,0096611m	0,11117m

D.F: Doğal Frekans

M.D: Maksimum Deformasyon

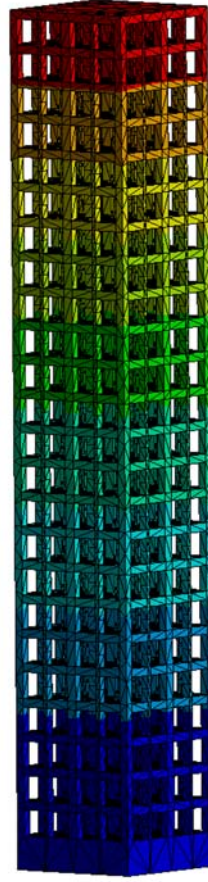
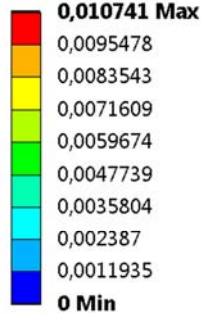
G: Response Spectrum
Equivalent Stress
Type: Equivalent Stress
Unit: Pa
Time: 0



Şekil 4.32. 24 katlı Model 2 nin deprem altındaki gerilme

100m lik modelimizde oluşan gerilme deprem frekansın etkisiyle kirişlerin 75m-100m arası orta taraflarında arttığını, özellikle dış kirişlerin 50m den sonra orta noktalarında gerilmenin arttığını şeklimizde görmekteyiz.

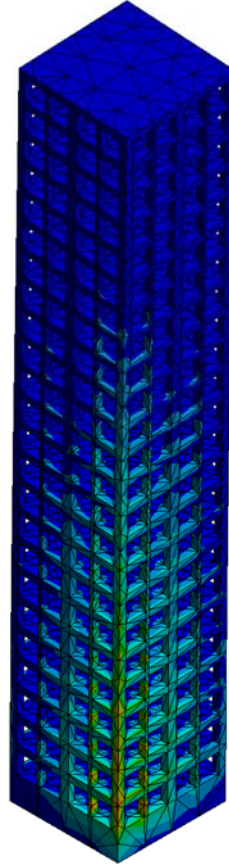
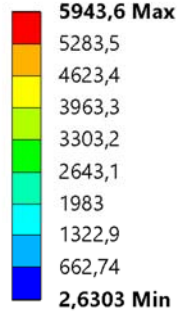
G: Response Spectrum
Total Deformation
Type: Total Deformation
Unit: m
Time: 0



Şekil 4.33. 24 katlı Model 2 nin deprem etkisinde toplam deformasyonu

Modelimiz normal bir deprem frekansı uygulandığında deformasyonun zemin kısmında çoğaldığını ve zeminden uzaklaştıkça bu deformasyonun azaldığını görmekteyiz.

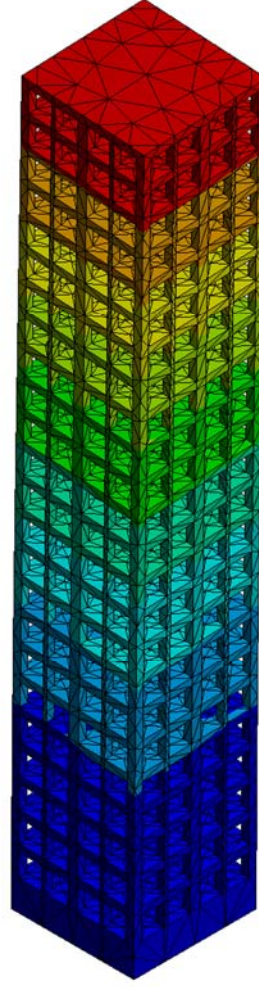
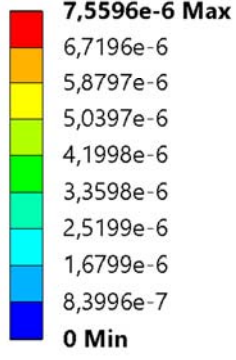
F: Modal
Equivalent Stress
Type: Equivalent (von-Mises) Stress
Frequency: 0,72499 Hz
Unit: Pa



Şekil 4.34. 24 katlı binanın ilk frekansı için oluşan gerilme

Deprem rezonansı binanın 1. Modundaki doğal frekansı ile aynı olursa dış kirişlerin gerilme miktarı artar. Özellikle kirişlerin orta noktalarında oluşacak bu gerilmeler binanın dış kirişlerinde yüksek bir deformasyon oluşturacağı ve binanın salınım yapacağını değerlere ve şeklimize bakarak söylemek mümkündür.

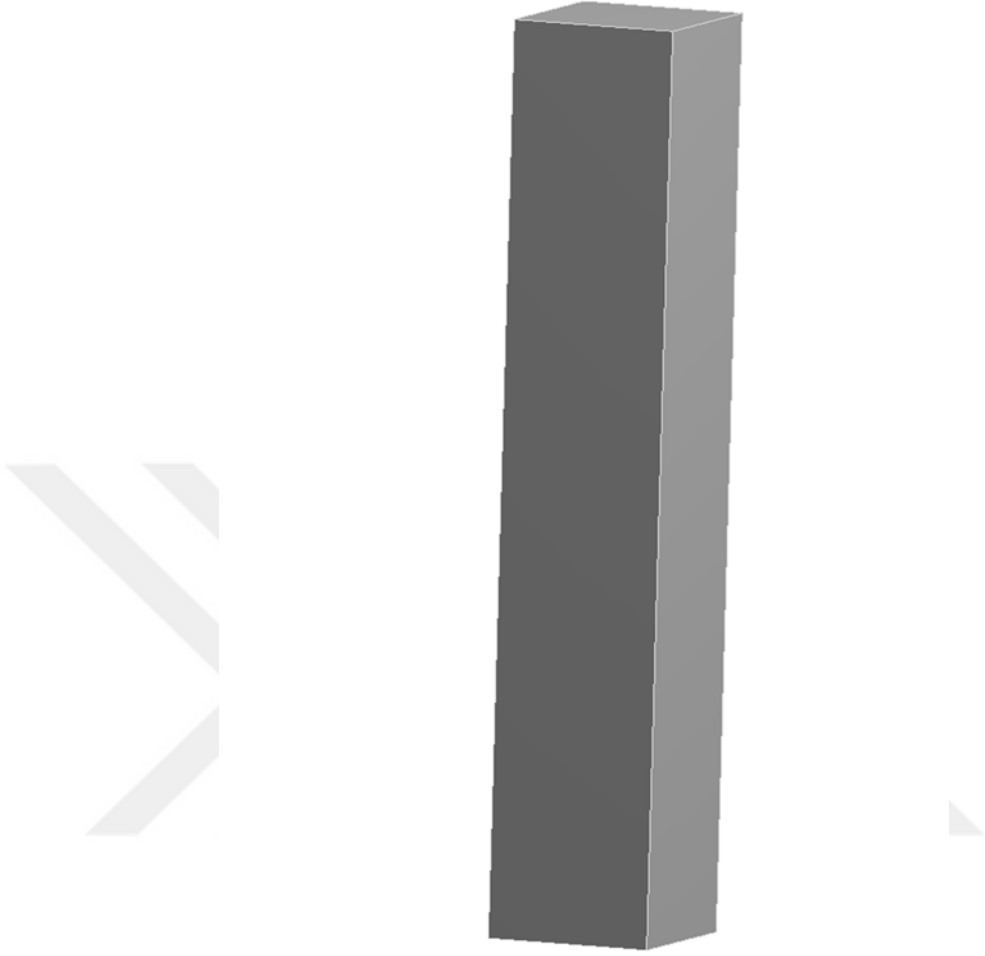
F: Modal
Total Deformation
Type: Total Deformation
Frequency: 0,72499 Hz
Unit: m



Şekil 4.35. 24 katlı binanın ilk doğal frekansı için oluşan toplam deformasyon

Deprem rezonansı binanın 1. modundaki doğal frekansı ile aynı olursa binamızın zemininde yüksek bir deformasyon olacağı yan taraflara doğru bir eğilim göstereceğini söyleyebiliriz.

4.6 37 Kath Bina Modelleri



Şekil 4.36. 37 kathi Model 1

Basitleştirilmiş içi dolu modelimizin hacmi 90037m^3 , düğüm sayısı 399776 ve eleman sayısı 93750'dir.

$$I_x = 1,3606\text{e}+012 \text{ kg.m}^2$$

$$I_y = 7,0709\text{e}+010 \text{ kg.m}^2$$

$$I_z = 1,3606\text{e}+012 \text{ kg.m}^2$$



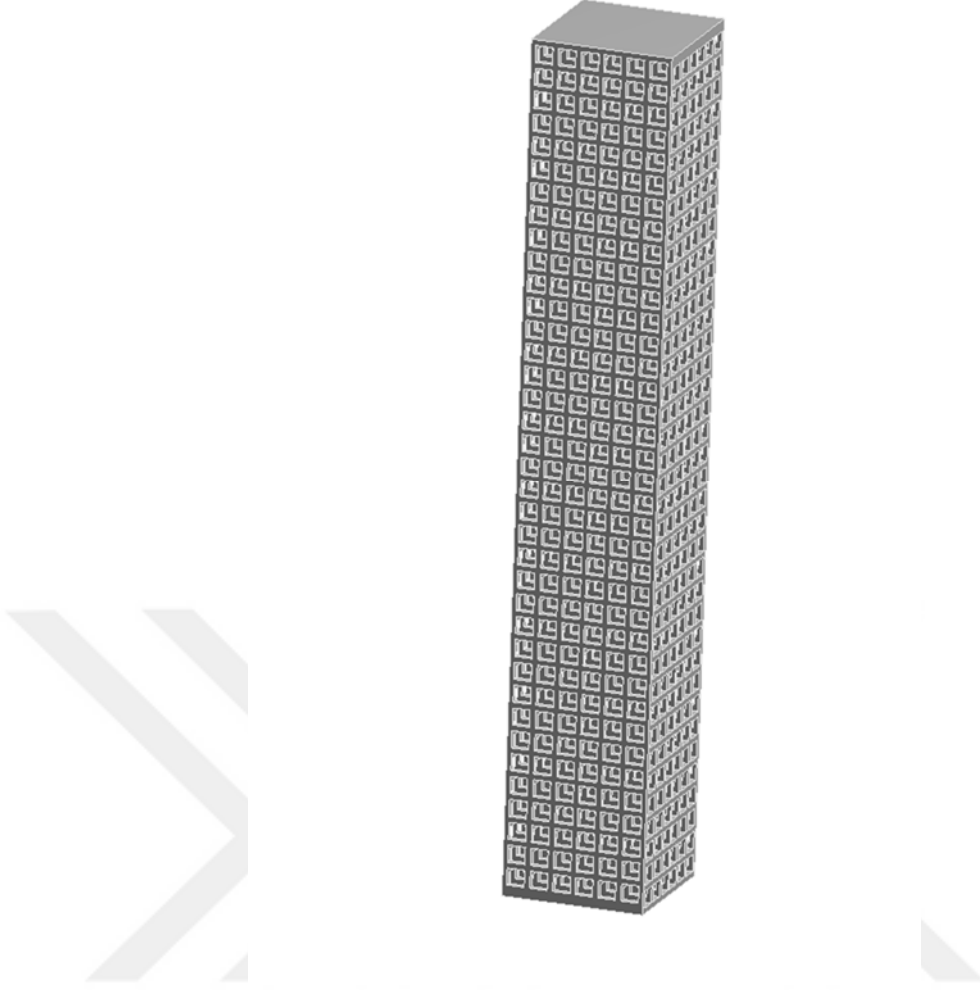
Şekil 4.37. 37 katlı Model 3

Gerçeğe uygun olan bu binamız 24,5 çapında olup hacmi 70715m^3 , düğüm noktası 110812 ve eleman sayısı 64149'dur.

$$I_x = 1,0615\text{e}+012 \text{ kg.m}^2$$

$$I_y = 4,1641\text{e}+010 \text{ kg.m}^2$$

$$I_z = 1,0615\text{e}+012 \text{ kg.m}^2$$



Şekil 4.38. 37 katlı Model 2

Gerçeğe uygun olan bu binamızın tüm kirişleri 1m boyundadır. Hacmimiz 16111 m³, düğüm sayısı 304971 ve eleman sayısı 124381!dir.

$$I_x = 2,7344e+011 \text{ kg.m}^2$$

$$I_y = 1,4367e+010 \text{ kg.m}^2$$

$$I_z = 2,7299e+011 \text{ kg.m}^2$$

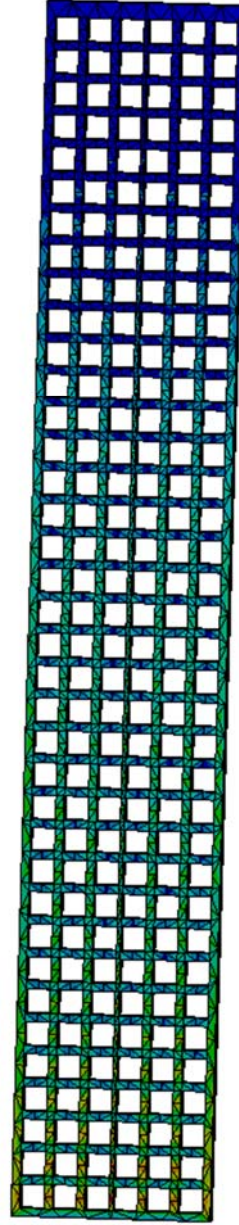
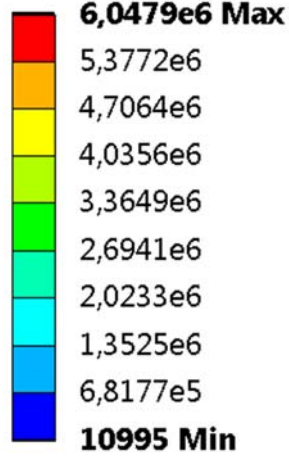
Tablo 4.7. 37 katlı binalar için doğal frekans ve maksimum deformasyon

		MODEL 1	MODEL 2	MODEL 3
MOD 1	D.F	0,876Hz	0,54982Hz	0,76226Hz
	M.D	0,0023808m	0,0052232m	0,084773m
MOD 2	D.F	0,876Hz	0,55916Hz	0,76227Hz
	M.D	0,0023808m	0,0051663m	0,084773m
MOD 3	D.F	4,8041Hz	1,1531Hz	4,4064Hz
	M.D	0,00292m	0,0066501m	0,085377m
MOD 4	D.F	4,9321Hz	2,2352Hz	4,4065Hz
	M.D	0,0023932m	0,0044043m	0,085376m
MOD 5	D.F	4,9321Hz	2,3028Hz	5,2173Hz
	M.D	0,0023932m	0,0044215m	0,084887m
MOD 6	D.F	8,4497Hz	3,483Hz	8,4453Hz
	M.D	0,0016883m	0,0065998m	0,060206m

D.F: Doğal Frekans

M.D: Maksimum Deformasyon

G: Response Spectrum
Equivalent Stress
Type: Equivalent Stress
Unit: Pa
Time: 0



Şekil 4.39. Deprem frekansı verildiğindeki gerilme

Modelimizin deprem frekansı altında zemin kısmının 1m lik tüm kirişlerinin orta noktasında gerilme değerleri yüksektir. Yukarı taraflara gidildikçe bu gerilme değeri azalır.

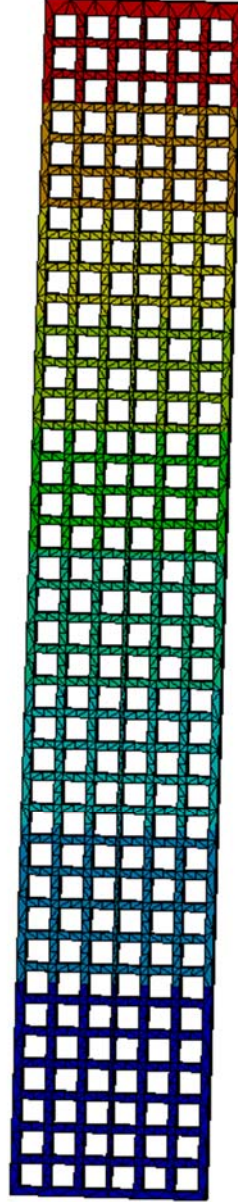
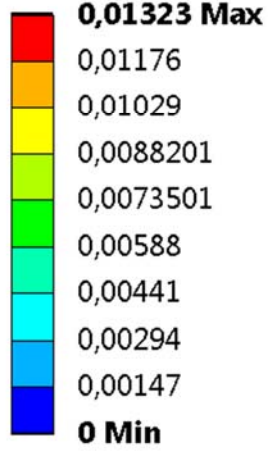
G: Response Spectrum

Total Deformation

Type: Total Deformation

Unit: m

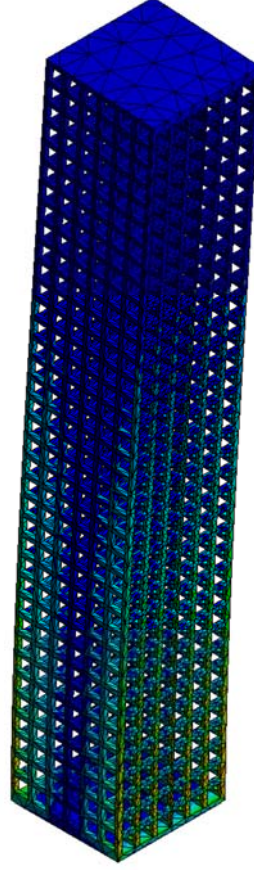
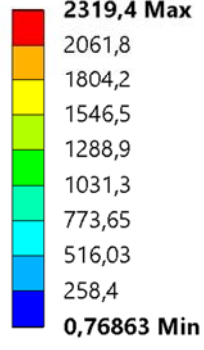
Time: 0



Şekil 4.40. Deprem frekansı verildiğindeki toplam deformasyon

Normal bir deprem frekansı etkisi altında binamızın zemin kısmında yine deformasyon fazla olup yukarı doğru azalmıştır.

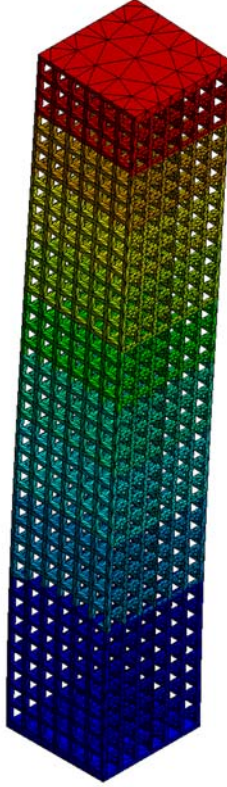
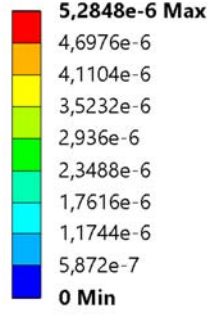
F: Modal
Equivalent Stress
Type: Equivalent (von-Mises) Stress
Frequency: 0,57499 Hz
Unit: Pa



Şekil 4.41. 37 katlı binanın ilk doğal frekansı için oluşan gerilme

Deprem rezonansı binanın doğal frekansı ile aynı olursa ilk mod da dış kirişlerin baya yüksek bir gerilme değerine maruz kaldığını ve buralarda yüksek bir deforme olacağını önceden söylemek mümkündür.

F: Modal
Total Deformation
Type: Total Deformation
Frequency: 0,57499 Hz
Unit: m



Şekil 4.42. 37 katlı binanın ilk doğal frekansı için oluşan toplam deformasyon

Deprem rezonansı binanın doğal frekansı ile aynı olursa binamızın ilk modun da çok büyük bir deformasyon değeri elde ettiğimizi ve bu değere göre binamızın çok fazla deforme olup yıkılma ihtimalin yüksek olduğunu söyleyebiliriz.

4.7 49 Katlı Bina Modelleri

Bu modelimizde altın oran göz önüne alınarak uzunluğu 200m, eni 32,5m olarak alınıp basitleştirilmiş içi dolu model, dairesel model ve gerçeğe uygun içi boş modeller tasarlanıp incelenmiştir.



Şekil 4.43. 49 katlı Model 1

Basitleştirilmiş içi dolu modelimizin hacmi $2,1125e+005m^3$, düğüm noktası 914600 ve eleman sayısı 2176800'dür.

$$I_x = 5,6737e+012 \text{ kg.m}^2$$

$$I_y = 2,9193e+011 \text{ kg.m}^2$$

$$I_z = 5.6737e+012 \text{ kg.m}^2$$



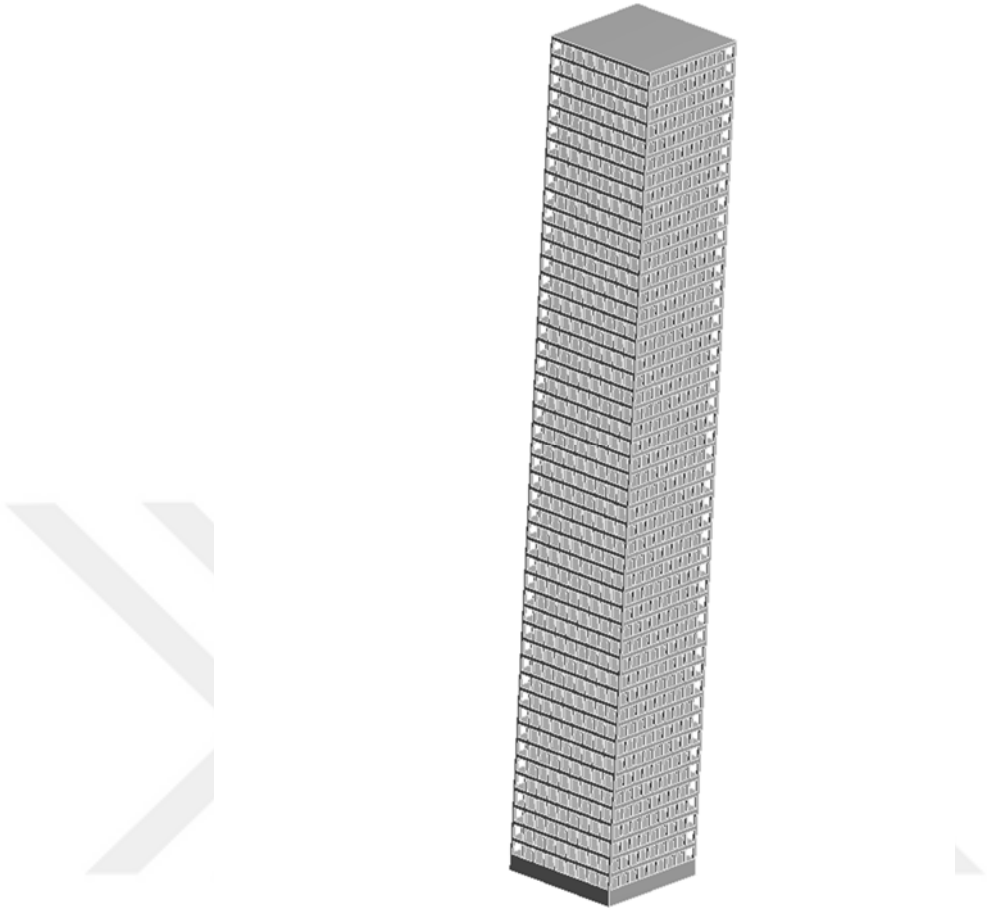
Şekil 4.44. 49 katlı Model 3

Dairesel modelimizin çapını altın orana dayalı olarak 32,5m alınmıştır. Bu modelimiz de basitleştirilmiş içi dolu olarak tasarlanmıştır. Hacmimiz $1,6592e+005m^3$, düğüm noktası 196966, eleman sayısı 114678'dir.

$$I_x = 4,4269e+012 \text{ kg.m}^2$$

$$I_y = 1,7192e+011 \text{ kg.m}^2$$

$$I_z = 4,4269e+012 \text{ kg.m}^2$$



Şekil 4.45. 49 katlı Model 2

Modelimizi tasarlarken en dıştaki kirişlerimizi 0,75m alıp iç kirişlerimizi 0,5m aldık. Yatay kirişlerimizi 1m aldığımız modelimizin hacmi 60428m³,düğüm noktası 1165842 ve eleman sayısı 591885'tir.

$$I_x = 1,7716e+012 \text{ kg.m}^2$$

$$I_y = 8,5428e+010 \text{ kg.m}^2$$

$$I_z = 1.7716e+012 \text{ kg.m}^2$$

Tablo 4.8. 49 katlı binalar için doğal frekans ve maksimum deformasyon

		MODEL 1	MODEL 2	MODEL 3
MOD 1	D.F	0,65374Hz	0,21834Hz	0,56883Hz
	M.D	0,0015545m	0,085985m	0,055345m
MOD 2	D.F	0,65374Hz	0,2186Hz	0,56883Hz
	M.D	0,0015545m	0,085999m	0,055345m
MOD 3	D.F	3,603Hz	0,40128Hz	3,2906Hz
	M.D	0,0019063m	0,1156m	0,055735m
MOD 4	D.F	3,6842Hz	0,81288Hz	3,2906Hz
	M.D	0,0015598m	0,078734m	0,055735m
MOD 5	D.F	3,6842Hz	0,81465Hz	3,913Hz
	M.D	0,00156m	0,078671m	0,055418m
MOD 6	D.F	6,337Hz	1,2088Hz	6,3338Hz
	M.D	0,0011022m	0,11655m	0,039304m

D.F: Doğal Frekans

M.D: Maksimum Deformasyon

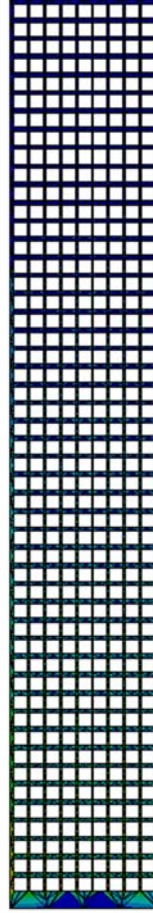
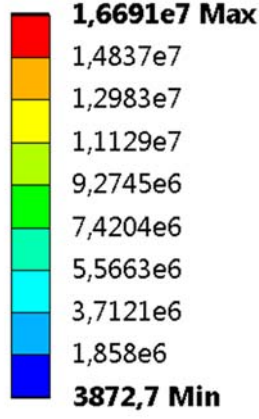
G: Response Spectrum

Equivalent Stress

Type: Equivalent Stress

Unit: Pa

Time: 0



Şekil 4.46. Deprem frekansı etkisi altında binadaki gerilme

Modelimizin özellikle 0.5 m olan iç kirişlerinde gerilme değerlerinin arttığını görmekteyiz. 0.75 m olan dış gerilmelerin iç gerilme değerine göre daha az olduğunu şeklimize bakarak söylemek mümkündür.

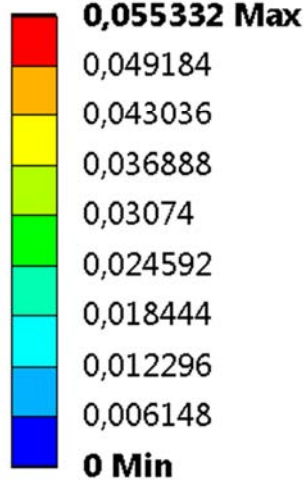
G: Response Spectrum

Total Deformation

Type: Total Deformation

Unit: m

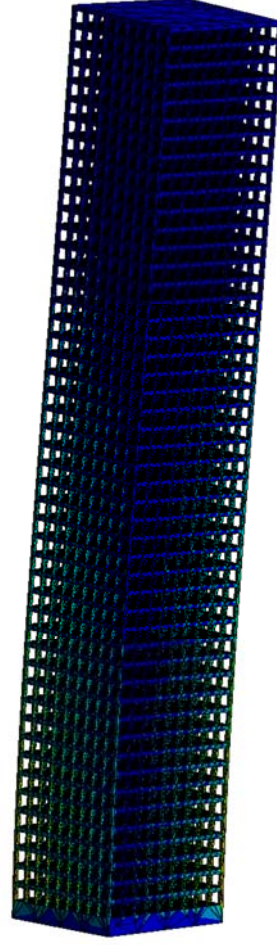
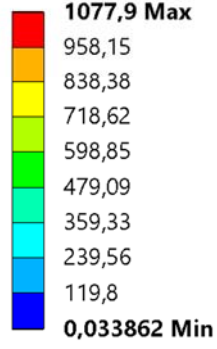
Time: 0



Şekil 4.47. Deprem frekansı etkisi altında toplam deformasyon

200 m lik modelimizde deprem frekansı uygulandığında ortaya çıkan deformasyon lar şekil 69 daki gibidir. Aşağıdan yukarı azalan deformasyonda en üst taraflarda değerin baya düşük olduğunu görmekteyiz.

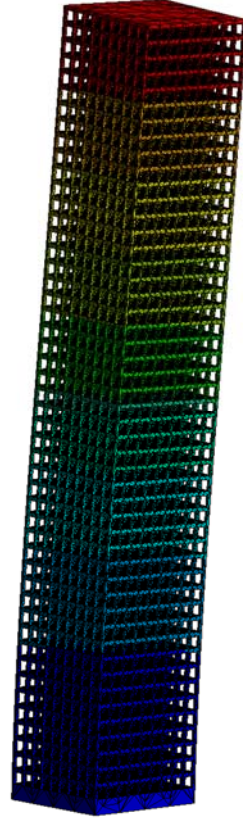
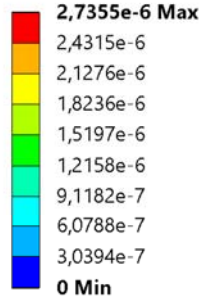
F: Modal
Equivalent Stress
Type: Equivalent (von-Mises) Stress
Frequency: 0,21953 Hz
Unit: Pa



Şekil 4.48. 49 katlı binanın ilk doğal frekansı için oluşan gerilme

Deprem rezonansı binanın 1. Modunda ki doğal frekansla aynı olursa binanın 0.5m olan iç kirişlerin orta kısmında yüksek bir gerilme değeri olduğunu görmekteyiz.

F: Modal
Total Deformation
Type: Total Deformation
Frequency: 0,21953 Hz
Unit: m



Şekil 4.49. 49 kathi binanın ilk doğal frekansı için oluşan toplam deformasyon

Deprem rezonansı binanın doğal frekansı ile aynı olursa 1. modundan dolayı binanın tepe noktasında deformasyon görülmektedir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan çalışmada aşağıdaki sonuçlara varılmıştır.

- Yüksekliği aynı olan yapılarda kare şeklindeki binaların silindir şeklindeki binalara göre doğal frekansları daha yüksektir. Silindir şeklindeki binaların kare şeklindeki binalara göre maksimum deformasyonları daha fazladır.
- Yükseklik arttıkça doğal frekans değeri azalmaktadır.
- Deprem frekansı verildiğinde yükseklik arttıkça toplam deformasyon artmaktadır.
- Aynı yükseklikteki yapılarda kiriş sayısı ve kiriş genişlikleri ve boyları doğal frekans ve maksimum deformasyonu etkilemektedir.
- En düşük doğal frekans değeri 200m yüksekliğine sahip yapıımızdadır.
- Verdiğimiz deprem için pik değeri 12 m/s^2 dir. Buda yaklaşık olarak $1,22g$ şiddetinde etki demektir. Bu sadece durum ise 17hz frekans da gerçekleşmektedir. Daha geniş frekans aralığındaki etki ise $5 - 5,5 \text{ m/s}^2$ de diğer bir deyişle $0,5 \text{ g}$ etki ile oluşmaktadır. Bu da Richter ölçeğine göre yaklaşık 8 şiddetinde bir depreme karşılık gelmektedir. Tasarladığımız binalarda $6.$ mod frekans değeri bile 17hz değerinden küçük olduğu için bu noktadaki yıkıcı etki önlenmiştir. Tasarladığımız binalarda doğal frekans değeri ne kadar küçük olursa deprem frekansının o değerine karşılık gelen ivme değerleri o kadar küçüktür. Örneğin en büyük deformasyonların görülmesi beklenen ilk mod doğal frekans değerleri 1hz in genellikle altındadır. Depremin 1hz için ivme değeri çok çok küçüktür.
- Eşit yükseklikteki binaların atalet moment değerlerine bakıldığında Model 1 in atalet moment değerinin en büyük Model 3 ün atalet momenti ondan daha az ve Model 2'nin ise en küçük atalet momenti değerine sahip olduğunu görüyoruz. Bu binaların doğal frekanslarına bakıldığında bütün modlar için en büyük frekans değerinin atalet moment değerleriyle doğru orantılı olup Model 1 daha sonra Model 3 ve en sonda Model 2 dedir. Kat sayısı arttıkça deprem frekansı uyguladığımız Model 2'de doğru orantılı olarak atalet momenti artmaktadır. Toplam deformasyonlarına bakıldığında daha yüksek yapıların daha fazla deformasyona uğradığını görmekteyiz. Atalet moment değeri arttıkça aynı depreme karşı deformasyonun artacağını söyleyebiliriz. Buradan çıkaracağımız bir diğer sonuç ise eğer deprem frekansını biliyorsak binamızın frekansını atalet moment değeri ile arttıra yada düşürebiliriz.

Bir alana yüksek bir yapı inşa etmeden önce o bölgenin deprem analizinin yapılp, karşılaşılan depremlerin frekans aralıkları bulunmalı ve bina doğal frekansı bu aralığa denk gelmeyecek şekilde tasarlanmalıdır. Bu tasarımı yaparken bina atalet momenti ve kütleği değiştirerek doğal frekansı istenilen bölgeye çekebiliriz.

Yaptığımız bu çalışmanın devamı olarak daha sonraki çalışmalar için aşağıdaki durumlar incelenebilir:

- Çalışmamızda biz sert zemin olarak baz aldık, ileriki çalışmalarda zemin parametresini değiştirerek daha detaylı analizler elde edebiliriz. Yumuşak zemin, çakıllı zemin ve kaç metreye kadar zeminin yapısı nasıl olduğunu inceleyerek daha fazla detaylı bilgi elde edebiliriz.
- Analizlerde yapının malzemesi çok önemlidir. Her malzemenin mukavemeti farklıdır. Bizler çalışmamızda yapı çeliği kullandık. Bu çalışmadan sonra yapılan analizlerde yapının malzemesi demir, çelik, beton vb. gibi malzemeler kullanılarak ya da bunlar karıştırarak yapılan yapılar bunların oranları değiştirilerek daha detaylı incelemeler yapılabilir.
- Bina incelemelerinde özellikle yüksek bir yapıdan bahsediyorsak kolonlar arası bağlantı noktaları analiz için çok önem taşımaktadır. Düz kaynak olarak yada demirler birbirine perçinlenerek veya çelik tellerle bağlanarak vidalayarak bağlanmış olabilir. Bunların hepsi analizde değişik sonuçlar meydana getirebilir. Biz analizimizde düz kaynak olarak ele aldık sonraki çalışmalarda bu bağlantı noktaları değişik şekilde düşünülüp analiz edilebilir.
- Yapının içi dolu olup olmadığı titreşime karşı göstereceği tepkiyi etkiler. Rijitlik dediğimiz bu parametreyi göz önüne almalıyız. Bu analizimizde boş bir yapı olarak düşündük daha sonra yapılacak analizlerde çatı, kapı, pencere, dış kaplama gibi malzemeler hesaplanarak yapılabilir.

Verdiğimiz önerilere bakıldığında aslında bir yerde bir bina yapılacaksa bu binanın her şeyi için ayrı ayrı analiz yapmalıyız. Aynı kattaki hatta aynı şekildeki yapılarda bile malzeme, bağlantı noktaları, dış mantolamanın malzeme farklılığı ve yapıştırılma şekli bile iki binanın aynı depreme vereceği tepkiyi değiştirebilir. Önceden o yere yapılan binaların analizlerini inceleyerek fikir sahibi olsak da en temiz bilgiyi yapacağımız binayı en doğru şekilde analize sokmak olacaktır.

KAYNAKLAR

1. Bozkurt, İ. İki Sıra Boşluklu Deprem Perdelerinin Sürekli Bağlantı Yöntemi İle Zorlanmış Titreşim Analizi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Adana, 2005 ,184 s. (Yüksek Lisans Tezi).[1, 3, 13]
2. Arıcı, İ.G. Çelik Levha Perdeli Sistemler (ÇLPS)' nin Birinci Elastik Titreşim Periyotlarının Hesabı Ve Deprem Yükleri Altında Kapasite Tasarımı İçin Bir Ardışık Yaklaşım Yöntemi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, İstanbul: 2011, 269 s, (Yüksek Lisans Tezi).[4, 27]
3. Kıral, Z. ve Kıral, B.G. Test Asansörü Kuyusunun Deprem Yükleri Altındaki Dinamik Davranışlarının İncelenmesi. Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, İzmir,2009,10s.[3, 10, 11, 12]
4. Bayraktar, A. , Sevim, B. , Altunışık, A. Ve Türker, T. Earthquake Analysis Of Reinorced Concrete Minarets Using Ambient Vibration Test Result. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Trabzon, 2010, 272 s.[19,20]
5. Jacoben , E.D. Forced Vibration Testing And Analysis Of Pre- And Post-Refiofit Buldings. The Faculty Of California Polytechre State University San Luis Obispo, California, 2011, 94s.[5, 29]
6. Kıral, Z. Mak4041 Mekanik Titreşimler Ders Notları. Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü. İzmir, 201s.[14, 33]
7. Jweey, M.J. , Ismail, M.R. ve Salah, A. A Case Study Of Random Vibration Response Modeling Of Two-Story- Building Due To Earthquake. Al-Nahrain Üniv. Baghdad, IRAQ, 2016,184s.[6, 15]
8. Popantonopoulos, C. , Psycheris, I.N. , Papastamatiou, D.Y. , Lemos, J.V. and Mouzakis, H.P.Numerical Predictren Of The Earthquake Response Of Classical Columns Using The Distinct Element Method. School Of Civil Engineering, National Technical University. Athens, Greece. And National Laboratory Of Civil Engineering, Lisbon, Portugal.2002,138s.[23, 24]
9. Fon, H. , Li, P.S. , Tuan, A. And Xu, L. Seismic Analysis Of The World's Tallets Bulding. Departmenof Building And Construction, City University of Hong Kong, Hong Kong, 2009, 203s.[30, 31]

10. Düzgünoğlu, C.O. Depremın Yapılar Üzerindeki Etkileri, CS Mühendislik Yapı Proje Yazılım Hizmetleri, Bursa,2012, 17s.[7, 8, 9, 16, 17, 18, 21, 22, 25, 26, 28, 32, 34, 35]



ÖZGEÇMİŞ

Adı soyadı: Hilmi İLTER

Doğum Yeri ve Yılı: İzmir, 1988

Medeni Hali: Bekar

Yabancı Dil: İngilizce

E-posta: hilmi.ilter88@gmail.com

Eğitim Durumu

Lise: Namık Kemal Lisesi, 2005

Lisans: Süleyman Demirel Üniversitesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, 2014

Yüksek Lisans : Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü

MESLEKİ DENEYİM

Süleyman Demirel Üniversitesi, DEMAR (2013-2014)

Manisa Celal Bayar Üniversitesi Sözleşmeli Öğretim Görevlisi (2016-2017)