Tesisat Katlı Yapılarda Çarpışma Etkisinin Araştırılması

Muhammet Yerli

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Aralık 2018

Investigation of Pounding Effects of Installation Buildings

Muhammet Yerli

MASTER OF SCIENCE THESIS

Department of Civil Engineering

December 2018

Tesisat Katlı Yapılarda Çarpışma Etkisinin Araştırılması

Muhammet Yerli

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Yapı Bilim Dalında
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Hande Gökdemir

Aralık 2018

ONAY

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans öğrencisi Muhammet Yerli'nin YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı "Tesisat Katlı Yapılarda Çarpışma Etkisinin Araştırılması" başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek oybirliği ile kabul edilmiştir.

Danışman **:** Dr. Öğr. Üyesi Hande Gökdemir

İkinci Danışman **: -**

Yüksek Lisans Tez Savunma Jürisi:

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Hande Gökdemir

Üye : Prof. Dr. Mizan Doğan

Üye : Prof. Dr. Hasan Gönen

Üye : Prof. Dr. Gülgün Yılmaz

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Ayten Günaydın

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun ..... tarih ve ..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Hürriyet ERŞAHAN
Enstitü Müdürü

ETİK BEYAN

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre, Dr. Öğr. Üyesi Hande Gökdemir danışmanlığında hazırlamış olduğum "Tesisat Katlı Yapılarda Çarpışma Etkisinin Araştırılması" başlıklı YÜKSEK LİSANS tezimin özgün bir çalışma olduğunu; tez çalışmamın tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; tezimde verdiğim bilgileri, verileri akademik ve bilimsel etik ilke ve kurallara uygun olarak elde ettiğimi; tez çalışmamda yararlandığım eserlerin tümüne atıf yaptığımı ve kaynak gösterdiğimi ve bilgi, belge ve sonuçları bilimsel etik ilke ve kurallara göre sunduğumu beyan ederim. 14/12/2018

Muhammet Yerli

İmza

ÖZET

Ülkemizde inşaat alanlarının daralmasından dolayı bitişik yapıların yapımı hızla artmaktadır. Son zamanlarda yapılan çalışmalar göstermiştir ki bitişik yapılar ayrık yapılara oranla farklı bir davranış göstermektedir. Bu tez çalışmasında, PROTA STRUCTURE programı kullanılarak depreme dayanıklı ve mevcut yapıları temsilen depreme dayanıksız yapılar tasarlanmıştır. SAP2000 programı yardımı ile modeller bitişik yapı modeli haline getirilmiştir. Yapı modellerinde statik itme analizi yapılarak taşıyıcı sistemde oluşacak olan mafsal yerleri belirlenmiştir. Modeller 1.Derece Deprem Bölgesinde ve Z4 zemin sınıfında bulunduğu göz önüne alınarak tasarlanmış olup Düzce Depremi ivme kayıtları kullanılarak zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yapılmıştır. Yapı modelleri 9, 8 ve 6 katlı olarak tasarlanmıştır. Çalışmada iki model kullanılmıştır. Birincisinde 9 katlı yapı modelinin 1. katına 1.8 m yüksekliğinde tesisat katı yapılmıştır. Tesisat katının yerini belirleyebilmek için sırasıyla bütün katlara yerleştirildikten sonra en uygun katın 1.kat olduğu sonucuna varılmıştır. İkincisinde ise 3'er metre kat yüksekliğinde 9 katlı model kullanılmıştır. Modeller arasında çarpışma etkisini görebilmek için link eleman tanımlanmıştır. Bitişik yapılan modellerin arasına farklı mesafelerde derz boşlukları bırakılmış olup birbirine dik iki yönde Düzce Depremi uygulanarak 16 farklı yük kombinasyonunda link elemanlarda oluşacak maksimum çarpışma kuvvetleri arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Ayrıca X ve Y yönlü depremlerin ortak etkisi altında link elemanlarda oluşacak çarpışma kuvvetleri diğer kombinasyonlar ile karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Bitişik Yapılar, İtme Analizi, Deprem Derzleri, Tesisat Katlı Yapılar.

SUMMARY

Adjacent structures have been increasing because of narrowing building places in our country. The recent studies have shown that adjacent structures are having some differences according to the discrete structures. In this thesis study, earthquake-resistant structures and existing structure on behalf of weak structures are designed by using PROTA STRUCTURE program. Building models are constructed as an adjacent structures with the helping of SAP2000 program. The hinge places that will be occurred on carrier system by testing static push analysis are seen. The building models are designed that is having regard to be first earthquake field and Z4 ground. Time history analysis which is nonlinear analysis is performed by using the spectrum recordings of Düzce earthquake. Designing building models as 9th, 8th and 6th floor are defined. Two models were used in this thesis. In the first model the installation storey is 1.80 height that is constructed on 1st storey of 9th storied building model. To able to define installation storied place is placed to all stories, after that is found out the best suitable story is first storey. In the second 9th storied building model was used with three meter storey heights. Links elements are defined to see pounding effects between models. Performing Düzce earthquake in two directions orthogonal are examined the relations between maximum pounding forces which will be occurred in the link elements with the 16 different load combinations. Also, the pounding forces which will be occurred in the link elements are compared to the other combinations under the common effect on the X oriented and Y oriented earthquake.

Keywords: Adjacent structures, Pushover analysis, Earthquake joints, Installation storey buildings.

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın araştırılması ve yürütülmesinde iki yıl boyunca katkılarını ve emeğini esirgemeyen, çalışmam boyunca bilgi ve deneyimlerinden faydalandığım tez danışmanım kıymetli hocam Dr. Öğr. Üyesi Hande GÖKDEMİR'e ve değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Ayten GÜNAYDIN'a teşekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca hayatımın her evresinde bana destek olan değerli ablam Zeynep YERLİ' ye sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET vi
SUMMARY vii
TEŞEKKÜR viii
İÇİNDEKİLER ix
ŞEKİLLER DİZİNİ xii
ÇİZELGELER DİZİNİ xvii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ xx
1. GİRİŞ VE AMAÇ 1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI 5
3. MATERYAL VE YÖNTEM 7
3.1 Bina Modellerinin Oluşturulması 7
4. TESİSAT KATININ YERİNİN BELİRLENMESİ 12
4.1 Tesisat Katının Birinci Kata Konumlandırılması Durumu 13
4.2 Tesisat Katının İkinci Kata Konumlandırılması Durumu 15
4.3 Tesisat Katının Üçüncü Kata Konumlandırılması Durumu 16
4.4 Tesisat Katının Dördüncü Kata Konumlandırılması Durumu 18
4.5 Tesisat Katının Beşinci Kata Konumlandırılması Durumu 19
4.6 Tesisat Katının Altıncı Kata Konumlandırılması Durumu 21
4.7 Tesisat Katının Yedinci Kata Konumlandırılması Durumu 22
4.8 Tesisat Katının Sekizinci Son Katta Konumlandırılması Durumu 24
4.9 Tesisat Katının Yerinin Belirlenmesine Ait Sonuçların Değerlendirilmesi 25
5. MODELLERİN İTME ANALİZİ 28
5.1 Modellere Plastik Mafsal Atanması 28
5.2 Modellerin Deplasman Kontrollü Yöntem İle Statik İtme Analizi 31
6. BİTİŞİK YAPILARDA ÇARPIŞMA KUVVETİNİN BULUNMASI 43
6.1 Tesisat Katlı Model (9 katlı) ile 8 Katlı ve 6 Katlı Modeller Arasına Link Eleman Tanımlama 43

İÇİNDEKİLER (devam)

Sayfa

6.2 Tesisat Katı Bulunmayan Model (9 Katlı) ile 8 ve 6 Katlı Modeller Arasına Link Eleman Tanımlama 47
6.3 Çarpışma Modeli 49
6.2.1 DBYBHY-2007' ye Göre Komşu Yapılar Arasında Bırakılması Gereken Deprem Derzleri 50
7. BULGULAR VE TARTIŞMA 52
7.1 1 cm Derz Mesafesinde Deprem Durumunda Link Elemanlarda Oluşan Çarpışma Kuvvetleri 52
7.2. 3 cm Derz Mesafesinde Deprem Durumunda Link Elemanlarda Oluşan Çarpışma Kuvvetleri 55
7.3 5 cm Derz Mesafesinde Deprem Durumunda Link Elemanlarda Oluşan Çarpışma Kuvvetleri 57
7.4 8 cm Derz Mesafesinde Deprem Durumunda Link Elemanlarda Oluşan Çarpışma Kuvvetleri 58
7.5 10 cm Derz Mesafesinde Deprem Durumunda Link Elemanlarda Oluşan Çarpışma Kuvvetleri 60
7.6 13 cm Derz Mesafesinde Deprem Durumunda Link Elemanlarda Oluşan Çarpışma Kuvvetleri 61
7.7 Tesisat Katının Bulunmadığı Durumda 1 cm Derz Mesafesinde Link Elemanlarda Oluşan Çarpışma Kuvvetleri 62
7.8 Tesisat Katının Bulunmadığı Durumda 3 cm Derz Mesafesinde Link Elemanlarda Oluşan Çarpışma Kuvvetleri 64
7.9 Tesisat Katının Bulunmadığı Durumda 5 cm Derz Mesafesinde Link Elemanlarda Oluşan Çarpışma Kuvvetleri 65
7.10 Tesisat Katının Bulunmadığı Durumda 8 cm Derz Mesafesinde Link Elemanlarda Oluşan Çarpışma Kuvvetleri 67
7.11 Tesisat Katlı Model (9 kat) ile Tesisat Katının Bulunmadığı Model (9 kat) Durumundaki Çarpışma Kuvvetlerinin Karşılaştırılması 68

İÇİNDEKİLER (devam)

Sayfa

7.12 Her İki Doğrultudaki Depremlerin Ortak Etkisi Altında Link Elemanlarda Oluşan Çarpışma Kuvvetleri 72
7.13 DBYBHY-2007'ye Göre Eleman Asal Eksen Doğrultularındaki İç Kuvvetler 72
7.14 1 cm Derz Mesafesinde EQX ve EQY Depremlerinin Ortak Etkisi Durumunda Link Elemanlarda Oluşan Çarpışma Kuvvetleri 73
7.15 3 cm Derz Mesafesinde EQX ve EQY Depremlerinin Ortak Etkisi Durumunda Link Elemanlarda Oluşan Çarpışma Kuvvetleri 74
7.16 5 cm Derz Mesafesinde EQX ve EQY Depremlerinin Ortak Etkisi Durumunda Link Elemanlarda Oluşan Çarpışma Kuvvetleri 76
7.17 8 cm Derz Mesafesinde EQX ve EQY Depremlerinin Ortak Etkisi Durumunda Link Elemanlarda Oluşan Çarpışma Kuvvetleri 78
7.18 10 cm Derz Mesafesinde EQX ve EQY Depremlerinin Ortak Etkisi Durumunda Link Elemanlarda Oluşan Çarpışma Kuvvetleri 80
7.19 13 cm Derz Mesafesinde EQX ve EQY Depremlerinin Ortak Etkisi Durumunda Link Elemanlarda Oluşan Çarpışma Kuvvetleri 81
8. SONUÇ VE ÖNERİLER 83
8.1. Sonuçlar 83
8.2. Öneriler 85
KAYNAKLAR DİZİNİ 87

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil **Sayfa**

1.1. 17 Ağustos 1999 Marmara Depreminde her iki yanda bulunan komşu yapıların, ortadaki yapıda çarpışma etkisi ile çökme meydana getirmesi 2
1.2. 17 Ağustos 1999 Marmara Depreminde Farklı yükseklikteki bitişik iki yapının çarpışma etkisi ile devrilmesi 2
1.3. 17 Ağustos 1999 Marmara Depreminde arka cephedeki binanın çarpışma etkisiyle yola doğru devrilen yapı 3
1.4. 17 Ağustos 1999 Marmara Depreminde Bitişik iki yapının zemin kat kolonlarındaki mafsallaşma sonucu oluşan hasarlar 3
3.1. Tesisat katına ve yeterli betonarme kesitlere sahip 9 katlı bina modelinin kat kalıp planı 9
3.2. Tesisat katına sahip 9 katlı bina modelinin yeterli tasarım durumunda olduğunu gösteren üç boyutlu görünümü 9
3.3. Yetersiz betonarme kesitlere sahip 8 katlı bina modelinin kat kalıp planı 10
3.4. 8 katlı bina modelinin yetersiz tasarım durumunda olduğunu gösteren üç boyutlu görünümü 10
3.5. Yetersiz betonarme kesitlere sahip 6 katlı bina modelinin kat kalıp planı 11
3.6. 6 katlı bina modelinin yetersiz tasarım durumunda olduğunu gösteren üç boyutlu görünümü 11
4.1. Tesisat katı bulunan yapı örneği (Doğan, M., 2018)..... 12
4.2. a) +X Yönünde kullanılan Düzce (KG) Depremine ait ivme – zaman grafiği b) +Y Yönünde kullanılan Düzce (DB) Depremine ait ivme – zaman grafiği 13
4.3. Tesisat katının birinci kata konumlandırılması durumunun üç boyutlu görünümü 14
4.4. a) Tesisat katı birinci katta iken X yönünde Düzce Depremi uygulanması durumunda oluşan momentler b) Tesisat katı birinci katta iken Y yönünde Düzce Depremi uygulanması durumunda oluşan momentler 14
4.5. Tesisat katının ikinci kata konumlandırılması durumunun üç boyutlu görünümü 15

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

Şekil **Sayfa**

4.6. a) Tesisat katı ikinci katta iken X yönünde Düzce Depremi uygulanması durumunda oluşan momentler b) Tesisat katı ikinci katta iken Y yönünde Düzce Depremi uygulanması durumunda oluşan momentler 16
4.7. Tesisat katının üçüncü kata konumlandırılması durumunun üç boyutlu görünümü 17
4.8. a) Tesisat katı üçüncü katta iken X yönünde Düzce Depremi uygulanması durumunda oluşan momentler b) Tesisat katı üçüncü katta iken Y yönünde Düzce Depremi uygulanması durumunda oluşan momentler 17
4.9. Tesisat katının dördüncü kata konumlandırılması durumunun üç boyutlu görünümü 18
4.10. a) Tesisat katı dördüncü katta iken X yönünde Düzce Depremi uygulanması durumunda oluşan momentler b) Tesisat katı dördüncü katta iken Y yönünde Düzce Depremi uygulanması durumunda oluşan momentler 19
4.11. Tesisat katının beşinci kata konumlandırılması durumunun üç boyutlu görünümü 20
4.12. a) Tesisat katı beşinci katta iken X yönünde Düzce Depremi uygulanması durumunda oluşan momentler b) Tesisat katı beşinci katta iken Y yönünde Düzce Depremi uygulanması durumunda oluşan momentler 20
4.13. Tesisat katının altıncı kata konumlandırılması durumunun üç boyutlu görünümü 21
4.14. a) Tesisat katı altıncı katta iken X yönünde Düzce Depremi uygulanması durumunda oluşan momentler b) Tesisat katı altıncı katta iken Y yönünde Düzce Depremi uygulanması durumunda oluşan momentler 22
4.15. Tesisat katının yedinci kata konumlandırılması durumunun üç boyutlu görünümü 23
4.16. a) Tesisat katı yedinci katta iken X yönünde Düzce Depremi uygulanması durumunda oluşan momentler b) Tesisat katı yedinci katta iken Y yönünde Düzce Depremi uygulanması durumunda oluşan momentler 23

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

Şekil **Sayfa**

4.17. Tesisat katının sekizinci kata konumlandırılması durumunun üç boyutlu görünümü 24
4.18. a) Tesisat katı sekizinci son katta iken X yönünde Düzce Depremi uygulanması durumunda oluşan momentler b) Tesisat katı sekizinci son katta iken Y yönünde Düzce Depremi uygulanması durumunda oluşan momentler 25
4.19. Tesisat katının konumuna göre tabandaki kolonda ortaya çıkan maksimum M2 - M3 momenti 27
4.20. Tesisat katının konumuna göre ortaya çıkan taban kesme kuvvetleri 27
5.1. Tesisat katına sahip 9 katlı modelde plastik mafsal atamasının iki boyutlu görünümü 29
5.2. 8 katlı modelde plastik mafsal atamasının iki boyutlu görünümü 30
5.3. 6 katlı modelde plastik mafsal atamasının iki boyutlu görünümü 30
5.4. 8 katlı modele ait statik itme analiz değerlerinin tanımlanması 31
5.5. Plastik mafsalların hasar seviyeleri 32
5.6. 6 katlı modele ait statik itme analizi üçüncü adım iki boyutlu görünüm 34
5.7. 6 katlı modele ait statik itme analizi dördüncü adım üç boyutlu görünüm 34
5.8. 6 katlı modele ait statik itme analizi on birinci son adım üç boyutlu görünüm 35
5.9. 6 katlı modele ait statik itme eğrisi 36
5.10. 8 katlı modele ait statik itme analizi üçüncü adım iki boyutlu görünüm 37
5.11. 8 katlı modele ait statik itme analizi altıncı adım üç boyutlu görünüm 37
5.12. 8 katlı modele ait statik itme analizi dokuzuncu son adım üç boyutlu görünüm 38
5.13. 8 katlı modele ait statik itme eğrisi 39
5.14. 9 katlı modele ait statik itme analizi üçüncü adım iki boyutlu görünüm 40
5.15. 9 katlı modele ait statik itme analizi dokuzuncu adım iki boyutlu görünüm 40
5.16. 9 katlı modele ait statik itme analizi yirminci son adım üç boyutlu görünüm 41
5.17. 9 Katlı modele ait statik itme eğrisi 42
6.1. a) Depremden önce bitişik yapıların davranışı b) Deprem sırasında aynı sismik davranış c) Deprem sırasında farklı sismik davranış 43

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

Şekil **Sayfa**

6.2. Tesisat katına sahip 9 katlı bina ile 8 katlı bina arasındaki ön taraf link elemanların iki boyutlu görünümü 45
6.3. Tesisat katına sahip 9 katlı bina ile 6 katlı bina arasındaki ön taraf link elemanların iki boyutlu görünümü 46
6.4. Tesisat katlı model ile diğer modeller arasında tanımlanan link elemanlar 46
6.5. 9 katlı model ile 8 katlı model arasında tanımlanan ön yüz link elemanlar 47
6.6. 9 katlı model ile 6 katlı model arasında tanımlanan ön yüz link elemanlar 48
6.7. 9 katlı (tesisat katı yok), 8 katlı ve 6 katlı modeller arasına tanımlanan link elemanlar 48
6.8. Lineer olmayan yay modelinde çarpışma kuvveti ile yer değiştirme arasındaki ilişki (Muthukumar ve DesRoches, 2006) 50
6.9. Hertz (Lineer Olmayan Elastik Yay) modeli 50
7.1. 1 cm derz mesafesindeki modeller arasındaki link elemanların üç boyutlu görünümü 53
7.2. 1 cm derz mesafesinde analiz anındaki modellerin üç boyutlu görünümü 54
7.3. a) 1 cm derz mesafesinde G+Q+EQX+0.3EQY kombinasyonunda ön link elemanlarda oluşan çarpışma kuvvetleri b) 1 cm derz mesafesinde G+Q+EQX+0.3EQY kombinasyonunda arka link elemanlarda oluşan çarpışma kuvvetleri..... 69
7.4. a) 1 cm derz mesafesinde G+Q+EQY+0.3EQX kombinasyonunda ön link elemanlarda oluşan çarpışma kuvvetleri b) 1 cm derz mesafesinde G+Q+EQY+0.3EQX kombinasyonunda arka link elemanlarda oluşan çarpışma kuvvetleri..... 69
7.5. a) 3 cm derz mesafesinde G+Q+EQX+0.3EQY kombinasyonunda ön link elemanlarda oluşan çarpışma kuvvetleri b) 3 cm derz mesafesinde G+Q+EQX+0.3EQY kombinasyonunda arka link elemanlarda oluşan çarpışma kuvvetleri..... 70

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

Şekil **Sayfa**

7.6. a) 3 cm derz mesafesinde G+Q+EQY+0.3EQX kombinasyonunda ön link elemanlarda oluşan çarpışma kuvvetleri b) 3 cm derz mesafesinde G+Q+EQY+0.3EQX kombinasyonunda arka link elemanlarda oluşan çarpışma kuvvetleri..... 70

7.7. a) 5 cm derz mesafesinde G+Q+EQX+0.3EQY kombinasyonunda ön link elemanlarda oluşan çarpışma kuvvetleri b) 5 cm derz mesafesinde G+Q+EQX+0.3EQY kombinasyonunda arka link elemanlarda oluşan çarpışma kuvvetleri..... 71

7.8. a) 5 cm derz mesafesinde G+Q+EQX+0.3EQY kombinasyonunda ön link elemanlarda oluşan çarpışma kuvvetleri b) 5 cm derz mesafesinde G+Q+EQX+0.3EQY kombinasyonunda arka link elemanlarda oluşan çarpışma kuvvetleri..... 71

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge **Sayfa**

3.1. SAP2000 ve PROTA-STRUCTURE ile elde edilen modellerin doğal titreşim periyotları 7
3.2. Malzeme bilgisi ve bina modelleri parametreleri 8
3.3. Deprem, zemin ve yapısal parametreler 8
4.1. Tesisat katının konumuna göre ortaya çıkan maksimum moment, taban kesme kuvveti ve tepe yer değiştirmeleri 26
5.1. ASCE 41-13'te belirtilen betonarme çerçeve yapısal performans seviyeleri 33
5.2. 6 katlı modele ait statik itme analiz sonucu taban kesme kuvveti ile tepe yer değiştirmesi arasındaki ilişki 35
5.3. 8 katlı modele ait statik itme analiz sonucu taban kesme kuvveti ile tepe yer değiştirmesi arasındaki ilişki 38
5.4. 9 katlı modele ait statik itme analiz sonucu taban kesme kuvveti ile tepe yer değiştirmesi arasındaki ilişki 42
6.1. Modeller arasında tanımlanmış olan link eleman numaraları 45
6.2. Tesisat katı bulunmayan 9 katlı model ile 8 ve 6 katlı modeller arasına tanımlanmış olan link eleman numaraları 49
7.1. Analizlerde kullanılan deprem kuvvet kombinasyonları 52
7.2. 1 cm derz mesafesinde X yönü için Düzce Depremi durumunda oluşan maksimum çarpışma kuvvetleri ve yerleri 54
7.3. 1 cm derz mesafesinde Y yönü için Düzce Depremi durumunda oluşan maksimum çarpışma kuvvetleri ve yerleri 55
7.4. 3 cm derz mesafesinde X yönü için Düzce Depremi durumunda oluşan maksimum çarpışma kuvvetleri ve yerleri 56
7.5. 3 cm derz mesafesinde Y yönü için Düzce Depremi durumunda oluşan maksimum çarpışma kuvvetleri ve yerleri 56
7.6. 5 cm derz mesafesinde X yönü için Düzce Depremi durumunda oluşan maksimum çarpışma kuvvetleri ve yerleri 57

ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)

Çizelge **Sayfa**

7.7. 5 cm derz mesafesinde Y yönü için Düzce Depremi durumunda oluşan maksimum çarpışma kuvvetleri ve yerleri 58
7.8. 8 cm derz mesafesinde X yönü için Düzce Depremi durumunda oluşan maksimum çarpışma kuvvetleri ve yerleri 59
7.9. 8 cm derz mesafesinde Y yönü için Düzce Depremi durumunda oluşan maksimum çarpışma kuvvetleri ve yerleri 60
7.10. 10 cm derz mesafesinde X yönü için Düzce Depremi durumunda oluşan maksimum çarpışma kuvvetleri ve yerleri 61
7.11. 13 cm derz mesafesinde X yönü için Düzce Depremi durumunda oluşan maksimum çarpışma kuvvetleri ve yerleri 62
7.12. Tesisat katının bulunmadığı durumda 1 cm derz mesafesinde X yönünde oluşan maksimum çarpışma kuvvetleri ve yerleri 63
7.13. Tesisat katının bulunmadığı durumda 1 cm derz mesafesinde Y yönünde oluşan maksimum çarpışma kuvvetleri ve yerleri 63
7.14. Tesisat katının bulunmadığı durumda 3 cm derz mesafesinde X yönünde oluşan maksimum çarpışma kuvvetleri ve yerleri 64
7.15. Tesisat katının bulunmadığı durumda 3 cm derz mesafesinde Y yönünde oluşan maksimum çarpışma kuvvetleri ve yerleri 65
7.16. Tesisat katının bulunmadığı durumda 5 cm derz mesafesinde X yönünde oluşan maksimum çarpışma kuvvetleri ve yerleri 66
7.17. Tesisat katının bulunmadığı durumda 5 cm derz mesafesinde Y yönünde oluşan maksimum çarpışma kuvvetleri ve yerleri 66
7.18. Tesisat katının bulunmadığı durumda 8 cm derz mesafesinde X yönünde oluşan maksimum çarpışma kuvvetleri ve yerleri 67
7.19. 1 cm derz mesafesinde EQX ve 0.3EQY Düzce depremlerinin ortak etkisi altında oluşan maksimum çarpışma kuvvetleri ve yerleri 73
7.20. 1 cm derz mesafesinde EQY ve 0.3EQX Düzce depremlerinin ortak etkisi altında oluşan maksimum çarpışma kuvvetleri ve yerleri 74

ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)

Çizelge **Sayfa**

7.21. 3 cm derz mesafesinde EQX ve 0.3EQY Düzce depremlerinin ortak etkisi altında oluşan maksimum çarpışma kuvvetleri ve yerleri 75
7.22. 3 cm derz mesafesinde EQY ve 0.3EQX Düzce depremlerinin ortak etkisi altında oluşan maksimum çarpışma kuvvetleri ve yerleri 76
7.23. 5 cm derz mesafesinde EQX ve 0.3EQY Düzce depremlerinin ortak etkisi altında oluşan maksimum çarpışma kuvvetleri ve yerleri 77
7.24. 5 cm derz mesafesinde EQY ve 0.3EQX Düzce depremlerinin ortak etkisi altında oluşan maksimum çarpışma kuvvetleri ve yerleri 78
7.25. 8 cm derz mesafesinde EQX ve 0.3EQY Düzce depremlerinin ortak etkisi altında oluşan maksimum çarpışma kuvvetleri ve yerleri 79
7.26. 8 cm derz mesafesinde EQY ve 0.3EQX Düzce depremlerinin ortak etkisi altında oluşan maksimum çarpışma kuvvetleri ve yerleri 80
7.27. 10 cm derz mesafesinde EQX ve 0.3EQY Düzce depremlerinin ortak etkisi altında oluşan maksimum çarpışma kuvvetleri ve yerleri 81
7.28. 13 cm derz mesafesinde EQX ve 0.3EQY Düzce depremlerinin ortak etkisi altında oluşan maksimum çarpışma kuvvetleri ve yerleri 82

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	**Açıklama**
Ao	Etkin Yer İvmesi Katsayısı
Fc	Çarpışma Kuvveti
I	Bina Önem Katsayısı
k_h	Yay Sabiti
R	Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı

Kısaltmalar	**Açıklama**
ABYYHY-1998	Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (1998)
ASCE 41-13	American Society of Civil Engineers
C	Collapse
CG	Can Güvenliği
CP	Collapse Prevention
DBYBHY-2007	Deprem Bölgelerinde Yapılan Binalar Hakkında Yönetmelik (2007)
GÖ	Göçmenin Önlenmesi
HK	Hemen Kullanım
IO	Immediate Occupancy
LS	Life Safety

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Ülkemizde yaşayan insanların büyük şehirlere sosyo-ekonomik sebeplerle göç etmesi ile birlikte büyük şehirlerde nüfus artışı yaşanmaktadır. Nüfusa bağlı olarak konut ihtiyacı artmış olup konut alanları ise daralmaktadır. Artan konut ihtiyacına çözüm olarak çok katlı yapıların inşası ve eskisi yıkılarak yerine yenisi inşa edilen bitişik yapılar daha fazla ortaya çıktığı gözlenmiştir. Özellikle şehir merkezlerinde ve merkeze yakın yerlerde bitişik yapıların varlığı şehrin diğer bölgelerine oranla daha fazla olmaktadır. Bitişik yapıların sayısındaki artış bu yapıların deprem durumundaki davranışının ve yapılar arasında bırakılması gereken derz boşluğunun önemini artırmaktadır.

Deprem esnasında meydana gelen yatay hareketler yapılarda şekil değiştirmelere sebep olur. Yapılar depreme dayanıklı olarak tasarlansa dahi, bitişik yapıldığında büyük şekil değiştirmelere uğrarlar. Yapıların deprem durumundaki deplasmanları, periyotları ve çarpışma etkileri farklı mimarideki yapılar için farklı sonuçlar oluşturur.

Bitişik yapılarda gerekli olan derz boşluğunun bırakılmaması yüzünden yapılarda deprem kuvvetleri karşısında oluşan çarpışma etkileri, bir kısım yapıların bu etki altında ağır hasar görmesine veya yapının devrilmesine sebep olabilir. Bu nedenle derz boşluklarının elasto - plastik davranışa ve mafsallaşma halindeki maksimum yer değiştirmelere göre belirlenmesi gerekmektedir. Bitişik yapılarda komşu yapılardan birinde tesisat katı yapılması durumunda kat döşemeleri aynı seviyede olmamaktadır. Yapılar deprem titreşimleri esnasında çarpışma etkisi sonucu ağır hasarlara neden olabilir. Yapıların döşemelerinin aynı seviyede olması halinde çarpışma; döşeme kolon çarpışması yerine, döşemelerin birbirine kafa kafaya tokuşması şeklinde olur.

Ülke nüfusunun büyük çoğunluğunun 1. Derece deprem bölgesinde yaşadığından ve depremlerde verdiğimiz can kayıplarından dolayı depreme dayanıklı yapı tasarımı büyük önem kazanmaktadır. Geçmişte yaşanılan depremlerde ağır hasar gören ya da devrilen birçok yapı olmuştur.



Şekil 1.1. 17 Ağustos 1999 Marmara Depreminde her iki yanda bulunan komşu yapıların, ortadaki yapıda çarpışma etkisi ile çökme meydana getirmesi



Şekil 1.2. 17 Ağustos 1999 Marmara Depreminde Farklı yükseklikteki bitişik iki yapının çarpışma etkisi ile devrilmesi



Şekil 1.3. 17 Ağustos 1999 Marmara Depreminde arka cephedeki binanın çarpışma etkisiyle yola doğru devrilen yapı



Şekil 1.4. 17 Ağustos 1999 Marmara Depreminde Bitişik iki yapının zemin kat kolonlarındaki mafsallaşma sonucu oluşan hasarlar

Bu tez çalışmasında ilk aşamada depreme dayanıklı betonarme tesisat katlı yapı modeli ile mevcut binaları temsilen ABYYHY-1998'e göre minimum malzeme dayanımını sağlayan depreme dayanıksız betonarme iki bina DBYBHY-2007'ye göre PROTA-STRUCTURE programı ile ayrı ayrı tasarlanmıştır. X ve Y yönünde konumlandırılacak olan mevcut yapıların tasarım durumunun yetersiz olduğu ve yeni tasarlanan tesisat katlı yapı modelinin ise yeterli tasarım durumuna sahip olduğu PROTA-STRUCTURE programı yardımıyla belirlenerek burada bulduğumuz kolon, kiriş ve döşeme ebatları SAP2000 programı ile yeniden modellenmiştir. Seçilen yapı modellerinin 1.Derece deprem bölgesinde ve Z4 zemin sınıfında bulunduğu varsayılmıştır.

Tesisat katının yerini belirleyebilmek için SAP2000 programında tesisat katı sırasıyla birinci kattan başlayarak son kata kadar konumlandırılmıştır. Tesisat katlı modele X ve Y yönünde Düzce Depremi ivme kayıtları kullanılarak zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yapılmıştır. Analiz sonucunda kolonlarda oluşan maksimum moment ve yapı taban kesme kuvvetleri her kat için kendi aralarında kıyaslanmıştır. Tesisat katının birinci kata konumlandırılması durumunda yapı tasarımı açısından daha elverişli sonuçlar elde edilmiştir.

İkinci aşamada SAP2000 bilgisayar programı ile ASCE 41-13' e göre statik itme analizi yapılmıştır. Bu yöntemde sabit yükler altında +X yönünde orantılı olarak yatay yükler verilerek yapı modellerinin davranışları incelenmiştir.

Üçüncü aşamada çerçeve taşıyıcı sisteme sahip olan modellerin, SAP2000 programı yardımı ile aralarına X ve Y yönlerinde link eleman tanımlanmıştır. Düzce Depremi ivme kayıtları kullanarak 34 farklı yük kombinasyonunda değişik mesafelerdeki derz boşluklarında farklı kat seviyelerinde oluşacak çarpışma kuvvetleri karşılaştırılmıştır. Ayrıca analizde X yönü depremi (EQX) ve Y yönü depremlerinden (EQY) her biri ayrı ayrı %30 u alınarak her iki deprem aynı anda modellere uygulanmıştır. X ve Y yönlü depremlerinin ortak olarak sisteme uygulanması durumu için deprem yükü kombinasyonlarından en elverişsiz olanları ele alınarak incelenmiştir.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Muthukumar ve DesRoches (2006), bitişik yapılarda sismik çarpışma kuvvetinin etkisi çeşitli modeller ele alınarak tutarlılığı incelenmiştir. Ele alınan analitik modeller temas kuvvetine dayanan lineer yayı içermektedir. Analizlerde 13 adet depreme ait 27 farklı ivme kaydı kullanılmıştır. Ve Stereomechanical, Kelvin, Hertz ve Hertz-damp yay modellerinden bulunan sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Niğdeli ve Bekdaş (2013), farklı periyotlu bitişik yapılar için optimum kütle sönümleyicisi tasarımını incelemiştir. Yaptıkları çalışmada armoni araştırma algoritmasına göre hazırlanan yöntem ile, bitişik yapıların her ikisinin de üstünde bulunan kütle sönümleyicilerinin optimum değerlerinin aranması amaçlanmıştır. Sonuç olarak bitişik yapıların periyotları birbirine yakın olduğunda, periyotları 1 s ve üzerinde olan bitişik yapılarda kütle sönümleyicileri, göreceli ötelenmenin azalmasında oldukça etkili olduğu düşünülmüştür.

Akbulut ve Boduroğlu (2015), bitişik yapıların deprem performanslarının ayrı veya bitişik olarak kırılganlık eğrileri ile incelemişlerdir. 5 katlı betonarme iki binaya ait mimari ve betonarme detaylar dikkate alınarak analitik Kırılganlık eğrileri oluşturulmuştur. 10 farklı ivme zaman grafiği kullanarak zaman tanım alanında doğrusal elastik olmayan analiz yapılmıştır. Analizler sonucunda komşu binaların özel bir durumu olan çalışmada deprem etkisi ve hasarını azaltmak için birbirlerine bağlanmasının faydalı olabileceği kararına varılmıştır.

Çoşkun ve Yılmaz (2015), deprem etkisi altındaki bitişik yapılar için çarpışma kuvveti spektrumu modelini incelemişlerdir. Çalışmada bitişik yapılar, tek serbestlik dereceli sistem olarak düzenlenmiş, çarpışma mekanizmasının modellenmesi için de non-linear viskoelastik model kullanılmıştır. Yapılan sayısal analizlerde, zemin- yapı etkileşimi karakteristik parametrelerinin farklı değerleri için çarpışma kuvveti spektrumları ayrı ayrı çizilmiş ve bu parametrelerin çarpışma kuvveti spektrumu üzerindeki etkileri incelenmiştir. Analiz sonucunda zemin sınıfının çarpışma kuvvetine etkisi düşük periyoda sahip yapılarda daha fazla olduğu ve yüksek periyoda sahip yapılarda ise daha az çıktığı sonucuna varılmıştır.

Akköse ve Sunca (2016), yaptıkları çalışmada aynı yüksekliğe sahip betonarme binaların uzak ve yakın fay yer hareketi etkisinde ortaya çıkan çarpışma kuvvetleri ve bırakılması gereken derz mesafeleri irdelenmiştir. Analizler sonucunda yakın fay yer hareketi etkisi altında bulunan çarpışma kuvvetlerinin, uzak yer hareketi etkisi altına oluşan çarpışma kuvvetlerinden birkaç kat daha büyük olduğu gözlenmiştir.

Pala ve Tekin (2017), El Centro deprem ivme kaydını kullanarak zayıf kat düzensizliğine sahip bir yapının kendisine bitişik inşa edilmiş diğer bir yapı ile çarpışması sonucu kesit tesirlerini incelemiştir. Düzensizliğin olmadığı ve yapılar arasındaki mesafenin 1cm olduğu durumda yapının en üst iki katında çarpışmanın meydana geldiği, düzensizliğin olduğu durumda ise yapı kat seviyelerinin tümünde çarpışma kuvveti oluştuğu gözlenmiştir.Düzensizliğin olduğu durumda ortaya çıkan çarpışma kuvvetinin düzensizliğin olmadığı duruma göre daha büyük olduğu bulunmuştur.

Sak ve Beyen (2017), Kocaeli depremi ivme kayıtları kullanılarak deprem derzi bırakılmış ve bırakılmamış yapıların itme analizi ile performans seviyeleri incelenmiştir. DBYBHY-2007'de belirtilen deprem derzlerinin bırakılması durumunda hedeflenen performans seviyelerinin karşılandığı, deprem derzlerinin bırakılmaması durumunda ise hedeflenen performans seviyelerinin karşılanmadığı görülmüştür.

Kamal, Çaycı ve İnel (2017), düşük ve orta yükseklikteki yapılarda çarpışma kuvvetinin etkisi incelenmiştir. 9 farklı deprem kaydı kullanılan bu çalışmada yönetmelikte yer alan bırakılması gereken derz mesafesi değerlerinin, bazı deprem kayıtlarında bu mesafelerin yetersiz kaldığı gözlenmiştir. Yetersiz boşluk mesafesi ile inşa edilmiş olan yapıların çarpışması beklenmedik etkiler doğurarak binalarda ağır hasarlara neden olabileceği sonucuna varılmıştır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Bina Modellerinin Oluşturulması

Bu çalışmada kullandığımız betonarme bina modelleri 9 kat (tesisat katlı), 8 kat ve 6 kat olarak seçilmiştir. Bina modellerimizin betonarme kesitlerinin depreme dayanıklı ya da dayanıksız olduğunu belirlemek için PROTA-STRUCTURE bilgisayar programından yararlanılmıştır. Betonarme bina modellerimiz birbirlerinden farklı mimariye ve kat alanlarına sahip olup tesisat katlı modelimiz DBYBHY-2007 yönetmeliğine göre PROTA-STRUCTURE programı ile tasarlanmıştır. Tesisat katlı modelin yeterli betonarme kesitlere sahip olarak tasarlanıp, depreme dayanıklı olmayan betonarme kesitlere sahip mevcut iki binadan 6 katlı olan model – Y yönünde, 8 katlı olan model ise – X yönüne yerleştirilmiştir. PROTA-STRUCTURE ile bulunan betonarme kesitler SAP2000 programında tekrardan tanımlanarak modeller oluşturulmuştur. Modellerin deprem esnasındaki etkileşimlerini incelemek üzere, birbirlerine link elemanlar ile bağlanmıştır.

Modeller birbirlerine bitişik olacak şekilde tasarlanmış olup malzeme bilgisi, SAP2000 ve PROTA-STRUCTURE programları ile bulunan doğal titreşim periyotları, zemin, yapısal ve deprem parametreleri Çizelge 3.1-3.3'de ayrıntılı olarak belirtilmiştir. Yeterli tasarım durumuna sahip olan tesisat katlı (9 katlı) model ile yetersiz tasarım durumuna sahip 6 ve 8 katlı modellerin kat kalıp planları ve üç boyutlu görünümleri Şekil 3.1-3.6'da gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. SAP2000 ve PROTA-STRUCTURE ile elde edilen modellerin doğal titreşim periyotları

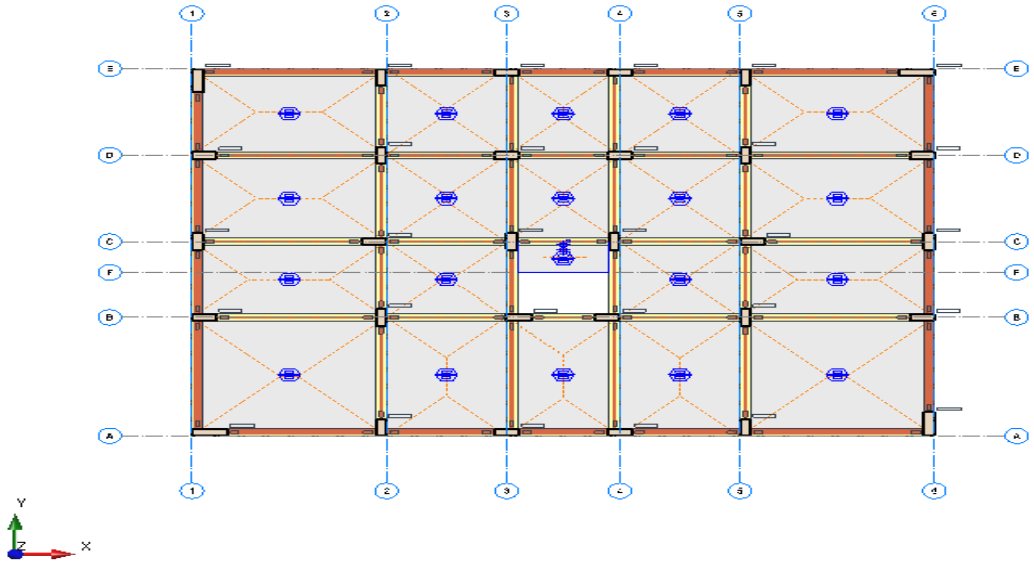
Model Türü	Mod	Sap2000	Prota-Structure
9 Katlı (T)	Mod 1 (y)	0.926	0.883
	Mod 2 (x)	0.897	0.867
	Mod 3 (burulma)	0.856	0.844
8 Katlı	Mod 1 (burulma)	0.917	0.903
	Mod 2 (y)	0.913	0.896
	Mod 3 (x)	0.895	0.87
6 Katlı	Mod 1 (x)	0.833	0.813
	Mod 2 (y)	0.786	0.781
	Mod 3	0.761	0.754

Çizelge 3.2. Malzeme bilgisi ve bina modelleri parametreleri

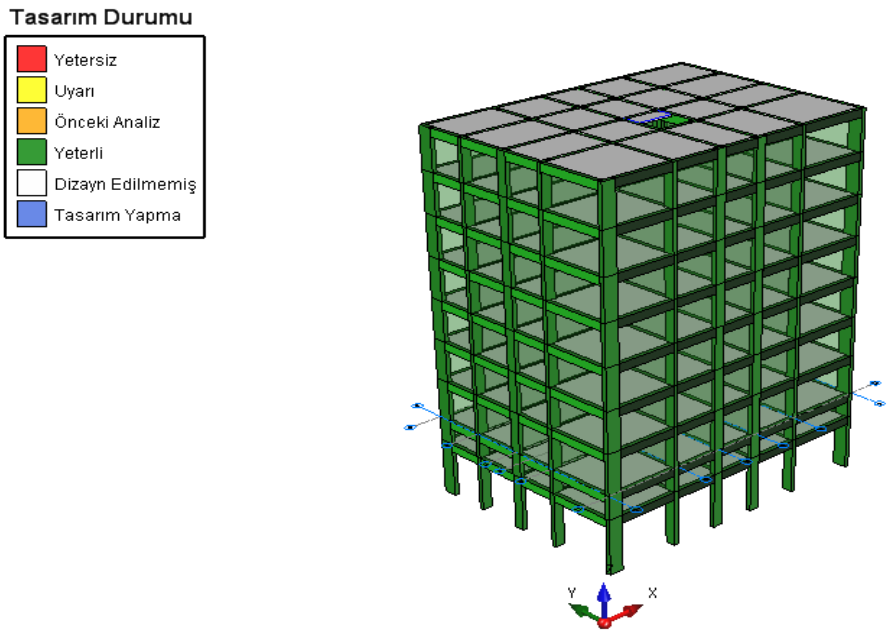
Tanım	9 Katlı (Tesisat Katsız)	9 Katlı (Tesisat Katlı)	8 Katlı Bina	6 Katlı Bina
Bina Uzunluğu (X Yönü) (m)	21	21	11,5	8,9
Bina Uzunluğu (Y Yönü) (m)	15,5	15,5	15,5	12,5
Kat Sayısı	9	9	8	6
Kat Yüksekliği (m)	25,8	25,8	24	18
Kolon Kesitleri (cm)	30/70 - 30/100 - 50/50	30/70 - 30/100 - 50/50	25/50 - 50/50	25/50
Kiriş Kesitleri (cm)	30/60	30/60	25/50	25/50
Döşeme Kalınlığı (cm)	13	13	12	12
Dış Duvar Yükü (kN/m)	8	8	8	8
İç Duvar Yükü (kN/m)	5	5	5	5
Ölü Yük (kN/m^2)	2	2	2	2
Hareketli Yük (kN/m^2)	2	2	2	2
Tesisat Katı Hareketli Yük (kN/m2)		5		
Hareketli Yük Azaltma Katsayısı (n)	0,3	0,3	0,3	0,3
Beton Sınıfı	C30	C30	C14	C14
Donatı Çeliği Sınıfı	S420	S420	S220	S220

Çizelge 3.3. Deprem, zemin ve yapısal parametreler

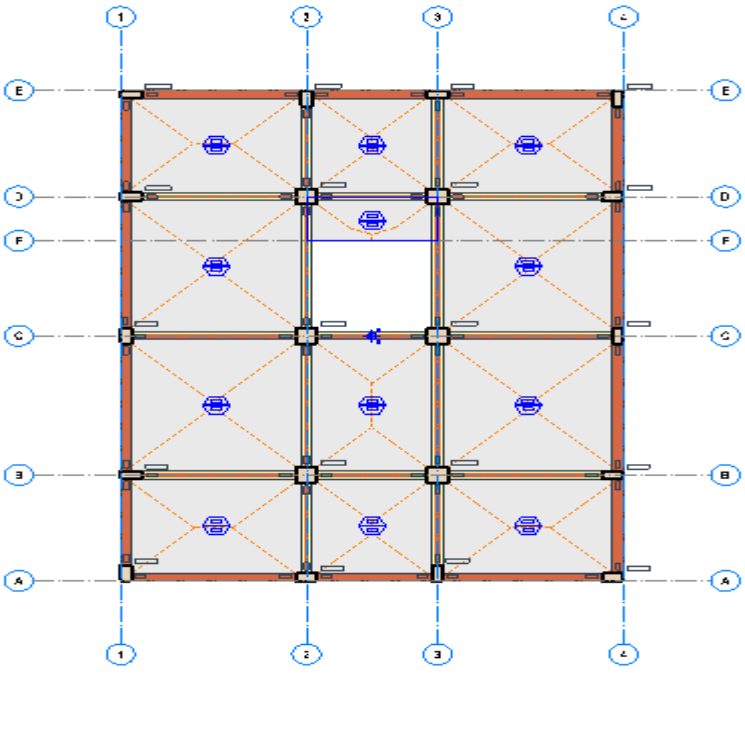
Deprem, Zemin Ve Yapısal Parametreler			
Deprem Bölgesi	1.Bölge	1.Bölge	1.Bölge
Etkin Yer İvme Katsayısı (Ao)	0,4g	0,4g	0,4g
Süneklik Düzeyi	Yüksek	Yüksek	Yüksek
Taşıyıcı Sistem Tipi	Çerçeve	Çerçeve	Çerçeve
Davranış Katsayısı (R)	8	8	8
Bina Önem Katsayısı (I)	1	1	1
Zemin Sınıfı	Z4	Z4	Z4
Spektrum Karakteristik Periyotları	$T_{A\,(s)}$: 0,2 $T_{B\,(s)}$: 0,9	$T_{A\,(s)}$: 0,2 $T_{B\,(s)}$: 0,9	$T_{A\,(s)}$: 0,2 $T_{B\,(s)}$: 0,9



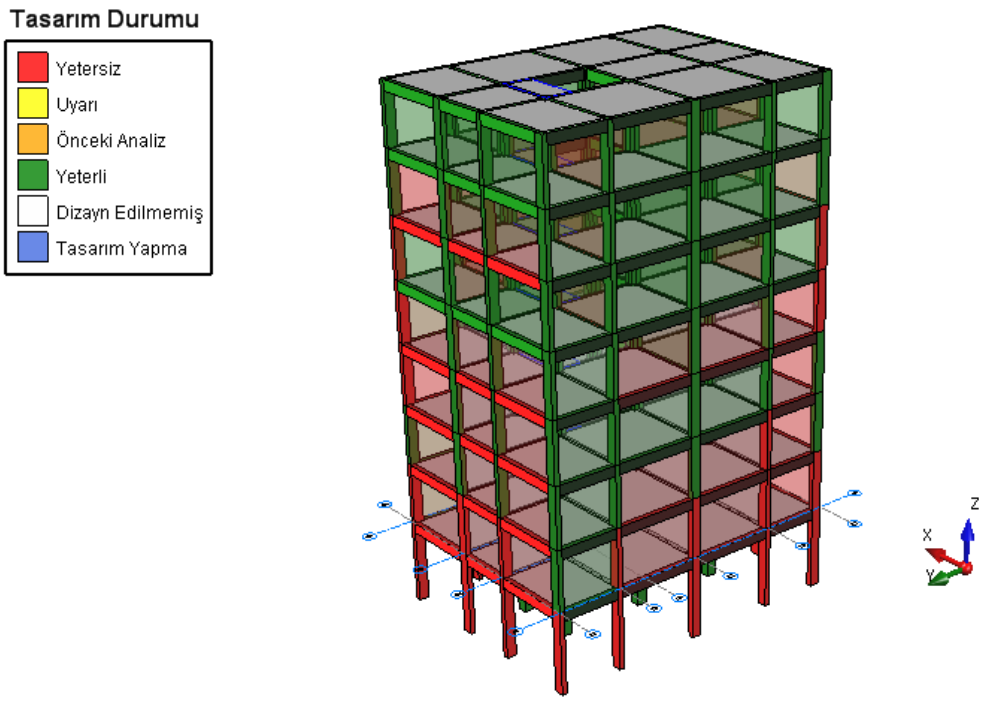
Şekil 3.1. Tesisat katına ve yeterli betonarme kesitlere sahip 9 katlı bina modelinin kat kalıp planı



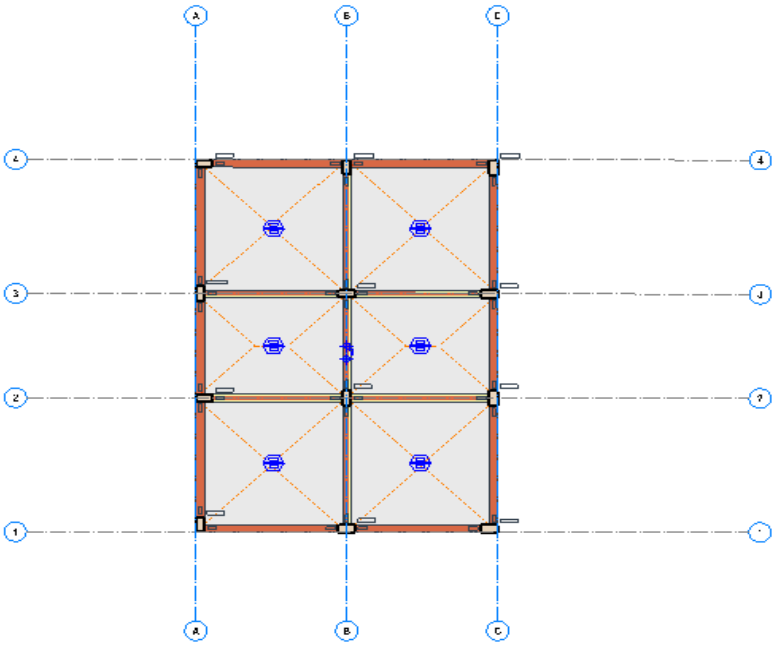
Şekil 3.2. Tesisat katına sahip 9 katlı bina modelinin yeterli tasarım durumunda olduğunu gösteren üç boyutlu görünümü



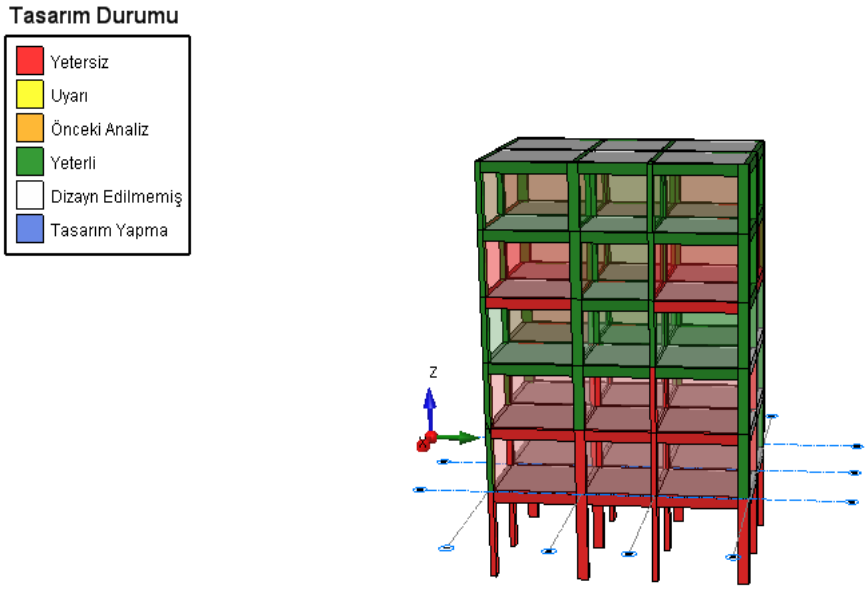
Şekil 3.3. Yetersiz betonarme kesitlere sahip 8 katlı bina modelinin kat kalıp planı



Şekil 3.4. 8 katlı bina modelinin yetersiz tasarım durumunda olduğunu gösteren üç boyutlu görünümü



Şekil 3.5. Yetersiz betonarme kesitlere sahip 6 katlı bina modelinin kat kalıp planı



Şekil 3.6. 6 katlı bina modelinin yetersiz tasarım durumunda olduğunu gösteren üç boyutlu görünümü

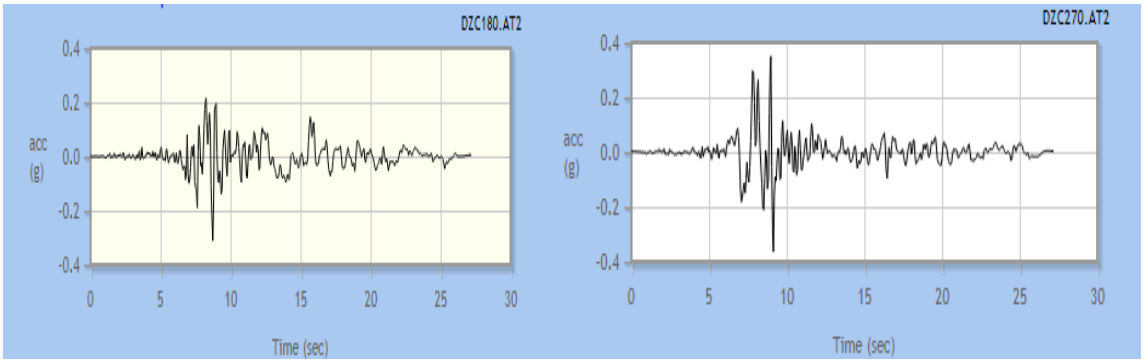
4. TESİSAT KATININ YERİNİN BELİRLENMESİ

Tesisat katı yapılarda aşırı genişleyen havalandırma-ısıtma-soğutma kanallarını, sığmayan mekanik tesisat cihazlarını toparlamak için inşa edilen, iskan edilmeyip sadece tesisat işlerine ayrılan katlardır. Bu katların yüksekliği de normal kat yüksekliğinden farklı olmaktadır (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. Tesisat katı bulunan yapı örneği (Doğan, M., 2018)

9 katlı bina modelimizde tesisat katının konulacağı kat seviyesinin belirlenmesi için ilk kattan başlayarak sırayla son kata kadar SAP2000 programı yardımı ile tesisat katı yerleştirilmiştir. Tesisat katı yüksekliği 1.8 m seçilmiş olup her iki yönde de Düzce Depremi ivme kaydı kullanılarak tesisat katını konumlandırdığımız her kat seviyesi için zaman tanım alanında analiz yöntemi ile doğrusal olmayan analiz yapılıp sonuçlar irdelenmiştir. X ve Y doğrultularında kullanılan Düzce Depremi ivme kayıtları Şekil 4.2' de gösterilmiştir. Bu kayıtlar PEER web sitesinin arşivinden elde edilmiştir.



a) **b)**

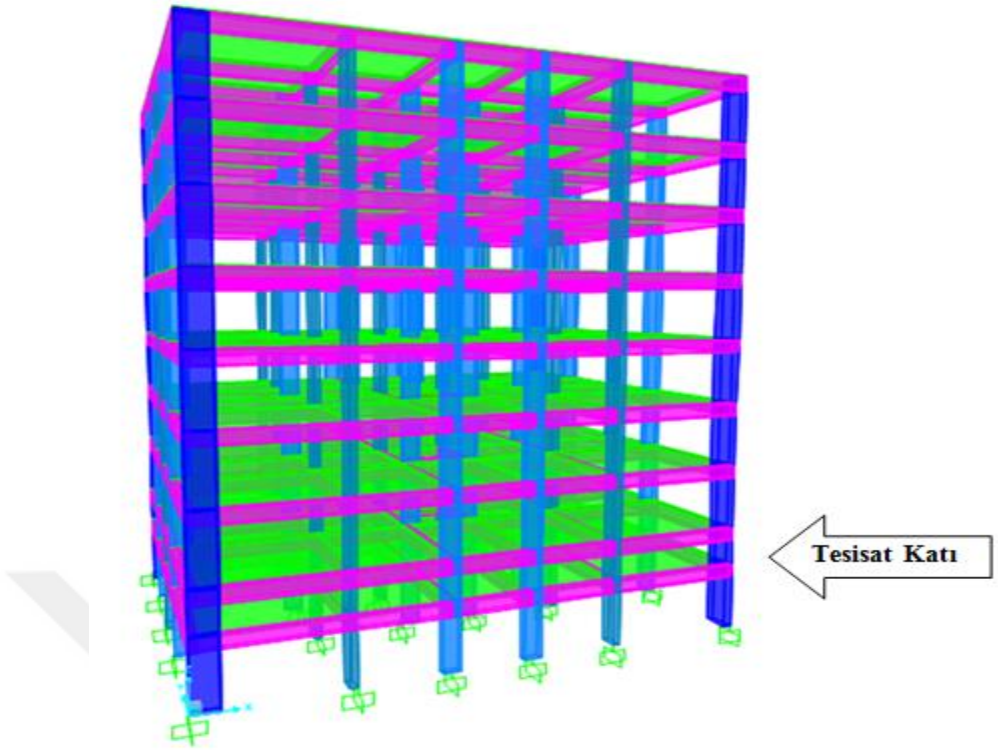
Şekil 4.2. a) +X Yönünde kullanılan Düzce (KG) Depremine ait ivme – zaman grafiği
b) +Y Yönünde kullanılan Düzce (DB) Depremine ait ivme – zaman grafiği

4.1 Tesisat Katının Birinci Kata Konumlandırılması Durumu

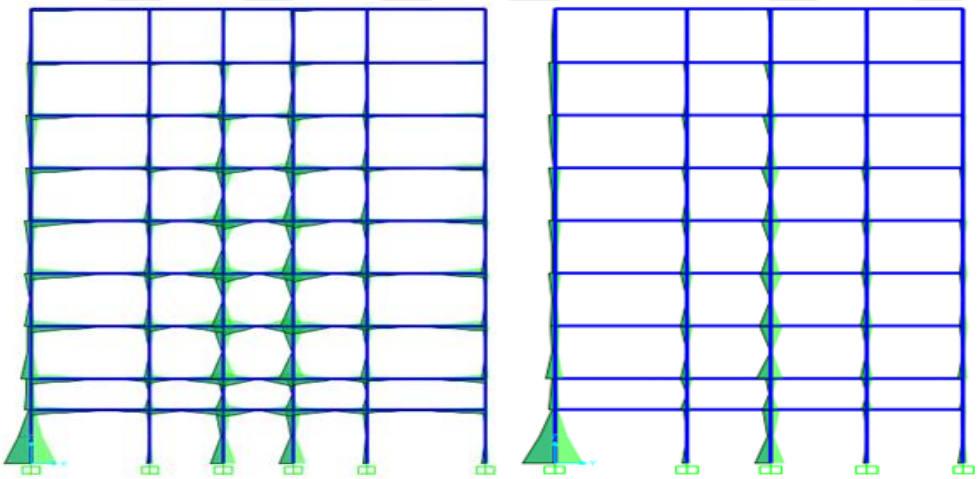
Tesisat katının birinci kata konumlandırılarak SAP2000 programında X yönünde (EQX) ve Y yönünde (EQY) Düzce Depremi ivme kayıtları kullanılarak zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yapılmıştır. X yönü durumunda tabandaki kolonda oluşan maksimum moment (M3) 2177,8 kNm çıkmıştır. Ve yapı modelinde oluşan maksimum taban kesme kuvveti ise 11480 kN olup yapının yaptığı maksimum tepe yer değiştirmesi ise 100mm'dir.

Y yönü Düzce Depremi durumunda yapımızın tabandaki kolonunda oluşan maksimum moment (M2) 1866 kNm çıkmıştır. Yapıda oluşan maksimum taban kesme kuvveti ise 9836 kN olup modelin yaptığı Y yönlü maksimum tepe yer değiştirmesi ise 94.91 mm'dir.

Şekil 4.3' de tesisat katının birinci kata konumlandırılmasının üç boyutlu görünümü ve Şekil 4.4' te ise deprem durumunda tabandaki kolonda oluşan maksimum moment diyagramlarının iki boyutlu görünümü gösterilmiştir.



Şekil 4.3. Tesisat katının birinci kata konumlandırılması durumunun üç boyutlu görünümü



a) **b)**

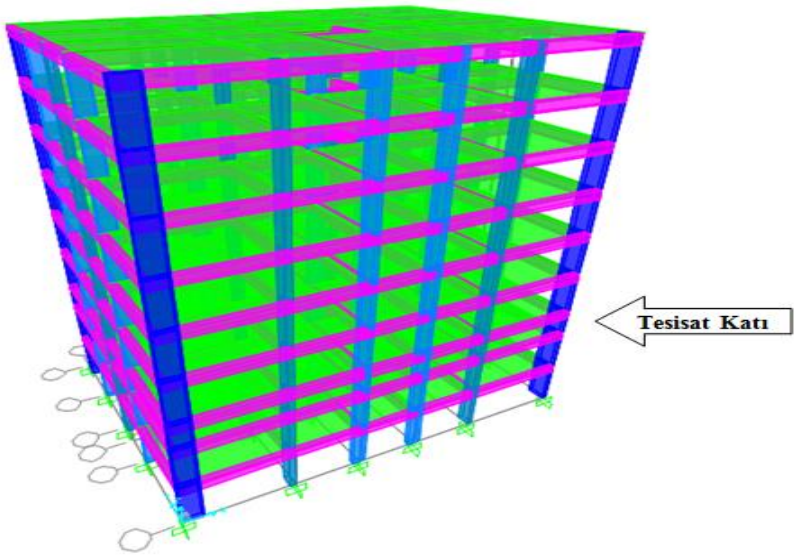
Şekil 4.4. **a)** Tesisat katı birinci katta iken X yönünde Düzce Depremi uygulanması durumunda oluşan momentler **b)** Tesisat katı birinci katta iken Y yönünde Düzce Depremi uygulanması durumunda oluşan momentler

4.2 Tesisat Katının İkinci Kata Konumlandırılması Durumu

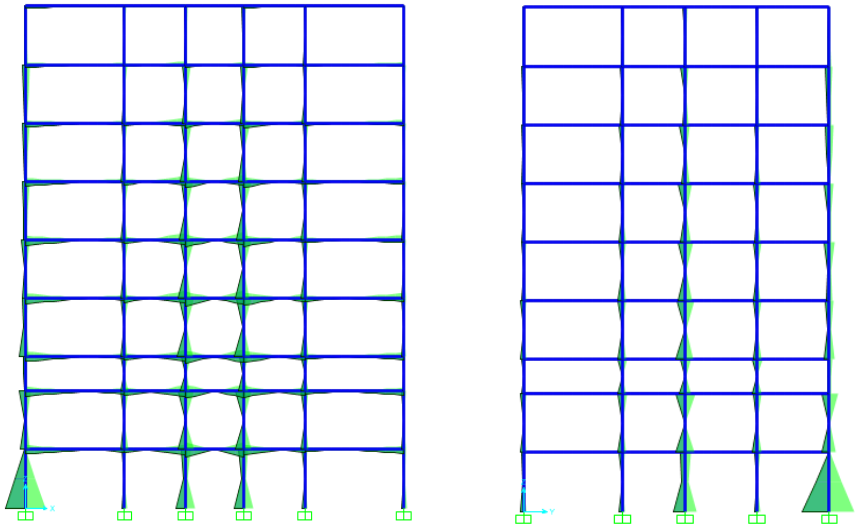
Tesisat katı ikinci kata konumlandırılarak X ve Y yönlerinde Düzce Depremi uygulanmıştır. X yönü durumunda tabandaki kolonda oluşan maksimum moment (M3) 2408 kNm çıkmıştır. Yapı modelinde oluşan maksimum taban kesme kuvveti ise -11648 kN olup yapının yaptığı maksimum tepe yer değiştirmesi 101mm'dir.

Y yönü Düzce Depremi durumunda tabandaki kolonda oluşan maksimum moment (M2) 2074 kNm çıkmıştır. Yapıda oluşan maksimum taban kesme kuvveti ise -9995kN olup modelin y yönünde yaptığı maksimum tepe yer değiştirmesi ise 95.53 mm'dir. Tesisat katının ikinci kata konumlandırılması durumunda birinci kattaki durumuna göre her iki yönde de kolonlarda oluşan maksimum moment ve yapının taban kesme kuvvetinde artış olmuştur.

Tesisat katının ikinci kata konumlandırılması ile birinci kattaki duruma göre X yönünde tabandaki kolonda oluşan maksimum momentte (M3) %10 ve Y yönünde tabandaki kolonda oluşan maksimum momentte ise %16 artış gerçekleşmiştir. Şekil 4.5' te tesisat katının ikinci kata konumlandırılmasının üç boyutlu görünümü ve Şekil 4.6'da ise deprem durumunda tabandaki kolonda oluşan maksimum moment diyagramlarının iki boyutlu görünümü gösterilmiştir.



Şekil 4.5. Tesisat katının ikinci kata konumlandırılması durumunun üç boyutlu görünümü



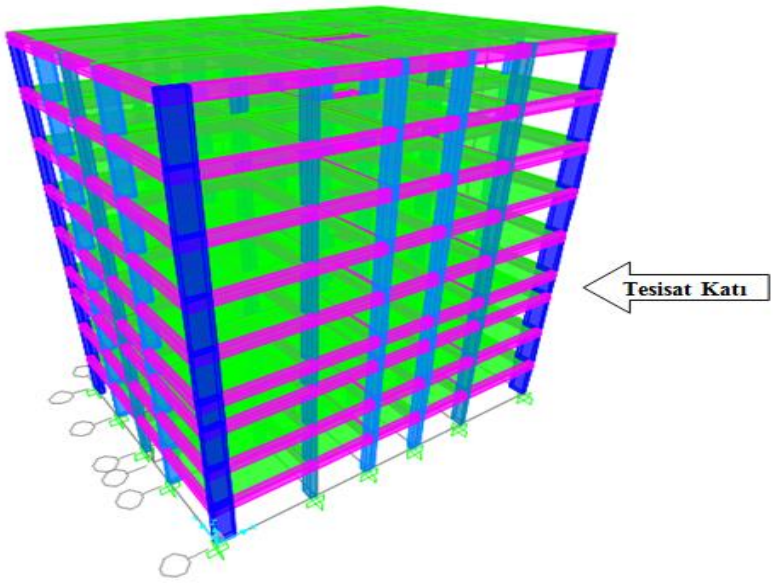
a) **b)**

Şekil 4.6. a) Tesisat katı ikinci katta iken X yönünde Düzce Depremi uygulanması durumunda oluşan momentler **b)** Tesisat katı ikinci katta iken Y yönünde Düzce Depremi uygulanması durumunda oluşan momentler

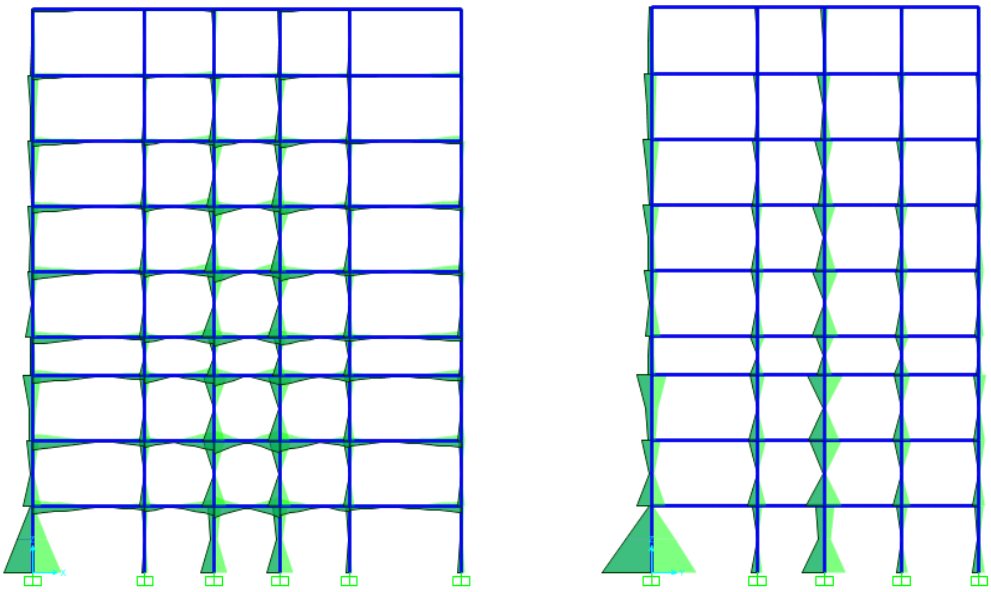
4.3 Tesisat Katının Üçüncü Kata Konumlandırılması Durumu

Tesisat katı üçüncü kata konumlandırılarak X ve Y yönünde Düzce Depremi uygulanmıştır. X yönü Düzce Depremi durumunda tabandaki kolonda oluşan maksimum moment (M3) 2486 kNm çıkmıştır. Ve yapı modelinde oluşan maksimum taban kesme kuvveti ise -11950 kN olup yapının yaptığı maksimum tepe yer değiştirmesi ise 103.3 mm'dir.

Y yönü Düzce Depremi durumunda tabandaki kolonda oluşan maksimum moment (M2) 2105 kNm çıkmıştır. Yapıda oluşan maksimum taban kesme kuvveti ise -10043 kN olup modelin yaptığı Y yönlü maksimum tepe yer değiştirmesi ise 95.70 mm'dir. Tesisat katının üçüncü kata konumlandırılması durumunda birinci ve ikinci kattaki durumuna göre her iki yönde de kolonlarda oluşan maksimum moment ve yapının taban kesme kuvvetinde artış olmuştur. Şekil 4.7' de tesisat katının üçüncü kata konumlandırılmasının üç boyutlu görünümü ve Şekil 4.8'de ise deprem durumunda tabandaki kolonda oluşan maksimum moment diyagramlarının iki boyutlu görünümü gösterilmiştir.



Şekil 4.7. Tesisat katının üçüncü kata konumlandırılması durumunun üç boyutlu görünümü



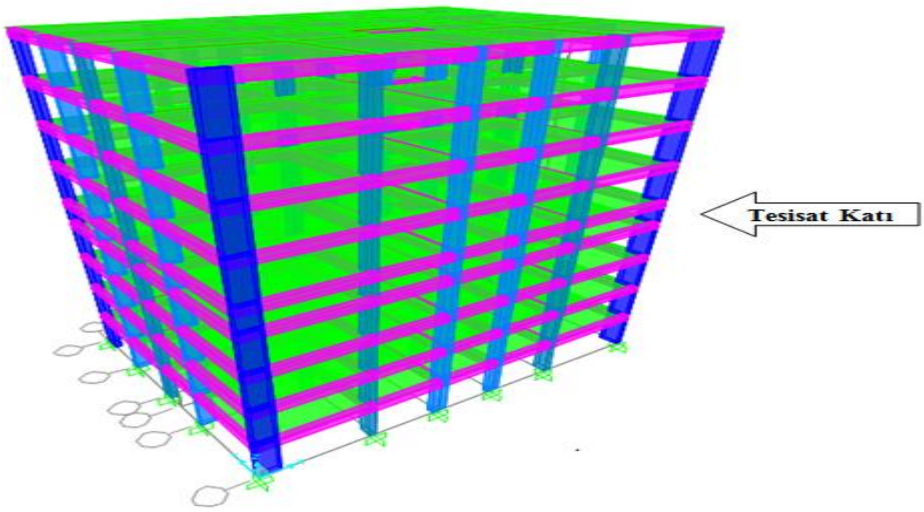
a) **b)**

Şekil 4.8. a) Tesisat katı üçüncü katta iken X yönünde Düzce Depremi uygulanması durumunda oluşan momentler **b)** Tesisat katı üçüncü katta iken Y yönünde Düzce Depremi uygulanması durumunda oluşan momentler

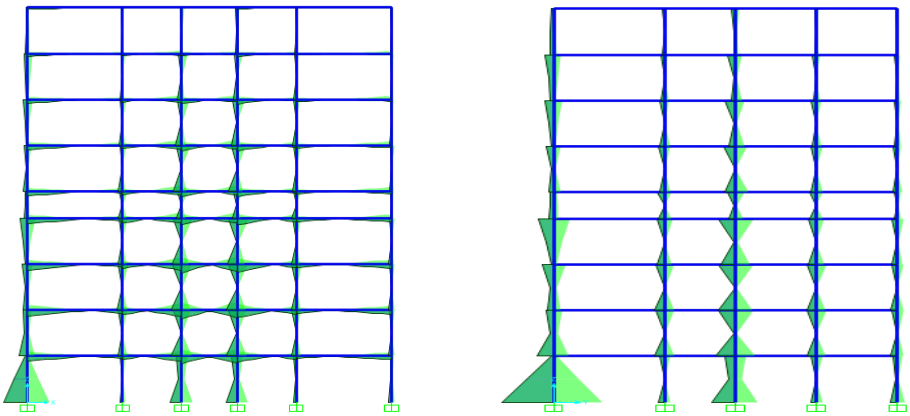
4.4 Tesisat Katının Dördüncü Kata Konumlandırılması Durumu

Tesisat katı dördüncü kata konumlandırılarak X ve Y yönünde Düzce Depremi uygulanmıştır. X yönü Düzce Depremi durumunda tabandaki kolonda oluşan maksimum moment (M3) 2499 kNm çıkmıştır. Ve yapı modelinde oluşan maksimum taban kesme kuvveti ise -12107 kN olup yapının yaptığı maksimum tepe yer değiştirmesi ise 104.2 mm'dir.

Y yönü Düzce Depremi durumunda tabandaki kolonda oluşan maksimum moment (M2) 2078 kNm çıkmıştır. Yapıda oluşan maksimum taban kesme kuvveti ise -9952 kN olup modelin yaptığı y yönlü maksimum tepe yer değiştirmesi ise 95.45 mm'dir. Tesisat katının dördüncü kata konumlandırılması durumunda ilk üç kattaki durumuna göre X yönü depremi durumunda kolonlarda oluşan maksimum moment ve yapının taban kesme kuvvetinde artış olmuştur. Y yönünde ise taban kesme kuvveti ikinci ve üçüncü kattaki duruma göre azalmış olup yapı tabanında meydana gelen maksimum momentler (M2) ise birinci ve ikinci kattaki duruma göre artarken üçüncü kattaki konuma göre azalmıştır. Şekil 4.9' da tesisat katının dördüncü kata konumlandırılmasının üç boyutlu görünümü ve Şekil 4.10'da ise deprem durumunda tabandaki kolonda oluşan maksimum moment diyagramlarının iki boyutlu görünümü gösterilmiştir.



Şekil 4.9. Tesisat katının dördüncü kata konumlandırılması durumunun üç boyutlu görünümü



a) **b)**

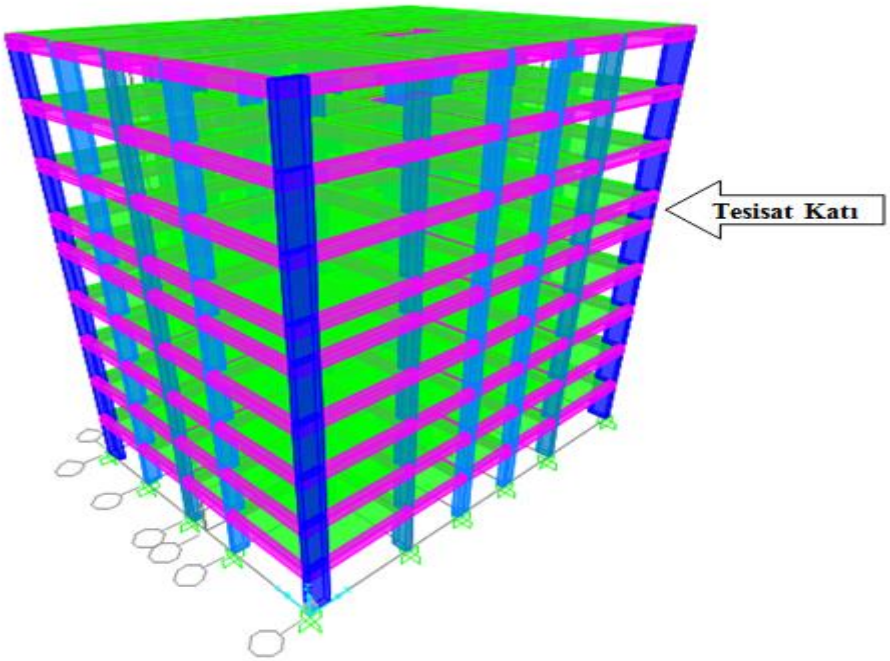
Şekil 4.10. a) Tesisat katı dördüncü katta iken X yönünde Düzce Depremi uygulanması durumunda oluşan momentler **b)** Tesisat katı dördüncü katta iken Y yönünde Düzce Depremi uygulanması durumunda oluşan momentler

4.5 Tesisat Katının Beşinci Kata Konumlandırılması Durumu

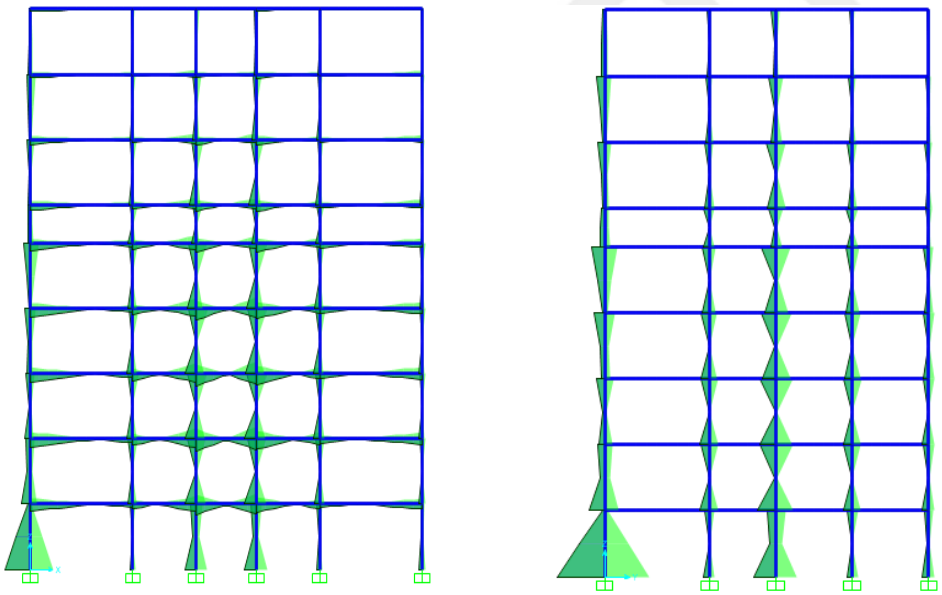
Tesisat katı beşinci kata konumlandırılarak X ve Y yönünde Düzce Depremi uygulanmıştır. X yönü Düzce Depremi durumunda tabandaki kolonda oluşan maksimum moment (M3) 2437 kNm çıkmıştır. Ve yapı modelinde oluşan maksimum taban kesme kuvveti ise -11883 kN olup yapının yaptığı maksimum tepe yer değiştirmesi ise 106.8 mm'dir.

Y yönü Düzce Depremi durumunda tabandaki kolonda oluşan maksimum moment (M2) 2059 kNm çıkmıştır. Yapıda oluşan maksimum taban kesme kuvveti ise -9899 kN olup modelin yaptığı Y yönlü maksimum tepe yer değiştirmesi ise 95.70 mm'dir. Tesisat katının beşinci kata konumlandırılması durumunda ilk iki kattaki durumuna göre X yönü depremi durumunda kolonlarda oluşan maksimum moment ve yapının taban kesme kuvvetinde artış olmuştur.

Y yönünde ise sadece üçüncü ve dördüncü kattaki duruma göre kolonlarda oluşan maksimum momentte azalış görülmüş olup taban kesme kuvvetinde ise sadece ilk kattaki duruma göre artış olmuştur. Şekil 4.11'de tesisat katının beşinci kata konumlandırılmasının üç boyutlu görünümü ve Şekil 4.12'de ise deprem durumunda tabandaki kolonda oluşan maksimum moment diyagramlarının iki boyutlu görünümü gösterilmiştir.



Şekil 4.11. Tesisat katının beşinci kata konumlandırılması durumunun üç boyutlu görünümü



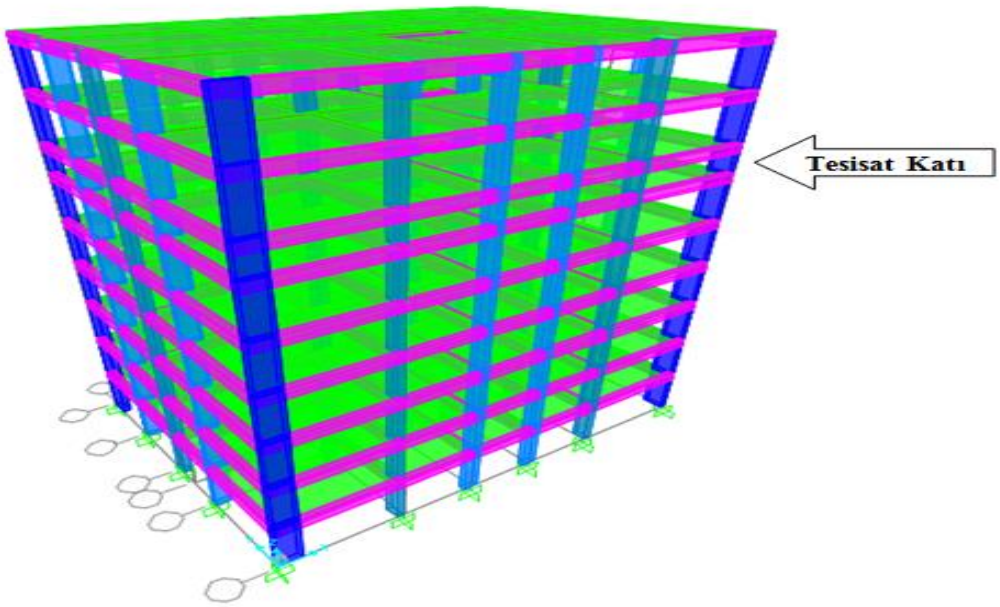
a) **b)**

Şekil 4.12. **a)** Tesisat katı beşinci katta iken X yönünde Düzce Depremi uygulanması durumunda oluşan momentler **b)** Tesisat katı beşinci katta iken Y yönünde Düzce Depremi uygulanması durumunda oluşan momentler

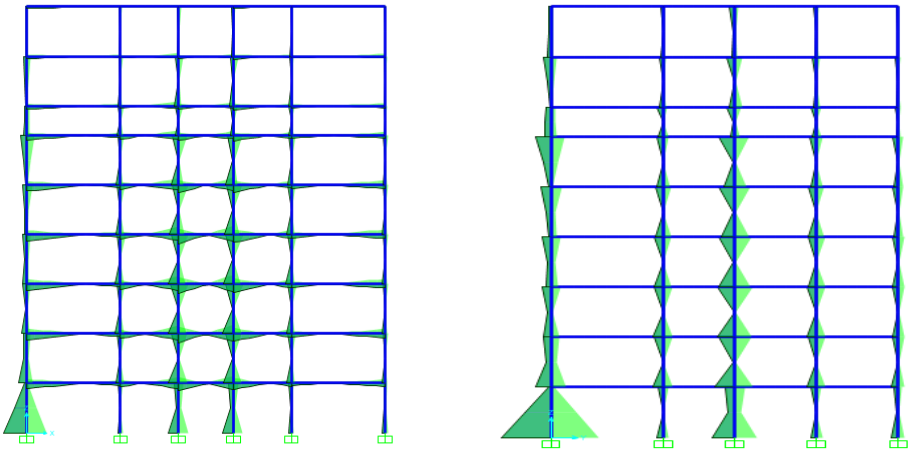
4.6 Tesisat Katının Altıncı Kata Konumlandırılması Durumu

Tesisat katı altıncı kata konumlandırılarak X ve Y yönünde Düzce Depremi uygulanmıştır. X yönü Düzce Depremi durumunda tabandaki kolonda oluşan maksimum moment (M3) 2389 kNm çıkmıştır. Ve yapı modelinde oluşan maksimum taban kesme kuvveti ise -11715 kN olup yapının yaptığı maksimum tepe yer değiştirmesi ise 108.1 mm'dir.

Y yönü Düzce Depremi durumunda tabandaki kolonda oluşan maksimum moment (M2) 2039 kNm çıkmıştır. Yapıda oluşan maksimum taban kesme kuvveti ise -9761 kN olup modelin yaptığı Y yönlü maksimum tepe yer değiştirmesi ise 96.48 mm'dir. Tesisat katının altıncı kata konumlandırılması durumunda sadece ilk birinci kattaki durumuna göre x yönü depremi durumunda kolonlarda oluşan maksimum momentte artış olup, taban kesme kuvveti ise ilk iki kattaki duruma göre artış olmuştur. Y yönünde ise sadece birinci kattaki duruma göre kolonlarda oluşan maksimum momentte artış olup taban kesme kuvvetinde ise ilk beş kattaki duruma göre azalış olmuştur. Şekil 4.13' te tesisat katının altıncı kata konumlandırılmasının üç boyutlu görünümü ve Şekil 4.14'te ise deprem durumunda tabandaki kolonda oluşan maksimum moment diyagramlarının iki boyutlu görünümü gösterilmiştir.



Şekil 4.13. Tesisat katının altıncı kata konumlandırılması durumunun üç boyutlu görünümü



a) **b)**

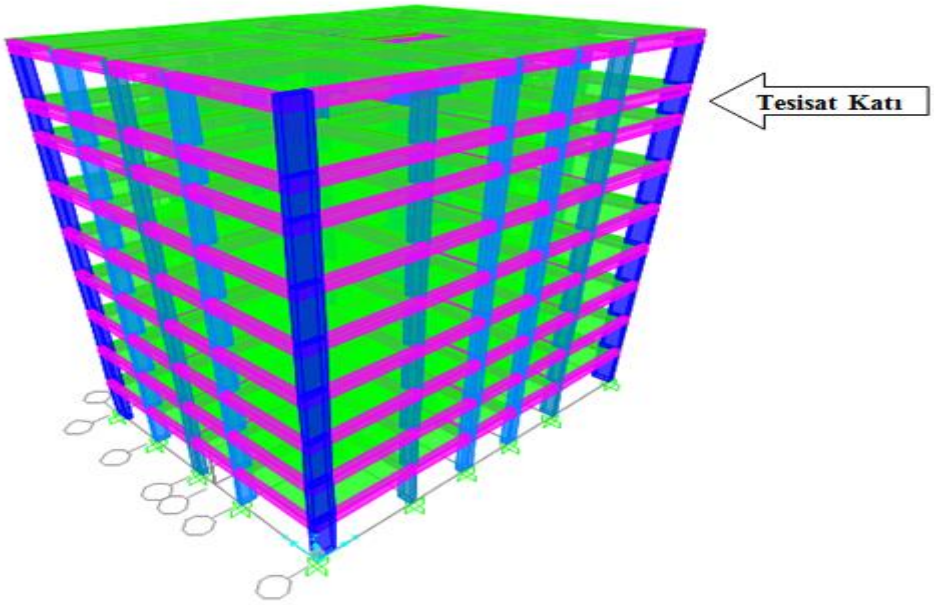
Şekil 4.14. a) Tesisat katı altıncı katta iken X yönünde Düzce Depremi uygulanması durumunda oluşan momentler **b)** Tesisat katı altıncı katta iken Y yönünde Düzce Depremi uygulanması durumunda oluşan momentler

4.7 Tesisat Katının Yedinci Kata Konumlandırılması Durumu

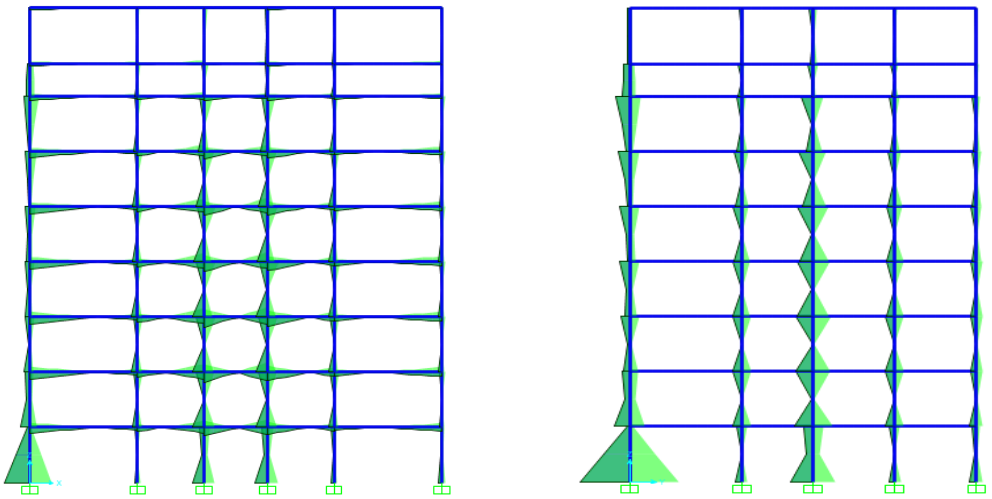
Tesisat katının yedinci kata konumlandırılarak X ve Y yönünde Düzce Depremi uygulanmıştır. X yönü Düzce Depremi durumunda tabandaki kolonda oluşan maksimum moment (M3) 2396 kNm çıkmıştır. Ve yapı modelinde oluşan maksimum taban kesme kuvveti ise -11737 kN olup yapının yaptığı maksimum tepe yer değiştirmesi ise 109.1 mm'dir.

Y yönü Düzce Depremi durumunda tabandaki kolonda oluşan maksimum moment (M2) 2031 kNm çıkmıştır. Yapıda oluşan maksimum taban kesme kuvveti ise -9716 kN olup modelin yaptığı y yönlü maksimum tepe yer değiştirmesi ise 97.80 mm'dir. Tesisat katının yedinci kata konumlandırılması durumunda sadece birinci ve altıncı kattaki durumuna göre X yönü depremi durumunda kolonlarda oluşan maksimum momentte artış olup, taban kesme kuvveti ise birinci, ikinci ve altıncı kattaki konumlandırmaya göre artış olmuştur. Y yönünde ise kolonlarda oluşan maksimum momentte sadece birinci kattaki konumlandırmaya göre artış olmuştur. Y yönü taban kesme kuvveti ise ilk altı kattaki duruma göre azalış görülmüştür.

Şekil 4.15'de tesisat katının yedinci kata konumlandırılmasının üç boyutlu görünümü Şekil 4.16'da ise deprem durumunda tabandaki kolonda oluşan maksimum moment diyagramlarının iki boyutlu görünümü gösterilmiştir.



Şekil 4.15. Tesisat katının yedinci kata konumlandırılması durumunun üç boyutlu görünümü



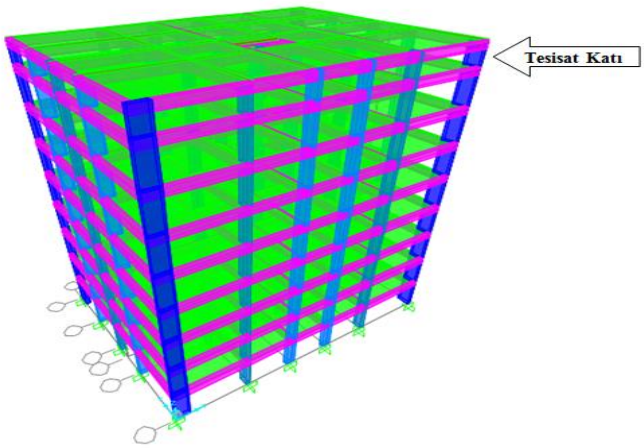
a) **b)**

Şekil 4.16. **a)** Tesisat katı yedinci katta iken X yönünde Düzce Depremi uygulanması durumunda oluşan momentler **b)** Tesisat katı yedinci katta iken Y yönünde Düzce Depremi uygulanması durumunda oluşan momentler

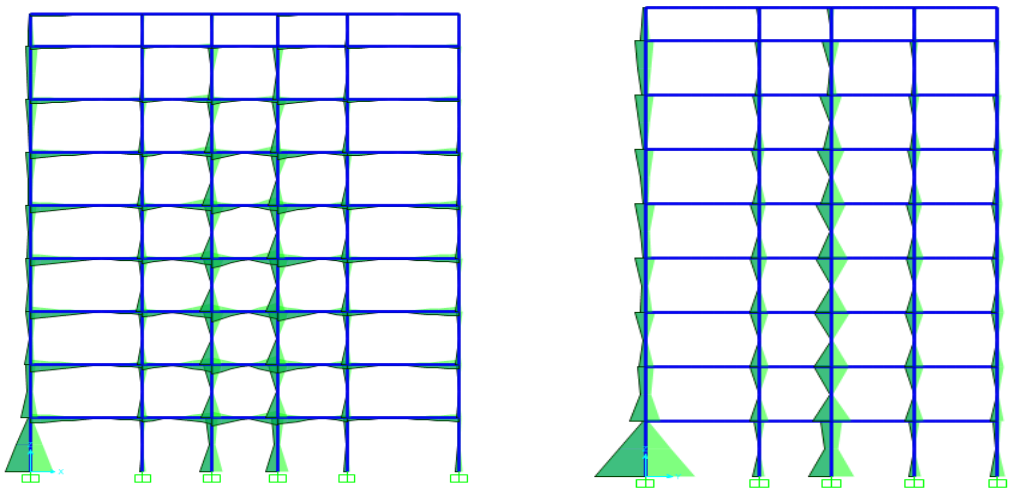
4.8 Tesisat Katının Sekizinci Son Katta Konumlandırılması Durumu

Tesisat katının sekizinci son kata konumlandırılarak X ve Y yönünde Düzce Depremi uygulanmıştır. X yönü Düzce Depremi durumunda tabandaki kolonda oluşan maksimum moment (M3) 2393 kNm çıkmıştır. Ve yapı modelinde oluşan maksimum taban kesme kuvveti ise -11720 kN olup yapının yaptığı maksimum tepe yer değiştirmesi ise 105.43 mm'dir. Y yönü Düzce Depremi durumunda tabandaki kolonda oluşan maksimum moment (M2) 2030 kNm çıkmıştır. Yapıda oluşan maksimum taban kesme kuvveti ise -9735 kN olup modelin yaptığı Y yönü maksimum tepe yer değiştirmesi ise 91.00 mm'dir.

X yönü depremi durumunda tesisat katının sekizinci son kata konumlandırılması durumunda kolonlarda oluşacak olan maksimum moment sadece birinci kattaki konumlandırmaya göre artış oluştuğu görülmüştür. Fakat diğer bütün katlardaki duruma göre kolonlarda oluşan momentte azalma vardır. Taban kesme kuvveti ise ilk iki ve altıncı kattaki konumlandırmalara göre artış yaşanırken diğer tüm katlardaki duruma göre azalma görülmüştür. Y yönünde ise kolonlarda oluşan maksimum momentte sadece birinci kattaki konumlandırmaya göre artış olmuştur. Y yönü taban kesme kuvveti ise sadece yedinci kattaki konumlandırmadan yüksek çıkmıştır. Şekil 4.17'de tesisat katının altıncı kata konumlandırılmasının üç boyutlu görünümü ve Şekil 4.18'de ise deprem durumunda tabandaki kolonda oluşan maksimum moment diyagramlarının iki boyutlu görünümü gösterilmiştir.



Şekil 4.17. Tesisat katının sekizinci kata konumlandırılması durumunun üç boyutlu görünümü



a) **b)**

Şekil 4.18. a) Tesisat katı sekizinci son katta iken X yönünde Düzce Depremi uygulanması durumunda oluşan momentler **b)** Tesisat katı sekizinci son katta iken Y yönünde Düzce Depremi uygulanması durumunda oluşan momentler

4.9 Tesisat Katının Yerinin Belirlenmesine Ait Sonuçların Değerlendirilmesi

Tesisat katının sırasıyla her kata konumlandırılması sekizinci kat ile son bulmuştur. Ve her kat için konumlandırmalar sonucu modellerin zemin kat kolonlarında oluşan maksimum momentler ile modellerin maksimum taban kesme kuvvetleri karşılaştırılmıştır. Tesisat katı birinci kata konumlandırılmış durumda iken kolonlarda oluşacak olan maksimum moment ve yapı taban kesme kuvvetleri genel olarak en düşük seviyede kalmıştır. Bu duruma en yakın sonuçlar ise tesisat katı sekizinci son katta konumlanmış durumda iken çıkmıştır.

Tesisat katı için en elverişli katlar ilk olarak birinci kat daha sonra sekizinci son kattır. Tesisat katı için en elverişsiz durum ise başta dördüncü kat olmak üzere diğer ara katlarda da sonuçlar yüksek çıkmıştır. Maksimum M2 momentleri içerisindeki minimum değer birinci katta oluşurken, en yüksek değer ise üçüncü kattadır. Aralarında %12,8 kadar fark vardır. M3 momenti için ise maksimum değerler içerisindeki minimum yine birinci katta çıkarken en yüksek değer tesisat katı dördüncü katta iken çıkmıştır. M3 momenti için bu katlar arasında % 14,8 kadar fark vardır.

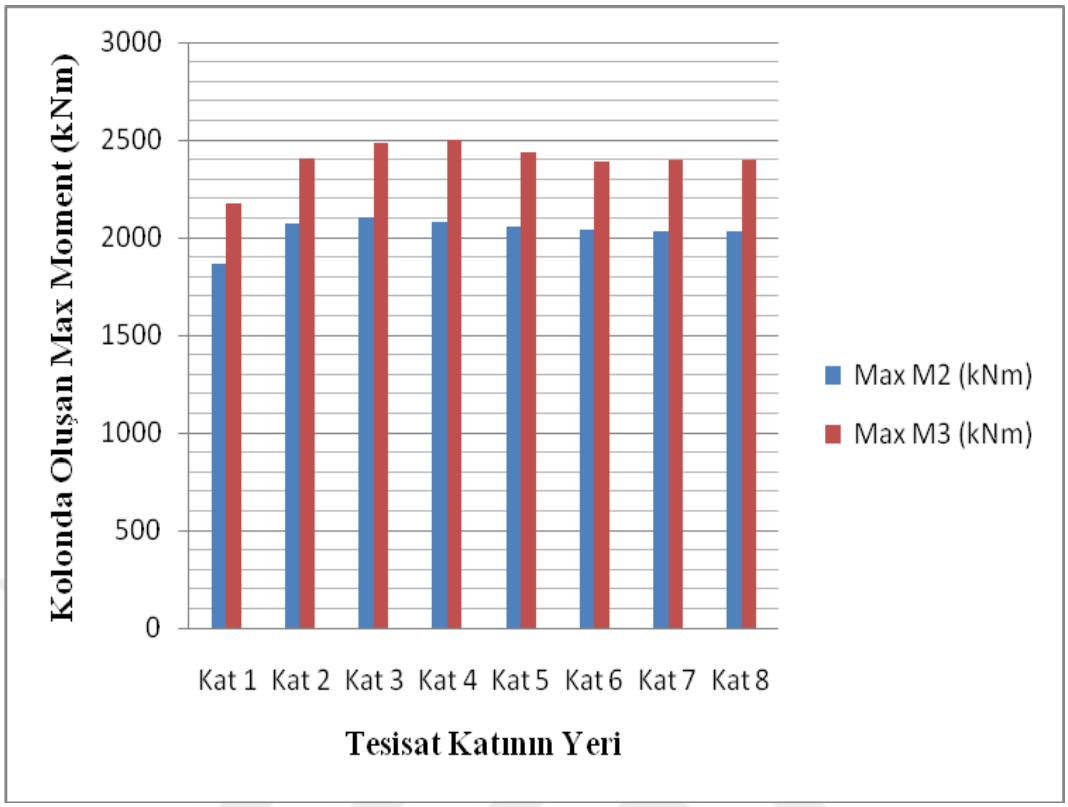
X yönünde maksimum taban kesme kuvvetleri içerisindeki minimum değer tesisat katı birinci katta iken meydana gelmiş olup, en yüksek değer ise dördüncü katta çıkmıştır. Bu katlar arasında maksimum taban kesme kuvvetleri arasındaki fark %10,7 kadardır. Y yönünde maksimum taban kesme kuvvetleri içerisindeki minimum değer tesisat katı sekizinci katta iken meydana gelmiş olup, en yüksek değer ise üçüncü katta çıkmıştır. Aralarında %3,2 kadar fark vardır.

Tesisat katının her kat için sırasıyla konumlandırılarak, Düzce Depremi uygulandığında yapının yer değiştirmesi X yönü için maksimum değerler arasından en yüksek ve en düşük değerler kıyaslandığında %9,1 kadar fark vardır. Y doğrultusundaki fark ise %7,5 kadardır.

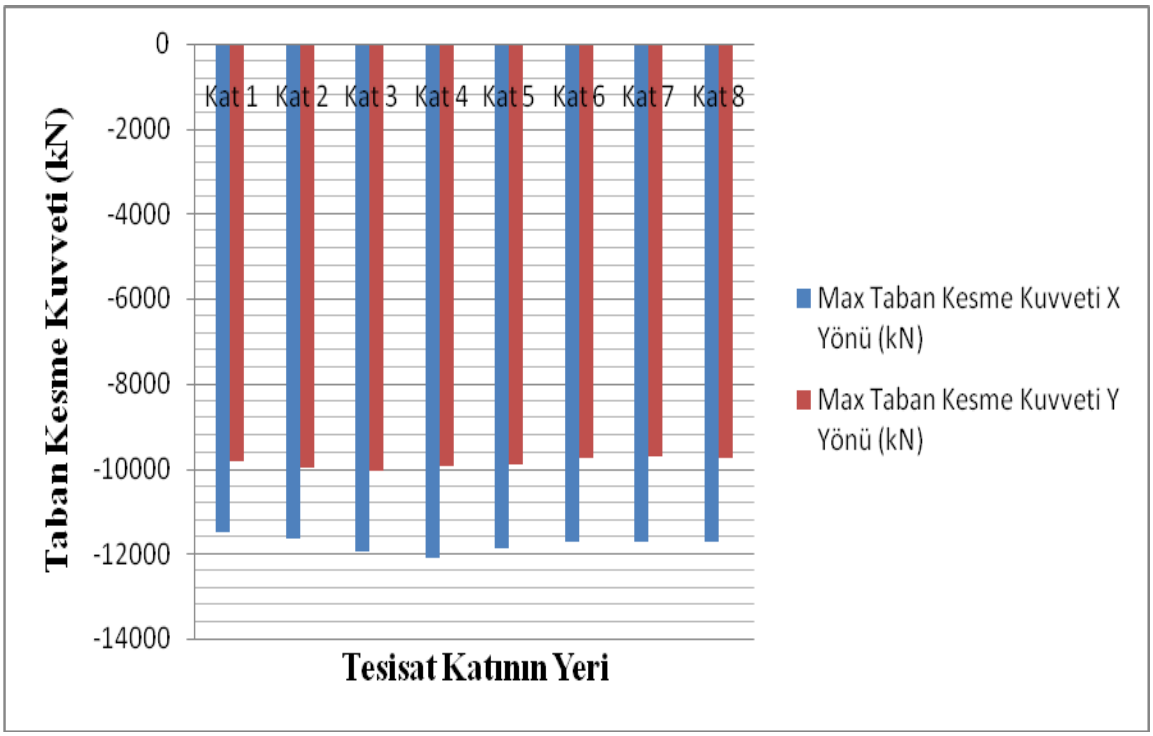
Tesisat katlarında X doğrultusu Düzce Depremi ivme kayıtları kullanılarak yapılan doğrusal olmayan analiz durumunda oluşan momentler ile taban kesme kuvvetleri ve Y doğrultusu depremi durumunda oluşan moment ile taban kesme kuvvetleri Çizelge 4.1'de ve Şekil 4.19 - 4.20'de gösterilmiştir. Ayrıca Çizelge 4.1' de tesisat katının her kata konumlandırılması durumunda oluşacak maksimum tepe noktası değerlerine de yer verilmiştir.

Çizelge 4.1. Tesisat katının konumuna göre ortaya çıkan maksimum moment, taban kesme kuvveti ve tepe yer değiştirmeleri

Teisat Katının Yeri	**Kolonlarda Oluşan Maksimum M2 (kNm)**	**Kolonlarda Oluşan Maksimum M3 (kNm)**	**Maksimum Taban Kesme Kuvveti X Yönü (kN)**	**Maksimum Taban Kesme Kuvveti Y Yönü (kN)**	**X Yönünde Oluşan Maksimum Tepe Deplasman (mm)**	**Y Yönünde Oluşan Maksimum Tepe Deplasman (mm)**
Kat 1	**1866**	**2177**	**-11480**	-9836	**100.00**	94.91
Kat 2	2074	2408	-11648	-9995	101.00	95.53
Kat 3	2105	2486	-11950	-10043	103.30	95.70
Kat 4	2078	2499	-12107	-9952	104.20	95.45
Kat 5	2059	2437	-11883	-9899	106.80	95.70
Kat 6	2039	2389	-11715	-9761	108.10	96.48
Kat 7	2031	2396	-11737	-9716	109.10	97.80
Kat 8	2030	2393	-11720	**-9735**	105.43	**91.00**



Şekil 4.19. Tesisat katının konumuna göre tabandaki kolonda ortaya çıkan maksimum M2 - M3 momenti



Şekil 4.20. Tesisat katının konumuna göre ortaya çıkan taban kesme kuvvetleri

5. MODELLERİN İTME ANALİZİ

Statik itme analizi, yapıların yatay yüklerin etkisi altında yapı davranışlarının belirlenmesi amacıyla kullanılan doğrusal olmayan statik analiz yöntemidir. Statik itme (pushover) analizlerinde tatbik edilen iki farklı hesap yöntemi vardır; yük kontrollü analiz yöntemi ve deplasman kontrollü analiz yöntemidir. Yük kontrollü analiz yönteminde yapılar belli bir yatay yük düzeyine erişinceye kadar yüklenir. Ve bu yüklemeler belirli zaman aralıkları ile adım adım artırılır. Her bir adımda yapı elemanlarında ortaya çıkan kuvvet – deplasman ilişkileri analiz edilerek yapının hasar seviyesi belirlenir. Deplasman kontrollü analiz yönteminde ise yapının tepe noktasının belirli bir yer değiştirme düzeyine ulaşıncaya kadar yatay yönde yükleme yapılması durumudur.

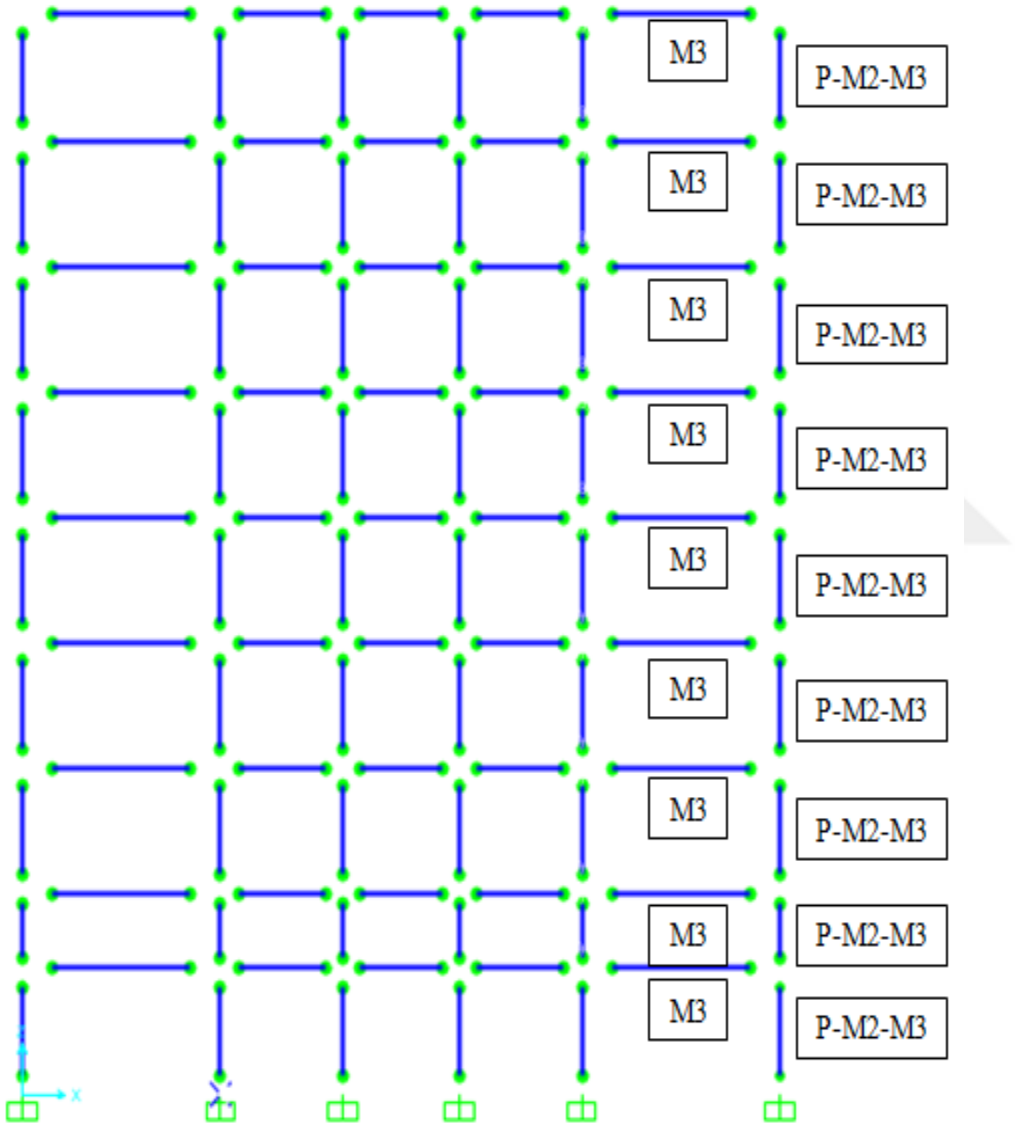
Statik itme analizinde yatay yüklemeler yapıya adım adım etki ettirilmesi ile her adımda iç kuvvetler, deplasmanlar ve plastik şekil değiştirmeler hesaplanarak yapının kapasite eğrisi belirlenir. Bulunan kapasite eğrisi, statik itme analizinin her bir adımda tespit edilen taban kesme kuvveti ile yapının en üst tepe noktası deplasmanının doğrusal olmayan değişimini ortaya çıkarmaktadır.

Bu çalışmada 9 katlı (Tesisatlı), 8 katlı ve 6 katlı modeller SAP2000 programı yardımı ile deplasman kontrollü statik itme analizine bağlı tutularak analizler yapılıp ASCE 41-13'te belirtilen yapısal performans seviyelerine göre performans seviyeleri belirtilmiştir.

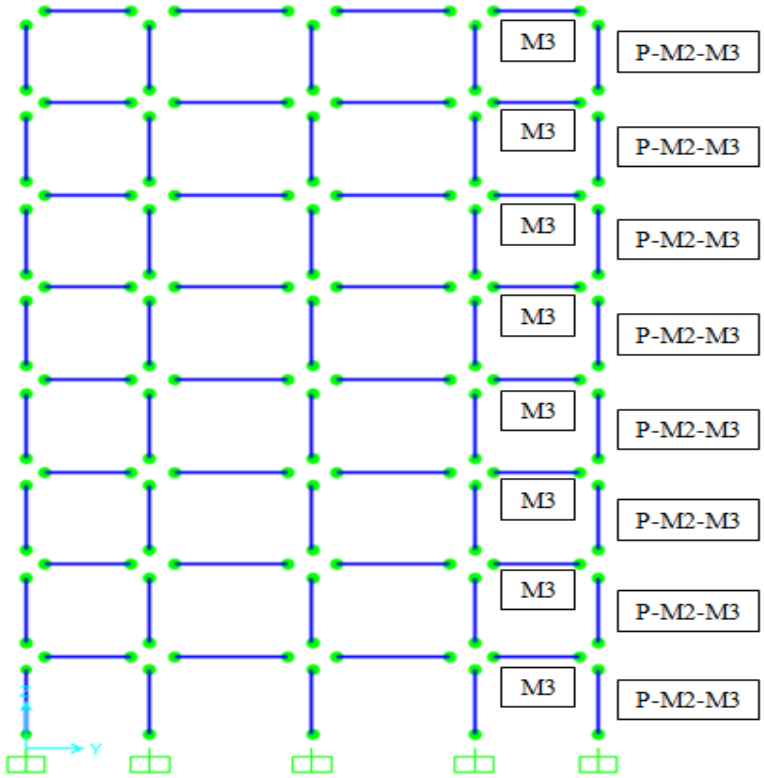
5.1 Modellere Plastik Mafsal Atanması

Mafsal moment taşımayan, birbirine eklenmiş parçaların her yönde dönmesini sağlayan bağlantı öğesidir. Plastik mafsal ise belli bir değere kadar moment taşır ve bu değerden sonra taşımaz, dönmeye devam eder. Yani plastik mafsal moment kapasite değerine ulaşana kadar taşıma işlevini görerek ve belli bir değerden sonra moment değeri artmamasına rağmen dönmenin meydana gelmesi durumudur. Plastik mafsalın özelliği kapasitesinin üzerindeki momenti başka yerlere ileterek göçmemesidir. Plastik mafsal kiriş mesnet bölgelerinde ve kolon alt – üst uçlarında oluşmaktadır.

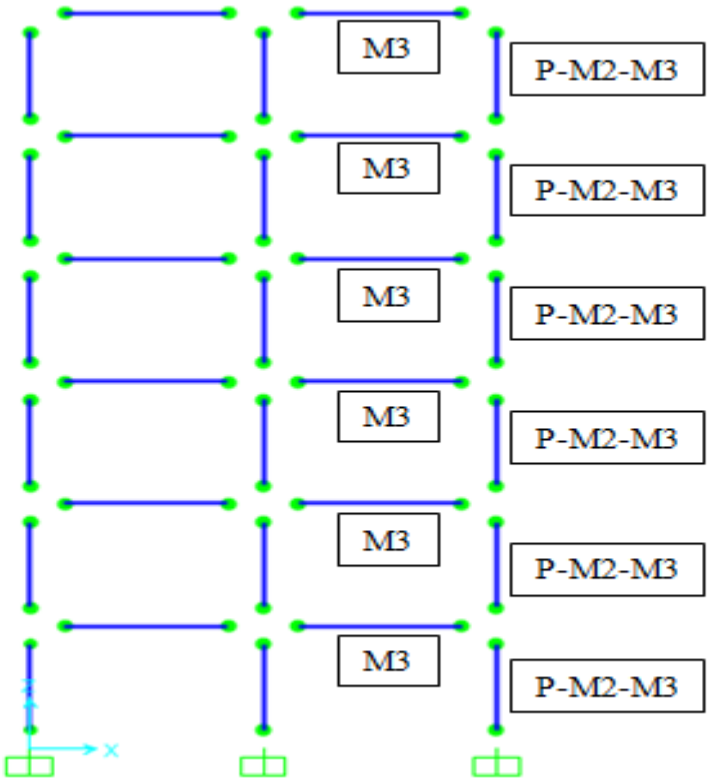
Mafsallaşmanın kiriş uçlarında oluşması istenilen durum olup kolonlarda oluşması halinde yapı göçme durumuna gelmektedir. Betonarme modellerimizde plastik mafsallar kolonlara eksenel yük ve moment (P-M2-M3) taşıyacak şekilde kirişler ise daha çok momentlere (M3) maruz kalmasından dolayı moment taşıyacak biçimde plastik mafsal ataması yapılmıştır. Şekil 5.1, 5.2 ve 5.3' te sırasıyla 9, 8 ve 6 katlı modellerin plastik mafsal atamalarının iki boyutlu görünümü yer almaktadır.



Şekil 5.1. Tesisat katına sahip 9 katlı modelde plastik mafsal atamasının iki boyutlu görünümü



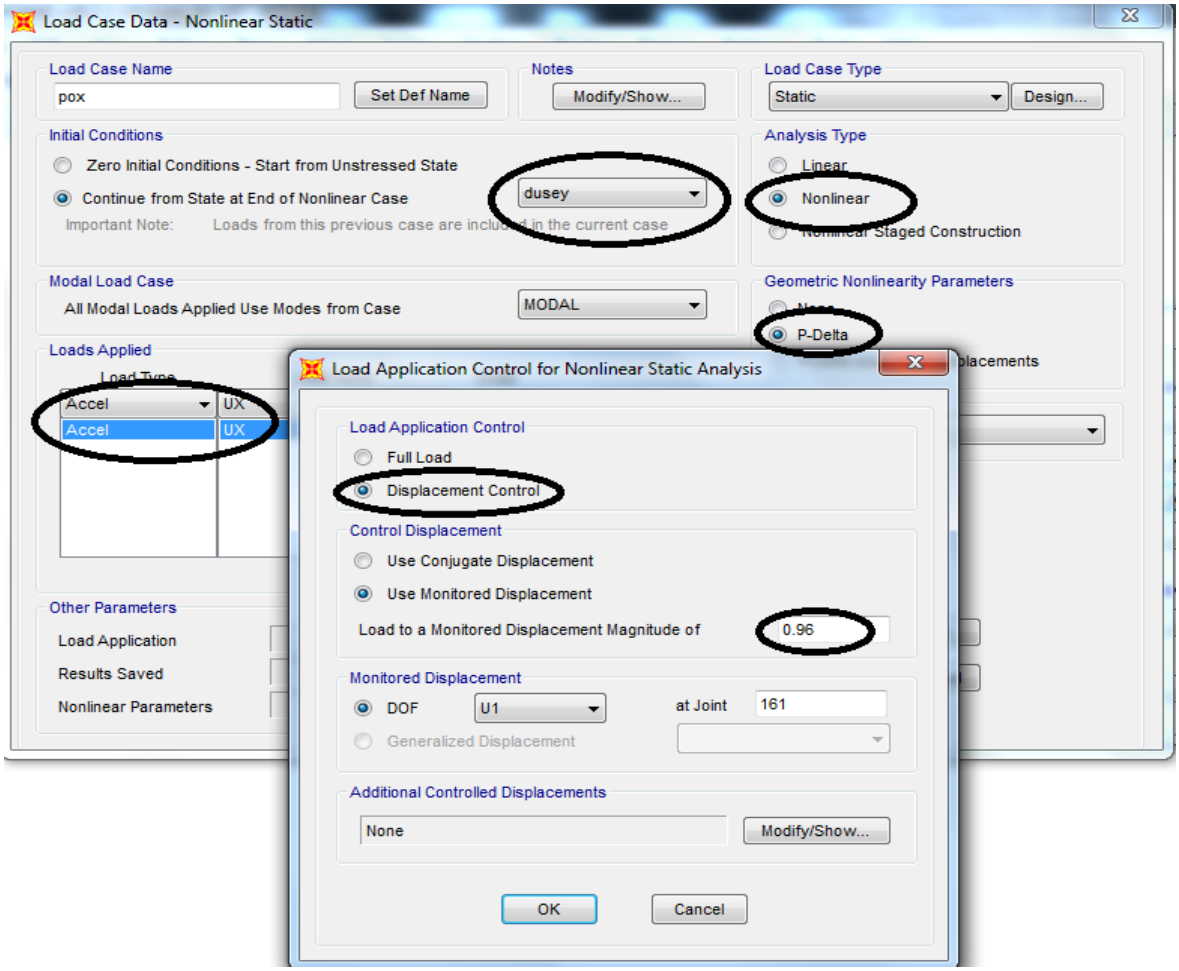
Şekil 5.2. 8 katlı modelde plastik mafsal atamasının iki boyutlu görünümü



Şekil 5.3. 6 katlı modelde plastik mafsal atamasının iki boyutlu görünümü

5.2 Modellerin Deplasman Kontrollü Yöntem İle Statik İtme Analizi

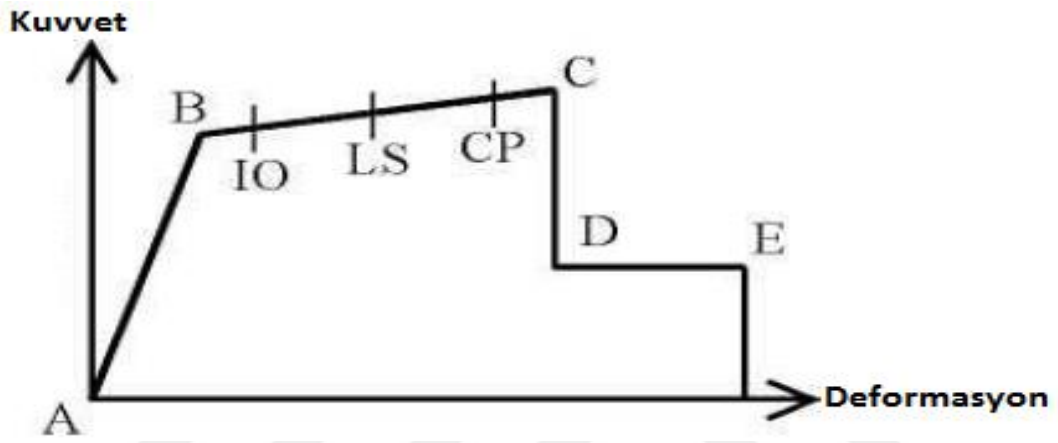
Deplasman kontrollü yöntem ile statik itme analizi yapılacak olan modellere ölü ve hareketli yüklerden oluşan düşey yükler ve otomatik olarak uygulanacak olan yanal kuvvet tanımlaması yapılmıştır. Düşey yüklerin uygulanmasının nedeni yanal kuvvet durumunda düşey yüklerin yapıya etkisinin tanımlanmak istenmesidir. Şekil 5.4'te 8 katlı modelin seçilen tepe düğüm noktası, tepe deplasman değeri, otomatik olarak uygulanacak olan uniform ivme ve tanımlanan düşey yükler gösterilmiştir.



Şekil 5.4. 8 katlı modele ait statik itme analiz değerlerinin tanımlanması

Deplasman kontrollü yapılan statik itme analizlerinde uygulanacak olan otomatik yanal kuvvet sonucu modellerde şekil değiştirme ve plastik mafsallar oluşmaya başlamaktadır. Bu durum yapı labil hale gelene kadar, tanımlanan maksimum deplasman değerine ulaşıncaya veya göçme durumuna gelinceye kadar devam etmektedir. Bu durumlardan herhangi birinin oluşması durumunda analiz sona ermektedir.

Analiz sonucunda her bir adım için taban kesme kuvveti ve yapının deplasman değeri program tarafından kaydedilerek yapının hasar durumları ile seviyeleri belirtilmektedir. Modellere ait statik itme eğrileri elde edildikten sonra ASCE 41-13' e göre performans seviyeleri belirlenmiştir. Plastik mafsalların hasar kabul seviyeleri Şekil 5.5'te gösterilmiştir. Şekil 5.5'te gösterilen plastik mafsal hasar seviyeleri eğrisinde B ile C arasında kalan bölge, hemen kullanım, can güvenliği ve çökmenin önlenmesi olarak üçe ayrılmıştır.



Şekil 5.5. Plastik mafsalların hasar seviyeleri

Şekil 5.5' te gösterilen hasar seviyelerinden IO: Immediate Occupancy (Hemen Kullanım), LS: Life Safety (Can Güvenliği), CP: Collapse Prevention (Göçme Önleme), C: Collapse (Göçme)'yi temsil etmektedir.

Yukarıda belirtilen hasar seviyeleri ASCE 41-13'e göre düzenlenen Çizelge 4.1'de gösterilmiştir. 9 katlı, 8 katlı ve 6 katlı modeller için statik itme analizi sonrası ASCE 41-13'e göre hazırlanan Çizelge yardımı ile modellerin yapısal performans seviyeleri (Hemen Kullanım, Can Güvenliği ve Göçme Önleme) belirlenmiştir.

Çizelge 5.1. ASCE 41-13'te belirtilen betonarme çerçeve yapısal performans seviyeleri

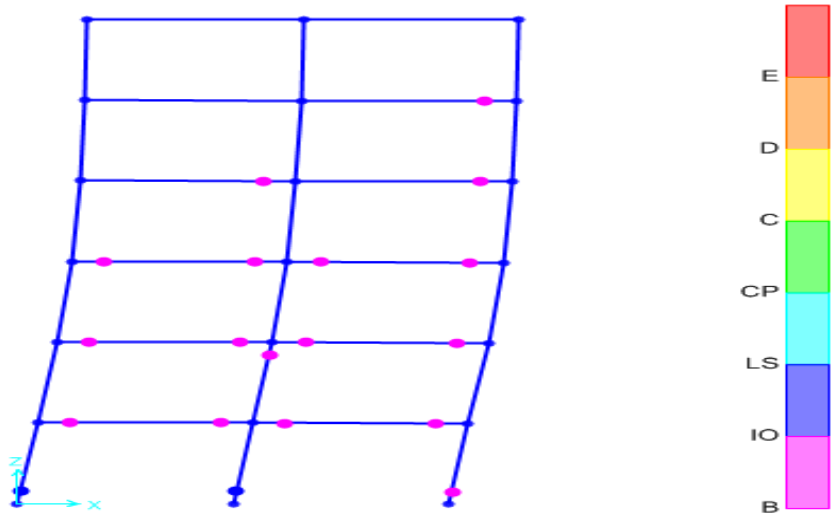
Yapısal Performans Seviyeleri			
Taşıyıcı Sistem Tipi	**Hemen Kullanım (HK)**	**Can Güvenliği (CG)**	**Göçmenin Önlenmesi (GÖ)**
Betonarme Çerçeveler	Bazı yerlerde küçük çatlamar ve akmalar oluşur. Sünek kolon ve kirişlerde bir kısmında eğilme çatlağı meydana gelir. Önemli derecede yapısal olmayan hasarlar meydana gelmez.	Sünek kolonlarda kesme çatlakları ve kirişlerde geniş çatlaklıklar meydana gelir. Mafsallar oluşur ve kısa kolonlar hasar görür. Sünek olmayan kolonlarda sınırlı çatlaklıklar meydana gelir. Gözle görülür kalıcı şekil değiştirmeler meydana gelerek yapısal hasarlar oluşur.	Kiriş ve kolonlarda büyük ölçüde şekil değiştirmeler meydana gelir .Kısa kolonlarda ve birleşim noktalarında ciddi hasarlar oluşur. Geniş kalıcı deformasyonlar oluşur.

Yapılan statik itme analizi sonucunda 6 katlı modele ait mafsal oluşumları üçüncü adım şekil 5.6' da dördüncü adım Şekil 5.7'de ve on beşinci son adım Şekil 5.8' de gösterilmiştir. Üçüncü adımda kiriş ve kolonlarda mafsallar oluşmuş olup çok ciddi hasarlar meydana gelmemiştir. Üçüncü adım için Çizelge 5.1'de de belirtildiği üzere can güvenliği performans seviyesi olarak belirlenmiştir.

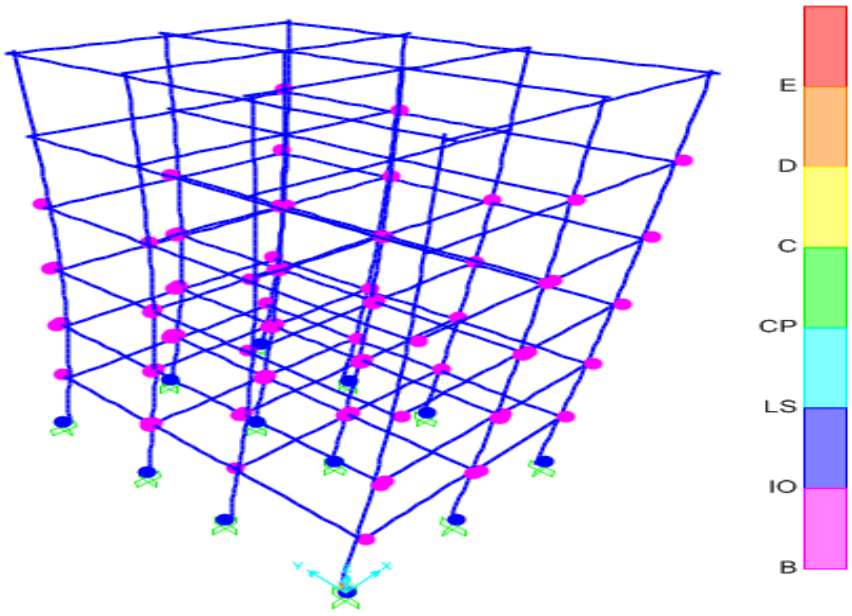
Dördüncü adımda ise zemin kat tüm kolonlarda ve üst katlardaki birçok kirişte plastik mafsallar oluşmuş olup kalıcı hasarlar meydana gelmiştir. Dördüncü adım için yapı can güvenliği performans seviyesi olarak belirlenmiştir.

On birinci son adımda ise yapıda büyük ölçüde kalıcı hasarların meydana gelmesinden dolayı yapı göçmenin önlenmesi performans seviyesi olarak belirlenmiştir. Mafsalların ilk olarak kolon uçlarında değil de kiriş uçlarında oluşması durumunda yapı stabilitesini koruyabilmektedir.

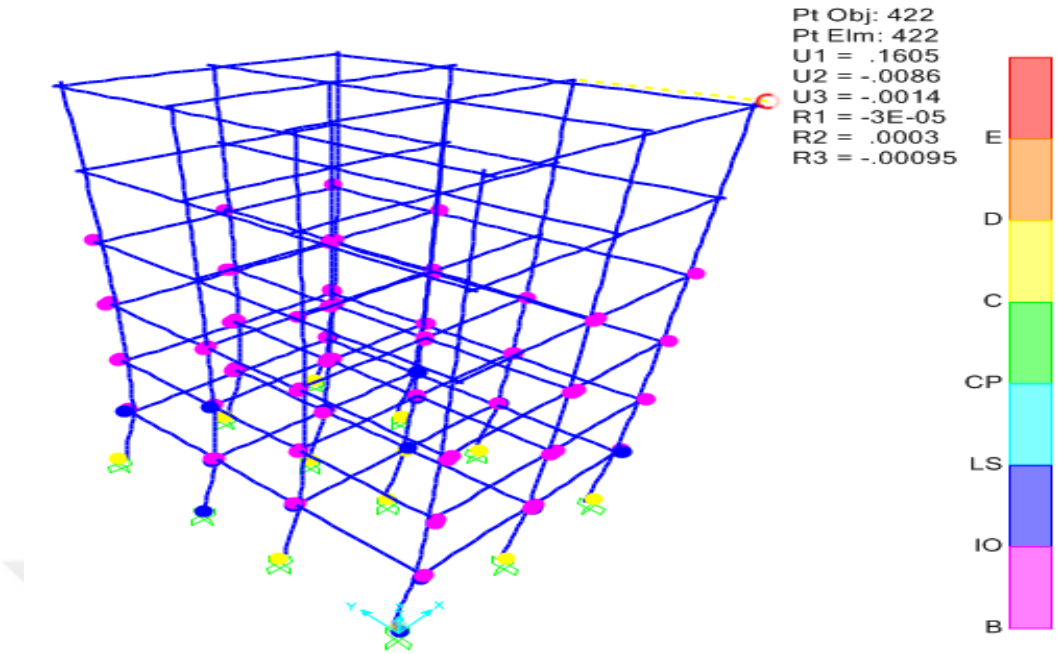
Ancak mafsallaşmanın ilk olarak kolon uçlarında oluşması durumunda yapı stabilitesi bozularak ani göçmeler meydana gelebilir. Yani mafsallaşmanın kiriş uçlarında oluştuktan sonra kolonlara geçmesi durumu kolonların kirişlerden güçlü olduğunu gösterir. 6 katlı modelde plastik mafsallar ilk adımlarda kolon ve kiriş uçlarında meydana gelmesinden dolayı kolonların kirişlerden güçlü olduğunu söyleyemeyiz.



Şekil 5.6. 6 katlı modele ait statik itme analizi üçüncü adım iki boyutlu görünüm



Şekil 5.7. 6 katlı modele ait statik itme analizi dördüncü adım üç boyutlu görünüm

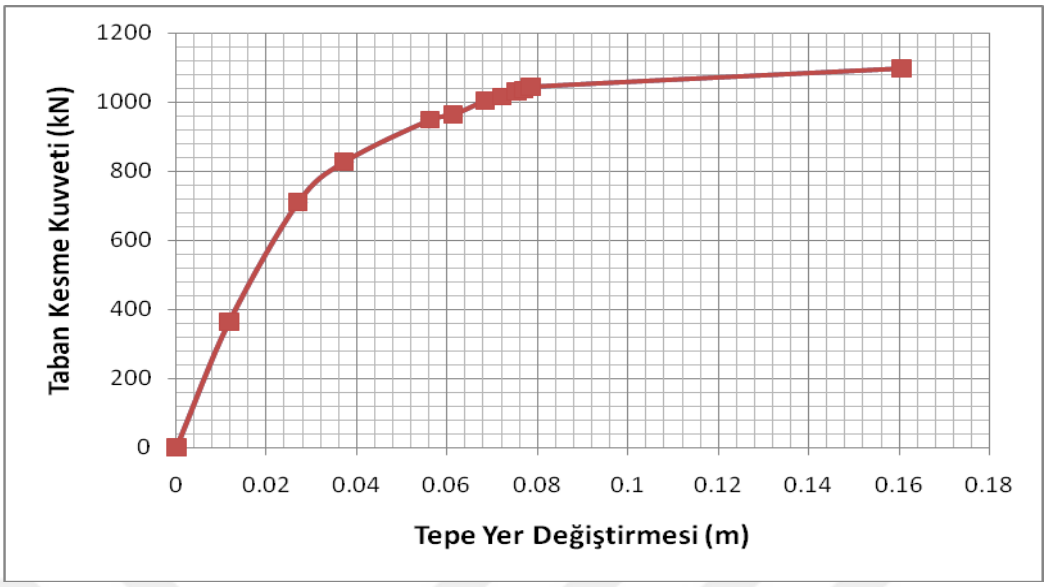


Şekil 5.8. 6 katlı modele ait statik itme analizi on birinci son adım üç boyutlu görünüm

6 katlı modelde yapılan itme analizi sonucunda yapının göçmenin önlenmesi durumunda ulaştığı taban kesme kuvveti 1097.7 kN ve maksimum tepe yer değiştirmesi 0.16 m olduğu görülmüştür (Çizelge 5.2). Analiz sonucunda Şekil 5.9' daki statik itme eğrisi elde edilmiştir.

Çizelge 5.2. 6 katlı modele ait statik itme analiz sonucu taban kesme kuvveti ile tepe yer değiştirmesi arasındaki ilişki

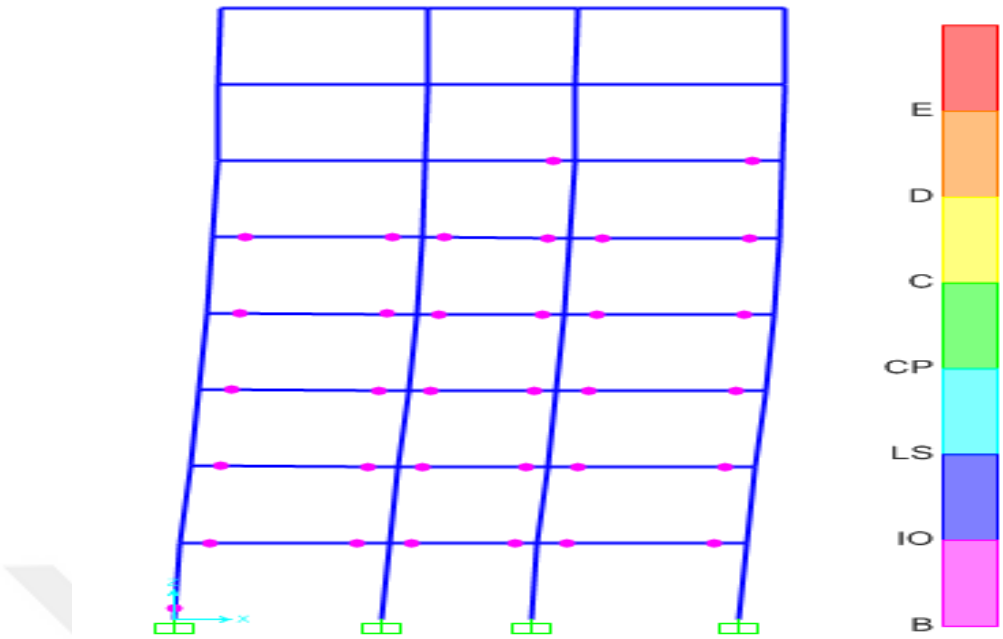
Adım	Tepe Yer Değiştirme (m)	Taban Kuvveti (kN)
0	0	0
1	0.011621	363.36
2	0.026911	709.864
3	0.037149	827.222
4	0.056082	948.826
5	0.061178	963.397
6	0.068314	1004.37
7	0.072019	1015.973
8	0.0752	1031.24
9	0.076815	1035.996
10	0.07843	1044.644
11	0.160466	1097.735



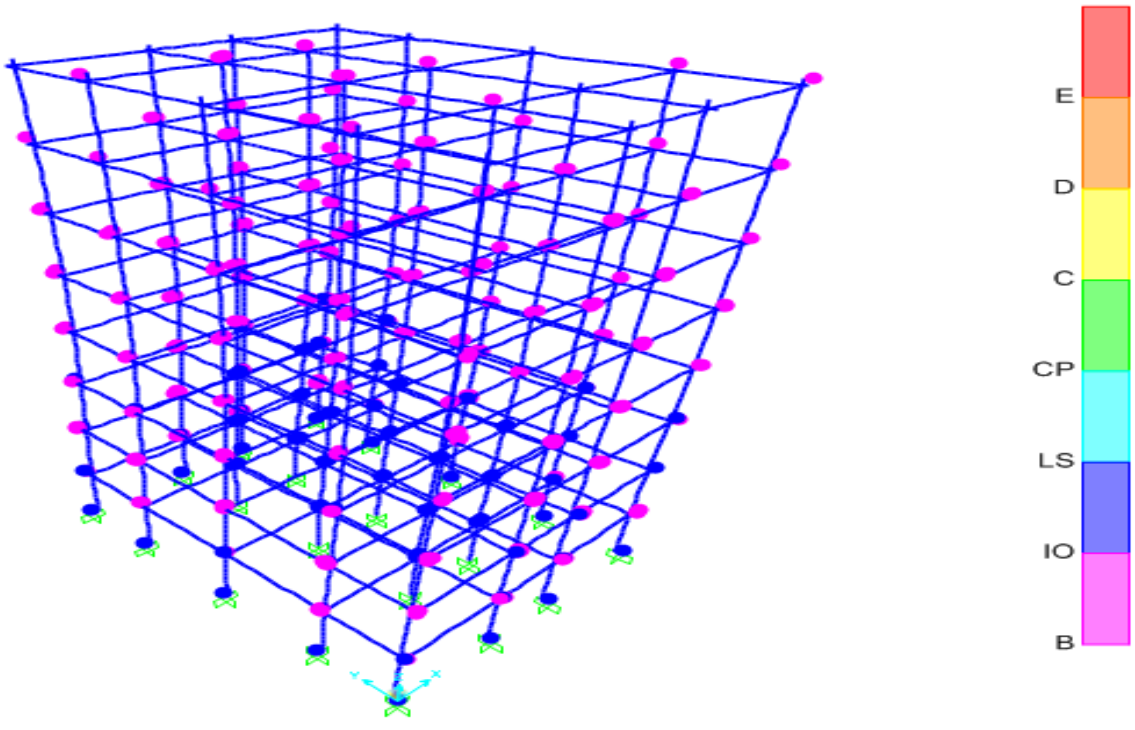
Şekil 5.9. 6 katlı modele ait statik itme eğrisi

Yapılan statik itme analizi sonucunda 8 katlı modele ait mafsal oluşumları üçüncü adım Şekil 5.10' da altıncı adım Şekil 5.11'de ve dokuzuncu son adım Şekil 5.12' de gösterilmiştir. Üçüncü adımda zemin katta bir adet kolonda ve diğer katlardaki kirişlerin çoğunda mafsallar oluşmuştur. Üçüncü adım için kirişlerde mafsalların oluşması ve kolonun hasar görmesinden dolayı üçüncü adım can güvenliği performans seviyesi olarak belirlenmiştir.

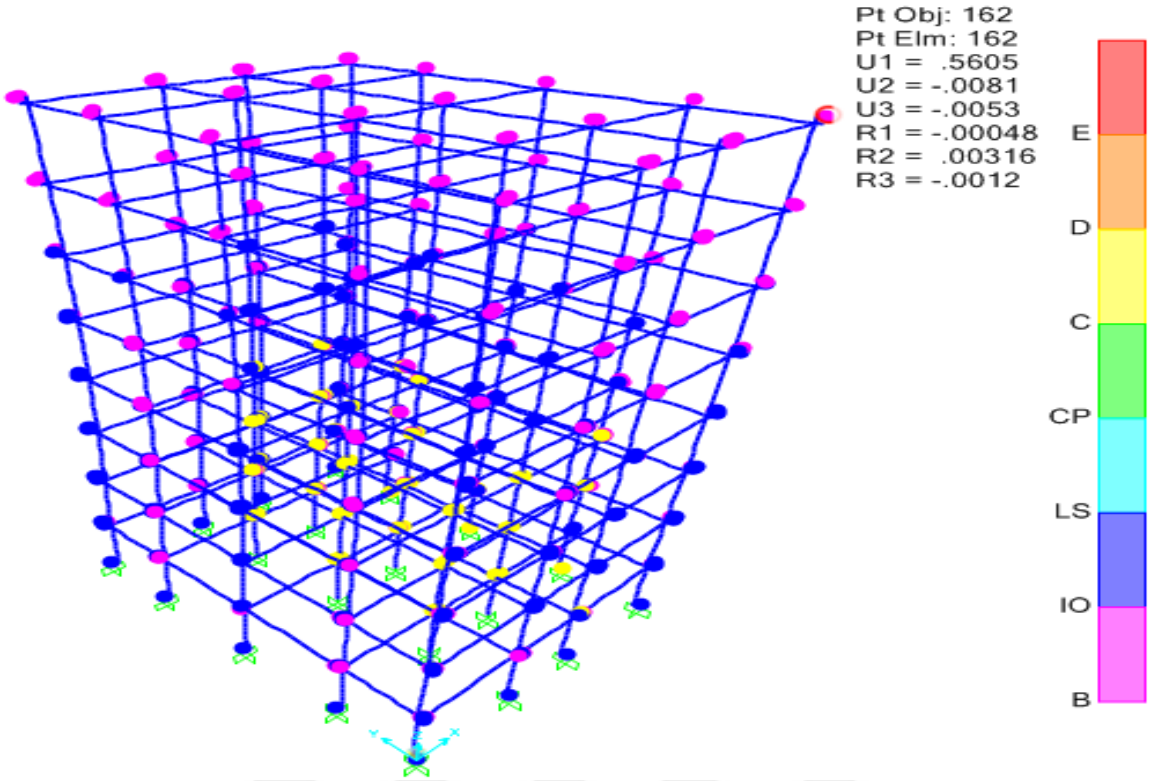
Altıncı adımda ise hemen hemen tüm kolon ve kirişlerde plastik mafsallar oluşmuş olup yapıda gözle görülür şekil değiştirmeler meydana gelmiştir. Bundan dolayı altıncı adım can güvenliği performans seviyesi olarak belirlenmiştir. Dokuzuncu son adımda ise yapıda gözle görülür kalıcı deformasyonlar meydana gelmiştir. Dokuzuncu adım göçmenin önlenmesi performans seviyesi olarak belirlenmiştir.



Şekil 5.10. 8 katlı modele ait statik itme analizi üçüncü adım iki boyutlu görünüm



Şekil 5.11. 8 katlı modele ait statik itme analizi altıncı adım üç boyutlu görünüm

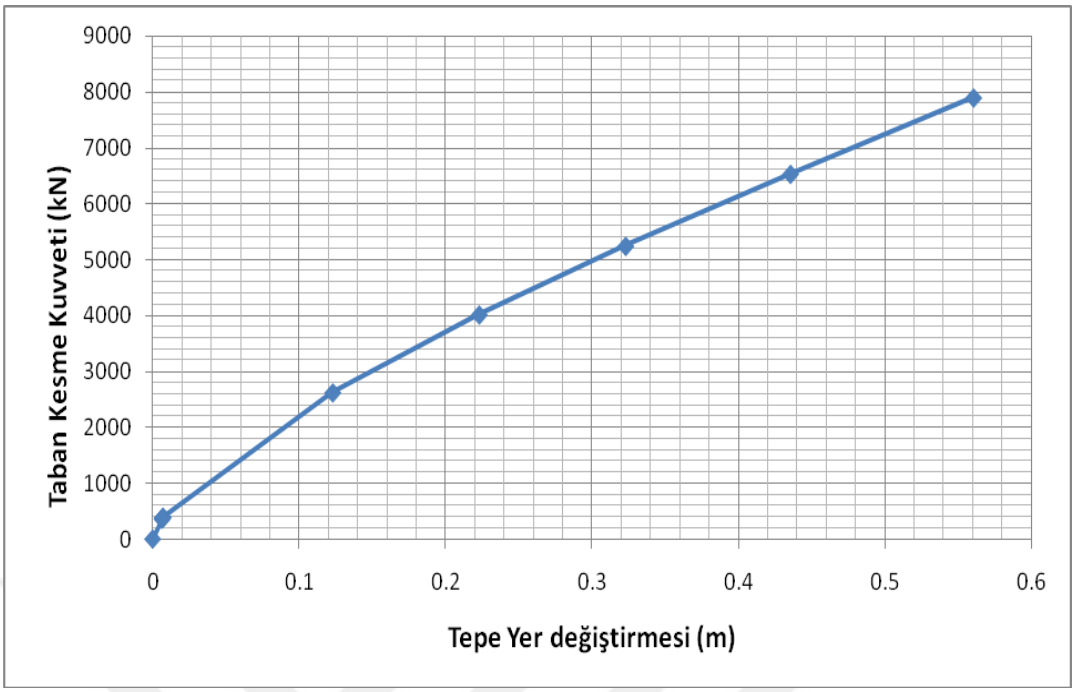


Şekil 5.12. 8 katlı modele ait statik itme analizi dokuzuncu son adım üç boyutlu görünüm

8 katlı modelde yapılan itme analizi sonucunda yapının göçme durumundaki taban kesme kuvveti 7897 kN ve maksimum deplasman değerinin 0.56 m olduğu görülmüştür (Çizelge 5.3). Analiz sonucunda Şekil 4.8' deki statik itme eğrisi elde edilmiştir.

Çizelge 5.3. 8 katlı modele ait statik itme analiz sonucu taban kesme kuvveti ile tepe yer değiştirmesi arasındaki ilişki

Adım	Tepe Yer Değiştirme (m)	Taban Kesme Kuvveti (kN)
0	0	0
1	0.006471	356.716
2	0.006792	373.788
3	0.007088	388.903
4	0.007098	389.332
5	0.123014	2617.091
6	0.223014	4012.958
7	0.323014	5240.343
8	0.435514	6530.854
9	0.560514	7897.334

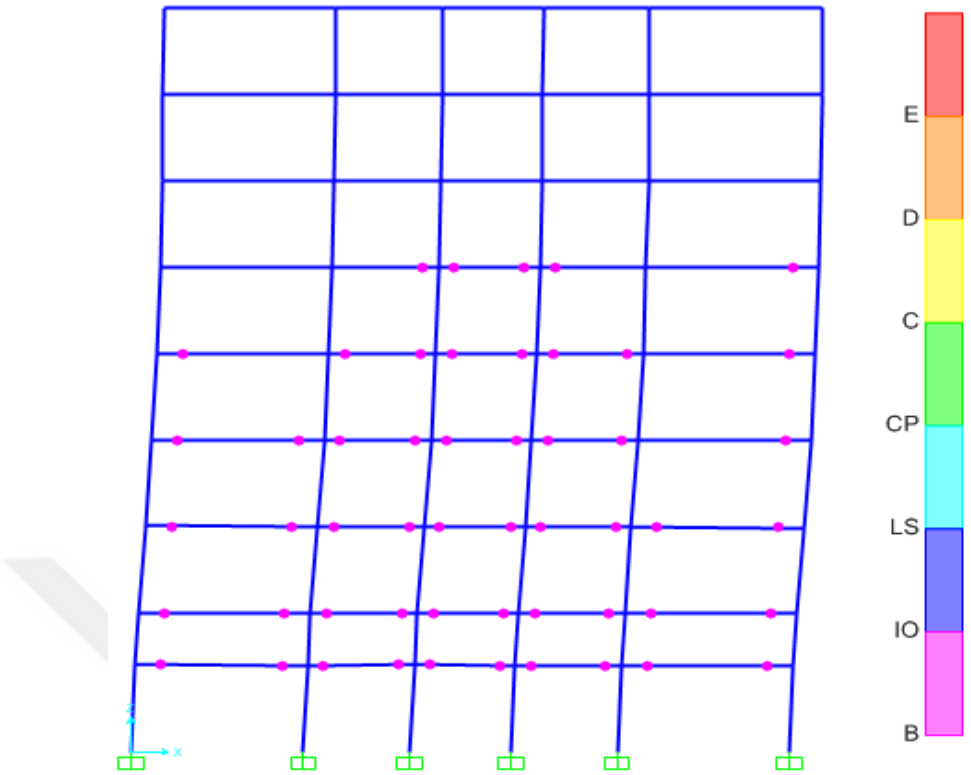


Şekil 5.13. 8 katlı modele ait statik itme eğrisi

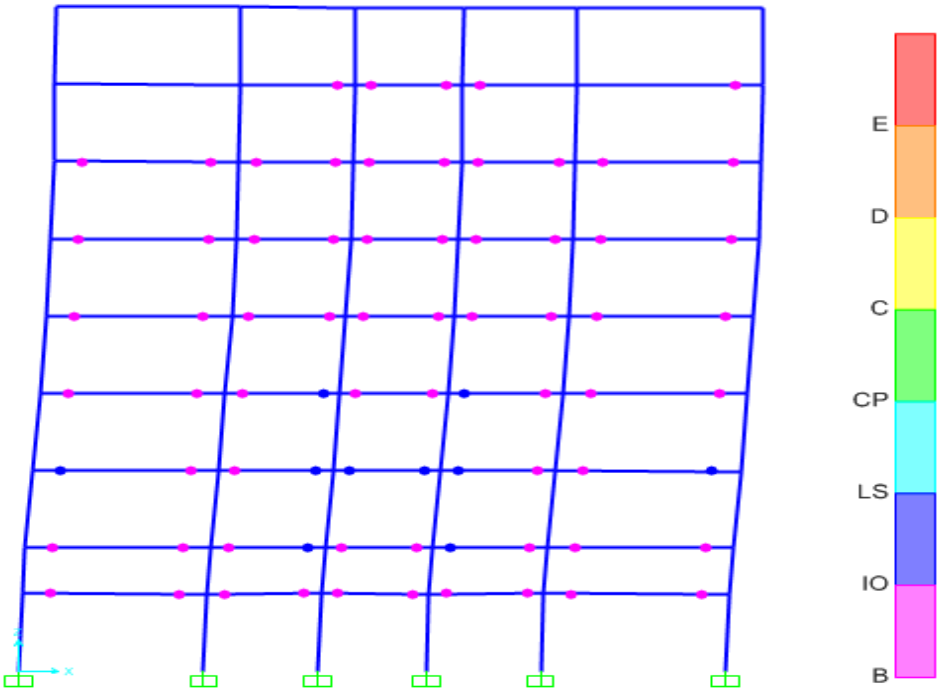
Tesisat katına sahip 9 katlı modelde yapılan statik itme analizi sonucunda üçüncü adımda sadece kirişlerde mafsal oluşmuş olup önemli ölçüde yapısal hasarlar meydana gelmemiştir (Şekil 5.14). Bu nedenle üçüncü adım hemen kullanım performans seviyesi olarak belirlenmiştir.

Dokuzuncu adımda kirişlerde oluşan mafsallaşmaların sayısı artmış olup tesisat katının bulunduğu kolonlarda ve diğer kolonlarda herhangi bir hasar oluşmamıştır (Şekil 5.15). Bu nedenle dokuzuncu adım da hemen kullanım performans seviyesi olarak belirlenmiştir.

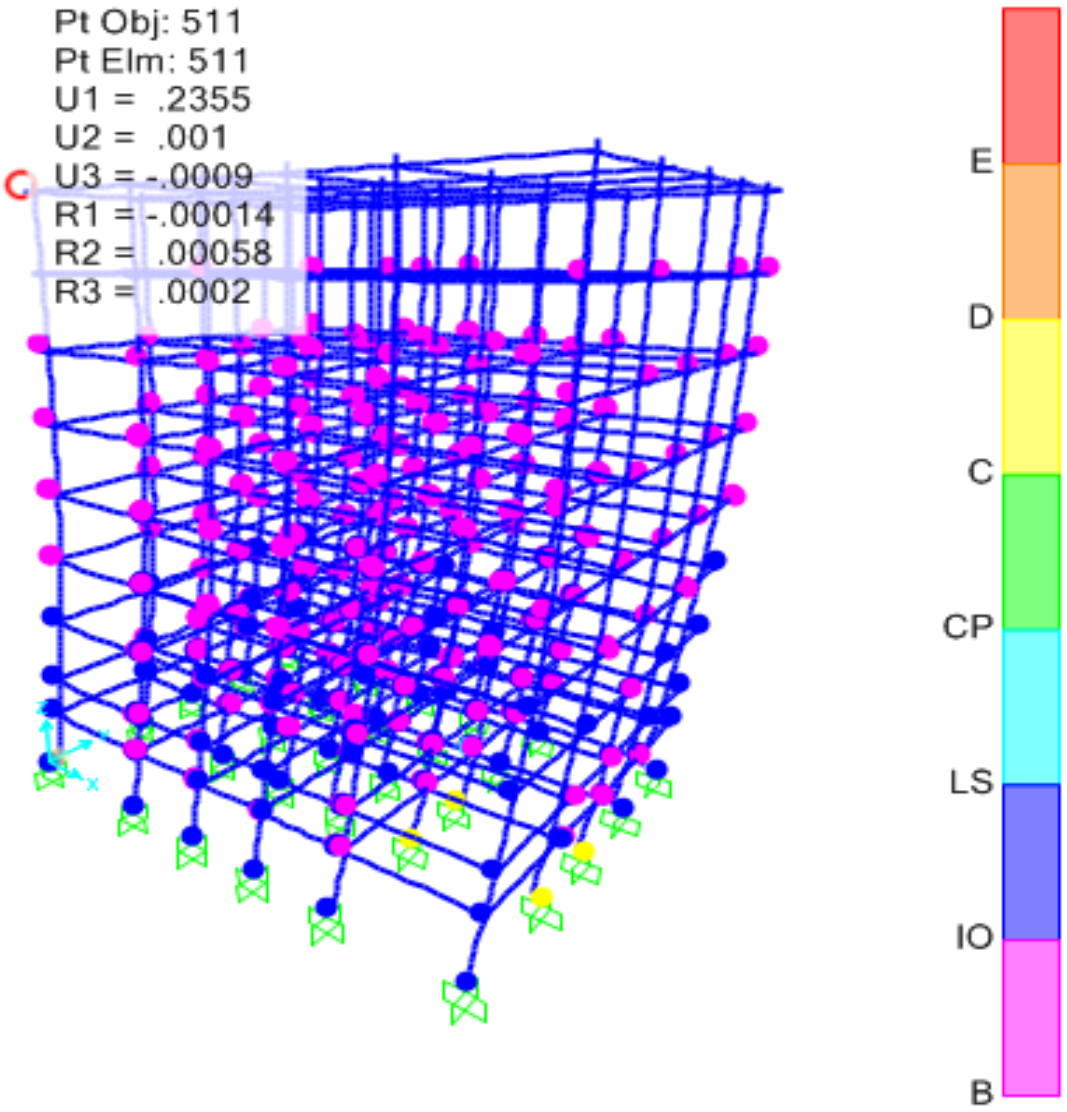
Yirminci son adımda ise hemen hemen bütün kirişlerde ve kolonlarda mafsallar oluşarak büyük ölçüde şekil değiştirmeler meydana gelmiştir (Şekil 5.16). Yirminci adım göçmenin önlenmesi performans seviyesi olarak belirlenmiştir. 9 katlı modelimizde mafsallar öncelikle kirişlerde oluşarak daha sonra kolonlara geçmiştir. Bu durum 9 katlı modelimizin diğer iki modele göre daha dayanıklı ve güçlü kolonlara sahip olduğunun göstergesidir.



Şekil 5.14. 9 katlı modele ait statik itme analizi üçüncü adım iki boyutlu görünüm



Şekil 5.15. 9 katlı modele ait statik itme analizi dokuzuncu adım iki boyutlu görünüm

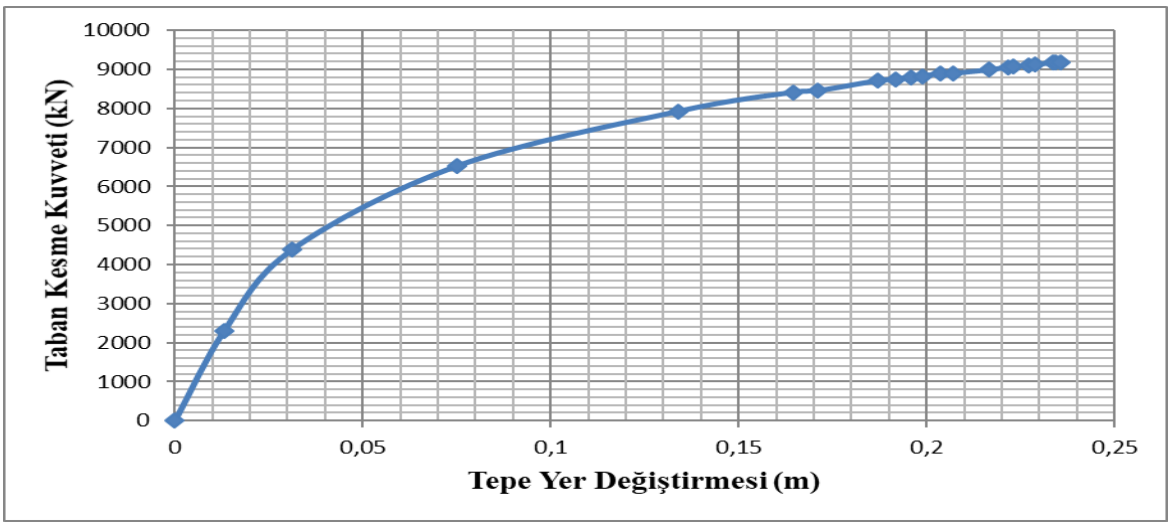


Şekil 5.16. 9 katlı modele ait statik itme analizi yirminci son adım üç boyutlu görünüm

Tesisat katına sahip 9 katlı modelde yapılan itme analizi sonucunda yapının göçmenin önlenmesi performans seviyesindeki taban kesme kuvveti 9185 kN ve maksimum deplasman değerinin 0.236 m olduğu görülmüştür (Çizelge 5.4). Analiz sonucun da Şekil 5.17' deki statik itme eğrisi elde edilmiştir.

Çizelge 5.4. 9 katlı modele ait statik itme analiz sonucu taban kesme kuvveti ile tepe yer değiştirmesi arasındaki ilişki

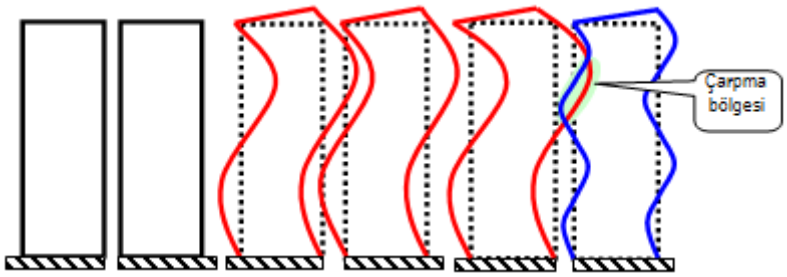
Adım	Tepe Yer Değiştirme (m)	Taban Kuvveti (kN)
0	0	0
1	0.013073	2303.821
2	0.031185	4386.337
3	0.075178	6529.571
4	0.134034	7926.292
5	0.164672	8414.436
6	0.171156	8452.224
7	0.186878	8704.866
8	0.191715	8747.987
9	0.195746	8801.079
10	0.198983	8826.196
11	0.20382	8891.313
12	0.207077	8896.808
13	0.21676	8986.57
14	0.221598	9053.249
15	0.22321	9067.67
16	0.227241	9110.861
17	0.228858	9119.45
18	0.233494	9167.994
19	0.234301	9172.445
20	0.23551	9184.993



Şekil 5.17. 9 Katlı modele ait statik itme eğrisi

6. BİTİŞİK YAPILARDA ÇARPIŞMA KUVVETİNİN BULUNMASI

Farklı dinamik karakteristiklere sahip bitişik yapılar deprem gibi olası dinamik etkiler esnasında farklı deplasman yaparlar. Bitişik yapılar arasında yeterli derz (boşluk) bulunmuyorsa, bu farklı deplasmanlardan dolayı yapılar arasında çarpışma diğer bir ifade ile çekiçleme olayı ortaya çıkar. Her yapının bir salınım periyodu vardır. Yapılar aynı yükseklikte yapılsa dahi salınım periyotları birbirinden farklı olabilmektedir. Bu nedenle yapılar deprem esnasında aynı yönde salınım göstermedikleri zaman birbiriyle çarpışarak yapının hasar görmesine sebep olmaktadır. Yapıların çarpışmaması için ideal olanı ayrık düzende olmalıdır. Yapılar ayrık düzende yapılamıyor ise yapıların kat yükseklikleri, kat seviyeleri ve diğer geometrik özellikleri aynı yapılmalıdır. Aynı ve farklı sismik davranış sergileyen yapıların davranışı Şekil 6.1' de gösterilmiştir.



a) **b)** **c)**

Şekil 6.1. a) Depremden önce bitişik yapıların davranışı **b)** Deprem sırasında aynı sismik davranış **c)** Deprem sırasında farklı sismik davranış (Doğan, M., 2018)

6.1 Tesisat Katlı Model (9 katlı) ile 8 Katlı ve 6 Katlı Modeller Arasına Link Eleman Tanımlama

Bitişik yapılar arasında deprem durumunda oluşacak çarpışma kuvvetinin bulunabilmesi için yapılar arasına link eleman tanımlanmıştır. Tesisat katlı modelimizde ikinci kat normal kat (h=3 m) olarak değil de h=1.8 m yüksekliğinde tesisat katı olarak modellenmiştir. 6 ve 8 katlı modellerde kat yükseklikleri her katta aynı olup h=3 m olarak alınmıştır. Bu nedenle modeller arasında zemin katta döşeme-döşeme diğer katlarda ise döşeme-kolon çarpışması olacaktır. 6 katlı, 8 katlı ve tesisat katlı modellerden tesisat katlı

ile 8 katlı arasına X yönünde link eleman ve 9 katlı ile 6 katlı arasına ise Y yönünde link eleman tanımlanmıştır.

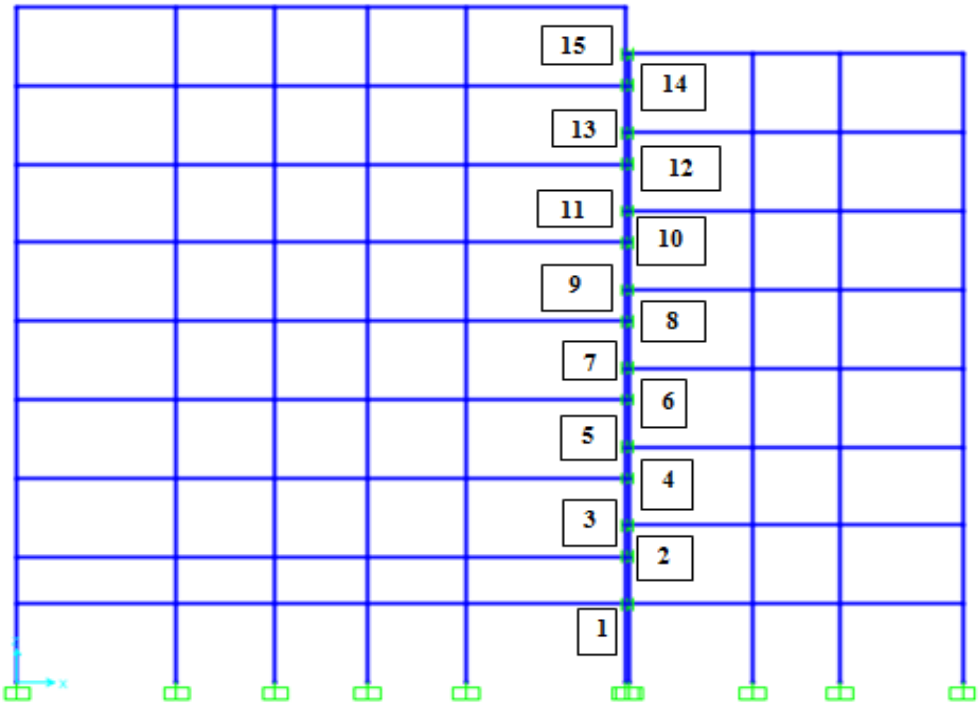
Tanımlanan link elemanlar toplam 52 adet olup (Çizelge 6.1) bunlardan ilk otuza kadar olanlar X diğerleri ise Y yönünde tanımlanmış link elemanlardır. Modeller arasında tanımlanmış olan X ve Y yönündeki link elemanlar ise Şekil 6.2-6.4' te gösterilmiştir.

Şekil 6.2'de gösterilen link elemanlar tesisat katlı bina ile 8 katlı bina arasındaki ön yüz link elemanlar olup 15 adettir. Bu link elemanlar birinci katta döşeme – döşeme arasına tanımlanırken diğer katlarda ise döşeme – kolon arasına tanımlanmıştır. Tanımlanan link elemanların numaraları metin kutucuğu içerisine yazılarak Şekil 6.2' de gösterilmiştir. Tesisat katlıı bina ile 8 katlı bina arasındaki link elemanlar sadece binanın en öndeki aks hizasında ve en arakadaki aks hizasında olmak üzere toplam 30 adettir. X yönünde bulunan 30 adet link elemanlardan sadece 3 m yüksekliğinde bulunan 2 adet link elamanda döşeme – döşeme çarpışması oluşacaktır. 3 m yükseklikten sonraki kot seviyelerinde ise döşeme – kolon çarpışması gerçekleşecektir.

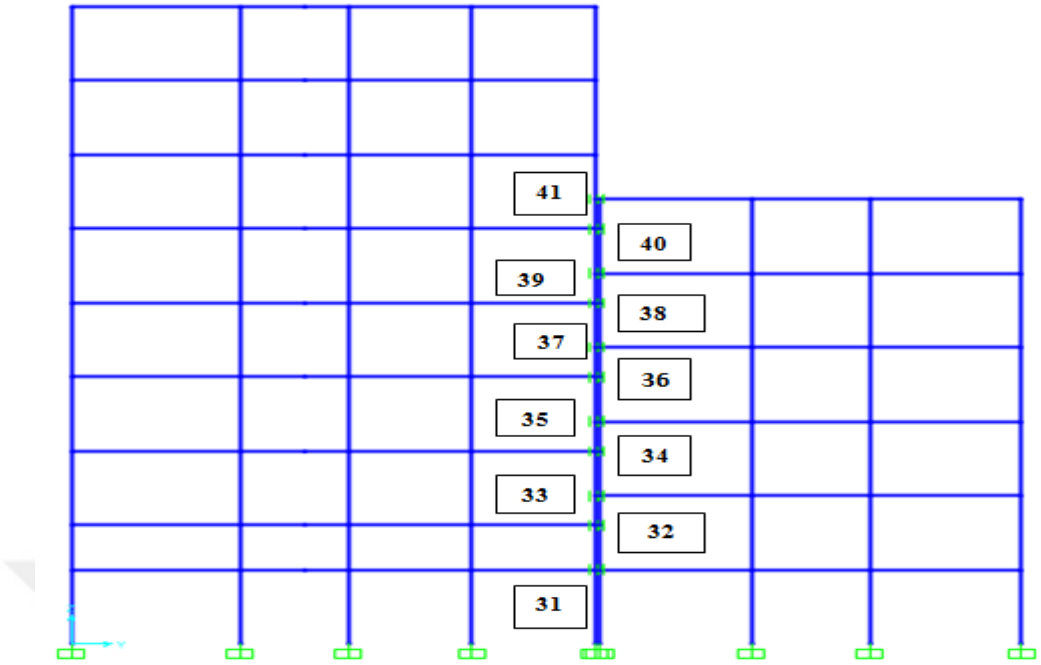
Şekil 6.3'te gösterilen link elemanlar 9 katlı bina ile 6 katlı bina arasındaki en öndeki aks hizasında olup 11 adettir. Aynı zamanda en arkadaki aks hizasında da 11 adet tanımlanarak toplam link eleman tesisat katlı bina ile 6 katlı bina arasında 22 adettir. Bu binalar arasındaki link eleman numaraları otuz birden başlamaktadır. Tanımlanan 22 adet link elemanlardan sadece 3 m yüksekliğinde bulunan 2 adet link elamanda döşeme – döşeme çarpışması oluşacaktır. 3 m yükseklikten sonraki kot seviyelerinde ise döşeme – kolon çarpışması gerçekleşecektir.

Çizelge 6.1. Modeller arasında tanımlanmış olan link eleman numaraları

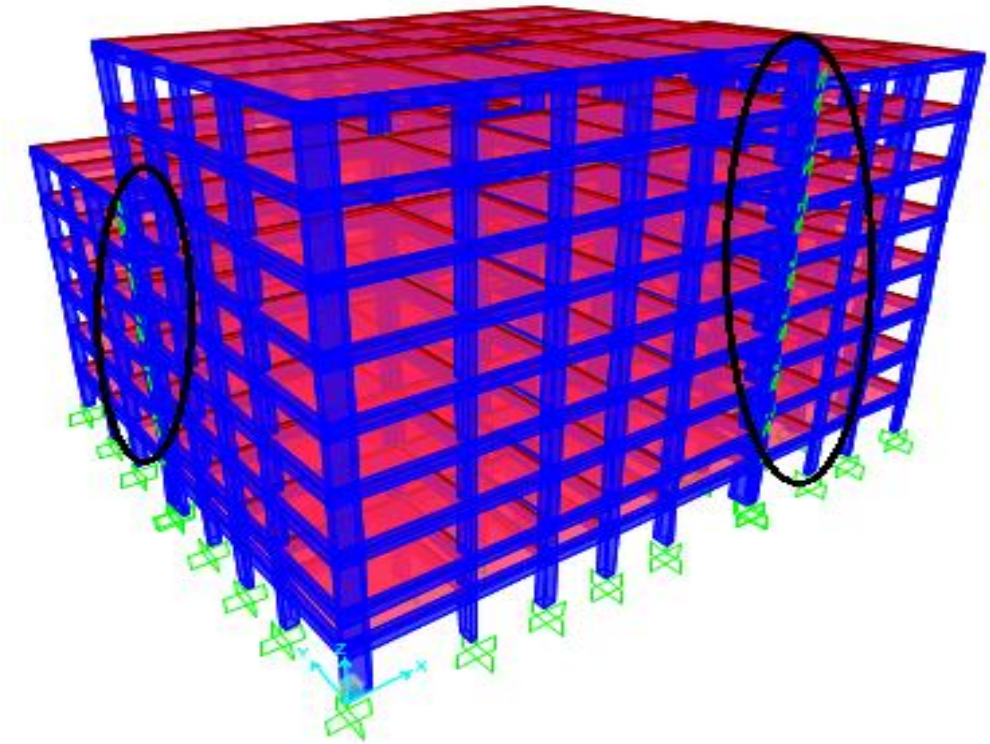
	Y Yönündeki Link Elemanların Numaraları		X Yönündeki Link Elemanların Numaraları	
Kot (m)	**Ön**	**Arka**	**Ön**	**Arka**
3	31	42	1	16
4.8	32	43	2	17
6	33	44	3	18
7.8	34	45	4	19
9	35	46	5	20
10.8	36	47	6	21
12	37	48	7	22
13.8	38	49	8	23
15	39	50	9	24
16.8	40	51	10	25
18	41	52	11	26
19.8			12	27
21			13	28
22.8			14	29
24			15	30



Şekil 6.2. Tesisat katına sahip 9 katlı bina ile 8 katlı bina arasındaki ön taraf link elemanların iki boyutlu görünümü



Şekil 6.3. Tesisat katına sahip 9 katlı bina ile 6 katlı bina arasındaki ön taraf link elemanların iki boyutlu görünümü

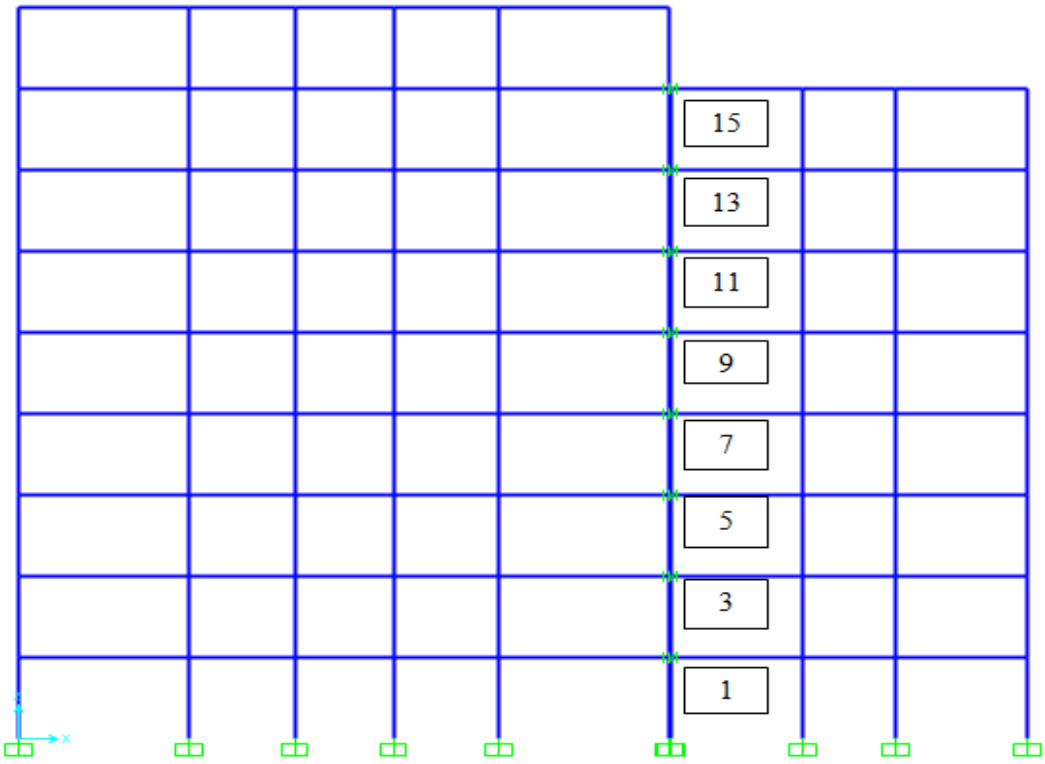


Şekil 6.4. Tesisat katlı model ile diğer modeller arasında tanımlanan link elemanlar

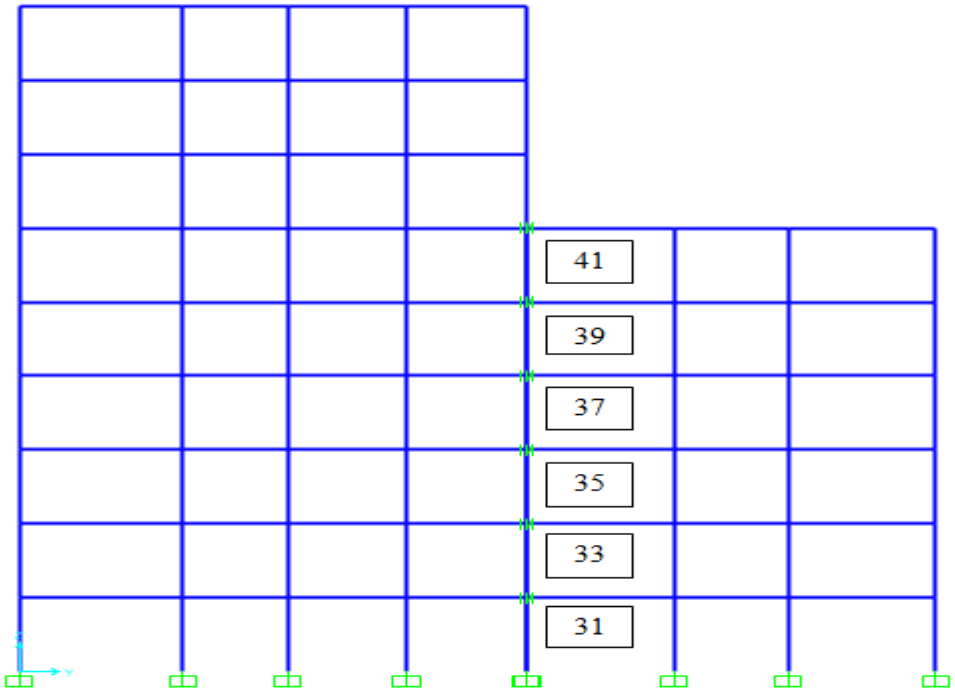
6.2 Tesisat Katı Bulunmayan Model (9 Katlı) ile 8 ve 6 Katlı Modeller Arasına Link Eleman Tanımlama

9 katlı modelde tesisat katı normal kat olarak (h= 3 m) tasarlanıp, deprem durumunda link elemanlarda oluşan çarpışma kuvvetleri, tesisat katlı (h= 1,8 m) modelde ortaya çıkan sonuçlar ile karşılaştırılmıştır. Tesisat katının olmadığı durumda 9 katlı modelin toplam yüksekliği 27 m' dir. Tesisat katlı modelde olduğu gibi yine diğer iki modele (6 katlı ve 8 katlı) link elemanlar ile bağlanıp Düzce Depremi ivme kayıtları kullanarak zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yapılmıştır.

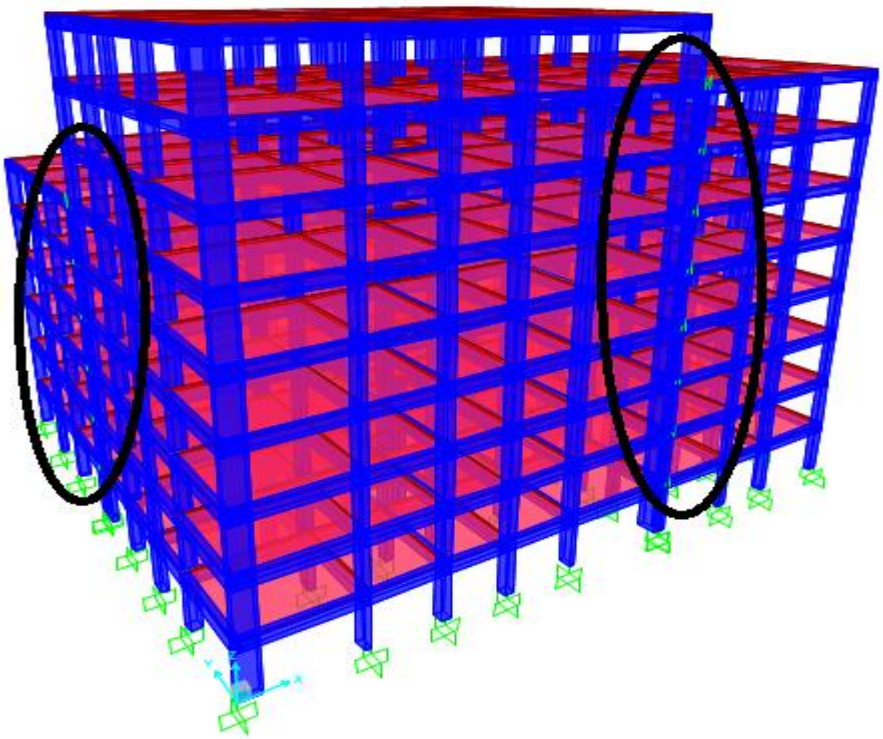
Şekil 6.5'te ve Şekil 6.6' da 9, 8 ve 6 katlı modeller arasındaki ön yüz link eleman numaraları gösterilmiştir. Bu numaralar tesisat katlı model ile aynı kot seviyesinde aynı link eleman numarasına denk gelecek şekilde seçilmiştir. Şekil 6.7'de ise modellerin üç boyutlu görünümü gösterilmiştir. Toplam 28 adet link elaman tanımlanmıştır. Bunlar Çizelge 6.2'de gösterilmiştir. Tesisat katının bulunmadığı durumda, kat seviyelerinin aynı olması sebebiyle bütün çarpışmalar döşeme – döşeme çarpışması olarak gerçekleşmiştir.



Şekil 6.5. 9 katlı model ile 8 katlı model arasında tanımlanan ön yüz link elemanlar



Şekil 6.6. 9 katlı model ile 6 katlı model arasında tanımlanan ön yüz link elemanlar



Şekil 6.7. 9 katlı (tesisat katı yok), 8 katlı ve 6 katlı modeller arasına tanımlanan link elemanlar

Çizelge 6.2. Tesisat katı bulunmayan 9 katlı model ile 8 ve 6 katlı modeller arasına tanımlanmış olan link eleman numaraları

	Y Yönündeki Link Elemanların Numaraları		**X Yönündeki Link Elemanların Numaraları**	
Kot (m)	Ön	Arka	Ön	Arka
3	31	42	1	16
6	33	44	3	18
9	35	46	5	20
12	37	48	7	22
15	39	50	9	24
18	41	52	11	26
21			13	28
24			15	30

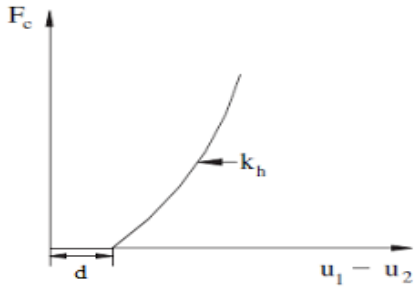
6.3 Çarpışma Modeli

Bu çalışmada tanımlanan link elemanlar ile çarpışmalar için Hertz Yasasından faydalanılmıştır. Hertz modelinde binalar arası kuvvet aktarımını belirleyebilmek amacıyla lineer olmayan elastik yay kullanılmaktadır. Binalar arası tanımlanan boşluğun (d) kapanması ile yay devreye girmekte ve kuvvet aktarmaktadır (Muthukumar ve DesRoches, 2006).

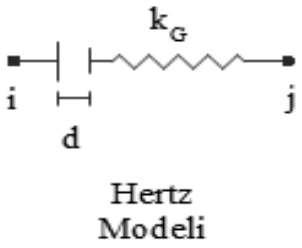
$$Fc=k_h(u_1-u_2-d)^{3/2} \qquad u_1-u_2-d > 0 \qquad \text{(Çarpışmanın olduğu durum)} \quad (1)$$

$$Fc=0; \qquad u_1-u_2-d \leq 0 \qquad \text{(Çarpışmanın olmadığı durum)} \quad (2)$$

Burada; u_1 ve u_2 komşu yapıların aynı doğrultuda rölatif yer değiştirmeleri, d yapılar arasında bırakılan derz (boşluk), k_h yay sabiti ve Fc çarpışma kuvvetini temsil etmektedir. Şekil 6.8' de yay ile çarpışma kuvveti arasındaki ilişki verilmiştir (Muthukumar ve DesRoches, 2006).



Şekil 6.8. Lineer olmayan yay modelinde çarpışma kuvveti ile yer değiştirme arasındaki ilişki (Muthukumar ve DesRoches, 2006)



Şekil 6.9. Hertz (Lineer Olmayan Elastik Yay) modeli (Çetinkaya ve Akköse, 2011)

Bu çalışmada, Jankowski (2005) tarafından yapılan deneysel çalışmalar sonucunda elde edilen Hertz yay modeli için yay sabiti $k_G = 1{,}13 \times 10^9$ N/m$^{3/2}$ olarak alınmıştır.

6.2.1 DBYBHY-2007' ye Göre Komşu Yapılar Arasında Bırakılması Gereken Deprem Derzleri

Farklı zemin oturmalarına bağlı temel öteleme ve dönmeleri ile sıcaklık değişmelerinin etkisi dışında, bina blokları veya mevcut eski binalarla yeni yapılacak binalar arasında, sadece deprem etkisi için bırakılacak derz boşluklarına ilişkin koşullar aşağıda belirtilmiştir:

2.10.3.1 – 2.10.3.2'ye göre daha elverişsiz bir sonuç elde edilmedikçe derz boşlukları, her bir kat için komşu blok veya binalarda elde edilen yer değiştirmelerin karelerinin toplamının karekökü ile aşağıda tanımlanan α katsayısının çarpımı sonucunda bulunan değerden az olmayacaktır. Göz önüne alınacak kat yer değiştirmeleri, kolon veya perdelerin bağlandığı düğüm noktalarında hesaplanan azaltılmış d_i yer değiştirmelerinin kat içindeki ortalamaları olacaktır.

Mevcut eski bina için hesap yapılmasının mümkün olmaması durumunda eski binanın yer değiştirmeleri, yeni bina için aynı katlarda hesaplanan değerlerden daha küçük alınmayacaktır.

(a) Komşu binaların veya bina bloklarının kat döşemelerinin bütün katlarda aynı seviyede olmaları durumunda $\alpha = R / 4$ alınacaktır.

(b) Komşu binaların veya bina bloklarının kat döşemelerinin, bazı katlarda olsa bile, farklı seviyelerde olmaları durumunda, tüm bina için $\alpha = R / 2$ alınacaktır.

2.10.3.2 – Bırakılacak minimum derz boşluğu, 6 m yüksekliğe kadar en az 30 mm olacak ve bu değere 6 m' den sonraki her 3 m' lik yükseklik için en az 10 mm eklenecektir.

2.10.3.3 – Bina blokları arasındaki derzler, depremde blokların bütün doğrultularda birbirlerinden bağımsız olarak çalışmasına olanak verecek şekilde düzenlenecektir.

Bu çalışmada tesisat katlı modelde deprem derz mesafeleri 1 cm, 3 cm, 5 cm, 8 cm, 10 cm, ve 13 cm olarak her iki yönde de alınmıştır. Tesisat katının bulunmadığı modelde ise 1 cm, 3 cm, 5 cm ve 8 cm derz mesafeleri bırakılmıştır.

Burada farklı deprem derz mesafesinin alınmasının nedeni çarpışma kuvvetinin oluşacağı ya da oluşmayacağı derz mesafesini belirleyerek DBYBHY-2007'ye göre bırakılması gereken deprem derz mesafesi ile kıyaslayabilmek ve çarpışma kuvvetinin büyüklüğünün derz mesafeleri ile olan ilişkisini ortaya çıkarmaktır.

Tesisat katlı modelde çarpışma kuvvetleri Y doğrultusunda 8 cm derz mesafesinden itibaren çarpışma kuvvetleri oluşmamaktadır. X doğrultusu için ise 13 cm derz mesafesinden itibaren çarpışma kuvvetleri meydana gelmemiştir. Tesisat katının bulunmadığı modelde ise Y doğrultusunda 5 cm derz mesafesinden itibaren çarpışma kuvveti oluşmamaktadır. X doğrultusunda ise 8 cm derz mesafesinden itibaren çarpışma kuvveti meydana gelmemiştir. Tesisat katının bulunmadığı modelde çarpışmalar döşeme – döşeme çarpışması şeklinde oluşmaktadır. Tesisat katlı modelde ise çarpışmalar kolon – döşeme şeklinde meydana gelmiştir. Aynı derz mesafelerinde bu iki farklı model durumu için çarpışma kuvvetleri kıyaslanmıştır.

7. BULGULAR VE TARTIŞMA

SAP2000 programı ile bitişik olarak modellenen yapılar arasına link eleman tanımlanarak X ve Y doğrultularında Düzce Depremi ivme kayıtları kullanılarak zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yapılmıştır. 9 katlı (tesisat katlı), 8 katlı ve 6 katlı modeller arasında farklı kat seviyelerinde oluşan çarpışma kuvvetleri irdelenmiştir. Çarpışma kuvvetlerinin hangi katlarda ve hangi derz boşluklarında yüksek çıktığı çizelgelerde gösterilmiştir. Analizlerde 16 farklı deprem kuvvet kombinasyonu kullanılarak, bunlar içerisinden en elverişsiz sonuç veren kombinasyon dikkate alınmıştır. Bırakılan derz boşlukları (1 cm, 3cm, 5cm, 8cm, 10cm ve 13 cm) DBYBHY-2007'ye göre istenen derz mesafeleri ile karşılaştırılmıştır.

7.1 1 cm Derz Mesafesinde Deprem Durumunda Link Elemanlarda Oluşan Çarpışma Kuvvetleri

Tesisat katlı (9 katlı), 8 katlı ve 6 katlı modeller X ve Y yönlerinde aralarında 1 cm boşluk bırakılarak toplam 52 adet link eleman ile birbirlerine bağlanmıştır (Şekil 7.1). Analizde toplam 16 farklı deprem kuvvet kombinasyonu kullanılmıştır (Çizelge 7.1). Birbirine dik her iki yönde çarpışma sonucu link elemanlarda maksimum kuvveti veren kombinasyon ile analizlere devam edilmiştir.

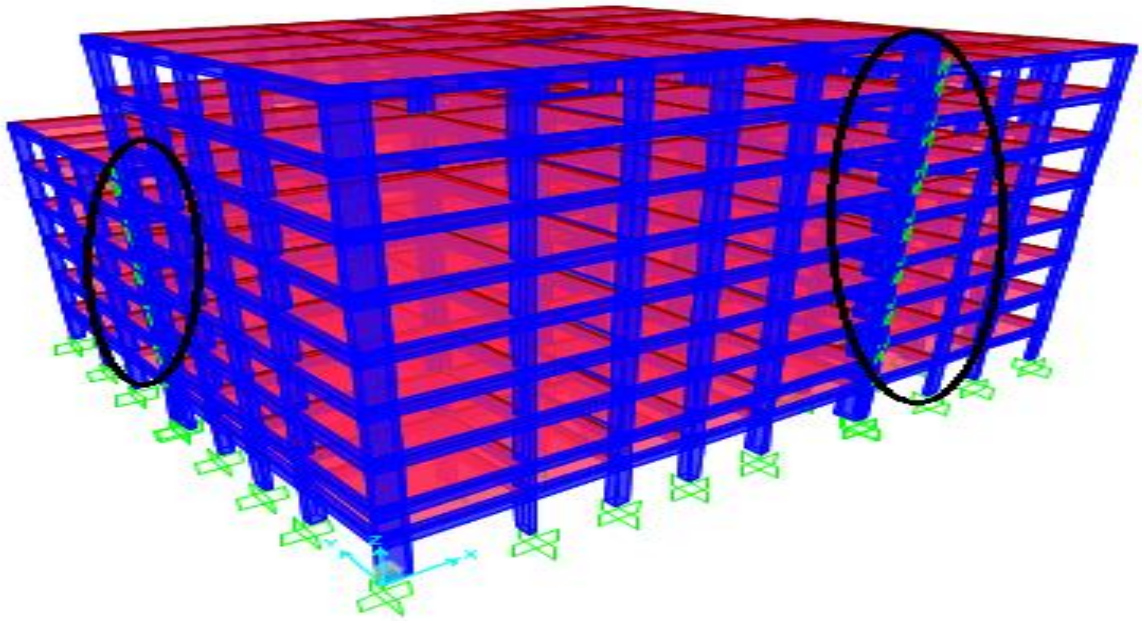
Çizelge 7.1. Analizlerde kullanılan deprem kuvvet kombinasyonları

Sıra No	Kombinasyon	Sıra No	Kombinasyon
1	G+Q+EQX+0.3EQY	9	0.9G+EQX+0.3EQY
2	G+Q+EQX-0.3EQY	10	0.9G+EQX-0.3EQY
3	G+Q+EQY+0.3EQX	11	0.9G+EQY+0.3EQX
4	G+Q+EQY-0.3EQX	12	0.9G+EQY-0.3EQX
5	G+Q-EQX+0.3EQY	13	0.9G-EQX+0.3EQY
6	G+Q-EQX-0.3EQY	14	0.9G-EQX-0.3EQY
7	G+Q-EQY+0.3EQX	15	0.9G-EQY+0.3EQX
8	G+Q-EQY-0.3EQX	16	0.9G-EQY-0.3EQX

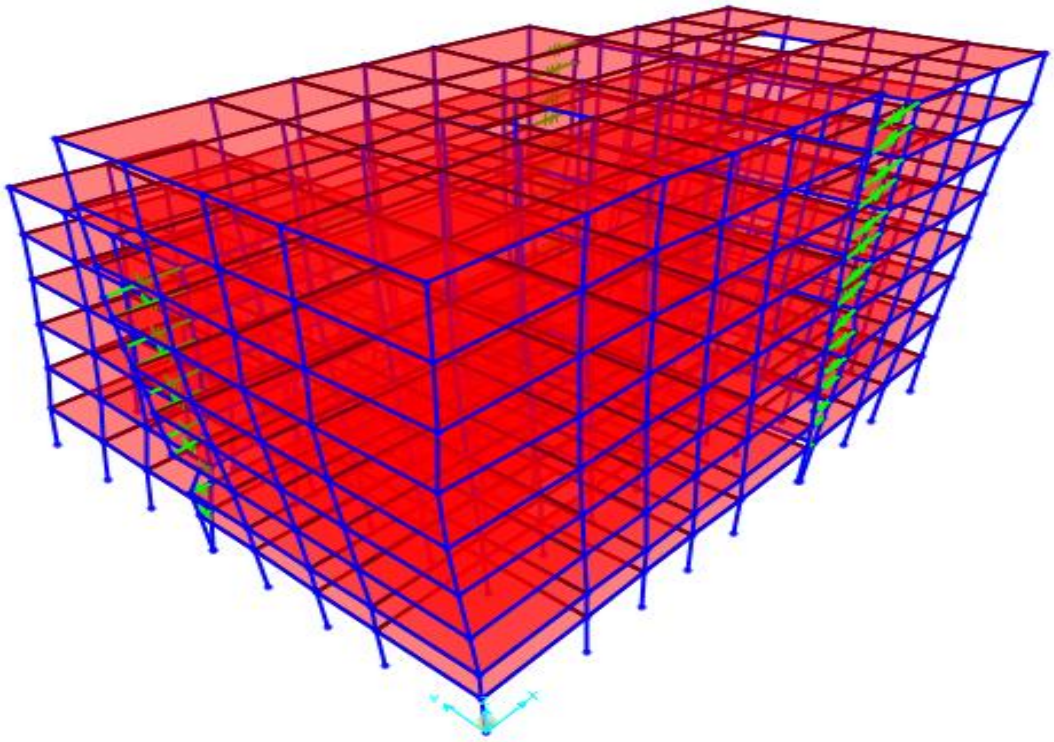
Yapılan analiz sonucunda hangi link elamanda ve hangi deprem kuvvet kombinasyonunda oluşacak olan en büyük çarpışma kuvvetleri görülmektedir. Şekil 7.1' de 1 cm derz mesafesi bırakılan modellerin üç boyutlu görünümü gösterilmiştir. Şekil 7.2' de ise analiz anındaki modellerin üç boyutlu görünümü gösterilmiştir. Çizelge 7.2'de ve Çizelge 7.3'te X ve Y yönlü Düzce Depremi durumunda modellerde oluşan çarpışma kuvvetlerini, çarpışmanın gerçekleştiği link elemanları ve kot seviyeleri gösterilmiştir.

1 cm derz mesafesinde Düzce Depremi durumunda X yönündeki link elemanlarda oluşan maksimum çarpışma kuvveti -3085 kN ile 24 m kotunda ve G+Q+EQX+0.3EQY deprem yük kombinasyonunda ortaya çıkmış olup toplam 37 adet link elemanda çarpışma kuvveti oluşmuştur. Çarpışma kuvvetlerinin oluştuğu link elemanların 24 tanesi X yönünde ve geriye kalan 13 tanesi ise Y yönündeki link elemanlarda oluşmuştur.

Y yönündeki link elemanlar için ise maksimum çarpışma kuvvetleri G+Q+EQY+0.3EQX deprem yük kombinasyonunda oluşmuş olup maksimum çarpışma kuvveti -2128.7 kN ile 12 m kotunda ortaya çıkmıştır. Toplamda 37 adet link elemanda çarpışma kuvveti oluşmuştur. Çarpışmanın oluştuğu link elemanların 13 tanesi Y yönünde ve diğer 24 adet link eleman ise X yönündedir.



Şekil 7.1. 1 cm derz mesafesindeki modeller arasındaki link elemanların üç boyutlu görünümü



Şekil 7.2. 1 cm derz mesafesinde analiz anındaki modellerin üç boyutlu görünümü

Çizelge 7.2. 1 cm derz mesafesinde X yönü için Düzce Depremi durumunda oluşan maksimum çarpışma kuvvetleri ve yerleri

G+Q+EQX+0.3EQY Durumunda 1 cm Derzde Oluşan Çarpışma Kuvveti ve Yeri								
	Y Yönündeki Link Elemanlar				**X yönündeki Link Elemanlar**			
Kot(m)	**Ön**	**Çarpışma Kuvveti (kN)**	**Arka**	**Çarpışma Kuvveti (kN)**	**Ön**	**Çarpışma Kuvveti (kN)**	**Arka**	**Çarpışma Kuvveti (kN)**
3	31		42		1		16	
4.8	32		43		2		17	
6	33	-79.915	44	-106.796	3		18	
7.8	34	-182.568	45	-354.193	4	-1214.71	19	-801.08
9	35	-337.882	46	-577.386	5	-1503.88	20	-1229.12
10.8	36	-501.229	47	-534.246	6	-1419	21	-1510.78
12	37	-1176.42	48		7	-1727.96	22	-1514.59
13.8	38	-968.946	49		8	-2446.49	23	-2011.08
15	39	-847.701	50		9	-2997.9	24	-2290.05
16.8	40	-824.937	51		10	-2579.92	25	-2571.6
18	41	-1037.75	52		11	-2678.24	26	-2762.57
19.8					12	-2358.45	27	-2908.03
21					13	-2873.78	28	-3069.3
22.8					14	-2500.97	29	-2906.89
24					15	-2796.72	30	**-3085.38**

Çizelge 7.3. 1 cm derz mesafesinde Y yönü için Düzce Depremi durumunda oluşan maksimum çarpışma kuvvetleri ve yerleri

G+Q+EQY+0.3EQX Durumunda 1 cm Derzde Oluşan Çarpışma Kuvveti ve Yeri								
	Y Yönündeki Link Elemanlar				X yönündeki Link Elemanlar			
Kot(m)	Ön	Çarpışma Kuvveti (kN)	Arka	Çarpışma Kuvveti (kN)	Ön	Çarpışma Kuvveti (kN)	Arka	Çarpışma Kuvveti (kN)
3	31		42		1		16	
4.8	32		43		2		17	
6	33	-266.382	44	-355.986	3		18	
7.8	34	-608.561	45	-1180.64	4	-364.413	19	-240.324
9	35	-1126.27	46	-1924.62	5	-451.165	20	-368.734
10.8	36	-1582.77	47	-1780.82	6	-425.7	21	-453.233
12	37	**-2128.7**	48		7	-518.389	22	-454.376
13.8	38	-1478.68	49		8	-733.946	23	-603.323
15	39	-1598.82	50		9	-899.369	24	-687.015
16.8	40	-1051.35	51		10	-773.975	25	-771.48
18	41	-1188.89	52		11	-803.472	26	-828.769
19.8					12	-819.854	27	-872.408
21					13	-1034.36	28	-920.789
22.8					14	-960.217	29	-908.902
24					15	-1070.1	30	-1059.13

7.2. 3 cm Derz Mesafesinde Deprem Durumunda Link Elemanlarda Oluşan Çarpışma Kuvvetleri

3 cm derz mesafesinde X yönünde bulunan link elemanlarda Düzce Depremi durumunda maksimum çarpışma kuvveti -4097 kN ile 24 m kotunda ve G+Q+EQX+0.3EQY deprem yük kombinasyonu durumunda ortaya çıkmıştır. Toplam 32 adet link elemanda çarpışma kuvveti oluşmuştur. Bunlardan 20 tanesi X yönünde bulunan link elemanlarda ortaya çıkmış olup diğer 12 tanesi ise Y yönündeki link elemanlarda oluşmuştur (Çizelge 7.4). 3 cm derz mesafesinde Y yönünde bulunan link elemanlarda maksimum çarpışma kuvveti -3764,061 kN ile 15 m kotunda ve G+Q+EQY+0.3EQX deprem yük kombinasyonu durumunda ortaya çıkmıştır. Toplam 32 adet link elemanda çarpışma kuvveti oluşmuştur. Bunlardan 20 tanesi X yönünde bulunan link elemanlarda ortaya çıkmış olup diğer 12 tanesi ise Y yönündeki link elemanlarda oluşmuştur (Çizelge 7.5). Link elemanlarda oluşan çarpışma kuvvetleri sayısı ve büyüklüğü 1 cm derz boşluğundaki duruma göre değişiklik göstermektedir. Link elemanlarda oluşan çarpışma kuvveti büyümüş olup çarpışma sayısı azalmıştır.

Çizelge 7.4. 3 cm derz mesafesinde X yönü için Düzce Depremi durumunda oluşan maksimum çarpışma kuvvetleri ve yerleri

G+Q+EQX+0.3EQY Durumunda 3 cm Derzde Oluşan Çarpışma Kuvveti ve Yeri								
	Y Yönündeki Link Elemanlar				X yönündeki Link Elemanlar			
Kot(m)	Ön	Çarpışma Kuvveti (kN)	Arka	Çarpışma Kuvveti (kN)	Ön	Çarpışma Kuvveti (kN)	Arka	Çarpışma Kuvveti (kN)
3	31		42		1		16	
4.8	32		43		2		17	
6	33		44		3		18	
7.8	34		45		4		19	
9	35		46	-150.217	5	-127.077	20	
10.8	36		47	-515.683	6	-1140.79	21	
12	37	-367.755	48	-814.63	7	-2467.87	22	-698.347
13.8	38	-763.532	49	-1048.68	8	-3083.97	23	-2381.5
15	39	-862.245	50	-1129.22	9	-3599.38	24	-3271.23
16.8	40	-675.268	51	-798.986	10	-3320.34	25	-3477.47
18	41	-526.868	52	-627.039	11	-3866.65	26	-3493.81
19.8					12	-2656.62	27	-3493.3
21					13	-3295	28	-3644.42
22.8					14	-3498.64	29	-3796.49
24					15	-3928.47	30	**-4097.11**

Çizelge 7.5. 3 cm derz mesafesinde Y yönü için Düzce Depremi durumunda oluşan maksimum çarpışma kuvvetleri ve yerleri

G+Q+EQY+0.3EQX Durumunda 3 cm Derzde Oluşan Çarpışma Kuvveti ve Yeri								
	Y Yönündeki Link Elemanlar				X yönündeki Link Elemanlar			
Kot(m)	Ön	Çarpışma Kuvveti (kN)	Arka	Çarpışma Kuvveti (kN)	Ön	Çarpışma Kuvveti (kN)	Arka	Çarpışma Kuvveti (kN)
3	31		42		1		16	
4.8	32		43		2		17	
6	33		44		3		18	
7.8	34		45		4		19	
9	35		46	-500.722	5	-38.123	20	
10.8	36		47	-1718.94	6	-342.237	21	
12	37	-1225.85	48	-2715.43	7	-740.36	22	-209.504
13.8	38	-2545.11	49	-3495.61	8	-925.191	23	-714.451
15	39	-2874.15	50	**-3764.06**	9	-1079.81	24	-981.368
16.8	40	-2250.89	51	-2663.29	10	-996.102	25	-1043.24
18	41	-1756.23	52	-2090.13	11	-1160	26	-1048.14
19.8					12	-796.986	27	-1047.99
21					13	-988.501	28	-1093.32
22.8					14	-1049.59	29	-1138.95
24					15	-1178.54	30	-1229.13

7.3 5 cm Derz Mesafesinde Deprem Durumunda Link Elemanlarda Oluşan Çarpışma Kuvvetleri

5 cm derz mesafesinde X yönünde bulunan link elemanlarda Düzce Depremi durumunda maksimum çarpışma kuvveti -4774.356 kN ile 18 m kotunda ve G+Q+EQX+0.3EQY deprem yük kombinasyonu durumunda ortaya çıkmıştır. Toplam 26 adet link elemanda çarpışma kuvveti oluşmuştur. Bunlardan 17 tanesi X yönünde bulunan link elemanlarda ortaya çıkmış olup diğer 9 tanesi ise Y yönündeki link elemanlarda oluşmuştur (Çizelge 7.6). 3 cm derz mesafesinde Y yönünde bulunan link elemanlarda Düzce Depremi durumunda maksimum çarpışma kuvveti -3046,811 kN ile 18 m kotunda ve G+Q+EQY+0.3EQX deprem yük kombinasyonu durumunda ortaya çıkmıştır. Toplam 26 adet link elemanda çarpışma kuvveti oluşmuştur. Bunlardan 17 tanesi X yönünde bulunan link elemanlarda ortaya çıkmış olup diğer 9 tanesi ise Y yönündeki link elemanlarda oluşmuştur (Çizelge 7.7). Linklerde oluşan çarpışma kuvveti X yönünde 3 cm derz mesafesine göre büyümüş olup çarpışma sayısı azalmıştır.

Çizelge 7.6. 5 cm derz mesafesinde X yönü için Düzce Depremi durumunda oluşan maksimum çarpışma kuvvetleri ve yerleri

G+Q+EQX+0.3EQY Durumunda 5 cm Derzde Oluşan Çarpışma Kuvveti ve Yeri								
	Y Yönündeki Link Elemanlar				**X yönündeki Link Elemanlar**			
Kot(m)	**Ön**	**Çarpışma Kuvveti (kN)**	**Arka**	**Çarpışma Kuvveti (kN)**	**Ön**	**Çarpışma Kuvveti (kN)**	**Arka**	**Çarpışma Kuvveti (kN)**
3	31		42		1		16	
4.8	32		43		2		17	
6	33		44		3		18	
7.8	34		45		4		19	
9	35		46		5		20	
10.8	36		47		6		21	
12	37		48	-362.151	7	-393.625	22	
13.8	38	-397.264	49	-507.596	8	-1804.59	23	-356.513
15	39	-604.549	50	-760.974	9	-3573.8	24	-2333.74
16.8	40	-769.075	51	-841.259	10	-4265.43	25	-3823.26
18	41	-760.062	52	-914.043	11	**-4774.36**	26	-4788.7
19.8					12	-4157.53	27	-4770.12
21					13	-4141.26	28	-4590.81
22.8					14	-3606.66	29	-4189.18
24					15	-3853.61	30	-4137.22

Çizelge 7.7. 5 cm derz mesafesinde Y yönü için Düzce Depremi durumunda oluşan maksimum çarpışma kuvvetleri ve yerleri

G+Q+EQY+0.3EQX Durumunda 5 cm Derzde Oluşan Çarpışma Kuvveti ve Yeri								
	Y Yönündeki Link Elemanlar				X yönündeki Link Elemanlar			
Kot(m)	Ön	Çarpışma Kuvveti (kN)	Arka	Çarpışma Kuvveti (kN)	Ön	Çarpışma Kuvveti (kN)	Arka	Çarpışma Kuvveti (kN)
3	31		42		1		16	
4.8	32		43		2		17	
6	33		44		3		18	
7.8	34		45		4		19	
9	35		46		5		20	
10.8	36		47		6		21	
12	37		48	-1207.17	7	-118.087	22	
13.8	38	-1324.21	49	-1691.99	8	-541.376	23	-106.954
15	39	-2015.16	50	-2536.58	9	-1072.14	24	-700.123
16.8	40	-2563.59	51	-2804.2	10	-1279.63	25	-1146.98
18	41	-2533.54	52	**-3046.81**	11	-1432.31	26	-1436.61
19.8					12	-1247.26	27	-1431.04
21					13	-1242.38	28	-1377.24
22.8					14	-1082	29	-1256.76
24					15	-1156.08	30	-1241.17

7.4 8 cm Derz Mesafesinde Deprem Durumunda Link Elemanlarda Oluşan Çarpışma Kuvvetleri

8 cm derz mesafesinde X yönünde bulunan link elemanlarda Düzce Depremi durumunda maksimum çarpışma kuvveti -5628.903 kN ile 24 m kotunda ve G+Q+EQX+0.3EQY deprem yük kombinasyonu durumunda ortaya çıkmıştır. Toplam 16 adet link elemanda çarpışma kuvveti oluşmuştur. Bunlardan 12 tanesi X yönünde bulunan link elemanlarda ortaya çıkmış olup diğer 4 tanesi ise Y yönündeki link elemanlarda oluşmuştur (Çizelge 7.8).

8 cm derz mesafesinde Y yönünde bulunan link elemanlarda Düzce Depremi durumunda maksimum çarpışma kuvveti -1907,718 kN ile 18m kotunda ve G+Q+EQY+0.3EQX deprem yük kombinasyonu durumunda ortaya çıkmıştır.

Toplam 16 adet link elemanda çarpışma kuvveti oluşmuştur. Bunlardan 12 tanesi X yönünde bulunan link elemanlarda ortaya çıkmış olup diğer 4 tanesi ise Y yönündeki link elemanlarda oluşmuştur (Çizelge 7.9).

Link elemanlarda oluşan çarpışma kuvvetleri sayısı ve büyüklüğü 5cm derz boşluğundaki duruma göre değişiklik göstermektedir. Linklerde oluşan çarpışma kuvveti ve çarpışma sayısı her iki yönde bulunan link elemanlarda azalmıştır.

Çizelge 7.8. 8 cm derz mesafesinde X yönü için Düzce Depremi durumunda oluşan maksimum çarpışma kuvvetleri ve yerleri

G+Q+EQX+0.3EQY Durumunda 8 cm Derzde Oluşan Çarpışma Kuvveti ve Yeri								
	Y Yönündeki Link Elemanlar				**X yönündeki Link Elemanlar**			
Kot(m)	**Ön**	**Çarpışma Kuvveti (kN)**	**Arka**	**Çarpışma Kuvveti (kN)**	**Ön**	**Çarpışma Kuvveti (kN)**	**Arka**	**Çarpışma Kuvveti (kN)**
3	31		42		1		16	
4.8	32		43		2		17	
6	33		44		3		18	
7.8	34		45		4		19	
9	35		46		5		20	
10.8	36		47		6		21	
12	37		48		7		22	
13.8	38		49		8		23	
15	39		50		9		24	
16.8	40	-44.788	51	-99.861	10	-2223.48	25	-1535.76
18	41	-495.697	52	-572.315	11	-3874.67	26	-2854.26
19.8					12	-2910.62	27	-2446.28
21					13	-3120.26	28	-2767.4
22.8					14	-4724.49	29	-3382.56
24					15	**-5628.9**	30	-3864.79

Çizelge 7.9. 8 cm derz mesafesinde Y yönü için Düzce Depremi durumunda oluşan maksimum çarpışma kuvvetleri ve yerleri

G+Q+EQY+0.3EQX Durumunda 8 cm Derzde Oluşan Çarpışma Kuvveti ve Yeri								
	Y Yönündeki Link Elemanlar				X yönündeki Link Elemanlar			
Kot(m)	Ön	Çarpışma Kuvveti (kN)	Arka	Çarpışma Kuvveti (kN)	Ön	Çarpışma Kuvveti (kN)	Arka	Çarpışma Kuvveti (kN)
3	31		42		1		16	
4.8	32		43		2		17	
6	33		44		3		18	
7.8	34		45		4		19	
9	35		46		5		20	
10.8	36		47		6		21	
12	37		48		7		22	
13.8	38		49		8		23	
15	39		50		9		24	
16.8	40	-149.295	51	-332.87	10	-667.045	25	-460.729
18	41	-1652.32	52	**-1907.72**	11	-1162.4	26	-856.277
19.8					12	-873.185	27	-733.885
21					13	-936.077	28	-830.221
22.8					14	-1417.35	29	-1014.77
24					15	-1688.67	30	-1159.44

7.5 10 cm Derz Mesafesinde Deprem Durumunda Link Elemanlarda Oluşan Çarpışma Kuvvetleri

10 cm derz mesafesinde X yönünde bulunan link elemanlarda Düzce Depremi durumunda maksimum çarpışma kuvveti -4927.2 kN ile 24 m kotunda ve G+Q+EQX+0.3EQY deprem yük kombinasyonu durumunda ortaya çıkmıştır. Toplam 11 adet link elemanda çarpışma kuvveti oluşmuştur. Çarpışma kuvvetinin oluştuğu 11 adet link elemanın hepsi X yönündedir (Çizelge 7.10).

10 cm derz mesafesinde Düzce Depremi uygulanması durumunda Y yönündeki link elemanlarda çarpışma kuvveti oluşmadığı gözlenmiştir. Tesisat katına sahip 9 katlı ile 6 katlı modeller arasındaki derz boşluğu için DBYBHY-2007'de istenen derz mesafesi Y yönü için yeterlidir. 10 cm derz mesafesinde X yönünde oluşan maksimum çarpışma kuvveti 8 cm derz mesafesinde oluşan maksimum çarpışma kuvvetinden büyük çıkmıştır.

Çizelge 7.10. 10 cm derz mesafesinde X yönü için Düzce Depremi durumunda oluşan maksimum çarpışma kuvvetleri ve yerleri

G+Q+EQX+0.3EQY Durumunda 10cm Derzde Oluşan Çarpışma Kuvveti ve Yeri								
	Y Yönündeki Link Elemanlar				X yönündeki Link Elemanlar			
Kot(m)	Ön	Çarpışma Kuvveti (kN)	Arka	Çarpışma Kuvveti (kN)	Ön	Çarpışma Kuvveti (kN)	Arka	Çarpışma Kuvveti (kN)
3	31		42		1		16	
4.8	32		43		2		17	
6	33		44		3		18	
7.8	34		45		4		19	
9	35		46		5		20	
10.8	36		47		6		21	
12	37		48		7		22	
13.8	38		49		8		23	
15	39		50		9		24	
16.8	40		51		10	-137.949	25	
18	41		52		11	-2381.16	26	-920.841
19.8					12	-135.664	27	-265.767
21					13	-882.892	28	-440.506
22.8					14	-3695.38	29	-2081.27
24					15	**-4927.2**	30	-3510.6

7.6 13 cm Derz Mesafesinde Deprem Durumunda Link Elemanlarda Oluşan Çarpışma Kuvvetleri

13 cm derz mesafesinde X yönünde bulunan link elemanlarda Düzce Depremi durumunda maksimum çarpışma kuvveti -1998.87 kN ile 24 m kotunda ve G+Q+EQX+0.3EQY deprem yük kombinasyonu durumunda ortaya çıkmıştır. Toplam 3 adet link elemanda çarpışma kuvveti oluşmuştur. Çarpışma kuvvetinin oluştuğu 3 adet link elemanın hepsi X yönündedir (Çizelge 7.11).

13 cm derz mesafesinde Düzce Depremi uygulanması durumunda Y yönündeki link elemanlarda çarpışma kuvveti oluşmadığı gözlenmiştir. 13 cm derz mesafesinde X yönünde oluşan maksimum çarpışma kuvveti 10 cm derz mesafesinde oluşan maksimum çarpışma kuvvetinden küçük çıkmıştır. Tesisat katına sahip 9 katlı model ile 8 katlı model için ise DBYBHY-2007'de istenen derz mesafesi X yönü için yeterlidir. X ve Y doğrultularında yapıların birbirine çarpışmasını önlemek için DBYBHY-2007'de istenen derz mesafesine uyulmalıdır.

Çizelge 7.11. 13 cm derz mesafesinde X yönü için Düzce Depremi durumunda oluşan maksimum çarpışma kuvvetleri ve yerleri

G+Q+EQX+0.3EQY Durumunda 13cm Derzde Oluşan Çarpışma Kuvveti ve Yeri								
	Y Yönündeki Link Elemanlar				X yönündeki Link Elemanlar			
Kot(m)	Ön	Çarpışma Kuvveti (kN)	Arka	Çarpışma Kuvveti (kN)	Ön	Çarpışma Kuvveti (kN)	Arka	Çarpışma Kuvveti (kN)
3	31		42		1		16	
4.8	32		43		2		17	
6	33		44		3		18	
7.8	34		45		4		19	
9	35		46		5		20	
10.8	36		47		6		21	
12	37		48		7		22	
13.8	38		49		8		23	
15	39		50		9		24	
16.8	40		51		10		25	
18	41		52		11		26	
19.8					12		27	
21					13		28	
22.8					14	-179.793	29	
24					15	**-1998.87**	30	-542.621

7.7 Tesisat Katının Bulunmadığı Durumda 1 cm Derz Mesafesinde Link Elemanlarda Oluşan Çarpışma Kuvvetleri

1 cm derz mesafesinde Düzce Depremi durumunda X yönündeki link elemanlarda oluşan maksimum çarpışma kuvveti -2342 kN ile 21 m kotunda ve G+Q+EQX+0.3EQY deprem yük kombinasyonunda ortaya çıkmış olup toplam 21 adet link elemanda çarpışma kuvveti oluşmuştur. Çarpışma kuvvetlerinin oluştuğu link elemanların 11 tanesi X yönünde ve geriye kalan 10 tanesi ise Y yönündeki link elemanlarda oluşmuştur (Çizelge 7.12).

Y yönündeki link elemanlar için ise maksimum çarpışma kuvvetleri G+Q+EQY+0.3EQX deprem yük kombinasyonunda oluşmuş olup maksimum çarpışma kuvveti -2332 kN ile 15 m kotunda ortaya çıkmıştır. Toplamda 21 adet link elemanda çarpışma kuvveti oluşmuştur. Çarpışmanın oluştuğu link elemanların 10 tanesi Y yönünde ve diğer 11 adet link eleman ise X yönündedir (Çizelge 7.13).

Çizelge 7.12. Tesisat katının bulunmadığı durumda 1 cm derz mesafesinde X yönünde oluşan maksimum çarpışma kuvvetleri ve yerleri

G+Q+EQX+0.3EQY Durumunda 1 cm Derzde Oluşan Çarpışma Kuvveti ve Yeri								
Kot (m)	**Y Yönündeki Link Elemanlar**				**X yönündeki Link Elemanlar**			
	Ön	**Çarpışma Kuvveti (kN)**	**Arka**	**Çarpışma Kuvveti (kN)**	**Ön**	**Çarpışma Kuvveti (kN)**	**Arka**	**Çarpışma Kuvveti (kN)**
3	31		42		1		16	
6	33	-19.262	44	-63.463	3		18	
9	35	-239.742	46	-389.077	5		20	-187.389
12	37	-1559.469	48	-1287.487	7	-959.695	22	-999.575
15	39	-875.665	50	-1136.292	9	-1864.17	24	-1622.795
18	41	-1321.259	52	-871.667	11	-2193.96	26	-2225.568
21					13	**-2342.098**	28	-2341.63
24					15	-2066.68	30	-1703.481
27								

Çizelge 7.13. Tesisat katının bulunmadığı durumda 1 cm derz mesafesinde Y yönünde oluşan maksimum çarpışma kuvvetleri ve yerleri

G+Q+EQY+0.3EQX Durumunda 1 cm Derzde Oluşan Çarpışma Kuvveti ve Yeri								
Kot (m)	**Y Yönündeki Link Elemanlar**				**X Yönündeki Link Elemanlar**			
	Ön	**Çarpışma Kuvveti (kN)**	**Arka**	**Çarpışma Kuvveti (kN)**	**Ön**	**Çarpışma Kuvveti (kN)**	**Arka**	**Çarpışma Kuvveti (kN)**
3	31		42		1		16	
6	33	-64.206	44	-211.542	3		18	
9	35	-799.141	46	-1296.925	5		20	-56.217
12	37	-1952.323	48	-2331.124	7	-287.909	22	-299.873
15	39	-1764.006	50	**-2332.53**	9	-559.25	24	-486.838
18	41	-996.54	52	-1185.881	11	-658.188	26	-667.67
21					13	-702.629	28	-702.489
24					15	-620.003	30	-511.044
27								

7.8 Tesisat Katının Bulunmadığı Durumda 3 cm Derz Mesafesinde Link Elemanlarda Oluşan Çarpışma Kuvvetleri

3 cm derz mesafesinde Düzce Depremi durumunda X yönündeki link elemanlarda oluşan maksimum çarpışma kuvveti -4132 kN ile 18 m kotunda ve G+Q+EQX+0.3EQY deprem yük kombinasyonunda ortaya çıkmış olup toplam 14 adet link elemanda çarpışma kuvveti oluşmuştur. Çarpışma kuvvetlerinin oluştuğu link elemanların 8 tanesi X yönünde ve geriye kalan 6 tanesi ise Y yönündeki link elemanlarda oluşmuştur (Çizelge 7.14).

Y yönündeki link elemanlar için ise maksimum çarpışma kuvvetleri G+Q+EQY+0.3EQX deprem yük kombinasyonunda oluşmuş olup maksimum çarpışma kuvveti -2749 kN ile 15 m kotunda ortaya çıkmıştır. Toplamda 14 adet link elemanda çarpışma kuvveti oluşmuştur. Çarpışmanın oluştuğu link elemanların 6 tanesi Y yönünde ve diğer 8 adet link eleman ise X yönündedir (Çizelge 7.15). 3 cm derz mesafesinde link elemanlarda oluşan çarpışma kuvvetleri 1 cm derz mesafesinde oluşan çarpışma kuvvetlerinden yüksek çıkmıştır.

Çizelge 7.14. Tesisat katının bulunmadığı durumda 3 cm derz mesafesinde X yönünde oluşan maksimum çarpışma kuvvetleri ve yerleri

G+Q+EQX+0.3EQY Durumunda 3 cm Derzde Oluşan Çarpışma Kuvveti ve Yeri								
Kot (m)	**Y Yönündeki Link Elemanlar**				**X yönündeki Link Elemanlar**			
	Ön	**Çarpışma Kuvveti (kN)**	**Arka**	**Çarpışma Kuvveti (kN)**	**Ön**	**Çarpışma Kuvveti (kN)**	**Arka**	**Çarpışma Kuvveti (kN)**
3	31		42		1		16	
6	33		44		3		18	
9	35		46		5		20	
12	37	-285.612	48	-374.945	7		22	
15	39	-736.537	50	-824.662	9	-2141.85	24	-1511.56
18	41	-229.693	52	-536.697	11	**-4131.697**	26	-3575.31
21					13	-3974.49	28	-3799.1
24					15	-3676.1	30	-3182.91
27								

Çizelge 7.15. Tesisat katının bulunmadığı durumda 3 cm derz mesafesinde Y yönünde oluşan maksimum çarpışma kuvvetleri ve yerleri

G+Q+EQY+0.3EQX Durumunda 3 cm Derzde Oluşan Çarpışma Kuvveti ve Yeri								
Kot (m)	Y Yönündeki Link Elemanlar				X Yönündeki Link Elemanlar			
	Ön	Çarpışma Kuvveti (kN)	Arka	Çarpışma Kuvveti (kN)	Ön	Çarpışma Kuvveti (kN)	Arka	Çarpışma Kuvveti (kN)
3	31		42		1		16	
6	33		44		3		18	
9	35		46		5		20	
12	37	-952.04	48	-1249.82	7		22	
15	39	-2455.123	50	**-2748.873**	9	-642.555	24	-453.468
18	41	-765.643	52	-1788.99	11	-1239.51	26	-1072.59
21					13	-1192.35	28	-1139.73
24					15	-1102.83	30	-954.873
27								

7.9 Tesisat Katının Bulunmadığı Durumda 5 cm Derz Mesafesinde Link Elemanlarda Oluşan Çarpışma Kuvvetleri

5 cm derz mesafesinde Düzce Depremi durumunda X yönündeki link elemanlarda oluşan maksimum çarpışma kuvveti -4074 kN ile 24 m kotunda ve G+Q+EQX+0.3EQY deprem yük kombinasyonunda ortaya çıkmış olup toplam 8 adet link elemanda çarpışma kuvveti oluşmuştur. Çarpışma kuvvetlerinin oluştuğu link elemanların 6 tanesi X yönünde ve geriye kalan 2 tanesi ise Y yönündeki link elemanlarda oluşmuştur (Çizelge 7.16).

Y yönündeki link elemanlar için ise maksimum çarpışma kuvvetleri G+Q+EQY+0.3EQX deprem yük kombinasyonunda oluşarak maksimum çarpışma kuvveti -1724 kN ile 18 m kotunda ortaya çıkmıştır. Toplamda 8 adet link elemanda çarpışma kuvveti oluşmuştur. Çarpışmanın oluştuğu link elemanların 2 tanesi Y yönünde ve diğer 6 adet link eleman ise X yönündedir (Çizelge 7.17). 5 cm derz mesafesinde link elemanlarda oluşan çarpışma kuvvetleri 3 cm derz mesafesinde oluşan çarpışma kuvvetlerinden düşük çıkmıştır.

Çizelge 7.16. Tesisat katının bulunmadığı durumda 5 cm derz mesafesinde X yönünde oluşan maksimum çarpışma kuvvetleri ve yerleri

G+Q+EQX+0.3EQY Durumunda 5 cm Derzde Oluşan Çarpışma Kuvveti ve Yeri								
Kot (m)	**Y Yönündeki Link Elemanlar**				**X Yönündeki Link Elemanlar**			
	Ön	**Çarpışma Kuvveti (kN)**	**Arka**	**Çarpışma Kuvveti (kN)**	**Ön**	**Çarpışma Kuvveti (kN)**	**Arka**	**Çarpışma Kuvveti (kN)**
3	31		42		1		16	
6	33		44		3		18	
9	35		46		5		20	
12	37		48		7		22	
15	39		50		9		24	
18	41	-411.013	52	-517.169	11	-3201.19	26	-2288.58
21					13	-2160.99	28	-2114.66
24					15	**-4074.19**	30	-2682.4
27								

Çizelge 7.17. Tesisat katının bulunmadığı durumda 5 cm derz mesafesinde Y yönünde oluşan maksimum çarpışma kuvvetleri ve yerleri

G+Q+EQY+0.3EQX Durumunda 5 cm Derzde Oluşan Çarpışma Kuvveti ve Yeri								
Kot (m)	**Y Yönündeki Link Elemanlar**				**X Yönündeki Link Elemanlar**			
	Ön	**Çarpışma Kuvveti (kN)**	**Arka**	**Çarpışma Kuvveti (kN)**	**Ön**	**Çarpışma Kuvveti (kN)**	**Arka**	**Çarpışma Kuvveti (kN)**
3	31		42		1		16	
6	33		44		3		18	
9	35		46		5		20	
12	37		48		7		22	
15	39		50		9		24	
18	41	-1370.04	52	**-1723.9**	11	-960.356	26	-686.575
21					13	-648.298	28	-634.397
24					15	-1222.26	30	-804.719
27								

7.10 Tesisat Katının Bulunmadığı Durumda 8 cm Derz Mesafesinde Link Elemanlarda Oluşan Çarpışma Kuvvetleri

8 cm derz mesafesinde Düzce Depremi durumunda X yönündeki link elemanlarda oluşan maksimum çarpışma kuvveti -1722 kN ile 24 m kotunda ve G+Q+EQX+0.3EQY deprem yük kombinasyonunda ortaya çıkmış olup toplam 2 adet link elemanda çarpışma kuvveti oluşmuştur. Çarpışma kuvvetlerinin oluştuğu link elemanların hepsi X yönünde oluşmuştur (Çizelge 7.18). 8 cm derz mesafesinde oluşan çarpışma kuvvetleri 1 cm, 3 cm ve 5 cm derz mesafelerinde meydana gelen kuvvetlerden düşük çıkmıştır.

G+Q+EQY+0.3EQX deprem yük kombinasyonu durumunda 8 cm derz mesafesinde Y doğrultusundaki link elemanlarda çarpışma kuvveti oluşmamıştır. 8 cm' den fazla bırakılan derz boşluklarında çarpışma kuvvetleri her iki doğrultu için de oluşmadığından analizlere devam edilmemiştir.

Çizelge 7.18. Tesisat katının bulunmadığı durumda 8 cm derz mesafesinde X yönünde oluşan maksimum çarpışma kuvvetleri ve yerleri

G+Q+EQX+0.3EQY Durumunda 8 cm Derzde Oluşan Çarpışma Kuvveti ve Yeri								
Kot (m)	**Y Yönündeki Link Elemanlar**				**X yönündeki Link Elemanlar**			
	Ön	**Çarpışma Kuvveti (kN)**	**Arka**	**Çarpışma Kuvveti (kN)**	**Ön**	**Çarpışma Kuvveti (kN)**	**Arka**	**Çarpışma Kuvveti (kN)**
3	31		42		1		16	
6	33		44		3		18	
9	35		46		5		20	
12	37		48		7		22	
15	39		50		9		24	
18	41		52		11		26	
21					13		28	
24					15	**-1722.23**	30	-113.675

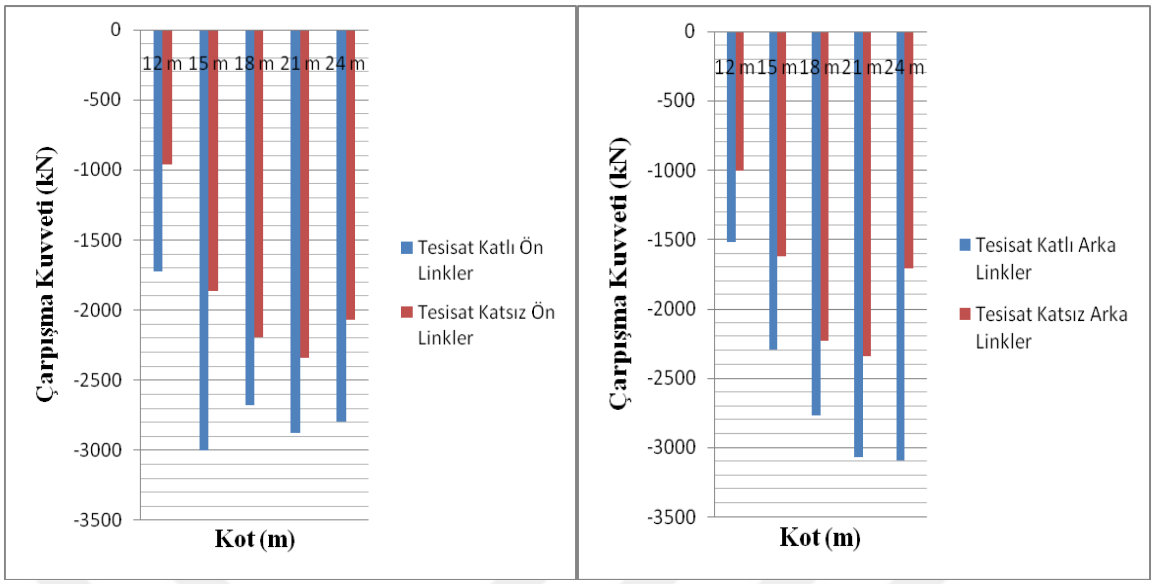
7.11 Tesisat Katlı Model (9 kat) ile Tesisat Katının Bulunmadığı Model (9 kat) Durumundaki Çarpışma Kuvvetlerinin Karşılaştırılması

Tesisat katlı model ile yapılan analizlerde kat döşeme seviyelerinin aynı olmadığından dolayı daha fazla sayıda çarpışma kuvveti meydana gelmiştir. Ve bu modelde sadece birinci katta döşemeler aynı seviyededir. Fakat analizlerde birinci katta döşeme – döşeme çarpışması gerçekleşmemiştir. Çarpışma kuvvetlerinin tamamı döşeme – kolon çarpışması şeklinde oluşmuştur.

Tesisat katının bulunmadığı durumda kat döşeme seviyeleri her katta aynı seviyededir. Bu nedenle çarpışma kuvvetleri döşeme – döşeme çarpışması şeklinde meydana gelmiştir. Kat seviyelerinin aynı seviyede olmasından dolayı tesisat katlı duruma göre çarpışma sayısı daha azdır. Genel olarak çarpışma kuvveti büyüklükleri aynı kot seviyelerinde tesisat katlı durumda (döşeme – kolon çarpışması) daha yüksek çıkmıştır. Tesisat katlı durumda, tesisat katının bulunmadığı duruma göre daha büyük derz mesafelerinde çarpışma meydana gelmiştir.

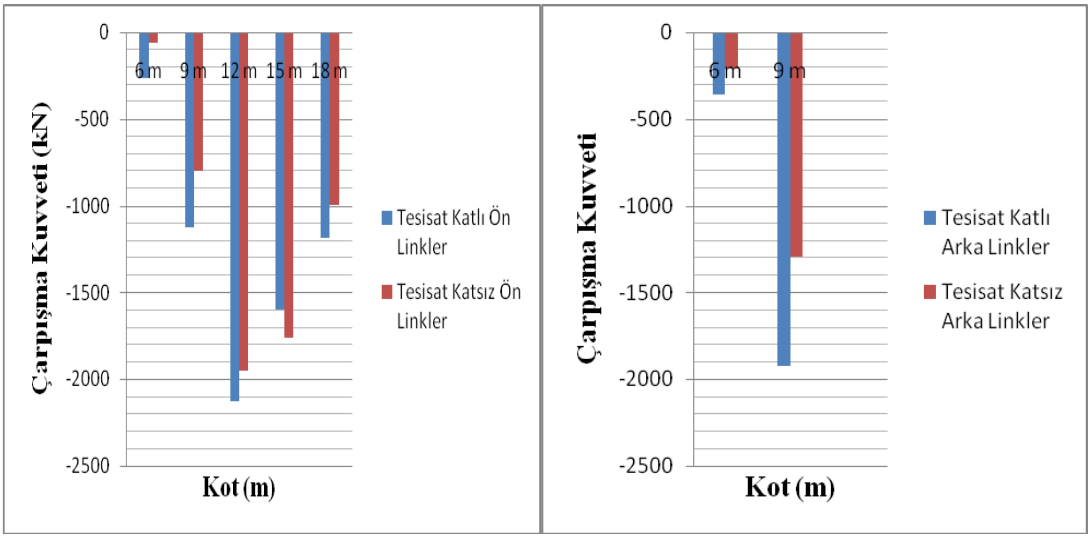
Tesisat katlı model ile tesisat katsız modeller durumunda oluşan çarpışma kuvvetleri sütun grafikler ile Şekil 7.3 – 7.18’ de gösterilmiştir. Karşılaştırmalar 1 cm, 3 cm ve 5 cm derz mesafelerinde yapılmıştır. Bu derz mesafelerinde her iki model içinde aynı kat seviyelerinde (kotta) meydana gelen kuvvetler karşılaştırılmıştır. Kombinasyon olarak her iki modelde de en yüksek çarpışma kuvvetlerini veren G + Q + EQX + 0.3EQY ile G + Q + EQY + 0.3EQX kombinasyonları ele alınmıştır.

Şekil 7.3 – 7.8’ de gösterilen grafikler toplam 12 adet olup, bunların 6 tanesi modellerin ön aksında bulunan link elemanlarda oluşan çarpışma kuvvetlerinin tesisat katlı ve tesisat katının bulunmadığı duruma göre karşılaştırılmasını göstermektedir. Diğer 6 tanesi ise her iki model için (tesisat katlı ve tesisat katının bulunmadığı durum) arka akslarında bulunan link elemanlarda oluşan çarpışma kuvvetlerinin karşılaştırılmasıdır.



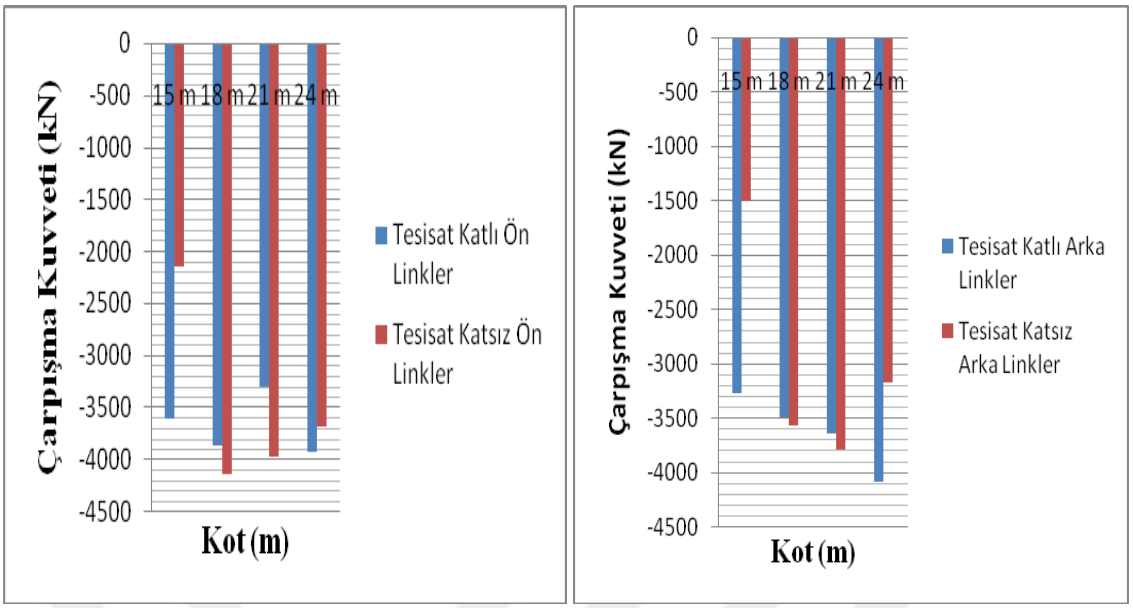
a) **b)**

Şekil 7.3. a) 1 cm derz mesafesinde G+Q+EQX+0.3EQY kombinasyonunda ön link elemanlarda oluşan çarpışma kuvvetleri **b)** 1 cm derz mesafesinde G+Q+EQX+0.3EQY kombinasyonunda arka link elemanlarda oluşan çarpışma kuvvetleri



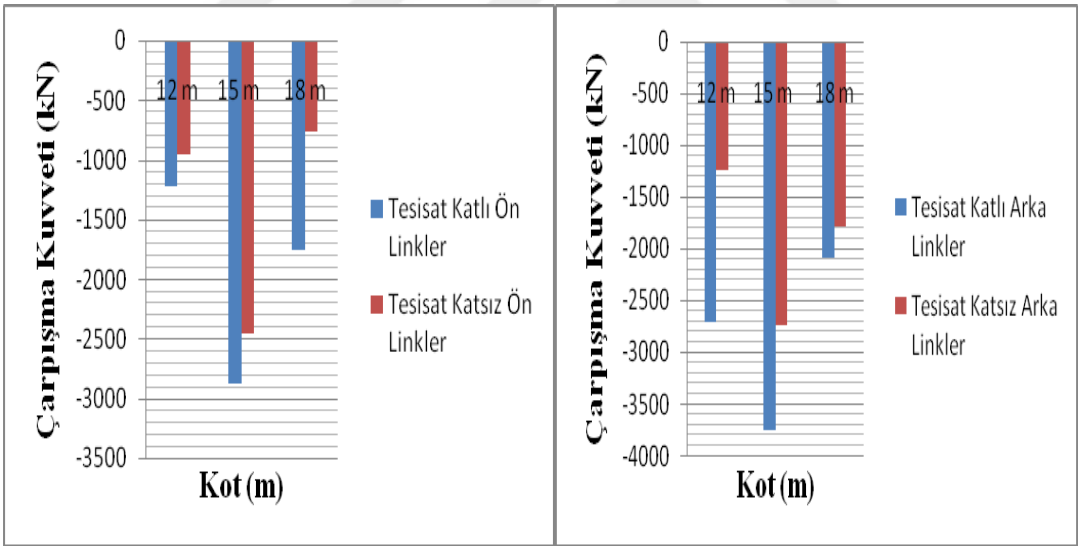
a) **b)**

Şekil 7.4. a) 1 cm derz mesafesinde G+Q+EQY+0.3EQX kombinasyonunda ön link elemanlarda oluşan çarpışma kuvvetleri **b)** 1 cm derz mesafesinde G+Q+EQY+0.3EQX kombinasyonunda arka link elemanlarda oluşan çarpışma kuvvetleri



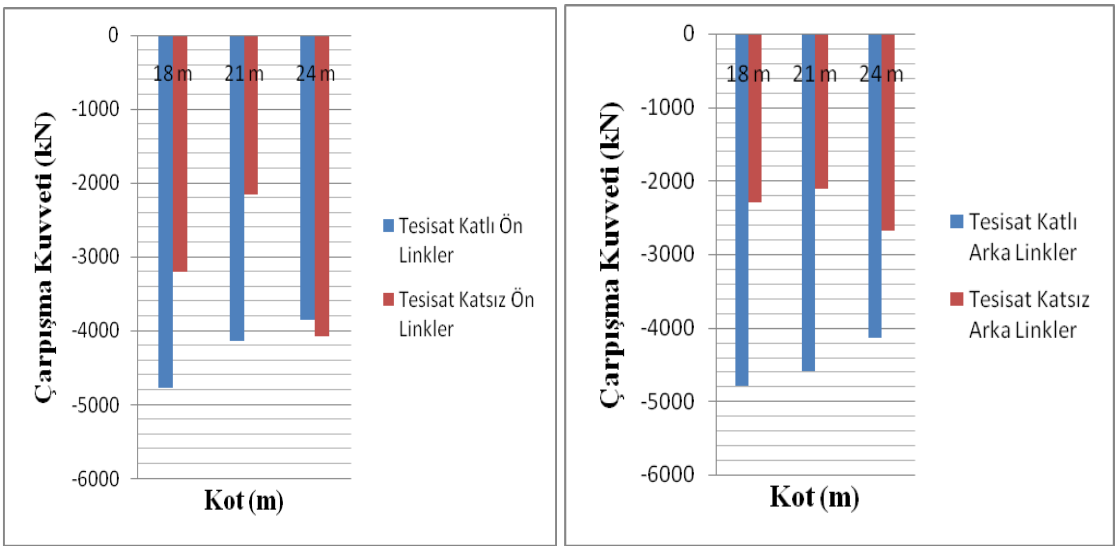
a) **b)**

Şekil 7.5. a) 3 cm derz mesafesinde G+Q+EQX+0.3EQY kombinasyonunda ön link elemanlarda oluşan çarpışma kuvvetleri **b)** 3 cm derz mesafesinde G+Q+EQX+0.3EQY kombinasyonunda arka link elemanlarda oluşan çarpışma kuvvetleri



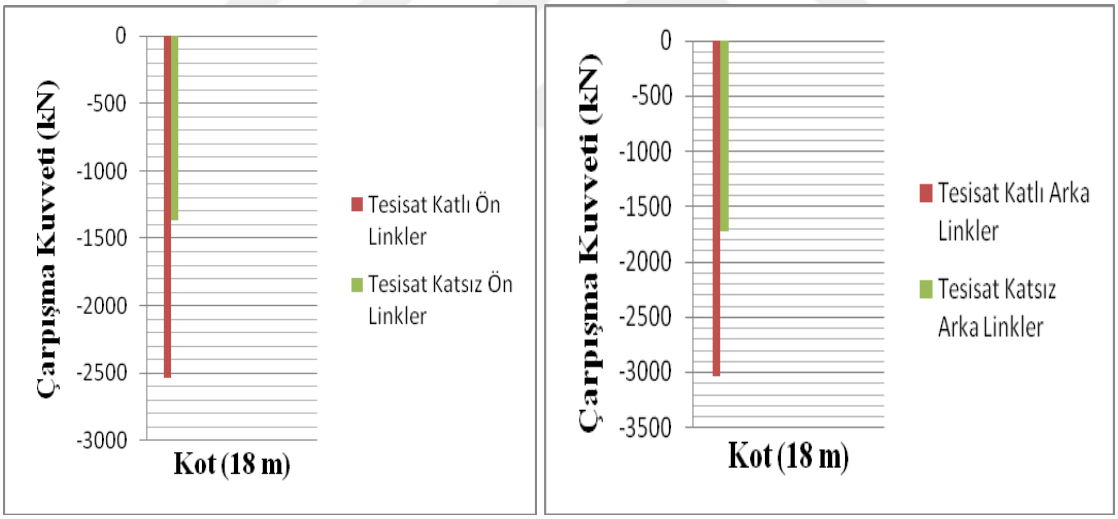
a) **b)**

Şekil 7.6. a) 3 cm derz mesafesinde G+Q+EQY+0.3EQX kombinasyonunda ön link elemanlarda oluşan çarpışma kuvvetleri **b)** 3 cm derz mesafesinde G+Q+EQY+0.3EQX kombinasyonunda arka link elemanlarda oluşan çarpışma kuvvetleri



a) **b)**

Şekil 7.7. a) 5 cm derz mesafesinde G+Q+EQX+0.3EQY kombinasyonunda ön link elemanlarda oluşan çarpışma kuvvetleri **b)** 5 cm derz mesafesinde G+Q+EQX+0.3EQY kombinasyonunda arka link elemanlarda oluşan çarpışma kuvvetleri



a) **b)**

Şekil 7.8. a) 5 cm derz mesafesinde G+Q+EQX+0.3EQY kombinasyonunda ön link elemanlarda oluşan çarpışma kuvvetleri **b)** 5 cm derz mesafesinde G+Q+EQX+0.3EQY kombinasyonunda arka link elemanlarda oluşan çarpışma kuvvetleri

7.12 Her İki Doğrultudaki Depremlerin Ortak Etkisi Altında Link Elemanlarda Oluşan Çarpışma Kuvvetleri

Genel olarak yapı tasarımında deprem kuvvetlerinin hesabı yapılırken EQX ve EQY doğrultuları dikkate alınır. Deprem kuvvetleri yapıya açısal değil de ortogonal olarak etki ettiriliyor. Ancak bazı yapılarda deprem kuvvetlerinin ortogonal değil de açısal olarak (±EQX ± 0.3EQY, ± 0.3EQY ± EQX , ±EQY ± 0.3EQX ve ± 0.3EQX ± EQY) etki ettirilmesi durumunda daha elverişsiz sonuçlar verebilir. Bu durum daha çok yapının taşıyıcı sistem elemanlarının açılı olması (yatayda) durumunda elverişsiz sonuçlar verse de düzgün (kare veya dikdörtgen) taşıyıcı sisteme sahip yapılarda da deprem kuvvetleri açılı olarak verilmektedir. Bunun nedeni elemanlarda burulma etkisi oluşturacağından diğer yöndeki etkileri hesaba katarak elemanın dayanımını artırmasıdır.

7.13 DBYBHY-2007'ye Göre Eleman Asal Eksen Doğrultularındaki İç Kuvvetler

Taşıyıcı sisteme ayrı ayrı etki ettirilen x ve y doğrultularındaki depremlerin ortak etkisi altında,taşıyıcı sistem elemanlarının a ve b asal eksen doğrultularındaki iç kuvvetler, en elverişsiz sonucu verecek şekilde Denk.(3) ile elde edilecektir.

$$B_a = \pm B_{ax} \pm 0.30B_{ay} \quad \text{veya} \quad B_a = \pm 0.30B_{ay} \pm B_{ax}$$
$$B_b = \pm B_{bx} \pm 0.30B_{by} \quad \text{veya} \quad B_b = \pm 0.30B_{bx} \pm B_{by} \qquad (3)$$

Bağıntısıyla hesap edilenlerden olumsuz olanın kullanımına izin vermektedir. [Buradaki B_a=Taşıyıcı sistem elemanın [a] asal ekseni doğrultusunda tasarıma esas iç kuvvet büyüklüğü, B_{ax}=Taşıyıcı sistem elemanın [a] asal ekseni doğrultusunda [X] doğrultusundaki depremden oluşan iç kuvvet büyüklüğü, Bay=Taşıyıcı sistem elemanın [b] asal ekseni doğrultusunda [X]'e dik [Y] doğrultusundaki depremden oluşan iç kuvvet büyüklüğü,]. Buradan bir yönde deprem hesabı yaparken diğer dik yönde deprem etkilerinin de %30'unun katılmasını öngörmektedir. Bir elemanın asal eksenlerinin birbirine dik olmaması durumunda elemanlarda burulma etkisi oluşturacağından diğer yöndeki etkileri hesaba katarak elemanın dayanımı artırılır. Çünkü birbirine dik (diyagonal) çerçevelerin depreme dayanımı diğer çerçevelere göre oldukça iyi bir davranış göstermektedir (Doğan, M., 2017).

7.14 1 cm Derz Mesafesinde EQX ve EQY Depremlerinin Ortak Etkisi Durumunda Link Elemanlarda Oluşan Çarpışma Kuvvetleri

1 cm derz mesafesinde binalara açılı olarak EQX ve EQY deprem kombinasyonları uygulanması durumunda X yönündeki link elemanlarda oluşan maksimum çarpışma kuvveti -3085kN ile 24m kotunda ve EQX+0.3EQY deprem yük kombinasyonunda ortaya çıkmış olup toplam 37 adet link elemanda çarpışma kuvveti oluşmuştur. Çarpışma kuvvetlerinin oluştuğu link elemanların 24 tanesi x yönünde ve geriye kalan 13 tanesi ise Y yönündeki link elemanlarda oluşmuştur (Çizelge 7.19). EQX+0.3EQY deprem yük kombinasyonunda link elemanlarda oluşan çarpışma kuvvetleri G+Q+EQX+0.3EQY deprem yük kombinasyonu ile aynıdır.

Çizelge 7.19. 1 cm derz mesafesinde EQX ve 0.3EQY Düzce depremlerinin ortak etkisi altında oluşan maksimum çarpışma kuvvetleri ve yerleri

EQX+0.3EQY Durumunda 1cm Derzde Oluşan Çarpışma Kuvveti Ve Yeri								
	Y Yönündeki Link Elemanlar				**X yönündeki Link Elemanlar**			
Kot(m)	**Ön**	**Çarpışma Kuvveti (kN)**	**Arka**	**Çarpışma Kuvveti (kN)**	**Ön**	**Çarpışma Kuvveti (kN)**	**Arka**	**Çarpışma Kuvveti (kN)**
3	31		42		1		16	
4.8	32		43		2		17	
6	33	-79.915	44	-106.796	3		18	
7.8	34	-182.568	45	-354.193	4	-1214.71	19	-801.08
9	35	-337.882	46	-577.386	5	-1503.884	20	-1229.115
10.8	36	-501.229	47	-534.246	6	-1419	21	-1510.777
12	37	-1176.42	48		7	-1727.962	22	-1514.585
13.8	38	-968.946	49		8	-2446.488	23	-2011.075
15	39	-847.701	50		9	-2997.896	24	-2290.05
16.8	40	-824.937	51		10	-2579.917	25	-2571.6
18	41	-1037.75	52		11	-2678.239	26	-2762.565
19.8					12	-2358.448	27	-2908.027
21					13	-2873.779	28	-3069.296
22.8					14	-2500.969	29	-2906.888
24					15	-2796.718	30	**-3085.376**

1 cm derz mesafesinde Y yönünde bulunan link elemanlarda oluşan maksimum çarpışma kuvvetleri ise EQY+0.3EQX deprem yük kombinasyonunda ortaya çıkmıştır. Maksimum çarpışma kuvveti -2128.7 kN ile 12 m kotunda ortaya çıkmıştır. Toplamda 37

adet link elemanda çarpışma kuvveti oluşmuştur. Çarpışmanın oluştuğu link elemanların 13 tanesi Y yönünde ve diğer 24 adet link eleman ise X yönündedir (Çizelge 7.20).

Çizelge 7.20. 1 cm derz mesafesinde EQY ve 0.3EQX Düzce depremlerinin ortak etkisi altında oluşan maksimum çarpışma kuvvetleri ve yerleri

EQY+0.3EQX Durumunda 1cm Derzde Oluşan Çarpışma Kuvveti Ve Yeri								
	Y Yönündeki Link Elemanlar				**X yönündeki Link Elemanlar**			
Kot(m)	**Ön**	**Çarpışma Kuvveti (kN)**	**Arka**	**Çarpışma Kuvveti (kN)**	**Ön**	**Çarpışma Kuvveti (kN)**	**Arka**	**Çarpışma Kuvveti (kN)**
3	31		42		1		16	
4.8	32		43		2		17	
6	33	-266.382	44	-355.986	3		18	
7.8	34	-608.561	45	-1180.644	4	-364.413	19	-240.324
9	35	-1126.27	46	-1924.62	5	-451.165	20	-368.734
10.8	36	-1582.77	47	-1780.821	6	-425.7	21	-453.233
12	37	**-2128.7**	48		7	-518.389	22	-454.376
13.8	38	-1478.68	49		8	-733.946	23	-603.323
15	39	-1598.82	50		9	-899.369	24	-687.015
16.8	40	-1051.35	51		10	-773.975	25	-771.48
18	41	-1188.89	52		11	-803.472	26	-828.769
19.8					12	-819.854	27	-872.408
21					13	-1034.356	28	-920.789
22.8					14	-960.217	29	-908.902
24					15	-1070.101	30	-1059.13

7.15 3 cm Derz Mesafesinde EQX ve EQY Depremlerinin Ortak Etkisi Durumunda Link Elemanlarda Oluşan Çarpışma Kuvvetleri

3 cm derz mesafesinde X yönünde bulunan link elemanlarda EQX ve EQY Düzce depremlerinin ortak etkisi durumunda maksimum çarpışma kuvveti -4097kN ile 24m kotunda ve EQX+0.3EQY deprem yük kombinasyonu durumunda ortaya çıkmıştır. Toplam 32 adet link elemanda çarpışma kuvveti oluşmuştur. Bunlardan 20 tanesi X yönünde bulunan link elemanlarda ortaya çıkmış olup diğer 12 tanesi ise Y yönündeki link elemanlarda oluşmuştur (Çizelge 7.21).

3 cm derz mesafesinde Y yönünde bulunan link elemanlarda EQX ve EQY Düzce depremlerinin ortak etkisi durumunda maksimum çarpışma kuvveti -3764,061 kN ile 15m kotunda ve EQY+0.3EQX deprem yük kombinasyonu durumunda ortaya çıkmıştır.

Toplam 32 adet link elemanda çarpışma kuvveti oluşmuştur. Bunlardan 20 tanesi X yönünde bulunan link elemanlarda ortaya çıkmış olup diğer 12 tanesi ise Y yönündeki link elemanlarda oluşmuştur (Çizelge 7.22).

EQY+0.3EQX ve EQX+0.3EQY deprem yük kombinasyonlarında link elemanlarda oluşan çarpışma kuvvetleri G+Q+EQX+0.3EQY ile G+Q+EQY+0.3EQX deprem yük kombinasyonlarında oluşan sonuçlar ile aynıdır.

Çizelge 7.21. 3 cm derz mesafesinde EQX ve 0.3EQY Düzce depremlerinin ortak etkisi altında oluşan maksimum çarpışma kuvvetleri ve yerleri

EQX+0.3EQY Durumunda 3cm Derzde Oluşan Çarpışma Kuvveti Ve Yeri								
	Y Yönündeki Link Elemanlar				**X yönündeki Link Elemanlar**			
Kot(m)	**Ön**	**Çarpışma Kuvveti (kN)**	**Arka**	**Çarpışma Kuvveti (kN)**	**Ön**	**Çarpışma Kuvveti (kN)**	**Arka**	**Çarpışma Kuvveti (kN)**
3	31		42		1		16	
4.8	32		43		2		17	
6	33		44		3		18	
7.8	34		45		4		19	
9	35		46	-150.217	5	-127.077	20	
10.8	36		47	-515.683	6	-1140.791	21	
12	37	-367.755	48	-814.63	7	-2467.868	22	-698.347
13.8	38	-763.532	49	-1048.684	8	-3083.969	23	-2381.504
15	39	-862.245	50	-1129.218	9	-3599.376	24	-3271.227
16.8	40	-675.268	51	-798.986	10	-3320.338	25	-3477.469
18	41	-526.868	52	-627.039	11	-3866.65	26	-3493.811
19.8					12	-2656.622	27	-3493.296
21					13	-3295.004	28	-3644.415
22.8					14	-3498.636	29	-3796.492
24					15	-3928.473	30	**-4097.107**

Çizelge 7.22. 3 cm derz mesafesinde EQY ve 0.3EQX Düzce depremlerinin ortak etkisi altında oluşan maksimum çarpışma kuvvetleri ve yerleri

EQY+0.3EQX Durumunda 3cm Derzde Oluşan Çarpışma Kuvveti Ve Yeri								
	Y Yönündeki Link Elemanlar				X yönündeki Link Elemanlar			
Kot(m)	Ön	Çarpışma Kuvveti (kN)	Arka	Çarpışma Kuvveti (kN)	Ön	Çarpışma Kuvveti (kN)	Arka	Çarpışma Kuvveti (kN)
3	31		42		1		16	
4.8	32		43		2		17	
6	33		44		3		18	
7.8	34		45		4		19	
9	35		46	-500.722	5	-38.123	20	
10.8	36		47	-1718.942	6	-342.237	21	
12	37	-1225.849	48	-2715.432	7	-740.36	22	-209.504
13.8	38	-2545.106	49	-3495.613	8	-925.191	23	-714.451
15	39	-2874.149	50	**-3764.061**	9	-1079.813	24	-981.368
16.8	40	-2250.892	51	-2663.287	10	-996.102	25	-1043.241
18	41	-1756.226	52	-2090.13	11	-1159.995	26	-1048.143
19.8					12	-796.986	27	-1047.989
21					13	-988.501	28	-1093.324
22.8					14	-1049.591	29	-1138.948
24					15	-1178.542	30	-1229.132

7.16 5 cm Derz Mesafesinde EQX ve EQY Depremlerinin Ortak Etkisi Durumunda Link Elemanlarda Oluşan Çarpışma Kuvvetleri

5 cm derz mesafesinde X yönünde bulunan link elemanlarda EQX ve EQY Düzce depremlerinin ortak etkisi durumunda maksimum çarpışma kuvveti -4774.356 kN ile 18m kotunda ve EQX+0.3EQY deprem yük kombinasyonu durumunda ortaya çıkmıştır. Toplam 26 adet link elemanda çarpışma kuvveti oluşmuştur. Bunlardan 17 tanesi X yönünde bulunan link elemanlarda ortaya çıkmış olup diğer 9 tanesi ise Y yönündeki link elemanlarda oluşmuştur (Çizelge 7.23).

3 cm derz mesafesinde Y yönünde bulunan link elemanlarda EQX ve EQY Düzce depremlerinin ortak etkisi durumunda maksimum çarpışma kuvveti -3046,811 kN ile 18m kotunda ve EQY+0.3EQX deprem yük kombinasyonu durumunda ortaya çıkmıştır. Toplam 26 adet link elemanda çarpışma kuvveti oluşmuştur. Bunlardan 17 tanesi X yönünde bulunan link elemanlarda ortaya çıkmış olup diğer 9 tanesi ise Y yönündeki link elemanlarda oluşmuştur (Çizelge 7.24).

EQY+0.3EQX ve EQX+0.3EQY deprem yük kombinasyonlarında link elemanlarda oluşan çarpışma kuvvetleri G+Q+EQX+0.3EQY ile G+Q+EQY+0.3EQX deprem yük kombinasyonlarında oluşan sonuçlar ile aynıdır.

Çizelge 7.23. 5 cm derz mesafesinde EQX ve 0.3EQY Düzce depremlerinin ortak etkisi altında oluşan maksimum çarpışma kuvvetleri ve yerleri

EQX+0.3EQY Durumunda 5cm Derzde Oluşan Çarpışma Kuvveti Ve Yeri								
	Y Yönündeki Link Elemanlar				**X yönündeki Link Elemanlar**			
Kot(m)	**Ön**	**Çarpışma Kuvveti (kN)**	**Arka**	**Çarpışma Kuvveti (kN)**	**Ön**	**Çarpışma Kuvveti (kN)**	**Arka**	**Çarpışma Kuvveti (kN)**
3	31		42		1		16	
4.8	32		43		2		17	
6	33		44		3		18	
7.8	34		45		4		19	
9	35		46		5		20	
10.8	36		47		6		21	
12	37		48	-362.151	7	-393.625	22	
13.8	38	-397.264	49	-507.596	8	-1804.588	23	-356.513
15	39	-604.549	50	-760.974	9	-3573.797	24	-2333.742
16.8	40	-769.075	51	-841.259	10	-4265.434	25	-3823.258
18	41	-760.062	52	-914.043	11	-4774.356	26	**-4788.703**
19.8					12	-4157.529	27	-4770.116
21					13	-4141.259	28	-4590.806
22.8					14	-3606.659	29	-4189.184
24					15	-3853.612	30	-4137.222

Çizelge 7.24. 5 cm derz mesafesinde EQY ve 0.3EQX Düzce depremlerinin ortak etkisi altında oluşan maksimum çarpışma kuvvetleri ve yerleri

EQY+0.3EQX Durumunda 5cm Derzde Oluşan Çarpışma Kuvveti Ve Yeri								
	Y Yönündeki Link Elemanlar				X yönündeki Link Elemanlar			
Kot(m)	Ön	Çarpışma Kuvveti (kN)	Arka	Çarpışma Kuvveti (kN)	Ön	Çarpışma Kuvveti (kN)	Arka	Çarpışma Kuvveti (kN)
3	31		42		1		16	
4.8	32		43		2		17	
6	33		44		3		18	
7.8	34		45		4		19	
9	35		46		5		20	
10.8	36		47		6		21	
12	37		48	-1207.169	7	-118.087	22	
13.8	38	-1324.213	49	-1691.985	8	-541.376	23	-106.954
15	39	-2015.163	50	-2536.581	9	-1072.139	24	-700.123
16.8	40	-2563.585	51	-2804.197	10	-1279.63	25	-1146.977
18	41	-2533.539	52	**-3046.811**	11	-1432.307	26	-1436.611
19.8					12	-1247.259	27	-1431.035
21					13	-1242.378	28	-1377.242
22.8					14	-1081.998	29	-1256.755
24					15	-1156.084	30	-1241.167

7.17 8 cm Derz Mesafesinde EQX ve EQY Depremlerinin Ortak Etkisi Durumunda Link Elemanlarda Oluşan Çarpışma Kuvvetleri

8 cm derz mesafesinde X yönünde bulunan link elemanlarda EQX ve EQY Düzce depremlerinin ortak etkisi durumunda maksimum çarpışma kuvveti -5628.903 kN ile 24 m kotunda ve EQX+0.3EQY deprem yük kombinasyonu durumunda ortaya çıkmıştır. Toplam 16 adet link elemanda çarpışma kuvveti oluşmuştur. Bunlardan 12 tanesi X yönünde bulunan link elemanlarda ortaya çıkmış olup diğer 4 tanesi ise Y yönündeki link elemanlarda oluşmuştur (Çizelge 7.25).

8 cm derz mesafesinde Y yönünde bulunan link elemanlarda Düzce Depremi durumunda maksimum çarpışma kuvveti -1907,718 kN ile 18 m kotunda ve EQY+0.3EQX deprem yük kombinasyonu durumunda ortaya çıkmıştır. Toplam 16 adet link elemanda çarpışma kuvveti oluşmuştur.

Bunlardan 12 tanesi X yönünde bulunan link elemanlarda ortaya çıkmış olup diğer 4 tanesi ise Y yönündeki link elemanlarda oluşmuştur (Çizelge 7.26). EQY+0.3EQX ve EQX+0.3EQY deprem yük kombinasyonlarında link elemanlarda oluşan çarpışma kuvvetleri G+Q+EQX+0.3EQY ile G+Q+EQY+0.3EQX deprem yük kombinasyonlarında oluşan sonuçlar ile aynıdır.

Çizelge 7.25. 8 cm derz mesafesinde EQX ve 0.3EQY Düzce depremlerinin ortak etkisi altında oluşan maksimum çarpışma kuvvetleri ve yerleri

EQX+0.3EQY Durumunda 8cm Derzde Oluşan Çarpışma Kuvveti Ve Yeri								
	Y Yönündeki Link Elemanlar				**X yönündeki Link Elemanlar**			
Kot(m)	**Ön**	**Çarpışma Kuvveti (kN)**	**Arka**	**Çarpışma Kuvveti (kN)**	**Ön**	**Çarpışma Kuvveti (kN)**	**Arka**	**Çarpışma Kuvveti (kN)**
3	31		42		1		16	
4.8	32		43		2		17	
6	33		44		3		18	
7.8	34		45		4		19	
9	35		46		5		20	
10.8	36		47		6		21	
12	37		48		7		22	
13.8	38		49		8		23	
15	39		50		9		24	
16.8	40	-44.788	51	-99.861	10	-2223.483	25	-1535.764
18	41	-495.697	52	-572.315	11	-3874.672	26	-2854.256
19.8					12	-2910.616	27	-2446.283
21					13	-3120.258	28	-2767.402
22.8					14	-4724.494	29	-3382.562
24					15	**-5628.903**	30	-3864.787

Çizelge 7.26. 8 cm derz mesafesinde EQY ve 0.3EQX Düzce depremlerinin ortak etkisi altında oluşan maksimum çarpışma kuvvetleri ve yerleri

EQY+0.3EQX Durumunda 8cm Derzde Oluşan Çarpışma Kuvveti Ve Yeri								
	Y Yönündeki Link Elemanlar				X yönündeki Link Elemanlar			
Kot(m)	Ön	Çarpışma Kuvveti (kN)	Arka	Çarpışma Kuvveti (kN)	Ön	Çarpışma Kuvveti (kN)	Arka	Çarpışma Kuvveti (kN)
3	31		42		1		16	
4.8	32		43		2		17	
6	33		44		3		18	
7.8	34		45		4		19	
9	35		46		5		20	
10.8	36		47		6		21	
12	37		48		7		22	
13.8	38		49		8		23	
15	39		50		9		24	
16.8	40	-149.295	51	-332.87	10	-667.045	25	-460.729
18	41	-1652.324	52	**-1907.718**	11	-1162.401	26	-856.277
19.8					12	-873.185	27	-733.885
21					13	-936.077	28	-830.221
22.8					14	-1417.348	29	-1014.769
24					15	-1688.671	30	-1159.436

7.18 10 cm Derz Mesafesinde EQX ve EQY Depremlerinin Ortak Etkisi Durumunda Link Elemanlarda Oluşan Çarpışma Kuvvetleri

10 cm derz mesafesinde X yönünde bulunan link elemanlarda EQX ve EQY Düzce depremlerinin ortak etkisi durumunda maksimum çarpışma kuvveti -4927.2 kN ile 24 m kotunda ve EQX+0.3EQY deprem yük kombinasyonu durumunda ortaya çıkmıştır. Toplam 11 adet link elemanda çarpışma kuvveti oluşmuştur. Çarpışma kuvvetinin oluştuğu 11 adet link elemanın hepsi X yönündedir (Çizelge 7.27).

10 cm derz mesafesinde EQX ve EQY Düzce depremlerinin ortak etkisi durumunda Y yönündeki link elemanlarda çarpışma kuvveti oluşmadığı gözlenmiştir. Çarpışma kuvvetinin oluşmamasından dolayı derz mesafesinin 10 cm'den büyük alındığı analizlerde EQY + 0.3EQX deprem yük kombinasyonunun sonuçlarına ilişkin değerler çizelgelerde yer verilmemiştir.

Çizelge 7.27. 10 cm derz mesafesinde EQX ve 0.3EQY Düzce depremlerinin ortak etkisi altında oluşan maksimum çarpışma kuvvetleri ve yerleri

EQX+0.3EQY Durumunda 10cm Derzde Oluşan Çarpışma Kuvveti Ve Yeri								
	Y Yönündeki Link Elemanlar				X yönündeki Link Elemanlar			
Kot(m)	Ön	Çarpışma Kuvveti (kN)	Arka	Çarpışma Kuvveti (kN)	Ön	Çarpışma Kuvveti (kN)	Arka	Çarpışma Kuvveti (kN)
3	31		42		1		16	
4.8	32		43		2		17	
6	33		44		3		18	
7.8	34		45		4		19	
9	35		46		5		20	
10.8	36		47		6		21	
12	37		48		7		22	
13.8	38		49		8		23	
15	39		50		9		24	
16.8	40		51		10	-137.949	25	
18	41		52		11	-2381.155	26	-920.841
19.8					12	-135.664	27	-265.767
21					13	-882.892	28	-440.506
22.8					14	-3695.384	29	-2081.273
24					15	**-4927.202**	30	-3510.604

7.19 13 cm Derz Mesafesinde EQX ve EQY Depremlerinin Ortak Etkisi Durumunda Link Elemanlarda Oluşan Çarpışma Kuvvetleri

13 cm derz mesafesinde X yönünde bulunan link elemanlarda EQX ve EQY Düzce depremlerinin ortak etkisi durumunda maksimum çarpışma kuvveti -1998.87 kN ile 24 m kotunda ve EQX+0.3EQY deprem yük kombinasyonu durumunda ortaya çıkmıştır. Toplam 3 adet link elemanda çarpışma kuvveti oluşmuştur. Çarpışma kuvvetinin oluştuğu 3 adet link elemanın hepsi X yönündedir (Çizelge 7.28).

EQX+0.3EQY ve EQY+0.3EQX deprem yük kombinasyonları ile G+Q+EQX+0.3EQY ve G+Q+EQY+0.3EQX deprem yük kombinasyonları sonuçları bütün derz mesafelerinde aynı çıkmıştır.

Çizelge 7.28. 13 cm derz mesafesinde EQX ve 0.3EQY Düzce depremlerinin ortak etkisi altında oluşan maksimum çarpışma kuvvetleri ve yerleri

EQX+0.3EQY Durumunda 13cm Derzde Oluşan Çarpışma Kuvveti Ve Yeri								
	Y Yönündeki Link Elemanlar				**X yönündeki Link Elemanlar**			
Kot(m)	**Ön**	**Çarpışma Kuvveti (kN)**	**Arka**	**Çarpışma Kuvveti (kN)**	**Ön**	**Çarpışma Kuvveti (kN)**	**Arka**	**Çarpışma Kuvveti (kN)**
3	31		42		1		16	
4.8	32		43		2		17	
6	33		44		3		18	
7.8	34		45		4		19	
9	35		46		5		20	
10.8	36		47		6		21	
12	37		48		7		22	
13.8	38		49		8		23	
15	39		50		9		24	
16.8	40		51		10		25	
18	41		52		11		26	
19.8					12		27	
21					13		28	
22.8					14	-179.793	29	
24					15	**-1998.865**	30	-542.621

8. SONUÇ VE ÖNERİLER

8.1. Sonuçlar

Bu tez çalışmasında depreme dayanıklı tasarlanmış tesisat katlı ve tesisat katsız yapılar (9 katlı) ile depreme dayanıksız mevcut iki yapı (6 ve 8 katlı) arasındaki çarpışma kuvvetleri incelenmiştir. Bitişik olarak tasarlanan üç farklı mimariye sahip modellere X ve Y doğrultusunda Düzce Depremi ivme kayıtları kullanılarak zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yapılmıştır. Çarpışma kuvvetlerinin analizlerine geçmeden önce ilk olarak 9 katlı modelde 1.8 m yüksekliğindeki tesisat katının nereye konumlandırılacağı belirlenmiştir. Ve tesisat katının yerinin belirlenmesinden sonra üç farklı model statik itme analizine tabi tutularak deprem durumundaki davranışları ve mafsallaşmanın oluştuğu yerler gözlenmiştir. Son olarak üç model arasına tanımlanan link elemanlar ile bırakılan değişik derz mesafelerinde (1 cm, 3 cm, 5 cm, 8 cm, 10 cm ve 13 cm) her iki doğrultuda deprem uygulanarak oluşacak olan çarpışma sayıları ve çarpışma kuvvetleri irdelenmiştir. Aynı zamanda DBYBHY-2007'ye göre bırakılması gereken derz mesafeleri ile bulduğumuz sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Tez çalışmasından elde edilen sonuçlar aşağıda belirtilmiştir:

- Tesisat katlı yapılarda tesisat katının yeri ilk birinci kata ya da en son kata konulması durumunda X ya da Y doğrultusunda deprem etki ettirilmesi halinde yapı tabanında oluşacak olan kolon maksimum momenti ve taban kesme kuvvetleri daha küçük çıkmaktadır. Özellikle ara katlar olan üçüncü, dördüncü ve beşinci katlara tesisat katının konumlandırılması durumunda maksimum kolon momentleri (M2 ve M3) ve taban kesme kuvvetleri diğer katlara oranla daha yüksek çıkmıştır. Aynı zamanda yapının maksimum tepe yer değiştirmesi tesisat katı birinci ve sekizinci katta iken diğerlerine oranla düşük çıkmıştır.

- Tesisat katının bulunmadığı durumda çarpışma kuvvetleri döşeme – döşeme çarpışması sonucu ortaya çıkarken, tesisat katının bulunduğu durumda ise döşeme – kolon çarpışmaları meydana gelmiştir.

- Üç farklı yapı için yapılan statik itme analizinde depreme dayanıksız olarak tasarlanan 6 ve 8 katlı yapıların taşıyıcı elemanlarında, plastik mafsallaşma depreme dayanıklı tesisat katlı yapıya nazaran erken oluşmaya başlamış olup plastik mafsallaşmalar kolonlarda ortaya çıkmıştır. Bu durum mevcut yapıların kolonlarının yeni inşa edilen yapılara oranla daha yetersiz olduğunu göstermektedir. Deprem durumunda mevcut yapılar kolonlarda oluşan erken mafsallaşmadan ötürü göçme durumuna daha erken ulaşacağı sonucuna varılmıştır.

- Depreme dayanıklı olarak tasarlanan tesisat katlı ile tesisat katının bulunmadığı yapılar için G+Q+EQY+0.3EQX ve G+Q+EQX+0.3EQY deprem yük kombinasyonlarında modeller arasında bırakılan derz boşlukları DBYBHY-2007'de istenen derz mesafelerine göre yeterli gelmiştir.

- Bitişik olarak tasarlanan üç farklı yapıda 16 farklı deprem kuvvet kombinasyonu içinden X doğrultusu için en elverişsiz sonuçlar G+Q+EQX+0.3EQY durumunda, Y doğrultusu için ise en elverişsiz sonuçlar G+Q+EQY+0.3EQX kombinasyonu durumunda ortaya çıkmıştır. Her iki doğrultuda bu kombinasyonlarda maksimum çarpışma kuvvetleri oluşmuştur. Çarpışma kuvvetleri bırakılan derz boşluğu arttıkça genel olarak daha büyük değerler ortaya çıktığı görülmüştür. Bırakılan derz mesafesi arttıkça çarpışma kuvvetinin büyük çıkmasının nedeni çarpışma sayısının azalması ve tepe noktalarının daha fazla deplasman yaparak çarpışmasıdır. Fakat bırakılan küçük derz mesafelerinde yapının daha fazla deplasman yapmasının kısıtlanmasından ve çarpışma sayısı daha fazla olmasından dolayı çarpışma kuvvetleri küçük çıkmaktadır. Çarpışma sayısı arttığından dolayı ortaya çıkan kuvvet link elemanlar arasında dağılmaktadır. Her iki deprem doğrultusunda da derz mesafesi arttıkça yapılar arasındaki çarpışma sayılarının azaldığı görülmüştür. 13 cm derz mesafesinden itibaren modeller arasında tanımlanan link elemanlarda çarpışma kuvvetinin oluşmadığı gözlenmiştir.

- DBYBHY-2007'ye göre istenen her iki doğrultudaki depremlerin ortak etkisi durumunda modellerde oluşan çarpışma kuvvetleri incelendiğinde G+Q+EQX+0.3EQY ve G+Q+EQY+0.3EQX deprem yük kombinasyonlarında ve

tek doğrultuda verilen deprem durumunda ortaya çıkan değerler hemen hemen aynıdır.

- Bitişik yapılarda deprem durumunda çarpışma kuvvetleri sadece deprem doğrultusundaki link elemanlarda meydana gelmeyip aynı zamanda diğer doğrultudaki link elemanlarda da ortaya çıkmaktadır. Yani X doğrultusunda deprem uygulandığında X ve Y doğrultusundaki link elemanlarda çarpışma kuvveti oluşmaktadır.

8.2. Öneriler

Bu tez çalışmasında, üç farklı mimariye sahip, tesisat katlı ve tesisat katı bulunmayan modeller (9 kat) ile 6 ve 8 katlı diğer iki model arasında değişik derz mesafelerinde analizler gerçekleştirilmiştir. Analizler doğrultusunda şu öneriler getirilebilir.

- Tesisat katı yapılması gereken yapılarda tesisat katının konumlandırılacağı kat öncelikle en uygun kat olarak yani birinci kat seçilmelidir. Birinci katın seçilemediği durumlarda ise sonuncu kata tesisat katı konumlandırılabilir.

- Günümüzde ve daha önce bitişik olarak inşa edilen yapılarda bırakılan derz mesafeleri genel olarak yetersiz kaldığı görülmektedir. Fakat analizlerde DBYBHY-2007'ye göre istenen derz mesafelerinin yeterli gelmesinden dolayı, bitişik yapılarda bırakılacak derz mesafesinde yönetmeliğe uyulmalıdır.

- Analizlerde genel olarak derz mesafesi arttıkça çarpışma kuvveti daha büyük çıkmıştır. Bitişik yapıların kat seviyelerinin aynı seviyede olmaması durumunda (tesisat katlı) döşeme - kolon çarpışması sonucu yapı daha büyük hasara uğramaktadır. Bu nedenle yapılar ayrı olarak inşa edilmeli ya da bitişik olması durumunda kat seviyeleri aynı olmalıdır.

- Analizlerde deprem doğrultusuna dik doğrultuda da çarpışma gerçeklemesinden dolayı bitişik olarak inşa edilen yapılarda burulma ve döşeme süreksizliği düzensizliklerine izin veren uygulamalara engel olunmalıdır.

KAYNAKLAR DİZİNİ

Abacıoğlu, M.A., 2006, Bitişik Nizamda Yapılmış Binaların Depremde Etkileşimi,Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, 81 s.

ABYYHY-1998, 1998. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, 23390: 1-92.

Akbulut, A., Boduroğlu, M.H., 2015, Bitişik Yapıların Deprem Performanslarının Ayrı Veya Bitişik Olarak Kırılganlık Eğrileri Yardımı İle İncelenmesi, Politeknik Dergisi, 18: 183-196.

Akköse, M., Sunca, F., 2016, Aynı Yüksekliğe Farklı Dinamik Özelliklere Sahip Betonarme Binaların Arasında Bırakılması Gereken Boşluk Miktarının İrdelenmesi, Prof. Dr. M. Hasan Boduroğlu Sempozyumu, 7 s.

American Society of Engineers, 2014, ASCE/SEI 41-13 Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings, Virginia.

DBYBHY-2007, 2007, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, 26454: 1-159.

Doğan, M., 2018, Depreme Dayanıklı Tasarım.

http://www.kiptas.istanbul/upload/files/Deprem, 17 Ağustos Marmara Depremi, Ekim, 2018.

İnel, M., Çaycı, B.T., Kamal, M., 2017, Düşük ve Orta Yükseklikteki Binalarda Çekiçleme Davranışının İncelenmesi, 4. Uluslararası Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, 11 s.

Jankowski, R., 2005, Non-Linear Viscoelastic Modelling Of Earthquake-Induced Structural Pounding, Earthquake Engineering And Structural Dynamics, John Wiley & Sons Ltd., 34, p.595-611.

Muthukumar, S., DesRoches, R., 2006, A Hertz Contact Model with Non-Linear Damping For Pounding Simulation, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, John Wiley & Sons Ltd., 35, p.811-828.

Pala, M., Tekin, Ö.M., 2017, Depreme Maruz Zayıf Kat Düzensizliğine Sahip Bitişik Nizam Binaların Çarpışma Analizi, 11 s.

PEER, 2013, Peer Ground Motion Database, https://ngawest2.berkeley.edu/, erişim tarihi: 26.06.2018.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

PROTA STRUCTURE, 2016, Prota A.Ş., Ankara, Türkiye.

Sak, Ö.F., Beyen, K., 2017, Bitişik Nizam Betonarme Yapılarda Çarpışma Etkisi Ve Zaman-Frekans Alanında Performans Analizleri, 4. Uluslararası Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, 10 s.

SAP2000 V-15.2.1 CSI., 1998, Integrated Finite Element Analysis and Design of Structures, Computers and Structures Inc, Berkeley, California, USA.

SAP2000 V-19.2.1 CSI., 1998, Integrated Finite Element Analysis and Design of Structures, Computers and Structures Inc, Berkeley, California, USA.

Sucuoğlu, H., Şengöz, A., 2009, 2007 Deprem Yönetmeliğinde Yer Alan "Mevcut Binaların Değerlendirilmesi" Yöntemlerinin Artıları ve Eksileri, İMO Teknik Dergi, 25 s.