T. C.
İSTANBUL GELİŞİM ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

ANALİZ YÖNTEMLERİNİN BETONARME HASTANE YAPILARININ DEPREM DAVRANIŞINA ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Yüksek Lisans Tezi

Ahmad KHOUJAH

Danışman

Dr.Öğr.Üyesi Ahmad Reshad NOORİ

İstanbul – 2025

TEZ TANITIM FORMU

Yazar Adı Soyadı	**:**	Ahmad KHOUJAH
Tezin Dili	**:**	Türkçe
Tezin Adı	**:**	Analiz Yöntemlerinin Betonarme Hastane Yapılarının Deprem Davranışına Etkisinin İncelenmesi
Enstitü	**:**	İstanbul Gelişim Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Anabilim Dalı	**:**	İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Tezin Türü	**:**	Yüksek Lisans
Tezin Tarihi	**:**	20.10.2025
Sayfa Sayısı	**:**	139
Tez Danışmanları	**:**	Dr. Öğr. Üyesi Ahmad Reshad NOORİ
Dizin Terimleri	**:**	Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, Eşdeğer Deprem Yükü yöntemi, Tepki spektrum Deprem Yükü yöntemi, Doğrusal olmayan statik Deprem Yükü yöntemi, Yapı düzensizlikleri, Betonarme Hastane Yapı, Hatay, Zemin yerel sınıfı.
Türkçe Özet	**:**	Bu tez çalısmasında, betonarme hastane yapı, 2018 Türkiye TBDY-2018 esas alınarak analiz edilmiş ve tasarımları yapılmıştır. Statik ve dinamik kuvvetler hesaplanmıştır. İncelenen bina, yüklerin betonarme çerçeveler ve betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı bir sistem tipine sahiptir. Bilgisayar destekli analiz programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.
Dağıtım Listesi	**:**	1. İstanbul Gelişim Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsüne 2. YÖK Ulusal Tez Merkezine

İmzası

AHMAD KHOUJAH

T. C.
İSTANBUL GELİŞİM ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

ANALİZ YÖNTEMLERİNİN BETONARME HASTANE YAPILARININ DEPREM DAVRANIŞINA ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Yüksek Lisans Tezi

Ahmad KHOUJAH

Danışman

Dr.Öğr.Üyesi Ahmad Reshad NOORİ

İstanbul – 2025

BEYAN

Bu tezin hazırlanmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğu, kullanılan verilerde herhangi tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez olarak sunulmadığını beyan ederim.

Ahmad KHOUJAH

20/10/2025

İSTANBUL GELİŞİM ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

Ahmad KHOUJAH' ın "Analiz Yöntemlerinin Betonarme Hastane Yapılarının Deprem Davranışına Etkisinin İncelenmesi" adlı tez çalışması, jürimiz tarafından İnşaat Mühendisliği anabilim dalı, İnşaat Mühendisliği bilim dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan *Dr. Öğr. Üyesi Timuçin Alp ASLAN*

Üye *Dr. Öğr. Üyesi Ahmad Reshad NOORI*
(Danışman)

Üye *Dr. Öğr. Üyesi Hamit ÖZTÜRK*

ONAY
Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.
... / ... / 2025

İmzası
Prof. Dr. İzzet GÜMÜŞ
Enstitü Müdürü

ÖZET

Bu tez çalışmasında, TBDY-2018 (Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018) esas alınarak, betonarme hastane yapıların sismik performansı üzerine zemin yerel sınıfı ve analiz yöntemi etkisi araştırılmıştır. Çalışmalar, bilgisayar destekli analiz programı yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Hatay ili çalışma alanı olarak seçilmiş; aynı konum için iki farklı zemin yerel sınıfı (ZC ve ZD) dikkate alınmıştır. Her zemin sınıfı için Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi (EDYY), Tepki Spektrumu Yöntemi (TSY) ve İtme Analizi (İA) olmak üzere üç farklı analiz yöntemi uygulanmıştır. Modelin tasarımı ve deprem etkilerinin tanımlanmasında TBDY-2018 hükümleri esas alınmış, analizler DD-2 deprem yer hareketi düzeyi dikkate alınarak yürütülmüştür. Yapıların deprem davranışları, yönetmelikte tanımlanan düzensizlik kriterleri kapsamında değerlendirilmiş; burulma düzensizliği, komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (yumuşak kat), göreli kat ötelemesi kontrolü, ikinci mertebe etkisi (P–Δ) ve katlara etkiyen kesme kuvvetleri incelenmiştir. Elde edilen bulgular, yer hareketi düzeyinin, zemin yerel sınıfının ve analiz yönteminin yapısal düzensizlikler ile genel sismik performans üzerindeki etkilerini ortaya koymakta; bu parametrelerin TBDY-2018 kapsamında tasarım sürecinde dikkate alınmasının, depreme karşı güvenli yapı tasarımı açısından kritik öneme sahip olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY-2018), Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi (EDYY), Tepki Spektrum Yöntemi (TSY), İtme Analizi, Yapı düzensizlikleri, Betonarme Hastane Yapı, Hatay, Zemin Yerel Sınıfı.

SUMMARY

In this thesis, based on TBEC-2018 (Turkey Building Earthquake Code 2018), the effect of soil local class and analysis method on the seismic performance of reinforced concrete hospital structures is investigated. The study utilizes a computer-aided analysis program. Hatay province in Türkiye serves as the study area, and two different soil local classes (ZC and ZD) are considered for the same location. For each soil class, three analysis methods — Equivalent Earthquake Load Method (EELM), Response Spectrum Method (RSM), and Pushover Analysis (PA) — are applied.The model design and definition of earthquake effects follow the provisions of TBEC-2018, with analyses conducted under DD-2 earthquake ground motion level. The seismic behavior of the structures is evaluated within the irregularity criteria defined by the code, including torsional irregularity, stiffness irregularity between adjacent storeys (soft storey), relative storey drift control, second-order effects (P–Δ), and shear forces acting on the storeys.The findings demonstrate the influence of ground motion level, soil local class, and analysis method on structural irregularities and overall seismic performance, emphasizing that consideration of these parameters within the framework of TBEC-2018 is essential for achieving earthquake-resistant building design.

Keywords: Turkish Building Seismic Code, Equivalent Seismic Load Method, Response Spectrum Analysis Method, Push over analysis, Structural Irregularities, Reinforced Concrete Hospital, Hatay, Local Soil Class.

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **i**
SUMMARY ..... **ii**
İÇİNDEKİLER ..... **iii**
KISALTMALAR ..... **vii**
TABLOLAR LİSTESİ ..... **viii**
GRAFİKLER LİSTESİ ..... **x**
ŞEKİLLER LİSTESİ ..... **xi**
ÖNSÖZ ..... **xiv**
GİRİŞ **1**

BİRİNCİ BÖLÜM

LİTERATÜR TARAMASI..... **4**

İKİNCİ BÖLÜM
MATERYAL VE METOTLAR

2.1. Modellemede Kullanılan Analiz Yöntemleri.....16
2.1.1. Eşdeğer deprem yükü yöntemi..... 16
2.1.2. Tepki spektrum yöntemi..... 17
2.1.3. İtme analizi…..... 17
2.2. Tasarım Kriterleri..... 18
2.2.1. Uygulama alanı..... 18
2.2.2. Deprem yer harekeyi düzeyinin belirlenmesi ve elastik tasarım spektrumunun tanımlanması……..……..……..…19
2.2.2.1. ZC Yerel zemin sınıfı için deprem tehlike özellikleri 20
2.2.2.2. ZD Yerel zemin sınıfı için deprem tehlike özellikleri ……..…23
2.2.3. Yapının kullanım amacına göre sınıflandırılması ve ilgili önem katsayısının belirlenmesi……..……..…….……...27
2.2.4. Deprem tasarım sınıfının belirlenmesi…….……..……27
2.2.5. Bina yükseklik sınıfının bulunması.....28
2.2.6. Bina performans hedefleri..... 28
2.3. Deprem Etkisi Altında Düzensiz binalar..... 29
2.3.1. Planda düzensizlik durumları..... 29
2.3.1.1. A1-Burulma düzensizliği..... 29

2.3.1.2. A2-Döşeme süreksizlikleri..... 31
2.3.1.3. A3-Planda çıkıntılar bulunması 32
2.3.2. Düşey doğrultuda düzensizlik durumları..... 33
2.3.2.1. B1-Komşu katlar arası dayanım düzensizliği (zayıf kat)……..….....34
2.3.2.2. B2-Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (yumuşak kat)…….....…34
2.3.2.3. Göreli kat ötelemelerinin kontrolü..... 35
2.3.2.4. İkinci mertebe etkilerinin kontrolü 35
2.4. Hastane Yapısına İlişkin Bilgileri..... 37
2.5. Seçilen Modelin Tasarım……...…37
2.6. Tasarımda Kullanılan Yük Birleşimleri…….....37
2.7. Yük Hesabı.....38
2.8. Hastane Modelinin Yapısal Özellikleri……..……39
2.9. Hastane Modelinin Geometrik Özellikleri……..……...45

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM
MODEL KURULUMU VE SENARYOLAR

3.1. Model Kurulumu..... 49
3.1.1. Ölçü birimler, aks, kat ve materyal özellikleri oluşturulması……...…49
3.1.2. Yapı elemanları oluşturulması..... 53
3.1.3. Perde adlandırılması..... 55
3.1.4. Etkin uzunluğu tanımlanması..... 55
3.1.5. Çatlamış kesit etkin kesit rijitlik katsayısı tanımlanması……..….57
3.1.5.1. Çatlamış kiriş kesit etkin kesit rijitlik katsayısı tanımlanması…...…57
3.1.5.2. Çatlamış kolon kesit etkin kesit rijitlik katsayısı tanımlanması…....57
3.1.5.3. Çatlamış perde kesit etkin kesit rijitlik katsayısı tanımlanması…....58
3.1.6. Mafsal oluşturulması..... 58
3.1.7. Kabuk elemanlarının bölümlendirilmesi..... 59
3.1.7.1. Perde bölümlendirilmesi..... 59
3.1.7.2. Döşeme bölümlendirilmesi 60
3.1.8. Yük tanımlanması..... 60
3.1.8.1. Döşemelere yük tanımlanması..... 60
3.1.8.2. Kirişlere ait yük tanımlanması……..….61
3.1.9. Diyaframı tanımlanması..... 61
3.1.10. Kütle kaynağı tanımlanması..... 61

3.1.11. Mesnet tanımlanması..... 62
3.2. Senaryolar..... 62
3.3. Analiz Yöntemlerinin Tanımlanması..... 63
3.3.1. EDYY Tanımlanması……..... 63
3.3.1.1. EDYY'de Yük modelleri ve durumları tanımlanması ……..……...63
3.3.1.2. EDYY'de ZC için Uygulanılan yük birleşimleri…….……..65
3.3.1.3. EDYY'de ZD için Uygulanılan yük birleşimleri……..…...……..67
3.3.2. TSY Tanımlanması……..……..…69
3.3.2.1. TSY'de Yük modelleri ve durumları tanımlanması……...…...…69
3.3.2.2. TSY'de ZC ve ZD için Uygulanılan yük birleşimleri……...70
3.3.3. İA Tanımlanması……..……..……..……71
3.3.3.1. İA Nonlineer mafsal oluşturulması…….....71
3.3.3.2. İA'da Yük modelleri ve durumları tanımlanması…...…….....72
3.3.3.3. İA'da ZC ve ZD için Uygulanılan yük birleşimleri……..…….....75

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM
BULGULAR

4.1. A2-Döşeme Süreksizlikleri……..……..76
4.2. A3-Planda Çıkıntılar Bulunması……..……..76
4.3. B1-Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (Zayıf Kat)……77
4.4. B3-Taşıyıcı Sistem Düşey Elemanlarının Süreksizliği……..…77
4.5. EDYY Sonuçları…….……..……77
4.5.1. EDYY ile A1-Burulma düzensizliği kontrolü……..…...……...……...77
4.5.1.1. ZC için EDYY ile Burulma düzensizliği sonuçları….....77
4.5.1.2. ZD için EDYY ile Düzensizliği sonuçları…….....81
4.5.2. EDYY ile B2-Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (yumuşak kat)..…83
4.5.2.1. zc için edyy ile komşu katlar arası rijitlik düzensizliği sonuçları.....83
4.5.2.2. ZD için EDYY ile Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği sonuçları85
4.5.3. EDYY ile Göreli kat ötemeleri……..……..……86
4.5.3.1. ZC için EDYY ile Göreli kat ötemelerinin sonuçları……...…86
4.5.3.2. ZD için EDYY ile Göreli kat ötemelerinin sonuçları…….……..87
4.5.4. EDYY ile İkinci mertebe etkilerinin kontrolü……...88
4.5.4.1. ZC için EDYY ile İkinci mertebe etkilerinin sonuçları.....89
4.5.4.2. ZD için EDYY ile İkinci mertebe etkilerinin sonuçları…….…...90

4.5.5. EDYY ile Yük birleşimler altında katlara etkiyen kesme kuvvetleri.....91
4.5.5.1. ZC için EDYY ile Yük birleşimler altında katlara etkiyen kesme kuvvetleri sonuçları……..……..…...92
4.5.5.2. ZD için EDYY ile Yük birleşimler altında katlara etkiyen kesme kuvvetleri sonuçları……..……..……92
4.6. TSY Sonuçları…….……..…….93
4.6.1. TSY ile A1-Burulma düzensizliği kontrolü……...93
4.6.1.1. ZC için TSY ile Burulma düzensizliği sonuçları……...…....93
4.6.1.2. ZD için TSY ile Burulma düzensizliği sonuçları……..….97
4.6.2. TSY ile B2-Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (yumuşak kat)……101
4.6.2.1. ZC için TSY ile Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği sonuçları..101
4.6.2.2. ZD için TSY ile Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği sonuçları.102
4.6.3. TSY Analiz yöntemiyle göreli kat ötemeleri…….……..…...103
4.6.3.1. ZC için TSY ile Göreli kat ötemelerinin sonuçları……..…103
4.6.3.2. ZD için TSY ile Göreli kat ötemelerinin sonuçları……..104
4.6.4. TSY ile İkinci mertebe etkilerinin kontrolü…….105
4.6.4.1. ZC için TSY ile İkinci mertebe etkilerinin sonuçları……...105
4.6.4.2. ZD için TSY ile İkinci mertebe etkilerinin sonuçları……..106
4.6.5. TSY ile Yük birleşimler altında katlara etkiyen kesme kuvvetleri…...…108
4.6.5.1. ZC için TSY ile Yük birleşimler altında katlara etkiyen kesme kuvvetleri sonuçları……...……..110
4.6.5.2. ZD için TSY ile Yük birleşimler altında katlara etkiyen kesme kuvvetleri sonuçları……..……..…….108
4.7. İA Sonuçları…….……..……..109
4.7.1. İA ile Yük birleşimler altında katlara etkiyen kesme kuvvetleri…….....109
4.7.1.1. ZC için İA Yük birleşimler altında katlara etkiyen kesme kuvvetleri sonuçları…….……...…….109
4.7.1.2. ZD için İA ile Yük birleşimler altında katlara etkiyen kesme kuvvetleri sonuçları……..…..……..…….110
SONUÇLAR VE ÖNERİLER 111
KAYNAKÇA 113
ÖZGEÇMİŞ 118

KISALTMALAR

AFAD	**:**	Afad ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı
BKS	**:**	Bina Kullanım Sınıfı
BYS	**:**	Bina Yüksek Sınıfı
D	**:**	Dayanım Fazlalığı Katsayısı
DD-2	**:**	50 Yılda Aşılma Olasılığı %10 (Tekrarlanma Periyodu 475 Yıl) Olan Deprem Yer Hareketi Düzeyi
DGT	**:**	Dayanıma Göre Tasarım
DTS	**:**	Deprem Tasarım Sınıfı
EDYY	**:**	Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi
g	**:**	Yerçekimi İvmesi [g = 9.81 m/s2]
G	**:**	Sabit Yük Etkisi
İA	**:**	İtme Analizi
N	**:**	Binanın Bodrum Katlarının üstündeki toplam Kat Sayısı
PGA	**:**	En Büyük Yer İvmesi [g]
PGV	**:**	En Büyük Yer Hızı [cm/sn]
Q	**:**	Hareketli Yük Etkisi
R	**:**	Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısının
S	**:**	Saniye
S1	**:**	1.0 Saniye Periyot için Harita Spektral İvme Katsayısı
Sae(T)	**:**	Yatay Elastik Tasarım Spektral İvmesi [g]
SaR(T)	**:**	Yatay Deprem Etkisi Altında Azaltılmış Tasarım İvme Spektrumu
SEY	**:**	Sonlu Eleman Yöntemi
Ss	**:**	Kısa Periyot Harita Spektral İvme Katsayısı [boyutsuz]
ŞDGT	**:**	Şekil Değiştirmeye Göre Tasarım
TDTH	**:**	Türkiye Deprem Tehlike Haritaları
TSY	**:**	Tepki Spektrumu Yöntemi
YZS	**:**	Yerel Zemin Sınıfı
ZC	**:**	Çok Sıkı Kum, Çakıl ve Sert Kil Tabakaları veya Ayrışmış, Çok Çatlaklı Zayıf Kayalar
ZD	**:**	Orta Sıkı - Sıkı Kum, Çakıl veya Çok Katı Kil Tabakaları

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1. ZC için DD-2 yerel zemin sınıfları..... 20
Tablo 2. ZC için DD-2 yerel zemin etki katsayıları……..…….21
Tablo 3. ZC için DD-2 yerel zemin sınıfı ZC ve S_S = 1.164 için Fs=1.200……..…21
Tablo 4. ZD için DD-2 yerel zemin sınıfları……..…….24
Tablo 5. ZD için DD-2 yerel zemin etki katsayıları……..….24
Tablo 6. ZD için DD-2 yerel zemin sınıfı ZD ve S_S = 1.164 için Fs=1.034…….….25
Tablo 7. Bina kullanım sınıfları ve bina önem katsayıları……..…...27
Tablo 8. Deprem tasarım sınıfları (DTS)……..…….27
Tablo 9. Bina yükseklik sınıfları ve deprem tasarım sınıflarına göre tanımlanan bina yükseklik aralıkları……..…….…...28
Tablo 10. Deprem tasarım sınıflarına göre yeni yapılacak veya mevcut binalar için28
Tablo 11. Bina taşıyıcı sistemleri için taşıyıcı sistem davranış katsayısı, dayanım fazlalığı katsayısı ve izin verilen bina yükseklik sınıfları……...…33
Tablo 12. Seçilen tasarım modeline ait TBDY (2018) tasarım değişkenleri…….37
Tablo 13. Tasarımda kullanılan yük birleşimleri……...38
Tablo 14. Yatay ve düşey aks mesafeleri……..….39
Tablo 15. Kolon, perde ve kiriş boyutları ve aks'a göre yerleşimleri……....39
Tablo 16. ZC'nin EDYY'de kullanılan yük birleşimleri……..…....66
Tablo 17. ZD'nin EDYY'de kullanılan yük birleşimleri……..…….....67
Tablo 18. TSY'de kullanılan yük birleşimleri……..…….....70
Tablo 19. İA yük birleşimleri……..…...75
Tablo 20. Döşeme süreksizlikleri……..……76
Tablo 21. Planda çıkıntılar bulunması……...….76
Tablo 22. Zayıf kat bulunması……..….77
Tablo 23. EDYY ile ZC'nin burulama düzensizliği için gerekli düzeltmeleri…….....78
Tablo 24. EDYY ile ZC için burulma düzensizliği kontrolü……..…….....80
Tablo 25. EDYY ile ZD'nin burulma düzensizliği için gerekli düzeltmeleri……....81
Tablo 26. EDYY ile ZD için burulma düzensizliği kontrolü…….…….……...82
Tablo 27. EDYY ile ZC için B2-komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü ...84
Tablo 28. EDYY ile ZD için B2-komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü ...85
Tablo 29. EDYY ile ZC için göreli kat ötelemesi kontrolü …….….86
Tablo 30. EDYY ile ZD için göreli kat ötelemesi kontrolü ……...……..….87
Tablo 31. EDYY ile ZC için ikinci mertebe etkisi kontrolü ...……..…89

Tablo 32. EDYY ile ZD için ikinci mertebe etkisi kontrolü……...…….91
Tablo 33. EDYY ile ZC için katlara etkiyen kesme kuvvetleri…….....92
Tablo 34. EDYY ile ZD için katlara etkiyen kesme kuvvetleri…….…...92
Tablo 35. ZC için TSYile burulma düzensizliği belirlemek amacıyla ölçeklenmiş değerleri……..……93
Tablo 36. TSY ile ZC için burulma düzensizliği kontrolü……..…….....95
Tablo 37. ZD için TSY burulma düzensizliği belirlemek amacıyla ölçeklenmiş değerleri……..……97
Tablo 38. TSY ile ZD için burulma düzensizliği kontrolü…… ….....99
Tablo 39. TSY ile ZC için B2-komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü…..101
Tablo 40. TSY ile ZD için B2-komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü….102
Tablo 41. TSY ile ZC için göreli kat ötelemesi kontrolü ……..…….....103
Tablo 42.TSY ile ZD için göreli kat ötelemesi kontrolü ……..……...104
Tablo 43. TSY ile ZC için ikinci mertebe etkisi kontrolü……...…....105
Tablo 44. TSY ile ZD için ikinci mertebe etkisi kontrolü …….……....107
Tablo 45. TSY ile ZC için katlara etkiyen kesme kuvvetleri…….…….…….108
Tablo 46. TSY ile ZD için katlara etkiyen kesme kuvvetleri……..…….109
Tablo 47. İA ile ZC için katlara etkiyen kesme kuvvetleri…….…….109
Tablo 48. İA ile ZD için katlara etkiyen kesme kuvvetleri…….....110

GRAFİKLER LİSTESİ

Grafik 1. ZC yerel zemin sınıfı için Yatay Elastik Tasarım Spektrumu (AFAD, 2018, TDTH)…….……..22

Grafik 2. ZC yerel zemin sınıfı için Düşey Elastik Tasarım Spektrumu (AFAD, 2018, TDTH)…….……..23

Grafik 3. ZD yerel zemin sınıfı için yatay elastik tasarım spektrumu (AFAD, 2018, TDTH)……...……..26

Grafik 4. ZD yerel zemin sınıfı için düşey elastik tasarım spektrumu (AFAD, 2018, TDTH)……...……..26

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Çalışma Alanının Yeri (AFAD, 2018, TDTH)…….....…19
Şekil 2. ZC için DD-2 AFAD Haritası……..……..……..20
Şekil 3. ZC için DD-2 Tasarım Spektral İvme Katsayıları…….…....22
Şekil 4. ZD için DD-2 AFAD Haritası……....……..23
Şekil 5. ZD için DD-2 Tasarım Spektral İvme Katsayıları……...….25
Şekil 6. Göreli Kat Ötelemeleri……....…….30
Şekil 7. Kat Deplasmanları (di)……..……..….30
Şekil 8. Eşdeğer Deprem Yükü Yönteminin Uygulanabileceği Binalar……..…….31
Şekil 9. A2 Türü Düzensizlik Durumu-I……...….31
Şekil 10. A2 Türü Düzensizlik Durumu-II……....…….32
Şekil 11. A2 Türü Düzensizlik Durumu-II ve III…….…..…32
Şekil 12. A3 Türü Düzensizlik Durumu……..…..…….33
Şekil 13. Göreli Kat Deplasmanları…….....……...34
Şekil 14. Zemin Kat Sonlu Planı……...…….……....42
Şekil 15. 1. Kat Sonlu Planı……..……..……...42
Şekil 16. 2. Kat Sonlu Planı…….……....……...43
Şekil 17. 3. Kat Sonlu Planı……..……..…….....43
Şekil 18. 4. Kat Sonlu Planı……...……....……...44
Şekil 19. Çatı Kat Sonlu Planı……....……44
Şekil 20. Hastaneyi 3 Boyutlu Modeli……..…..…...45
Şekil 21. 10-10 Kesidi……..……..46
Şekil 22. Zemin Kat Planı……..…...…..46
Şekil 23. 1. Kat Planı……..……47
Şekil 24. 2. Kat Planı……..……47
Şekil 25. 3. Kat Planı……..……47
Şekil 26. 4. Kat Planı……..……48
Şekil 27. Çatı Kat Planı…….…….48
Şekil 28 . Hastaneyi 3 Boyutlu Sonlu Elemanlar Modeli……...48
Şekil 29. Yapısal Modelde Tanımlanan Ölçü Birimleri……...…….……49
Şekil 30. Yapının X ve Y Aks Mesafeleri……..…….…...……50
Şekil 31. Yapının Kat Adları, Kodları ve Yükseklikleri…….……..……50
Şekil 32. Kullanılan Betonun Malzeme Özellikleri …….…….……..……..51
Şekil 33. Kullanılan Donatı Özellikleri …….……...…..…..……52

Şekil 34. Örnek Bir Kolonun Geometrik ve Malzeme Özellikleri..……..…..…..…53
Şekil 35. Örnek Bir Perdenin Geometrik ve Malzeme Özellikleri …...……...…..…54
Şekil 36. Döşeme Özellikleri……...……...…….....54
Şekil 37. Perde Adlarını……...…..…….55
Şekil 38. Bir Kirişin Etkin Uzunluğu…….....……...56
Şekil 39. Kolon Etkin Uzunluğu Özellikleri……...……56
Şekil 40. Çatlamış Kiriş Özellikleri…….....……..….57
Şekil 41. Çatlamış Kolon Özellikleri……..…...…..……...57
Şekil 42. Çatlamış Perde Özellikleri…….…….....58
Şekil 43. Bir Kirişin Mafsal Özellikleri……...…...58
Şekil 44. Mafsal Yerleşimleri Gösterilmiştir……...…...59
Şekil 45. Perde Bölümlendirilme Özellikleri……...…….....59
Şekil 46. Döşeme Bölümlendirilme Özellikleri…….…….....60
Şekil 47. Döşemelere Ait Sabit Yük Özellikleri…….....……60
Şekil 48. Duvardan Bir Kirişe Ait Yük Özellikleri…….....……61
Şekil 49. Zemin Kat Diyaframını……....……..61
Şekil 50. Kütle Kaynağı Özellikleri……...…..…..….62
Şekil 51. Tabanda Mesnet Özellikleri……..……..62
Şekil 52. EDYY ile (P-Δ) Özellikleri…….…..…..63
Şekil 53. EDYY Analiz Yöntemi ile Yük modelleri…….....…..64
Şekil 54. EDYY ile ZC'nin EXP yük Modeli Özellikleri……. ……..…….....65
Şekil 55. EDYY ile Yük Durumları……..…...…..…….65
Şekil 56. ZC'nin Yatay TS Fonksiyonu ……....…….....…69
Şekil 57. TSY Yük Durumları…….……...……70
Şekil 58. Kirişlere Ait Nonlineer Mafsal Bilgileri…….…..…71
Şekil 59. Kolonlara Ait Nonlineer Mafsal Bilgileri…….…..…..72
Şekil 60. (1G+0.6Q) Yük Durum Özellikleri…….…..……..73
Şekil 61. Hedef Desplasman Kontrol Noktası…….....……..74
Şekil 62. Push(1G+0.6Q) Yük Durum Özellikleri…….....…...74
Şekil 63. İA ile Yük Durumları……..……..…..…75
Şekil 64. EDYY ile ZC için Üzerine Yazma EXN'e Ait Eksantriklik Özellikleri……..…….....79
Şekil 65. EDYY Analiz Yöntemi ile ZC için Üzerine Yazma EYN'e Ait Eksantriklik Özellikleri……..……...……..79

Şekil 66. EDYY Analiz Yöntemi ile ZC için Üzerine Yazma EXN'e Ait Eksantriklik Özellikleri……..……..…….……..81

Şekil 67. EDYY Analiz Yöntemi ile ZC için Üzerine Yazma EYN'e Ait Eksantriklik Özellikleri……..……...……..82

Şekil 68. Kat Kütlesi Değerleri Hesaplamak için Kütle Kaynağı Özelliklerini ….....88

Şekil 69. ZC için Ölçeklendikten Sonra RSX Yük Durum Özellikleri……..…94

Şekil 70. ZC için Ölçeklendikten Sonra RSY Yük Durum Özellikleri…….....95

Şekil 71. ZD için Ölçeklendikten Sonra RSX Yük Durum Özellikleri…….....98

Şekil 72. ZD için Ölçeklendikten Sonra RSY Yük Durum Özellikleri…….....99

ÖNSÖZ

Öncelikle, hayatım boyunca bana güç, sabır ve direnç veren, her zorluğun üstesinden gelmemi mümkün kılan, kalbime ilham ve zihnime feraset bahşeden Yüce Rabbim Allah'a sonsuz hamd ve şükürlerimi sunarım. O'nun lütfu ve inayeti olmasaydı, bu akademik yolculuk ve bu çalışma mümkün olamazdı.

İnşaat mühendisliği alanında, çok katlı betonarme yapıların deprem karşısındaki davranışlarını etkileyen temel faktörler üzerine gerçekleştirdiğim bu yüksek lisans çalışması, mesleki donanımımın yanı sıra analitik düşünme ve araştırma becerilerimi geliştirmemde önemli bir adım olmuştur.

Bu süreçte, akademik birikimi, rehberliği ve desteğiyle her zaman yanımda olan, katkılarını hiçbir zaman esirgemeyen saygıdeğer Doç. Dr. METİN MEHMETOĞLU ve danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Ahmad Reshad NOORI'ye en içten şükranlarımı sunuyorum. Bununla birlikte, yüksek lisans eğitimim boyunca bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan tüm değerli hocalarıma ve tez jürisinde yer alan Dr. Öğr. Üyesi Timuçin Alp ASLAN ve Dr. Öğr. Üyesi Hamit ÖZTÜRK hoclarıma da teşekkür ederim.

Hayatım boyunca maddi ve manevi desteğini üzerimden eksik etmeyen aileme en derin şükranlarımı sunarım. Başta kıymetli babam Omar, benim nişanlım Alaa ve sevgili annem Haifaa olmak üzere, değerli Marah, Hajar ve Amjad, kardeşlerim ve tüm aile bireylerime gönülden teşekkür ederim.

Bu çalışmada katkısı bulunan, doğrudan ya da dolaylı emeği geçen herkese samimiyetle teşekkür ederim.

GİRİŞ

Deprem, yapı mühendisliğinde en karmaşık ve yıkıcı etkileri doğuran doğal olaylardan biridir. Geçmişte yaşanan yıkıcı depremler, özellikle kamu hizmeti veren binaların (okul, hastane, itfaiye vb.) deprem güvenliği açısından ne denli kritik olduğunu açıkça göstermiştir. Bu yapılar, sadece kullanıcılarının değil, afet sonrası toplumun tamamının hizmet alacağı stratejik öneme sahip yapılardır. Bu nedenle, deprem etkileri altında taşıyıcı sistem davranışlarının doğru biçimde analiz edilmesi, burulma düzensizlikleri, yumuşak kat oluşumu, göreli kat ötelemeleri ve ikinci mertebe (P–Δ) etkilerinin dikkatle değerlendirilmesi gerekmektedir.

Bu tez çalışmasında, örnek bir hastane binasının deprem performansı, Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi (EDYY), Tepki Spektrum Yöntemi (TSY) ve İtme Analizi (Pushover Analizi-İA)) kullanılarak incelenmiştir. Çalışmada amaç, farklı analiz yöntemlerinin yapı davranışına olan etkilerini karşılaştırmak, her yöntemin avantaj ve sınırlılıklarını ortaya koymak ve elde edilen sonuçların taşıyıcı sistemin güvenliği ile yönetmelik sınırları arasındaki ilişkiyi irdelemektir.

İlk aşamada, EDYY ile yapıya etki eden deprem yükleri, TBDY 2018'de belirtilen esaslara göre belirlenmiş; yapının genel kesme kuvvetleri, kat ötelenmeleri elde edilmiştir. Bu yöntem, özellikle düşük ve orta yükseklikteki düzenli binalar için basitleştirilmiş ama güvenilir bir yaklaşım sunmakta; binanın genel deprem davranışını öngörmek açısından temel bir referans oluşturmaktadır.

İkinci aşamada, TSY uygulanmıştır. Bu yöntem, yapının doğal titreşim modlarının deprem ivme spektrumu ile etkileşimini dikkate alarak daha gerçekçi bir dinamik analiz sağlamaktadır. Her bir mod için hesaplanan maksimum tepkiler, yönetmelikte tanımlanan birleştirme kuralları (SRSS veya CQC) ile toplanarak yapının genel deprem davranışı değerlendirilmiştir. Böylece, yapının mod şekilleri, modal kat kütleleri ve modal kat kesme kuvvetleri üzerinden dinamik tepki profili ayrıntılı biçimde elde edilmiştir.

Üçüncü aşamada ise, yapının doğrusal olmayan davranışını incelemek amacıyla İA gerçekleştirilmiştir. Bu analiz, taşıyıcı sistemin kapasitesini ve göçme mekanizmasını belirlemede önemli bir yöntemdir.

Çalışma kapsamında analizler, ZC ve ZD yerel zemin sınıfları için ayrı ayrı yapılmıştır. Böylece zemin özelliklerinin yapı davranışı üzerindeki etkisi irdelenmiş,

özellikle taban kesme kuvveti değişimi ve göreli kat ötelemeleri açısından karşılaştırmalar yapılmıştır. Elde edilen sonuçlarda, zemin sınıfının yapının dinamik özellikleri üzerindeki etkisinin belirgin olduğu gözlemlenmiştir.

Ayrıca yapıda burulma düzensizlik oranları, yumuşak kat kontrolü ve göreli kat ötelemeleri TBDY 2018'in ilgili bölümleri uyarınca hesaplanarak kontrol edilmiştir. Elde edilen bulgular, özellikle alt katlarda rijitlik azalmalarının ve burulma etkilerinin yapının genel davranışında önemli rol oynadığını ortaya koymuştur. Kat kesme kuvvetlerinin dağılımı da her bir analiz yöntemi için karşılaştırmalı olarak incelenmiş, doğrusal ve doğrusal olmayan analiz sonuçları arasındaki farklar detaylı biçimde değerlendirilmiştir.

Sonuç olarak bu çalışma, farklı analiz yöntemlerinin aynı yapı üzerinde uygulanmasıyla elde edilen sonuçların karşılaştırılması yoluyla, yapı performansını etkileyen parametrelerin anlaşılmasına katkı sağlamayı amaçlamaktadır. Eşdeğer Deprem Yükü, Tepki Spektrum ve İtme Analizi yöntemlerinin birlikte değerlendirilmesiyle, deprem mühendisliğinde analiz çeşitliliğinin yapısal güvenlik üzerindeki rolü açıkça ortaya konulmuştur. Böylece, özellikle hastane binaları gibi yüksek önem katsayısına sahip yapıların tasarımında doğru analiz yönteminin seçiminin önemi vurgulanmıştır.

BİRİNCİ BÖLÜM

LİTERATÜR TARAMASI

Depremler, meydana geldikleri bölgelerde büyük can ve mal kayıplarına neden olmaları, yerleşim alanlarının fiziksel ve ekonomik yapısını ciddi biçimde etkilemeleri nedeniyle mühendislik ve mimarlık alanlarında en fazla araştırılan konulardan biri olmuştur. Bu kapsamda, geçmişten günümüze birçok araştırmacı depremin yapılar üzerindeki etkilerini incelemiş, farklı analiz ve tasarım yöntemleri geliştirerek yapı güvenliğini artırmaya yönelik çalışmalar yürütmüştür. Literatürde yer alan bu çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Sucuoğlo (2000), Türkiye'de meydana gelen iki büyük deprem ve bu depremlerin neden olduğu hasarların incelemiştir. Depremlerin etkilerini, özellikle inşaat yapılarının ve önceden yapılmış betonarme tesislerin yeterli sismik direnç göstermemesi nedeniyle yaşanan büyük kayıpları ve altyapı hasarlarını analiz etmiştir. 1999 depremi, İstanbul'daki mevcut bina stoğunun yetersiz sismik güvenlik nedeniyle büyük kayıplara yol açtığını ve bu durumun Türkiye'nin yakın geleceği için büyük bir sorun teşkil ettiğini açıkça ortaya çıkarmıştır. Schott vd. (2004), Türkiye gibi deprem riski yüksek bölgelerdeki tipik bina türlerinin dayanıklılığı incelemişlerdir. Yapısal analizler, zemin koşulları ve iki farklı yazılım (ETABS Nonlinear ve SLang) kullanılarak hayata geçirilmiştir. Türkiye'den dokuz temsilci bina seçilerek yapısal parametreler belirlemişler ve kapasite eğrileri hesaplamışlardır. Kapasite spektrum yöntemiyle binaların performans noktası belirlenip, 1999 Kocaeli depreminden alınan kayıtlarla karşılaştırmalar yapmışlardır. Yapılan analizler, binaların sismik yük altında ne kadar hasar alacağını ve bu hasarın gerçek durumla nasıl uyuştuğunu belirleyerek, tasarım spektrumuna göre binanın nihai yük kapasitesini belirlemek için kullanılacak yöntemler sunmuşlardır.

Hayalioğlu vd. (2004), yarı-rijit bağlantılı çelik çerçevelerin analiz ve tasarım yöntemini sunmuşlardır. Yarı-rijit bağlantılar Frye ve Morris polinomsal modeli ile modellemişlerdir. P-Δ etkileri dikkate alınarak TS 648 (1980) standardına göre etkileşimli bir tasarım süreci uygulamışlardır. Yarı-rijit bağlantı modellemesi, rijit bağlantıya kıyasla daha ekonomik çözümler sunmakta ve bağlantı rijitliğindeki değişikliklerin çerçevenin ötelenmesini ve maliyetini önemli ölçüde etkilediğini ortaya koymuşlardır. Torunbalcı (2004), yapılar için sismik performansı iyileştirmek

amacıyla kullanılan sismik yalıtım ve enerji sönümleme sistemlerinin tarihçesini ve gelişimini incelemiştir. Özellikle pasif sistemlere, özellikle de temel yalıtım sistemlerine odaklanarak, bu sistemlerin gelişimi ve ilerlemesi değerlendirmiştir. Pasif, aktif ve hibrit cihazların araştırma ve geliştirme çalışmalarını inceleyerek, bu cihazların yapılar üzerindeki etkilerini ve uygulamalarını tartışmıştır. Ayrıca, Türkiye'deki mevcut sismik koruma sistemleri durumunu gözden geçirmiştir. Türkiye'de sismik yalıtım sistemlerinin henüz yaygın olmadığı ancak bu sistemlerin davranışlarını araştırmaya yönelik birçok araştırma faaliyeti yürütüldüğü, bu sistemlerin yaygın kullanımının kullanıcı farkındalığıyla sağlanabileceği sonucuna varmıştır.

Sucuoğlu (2006), TDY-2007 mevcut binaların değerlendirilmesi ve güçlendirilmesine ilişkin 7. bölümünü incelemiştir, doğrusal elastik ve doğrusal olmayan statik analiz yöntemleri ile performansa dayalı değerlendirme yaklaşımını kullanmıştır. Türk yönetmeliği, Eurocode 8'e göre daha esnek doğrusal analiz kriterleri ve eleman performanslarının birleştirilmesiyle sistem düzeyinde performans belirleme farkları gösterdiğini göstermiştir. Kuran vd. (2007), TDY-2007'deki yeni analiz yaklaşımlarını kullanarak 1502 tipi bir afet konutunun sismik performansını değerlendirmişlerdir. Yapı, doğrusal ve doğrusal olmayan analiz yöntemleriyle değerlendirilmiş ve her iki yöntem karşılaştırmalı olarak uygulamışlardır. İncelenen yapı "çökme" performans seviyesinde bulunmuş ve benzer özelliklere sahip eski yapıların can ve mal kaybını önlemek için güçlendirilmesi veya yeniden inşa edilmesi gerektiği göstermişlerdir. Taşdemir (2007), çok katlı bir çelik hastane binasının Eurocode 3'e göre üç boyutlu statik analizini ve tasarımını gerçekleştirmiştir. EDYY kullanılarak bilgisayar destekli yapısal analiz yapılmış ve taşıyıcı sistem elemanları yönetmeliklere göre boyutlandırmıştır. Yapılan analiz sonucunda, rüzgar kuvvetlerinin kesit belirlemede; deprem kuvvetlerinin ise deplasman sınırlamalarında etkili olduğu, dolayısıyla rüzgar yüklerinin tasarımda daha belirleyici olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Aldemir ve Ay (2008), yığma yapıların deprem performansını etkileyen yönetmelik düzenlemelerini inceleyerek Türkiye'deki mevcut durumun uluslararası standartlarla karşılaştırmasını yapmışlardır. Türk Deprem Yönetmeliği'nin son iki versiyonu ile güncel hali, Avrupa ve ABD'de yaygın kullanılan yığma yapı yönetmelikleriyle karşılaştırmış ve analiz etmişlerdir. Türkiye'deki yığma yapılarla ilgili mevcut yönetmeliklerin uluslararası standartlara göre yetersizliklerini ortaya

koymuş ve bu düzenlemelerin güncellenmesi için öneriler sunmuşlardır. Özer Ay ve Erberik (2008), Türkiye'deki yapı stokunun yaklaşık %75'ini oluşturan düşük ve orta katlı betonarme çerçeve yapıların sismik güvenliği, kırılganlık eğrileri aracılığıyla incelemişlerdir. Doğrusal olmayan zaman tanım alanında analizler yapılarak elde edilen taleplerle, olasılıksal limit durumlarına göre kırılganlık eğrileri oluşturmuşlardır. Yapı kalitesi düştükçe ve kat sayısı arttıkça yapısal hasar seviyeleri belirgin şekilde yükselmekte, bu durum özellikle yüksek yer hareketi şiddetlerinde daha da net hale gelmiştir. Zervent (2009), aynı geometrik yapıya, malzeme ve zemin koşullarına sahip çelik yapıların, farklı ülkelerdeki çelik yapı yönetmeliklerine göre tasarlanarak, malzeme tasarrufu açısından karşılaştırılmasını amaçlamıştır. TS 648, LRFD ve Eurocode 3 gibi üç farklı çelik yapı yönetmeliği kullanılarak, 2, 4, 6, 8 ve 10 katlı yapıların analizi ve tasarımı yapmıştır. Tasarım yüklerini hesaplamak için ilgili yönetmeliklere göre yerel ve uluslararası standartlar kullanmıştır. LRFD ve Eurocode 3 prosedürlerinin, TS 648'e göre yaklaşık %20 malzeme tasarrufu sağladığını ve her iki prosedürün 1 m² için kullanılan çelik ağırlığının neredeyse aynı olduğunu göstermiştir. Özçelik (2011), çalışmasını mevcut eksik betonarme yapıların deprem içi güçlendirilmesi üzerine odaklamıştır. Yapısal çelik elemanlar kullanılarak, chevron braces, iç çelik çerçeveler (ISF), X-braces ve şevre plakalı kolon gibi güçlendirme yöntemleri araştırmıştır. Hem deneysel hem de sayısal analizler yapmıştır. 1/3 ölçeğinde 13 güçlendirilmiş ve 2 adet referans as-built tek açıklıklı tek katlı portal çerçeve örneği, sabit yerçekimi yükü altında ve artan sıklık yatay kayma deformasyonları ile test etmiştir. Ayrıca, chevron brace ve ISF ile güçlendirilmiş ½ ölçekli üç açıklıklı iki katlı çerçeve örnekleri, sürekli psödo-dinamik test yöntemleri ile incelemiştir. X-brace ve şevre plakalı kolon birleşim yöntemlerinin sıklık performansının yetersiz olduğunu göstermiştir. Bununla birlikte, chevron brace ve ISF yöntemleri, kabul edilebilir sıklık performans sergileyerek eksik betonarme yapıların deprem güçlendirilmesi için uygun çözümler olarak önermiştir. Sayısal simülasyonlar, bu güçlendirme yöntemlerinin performans sınırlarını tahmin etmek için kullanılmış ve sonuçlar, TBDY-2018 ve ASCE/SEI 41 (2007) belgeleri ile uyumlu tasarım yaklaşımları önermiştir.

Ural vd. (2011), 20 ve 27 Aralık 2007 tarihlerinde Bala'da meydana gelen depremler sonrası sahada yapılan incelemelerle, kırsal bölgelerdeki tek katlı yığma yapıların hasar nedenlerini ve yapı davranışlarını değerlendirmeyi amaçlamışlardır.

Saha incelemeleri, depremde oluşan hasar türlerini yerinde tespit etmeye yönelik gözlemsel yöntemlerle gerçekleştirilmiş ve elde edilen bulgular Türk Deprem Yönetmeliği ile karşılaştırma yapmışlardır. Yığma yapıların büyük ölçüde hasar görmesinin temel nedeninin, kalite kontrol eksikliği, yetersiz detaylandırma ve deprem dayanımı düşük yapı uygulamaları olduğu belirlemişlerdir. Bu nedenle deprem dayanıklı yapı tasarımı ve eğitimlerin yaygınlaştırılması gerektiği vurgulamışlardır. Çelik (2011), Çift simetrik I kesitli elemanların eksenel basınç ve iki eksenli eğilme etkisi altındaki davranışlarını Eurocode 3 ve AISC 360-05 standartlarına göre incelemiştir. Teorik incelemelerle birlikte sayısal örnekler çözülmüş, SAP2000 analiz programı kullanılarak her iki standartta tasarım kontrolü yapmıştır. Her iki şartname benzer sonuçlar vermekle birlikte, AISC 360-05'in daha sade bir tasarım yaklaşımı sunduğu, Eurocode 3'ün ise daha detaylı ve karmaşık yöntemler içerdiği belirlemiştir. Aydemir (2011), 3 ve 5 katlı betonarme binalar üzerinde TDY-2007 ile Eurocode 8 yönetmelikleri maliyet açısından karşılaştırmıştır. Sta4-Cad programı kullanılarak her iki yönetmeliğe göre statik analiz yapılmış ve kolon-kiriş-döşeme kesitleri üzerinden maliyet hesaplamaları gerçekleştirmiştir. Eurocode 8'e göre yapılan tasarımlar, özellikle düşük katlı binalarda Türk yönetmeliğine göre %10'a varan oranlarda daha ekonomik sonuçlar verdiğini belirtmişlerdir. Soyluk ve Harmankaya (2012), 1940'tan 2007'ye kadar Türkiye'deki deprem yönetmeliklerinin gelişimini ve değişimini detaylı şekilde incelemişlerdir. Farklı yıllara ait deprem yönetmelikleri karşılaştırılmış ve analiz etmişlerdir. Mühendis ve mimarlar için yönetmeliklerin evrimine dair yol gösterici bir kaynak uygun olarak görülmüştür.

Safkan (2012), Kıbrıs'ta kullanılan Eurocode 8 ve TDY-2007 arasındaki deprem yükü farklarını karşılaştırarak yapı tasarımına etkilerini incelemiştir. İki farklı şehirde (Lefkoşa ve Mağusa) beş katlı betonarme konut binası için her iki yönetmeliğe göre analiz yapılmış ve taban kesme kuvvetleri karşılaştırma yapmıştır. Mağusa'da TDY-2007 kullanımının, Eurocode 8'e göre %30'dan fazla daha düşük taban kesme kuvveti verdiği görülmüş ve bu durum yapıların "eksik tasarlandığı" risk faktörlerini gözler önüne sermiştir. Bal vd. (2012), TDY-2007'de yer alan doğrusal olmayan statik değerlendirme yönteminin geçerliliğini, 1999 depremlerinden etkilenen gerçek yapılar üzerinden incelemiştir, Türkiye'den seçilen iki gerçek yapı örneği kullanılarak doğrusal olmayan statik analiz yöntemiyle yapılan değerlendirmeler test etmişlerdir. Mevcut yönetmelikteki doğrusal olmayan statik yöntemin bazı durumlarda yetersiz ve

gerçekçi olmayan sonuçlar verdiğini bu nedenle ayrıntılı bir değerlendirmeye ihtiyaç duyulduğunu ortaya koymuştur. Bayraktar vd. (2014), 2011 Van depremleri sırasında Van ve çevresindeki betonarme ve yığma minarelerde meydana gelen hasarları incelmişlerdir. Deprem yer hareketi kayıtları, saha gözlemleri ve yapısal hasar analizleri kullanılarak minarelerin hasar nedenleri değerlendirmişlerdir. Minarelerdeki ağır hasarların temel nedeni mühendislik hizmeti almadan inşa edilmeleri olup, yapısal yetersizlikler ve standart eksikliği ciddi can ve mal kaybına yol açmıştır. Inel vd. (2014), Türkiye'de yetersiz ayrıklığa sahip bitişik orta katlı betonarme binalarda deprem sırasında oluşan çarpışma (pounding) etkisinin, binaların sismik davranışı üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. 1975 ve 1998 Türkiye Deprem Yönetmeliklerine göre tasarlanmış 4 ve 7 katlı binalar için SAP2000 yazılımında doğrusal olmayan zaman tanım alanı analizleri gerçekleştirilmiş ve çarpışma etkisi bağlantı elemanlarıyla modellemişlerdir. Çarpışma yönündeki yatay yer değiştirmeyi azaltırken, serbest yönlerdeki deplasman taleplerini artırarak yapısal hasar ve göçme riskini yükselttiğinden, bitişik binaların deprem performansı değerlendirmelerinde mutlaka dikkate alınması gerektiği vurgulanmıştır. Mahmoud ve Abdallah (2014), Kahire'deki bir perde duvarlı konut binasının sismik performansını TSY ve EDYY ile analiz etmişlerdir. Etabs yazılımı ile gerçekleştirilen analizlerde, Mısır Deprem Yönetmeliği esas alınmıştır. Çalışmalarında TSY yönteminin her iki yönde tepki ürettiğini, EDYY'nin ise sadece yükleme yönünde tepki verdiğini göstermişlerdir. Ayrıca, TSY analizinde özellikle üst katlarda daha yüksek kesme kuvvetleri ve burulma düzensizliği ortaya çıkardığı, EDYY ise maksimum deplasman değerlerinde daha yüksek sonuçlar ortaya koyduğunu bulmuşlardır.

Yılmaz (2015), kompozit yapı elemanlarının tasarımı ve hesap kuralları, Eurocode 4 ve AISC yönetmeliklerine göre incelenmiş ve kompozit kolonlu yapılar ile çelik kolonlu yapılar arasındaki maliyet ve performans karşılaştırmıştır. Kompozit kolon ve çelik kolonlu bir yapının tasarımı Etabs programı ile AISC yönetmeliğine göre yapılmış, kat deplasmanları, kullanılan eleman kesitleri ve maliyetler karşılaştırmıştır. Kompozit yapılar, çelik kolonlu yapılara göre daha sünek ve deprem bölgelerinde daha avantajlı olup, yüksek katlı yapılarda daha ekonomik ve verimli bir çözüm sunmaktadır. Ayache (2017), 1975, 1998 ve TDY-2007 Türkiye Deprem Yönetmeliklerinin karşılaştırmalı olarak yapı performansı, maliyet ve hasar oranları açısından analizini yapmıştır. Yapıların deprem altındaki davranışlarını

değerlendirmek için TDY-2007'de yer alan doğrusal olmayan statik itme analizi (pushover analizi) yöntemi kullanmıştır. 1975 deprem Yönetmeliği'nin güvenlik kriterlerini karşılamadığı ve sismik bölgelerde tehlikeli olduğu, buna karşın 1998 ve 2007 yönetmeliklerinin daha güvenli olduğu tespit etmiştir. Arvindreddy, ve Fernandes (2015), 15 katlı betonarme düzenli ve düzensiz yapıların deprem davranışını, TSY ve EDYY kullanarak incelemektedir. Etabs 2013 ve IS 1893-2002 standartlarına göre yaptıkları analizlerde, özellikle rijitlik düzensizliği olan yapıların, depremde daha erken doğrusal olmayan davranış sergilediğini göstermişlerdir. EDYY'nin TSY'ye kıyasla daha düşük deplasman değerleri verdiği ortaya konmuştur. Sonuç olarak, düzensiz yapıların deprem performansının daha kritik olduğu ve dinamik analizlerle değerlendirilmesi gerektiği belirtilmiştir. Buyuktaskin (2017), geometrik olarak aynı olan iki çok katlı çelik binayı, farklı yatay yük taşıma sistemleriyle deprem koşulları altında yapısal olarak analiz etmekte ve bu binaların yapısal sistemlerinin inşaat maliyetlerini karşılaştırmıştır. İki sistem, sonlu elemanlar metodu (SEM) kullanılarak yapısal olarak analiz edilmiş ve karşılaştırmıştır. Birinci sistem eksantrik çelik braketli çerçeve, ikinci sistem ise çelik çerçeve ile birleşen, minimum kalınlıkta betonarme çekirdek ve kesme duvarlardan oluşan bir sistemdir, betonarme çekirdekli ve çelik çerçeveli "dual sistemin", sadece yapısal sistemleri açısından %34 daha düşük maliyetli olduğunu ve Türkiye gibi deprem bölgesindeki çok katlı çelik binalarda bu tür sistemlerin daha ekonomik çözümler sunduğunu göstermektedir. Ayrıca, ince çelik kolonlar ve kirişler kullanarak daha fazla iç mekan alanı elde edilebileceği vurgulamıştır. Nemutlu ve Sarı (2018), TDY-2007 ve TBDY-2018 arasındaki farkları ve bu farkların yapı tasarımına etkilerini incelemişlerdir. 4 katlı betonarme çerçeve sistem ve 9 katlı betonarme perde-çerçeve sistem, her iki yönetmeliğe göre ayrı ayrı tasarlanarak taban kesme kuvvetleri analiz etmişlerdir. Yönetmelikler arasındaki farklar, tasarımda oluşan taban kesme kuvvetlerinde önemli değişikliklere neden olmuş ve bu değişikliklerin sebepleri detaylı şekilde açıklamışlardır. Kakpure ve Mundhada (2017) Hindistan'ın deprem bölgesi III'te bulunan 10 ve 25 katlı betonarme binaların sismik performansını, EDYY ve TSY kullanarak karşılaştırmaktadır. Etabs 15 yazılımıyla yapılan analizlerde, Dinamik analiz, katlar arası yerdeğiştirme (G+10'da %22, G+25'te %26) ve eksenel yüklerde (köşe kolonlarda %7-8) daha düşük değerler vermiştir. Kirişlerdeki eğilme momentleri dinamik analizde %3-7 daha az çıkmıştır. Yüksek katlı binalarda üst kat deplasmanları

her iki yönde (X-Y) maksimum seviyededir. Tüm parametrelerde dinamik analiz daha ekonomik sonuçlar üretmiştir ve yapısal tasarımda tercih edilmesi önerilmiştir.

Korkmaz vd. (2018), çok katlı taşınmaz tuğla binaların performansını değerlendirmek amacıyla performans temelli değerlendirme yöntemlerini kullanarak, özellikle Erzurum'daki tarihi Khatib Okulu örneği üzerinden yapısal performans analizi yapmışlardır. Çok katlı URM binalarının yapısal davranışını ve sismik riskini değerlendirmek için belirlenen PBA şablonunu kullanarak, bir vaka çalışması üzerinde incelemeler yapmışlardır. Tarihi URM yapıların performans temelli değerlendirmelerini daha iyi tanımlamak amacıyla bir PBA şablonu geliştirmiş ve bu şablonun, benzer yapılar için yapılacak gelecekteki çalışmalar için faydalı olacağı sonucuna varmışlardır. Ahmad (2018), Avrupa ve Amerika Birleşik Devletleri'ne ait deprem yönetmeliklerinin TDY-2007, EC8, ASCE 7/16, TBDY-2018 sismik tasarım esasları ve hesap yöntemleri açısından karşılaştırılması çalışmıştır. EDYY ve Mod Birleştirme Yöntemini (MBY) kullanarak çelik çerçeveli ofis binası modeli üzerinde SAP2000 programı ile deprem analizleri yapmıştır. EC8 yönetmeliği en elverişsiz sonuçları vererek daha güvenli ancak ekonomik olmayan tasarımlar üretirken, TBDY-2018 daha hassas ve gerçekçi hesaplar sağlayarak TDY-2007'ye kıyasla daha gelişmiş bulmuştur. Kazancı (2018), farklı bina yüksekliklerinde, deprem bölgelerinde ve zemin sınıflarında betonarme yapıların TDY-2007 ve Eurocode 8 yönetmeliklerine göre deprem etkisi altındaki davranışları karşılaştırmıştır. EDYY ve MBY kullanarak yapısal analizler gerçekleştirmiştir. EDY ile elde edilen değerler genelde MBY'ye göre daha büyük çıkarken, zemin yumuşadıkça yönetmelik ve yöntemler arasındaki farkların arttığı gözlemlemiştir. Yön ve Onat (2019), TBDY-2018 ile TDY-2007'nin hasar sınırlarını karşılaştırma yapmışlardır. Orta katlı bir betonarme yapı modeli üzerinde Artan Dinamik Analiz (IDA) yöntemi uygulanmış ve lif eleman modeli ile doğrusal olmayan analiz gerçekleştirmişlerdir. Yeni yönetmelik olan TBDY-2018,TDY-2007'ye kıyasla daha yüksek hasar tahminleri yaparak güvenli tarafta kaldığını ortaya koymuşlartdır..

Adali ve Ozelik (2019), Türkiye'de yaygın olarak kullanılan ters V tipi çaprazlı çerçevelerin (IVBF) TBDY-2018'ne göre sismik performansını değerlendirmişlerdir. İki katlı bir IVBF sistemi TBDY-2018'ye göre tasarlanmış ve çeşitli yer hareketi seviyelerine göre ölçeklenmiş depremler altında doğrusal olmayan zaman tanım alanında analizler gerçekleştirmişlerdir. Analiz sonuçlarına göre, TBDY-2018'ye

uygun tasarlanmış IVBF'lerde çapraz elemanlar TBDY-2018'nin şekil değiştirme sınırlarını aşarak göçme riski taşırken, kirişler elastik kalmış ve beklenmedik şekilde kolonlarda plastik dönmeler meydana geldiğini ortaya koymuşlardır. Atmaca vd. (2019), Gaziantep ilinde konumlanan bir okul yapısının üç farklı taşıyıcı sistem konfigürasyonu altında, TDY-2007 ve TBDY-2018 versiyonlarına göre doğrusal deprem analizleriyle karşılaştırmalı olarak incelenmesini amaçlamışlardır. SAP2000 yazılımını kullanarak doğrusal deprem hesap yöntemi ile analizler gerçekleştirmişlerdir. Yapılar yalnızca kolonlarla, kolon + perde sistemleriyle ve sadece perde duvarlarla modellenmiş ve elde edilen yer değiştirme, taban kesme kuvveti ve devrilme momenti değerlerini karşılaştırmalı olarak vermişlerdir. TBDY-2018'nin TDY-2007'ye kıyasla daha yüksek deplasman ve taban kesme kuvveti değerlerine yol açtığı ve daha güvenli tasarım sınırları sunduğu görmüşlerdir. Çakmaklı (2019), 42 katlı çelik bir yüksek ofis binasının TBDY-2018 ve ilgili standartlara göre yapısal tasarımı ve performans analizleri gerçekleştirmiştir. Tasarım süreci boyunca dayanım ve şekil değiştirmeye göre tasarım yaklaşımları (DGT ve ŞGDT) uygulanmış, doğrusal ve doğrusal olmayan zaman tanım alanı analizleri Etabs programı ile yapmıştır. Yapının sünek davranışı, merkezi çaprazlı çerçeveler aracılığıyla etkin biçimde sağlanmış ve hedeflenen deprem performans seviyeleri başarıyla karşılamıştır. Kapıdaş (2019), TBDY-2018 kapsamında betonarme yüksek binaların analiz süreçlerini ve karşılaşılan zorlukları incelemiştir. TBDY-2018 kapsamında betonarme yüksek binaların analiz süreçlerini ve karşılaşılan zorlukları incelemiştir. Çalışmanın en önemli sonucu olarak yüksek binalarda TBDY-2018'in hesap prosedürlerinin uygulanmasında çeşitli belirsizlikler ve zorluklar bulunduğunun tespit etmiştir.

Riaz vd. (2020), 22 katlı ve 4 bodrum katına sahip "Fortune One Tower" (İslamabad, Deprem Bölgesi 2B) yüksek binasının sismik davranışını incelemişlerdir. Etabs'ta modellenen bina, EDYY ve TSY ile analiz edilmiştir. TSY'nin EDYY'ye kıyasla daha ekonomik tasarım sağladığını göstermişlerdir. Kat deplasmanları TSY'de %23 daha düşük, katlar arası deplasmanlar %18 daha az, kolonlardaki eksenel yükler (köşe/periferde %4-7 azalma), kirişlerdeki eğilme momentleri %3-4 daha düşük bulunmuştur.

Atmaca vd. (2020), 1992-2020 yılları arasında Türkiye'de meydana gelen altı büyük depremin yığma ve betonarme yapıların performansına etkisini ve bu süreçteki

deprem yönetmeliklerinin evrimini incelemişlerdir. Altı yıkıcı depreme ait hasar türleri analiz edilerek, zaman içinde değişen yönetmeliklerle bağlantı kurmuşladır. Yığma ve betonarme yapılardaki hasar türleri ile yönetmelik değişimleri arasında güçlü bir ilişki olduğu görmüşlerdir. Geçmiş depremlerden çıkarılan derslerin gelecekteki hasarları azaltmada kritik öneme sahip olduğu dikkat çekmişlerdir. Tunç ve Tanfener (2020), TBDY-2018 ile eski yönetmelik TDY-2007 arasındaki farkları ve TBDY-2018'in yüksek binaların tasarımına etkilerini incelemişlerdir. İki farklı 30 katlı konut binası (biri tünel kalıp, diğeri özel moment taşıyan çerçeve sistemiyle yapılmış) TBDY-2018 ve TDY-2007'ye göre tasarlanmış ve deprem analizleriyle karşılaştırma yapmışlardır. Yeni yönetmeliğin TBDY-2018 her iki binada da genellikle daha yüksek deprem kuvvetleri ürettiği gözlemlemişlerdir. Bu sonuçla yüksek binaların tasarımında yeni yönetmeliğin etkisini göstermişlerdir.

Adali ve Ozelik (2020), TBDY-2018'ne göre tasarlanan iki katlı ters V tipi (IVBF) çerçeveli bir yapının sismik performansı incelemişlerdir. Yapının deprem performansını değerlendirmek için Artımsal Dinamik Analiz (IDA) yöntemi kullanmışlardır. Yapı için elde edilen çökme kırılganlık eğrisi ve Çökme Marj Oranı (CMR), TBEC'ye göre tasarlanan IVBF sistemlerinin sismik güvenliğini değerlendirmede etkili olduğunu göstermişlerdir. Işık vd. (2021), Türkiye'nin doğu bölgelerinde, özellikle de enerji koridoru olarak stratejik önemi artan Doğu Anadolu Bölgesi'nde, sismik tehlike analizini yapmayı amaçlamışlardır. Farklı deprem büyüklüklerini (Mw, Ms, Mb) kullanarak sismik moment değişimleri elde edilmiş ve Bingöl ili için çeşitli deprem zemin hareket seviyelerini kullanarak yapısal analizler yapmışlardır. Bingöl ilinin probabilistik sismik tehlike eğrileri, mevcut sismik tasarım kodunun çoğu diğerlerine göre daha yüksek bir deprem riski belirlediğini göstermişlerdir. Ayrıca, peak yer ivmesi değerlerinin 0.2–0.7 g arasında değiştiği ve 475 yıllık bir tekrarlama periyoduna sahip olduğu bulmuşlardır. Odabasi vd. (2021), İstanbul'daki mevcut betonarme yüksek binaların sismik performansı incelenmiş ve bu binaların deprem riskini değerlendirmişlerdir. Temsili bina tipleri oluşturularak OpenSees yazılımında sonlu eleman analizleri yapılmış ve 1999 Düzce ile Kocaeli depremlerine ait yakın-fay yer hareketleriyle doğrusal olmayan dinamik analiz uygulamışlardır. Bazı bina tiplerinin (özellikle 2C tünel kalıp sistemi) güçlü yer hareketlerinde kısmi veya tam göçme riski taşıdığı ve yer hareketinin geliş açısının göçme açısından belirleyici olabileceği tespit etmişlerdir. Yavuz (2021), 4 katlı yüksek

bir diagrid çelik yapının deprem etkileri altındaki yapısal davranışı analiz etmiştir. Yapısal analiz SAP2000 ve Idea Statica programları kullanılarak, ÇYTHYE 2018 ve TBDY 2018 yönetmeliklerine göre 3 aşamalı deprem analiz yöntemiyle gerçekleştirmiştir. Diagrid sistemin sadece eğik kolonlarında plastikleşme oluştuğunu GÖ performans hedefini sağlayarak güvenli bir davranış sergilediğini bulmuşlardır. Meral (2021), betonarme binaların tepki spektrumu ve doğrusal elastik zaman tanım alanında analizlerinden bulunan taban kesme kuvveti ve deplasman değerlerini karşılaştırmıştır. Bu sebeple 2, 4 ve 7 katlı 3-B binalar 2007 Türk Deprem Yönetmeliği'ne göre oluşturulmuştur. Sonuçlara göre iki analiz çeşidi arasındaki talepler 2 ve 7 katlı binalarda farklılık gösterirken 4- katlı binada birbirine oldukça yakın değerler elde edilmiştir. Her iki analizde de kat sayısının artışına bağlı olarak deplasman değerlerinin arttığı ve incelenen binalar içinde 7 katlı binaların daha riskli olduğu göstermiştir.

Kuria ve Brassai (2023), mevcut bir betonarme hastane yapısının sismik performansını değerlendirmek için doğrusal olmayan statik analizi kullanmıştır. Analiz sonuçlarına göreyapı, Y yönünde (4 perde duvar nedeniyle) X yönüne kıyasla daha iyi performans göstermiştir. Kolonlarda oluşan plastik mafsal riski, ilerleyici göçme tehlikesine işaret etmektedir. Analizler sonucunda kolonların kesme kapasitesinin artırılması ve mafsalların kirişlere kaydırılması gerektiğini ortaya koymuşlardır. Bu bulgular, hastane gibi kritik yapıların sismik risklerinin azaltılması için retrofit önlemleri alınmasının önemini vurgulamaktadır.Yenidoğan (2024), çalışma kapsamında, konut tipi yapılarda kullanılacak deprem yalıtım sistemlerinin tasarım parametreleri, deprem yer hareketinin özelliklerine bağlı etkileri dikkate alınarak zaman tanım alanında doğrusal olmayan elastik ötesi analizler ile incelemiştir. Çalışmada, aynı oturum planına sahip üst yapı, hem ankastre temelli hem de taban yalıtımlı sistem olarak modellenmiş ve TBDY-2018 koşulları sağlanarak karşılaştırılmıştır. Analizlerde kullanılacak deprem kayıtları, yapının hâkim periyot aralığına göre ölçeklendirilmiş ve tek serbestlik dereceli sistem yaklaşımı ile 11 çift deprem kaydı altında değerlendirme yapılmıştır.. Bu sayede, yalıtım cihazlarının yerdeğiştirme kapasitesi ve üst yapının tasarım taban kesme kuvveti hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, deprem yalıtım sistemleri, üst yapıya aktarılan deprem kuvvetlerini ve göreli kat ötelemelerini önemli ölçüde azalttığı ortaya konmuştur.

Akdemir ve Günaydın (2024), A1 burulma düzensizliğinin Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğinde yer alan tanımı ve hesaplama yöntemleri açıklanarak, burulma düzensizliğinin sebepleri incelenmiştir. Araştırılan nedenlerin sonucunda meydana gelen düzensizliğin azaltılmasına yönelik önlemler ele alınmıştır. Son bölümde ise ülkemizde yaşanan depremler sonucunda, burulma düzensizliğinin sebep olduğu yıkımlar ve hasarlar incelenerek görsellerle belirtilmiştir. Çalışma sonucunda ise ülkemizin aktif deprem bölgesinde olması sebebiyle yaşanan depremlerde can ve mal kaybına sebep olan burulma düzensizliğinin yapı tasarımında ve inşasında oldukça önemli bir etken olduğuna, göz ardı etmeyerek dikkat edilmesi gerektiğine değinilmiştir.Nomanoğlu vd. (2024)., çok katlı betonarme binaların TBDY-2018 hükümleri doğrultusunda tasarım ve analizlerini gerçekleştirmişlerdir. Betonarme çerçeve sistemler, perdeli sistemler ve bodrum perdeli sistemlerin statik ve dinamik davranışlarını EDYY ile incelemişlerdir. Farklı yapı modelleri üzerinde yapısal düzensizlikler değerlendirilmiş ve bu düzensizliklerin giderilmesine yönelik çözüm önerileri araştırılmıştır. Analizler sonucunda, etrafı rijit perdelerle çevrili bodrum katların yapı davranışı üzerinde önemli etkiler yarattığı ve kat perdelerinin, özellikle yumuşak kat düzensizliğinin azaltılmasında önemli bir rol oynadığı gözlemlemişlerdir.

Yüksel ve Çalım (2024), 06 Şubat 2023 tarihinde Kahramanmaraş'ın Pazarcık (Mw 7.7) ve Elbistan (Mw 7.6) ilçelerinde meydana gelen depremler sonrasında AFAD istasyonlarında kaydedilen ivme zaman serileri kullanılarak yapılan doğrusal olmayan zaman tanım alanı analizleri, 8 m ve 12 m yüksekliğindeki önüretimli betonarme sanayi yapılarında göreli kat ötelenmesi, kolon üst ucu dönmesi ve süneklik taleplerini belirlemişlerdir. Analiz sonuçları, Hatay ve Kahramanmaraş'taki ivme kayıtlarının yüksek yapısal taleplere yol açtığını, Adıyaman'daki görece düşük ivmelere rağmen hasarın yüksek olmasının ise tasarım ve montaj yetersizliklerinden kaynaklandığını göstermişlerdir.Gençay (2025a), çalışmasında, farklı tip ve yüksekliklerde toplam 6 adet betonarme yapı, mühendislik alanında en sık kullanılan 3 farklı ticari paket program ile TBDY 2018'e uygun olarak EDY ve MBY kullanılarak analiz edilmiştir. Elde edilen analiz sonuçları karşılaştırıldığında, aynı yapılar için farklı değerler elde edilmiştir. Ayrıca zemin sınıfı değiştirilerek deprem kuvvetleri üzerindeki etkiler incelenmiştir. Analizler sonucunda bu farklılıkların, temel olarak yapı kütlesi tanımları, rijitlik bölgesi kabulleri, kiriş-kolon birleşimlerinin modellenmesi ve tablalı kiriş varsayımları gibi programların çalışma prensiplerinden

kaynaklandığı belirlenmiştir. Bu kapsamda, simetrik ve asimetrik planlara sahip, 3, 5 ve 10 katlı, kolonlu ve kolon-perdeli olmak üzere toplam 12 yeni yapı modeli tasarlanmış ve analiz edilmiştir. Çalışmada, tüm yapıların Van ili Tuşba ilçesinde aynı deprem bölgesinde yer aldığı varsayılmıştır. Karşılaştırmalar sonucunda, yazılımlar arasındaki farklılıkların nedenleri detaylı olarak değerlendirilmiş ve yapı tasarımında bu etkenlerin dikkate alınmasının önemi vurgulanmıştır.

Yılmaz ve Öncü (2025), çalışma, orta katlı ve yumuşak kat düzensizliğine sahip betonarme yapıların deprem etkileri altındaki hasar olasılıklarını değerlendirmek amacıyla yapılmıştır. Bu kapsamda, betonarme çerçeve sistemler modellenmiş, Artımsal Dinamik Analiz (IDA) yöntemi kullanılarak yapısal davranış incelenmiştir. IDA sonuçlarına dayanarak kırılganlık eğrileri oluşturulmuş ve farklı senaryolar karşılaştırılmıştır. Çalışma, yumuşak kat düzensizliğinin yapı performansı üzerindeki olumsuz etkilerini literatürdeki bulgularla uyumlu şekilde ortaya koymakta, ayrıca dolgu duvar varlığı ve kat yüksekliği etkilerini ayrı ayrı ve birleşik senaryolarla ele alarak özgün bir katkı sunmaktadır. Bulgular, özellikle zemin kat yüksekliğinin artırılması ve dolgu duvar eksikliğinin, katlar arası rijitlik farkını büyüterek yapısal kırılganlığı belirgin şekilde artırdığını göstermiştir. Gençay (2025b), çalışmada, 5 katlı, taşıyıcı sistemi kolon, perde, kiriş ve döşemelerden oluşan betonarme çerçeveli karma sistem yapı, SAP2000, STA4CAD ve İdeCAD yazılımlarında modellenmiş ve TBDY 2018 kriterlerine göre EDY ve MBY ile analiz edilmiştir. Analiz sonuçları; kat kütleleri, kütle ve rijitlik merkezleri, etkin periyotlar, deprem kuvvetleri ile A1 burulma düzensizliği ve B2 yumuşak kat düzensizliği açısından karşılaştırılmıştır. Yapı düzensizlikleri (A1 ve B2) açısından programlar farklı sayısal değerler üretmiş olsa da yapının düzensizlik durumu açısından benzer sonuçlara ulaşılmıştır. Genel değerlendirmede; üç yazılım da aynı yapı için benzer deplasman ve düzensizlik sonuçları üretmiştir. Kullanım kolaylığı açısından ise SAP2000'in manuel veri girişi nedeniyle daha karmaşık ve zaman alıcı olduğu, buna karşılık İdeCAD ve STA4CAD'in entegre menüleri, otomatik hesaplama kabiliyeti ve metraj–tasarım özellikleri sayesinde daha pratik ve kullanıcı dostu olduğu belirlenmiştir.

Albasha (2025), çok katlı betonarme yapıların sismik performansı üzerinde yer hareketi düzeyi ve kat adedinin etkisi incelemiştir. Analizler, SAP2000 sonlu elemanlar programı kullanılarak gerçekleştirilmiş ve TBDY-2018 esas alınmıştır. Türkiye'nin farklı sismik tehlike seviyelerine sahip iki ili — İstanbul ve Konya —

çalışma alanı olarak seçilmiş; her şehir için 7, 8, 9 ve 10 katlı dört farklı yapı modeli oluşturulmuştur. Yapılar, DD-2 ve DD-3 düzeylerindeki deprem yer hareketleri altında analiz edilmiştir. Sismik performans değerlendirmeleri kapsamında, burulma düzensizliği, yumuşak kat oluşumu, göreli kat ötelemesi ve ikinci mertebe (P-Δ) etkisi incelenmiştir. Analiz sonuçlarına göre, burulma etkisinin yapı periyodu azaldıkça arttığı ve X doğrultusundaki yüksek rijitliğin yatay deplasmanları azalttığı belirlenmiştir. Tüm modellerde özellikle ikinci katta yumuşak kat eğilimi gözlenmiş, ancak göreli kat ötelemeleri genellikle yönetmelik sınırları içinde kalmıştır. Sonuç olarak, elde edilen bulgular kat adedinin ve yer hareketi düzeyinin yapıların sismik performansı üzerinde önemli etkiler yarattığını göstermişlerdir.

İKİNCİ BÖLÜM

MATERYAL VE METOTLAR

Tezin bu bölümünde modellemede kullanılan EDYY, TSY ve İA yöntemleri detaylandırılmıştır. Modelin tasarım kriterleri, yapısal ve geometrik özellikleri açıklanmaktadır.

2.1. Modellemede Kullanılan Analiz Yöntemleri

2.1.1. Eşdeğer deprem yükü yöntemi

EDYY depremin dinamik etkilerini basitleştirilmiş statik yüklerle modelleyen bir analiz tekniğidir (AFAD, 2018). Bu yöntem, TBDY 2018'de özellikle belirli kriterleri karşılayan binalar için temel analiz yöntemi olarak önerilmektedir.

Kullanım Koşulları:

1. Bina Yüksekliği: En fazla 25 metre yüksekliğindeki binalarda kullanılabilir (AFAD, 2018, Madde 4.3.1.2). 4. derece deprem bölgelerinde bu limit 30 metreye çıkabilir (AFAD, 2018).

2. Bina Tipi: Betonarme veya çelik taşıyıcı sistemli, basit geometrili binalar için uygundur (Erdik, 2020).

3. Düzensizlikler: Yalnızca sınırlı düzensizlik gösteren binalarda kullanılabilir (İMO, 2019). Burulma düzensizliği katsayısı 1.2'yi geçmemelidir (AFAD, 2018).

4. Özel Yapılar: Hastane, okul gibi önemli yapılarda tek başına yeterli değildir (TDV, 2021).

Avantajları: Hesaplaması kolay ve hızlıdır (Erdik, 2020). Düşük katlı binalar için yeterli doğruluk sağlar (İMO, 2019). Tasarımın ön aşamalarında pratik çözüm sunar (TDV, 2021).

Sınırlamaları: Yüksek binalar için uygun değildir (AFAD, 2018). Karmaşık geometrili yapılarda doğru sonuç vermeyebilir (Erdik, 2020). Dinamik etkileri tam olarak yansıtmaz (İMO, 2019). TBDY 2018 Madde 4.3.1'e göre, bu yöntemin kullanımı için binanın tüm düzensizlik kriterlerini sağlaması şarttır (AFAD, 2018). Aksi halde, tepki Spektrum Analizi gibi daha gelişmiş yöntemlerin kullanılması zorunludur (TDV, 2021).

2.1.2. Tepki spektrum yöntemi

TSY yapıların deprem etkilerine karşı davranışını modellerken malzeme ve geometride lineer (doğrusal) davranışı esas alan bir analiz yöntemidir (Chopra, 2020). Bu yöntem özellikle TBDY 2018'de belirtilen durumlarda zorunlu kılınmıştır (AFAD, 2018).

Temel Özellikleri:

1. Modal analiz yöntemiyle yapının doğal titreşim özellikleri belirlenir (Clough & Penzien, 2003).

2. Deprem etkileri tepki spektrum eğrileriyle temsil edilir (AFAD, 2018).

3. Malzeme davranışı elastik sınırlar içinde kabul edilir (Chopra, 2020).

Kullanım Koşulları (TBDY 2018'e Göre):

1. Zorunlu Olduğu Durumlar: 25m'den yüksek binalar (AFAD, 2018, Madde 4.4.1). Düzensiz binalar (A1 tipi düzensizlik > 1.2) (İMO, 2019). Önemli yapılar (hastane, okul vb.) (TDV, 2021).

2. Sınırlamalar: Nonlineer davranışı dikkate almaz (Chopra, 2020). Büyük deplasmanlarda yetersiz kalabilir (Clough & Penzien, 2003).

Avantajları: Yüksek binalarda statik yönteme göre daha gerçekçi sonuçlar (Erdik, 2020). Mod birleştirme teknikleriyle etkili çözüm (Chopra, 2020). TBDY 2018'de belirtilen birçok durumda zorunlu olması (AFAD, 2018).

Dezavantajları: Nonlineer davranışı modelleyemez (TDV, 2021). Hesaplama karmaşıklığı ve maliyet (İMO, 2019). Özel yazılım ve uzmanlık gerektirir (Erdik, 2020).

2.1.3. İtme analizi

İA, yapıların deprem etkisi altındaki nonlineer davranışını değerlendirmek için kullanılan bir yöntemdir (SEY). Bu yöntemde, yapıya artan seviyelerde lateral yükler uygulanarak yapının kapasite eğrisi elde edilir (TBDY, 2018).

Temel Özellikleri: Malzeme ve geometri nonlineeritesini dikkate alır (Chopra, 2017). Yapının plastik mafsal oluşum sırasını gösterir (SEY). Performans bazlı tasarım yaklaşımına olanak sağlar (TBDY, 2018).

Kullanım Koşulları (TBDY 2018'e Göre):

1. Zorunlu Olduğu Durumlar: Önemli yapılar (hastaneler, okullar vb.) (AFAD, 2018, Madde 4.6.1). Yüksek riskli bölgelerdeki stratejik binalar (TDV, 2021). Mevcut binaların deprem performans değerlendirmesi (İMO, 2019).

2. Uygulama Şekilleri: Kontrol deplasman yöntemi (SEY). Kapasite spektrum yöntemi (SEY).

3. Sınırlamalar: Sadece ilk mod hakim yapılar için geçerlidir (Chopra, 2017). Dinamik etkileri tam yansıtmaz (TBDY, 2018).

Avantajları: Yapının zayıf noktalarını belirler (SEY). Maliyet-etkin bir performans değerlendirme yöntemidir (İMO, 2019). Mevcut binaların güçlendirme ihtiyacını ortaya koyar (TDV, 2021).

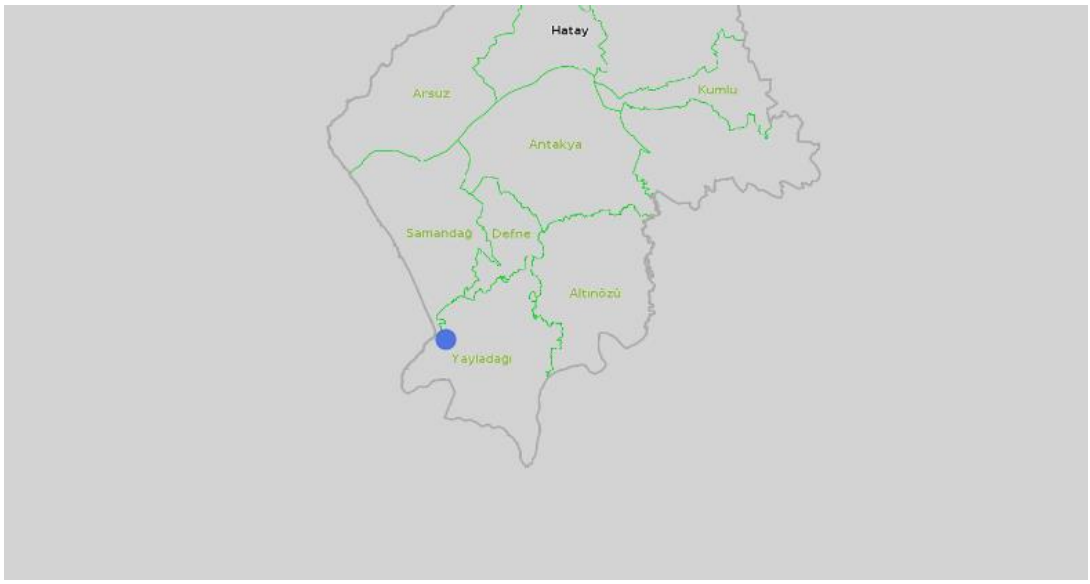
Dezavantajları: Çok modlu etkiyi dikkate almaz (Chopra, 2017). Yük dağılımı varsayımlara dayanır (SEY). Uzmanlık ve detaylı modelleme gerektirir (TBDY, 2018)

2.2. Tasarım Kriterleri

Hastane yapısının TBDY (2018)'e göre mühendislik özellikleri, tasarımı yapılmış. Analiz programı üzerinde lineer statik, nonlineer statik, lineer dinamik deprem performans analizleri yapılmıştır.

2.2.1. Uygulama alanı

Bu çalışma, Türkiye'nin güneyinde yer alan Hatay ili, Yayladağı ilçesi sınırları içerisinde gerçekleştirilmiştir. Bölge, Türkiye Deprem Tehlike Haritası (TBDY-2018, Ek 2A) verilerine göre yüksek sismik tehlike bölgesi içerisinde yer almakta olup, bu özelliği nedeniyle çalışma kapsamında değerlendirilmiştir. Seçilen bölge, zemin özellikleri ve deprem tehlike düzeyi açısından analizlerin karşılaştırılmasına uygun bir örnek teşkil etmektedir. Şekil 1'de, çalışma alanının coğrafi konumu gösterilmektedir.



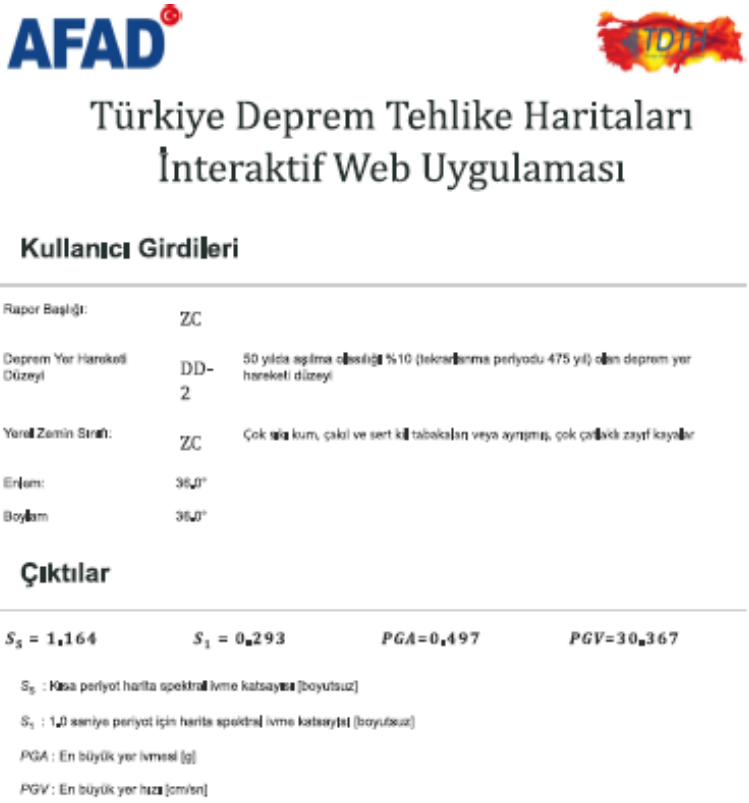
Şekil 1. Çalışma alanının yeri (AFAD, 2018, TDTH)

2.2.2. Deprem yer harekeyi düzeyinin belirlenmesi ve elastik tasarım spektrumunun tanımlanması

Bu kısmında belirtilen alanın yerinde ZC yerel zemin sınıfı ve ZD yerel zemin sınıfı detaylı sismik tehlike özellikleri gösterilmiştir.

Farklı deprem yer hareketi düzeylerine göre hazırlanmış deprem tehlike haritalarına **https://tdth.afad.gov.tr** adresinden ulaşılabilir. Bu sistem üzerinden koordinat bilgileri, yer hareketi düzeyi ve zemin sınıfı gibi veriler girilerek; zemin sınıfına bağlı şekilde hesaplanan spektral ivme katsayıları elde edilir. Bu katsayılar kullanılarak yapı için gerekli yatay ve düşey elastik tasarım spektrumları oluşturulur, **Tablo (1-6).**

2.2.2.1. ZC Yerel zemin sınıfı için deprem tehlike özellikleri



Şekil 2. ZC için DD-2 AFAD Haritası

Tablo 1. ZC için DD-2 yerel zemin sınıfları

Yerel Zemin Sınıfları

Yerel Zemin Sınıfı:	Zemin Cinsi	Üst 30 metrede ortalama		
		$(V_S)_{30}$ [m/s]	$(N_{60})_{30}$ [darbe/30 cm]	$(C_u)_{30}$ [kPa]
ZA	Sağlam, sert kayalar	> 1500	-	-
ZB	Az ayrışmış, orta sağlam kayalar	760 - 1500	-	-
ZC	Çok sıkı kum, çakıl ve sert kil tabakaları veya ayrışmış, çok çatlaklı zayıf kayalar	360 - 760	> 50	> 250
ZD	Orta sıkı - sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları	180 - 360	15 - 50	70 - 250
ZE	Gevşek kum, çakıl veya yumuşak - katı kil tabakaları veya PI > 20 ve w > % 40 koşullarını sağlayan toplamda 3 metreden daha kalın yumuşak kil tabakası (C_u < 25 kPa) içeren profiller	< 180	< 15	< 70
ZF	Sahaya özel araştırma ve değerlendirme gerektiren zeminler : 1) Deprem etkisi altında çökme ve potansiyel göçme riskine sahip zeminler (sıvılaşabilir zeminler, yüksek derecede hassas killer, göçebilir zayıf çimentolu zeminler vb.), 2) Toplam kalınlığı 3 metreden fazla turba ve/veya organik içeriği yüksek killer, 3) Toplam kalınlığı 8 metreden fazla olan yüksek plastisiteli (PI > 50) killer , 4) Çok kalın (> 35 m) yumuşak veya orta katı killer.			

Tablo 2. ZC için DD-2 yerel zemin etki katsayıları

Yerel Zemin Etki Katsayıları

Yerel Zemin Sınıfı	Kısa periyot bölgesi için *Yerel Zemin Etki Katsayısı* F_S					
	$S_S \leq 0.25$	$S_S = 0.50$	$S_S = 0.75$	$S_S = 1.00$	$S_S = 1.25$	$S_S \geq 1.50$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
ZC	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2
ZD	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
ZE	2.4	1.7	1.3	1.1	0.9	0.8
ZF	*Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır.*					

Tablo 3. ZC için DD-2 yerel zemin sınıfı ZC ve S_S = 1.164 için Fs=1.200

Yerel Zemin Sınıfı: ZC ve S_S =1.164 için F_S=1.200

Yerel Zemin Sınıfı	1.0 saniye periyot için *Yerel Zemin Etki Katsayısı* F_1					
	$S_1 \leq 0.10$	$S_1 = 0.20$	$S_1 = 0.30$	$S_1 = 0.40$	$S_1 = 0.50$	$S_1 \geq 0.60$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZC	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4
ZD	2.4	2.2	2.0	1.9	1.8	1.7
ZE	4.2	3.3	2.8	2.4	2.2	2.0
ZF	*Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır.*					

Yerel Zemin Sınıfı: ZC ve S_1 =0.293 için F_1=1.500

Tasarım Spektral İvme Katsayıları

$$S_{DS} = S_S F_S = 1.164 \times 1.200 = 1.397$$

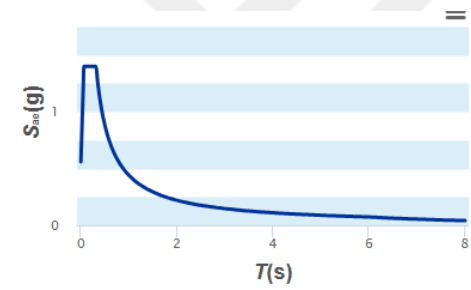
$$S_{D1} = S_1 F_1 = 0.293 \times 1.500 = 0.440$$

S_{DS} : Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

S_{D1} : 1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

“

Şekil 3. ZC için DD-2 Tasarım Spektral İvme Katsayıları



$$S_{ae}(T) = \left(0.4 + 0.6\frac{T}{T_A}\right) S_{DS} \qquad (0 \le T \le T_A)$$

$$S_{ae}(T) = S_{DS} \qquad (T_A \le T \le T_B)$$

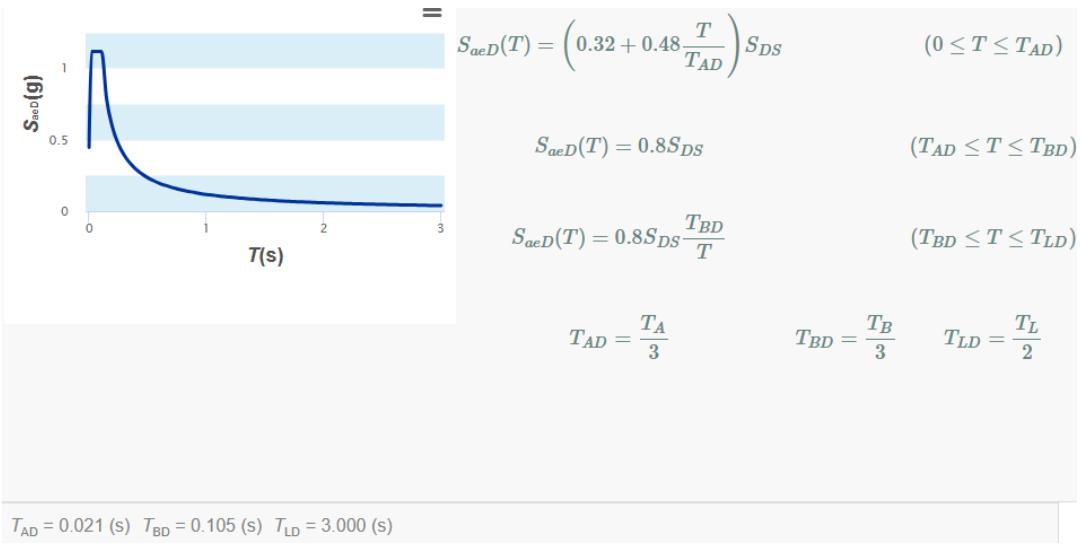
$$S_{ae}(T) = \frac{S_{D1}}{T} \qquad (T_B \le T \le T_L)$$

$$S_{ae}(T) = \frac{S_{D1} T_L}{T^2} \qquad (T_L \le T)$$

$$T_A = 0.2\frac{S_{D1}}{S_{DS}} \qquad T_B = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \qquad T_L = 6s$$

T_A = 0.063 (s) T_B = 0.315 (s) T_L = 6.000 (s)

Grafik 1. ZC Yerel Zemin Sınıfı için Yatay Elastik Tasarım Spektrumu (AFAD, 2018, TDTH)



Grafik 2. ZC Yerel Zemin Sınıfı için Düşey Elastik Tasarım Spektrumu (AFAD, 2018, TDTH)

2.2.2.2. ZD Yerel zemin sınıfı için deprem tehlike özellikleri



Şekil 4. ZD için DD-2 AFAD Haritası

Tablo 4. ZD için DD-2 yerel zemin sınıfları

Yerel Zemin Sınıfları

Yerel Zemin Sınıfı:	Zemin Cinsi	Üst 30 metrede ortalama		
		$(V_S)_{30}$ [m/s]	$(N_{60})_{30}$ [darbe/30 cm]	$(C_u)_{30}$ [kPa]
ZA	Sağlam, sert kayalar	> 1500	-	-
ZB	Az ayrışmış, orta sağlam kayalar	760 - 1500	-	-
ZC	Çok sıkı kum, çakıl ve sert kil tabakaları veya ayrışmış, çok çatlaklı zayıf kayalar	360 - 760	> 50	> 250
ZD	Orta sıkı - sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları	180 - 360	15 - 50	70 - 250
ZE	Gevşek kum, çakıl veya yumuşak - katı kil tabakaları veya *PI* > 20 ve *w* > % 40 koşullarını sağlayan toplamda 3 metreden daha kalın yumuşak kil tabakası (C_u < 25 kPa) içeren profiller	< 180	< 15	< 70
ZF	Sahaya özel araştırma ve değerlendirme gerektiren zeminler : 1) Deprem etkisi altında çökme ve potansiyel göçme riskine sahip zeminler (sıvılaşabilir zeminler, yüksek derecede hassas killer, göçebilir zayıf çimentolu zeminler vb.). 2) Toplam kalınlığı 3 metreden fazla turba ve/veya organik içeriği yüksek killer, 3) Toplam kalınlığı 8 metreden fazla olan yüksek plastisiteli (*PI* > 50) killer , 4) Çok kalın (> 35 m) yumuşak veya orta katı killer.			

Tablo 5. ZD için DD-2 yerel zemin etki katsayıları

Yerel Zemin Etki Katsayıları

Yerel Zemin Sınıfı:	Kısa periyot bölgesi için *Yerel Zemin Etki Katsayısı* F_S					
	$S_S \leq 0.25$	$S_S = 0.50$	$S_S = 0.75$	$S_S = 1.00$	$S_S = 1.25$	$S_S \geq 1.50$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
ZC	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2
ZD	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
ZE	2.4	1.7	1.3	1.1	0.9	0.8
ZF	*Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır.*					

Tablo 6. ZD için DD-2 yerel zemin sınıfı ZD ve SS = 1.164 için Fs=1.034

Yerel Zemin Sınıfı: ZD ve S_S =1.164 için F_S=1.034

Yerel Zemin Sınıfı	1,0 saniye periyot için *Yerel Zemin Etki Katsayısı* F_1					
	$S_1 \leq 0.10$	$S_1 = 0.20$	$S_1 = 0.30$	$S_1 = 0.40$	$S_1 = 0.50$	$S_1 \geq 0.60$
ZA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
ZB	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
ZC	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4
ZD	2,4	2,2	2,0	1,9	1,8	1,7
ZE	4,2	3,3	2,8	2,4	2,2	2,0
ZF	*Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır.*					

Yerel Zemin Sınıfı: ZD ve S_1 =0,293 için F_1=2,014

Tasarım Spektral İvme Katsayıları

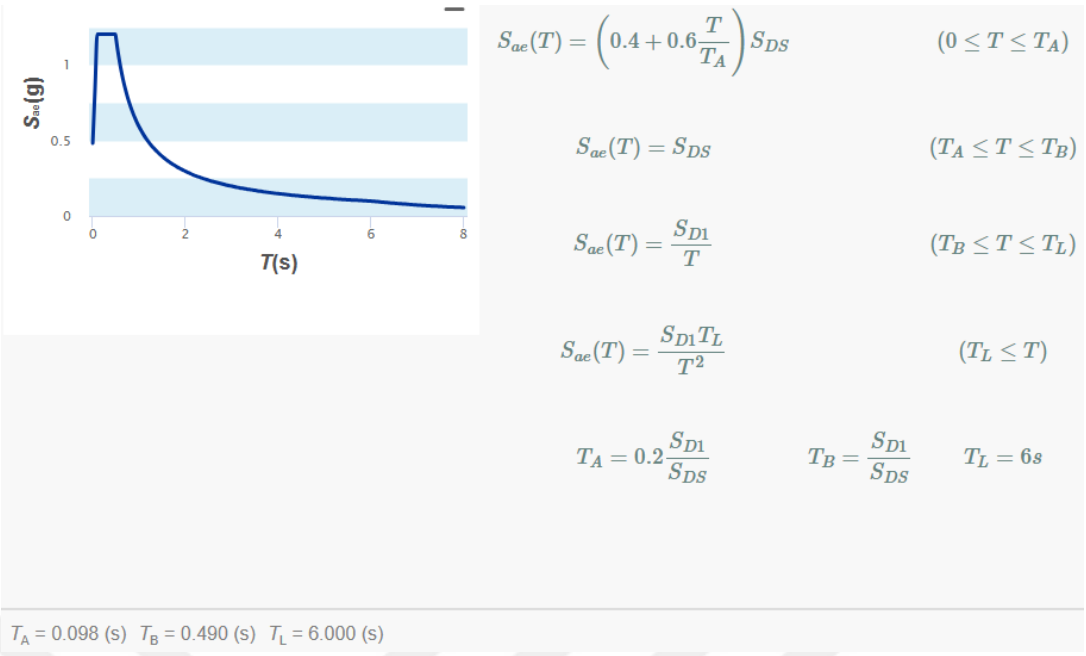
$$S_{DS} = S_S F_S = 1.164 \text{ x } 1.034 = 1.204$$

$$S_{D1} = S_1 F_1 = 0.293 \text{ x } 2.014 = 0.590$$

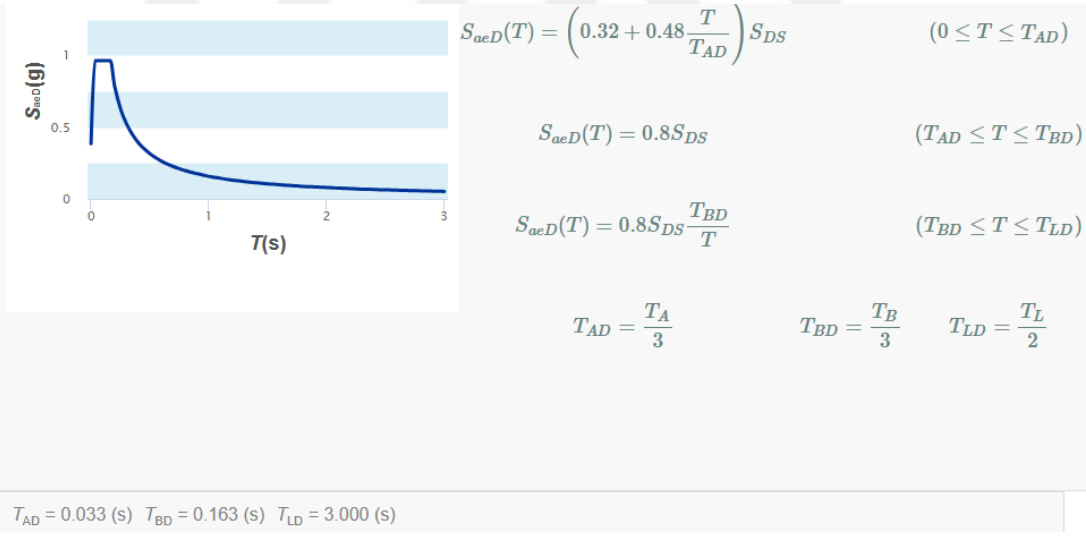
S_{DS} : Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı (boyutsuz)

S_{D1} : 1,0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı (boyutsuz)

Şekil 5. ZD için DD-2 Tasarım Spektral İvme Katsayıları



Grafik 3. ZD Yerel Zemin Sınıfı için Yatay Elastik Tasarım Spektrumu (AFAD, 2018, TDTH)



Grafik 4. ZD Yerel Zemin Sınıfı için Düşey Elastik Tasarım Spektrumu (AFAD, 2018, TDTH)

2.2.3. Yapının kullanım amacına göre sınıflandırılması ve ilgili önem katsayısının belirlenmesi

TBDY-2018'e göre, bina kullanım sınıfı ve bina önem katsayısı, yapının kullanım amacına uygun olarak **Tablo 7** esas alınarak belirlenir.

Tablo 7. Bina kullanım sınıfları ve bina önem katsayıları

Bina Kullanım Sınıfı	Binanın Kullanım Amacı	Bina Önem Katsayısı (I)
BKS = 1	**Deprem sonrası kullanımı gereken binalar, insanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar, değerli eşyanın saklandığı binalar ve tehlikeli madde içeren binalar** **a)** Deprem sonrasında hemen kullanılması gerekli binalar (Hastaneler, dispanserler, sağlık ocakları, itfaiye bina ve tesisleri, PTT ve diğer haberleşme tesisleri, ulaşım istasyonları ve terminalleri, enerji üretim ve dağıtım tesisleri, vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, ilk yardım ve afet planlama istasyonları) **b)** Okullar, diğer eğitim bina ve tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kışlalar, cezaevleri, vb. **c)** Müzeler **d)** Toksik, patlayıcı, parlayıcı, vb. özellikleri olan maddelerin bulunduğu veya depolandığı binalar	1.5
BKS = 2	**İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar** Alışveriş merkezleri, spor tesisleri, sinema, tiyatro, konser salonları, ibadethaneler, vb.	1.2
BKS = 3	**Diğer binalar** BKS=1 ve BKS=2 için verilen tanımlara girmeyen diğer binalar (Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları, vb.)	1.0

2.2.4. Deprem tasarım sınıfının belirlenmesi

Deprem Tasarım Sınıfı (DTS) **Tablo 8**, Bina Kullanım Sınıfı (BKS) ile kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı (SDS) dikkate alınarak TBDY-2018'e uygun şekilde belirlenir.

Tablo 8. Deprem tasarım sınıfları (DTS)

DD-2 Deprem Yer Hareketi Düzeyinde Kısa Periyot Tasarım Spektral İvme Katsayısı (S_{DS})	Bina Kullanım Sınıfı	
	BKS = 1	BKS = 2, 3
$S_{DS} < 0.33$	DTS = 4a	DTS = 4
$0.33 \le S_{DS} < 0.50$	DTS = 3a	DTS = 3
$0.50 \le S_{DS} < 0.75$	DTS = 2a	DTS = 2
$0.75 \le S_{DS}$	DTS = 1a	DTS = 1

2.2.5. Bina yükseklik sınıfının bulunması

Bina toplam yüksekliği ve Deprem Tasarım Sınıfı (DTS) dikkate alınarak, TBDY-2018'e göre Bina Yükseklik Sınıfı (BYS) belirlenir (**Tablo 9)**.

Tablo 9. Bina yükseklik sınıfları ve deprem tasarım sınıflarına göre tanımlanan bina yükseklik aralıkları

Bina Yükseklik Sınıfı	Bina Yükseklik Sınıfları ve Deprem Tasarım Sınıflarına Göre Tanımlanan Bina Yükseklik Aralıkları [m]		
	DTS = 1, 1a, 2, 2a	DTS = 3, 3a	DTS = 4, 4a
BYS = 1	$H_N > 70$	$H_N > 91$	$H_N > 105$
BYS = 2	$56 < H_N \leq 70$	$70 < H_N \leq 91$	$91 < H_N \leq 105$
BYS = 3	$42 < H_N \leq 56$	$56 < H_N \leq 70$	$56 < H_N \leq 91$
BYS = 4	$28 < H_N \leq 42$	$42 < H_N \leq 56$	
BYS = 5	$17.5 < H_N \leq 28$	$28 < H_N \leq 42$	
BYS = 6	$10.5 < H_N \leq 17.5$	$17.5 < H_N \leq 28$	
BYS = 7	$7 < H_N \leq 10.5$	$10.5 < H_N \leq 17.5$	
BYS = 8	$H_N \leq 7$	$H_N \leq 10.5$	

2.2.6. Bina performans hedefleri

Deprem yer hareketi düzeylerine göre, bu Yönetmelik kapsamında yer alan binalar için Deprem Tasarım Sınıfları (DTS) bazında belirlenen performans hedefleri **Tablo 9 ve Tablo 10**'da sunulmuştur. DTS = 1, 2, 3, 3a, 4 ve 4a sınıflarındaki binalar için Normal Performans Hedefleri, DTS = 1a ve 2a sınıflarındaki binalar için ise İleri Performans Hedefleri tanımlanmıştır. Ayrıca, yapı sahibinin talebi doğrultusunda, **Tablo 10**'da belirtilen deprem yer hareketi düzeylerine karşılık gelen daha yüksek performans hedefleri seçilerek tasarım yapılması mümkündür.

Tablo 10. Deprem tasarım sınıflarına göre yeni yapılacak veya mevcut binalar için

Deprem Yer H. Düzeyi	DTS = 1,1a[1], 2, 2a[1], 3, 3a, 4, 4a		DTS = 1a[2], 2a[2])	
	Normal Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı	İleri Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı
DD-3	—	—	SH	ŞGDT
DD-2	KH	DGT[5]	KH	DGT[3,4]
DD-1	—	—	KH	ŞGDT

Performans hedefleri ve uygulanacak değerlendirme/tasarım yaklaşımları

(a) Yeni yapılacak yerinde dökme betonarme, önüretimli betonarme ve çelik binalar (Yüksek binalar dışında – BYS ≥ 2 **).**

2.3. Deprem Etkisi Altında Düzensiz Binalar

Yönetmelikteki düzensizlikler, plan düzleminde ve düşey doğrultuda olmak üzere iki ana başlık altında değerlendirilmektedir. Bu düzensizlik türleri, aşağıda ayrıntılı bir şekilde ele alınmıştır.

2.3.1. Planda düzensizlik durumları

Yapının plan düzleminde ortaya çıkabilecek düzensizlik durumları üç ana kategoride değerlendirilmektedir.

2.3.1.1. A1-Burulma düzensizliği

Birbirine dik iki deprem yönünden herhangi biri için, herhangi bir katta meydana gelen en büyük göreli kat ötelemesinin, aynı doğrultudaki ortalama göreli kat ötelemesine oranı Burulma Düzensizliği Katsayısı (η_{bi}) olarak adlandırılmaktadır. Eğer η_{bi} değeri herhangi bir katta 1.2'yi aşıyorsa, o katta burulma düzensizliği oluştuğu kabul edilir.

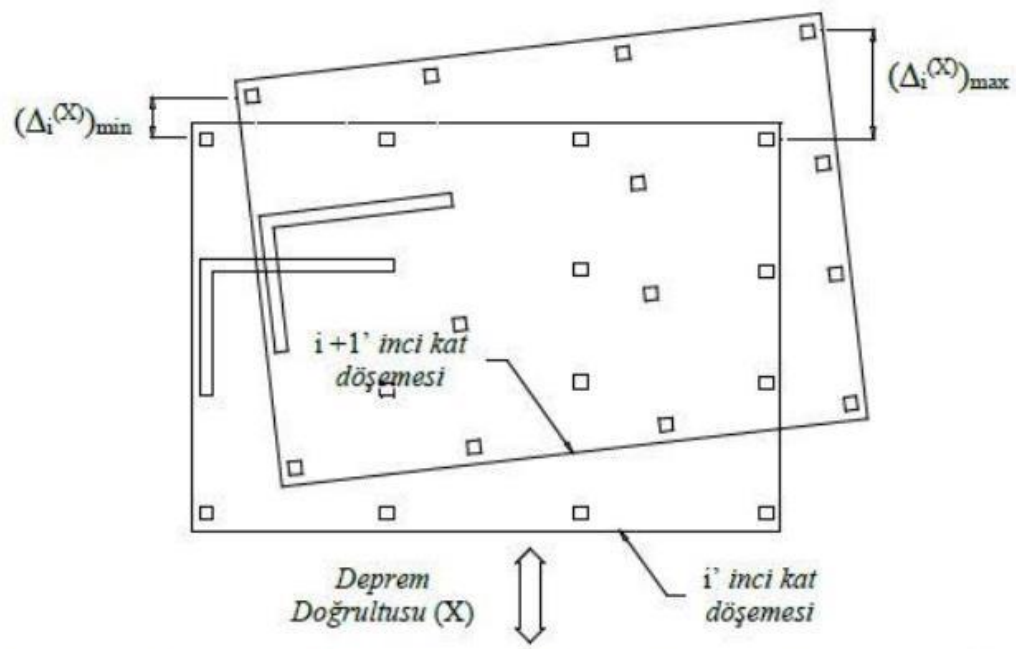
$$\eta_{bi} = (\Delta_i)_{max}/(\Delta_i)_{ort} > 1.2 \quad (1)$$

$$(\Delta_i)_{max} = (d_i)_{max} - (d_{i-1})_{max}$$

$$(\Delta_i)_{min} = (d_i)_{min} - (d_{i-1})_{min}$$

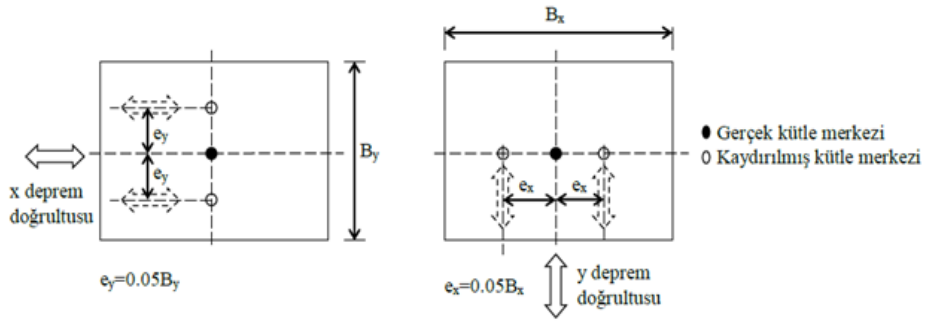
$$(\Delta_i)_{ort} = ((\Delta_i)_{max} - (\Delta_i)_{min})/2.$$

Burada d_i, binanın i'inci katında deprem yüklerine göre hesaplanan yerdeğiştirmedir.



Şekil 6. Göreli Kat Ötelemeleri

Kat deplasmanları (d_i) ve bunlara bağlı olarak oluşan göreli kat ötelemeleri (Δ_i), deprem yüklerinin yapıya ±%5 eksantriklikle uygulanması sonucunda hesaplanmalıdır **(Şekil 7).**



Şekil 7. Kat Deplasmanları (di)

Yapının herhangi bir i'inci katında burulma düzensizliği mevcutsa ve burulma düzensizliği katsayısı 1.2 < $\eta_{bi} \leq$ 2 aralığındaysa, her iki deprem doğrultusundaki eksantrisite değerleri, D_{bi} büyütme katsayısı ile çarpılarak artırılmalı ve yapısal analiz bu yeni değerler üzerinden tekrar gerçekleştirilmelidir. D_{bi} büyütme katsayısı ise şu şekilde tanımlanır:

$$D_{bi} = \left(\frac{\eta_{bi}}{1.2}\right)^2 \quad (2)$$

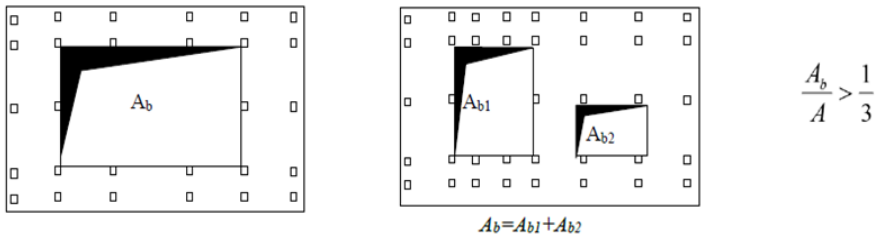
Eğer herhangi bir katta burulma düzensizliği katsayısı η_{bi} > 2 ise, yapı için dinamik analiz yönteminin uygulanması zorunlu hale gelir.

Bina Türü	İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfı	
	DTS = 1, 1a, 2, 2a	DTS = 3, 3a, 4, 4a
Her bir katta burulma düzensizliği katsayısının $\eta_{bi} \leq$ 2.0 koşulunu sağladığı ve ayrıca **B2** türü düzensizliğinin olmadığı binalar	BYS ≥ 4	BYS ≥ 5
Diğer tüm binalar	BYS ≥ 5	BYS ≥ 6

Şekil 8. Eşdeğer Deprem Yükü Yönteminin Uygulanabileceği Binalar

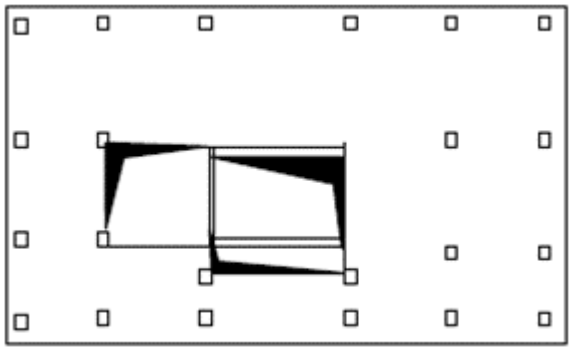
2.3.1.2. A2-Döşeme süreksizlikleri

Herhangi bir i'inci kattaki döşeme için; I. Merdiven ve asansör boşlukları da dahil olmak üzere, boşluk alanlarının (Ab) brüt kat alanının (A) üçte birinden fazla olması durumu (**Şekil 9**).



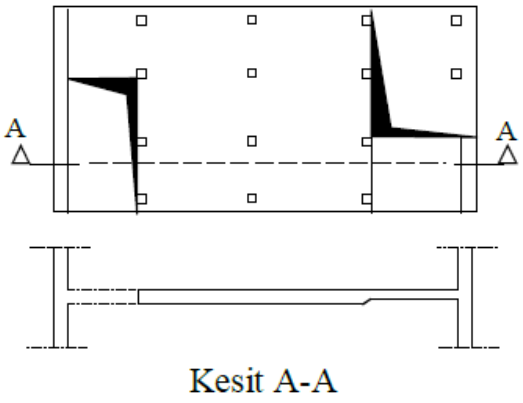
Şekil 9. A2 Türü Düzensizlik Durumu-I

II. Yatay kuvvetlerin düşey taşıyıcı elemanlara güvenli bir şekilde iletilmesini zorlaştıran yerel döşeme boşluklarının varlığı (**Şekil 10**).



Şekil 10. A2 Türü Düzensizlik Durumu-II

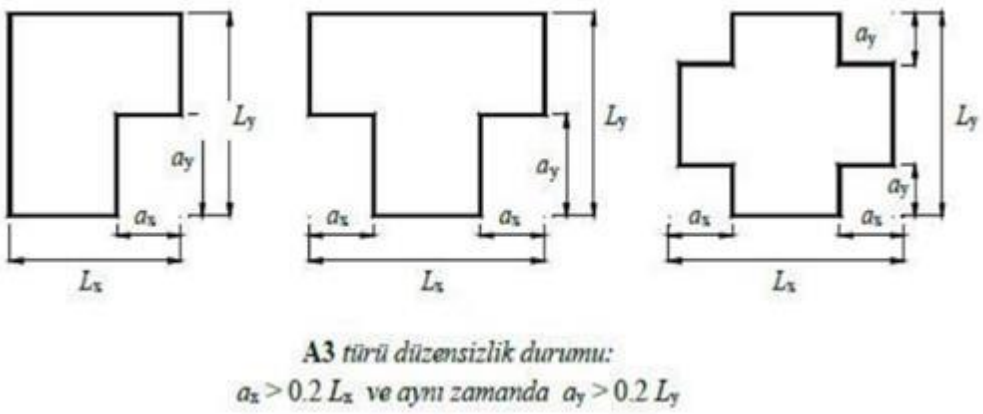
III. Döşemenin düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani azalmaların olması durumlarıdır (**Şekil 11**).



Şekil 11. A2 Türü Düzensizlik Durumu-II ve III

2.3.1.3. A3-Planda çıkıntılar bulunması

Yapı kat planında, birbirine dik iki doğrultudaki girinti veya çıkıntıların her ikisinin (a_x, a_γ) yapının aynı doğrultulardaki toplam plan boyutlarının (L_x, L_γ) %20'sinden fazla olması durumu söz konusudur (Şekil 12).



Şekil 12. A3 Türü Düzensizlik Durumu

A2 ve A3 tipi düzensizliklerin bulunduğu yapılarda, kat döşemelerinin deprem kuvvetlerini kendi düzlemleri içinde düşey taşıyıcı elemanlara güvenli bir şekilde iletebildiğinin kanıtlanması amacıyla, iki boyutlu levha (membran) veya kabuk sonlu eleman modelleri kullanılacaktır.

2.3.2. Düşey doğrultuda düzensizlik durumları

Düşey doğrultuda meydana gelebilecek düzensizlikler dört ana başlık altında sınıflandırılmaktadır.

Tablo 11. Bina taşıyıcı sistemleri için taşıyıcı sistem davranış katsayısı, dayanım fazlalığı katsayısı ve izin verilen bina yükseklik sınıfları

Bina Taşıyıcı Sistemi	Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı *R*	Dayanım Fazlalığı Katsayısı *D*	İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfları BYS
A. YERİNDE DÖKME BETONARME BİNA TAŞIYICI SİSTEMLERİ			
A2. Süneklik Düzeyi Karma Taşıyıcı Sistemler (Bkz. 4.3.4.1, 4.3.4.6)			
A21. Deprem etkilerinin moment aktaran *süneklik düzeyi sınırlı* betonarme çerçeveler ile *süneklik düzeyi yüksek* bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz.4.3.1.2)	6	2.5	BYS ≥ 4
A22. Deprem etkilerinin moment aktaran *süneklik düzeyi sınırlı* betonarme çerçeveler ile *süneklik düzeyi yüksek* boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz.4.3.1.2)	5	2.5	BYS ≥ 4
A23. Deprem etkilerinin moment aktaran *süneklik düzeyi sınırlı dolgulu (asmolen) veya dolgusuz tek doğrultulu dişli döşemeli* betonarme çerçeveler ile *süneklik düzeyi yüksek* bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar	6	2.5	BYS ≥ 6
A24. Deprem etkilerinin moment aktaran *süneklik düzeyi sınırlı dolgulu (asmolen) veya dolgusuz tek doğrultulu dişli döşemeli* betonarme çerçeveler ile *süneklik düzeyi yüksek* boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar	5	2.5	BYS ≥ 6

2.3.2.1. B1-Komşu katlar arası dayanım düzensizliği (zayıf kat)

Herhangi bir i'inci kattaki etkili kesme alanı, bir üst kattaki etkili kesme alanı oranı olarak tanımlanan η_{ci} dayanım Düzensizliği Katsayısı 0.8'dan küçük ise düzensizlik oluşur. Bu katsayı şu şekilde ifade edilir:

$$\eta_{ci} = \frac{(\sum A_e)_i}{(\sum A_e)_{i+1}} < 0.8 \quad (3)$$

($\sum A_e$): bir kattaki etkili kesme alanı (kolon kesit alanı + perde kesit alanı + 0.15 duvar kesit alanı).

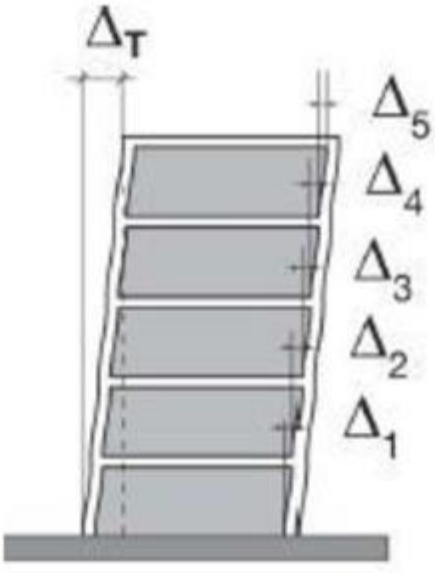
2.3.2.2. B2-Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (yumuşak kat)

±%5'lik yatay kuvvet dışmerkezliği altında, herhangi bir i'inci kattaki ortalama göreli kat ötelemesinin, bir üst kattaki ortalama göreli kat ötelemesine oranı olarak tanımlanan η_{ki} Rijitlik Düzensizliği Katsayısı 2.0'dan büyük ise düzensizlik oluşur **(Şekil 13)**. Bu katsayı şu şekilde ifade edilir:

$$\eta_{ki} = \left(\frac{\Delta_i}{h_i}\right)_{ort} / \left(\frac{\Delta_{i+1}}{h_{i+1}}\right)_{ort} > 2 \text{ veya}$$

$$\eta_{ki} = \left(\frac{\Delta_i}{h_i}\right)_{ort} / \left(\frac{\Delta_{i-1}}{h_{i-1}}\right)_{ort} > 2 \quad (4)$$

A1 ve B2 tipi düzensizlikler, 4.6 maddesine göre deprem hesap yönteminin belirlenmesinde etkili olan düzensizlikler arasında yer almaktadır.



Şekil 13. Göreli Kat Deplasmanları

2.3.2.3. Göreli kat ötelemelerinin kontrolü

(X) deprem doğrultusunda, herhangi bir kolon veya perde için ardışık iki kat arasındaki yerdeğiştirme farkını gösteren azaltılmış göreli kat ötelemesi, $\Delta_i{}^{(x)}$, aşağıdaki denklemle hesaplanacaktır.

$$\Delta_i{}^{(x)} = u_i{}^{(x)} - u_{i-1}{}^{(x)} \tag{5}$$

Burada $u_i{}^{(x)}$ ve $u_{i-1}{}^{(x)}$, tipik (X) deprem doğrultusunda binanın i'inci ve (i–1)'inci katlarındaki herhangi bir kolon veya perdenin uçlarında azaltılmış deprem yüklerine göre hesaplanan yatay yerdeğiştirmeleri göstermektedir. Ancak bu hesapta 4.7.3.2 maddesinde belirtilen koşul ve Denklem (4.19)'da tanımlanan minimum eşdeğer deprem yükü şartı dikkate alınmayacaktır.

$$\delta_i^{(x)} = \frac{R}{I}\Delta_i{}^{(x)} \tag{6}$$

Tipik (X) deprem doğrultusunda, binanın i'inci katındaki kolon veya perdeler için etkin göreli kat ötelemesi $\delta_i^{(x)}$, aşağıdaki denklemle hesaplanacaktır.

Her bir deprem doğrultusunda, binanın herhangi bir i'inci katındaki kolon veya perdelerde Denklem (4.33) ile hesaplanan $\delta_i^{(x)}$etkin göreli kat ötelemelerinin kat içindeki en büyük değeri,$\delta_{i,max}^{(x)}$, aşağıda (a) veya (b) maddelerinde belirtilen koşulları sağlayacaktır.

Burada R, taşıyıcı sistem davranış katsayısını, I ise bina önem katsayısını ifade etmektedir.

$$\frac{\delta_{i,max}^{(x)}}{h_i} \leq 0.02 \tag{7}$$

2.3.2.4. İkinci mertebe etkilerinin kontrolü (θ_{II})

Yatay yükler etkisindeki sistemlerde, kolonlardaki normal kuvvetlerin yüksek olması durumunda ikinci mertebe etkileri önem kazanmaktadır. İkinci Mertebe Gösterge Değeri, $\theta_{II}^{(x)}$,

$$\theta_{II,i}^{(x)} = \frac{(\Delta_i^{(x)})_{ort}\sum_{k=i}^{N} w_k}{V_i^{(x)} h_i} \leq \theta_{II,max}^{(x)} \tag{8}$$

$$\theta_{II,max}^{(x)} = 0.12\,\frac{D}{Ch.R} \tag{9}$$

koşulunu sağlamalıdır. Bu ifadede, $V_i^{(x)}$=i'inci kattaki kesme kuvvetini, h_i =i'inci kattaki kat yüksekliğini, $(\Delta_i^{(x)})_{ort}$ ifadesi = i'inci kattaki ortalama göreli kat ötelemesini göstermektedir. Taşıyıcı sistem davranış katsayısı R ve dayanım fazlalığı katsayısı D, **Tablo 11**'de verilmektedir.

Bu durumda, yerel ikinci mertebe etkileri yürürlükteki betonarme ve çelik yönetmeliklerine göre eleman tasarımında dikkate alınabilir. C_h , taşıyıcı sistemin doğrusal olmayan histeretik davranışına bağlı olarak tanımlanan bir katsayıdır. Betonarme binalarda C_h= 0.5, çelik ve kompozit kolonlu binalarda ise C_h = 1 olarak alınacaktır.

Yukarıda verilen koşulun sağlanmaması durumunda, göz önüne alınan (X) deprem doğrultusu için tüm iç kuvvetler, aşağıda tanımlanan ikinci mertebe büyütme katsayısı ile çarpılarak artırılacaktır.

$$\beta_{II}^{(X)} = 0.88 + \frac{Ch.R}{D}\theta_{II,max}^{(x)} \geq 1 \qquad (10)$$

Aşağıdaki maddeye göre daha elverişsiz bir sonuç elde edilmediği sürece, derz boşlukları; her bir kat için, komşu blok veya binalarda elde edilen yerdeğiştirmelerin karelerinin toplamının karekökü ile aşağıda tanımlanan α katsayısının çarpımı sonucunda elde edilen değerden az olmayacaktır.

Mevcut eski bina için hesap yapılmasının mümkün olmaması durumunda, eski binaya ait yerdeğiştirmeler; yeni bina için aynı katlarda hesaplanan değerlerden daha küçük alınmayacaktır.

Komşu binaların veya bina bloklarının kat döşemelerinin tüm katlarda aynı seviyede olması durumunda, α = 0.25 × (R / I) olarak alınacaktır.

Bırakılacak minimum derz boşluğu, 6 metre yüksekliğe kadar en az 30 mm olacak; bu değere, 6 metreden sonraki her 3 metrelik yükseklik için en az 10 mm eklenecektir. Ayrık iki bina bloğunun veya bir binanın deprem davranışları açısından farklı iki bölümünün köprü ya da benzeri bir eleman ile birbirine bağlanması durumunda, bu bağlantıyı sağlayan elemanın, bağlandığı bloklardan biri üzerindeki hareketli mesnedi; her iki deprem doğrultusu ve yönündeki yerdeğiştirme kapasitesi açısından, iki bloğun bağlantı elemanı seviyesinde azaltılmış deprem yükleri altında hesaplanan yerdeğiştirmelerinin mutlak değerleri toplamının en az 1.5 × (R / I) katı olmalıdır.

2.4. Hastane Yapısına İlişkin Bilgileri

Bu tez kapsamında analizleri gerçekleştirilen yapı, betonarme taşıyıcı sisteme sahip bir hastane binası projesidir. Yapı, sağlık hizmeti sunumuna uygun planlama ilkeleri gözetilerek tasarlanmış olup TBDY-2018 ve TS-500 standartlarına uygun şekilde modellenmiştir.

Bina, 1514.205 m² oturum alanına ve toplam 5966.36 m² kapalı inşaat alanına sahiptir. Yapı, zemin kat**,** birinci**,** ikinci**,** üçüncü**,** dördüncü ve çatı katı olmak üzere toplam altı kattan oluşmaktadır.

Yapının taşıyıcı sistemi betonarme perde ve çerçeve elemanların birlikte çalıştığı karma bir sistem şeklinde tasarlanmıştır. Kat döşemeleri, deprem analizlerinde rijit diyafram kabulüyle modellenmiştir. Kullanılan beton sınıfı C35/45, donatı çeliği sınıfı ise S420 olarak tanımlanmıştır.

Hastane binası, bu özellikleriyle Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi (EDYY)**,** Tepki Spektrumu Yöntemi (TSY) ve İtme Analizi (İA) kapsamında gerçekleştirilen yapısal analizlerde referans model olarak kullanılmıştır.

2.5. Seçilen Modelin Tasarım Değişkenleri

TBDY (2018)'e göre hesaplanan binalarda, kirişlerde çatlamış kesit etkin kesit rijitlik katsayısı eğilme için 0.35, kolon için 0.7, perdeler için 0.5 . kirişlerde kesme için 1, kolon için 1, perdeler için 0.5 olarak kullanılmıştır. Tasarım modellerine ait değişkenler **Tablo 12**'de verlmiştir.

Tablo 12. Seçilen tasarım modeline ait TBDY (2018) tasarım değişkenleri

Süneklik	**BKS**	**BYS**	**DTS**	**I**	**Rx**	**Ry**	**Dx**	**Dy**
Yüksek	1	5	1a	1.5	5.6	5.6	2.5	2.5

2.6. Tasarımda Kullanılan Yük Birleşimleri

Tasarımda yapı üzerinde deprem yüküne göre daha düşük tesirler oluşturan rüzgâr yükü ve birleşimleri dikkate alınmamıştır. Analizlerde kullanılan yük birleşimleri yatay ve düşey deprem etkisi alınarak **Tablo 13**'te verilmiştir.

Tablo 13. Tasarımda kullanılan yük birleşimleri

No	TBDY (2018) Kombinasyon
1	1.4G + 1.6Q
2	G + ΨQ ± E = G + 0.8Q ±1.5Ex ±0.45Ey ±0.45Ez
3	0.9G ± E = 0.9G ±1.5Ex ±0.45Ey ±0.45Ez

G: Sabit yükler

Q: Hareketli yükler

E: Deprem etkisi

Ex: X yönünde yatay Deprem etkis

Ey: Y yönünde yatay Deprem etkisi

Ez: Düşey Deprem etkisi

Ψ: Eşzamanlılık katsayısı (hastaneler için 0.8, (AFAD, 2018))

2.7. Yük Hesabı

Döşemenin sabit ve hareketli yükleri:

- Plak öz ağırlığı (18 cm) → → → → → → 0.18 x 25 = 4.5 kN/m^2
- Kaplama ağırlığı seramik (2 cm) → → 0.02 x 22 = 0.44 kN/m^2
- Tavan sıvası (2 cm) → → → →→→→ 0.02 x 20 = 0.4 kN/m^2
- Kaplama altı harcı (3 cm) → →→→→ 0.03 x 22 = 0.66 kN/m^2

Toplam G = 4.5 + 0.44 +0.4 +0.66 = 6 kN/m^2

TS 498 standardına göre (Türk Standardı, "Yapılarda Kullanılacak Hareketli Yükler") Hareketli yükleri seçilmiştir.
Duvarının yükleri ise:

- Gaz beton dökme duvar (19 cm) → →→→→ → (4.2 – 0.6) x 0.19 x 7 = 4.788 ≈ 5 kN/m^2

2.8. Hastane Modelinin Yapısal Özellikleri

Burada (EDYY), (TSY), ve (İA) analiz için tasarımda esas alınmış hastane modelinin özellikleri hakkında bilgiler verilmiştir. zemin, 4 normal kat ve çatı kat olmak üzere, toplam 6 kattan meydana gelmektedir. Bina yüksekliği, HN=25.2 m'dir. Kat yükseklikleri 4.2 m'dir. Kat kotları alttan üste, 0, 4.2, 8.4, 12.6, 16.8, 21, 25.2 m'dir. Bina zemin boyutları, 47.3x30.35 m. Bina 1 kat boyutları, 47.3x21.1 m olup çıkmalarla birlikte ise, 47.3x27.35 m boyutundadır. Bina 2 kat boyutları, 47.3x21.1 m olup çıkmalarla birlikte ise, 47.8x28.15 m boyutundadır. Bina 3 ve 4 katlar boyutları, 47.3x21.1 m. Bina çatı boyutları, 19x9 m olup çıkmalarla birlikte ise, 19x15.05 m boyutundadır. Döşeme tipi, kirişli döşeme olup döşeme kalınlığı ise 18 cm'dir. Döşemenin sabit yükleri (G=6 kN/m^2), Hareketli yükleri (Q) ise **Şekil (14-15-16-17-18-19)** üzerine yazılmıştır. Temel tipi, radye temel. Aks mesafeleri **Tablo 14**'te verilmiştir. Kolon, perde ve kiriş boyutları ve yerleşimleri **Tablo 15**'te verilmiştir.

Tablo 14. Yatay ve düşey aks mesafeleri

Yatay	**Aks adı**	**A**	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**	**G**	**H**	**I**
	Mesafe (m)	4.9	1.15	2.35	0.15	4.15	2.35	1.3	2.55	2.2
Düşey	**Aks adı**	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Mesafe (m)	7.9	1.5	4.7	3.35	1.25	0.2	1.95	1.65	2.8

Tablo 14. (devamı)

Yatay	**Aks adı**	**J**	**K**	**L**	**M**	**19***	**20***			
	Mesafe (m)	0.2	6.05	3		9.4				
Düşey	**Aks adı**	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	Mesafe (m)	1.05	0.5	1.55	0.2	3.6	1	1.7	1.5	1.5

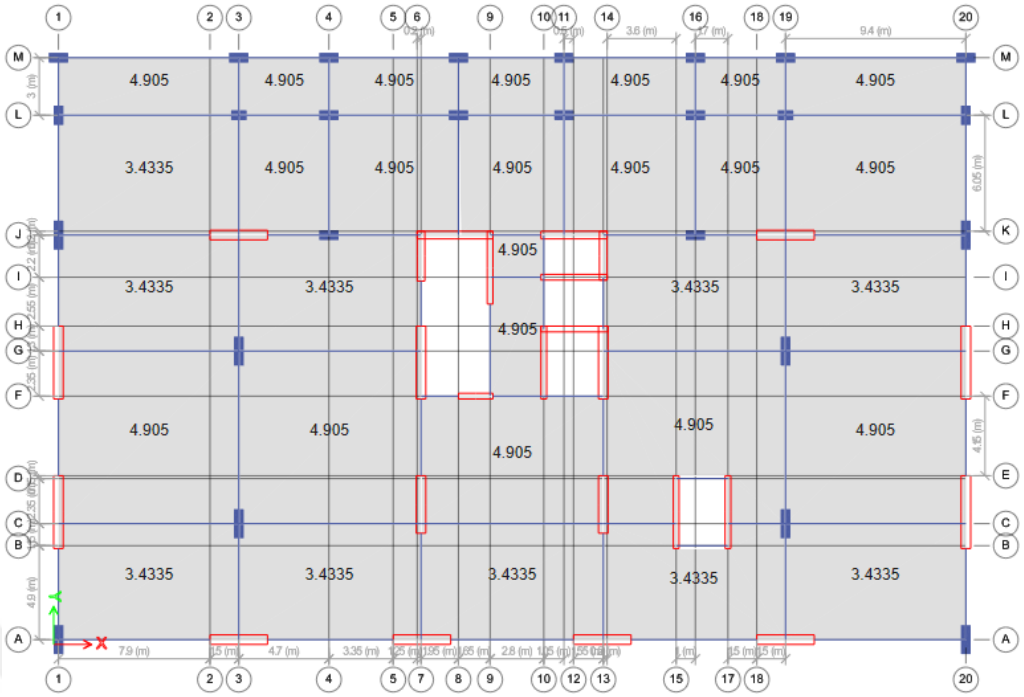
* Düşey akstır.

Tablo 15. Kolon, perde ve kiriş boyutları ve aks'a göre yerleşimleri

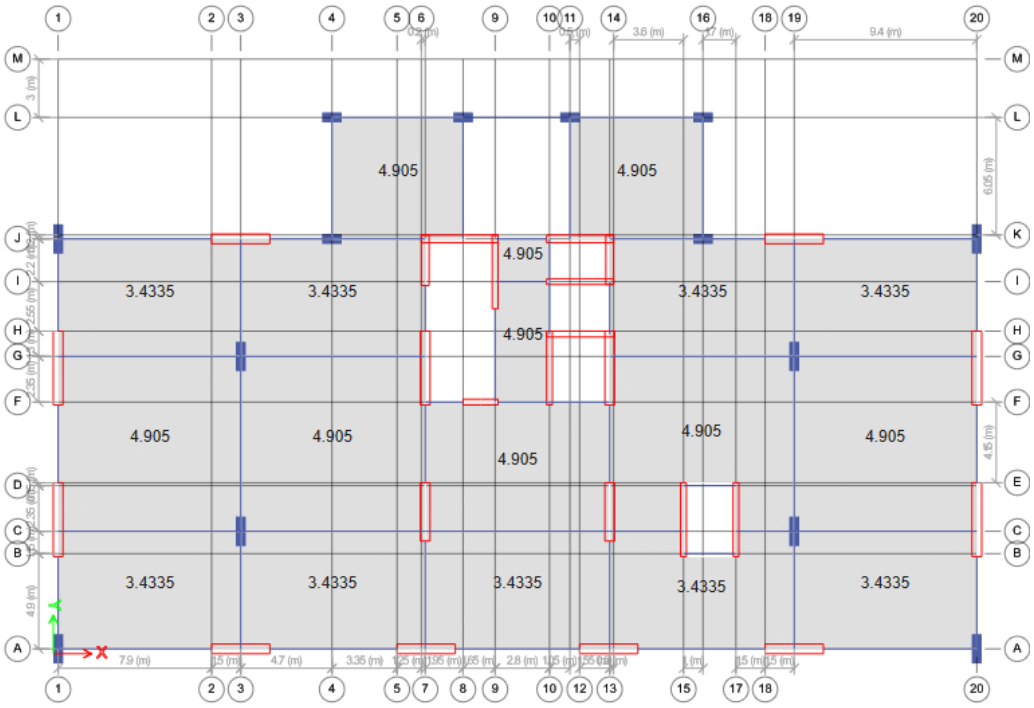
Unsur	**Aks**	**boyutları**	**kat**
Kolon	A1	50/150	Z+1+2+3+4
	A20	50/150	Z+1+2+3+4
	C3	50/150	Z+1+2+3+4
	C19	50/150	Z+1+2+3+4+Ç
	G3	50/150	Z+1+2+3+4
	G19	50/150	Z+1+2+3+4+Ç
	J1	50/150	Z+1+2+3+4
	J4	100/50	Z+1+2+3+4
	J16	100/50	Z+1+2+3+4

	J20	50/150	Z+1+2+3+4
	L1	50/100	Z
	L3	80/50	Z
	L4	100/50	Z+1+2
	L8	100/50	Z+1+2
	L11	100/50	Z+1+2
	L16	100/50	Z+1+2
	L19	80/50	Z
	L20	50/100	Z
	M1	100/50	Z
	M3	100/50	Z
	M4	100/50	Z
	M8	100/50	Z
	M11	100/50	Z
	M16	100/50	Z
	M19	100/50	Z
	M20	100/50	Z
Perde	A2	50/300	Z+1+2+3+4
	A5	50/300	Z+1+2+3+4
	A12	50/300	Z+1+2+3+4
	A18	50/300	Z+1+2+3+4
	E1	380/50	Z+1+2+3+4
	E7	300/50	Z+1+2+3+4+Ç
	E13	300/50	Z+1+2+3+4+Ç
	E15	380/30	Z+1+2+3+4+Ç
	E17	380/30	Z+1+2+3+4+Ç
	E20	380/50	Z+1+2+3+4
	F8	30/180	Z+1+2+3+4+Ç
	H1	380/50	Z+1+2+3+4
	H7	380/50	Z+1+2+3+4+Ç
	H10	380/30	Z+1+2+3+4+Ç
	H13	380/50	Z+1+2+3+4+Ç
	H14	30/350	Z+1+2+3+4+Ç
	H20	380/50	Z+1+2+3+4
	I14	30/340	Z+1+2+3+4+Ç
	J2	50/300	Z+1+2+3+4
	J6	40/395	Z+1+2+3+4+Ç
	J14	40/340	Z+1+2+3+4+Ç
	J18	50/300	Z+1+2+3+4
	K7	260/40	Z+1+2+3+4+Ç
	K9	380/30	Z+1+2+3+4+Ç
	K13	260/40	Z+1+2+3+4+Ç
Kiriş	A-A	40/60	Z+1+2+3+4
	C1-C7	50/60	Z+1+2+3+4
	C7-C15	50/60	Z+1+2+3+4+Ç
	C17-C19	50/60	Z+1+2+3+4+Ç
	C19-C20	50/60	Z+1+2+3+4
	B15-B17	30/60	Z+1+2+3+4+Ç

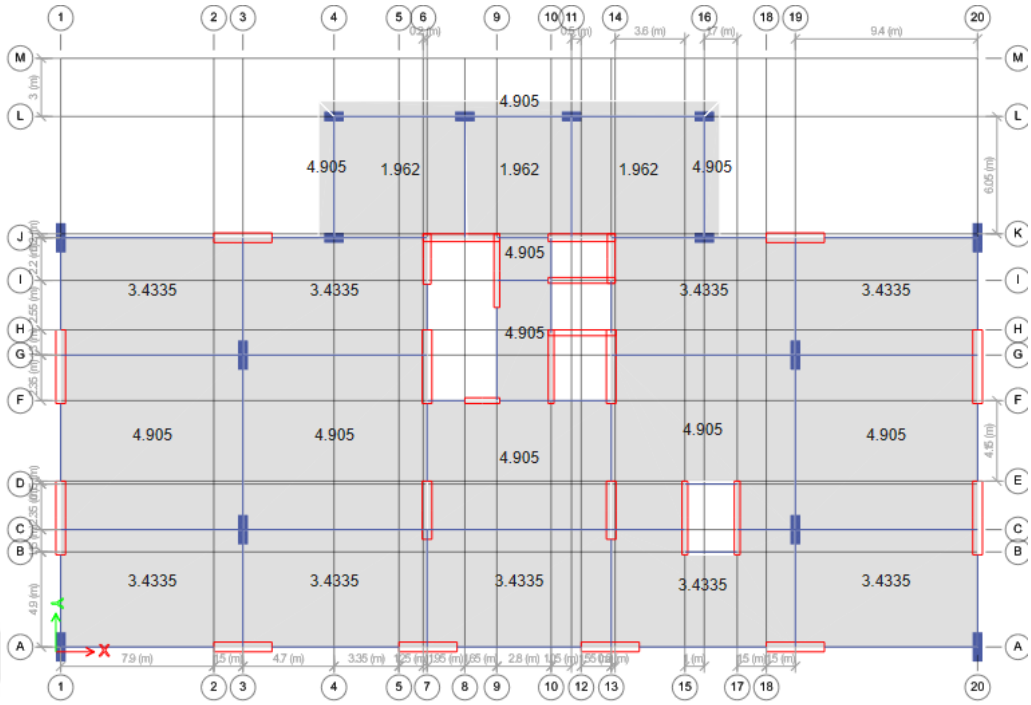
	D15-D17	30/60	Z+1+2+3+4+Ç
	G1-G7	50/60	Z+1+2+3+4
	G13-G19	50/60	Z+1+2+3+4+Ç
	G19-G20	50/60	Z+1+2+3+4
	F7-F13	30/60	Z+1+2+3+4+Ç
	J1-J6	40/60	Z+1+2+3+4
	J9-J10	30/60	Z+1+2+3+4+Ç
	I9-I10	30/60	Z+1+2+3+4+Ç
	J13-J20	40/60	Z+1+2+3+4
	L1-L4	40/60	Z
	L4-L16	40/60	Z+1+2
	L16-L20	40/60	Z
	M-M	40/60	Z
	A1-J1	40/60	Z+1+2+3+4
	J1-M1	40/60	Z
	A3-J3	50/60	Z+1+2+3+4
	J3-M3	50/60	Z
	J4-L4	40/60	Z+1+2
	L4-M4	40/60	Z
	A7-C7	40/60	Z+1+2+3+4
	C7-F7	40/60	Z+1+2+3+4+Ç
	H7-I7	30/60	Z+1+2+3+4+Ç
	J8-L8	50/60	Z+1+2
	L8-M8	50/60	Z
	F9-I9	30/60	Z+1+2+3+4+Ç
	H10-J10	30/60	Z+1+2+3+4+Ç
	J11-I11	50/60	Z+1+2
	I11-M11	50/60	Z
	A13-C13	40/60	Z+1+2+3+4
	E13-F13	40/60	Z+1+2+3+4+Ç
	H13-I13	30/60	Z+1+2+3+4+Ç
	J16-L16	40/60	Z+1+2
	L16-M16	40/60	Z
	A19-C19	50/60	Z+1+2+3+4
	C19-G19	50/60	Z+1+2+3+4+Ç
	G19-K19	50/60	Z+1+2+3+4
	K19-M19	50/60	Z
	A20-K20	40/60	Z+1+2+3+4
	K20-M20	40/60	Z



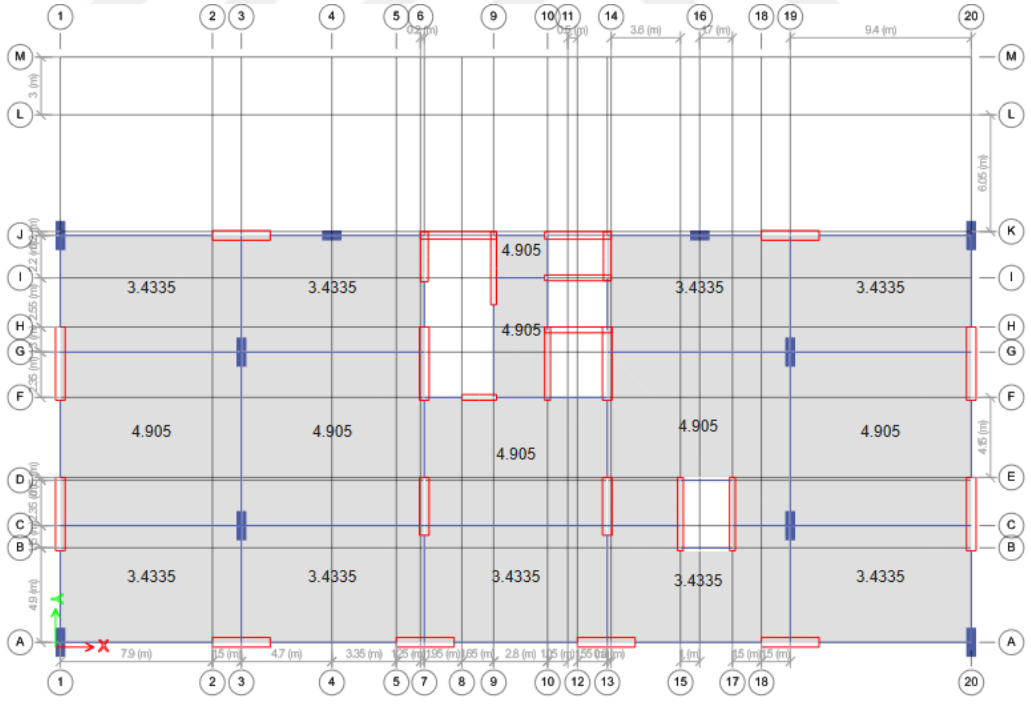
Şekil 14. Zemin Kat Sonlu Planı



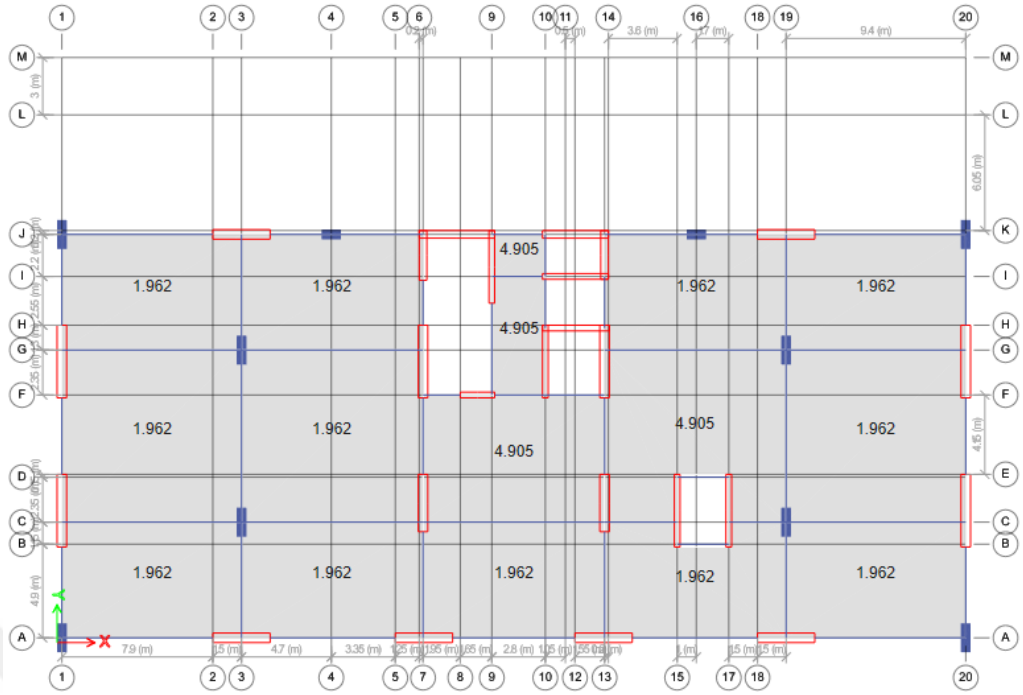
Şekil 15. 1. Kat Sonlu Planı



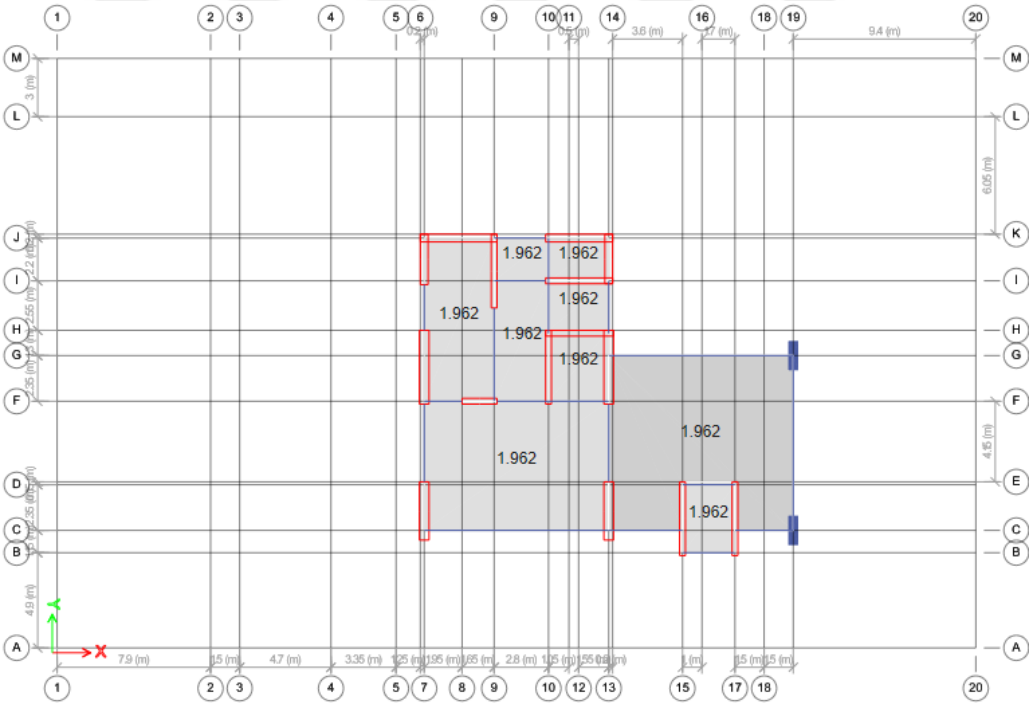
Şekil 16. 2. Kat Sonlu Planı



Şekil 17. 3. Kat Sonlu Planı



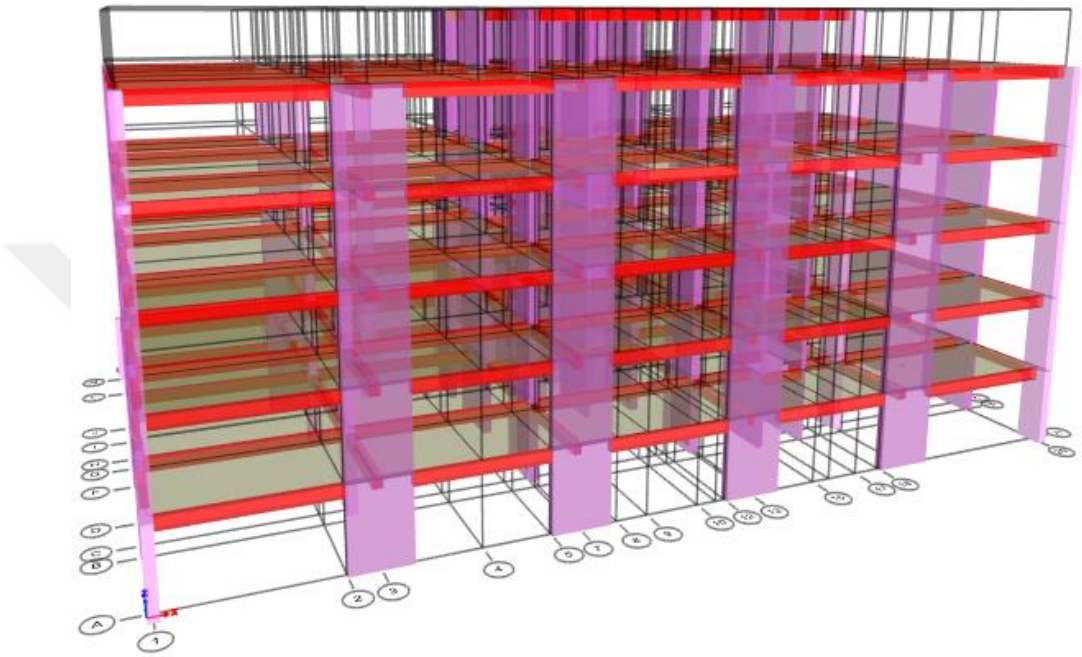
Şekil 18. 4. Kat Sonlu Planı



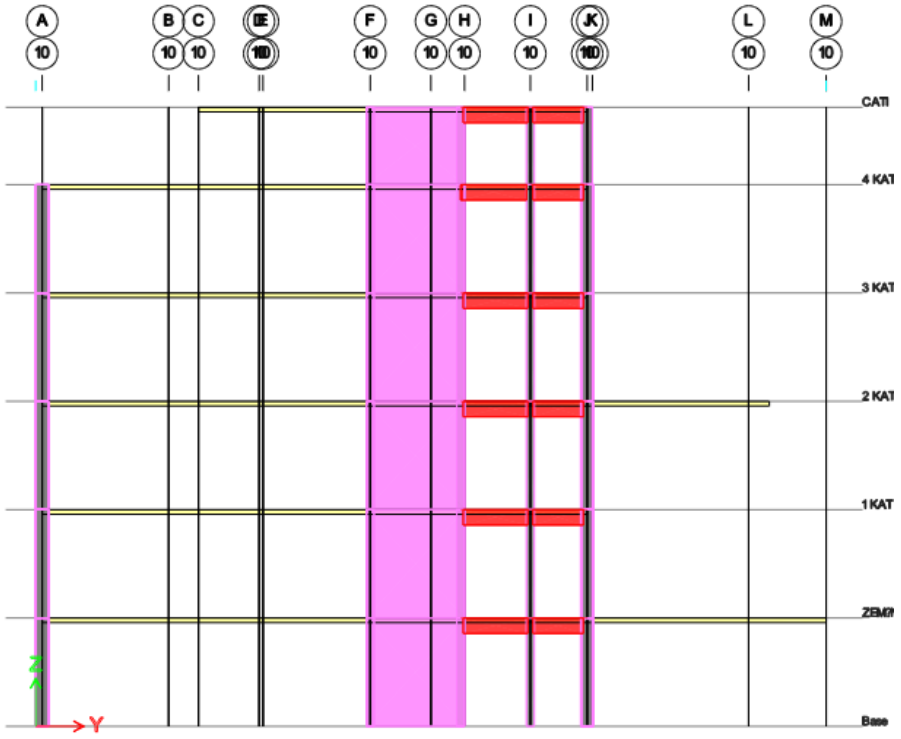
Şekil 19. Çatı Kat Sonlu Planı

2.9. Hastane Modelinin Geometrik Özellikleri

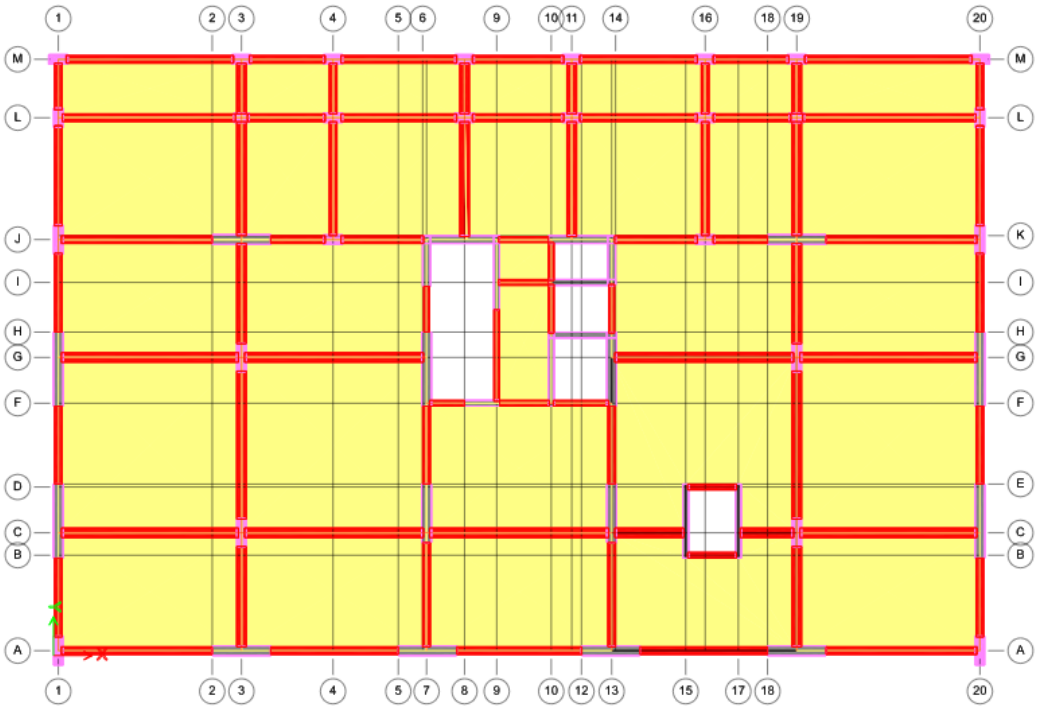
Hastane modeline ait perspektif, plan ve kesitler, analiz programı üzerinde uygun şekilde modellenmiştir. Yapının 3 boyutlu modeli, (10-10) kesiti, zemin kat planı, birinci kat planı, ikinci kat planı, üçüncü kat planı, dördüncü kat planı, çatı kat planı ve 3 boyutlu sonlu elemanlar modeli, sırasıyla **Şekil 20–28'de** sunulmuştur.



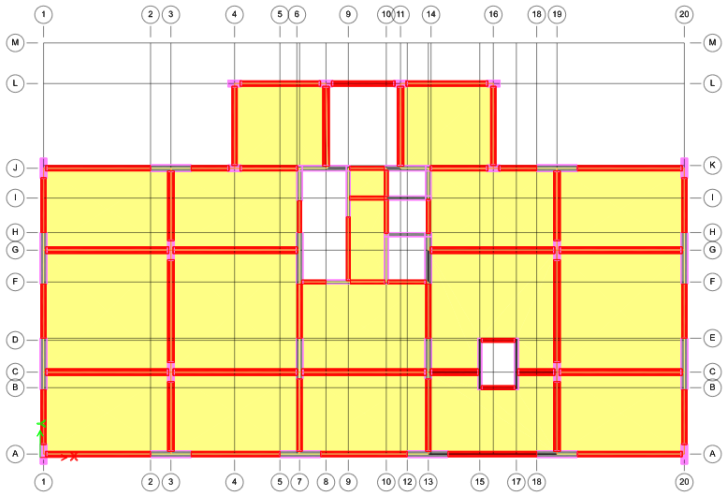
Şekil 20. Hastaneyi 3 Boyutlu Modeli



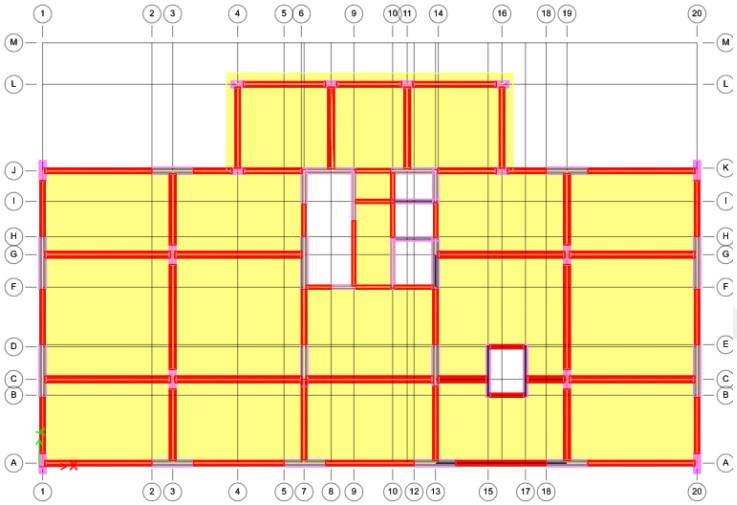
Şekil 21. 10-10 Kesidi



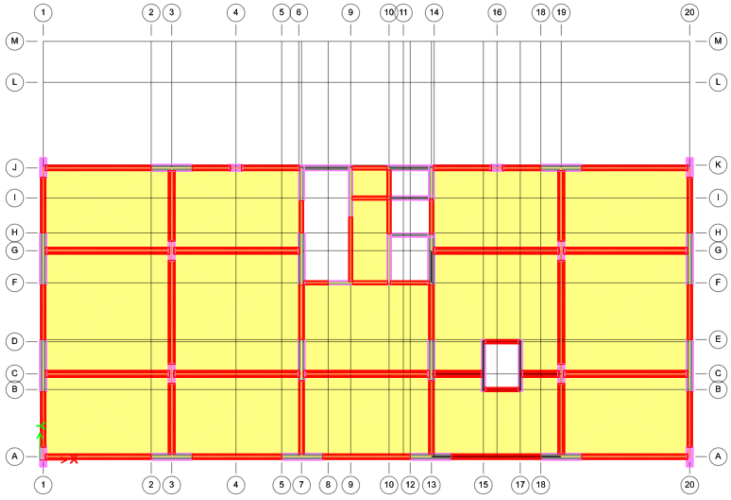
Şekil 22. Zemin Kat Planı



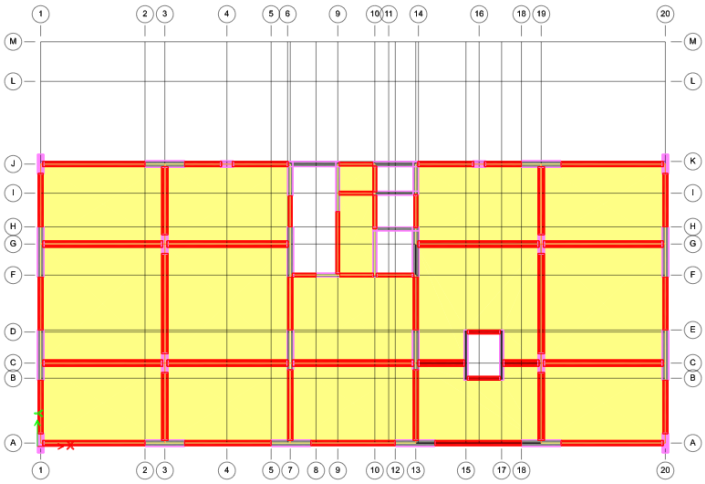
Şekil 23. 1. Kat Planı



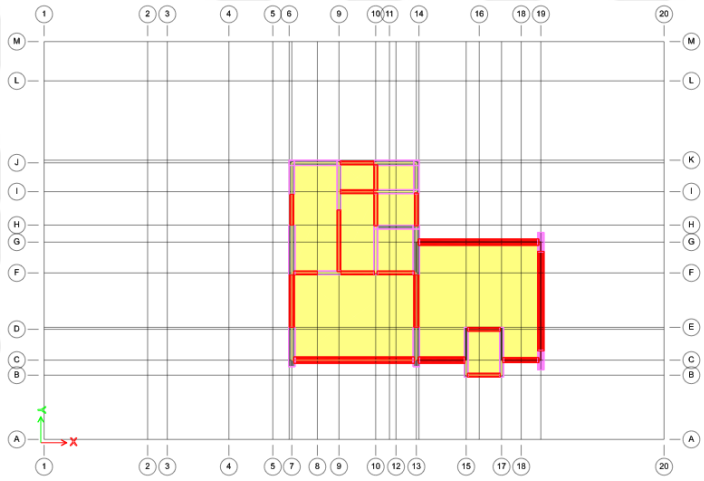
Şekil 24. 2. Kat Planı



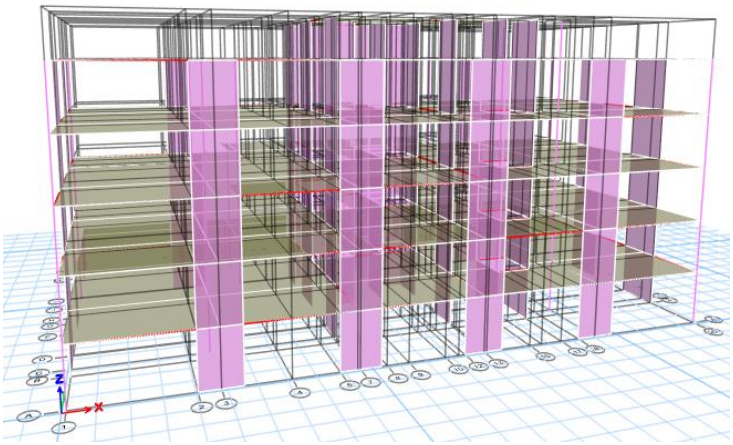
Şekil 25. 3. Kat Planı



Şekil 26. 4. Kat Planı



Şekil 27. Çatı Kat Planı



Şekil 28 . Hastaneyi 3 Boyutlu Sonlu Elemanlar Modeli

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

MODEL KURULUMU VE SENARYOLAR

3.1. Model Kurulumu

Bu bölümde, bilgisayar destekli analiz programı kullanılarak gerçekleştirilen yapısal modellemenin adım adım süreçleri sunulmaktadır.

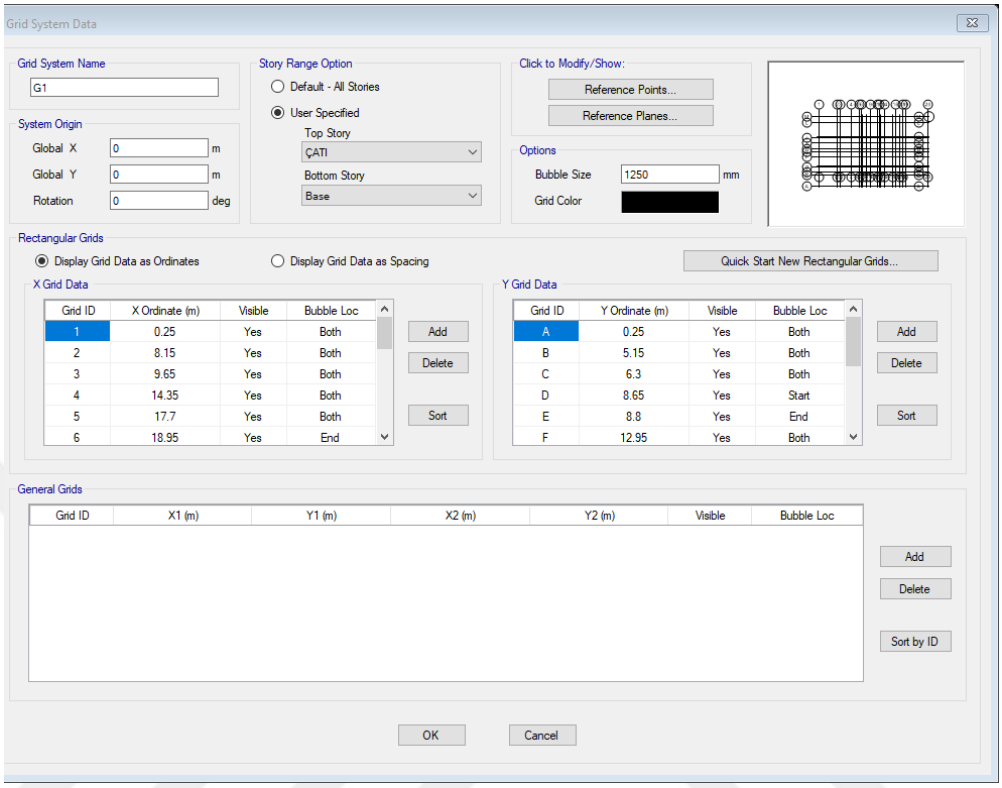
3.1.1. Ölçü birimler, aks, kat ve materyal özellikleri oluşturulması

Units seçeneği üzerinden girilen metrik SI defaults özellikleri tanımlanmıştır. **Şekil 29**'da Ölçü birimler özet özellikleri görülmektedir.

Item	Units Label
Absolute Distance	m
Structure Area	m2
Angles	deg
Length	mm
Area	cm2
Rebar Area	mm2
Rebar Area/Length	mm2/m
Translational Displ	mm
Rotational Displ	rad
Force	kN
Force/Length	kN/m
Force/Area	kN/m2
Moment	kN-m
Moment/Length	kN-m/m
Temperature	C
Temperature Change	C
Temperature Gradient	C/m
Stress Input	MPa
Stress Output	MPa
Strain	mm/mm
Modulus	MPa
Translational Stiffness	kN/m
Rotational Stiffness	kN-m/rad
Period	sec
Frequency	cyc/sec
Acceleration-Trans	mm/sec2
Velocity-Trans	mm/sec
Mass	kg
Mass/Length	kg/m
Mass/Area	kg/m2
Mass/Volume	kg/m3
Weight	kN
Weight/Length	N/m
Weight/Area	kN/m2
Weight/Volume	kN/m3
Thermal Coefficient	1/C

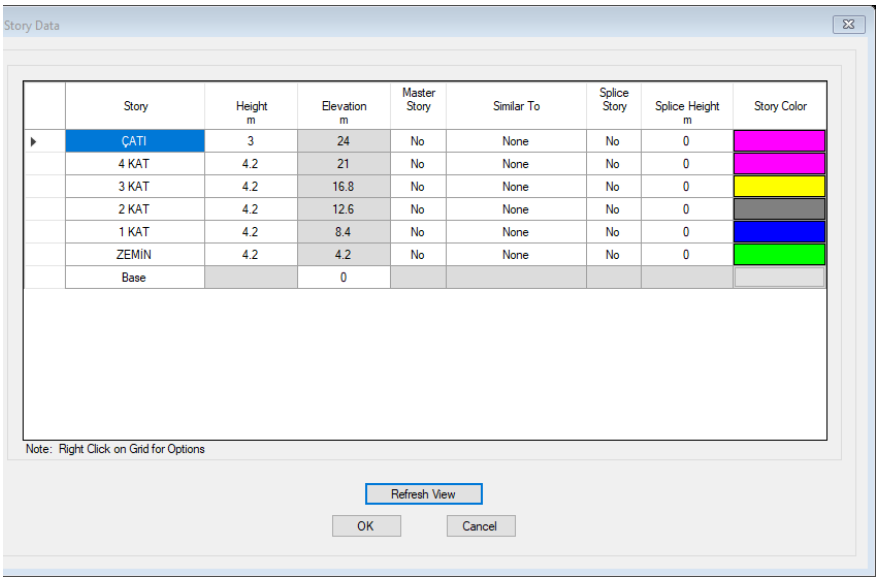
Şekil 29. Yapısal Modelde Tanımlanan Ölçü Birimleri

Aks tanımlanması icin, edit menüsü→ edit stories and grid systems→ show/modify grid system, program'da aks yerleştirilmiştir. **Şekil 30**'da yapı elemanlarına göre aks girilmiştir.



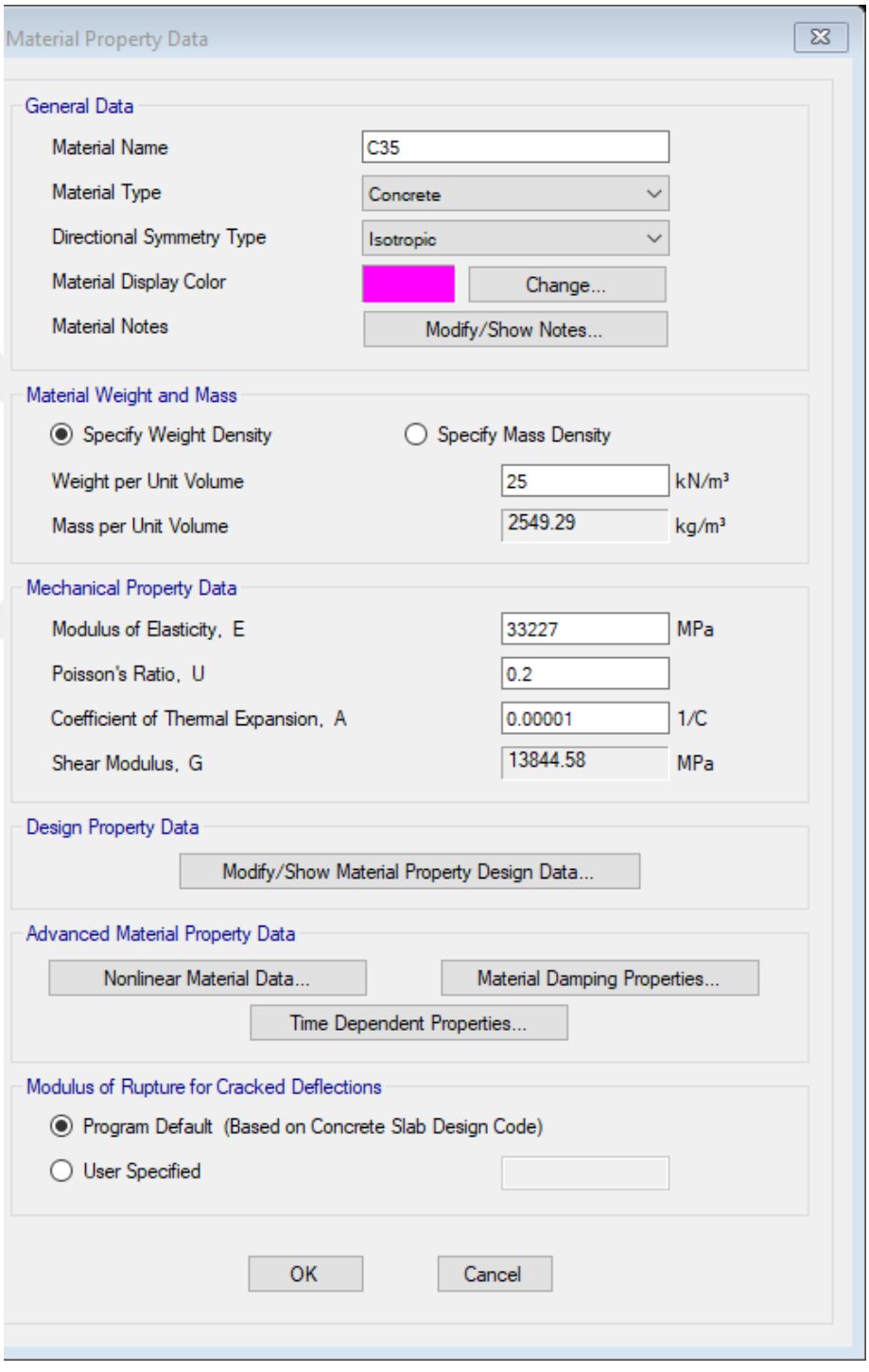
Şekil 30. Yapının X ve Y Aks Mesafeleri.

Kat yüksekliği tanımlanması icin, edit menüsü→ edit stories and grid systems, program'da Kat yükseklikleri yerleştirilmiştir. **Şekil 31**'de Kat yükseklikleri gösterilmiştir.



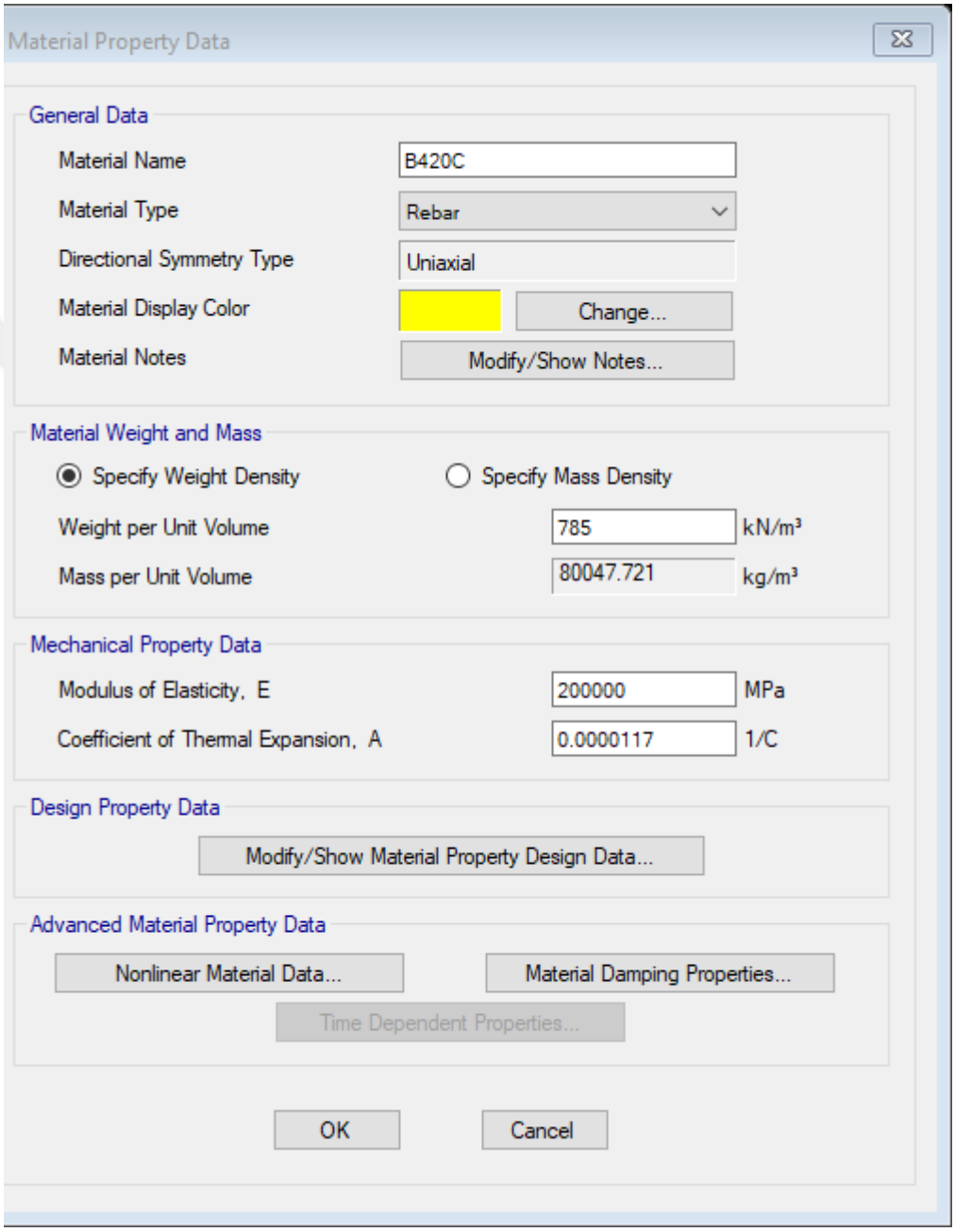
Şekil 31. Yapının Kat Adları, Kodları ve Kat Yükseklikleri

Beton özellikleri tanımlanması icin, define menüsünden→ material properties→ show/modify material, materyal tipi beton, yönsel simetri tipi izotropik, özgül ağırlık 25 kN/m^3, elastisite 34555 MPa, poisson oranı 0.2, ısıl genleşme katsayısı 0.00001 $1/C$, olarak seçilmiştir. **Şekil 32**'de Beton özellikleri görülmektedir.



Şekil 32. Kullanılan Betonun Malzeme Özellikleri

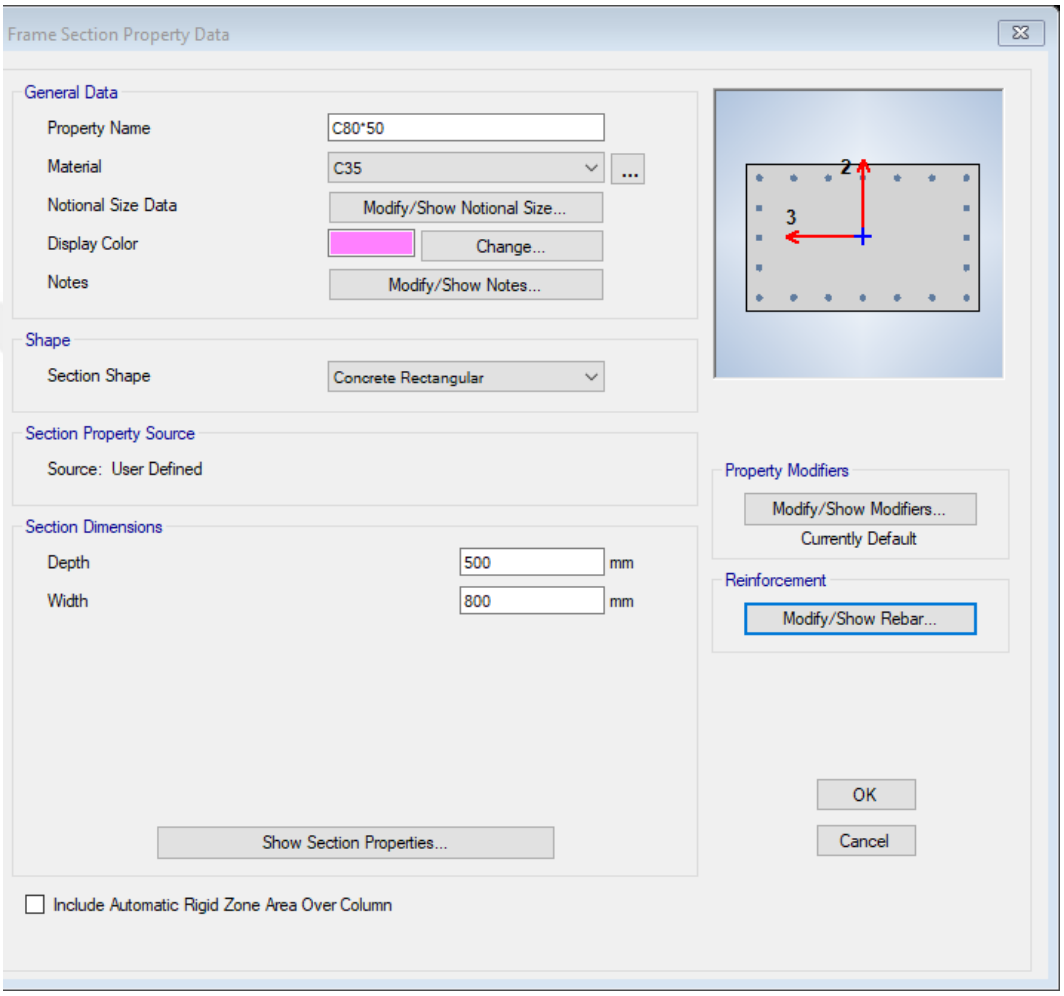
donatı özellikleri tanımlanması icin, define menüsünden→ material properties→ show/modify material, materyal tipi rebar, özgül ağırlık 785 kN/m^3, elastisite 200000 MPa, ısıl genleşme katsayısı 0.0000117 $1/C$, olarak seçilmiştir. **Şekil 33**'te donatı özellikleri görülmektedir.



Şekil 33. Kullanılan Donatı Özellikleri.

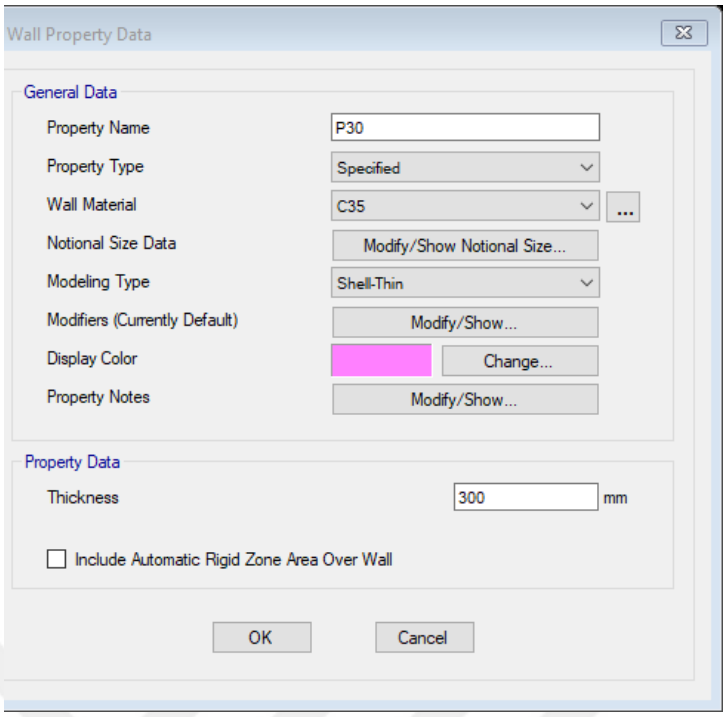
3.1.2. Yapı elemanları oluşturulması

Kolon veya kiriş tanımlanması icin, define menüsünden→ section properties→ frame sections, materyal C35, kesit şekli, boyutları, uygun olarak girilebilir. **Şekil 34**'te kolon ve kiriş özellikleri görülmektedir.



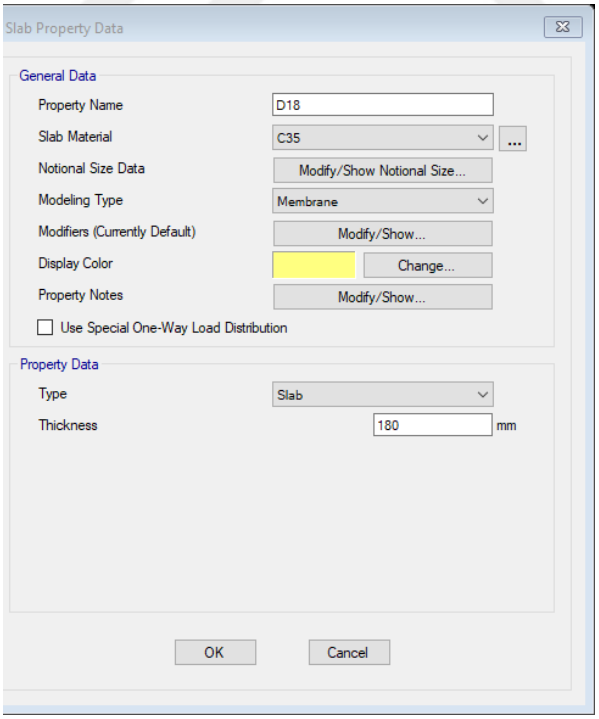
Şekil 34. Örnek Bir Kolonun Geometrik ve Malzeme Özellikleri

Perde tanımlanması icin, define menüsünden→ section properties→ wall sections, perde materyalı C35, modelin tipi ince kabuk, kalınlığı, uygun olarak girilir. **Şekil 35**'te perde özellikleri görülmektedir.



Şekil 35. Örnek Bir Perdenin Geometrik ve Malzeme Özellikleri

Döşeme tanımlanması icin, define menüsünden→ section properties→ slab sections, döşeme materyalı C35, modelin tipi membran, tip döşeme, kalınlığı, olarak seçilmiştir. **Şekil 36**'da döşeme özellikleri görülmektedir.

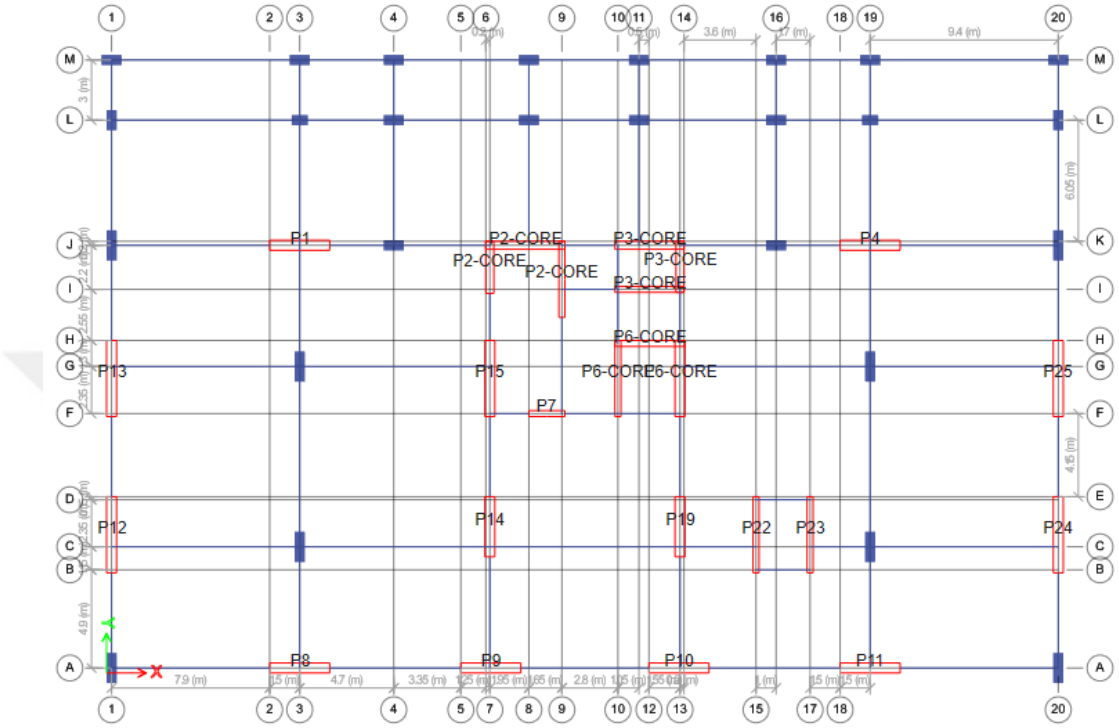


Şekil 36. Döşeme Özellikleri.

Elemanları tanımlandıktan sonra Draw seçeneği üzerinden elemanları çizilmiştir.

3.1.3. Perde adlandırılması

Her perdenin boyunca birlik çalışması için perde adlandırılması gerekmektedir. define menüsünden→ pier labels. **Şekil 37**'de perde adları gösterilmiştir.



Şekil 37. Perde Adlandırılması

3.1.4. Etkin uzunluğu tanımlanması

AFAD (2018), etkin kiriş uzunluğu aşağıdaki gibi tanımlanır.

$$Letkin = Lnet + 0.5\,(Hk + Hs) \qquad (11)$$

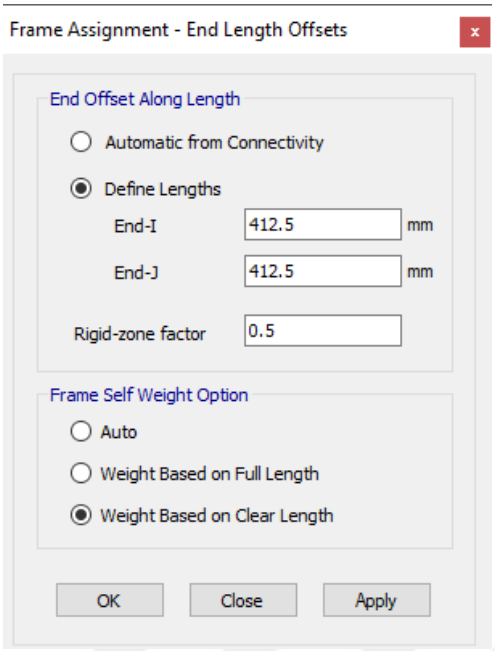
Letkin: etkin kiriş uzunluğu

Lnet: iki kolon arasındaki temiz açıklık

Hk: kolonun enkesit yüksekliği (kolon kalınlığı)

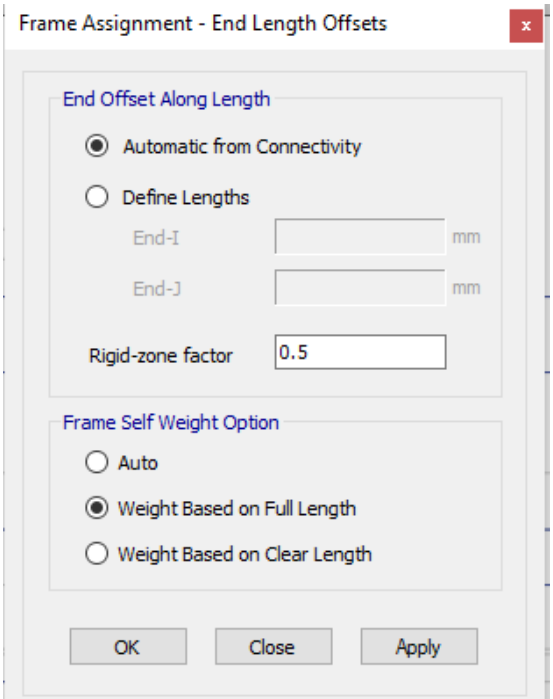
Hs: kirişin yüksekliği

assign→ frame→ end lenght offsets, uzunluğu tanımlanması (define lenghts), kirişin uzunluğu soldan ne kadar azaltacak, kirişin uzunluğu sagdan ne kadar azaltacak, rijit faktörü 0.5, temiz açıklığına göre ağırlığı, olarak seçilmiştir. **Şekil 38**'de gösterildiği gibi etkin kiriş uzunluğu tanımlanması özellikleri görülmektedir.



Şekil 38. Bir Kirişin Etkin Uzunluğu.

Etkin kolon uzunluğu tanımlanması icin, assign menüsünden→ frame→ end lenght offsets, bağlantıdan otomatik olarak, tam uzunluğa göre, olarak seçilmiştir. **Şekil 39**'da gösterildiği gibi etkin kolon uzunluğu tanımlanması özellikleri görülmektedir.



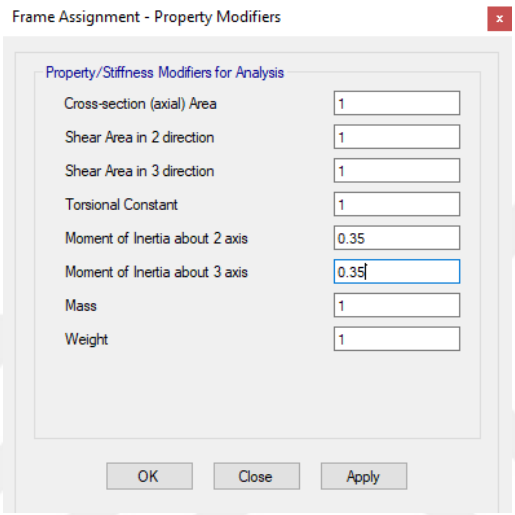
Şekil 39. Kolon Etkin Uzunluğu Özellikleri.

3.1.5. Çatlamış kesit etkin kesit rijitlik katsayısı tanımlanması

TBDY (2018)'e göre kiriş, kolon ve perde için eğilme ve kesme etkin kesit rijitlik katsayısı tanımlanmasını açıklanmıştır.

3.1.5.1. Çatlamış kiriş kesit etkin kesit rijitlik katsayısı tanımlanması

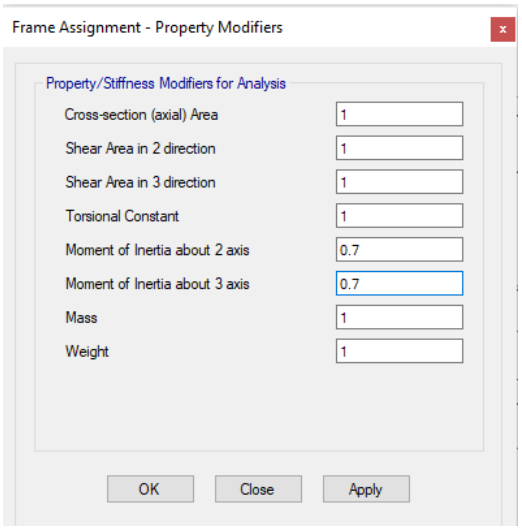
Tüm kirişleri seçip assign menüsünden→ frame→ property modifiers, atalet momentleri 0.35, olarak seçilmiştir. **Şekil 40**'ta çatlamış kiriş kesit etkin kesit rijitlik katsayısı görülmektedir.



Şekil 40. Çatlamış Kiriş Özellikleri.

3.1.5.2. Çatlamış kolon kesit etkin kesit rijitlik katsayısı tanımlanması

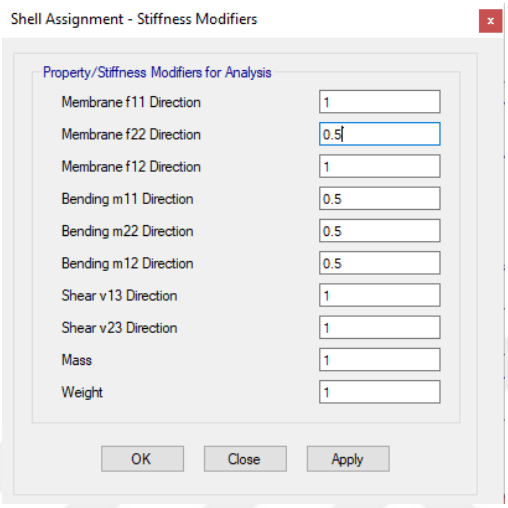
Tüm kolonları seçip assign menüsünden→ frame→ property modifiers, atalet momentleri 0.7, olarak seçilmiştir. **Şekil 41**'de çatlamış kolon kesit etkin kesit rijitlik katsayısı görülmektedir.



Şekil 41. Çatlamış Kolon Özellikleri.

3.1.5.3. Çatlamış perde kesit etkin kesit rijitlik katsayısı tanımlanması

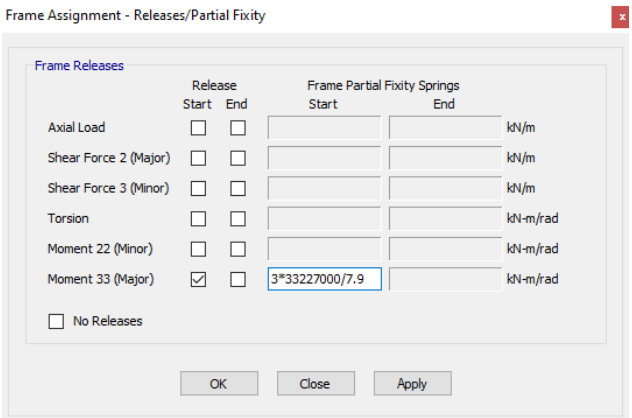
Tüm perdeleri seçip assign menüsünden→ shell→ stiffness modifiers, f22= 0.5, momentler 0.5, olarak seçilmiştir. **Şekil 42**'de çatlamış perde kesit etkin kesit rijitlik katsayısı görülmektedir.



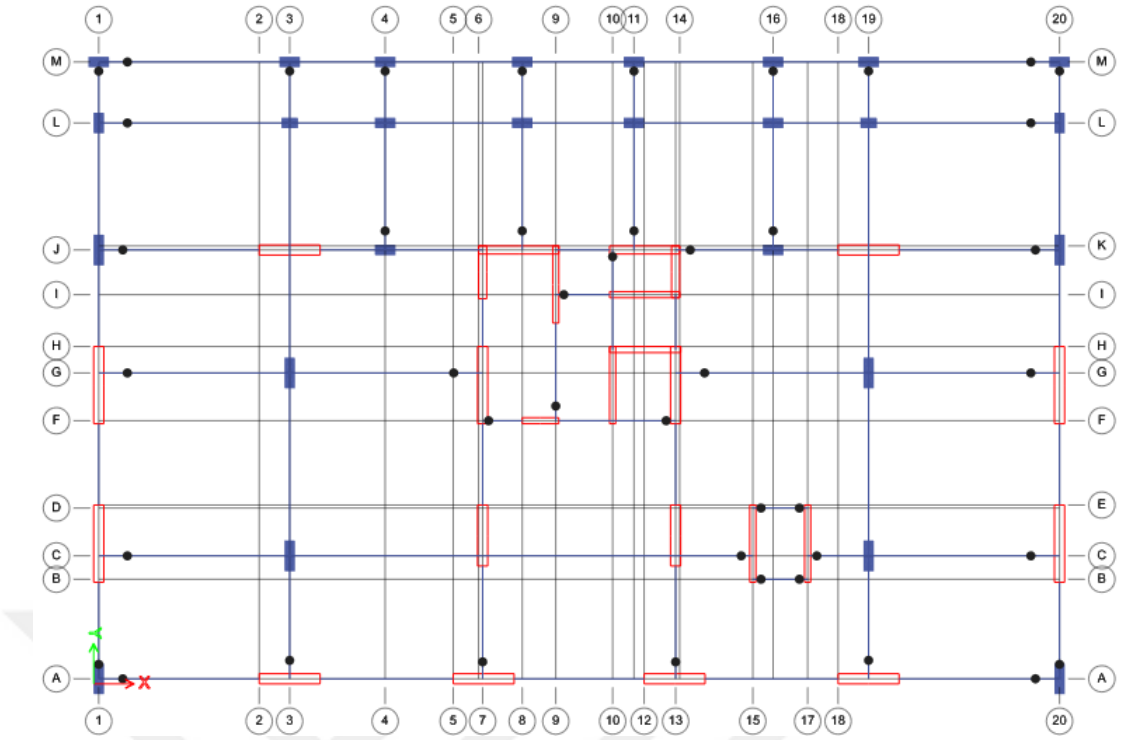
Şekil 42. Çatlamış Perde Özellikleri.

3.1.6. Mafsal oluşturulması

Kirişte yeterli rijitliği olmayan ucunda yerleşimlerine göre 3EI/L (kN-m/rad) değerinde kısmi mafsal oluşturulur. tanımlanması icin, assign menüsünden→ frame→ releases/partial fixity, ana moment başlangıç veya bitiş, 3EI/L değeri, olarak seçilmiştir. **Şekil 43**'te bir kirişin mafsal özellikleri görülmektedir. **Şekil 44**'te kısmi mafsal yerleşimleri gösterilmiştir.



Şekil 43. Bir Kirişin Mafsal Özellikleri.



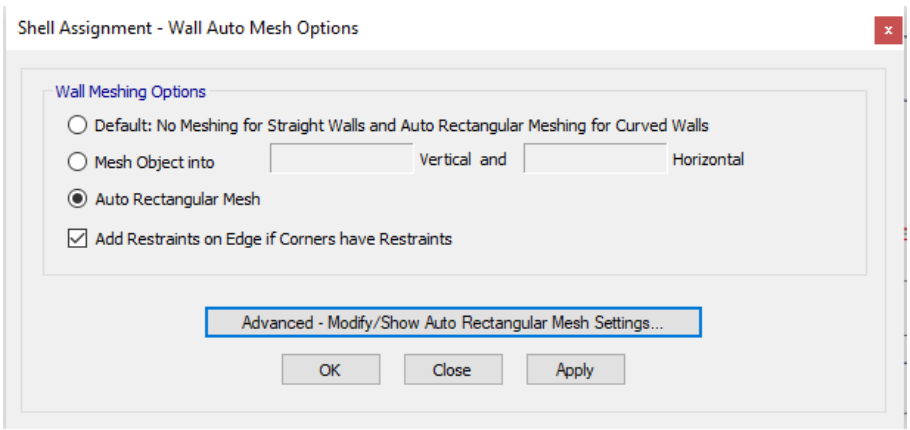
Şekil 44. Mafsal Yerleşimleri Gösterilmiştir.

3.1.7. Kabuk elemanlarının bölümlendirilmesi

Perde ve döşeme bölümlendirilme tanımlanmasını açıklanmıştır.

3.1.7.1. Perde bölümlendirilmesi

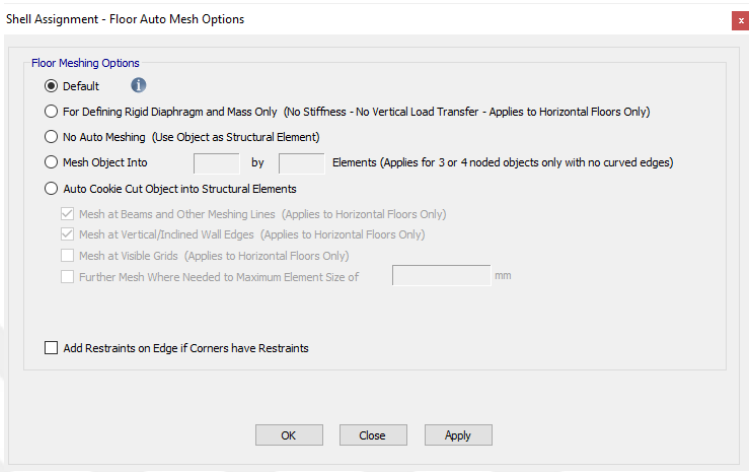
Perde bölümlendirilme tanımlanmasını için, assign menüsünden→ shell→ wall auto mesh options, otomatik kare bölümlendirilme, köşelerde mesnet varsa kenarlara mesnet ekle, advanced-modify/show auto rectangular mesh settings seçip bölümlendirilme boyudu 0.5 m, olarak seçilmiştir. **Şekil 45**'te Perde bölümlendirilme özellikleri görülmektedir.



Şekil 45. Perde Bölümlendirilme Özellikleri.

3.1.7.2. Döşeme bölümlendirilmesi

Döşeme bölümlendirilme tanımlanmasını için, assign menüsünden→ shell→ floor auto mesh options, varsayılan, olarak seçilmiştir. **Şekil 46**'da Döşeme bölümlendirilme özelliklerini görülmektedir.



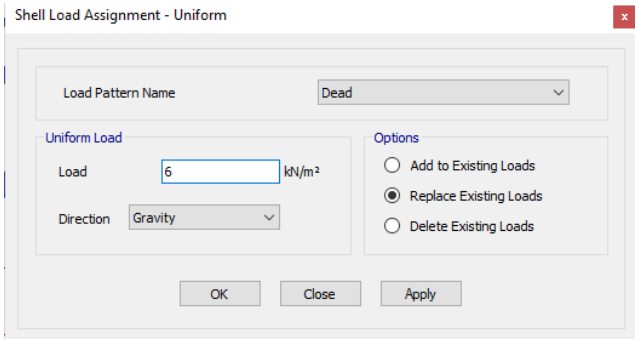
Şekil 46. Döşeme Bölümlendirilme Özellikleri.

3.1.8. Yük tanımlanması

Döşemelere ve kirişlere ait yük tanımlanmasını açıklanmıştır.

3.1.8.1. Döşemelere yük tanımlanması

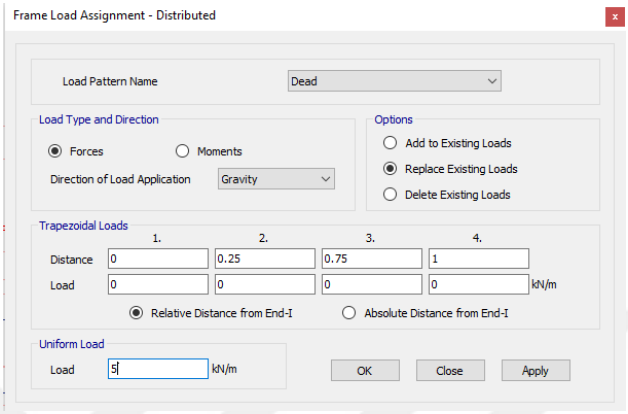
Döşemelere ait yük tanımlanması için, assign menüsünden→ shell loads→ uniform, yük tipi seçip yük değerini girdirilmektedir, olarak seçilmiştir. **Şekil 47**'de Döşemeye ait yük özellikleri görülmektedir.



Şekil 47. Döşemelere Ait Sabit Yük Özellikleri.

3.1.8.2. Kirişlere ait yük tanımlanması

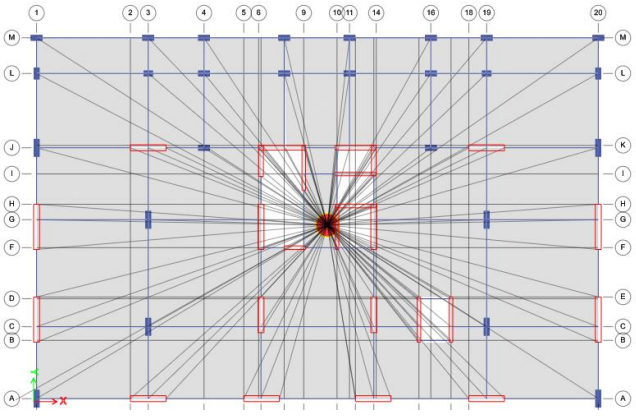
Duvarlardan Kirişlere ait yük tanımlanması için, assign menüsünden→ frame loads→ distributed, yük tipi seçip yük değerini girdirilmektedir, olarak seçilmiştir. **Şekil 48**'de duvardan bir kirişe ait yük özellikleri görülmektedir.



Şekil 48. Duvardan Bir Kirişe Ait Yük Özellikleri.

3.1.9. Diyaframı tanımlanması

Her katın diyaframını tanımlanması için, assign menüsünden→ joint→ diaphrams, her katına ait diyaframı, olarak seçilmiştir. **Şekil 49**'da tanımlandığı bir diyafram görülmektedir.

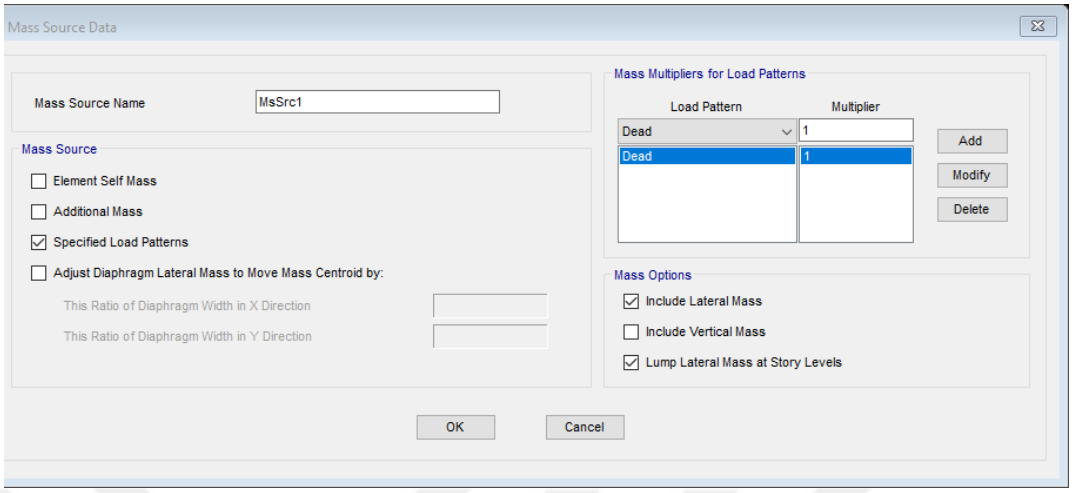


Şekil 49. Zemin Kat Diyaframını.

3.1.10. Kütle kaynağı tanımlanması

Kütle kaynağı tanımlanması için, define menüsünden→ mass source, belirlenmiş yük desenleri, yanal kütleyi dahil et, kat kütlelerini yanal yükler için toplu

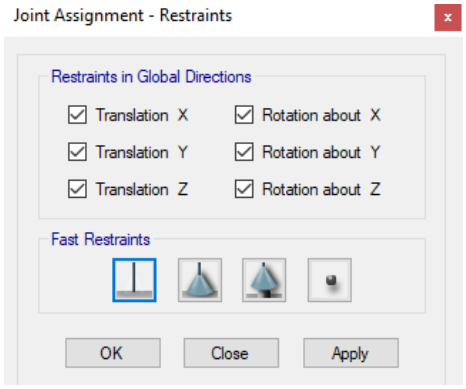
ata, sabit yük deseni, katsayısı 1, olarak seçilmiştir. **Şekil 50**'de kütle kaynağı özellikleri görülmektedir.



Şekil 50. Kütle Kaynağı Özellikleri.

3.1.11. Mesnet tanımlanması

Yapı temel tipini radye olduğu için tabanda ankastre mesnetler tanımlanmıştır. Mesnet tanımlanması için, assign menüsünden→ joint→ restraints, ankastre, olarak seçilmiştir. **Şekil 51**'de tanımlandığı mesnet görülmektedir.



Şekil 51. Tabanda Mesnet Özellikleri.

3.2. Senaryolar

Aynı yapı modeli, ZC ve ZD yerel zemin sınıfları için ayrı ayrı ele alınmış ve her iki zemin sınıfında Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi (EDYY), Tepki Spektrumu Yöntemi (TSY) ile İtme Analizi (İA) uygulanmıştır. Çalışmada, her bir analiz yöntemi kapsamında A1 burulma düzensizliği, B2 yumuşak kat (komşu katlar arası rijitlik

düzensizliği), göreli kat ötelemeleri, ikinci mertebe etkileri (P–Δ) ve yük birleşimleri altında katlara etkiyen kesme kuvvetleri hesaplanmış ve karşılaştırılmıştır. Ayrıca, ZC ve ZD zemin sınıflarına ait sonuçlar birbirleriyle değerlendirilerek, zemin sınıfının yapısal davranış üzerindeki etkisi incelenmiştir.

3.3. Analiz Yöntemleri Tanımlanması

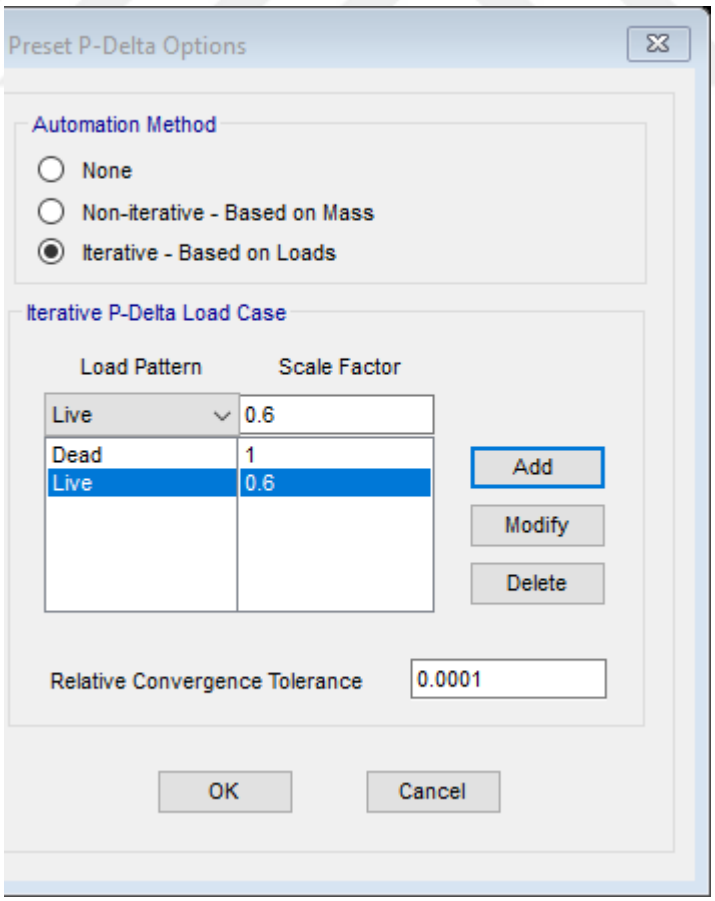
Çalışmada kullanılan EDYY, TSY ve İA yöntemlerinin uygulama süreçleri ve modelleme adımları detaylı olarak gösterilmiştir.

3.3.1. EDYY Tanımlanması

Bu kısmında analiz programında EDYY'nin nasıl tanımlandığını açıklanmıştır.

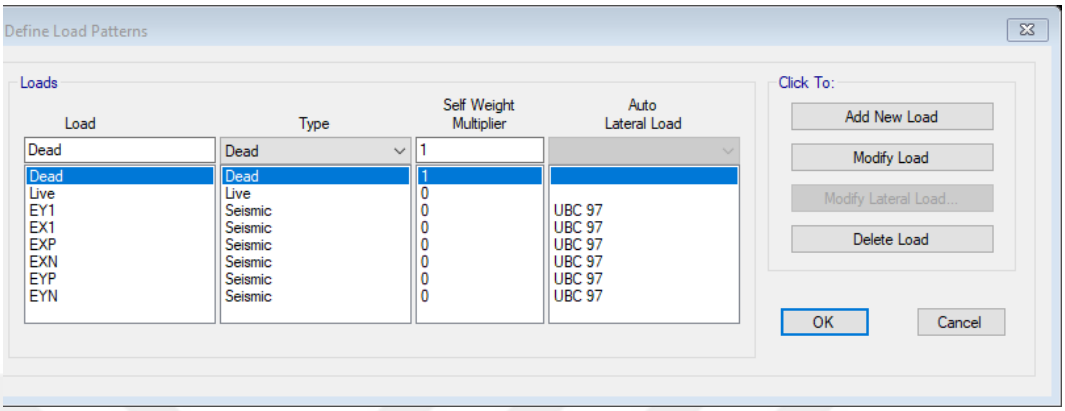
3.3.1.1. EDYY Yük modelleri ve durumları tanımlanması

Yapıların düşey yükler altında yanal desplasman yapması sonucu oluşan ek momentleri (P-Δ) tanımlanması için, define menüsünden→ P-delta options, yük temelli iteratif yöntem, (G) yük modeli için katsayısı 1, (Q) yük modeli ise 0.6 hastane olduğu için katsayısı, olarak seçilmiştir. **Şekil 52**'de ES analiz yöntemi ile (P-Δ) özellikleri görülmektedir.



Şekil 52. EDYY ile (P-Δ) Özellikleri.

EDYY analiz özellikleri tanımlanması için, define menüsünden→ load pattern, yeni yük yükleme, yük tipi sismik, UBC 97 kodu, olarak seçilmiştir. **Şekil 53**'te EDYY ile yük modelleri görülmektedir.



Şekil 53. EDYY ile Yük Modelleri.

Yapının esas doğal titreşim periyot denklemi aşağıda ifade edilmiştir, TBDY (2018).

$$T_{pA} = C_t H_N^{3/4} \quad (12)$$

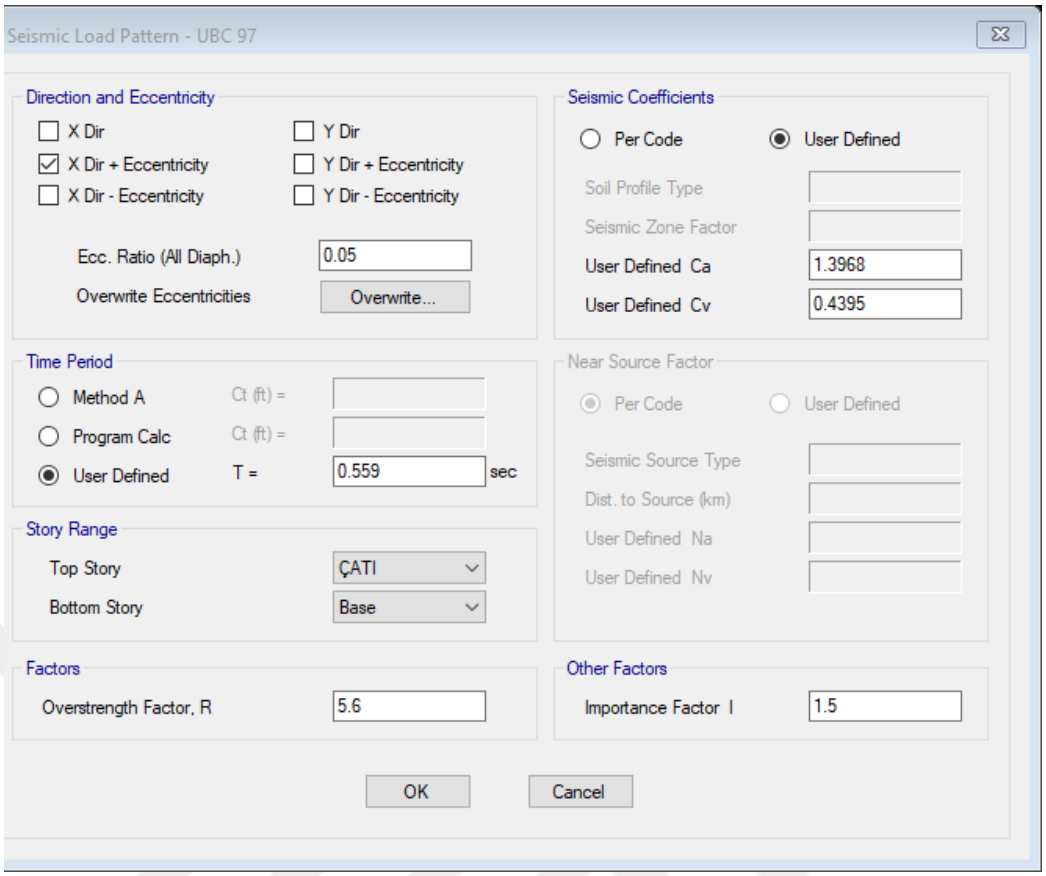
T_{pA}: yapının esas doğal titreşim periyodu (s)

C_t: katsayısı (perde duvar hakim sistemler için 0.05)

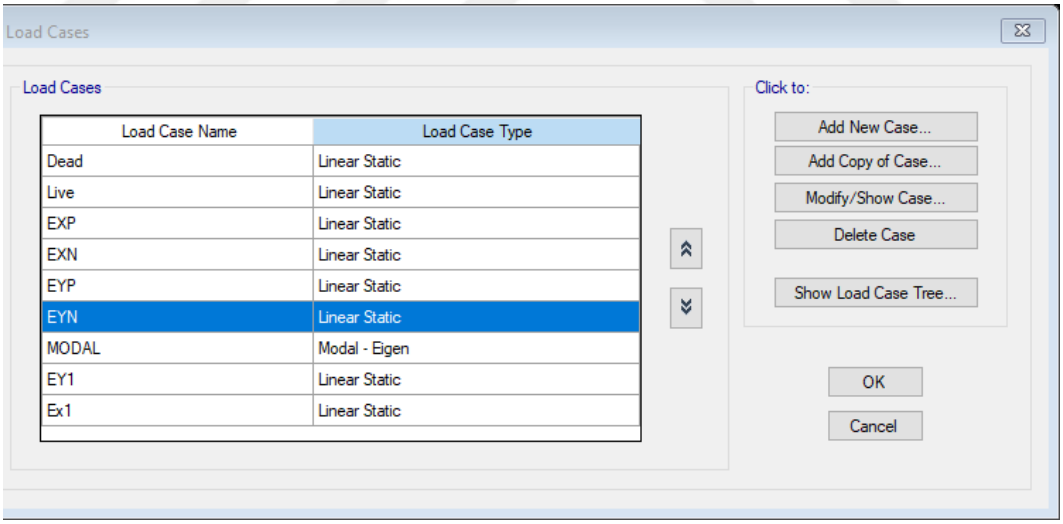
H_N: binanın toplam yüksekliği (m)

Yukarıdaki denklemi (12) uyguladığında, T1= 0.05x$25.2^{3/4}$= 0.559 s

EX1, EXP, EXN, EY1, EYP ve EYN adlandıralan yük modellerin yönlerini X, X+5% eksantriklik, X-5% eksantriklik, Y, Y+5% eksantriklik, Y-5%eksantriklik, sırasıyla oluşturulmuştur. ZC'nin ve ZD'nin özelliklerini tüm yük modellerine aynısıdır, T1= 0.559 s, SD_S=1.3968, SD_1=0.4395, R=5.6 ve I=1.5. **Şekil 54**'te EDYY ile ZC'nin EXP yük modeli özellikleri görülmektedir. **Şekil 55**'te EDYY ile yük durumları görülmektedir.



Şekil 54. EDYY ile ZC'nin EXP Yük Modeli Özellikleri



Şekil 55. EDYY ile Yük Durumları.

3.3.1.2. EDYY'de ZC için Uygulanılan yük birleşimleri

Düşey deprem etkisi (Ez) denklemi aşağıda ifade edilmiştir, TBDY (2018).

$$Ez = 0.3S_{DS}.I.Wz \quad (13)$$

Wz: Düşey ağırlığı (burda G sayılır)

ZC için (13) denklemi uyguladığında, Ez= 0.3x1.397x1.5xG= 0.629G

ZC'nin EDYY'de uygulanılan yük birleşimleri **Tablo 16**'te verilmiştir.

Tablo 16. ZC'nin EDYY'de kullanılan yük birleşimleri

No	TBDY (2018) uygulanılan Kombinasyon
1	1.4G + 1.6Q
2	1.28G + 0.8Q +1.5EXP +0.45EYP
3	0.72G + 0.8Q +1.5EXP +0.45EYP
4	1.28G + 0.8Q +1.5EXP -0.45EYP
5	0.72G + 0.8Q +1.5EXP -0.45EYP
6	1.28G + 0.8Q -1.5EXP +0.45EYP
7	1.28G + 0.8Q -1.5EXP -0.45EYP
8	0.72G + 0.8Q -1.5EXP +0.45EYP
9	0.72G + 0.8Q -1.5EXP -0.45EYP
10	1.18G +1.5EXP +0.45EYP
11	0.62G +1.5EXP +0.45EYP
12	1.18G +1.5EXP -0.45EYP
13	0.62G +1.5EXP -0.45EYP
14	1.18G -1.5EXP +0.45EYP
15	1.18G -1.5EXP -0.45EYP
16	0.62G -1.5EXP +0.45EYP
17	0.62G -1.5EXP -0.45EYP
18	1.28G + 0.8Q +1.5EXP +0.45EYN
19	0.72G + 0.8Q +1.5EXP +0.45EYN
20	1.28G + 0.8Q +1.5EXP -0.45EYN
21	0.72G + 0.8Q +1.5EXP -0.45EYN
22	1.28G + 0.8Q -1.5EXP +0.45EYN
23	1.28G + 0.8Q -1.5EXP -0.45EYN
24	0.72G + 0.8Q -1.5EXP +0.45EYN
25	0.72G + 0.8Q -1.5EXP -0.45EYN
26	1.18G +1.5EXP +0.45EYN
27	0.62G +1.5EXP +0.45EYN
28	1.18G +1.5EXP -0.45EYN
29	0.62G +1.5EXP -0.45EYN
30	1.18G -1.5EXP +0.45EYN
31	1.18G -1.5EXP -0.45EYN
32	0.62G -1.5EXP +0.45EYN
33	0.62G -1.5EXP -0.45EYN
34	1.28G + 0.8Q +1.5EXN +0.45EYP
35	0.72G + 0.8Q +1.5EXN +0.45EYP
36	1.28G + 0.8Q +1.5EXN -0.45EYP
37	0.72G + 0.8Q +1.5EXN -0.45EYP
38	1.28G + 0.8Q -1.5EXN +0.45EYP
39	1.28G + 0.8Q -1.5EXN -0.45EYP
40	0.72G + 0.8Q -1.5EXN +0.45EYP
41	0.72G + 0.8Q -1.5EXN -0.45EYP
42	1.18G +1.5EXN +0.45EYP

43	0.62G +1.5EXN +0.45EYP
44	1.18G +1.5EXN -0.45EYP
45	0.62G +1.5EXN -0.45EYP
46	1.18G -1.5EXN +0.45EYP
47	1.18G -1.5EXN -0.45EYP
48	0.62G -1.5EXN +0.45EYP
49	0.62G -1.5EXN -0.45EYP
50	1.28G + 0.8Q +1.5EXN +0.45EYN
51	0.72G + 0.8Q +1.5EXN +0.45EYN
52	1.28G + 0.8Q +1.5EXN -0.45EYN
53	0.72G + 0.8Q +1.5EXN -0.45EYN
54	1.28G + 0.8Q -1.5EXN +0.45EYN
55	1.28G + 0.8Q -1.5EXN -0.45EYN
56	0.72G + 0.8Q -1.5EXN +0.45EYN
57	0.72G + 0.8Q -1.5EXN -0.45EYN
58	1.18G +1.5EXN +0.45EYN
59	0.62G +1.5EXN +0.45EYN
60	1.18G +1.5EXN -0.45EYN
61	0.62G +1.5EXN -0.45EYN
62	1.18G -1.5EXN +0.45EYN
63	1.18G -1.5EXN -0.45EYN
64	0.62G -1.5EXN +0.45EYN
65	0.62G -1.5EXN -0.45EYN

3.3.1.3. EDYY'de ZD için Uygulanılan yük birleşimleri

ZD için (13) denklemi uyguladığında, Ez= 0.3x 1.204 x1.5xG= 0.542G

ZD'nin EDYY uygulanılan yük birleşimleri **Tablo 17**'te verilmiştir.

Tablo 17. ZD'nin EDYY'de kullanılan yük birleşimleri

No	**TBDY (2018) uygulanılan Kombinasyon**
1	1.4G + 1.6Q
2	1.24G + 0.8Q +1.5EXP +0.45EYP
3	0.76G + 0.8Q +1.5EXP +0.45EYP
4	1.24G + 0.8Q +1.5EXP -0.45EYP
5	0.76G + 0.8Q +1.5EXP -0.45EYP
6	1.24G + 0.8Q -1.5EXP +0.45EYP
7	1.24G + 0.8Q -1.5EXP -0.45EYP
8	0.76G + 0.8Q -1.5EXP +0.45EYP
9	0.76G + 0.8Q -1.5EXP -0.45EYP
10	1.14G +1.5EXP +0.45EYP
11	0.66G +1.5EXP +0.45EYP
12	1.14G +1.5EXP -0.45EYP
13	0.66G +1.5EXP -0.45EYP
14	1.14G -1.5EXP +0.45EYP
15	1.14G -1.5EXP -0.45EYP
16	0.66G -1.5EXP +0.45EYP
17	0.66G -1.5EXP -0.45EYP

18	1.24G + 0.8Q +1.5EXP +0.45EYN
19	0.76G + 0.8Q +1.5EXP +0.45EYN
20	1.24G + 0.8Q +1.5EXP -0.45EYN
21	0.76G + 0.8Q +1.5EXP -0.45EYN
22	1.24G + 0.8Q -1.5EXP +0.45EYN
23	1.24G + 0.8Q -1.5EXP -0.45EYN
24	0.76G + 0.8Q -1.5EXP +0.45EYN
25	0.76G + 0.8Q -1.5EXP -0.45EYN
26	1.14G +1.5EXP +0.45EYN
27	0.66G +1.5EXP +0.45EYN
28	1.14G +1.5EXP -0.45EYN
29	0.66G +1.5EXP -0.45EYN
30	1.14G -1.5EXP +0.45EYN
31	1.14G -1.5EXP -0.45EYN
32	0.66G -1.5EXP +0.45EYN
33	0.66G -1.5EXP -0.45EYN
34	1.24G + 0.8Q +1.5EXN +0.45EYP
35	0.76G + 0.8Q +1.5EXN +0.45EYP
36	1.24G + 0.8Q +1.5EXN -0.45EYP
37	0.76G + 0.8Q +1.5EXN -0.45EYP
38	1.24G + 0.8Q -1.5EXN +0.45EYP
39	1.24G + 0.8Q -1.5EXN -0.45EYP
40	0.76G + 0.8Q -1.5EXN +0.45EYP
41	0.76G + 0.8Q -1.5EXN -0.45EYP
42	1.14G +1.5EXN +0.45EYP
43	0.66G +1.5EXN +0.45EYP
44	1.14G +1.5EXN -0.45EYP
45	0.66G +1.5EXN -0.45EYP
46	1.14G -1.5EXN +0.45EYP
47	1.14G -1.5EXN -0.45EYP
48	0.66G -1.5EXN +0.45EYP
49	0.66G -1.5EXN -0.45EYP
50	1.24G + 0.8Q +1.5EXN +0.45EYN
51	0.76G + 0.8Q +1.5EXN +0.45EYN
52	1.24G + 0.8Q +1.5EXN -0.45EYN
53	0.76G + 0.8Q +1.5EXN -0.45EYN
54	1.24G + 0.8Q -1.5EXN +0.45EYN
55	1.24G + 0.8Q -1.5EXN -0.45EYN
56	0.76G + 0.8Q -1.5EXN +0.45EYN
57	0.76G + 0.8Q -1.5EXN -0.45EYN
58	1.14G +1.5EXN +0.45EYN
59	0.66G +1.5EXN +0.45EYN
60	1.14G +1.5EXN -0.45EYN
61	0.66G +1.5EXN -0.45EYN
62	1.14G -1.5EXN +0.45EYN
63	1.14G -1.5EXN -0.45EYN
64	0.66G -1.5EXN +0.45EYN
65	0.66G -1.5EXN -0.45EYN

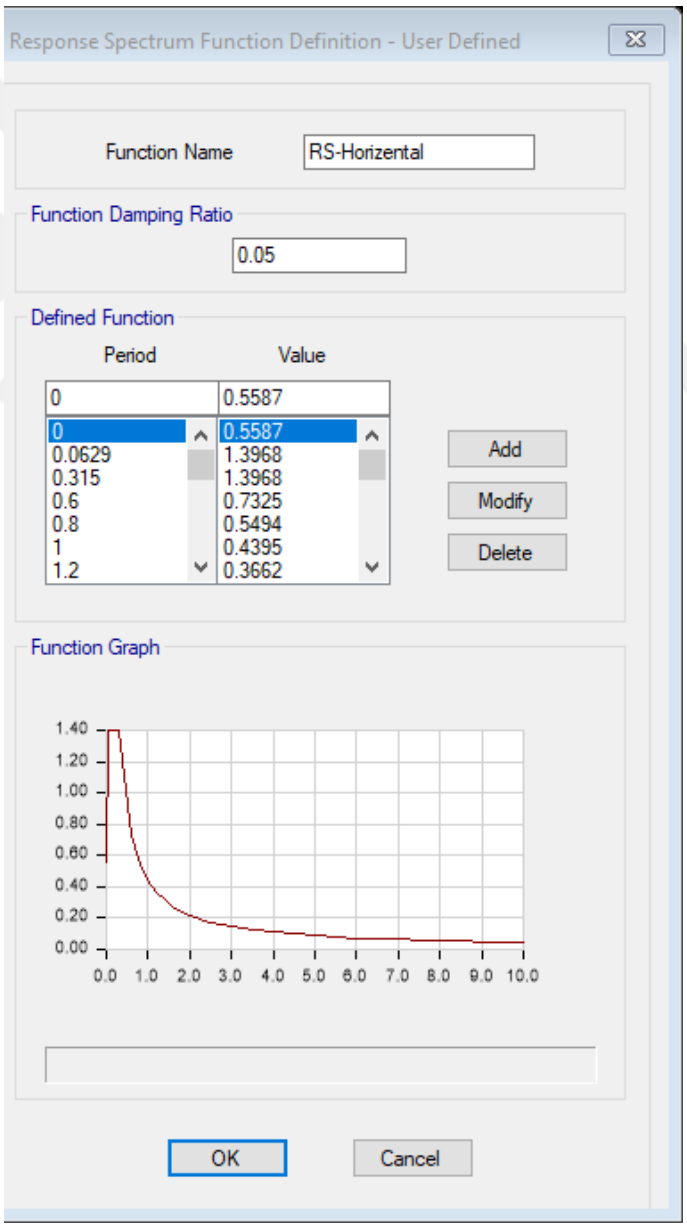
3.3.2. TSY Tanımlanması

Bu kısmında analiz programında TSY'nin nasıl tanımlandığını açıklanmıştır.

3.3.2.1. TSY Yük modelleri ve durumları tanımlanması

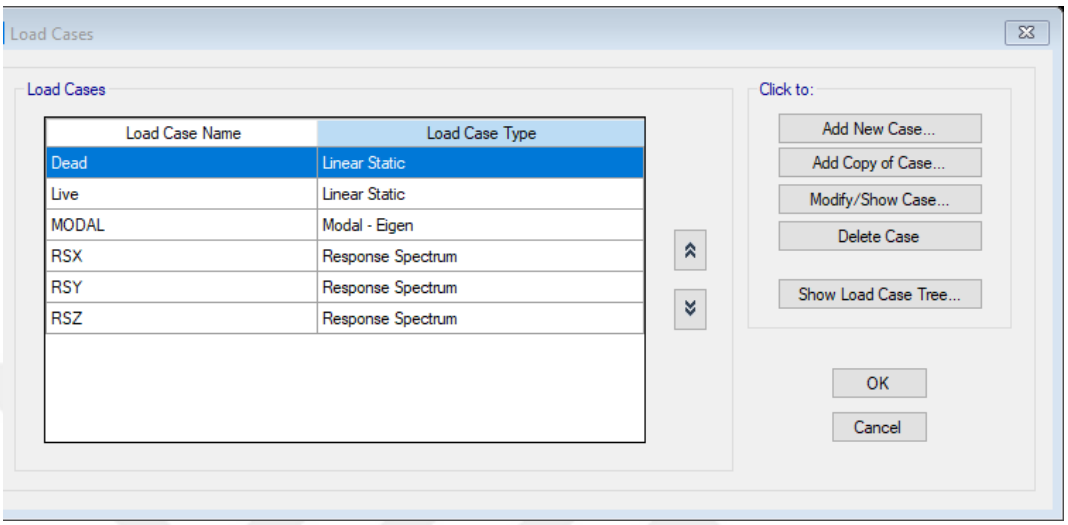
(P-Δ) tanımlanması için, define menüsünden→ P-delta options, iteratif olmayan kütle esaslı çözüm, olarak seçilmiştir.

Yatay ve düşey TS fonksiyonu tanımlanması icin, define menüsünden→ functions→ response spectrume, UBC 97 kodu, sönüm oranı 0.05, ZC ve ZD'e ait düşey ve yatay Elastik Tasarım Spektrumu değerleri, olarak tanımlanmıştır. **Şekil 56**'da ZC'nin yatay TS fonksiyonu görülmektedir.



Şekil 56. ZC'nin Yatay TS Fonksiyonu

Yük durumları G, Q, X yönünde lineer dinamik (RSX), Y yönünde lineer dinamik (RSY) ve Z yönünde lineer dinamik (RSZ), olarak tanımlanmiştir. Dinamik Tepki Spektrumları katsayısı ($9806.65x\frac{I}{R}$) dikkat alınarak tanımlanmıştır. **Şekil 57**'de TSY'de Yük durumları görülmektedir.



Şekil 57. TSY Yük Durumları.

3.3.2.2. TSY'de ZC ve ZD için Uygulanılan yük birleşimleri

Programında uygulanılan yük birleşimleri **Tablo 18**'te verilmiştir.

Tablo 18. TSY'de kullanılan yük birleşimleri

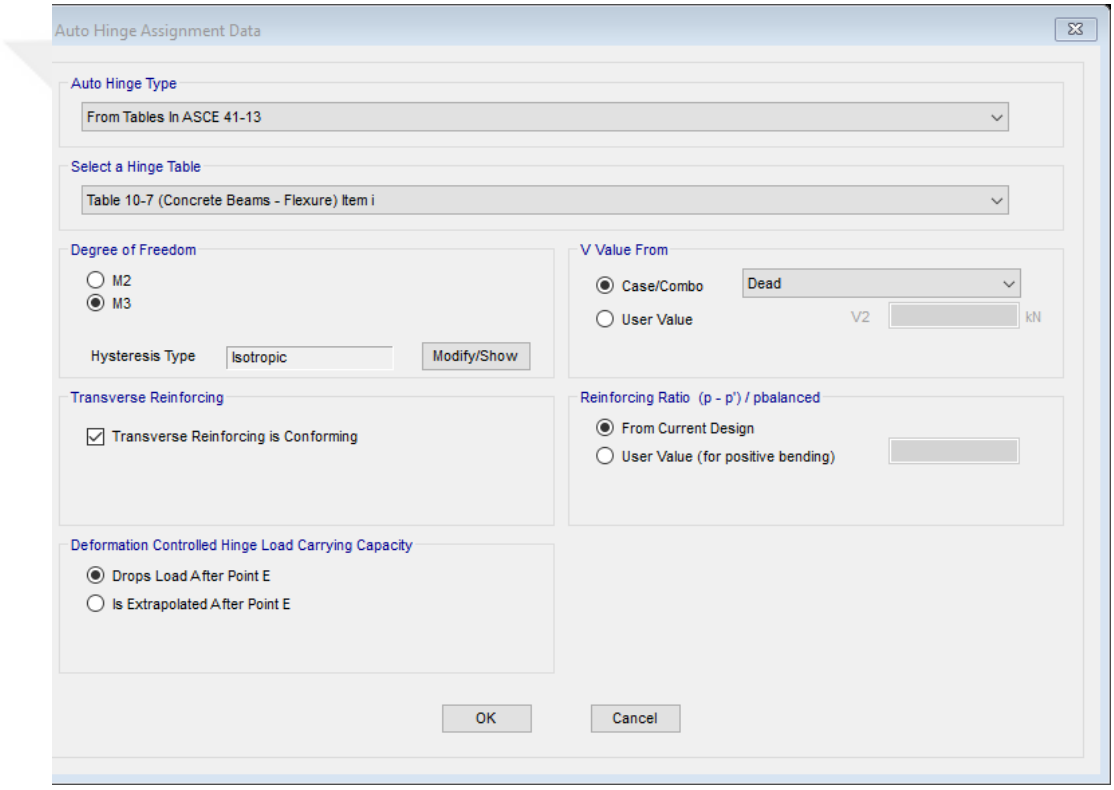
No	TBDY (2018) uygulanılan Kombinasyon
1	1.4G + 1.6Q
2	G + 0.8Q +1.5RSX +0.45RSY+0.45RSZ
3	G + 0.8Q +1.5RSX +0.45RSY-0.45RSZ
4	G + 0.8Q +1.5RSX -0.45RSY+0.45RSZ
5	G + 0.8Q +1.5RSX -0.45RSY-0.45RSZ
6	G + 0.8Q -1.5RSX +0.45RSY+0.45RSZ
7	G + 0.8Q -1.5RSX +0.45RSY-0.45RSZ
8	G + 0.8Q -1.5RSX -0.45RSY+0.45RSZ
9	G + 0.8Q -1.5RSX -0.45RSY-0.45RSZ
10	0.9G +1.5RSX +0.45RSY +0.45RSZ
11	0.9G +1.5RSX +0.45RSY -0.45RSZ
12	0.9G +1.5RSX -0.45RSY +0.45RSZ
13	0.9G +1.5RSX -0.45RSY -0.45RSZ
14	0.9G -1.5RSX +0.45RSY +0.45RSZ
15	0.9G -1.5RSX +0.45RSY -0.45RSZ
16	0.9G -1.5RSX -0.45RSY +0.45RSZ
17	0.9G -1.5RSX -0.45RSY -0.45RSZ

3.3.3. İA Tanımlanması

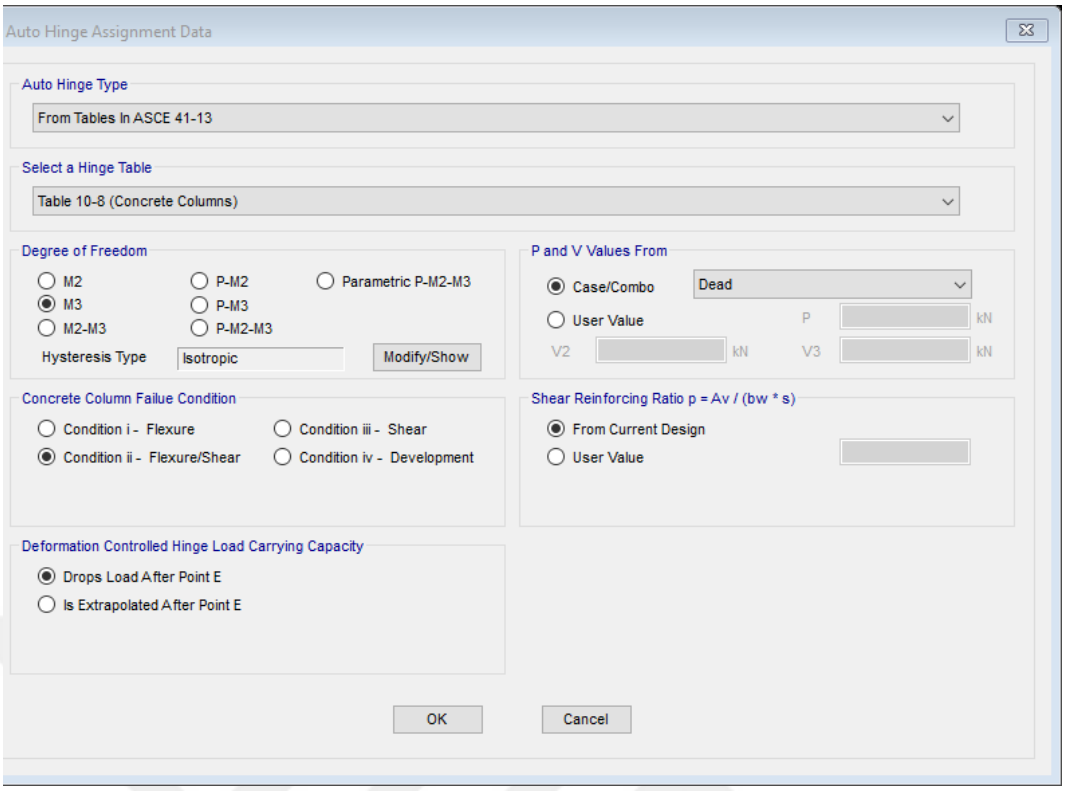
Bu kısmında analiz programında İA'nın nasıl tanımlandığını açıklanmıştır.

3.3.3.1. İA Nonlineer mafsal oluşturulması

Kirişlerin, kolonların ve perdelerin ucularında nonlineer mafsal oluşturulmuştur. nonlineer mafsal tanımlanması için, assign menüsünden→ frame→ hinges, 0.1 ve 0.9 eleman uzunluğundan nonlineer mafsal yerini, ASCE 41-17 göre mafsal tipi. **Şekil 58**'de kirişlere ait nonlineer mafsal bilgileri görülmektedir. **Şekil 59**'da kolonlara ait nonlineer mafsal bilgileri görülmektedir.



Şekil 58. Kirişlere Ait Nonlineer Mafsal Bilgileri.



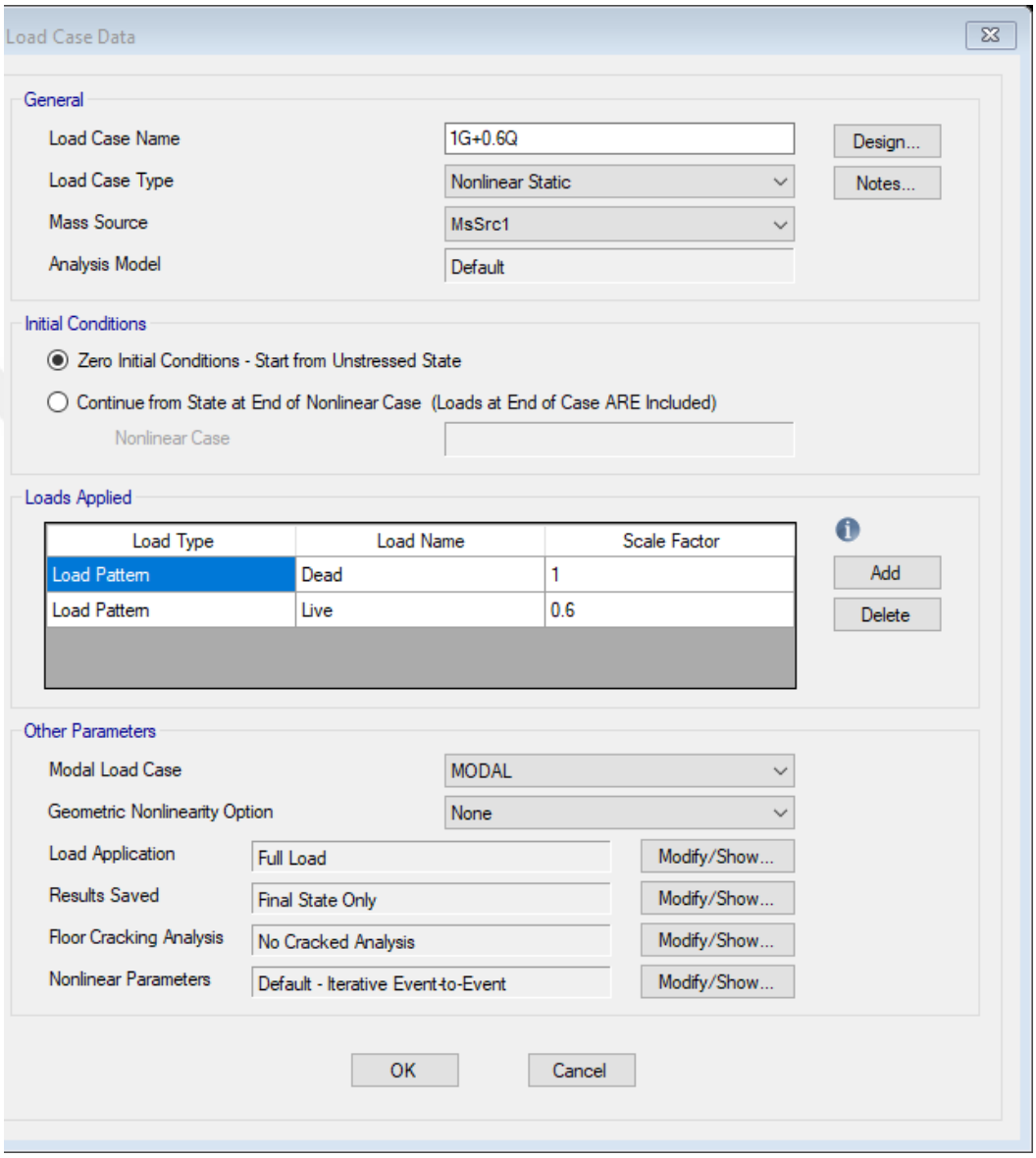
Şekil 59. Kolonlara Ait Nonlineer Mafsal Bilgileri.

3.3.3.2. İA'da Yük modelleri ve durumları tanımlanması

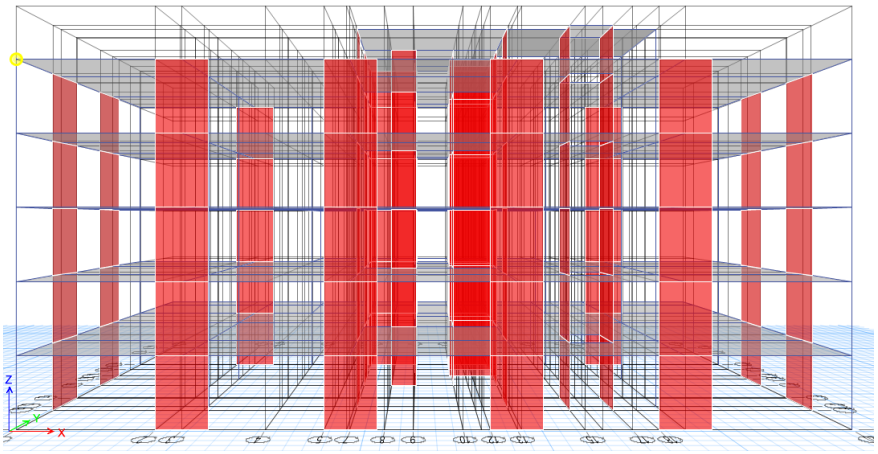
Yatay ve düşey TS fonksiyonu ve durumlarını "3.3.2.1" kısmında tanımlandığı gibi burda tanımlanmıştır. Ancak yük durumlarına iki yük durum eklenmiştir (1G+0.6Q) ve (1G), bu yük durumundan itibaren İA başlangıcıdır. (1G+0.6Q) ve (1G) yük durumu tanımlanması için, define menüsünden→ load cases, yük durum tipi nonlineer statik, başlangıç durumu gerilmesiz konfigürasyondan sıfır desplasman, yük uygulaması tam yük, sonuçların saklanması: yalnızca nihai hal, olarak tanımlanmıştır. **Şekil 60**'ta (1G+0.6Q) yük durum özellikleri görülmektedir.

İAyük durumları, Push (1G+0.6Q) ve push (1G) adıyla tanımlanmıştır. Push(1G+0.6Q) yük durumu (1G+0.6Q) yük durumuna bağlı ve push(1G) yük durumu (1G) yük durumuna bağlı, olarak eşleştirilmiştir. Push (1G+0.6Q) ve push (1G) yük durumları tanımlanması için, define menüsünden→ load cases, yük durum tipi nonlineer statik, başlangıç durumu : doğrusal olmayan analiz son durumundan devam et, uygulandığıı yük : ivme "Ux" yönünde "-1" katsayısıyla, yük uygulaması: dorduncu katta köşedeki noktayı "21" adıyla (**şekil 61'de** gösterilmiştir) "500 mm" ile hedef desplasman kontrolu (2-3% kat yüksekliğinden ötelenme), sonuçların saklanması: her aşama için çoklu durum "10" minimum kayıtlı durum sayısıyla ve

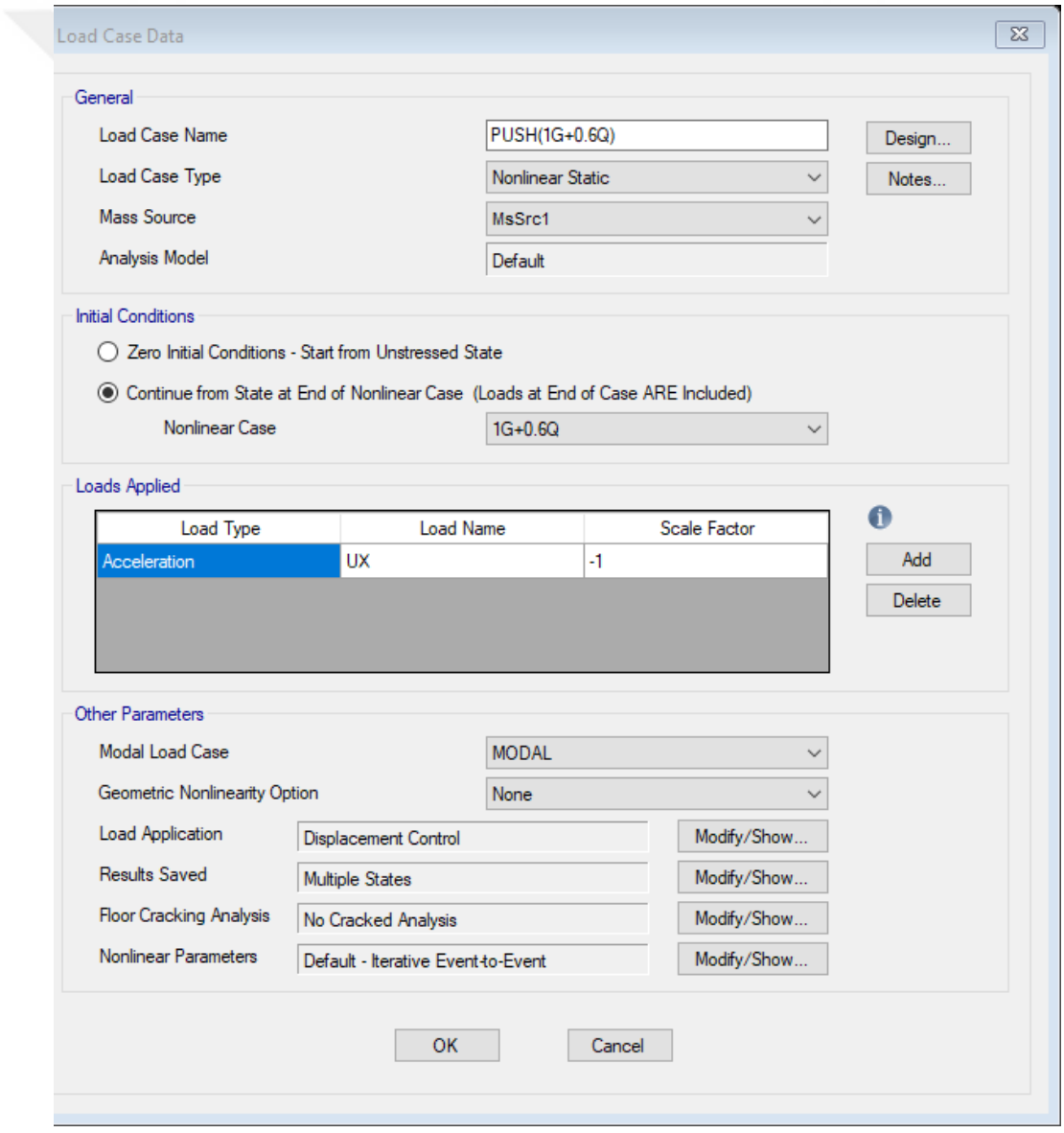
"100" maksimum kayıtlı durum sayısıyla, olarak tanımlanmıştır. **Şekil 62**'de Push(1G+0.6Q) yük durum özellikleri görülmektedir. **Şekil 63**'te İA analizinde Yük durumları görülmektedir.



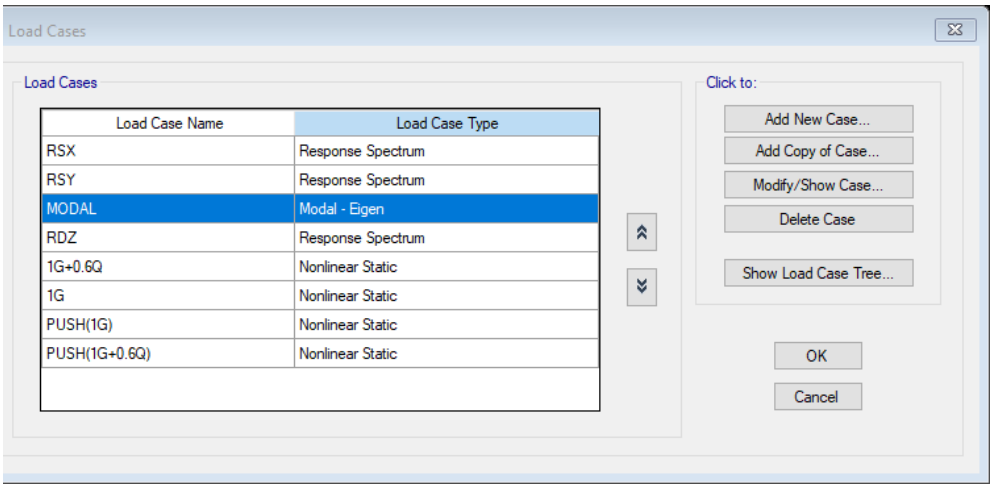
Şekil 60. (1G+0.6Q) Yük Durum Özellikleri.



Şekil 61. Hedef Desplasman Kontrol Noktası.



Şekil 62. Push (1G+0.6Q) Yük Durum Özellikleri.



Şekil 63. İA ile Yük Durumları.

3.3.3.3. İA'da ZC ve ZD için Uygulanılan yük birleşimleri

Programında uygulanılan yük birleşimleri **Tablo 19**'de verilmiştir.

Tablo 19. İA yük birleşimleri

No	TBDY (2018) uygulanılan Kombinasyon
1	(1G+0.6Q)
2	(1G+0.6Q) +1.5RSX +0.45RSY+0.45RSZ
3	(1G+0.6Q) +1.5RSX +0.45RSY-0.45RSZ
4	(1G+0.6Q) +1.5RSX -0.45RSY+0.45RSZ
5	(1G+0.6Q) +1.5RSX -0.45RSY-0.45RSZ
6	(1G+0.6Q) -1.5RSX +0.45RSY+0.45RSZ
7	(1G+0.6Q) -1.5RSX +0.45RSY-0.45RSZ
8	(1G+0.6Q) -1.5RSX -0.45RSY+0.45RSZ
9	(1G+0.6Q) -1.5RSX -0.45RSY-0.45RSZ
10	(1G) +1.5RSX +0.45RSY +0.45RSZ
11	(1G) +1.5RSX +0.45RSY -0.45RSZ
12	(1G) +1.5RSX -0.45RSY +0.45RSZ
13	(1G) +1.5RSX -0.45RSY -0.45RSZ
14	(1G) -1.5RSX +0.45RSY +0.45RSZ
15	(1G) -1.5RSX +0.45RSY -0.45RSZ
16	(1G) -1.5RSX -0.45RSY +0.45RSZ
17	(1G) -1.5RSX -0.45RSY -0.45RSZ

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

BULGULAR

Paket programda oluşturulan yapı modeli, her üç analiz yöntemi (EDYY, TSY ve İA) için ayrı ayrı değerlendirilmiş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Bu bölümde, tüm yöntemlerde tek bir hastane modeli kullanıldığından, modelde ortak olarak bulunan A-2, A-3, B-1 ve B-3 düzensizlikleri öncelikli olarak analiz edilmiştir.

4.1. A2-Döşeme Süreksizlikleri

Her katının boşluk alan, toplam alan oranı **Tablo 20**'da verilmiştir.

Tablo 20. Döşeme süreksizlikleri

Kat No	A_b (m^2)	A (m^2)	A_b/A
Çatı	0	229.685	0
4	58.545	998.03	0.0587
3	58.545	998.03	0.0587
2	92.92	1117.405	0.0832
1	58.545	1117.405	0.0524
Zemin	58.545	1435.555	0.0408

TBDY (2018) Tablo 3.6'ya göre binada A2 düzensizliği bulunmamaktadır.

4.2. A3-Planda Çıkıntılar Bulunması

Her katının a/L oranı **Tablo 21**'da verilmiştir.

Tablo 21. Planda çıkıntılar bulunması

Kat No	a_x (m)	L_x (m)	a_x / L_x	a_y (m)	L_y (m)	a_y / L_y
Çatı	9.5	19	0.5	6.05	15.05	0.402
4	0	47.3	0	0	21.1	0
3	0	47.3	0	0	21.1	0
2	28.2	47.3	0.597	14.1	28.15	0.5
1	28.2	47.3	0.597	12.5	27.35	0.457
Zemin	0	47.3	0	0	47.3	0

TBDY (2018) **Tablo 3.6**'ya göre binada çatı, 2 ve 1 katlarında A3 düzensizliği olduğu ortaya çıkmıştır.

4.3. B1-Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (Zayıf Kat)

Her katının η_{ci} oranı hesaplanmış ve **Tablo 22**'de verilmiştir.

Tablo 22. Zayıf kat bulunması

Kat No	$\sum A_e$	η_{ci}
Çatı	22.0575	
4	47.72	2.163436
3	47.72	1
2	50.575	1.059828
1	50.575	1
Zemin	60.08	1.187939

TBDY (2018) **Tablo 3.6**'ya göre binada B1 düzensizliği bulunmamaktadır.

4.4. B3-Taşıyıcı Sistem Düşey Elemanlarının Süreksizliği

Binada B3 tipi düzesizlik bulunmamaktadır.

4.5. EDYY Sonuçları

Bu kısmında ZC ve ZD için EDYY ile A1, B2, göreli kat ötelemeleri, ikinci mertebe etkileri ve yük birleşimler altında katlara etkiyen kesme kuvvetleri sonuçları verilmiştir.

4.5.1. EDYY ile A1-Burulma düzensizliği kontrolü

EDYY ile ZC ve ZD için A1-burulma düzensizliği kontrol edilmiştir.

4.5.1.1. ZC için EDYY ile Burulma düzensizliği sonuçları

TBDY (2018), Bir katta ±5% eksantriklik altında ötelenme ve burulmanın neden olduğu maksimum göreli ötelemesi ($\Delta_{i,max}$), ortalama göreli ötelemesi ($\Delta_{i,ort}$), oranı (η_{bi}) 1.2'den büyükse, her iki deprem yönü için 5% ek büyütme D_{bi} katsayısı ile çarpılacaktır ve oluşan eksantriklik uzunluğu hesaplanıp program'a tanımlanır. Eksantriklik uzunluğu denklemi (Ecc) denklemi aşağıda ifade edilmiştir. Sonuç olarak, eksantrikliği ±5% geçtiğinde belirtilen düzeltme hesapları elde edilip burulma düzensizliği durumunu belirtilir.

$$Ecc = 0.05 D_{bi}.L_i \quad (14)$$

E_{cc}: düzenlenen Eksantriklik uzunluğu.

D_{bi}: büyütme katsayısı.

L_i: deprem yönünde yapı uzunluğu.

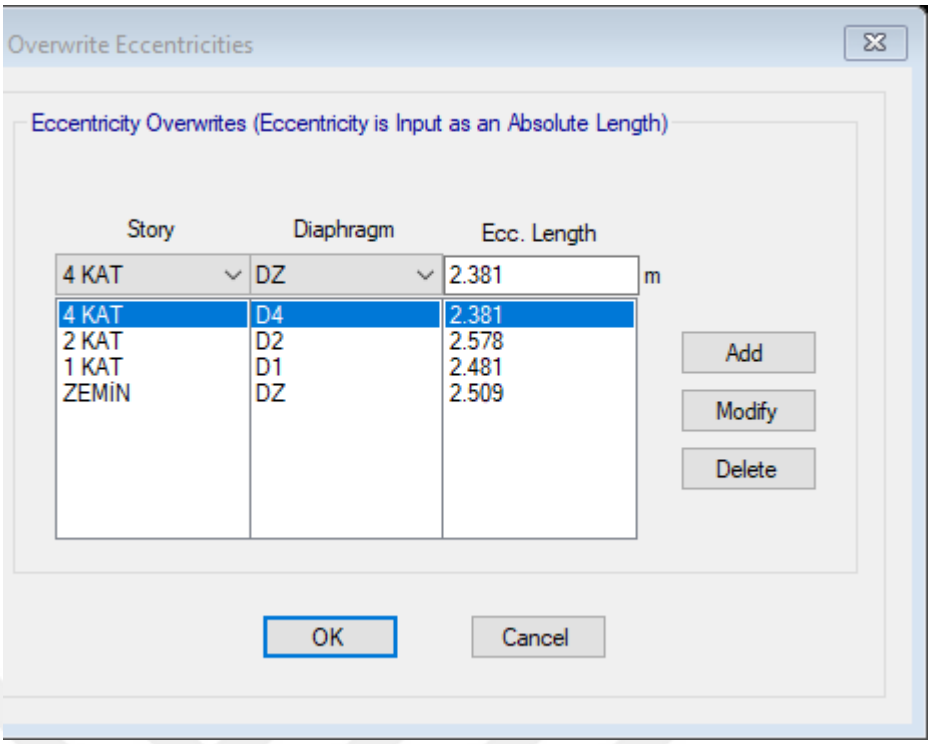
büyütme katsayısı (D_{bi}) denklemi ise, aşağıda ifade edilmiştir.

EXP, EXN, EYP ve EYN yük durumlarını, (1.2< η_{bi}) olduğunda Di ve Ecc değerleri **Tablo 23**'da verilmiştir.

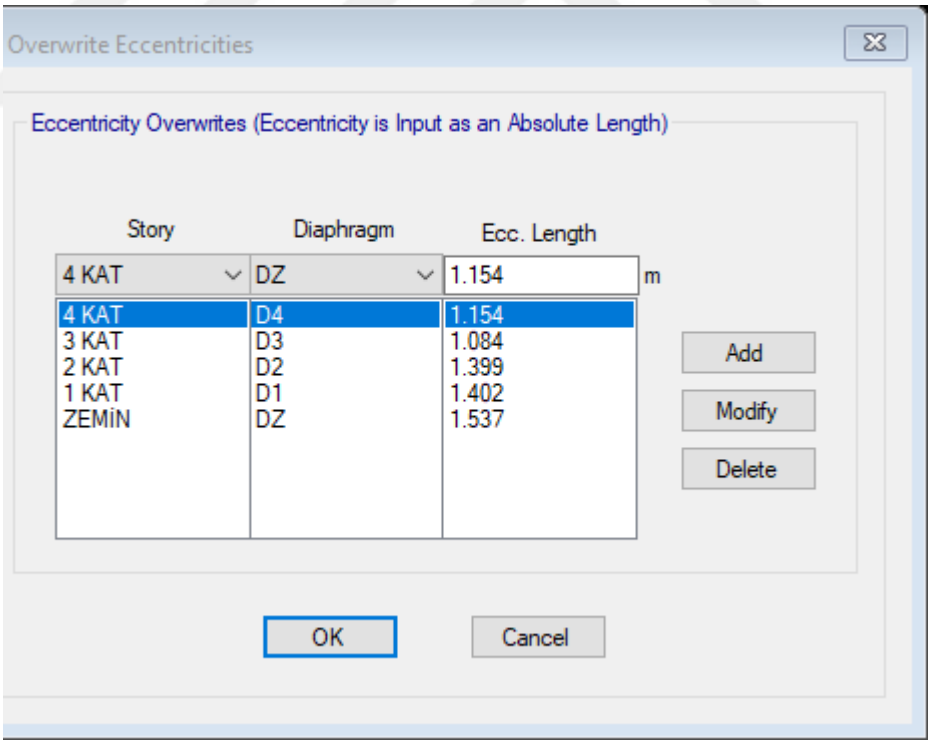
Tablo 23. EDYY ile ZC'nin burulma düzensizliği için gerekli düzeltmeleri

Kat No	**Yük durumu**	**Yönü**	$\Delta_{i,max}$**(mm)**	$\Delta_{i,ort}$**(mm)**	$\boldsymbol{\eta_{bi}}$	$\boldsymbol{D_{bi}}$	**Ecc (m)**
4	EXN	X	14.092	11.707	1.204	1.007	2.381
2	EXN	X	12.93	10.321	1.253	1.09	2.578
1	EXN	X	9.951	8.052	1.236	1.061	2.481
Zemin	EXN	X	4.343	3.49	1.245	1.076	2.509
4	EYN	Y	10.556	8.736	1.208	1.013	1.154
3	EYN	Y	10.548	8.711	1.211	1.018	1.084
2	EYN	Y	9.658	7.957	1.214	1.023	1.399
1	EYN	Y	7.368	6.065	1.215	1.025	1.402
Zemin	EYN	Y	3.177	2.63	1.208	1.013	1.537

Gerekli düzeltmeleri analiz programına tanımlanması için, define menüsünden→ load patterns→ EXP, EXN, EYP ve EYN yük durumlarına ait (1.2< η_{bi}) olduğunda→ overwrite→ ilgili katın diyaframı ve Ecc değeri→ olarak tanımlanmıştır. EDYY ile ZC için üzerine yazma EXN'e ve EYN'e ait eksantriklik özellikleri **Şekil (64-65)** sırasıyla görülmektedir.



Şekil 64. EDYY ile ZC için Üzerine Yazma EXN'e Ait Eksantriklik Özellikleri.



Şekil 65. EDYY ile ZC için Üzerine Yazma EYN'e Ait Eksantriklik Özellikleri.

Gerekli düzeltmeleri düzelttikten sonra nihai η_{bi} değerleri **Tablo 24**'da verilmiştir.

Tablo 24. EDYY ile ZC için burulma düzensizliği kontrolü

Kat No	Yük durumu	Yönü	$\Delta_{i,max}$(mm)	$\Delta_{i,ort}$(mm)	η_{bi}
Çatı	EXP	X	8.5	7.426	1.145
4	EXP	X	13.124	11.345	1.157
3	EXP	X	13.142	11.443	1.148
2	EXP	X	12.07	10.16	1.188
1	EXP	X	9.303	7.936	1.172
Zemin	EXP	X	4.069	3.465	1.174
Çatı	EXN	X	9.192	7.66	1.2
4	EXN	X	14.431	11.834	1.219
3	EXN	X	14.417	11.915	1.21
2	EXN	X	13.225	10.376	1.275
1	EXN	X	10.173	8.092	1.257
Zemin	EXN	X	4.437	3.498	1.269
Çatı	EYP	Y	6.361	6.067	1.048
4	EYP	Y	9.446	8.616	1.096
3	EYP	Y	9.375	8.589	1.092
2	EYP	Y	8.525	7.844	1.087
1	EYP	Y	6.473	5.978	1.083
Zemin	EYP	Y	2.803	2.594	1.08
Çatı	EYN	Y	6.149	5.847	1.052
4	EYN	Y	9.918	8.708	1.139
3	EYN	Y	9.912	8.683	1.142
2	EYN	Y	9.079	7.931	1.145
1	EYN	Y	6.932	6.045	1.147
Zemin	EYN	Y	2.995	2.622	1.142

EXN yük durumunun η_{bi} değerleri 1.2'den büyük çıkmıştır ve Burulma Düzensizliği olduğunu ortaya çıkmıştır.

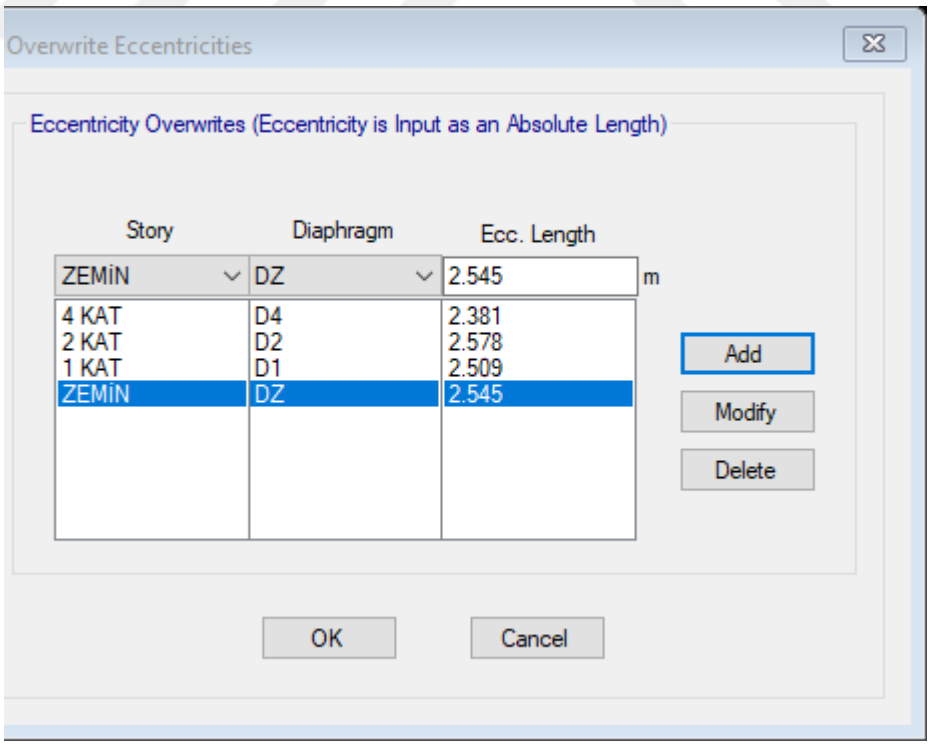
4.5.1.2. ZD için EDYY ile Burulma düzensizliği sonuçları

EXP, EXN, EYP ve EYN yük durumlarını, (1.2< η_{bi}) olduğunda D_{bi} ve Ecc değerleri **Tablo 25**'de verilmiştir.

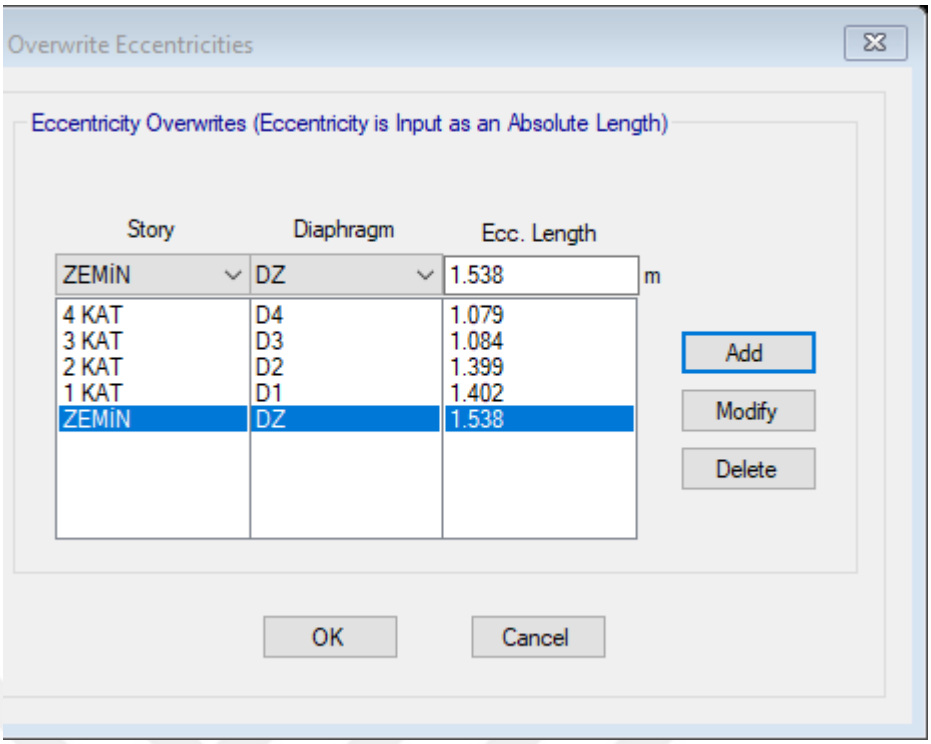
Tablo 25. EDYY ile ZD'nin burulma düzensizliği için gerekli düzeltmeleri

Kat No	Yük durumu	Yönü	$\Delta_{i,max}$(mm)	$\Delta_{i,ort}$(mm)	η_{bi}	D_{bi}	Ecc (m)
4	EXN	X	18.921	15.719	1.204	1.007	2.381
2	EXN	X	17.361	13.857	1.253	1.09	2.578
1	EXN	X	13.36	10.811	1.236	1.061	2.509
Zemin	EXN	X	5.831	4.685	1.245	1.076	2.545
4	EYN	Y	14.173	11.73	1.208	1.013	1.079
3	EYN	Y	14.163	11.696	1.211	1.018	1.084
2	EYN	Y	12.967	10.684	1.214	1.023	1.399
1	EYN	Y	9.893	8.143	1.215	1.025	1.402
Zemin	EYN	Y	4.266	3.531	1.208	1.013	1.538

Gerekli düzeltmeleri analiz programında EDYY ile ZC için üzerine yazma EXN'e ve EYN'e ait eksantriklik özellikleri **Şekil (66-67)** sırasıyla görülmektedir.



Şekil 66. EDYY ile ZC için Üzerine Yazma EXN'e Ait Eksantriklik Özellikleri.



Şekil 67. EDYY ile ZC için Üzerine Yazma EYN'e Ait Eksantriklik Özellikleri.

Gerekli düzeltmeleri düzelttikten sonra nihai η_{bi} değerleri **Tablo 26**'da verilmiştir.

Tablo 26. EDYY ile ZD için burulma düzensizliği kontrolü

Kat No	**Yük durumu**	**Yönü**	$\Delta_{i,max}$**(mm)**	$\Delta_{i,ort}$**(mm)**	η_{bi}
Çatı	EXP	X	11.413	9.97	1.145
4	EXP	X	17.621	15.232	1.157
3	EXP	X	17.645	15.364	1.148
2	EXP	X	16.206	13.642	1.188
1	EXP	X	12.491	10.656	1.172
Zemin	EXP	X	5.463	4.653	1.174
Çatı	EXN	X	12.342	10.285	1.2
4	EXN	X	19.377	15.889	1.22
3	EXN	X	19.358	15.998	1.21
2	EXN	X	17.758	13.932	1.275

1	EXN	X	13.659	10.865	1.257
Zemin	EXN	X	5.958	4.697	1.269
Çatı	EYP	Y	8.54	8.146	1.048
4	EYP	Y	12.683	11.568	1.096
3	EYP	Y	12.588	11.532	1.092
2	EYP	Y	11.446	10.532	1.087
1	EYP	Y	8.692	8.027	1.083
Zemin	EYP	Y	3.763	3.483	1.08
Çatı	EYN	Y	8.252	7.853	1.051
4	EYN	Y	13.287	11.691	1.136
3	EYN	Y	13.28	11.657	1.139
2	EYN	Y	12.167	10.647	1.143
1	EYN	Y	9.291	8.115	1.145
Zemin	EYN	Y	4.015	3.52	1.141

EXN yük durumunun η_{bi} değerleri 1.2'den büyük çıkmıştır ve Burulma Düzensizliği olduğunu ortaya çıkmıştır.

4.5.2. EDYY ile B2-Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (yumuşak kat)

EDYY ile ZC ve ZD için B2-komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrol edilmiştir.

4.5.2.1. ZC için EDYY ile Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği sonuçları

EXP, EXN, EYP ve EYN yük durumlarına göre $\frac{\Delta_i}{h_i}$ ve rijitlik düzensizlik katsayısı (η_{ki}) değerleri **Tablo 27**'da verilmiştir.

Tablo 27. EDYY ile ZC için B2-komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü

Kat No	Yük durumu	$\frac{\Delta_i}{h_i}$	η_{ki}
Çatı	EXP	0.002833	
4	EXP	0.003125	1.103071
3	EXP	0.003129	1.00128
2	EXP	0.002874	0.918504
1	EXP	0.002215	0.770703
Zemin	EXP	0.000969	0.437472
Çatı	EXN	0.003064	
4	EXN	0.003436	1.12141
3	EXN	0.003433	0.999127
2	EXN	0.003149	0.917274
1	EXN	0.002422	0.769133
Zemin	EXN	0.001056	0.436003
Çatı	EYP	0.00212	
4	EYP	0.002249	1.060849
3	EYP	0.002232	0.992441
2	EYP	0.00203	0.909498
1	EYP	0.001541	0.759113
Zemin	EYP	0.000667	0.432836
Çatı	EYN	0.00205	
4	EYN	0.002361	1.151707
3	EYN	0.00236	0.999576
2	EYN	0.002162	0.916102
1	EYN	0.001651	0.763645
Zemin	EYN	0.000713	0.431859

η_{ki} değerleri 2'den düşük çıkmıştır ve yumuşak kat düzensizliği olmadığı ortaya çıkmıştır.

4.5.2.2. ZD için EDYY ile Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği sonuçları

EXP, EXN, EYP ve EYN yük durumlarına göre $\frac{\Delta_i}{h_i}$ ve rijitlik düzensizlik katsayısı (η_{ki}) değerleri **Tablo 28**'de verilmiştir.

Tablo 28. EDYY ile ZD için B2-komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü

Kat No	Yük durumu	$\frac{\Delta_i}{h_i}$	η_{ki}
Çatı	EXP	0.003804	
4	EXP	0.004195	1.102787
3	EXP	0.004201	1.00143
2	EXP	0.003859	0.918591
1	EXP	0.002974	0.770666
Zemin	EXP	0.001301	0.437458
Çatı	EXN	0.004114	
4	EXN	0.004613	1.121293
3	EXN	0.004609	0.999133
2	EXN	0.004228	0.917336
1	EXN	0.003252	0.769158
Zemin	EXN	0.001419	0.436347
Çatı	EYP	0.002847	
4	EYP	0.00302	1.060766
3	EYP	0.002997	0.992384
2	EYP	0.002725	0.909243
1	EYP	0.002069	0.759266
Zemin	EYP	0.000896	0.433059
Çatı	EYN	0.002751	
4	EYN	0.003163	1.149764
3	EYN	0.003162	0.999684
2	EYN	0.002897	0.916192
1	EYN	0.002212	0.763548
Zemin	EYN	0.000956	0.432188

η_{ki} değerleri 2'den düşük çıkmıştır ve yumuşak kat düzensizliği olmadığı ortaya çıkmıştır.

4.5.3. EDYY ile Göreli kat ötemeleri

EDYY ile ZC ve ZD için Göreli kat ötemelerinin kontrol edilmiştir.

4.5.3.1. ZC için EDYY ile Göreli kat ötemelerinin sonuçları

EXP, EXN, EYP ve EYN yük durumlarına göre $\Delta_{i,max}$ ve $\frac{(\delta_i)max}{h_i}$ değerleri **Tablo 29**'da verilmiştir.

Tablo 29. EDYY ile ZC için göreli kat ötelemesi kontrolü

Kat No	Yük durumu	$\Delta_{i,max}$(mm)	$\frac{(\delta_i)_{max}}{h_i}$
Çatı	EXP	8.5	0.007556
4	EXP	13.124	0.011666
3	EXP	13.142	0.011682
2	EXP	12.07	0.010729
1	EXP	9.303	0.008269
Zemin	EXP	4.069	0.003617
Çatı	EXN	9.192	0.008171
4	EXN	14.431	0.012828
3	EXN	14.417	0.012815
2	EXN	13.225	0.011756
1	EXN	10.173	0.009043
Zemin	EXN	4.437	0.003944
Çatı	EYP	6.361	0.005654
4	EYP	9.446	0.008396
3	EYP	9.375	0.008333
2	EYP	8.525	0.007578
1	EYP	6.473	0.005754

Zemin	EYP	2.803	0.002492
Çatı	EYN	6.149	0.005466
4	EYN	9.918	0.008816
3	EYN	9.912	0.008811
2	EYN	9.079	0.00807
1	EYN	6.932	0.006162
Zemin	EYN	2.995	0.002662

$\frac{(\delta_i)max}{h_i}$ değeri 0.02'den düşük çıkmıştır ve göreli kat düzensizliği olmadığı ortaya çıkmıştır.

4.5.3.2. ZD için EDYY ile Göreli kat ötemelerinin sonuçları

EXP, EXN, EYP ve EYN yük durumlarına göre $\Delta_{i,max}$ ve $\frac{(\delta_i)max}{h_i}$ değerleri **Tablo 30**'de verilmiştir.

Tablo 30. EDYY ile ZD için göreli kat ötelemesi kontrolü

Kat No	**Yük durumu**	$\Delta_{i,max}$**(mm)**	$\frac{(\delta_i)max}{h_i}$
Çatı	EXP	11.413	0.010145
4	EXP	17.621	0.015663
3	EXP	17.645	0.015684
2	EXP	16.206	0.014405
1	EXP	12.491	0.011103
Zemin	EXP	5.463	0.004856
Çatı	EXN	12.342	0.010971
4	EXN	19.377	0.017224
3	EXN	19.358	0.017207
2	EXN	17.758	0.015785
1	EXN	13.659	0.012141
Zemin	EXN	5.958	0.005296
Çatı	EYP	8.54	0.007591

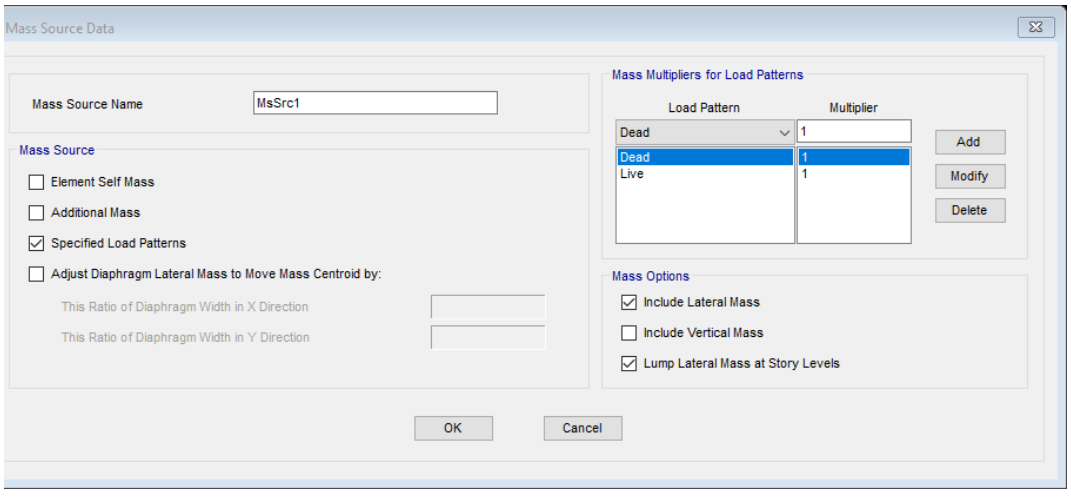
4	EYP	12.683	0.011274
3	EYP	12.588	0.011189
2	EYP	11.446	0.010174
1	EYP	8.692	0.007726
Zemin	EYP	3.763	0.003345
Çatı	EYN	8.252	0.007335
4	EYN	13.287	0.011811
3	EYN	13.28	0.011804
2	EYN	12.167	0.010815
1	EYN	9.291	0.008259
Zemin	EYN	4.015	0.003569

$\frac{(\delta_i)_{max}}{h_i}$ değeri 0.02'den düşük çıkmıştır ve göreli kat düzensizliği olmadığı ortaya çıkmıştır.

4.5.4. EDYY ile İkinci mertebe etkilerinin kontrolü

EDYY ile ZC ve ZD için ikinci mertebe etkileri kontrol edilmiştir.

TBDY (2018)'e göre burada sadece kat kütlesi hesapladığında (m= G + Q) dikkat alınır, programına tanımlanması için, define menüsünden→ mass source, sabit yük deseni katsayısı 1, hareketli yük deseni katsayısı 1 (hastaneler için), olarak seçilmiştir. **Şekil 68**'de kütle kaynağı özellikleri görülmektedir.



Şekil 68. Kat Kütlesi Değerleri Hesaplamak için Kütle Kaynağı Özellikleri

4.5.4.1. ZC için EDYY ile İkinci mertebe etkilerinin sonuçları

EXP, EXN, EYP ve EYN yük durumlarına göre Katlara etkiyen taban kesme kuvveti (V), göreli kat ortalama ötelemesi ($\Delta_{i,avg}$), kat kütlesi (m) ve ikinci mertebe etkisi ($\boldsymbol{\theta_{II}}$) değerleri **Tablo 31**'de verilmiştir.

Tablo 31. EDYY ile ZC için ikinci mertebe etkisi kontrolü

Kat No	**Yük durumu**	$\Delta_{i,avg}$**(mm)**	**V (kN)**	**m (kg)**	$\boldsymbol{\theta_{II}}$
Çatı	EXP	7.426	2044.4169	229067	0.007255
4	EXP	11.345	7537.541	1496735	0.022651
3	EXP	11.443	12340.668	1696044	0.027668
2	EXP	10.16	16385.906	1895819	0.028752
1	EXP	7.936	19008.038	1866977	0.026157
Zemin	EXP	3.465	20689.086	2563194	0.014236
Çatı	EXN	7.66	2044.4169	229067	0.007484
4	EXN	11.834	7537.541	1496735	0.023627
3	EXN	11.915	12340.668	1696044	0.028809
2	EXN	10.376	16385.906	1895819	0.029363
1	EXN	8.092	19008.038	1866977	0.026671
Zemin	EXN	3.498	20689.086	2563194	0.014372
Çatı	EYP	6.067	2044.4169	229067	0.005928
4	EYP	8.616	7537.541	1496735	0.017202
3	EYP	8.589	12340.668	1696044	0.020767
2	EYP	7.844	16385.906	1895819	0.022198
1	EYP	5.978	19008.038	1866977	0.019703

Zemin	EYP	2.594	20689.086	2563194	0.010657
Çatı	EYN	5.847	2044.4169	229067	0.005713
4	EYN	8.708	7537.541	1496735	0.017386
3	EYN	8.683	12340.668	1696044	0.020995
2	EYN	7.931	16385.906	1895819	0.022444
1	EYN	6.045	19008.038	1866977	0.019924
Zemin	EYN	2.622	20689.086	2563194	0.010772

θ_{II} değerleri $\boldsymbol{\theta_{II,max}}$= 0.107'den düşük çıkmıştır ve $\boldsymbol{\theta_{II,max}}$ düzensizliği olmadığı ortaya çıkmıştır ve (P-Δ) ihmal edilebilir.

4.5.4.2. ZD için EDYY ile İkinci mertebe etkilerinin sonuçları

EXP, EXN, EYP ve EYN yük durumlarına göre katlara etkiyen taban kesme kuvveti (V), göreli kat ortalama ötelemesi ($\Delta_{i,avg}$), kat kütlesi (m) ve ikinci mertebe etkisi ($\boldsymbol{\theta_{II}}$) değerleri **Tablo 32**'da verilmiştir.

Tablo 32. EDYY ile ZD için ikinci mertebe etkisi kontrolü

Kat No	**Yük durumu**	**$\Delta_{i,avg}$(mm)**	**V (kN)**	**m (kg)**	**$\boldsymbol{\theta_{II}}$**
Çatı	EXP	9.97	2744.9705	229067	0.007255
4	EXP	15.232	10120.405	1496735	0.02265
3	EXP	15.364	16569.404	1696044	0.027668
2	EXP	13.642	22000.811	1895819	0.028753
1	EXP	10.656	25521.46	1866977	0.026158
Zemin	EXP	4.653	27778.546	2563194	0.014238
Çatı	EXN	10.285	2744.9705	229067	0.007484

4	EXN	15.889	10120.405	1496735	0.023627
3	EXN	15.998	16569.404	1696044	0.02881
2	EXN	13.932	22000.811	1895819	0.029364
1	EXN	10.865	25521.46	1866977	0.026671
Zemin	EXN	4.697	27778.546	2563194	0.014373
Çatı	EYP	8.146	2744.9716	229067	0.005928
4	EYP	11.568	10120.412	1496735	0.017202
3	EYP	11.532	16569.412	1696044	0.020767
2	EYP	10.532	22000.819	1895819	0.022198
1	EYP	8.027	25521.468	1866977	0.019705
Zemin	EYP	3.483	27778.555	2563194	0.010658
Çatı	EYN	7.853	2744.9716	229067	0.005714
4	EYN	11.691	10120.412	1496735	0.017384
3	EYN	11.657	16569.413	1696044	0.020992
2	EYN	10.647	22000.82	1895819	0.02244
1	EYN	8.115	25521.469	1866977	0.019921
Zemin	EYN	3.52	27778.556	2563194	0.010771

$\boldsymbol{\theta_{II}}$ değerleri $\boldsymbol{\theta_{II,max}}$= 0.107'den düşük çıkmıştır ve $\boldsymbol{\theta_{II}}$ düzensizliği olmadığı ortaya çıkmıştır ve (P-Δ) ihmal edilebilir.

4.5.5. EDYY ile Yük birleşimler altında katlara etkiyen kesme kuvvetleri

EDYY ile ZC ve ZD için yük birleşimler altında katlara etkiyen kesme kuvvetleri belirlenmiştir.

4.5.5.1. ZC için EDYY ile Yük birleşimler altında katlara etkiyen kesme kuvvetleri sonuçları

Tablo 16'e göre yük birleşimleri altında Her katının kesme kuvveti **Tablo 33**'de verilmiştir.

Tablo 33. EDYY ile ZC için katlara etkiyen kesme kuvvetleri

Kat No	| VX | kN	| VY | kN
Çatı	3066.6254	919.988
4	11306.3115	3391.8957
3	18511.002	5553.303
2	24578.8596	7373.6611
1	28512.0571	8553.6194
Zemin	31033.6285	9310.092

4.5.5.2. ZD için ES Analiz yöntemiyle yük birleşimler altında katlara etkiyen kesme kuvvetleri sonuçları

Tablo 17'e göre yük birleşimleri altında Her katının kesme kuvvetı **Tablo 34**'de verilmiştir.

Tablo 34. EDYY ile ZD için katlara etkiyen kesme kuvvetleri

Kat No	| VX | kN	| VY | kN
Çatı	4117.4558	1235.2372
4	15180.6079	4554.1852
3	24854.1059	7456.2349
2	33001.2163	9900.3687
1	38282.1896	11484.6599
Zemin	41667.8195	12500.3499

4.6. TSY Sonuçları

Bu kısmında ZC ve ZD için TSY ile A1, B2, Göreli kat ötemeleri, İkinci mertebe etkileri ve yük birleşimler altında katlara etkiyen kesme kuvvetleri sonuçları göstermiştir.

4.6.1. TSY ile A1-Burulma düzensizliği kontrolü

TSY ile ZC ve ZD için A1-burulma düzensizliği kontrol edilmiştir.

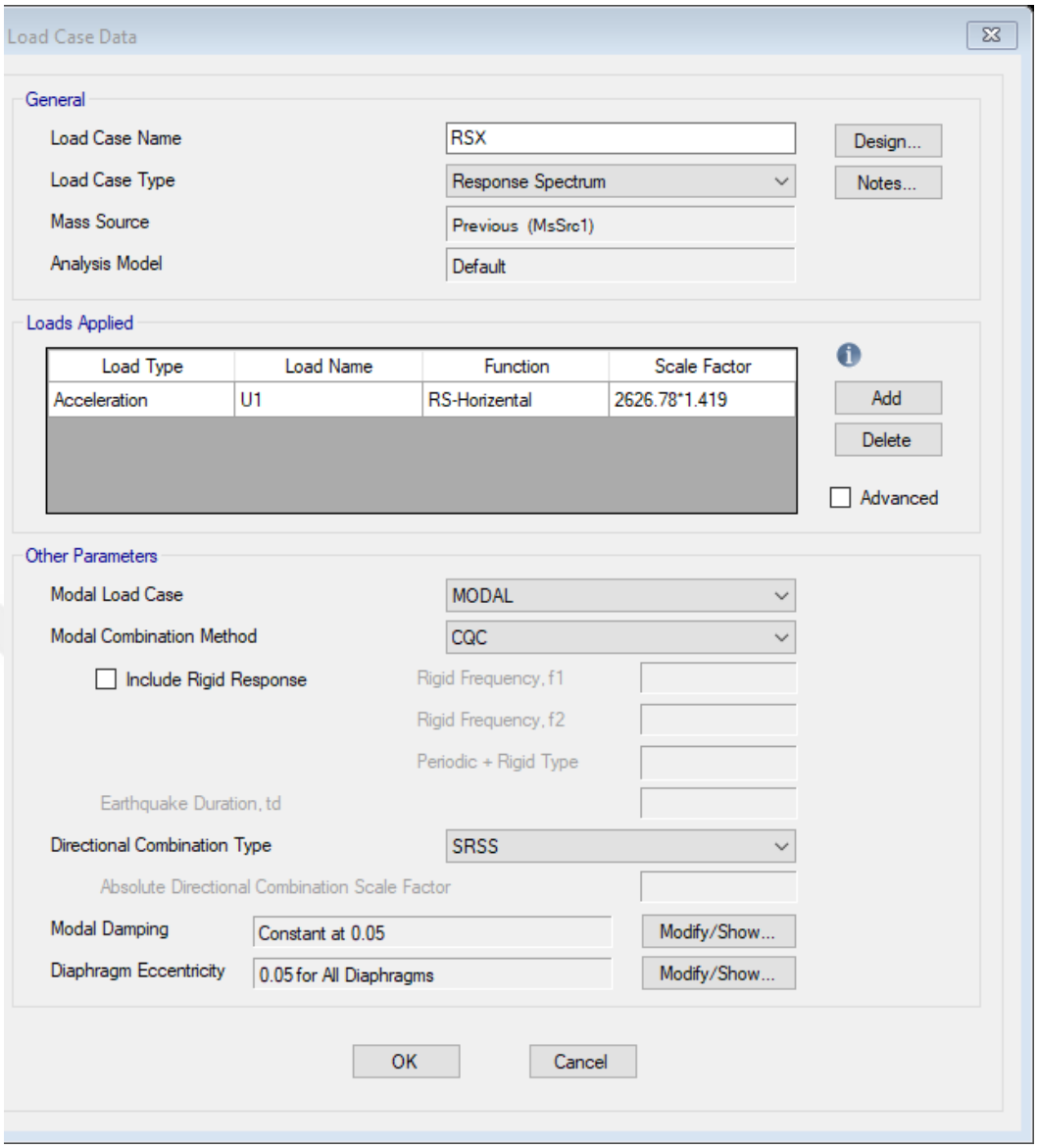
4.6.1.1. ZC için TSY ile Burulma düzensizliği sonuçları

A1-burulma düzensizliği kontrol etmeden önce TSY ile etkili taban kesme kuvveti (V_t), EDYY ile etkili taban kesme kuvveti (V_d) ile karşılaştırmalıdır. TBDY (2018)'e göre ($\eta=V_t/V_d$)= 85%'inden küçükse, tüm iç kuvvetler ve ötelenmeler 0.85/ η ile ölçeklenmelidir. Ölçeklenmiş değerleri ile V_i kullanılmalıdır. tabana ait V_t, V_d, η ve 0.85/ η değerleri **Tablo 35**'de verilmiştir.

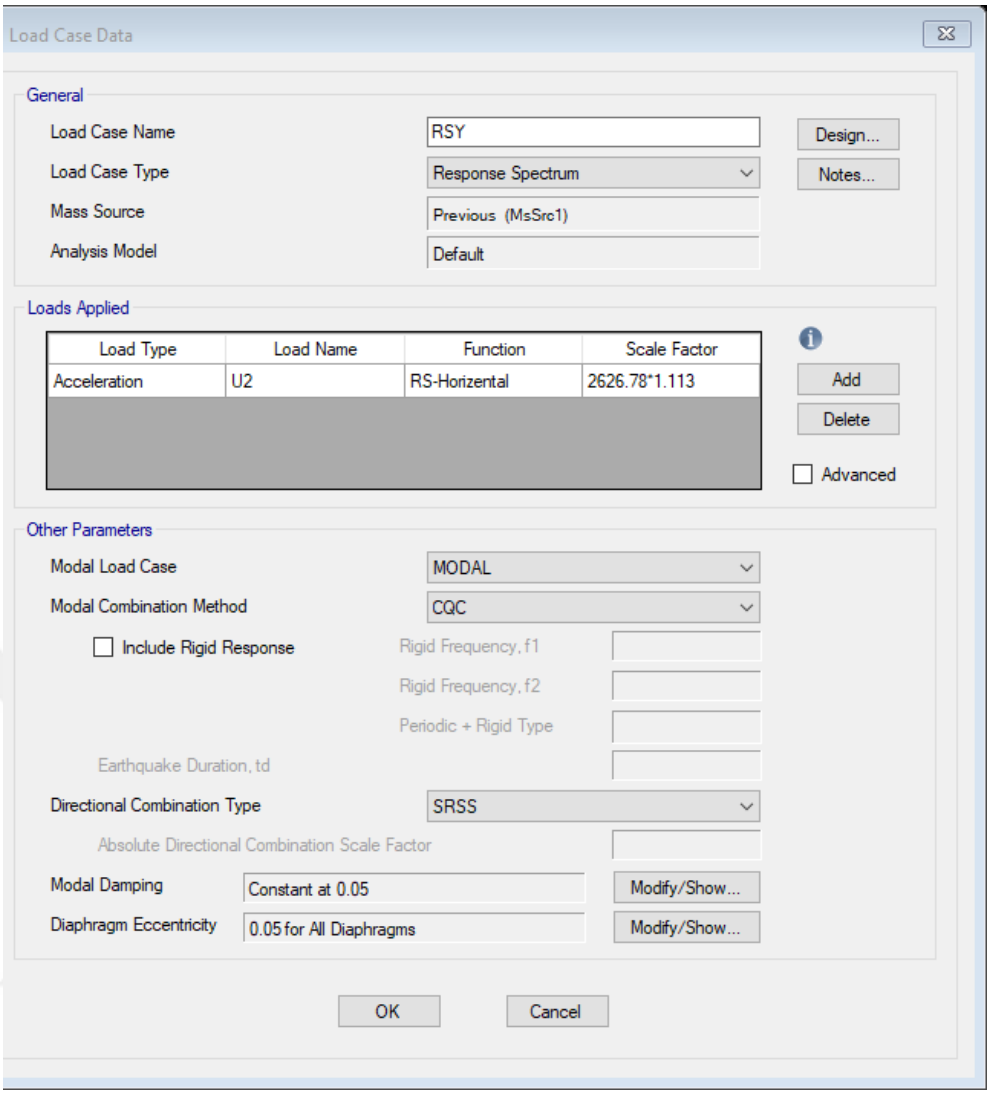
Tablo 35. ZC için TSY ile burulma düzensizliği belirlemek amacıyla ölçeklenmiş değerleri

	V_t		V_d	η_x	η_y	0.85/ η_x	0.85/ η_y
Kat	RSX	RSY					
ZEMİN	12397.9766	15797.0328	20689.086	0.599	0.763	1.419	1.113

η_x ve η_y değerleri 85%'inden küçük çıkmıştır ve Ölçeklenmiş değeri ile V_i kullanılmalıdır. programına tanımlanması için, define menüsünden→ load cases→ RSX yük durumun katsayısı 1.419 ile çarpmalı, RSY yük durumun katsayısı 1.113 ile çarpmalı, olarak tanımlanmıştır. **Şekil (69-70)**'te sırasıyla RSX ve RSY yük durumu ölçeklenmiş değeri görülmektedir.



Şekil 69. ZC için ölçeklendikten sonra RSX yük durum özellikleri.



Şekil 70. ZC için Ölçeklendikten Sonra RSY Yük Durum Özellikleri.

RSX ve RSY yük durumlarına $\Delta_{i,max}$, $\Delta_{i,ort}$ ve η_{bi} değerleri **Tablo 36**'de verilmiştir.

Tablo 36. TSY ile ZC için burulma düzensizliği kontrolü

Kat No	**Yük durumu**	**Yönü**	$\Delta_{i,max}$**(mm)**	$\Delta_{i,ort}$**(mm)**	η_{bi}
Çatı	RSX	X	7.185	5.821	1.234
Çatı	RSX	Y	3.819	2.293	1.666
4	RSX	X	12.037	9.421	1.278
4	RSX	Y	9.191	5.141	1.788

Kat No	Yük durumu	Yönü	$\Delta_{i,max}$(mm)	$\Delta_{i,ort}$(mm)	η_{bi}
3	RSX	X	11.876	9.364	1.268
3	RSX	Y	9.029	5.055	1.786
2	RSX	X	10.734	8.468	1.268
2	RSX	Y	8.109	4.543	1.785
1	RSX	X	8.204	6.558	1.251
1	RSX	Y	6.053	3.396	1.783
Zemin	RSX	X	3.608	2.932	1.23
Zemin	RSX	Y	2.52	1.418	1.776
Çatı	RSY	X	1.014	0.852	1.191
Çatı	RSY	Y	4.923	4.748	1.037
4	RSY	X	1.538	1.242	1.239
4	RSY	Y	9.065	7.882	1.15
3	RSY	X	1.567	1.261	1.243
3	RSY	Y	9.008	7.834	1.15
2	RSY	X	2.085	1.481	1.408
2	RSY	Y	8.176	7.111	1.15
1	RSY	X	1.616	1.146	1.411
1	RSY	Y	6.224	5.412	1.15
Zemin	RSY	X	0.801	0.547	1.464
Zemin	RSY	Y	2.699	2.353	1.147

İki yönünde RSX tüm katlarında ve X yönünde RSY zemin, 1, 2, 3, 4 katlarında η_{bi} değerleri 1.2'den büyük çıkmıştır ve burulma düzensizliği olduğunu ortaya çıkmıştır.

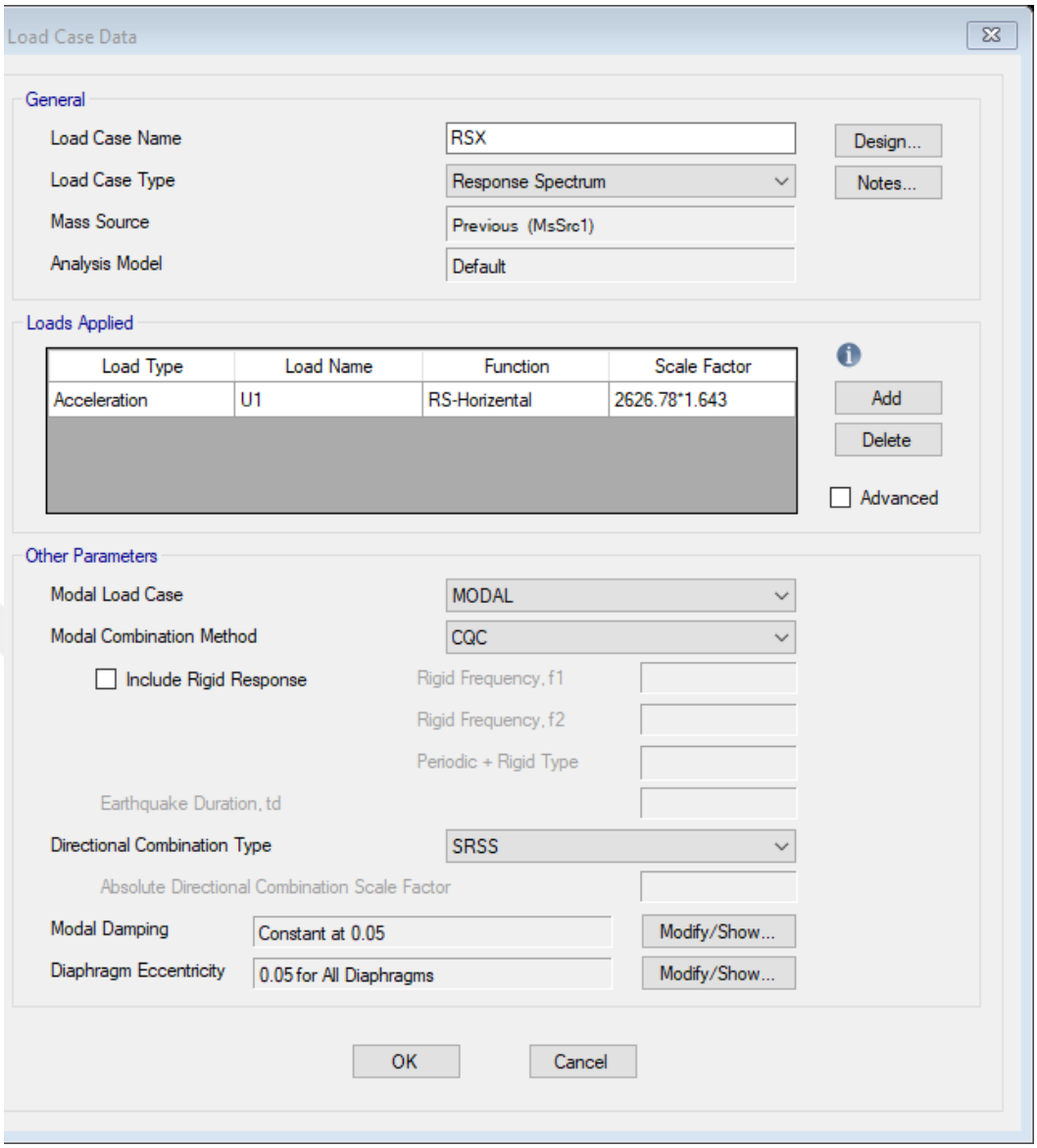
4.6.1.2. ZD için TSY ile Burulma düzensizliği sonuçları

Tabana ait V_t, V_d, η ve 0.85/ η değerleri **Tablo 37**'de verilmiştir.

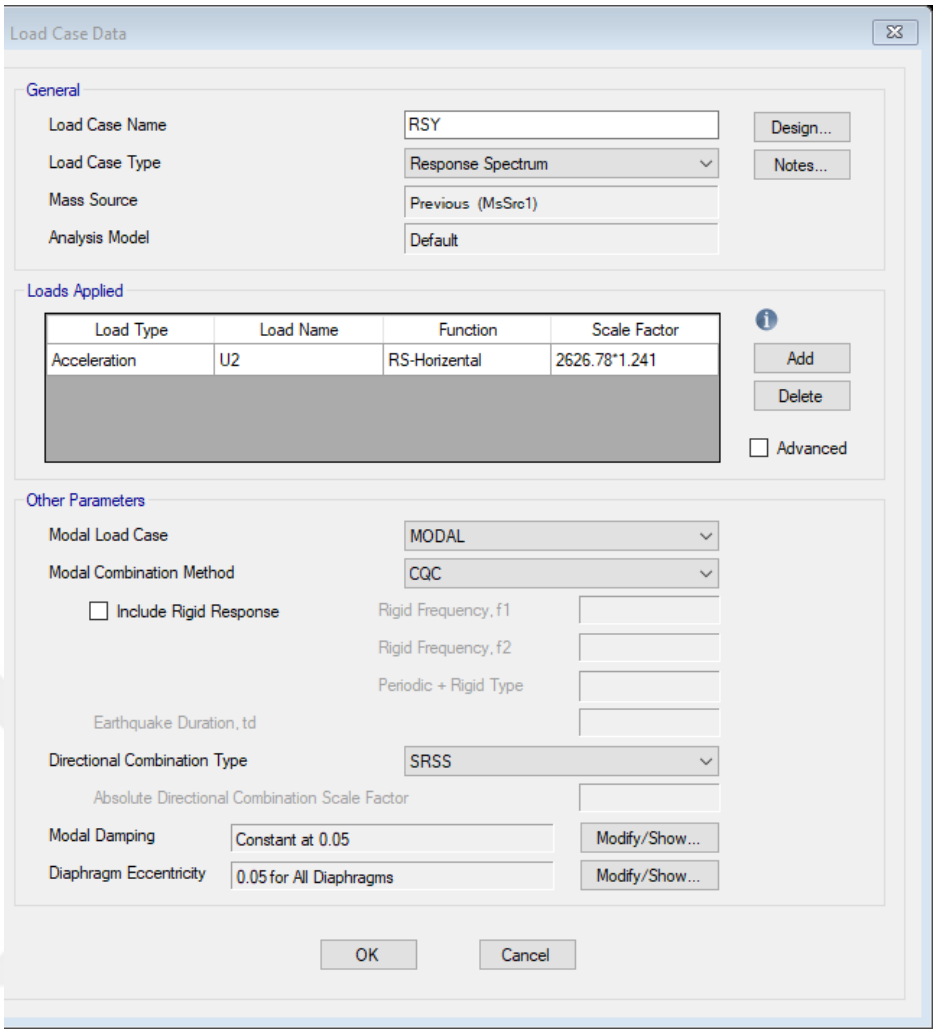
Tablo 37. ZD için TSY burulma düzensizliği belirlemek amacıyla ölçeklenmiş değerleri

	V_t		V_d	η_x	η_y	0.85/ η_x	0.85/ η_y
Kat	RSX	RSY					
Zemin	14369.9368	19035.2892	27778.546	0.517	0.685	1.643	1.241

η_x ve η_y değerleri 85%'inden küçük çıkmıştır ve ölçeklenmiş değerleri ile V_i kullanılmalıdır. programına tanımlanması için, define menüsünden→ load cases→ RSX yük durumun katsayısı 1.643 ile çarpmalı, RSY yük durumun katsayısı 1.241 ile çarpmalı, olarak tanımlanmıştır. **Şekil (71-72)**'te sırasıyla RSX ve RSY yük durumu ölçeklenmiş değeri görülmektedir.



Şekil 71. ZD için Ölçeklendikten Sonra RSX Yük Durum Özellikleri.



Şekil 72. ZD için Ölçeklendikten Sonra RSY Yük Durum Özellikleri.

RSX ve RSY yük durumlarına $\Delta_{i,max}$, $\Delta_{i,ort}$ ve η_{bi} değerleri **Tablo 38**'de verilmiştir.

Tablo 38. TSY ile ZD için burulma düzensizliği kontrolü

Kat No	**Yük durumu**	**Yönü**	$\Delta_{i,max}$**(mm)**	$\Delta_{i,ort}$**(mm)**	η_{bi}
Çatı	RSX	X	10.909	8.749	1.247
Çatı	RSX	Y	5.622	3.372	1.667
4	RSX	X	18.455	14.26	1.294
4	RSX	Y	13.827	7.726	1.79
3	RSX	X	18.33	14.277	1.284

Kat No	Yük durumu	Yönü	$\Delta_{i,max}$(mm)	$\Delta_{i,ort}$(mm)	η_{bi}
3	RSX	Y	13.603	7.607	1.788
2	RSX	X	16.64	12.836	1.296
2	RSX	Y	12.227	6.841	1.787
1	RSX	X	12.652	9.888	1.279
1	RSX	Y	9.102	5.099	1.785
Zemin	RSX	X	5.467	4.34	1.26
Zemin	RSX	Y	3.765	2.118	1.778
Çatı	RSY	X	1.435	1.209	1.187
Çatı	RSY	Y	7.143	6.894	1.036
4	RSY	X	2.179	1.768	1.232
4	RSY	Y	13.138	11.441	1.148
3	RSY	X	2.23	1.801	1.238
3	RSY	Y	13.118	11.421	1.149
2	RSY	X	2.969	2.117	1.402
2	RSY	Y	11.945	10.397	1.149
1	RSY	X	2.294	1.633	1.405
1	RSY	Y	9.061	7.886	1.149
Zemin	RSY	X	1.121	0.77	1.455
Zemin	RSY	Y	3.881	3.389	1.145

İki yönünde RSX tüm katlarında ve X yönünde RSY zemin, 1, 2, 3, 4 katlarında η_{bi} değerleri 1.2'den büyük çıkmıştır ve burulma düzensizliği olduğu ortaya çıkmıştır.

4.6.2. TSY ile B2-Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (yumuşak kat)

TSY ile ZC ve ZD için B2-komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrol edilmiştir.

4.6.2.1. ZC için TSY ile Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği sonuçları

RSX ve RSY yük durumlarına göre $\frac{\Delta_i}{h_i}$ ve η_{ki} değerleri **Tablo 39**'te verilmiştir.

Tablo 39. TSY ile ZC için B2-komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü

Kat No	Yük durumu	Yönü	$\frac{\Delta_i}{h_i}$	η_{ki}
Çatı	RSX	X	0.002395	
Çatı	RSX	Y	0.001273	
4	RSX	X	0.002866	1.19666
4	RSX	Y	0.002188	1.718775
3	RSX	X	0.002828	0.986741
3	RSX	Y	0.00215	0.982633
2	RSX	X	0.002556	0.903819
2	RSX	Y	0.001931	0.89814
1	RSX	X	0.001953	0.764085
1	RSX	Y	0.001441	0.746245
Zemin	RSX	X	0.000859	0.439836
Zemin	RSX	Y	0.0006	0.416378
Çatı	RSY	X	0.000338	
Çatı	RSY	Y	0.001641	
4	RSY	X	0.000366	1.08284
4	RSY	Y	0.002158	1.315052
3	RSY	X	0.000373	1.019126
3	RSY	Y	0.002145	0.993976
2	RSY	X	0.000496	1.329759
2	RSY	Y	0.001947	0.907692
1	RSY	X	0.000385	0.77621
1	RSY	Y	0.001482	0.761171
Zemin	RSY	X	0.000191	0.496104
Zemin	RSY	Y	0.000643	0.433873

η_{ki} değerleri 2'den düşük çıkmıştır ve yumuşak kat düzensizliği olmadığı ortaya çıkmıştır.

4.6.2.2. ZD için TSY ile Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği sonuçları

RSX ve RSY yük durumlarına $\frac{\Delta_i}{h_i}$ ve η_{ki} değerleri **Tablo 40**'te verilmiştir.

Tablo 40. TSY ile ZD için B2-komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü

Kat No	Yük durumu	Yönü	$\frac{\Delta_i}{h_i}$	η_{ki}
Çatı	RSX	X	0.003636	
Çatı	RSX	Y	0.001874	
4	RSX	X	0.004394	1.208471
4	RSX	Y	0.003292	1.75667
3	RSX	X	0.004364	0.993173
3	RSX	Y	0.003239	0.9839
2	RSX	X	0.003962	0.907883
2	RSX	Y	0.002911	0.898734
1	RSX	X	0.003012	0.760222
1	RSX	Y	0.002167	0.744418
Zemin	RSX	X	0.001302	0.432271
Zemin	RSX	Y	0.000897	0.413936
Çatı	RSY	X	0.000478	
Çatı	RSY	Y	0.002381	
4	RSY	X	0.000519	1.085774
4	RSY	Y	0.003128	1.313734
3	RSY	X	0.000531	1.023121
3	RSY	Y	0.003123	0.998402
2	RSY	X	0.000707	1.33145
2	RSY	Y	0.002844	0.910663
1	RSY	X	0.000546	0.772277
1	RSY	Y	0.002157	0.758439
Zemin	RSY	X	0.000267	0.489011
Zemin	RSY	Y	0.000924	0.428373

η_{ki} değerleri 2'den düşük çıkmıştır ve yumuşak kat düzensizliği olmadığı ortaya çıkmıştır.

4.6.3. TSY ile Göreli kat ötemeleri

TSY ile ZC ve ZD için Göreli kat ötemelerinin kontrol edilmiştir.

4.6.3.1. ZC için TSY ile Göreli kat ötemelerinin sonuçları

RSX ve RSY yük durumlarına göre $\Delta_{i,max}$ ve $\frac{(\delta_i)_{max}}{h_i}$ değerleri **Tablo 41**'da verilmiştir.

Tablo 41. TSY ile ZC için göreli kat ötelemesi kontrolü

Kat No	Yük durumu	Yönü	$\Delta_{i,max}$(mm)	$\frac{(\delta_i)_{max}}{h_i}$
Çatı	RSX	X	7.185	0.006387
Çatı	RSX	Y	3.819	0.003395
4	RSX	X	12.037	0.0107
4	RSX	Y	9.191	0.00817
3	RSX	X	11.876	0.010556
3	RSX	Y	9.029	0.008026
2	RSX	X	10.734	0.009541
2	RSX	Y	8.109	0.007208
1	RSX	X	8.204	0.007292
1	RSX	Y	6.053	0.00538
Zemin	RSX	X	3.608	0.003207
Zemin	RSX	Y	2.52	0.00224
Çatı	RSY	X	1.014	0.000901
Çatı	RSY	Y	4.923	0.004376
4	RSY	X	1.538	0.001367
4	RSY	Y	9.065	0.008058
3	RSY	X	1.567	0.001393
3	RSY	Y	9.008	0.008007
2	RSY	X	2.085	0.001853
2	RSY	Y	8.176	0.007268
1	RSY	X	1.616	0.001436

1	RSY	Y	6.224	0.005532
Zemin	RSY	X	0.801	0.000712
Zemin	RSY	Y	2.699	0.002399

$\frac{(\delta_i)_{max}}{h_i}$ değeri 0.02'den düşük çıkmıştır ve göreli kat düzensizliği olmadığı ortaya çıkmıştır.

4.6.3.2. ZD için TSY ile Göreli kat ötemelerinin sonuçları

RSX ve RSY yük durumlarına göre $\Delta_{i,max}$ ve $\frac{(\delta_i)_{max}}{h_i}$ değerleri **Tablo 42**'de verilmiştir.

Tablo 42. TSY ile ZD için göreli kat ötelemesi kontrolü

Kat No	**Yük durumu**	**Yönü**	$\Delta_{i,max}$**(mm)**	$\frac{(\delta_i)_{max}}{h_i}$
Çatı	RSX	X	10.909	0.009697
Çatı	RSX	Y	5.622	0.004997
4	RSX	X	18.455	0.016404
4	RSX	Y	13.827	0.012291
3	RSX	X	18.33	0.016293
3	RSX	Y	13.603	0.012092
2	RSX	X	16.64	0.014791
2	RSX	Y	12.227	0.010868
1	RSX	X	12.652	0.011246
1	RSX	Y	9.102	0.008091
Zemin	RSX	X	5.467	0.00486
Zemin	RSX	Y	3.765	0.003347
Çatı	RSY	X	1.435	0.001276
Çatı	RSY	Y	7.143	0.006349
4	RSY	X	2.179	0.001937

4	RSY	Y	13.138	0.011678
3	RSY	X	2.23	0.001982
3	RSY	Y	13.118	0.01166
2	RSY	X	2.969	0.002639
2	RSY	Y	11.945	0.010618
1	RSY	X	2.294	0.002039
1	RSY	Y	9.061	0.008054
Zemin	RSY	X	1.121	0.000996
Zemin	RSY	Y	3.881	0.00345

$\frac{(\delta_i)_{max}}{h_i}$ değeri 0.02'den düşük çıkmıştır ve göreli kat düzensizliği olmadığı ortaya çıkmıştır.

4.6.4. TSY ile İkinci mertebe etkilerinin kontrolü

TSY ile ZC ve ZD için İkinci mertebe etkileri kontrol edilmiştir.

4.6.4.1. ZC için TSY ile İkinci mertebe etkilerinin sonuçları

RSX ve RSY yük durumlarına göre (V), ($\Delta_{i,avg}$), (m) ve (θ_{II}) değerleri **Tablo 43**'da verilmiştir.

Tablo 43. TSY ile ZC için ikinci mertebe etkisi kontrolü

Kat No	Yük durumu	Yönü	$\Delta_{i,avg}$(mm)	V (kN)	m (kg)	θ_{II}
Çatı	RSX	X	5.821	1898.426	229067.04	0.006125
Çatı	RSX	Y	2.293	264.9132	229067.04	0.017289
4	RSX	X	9.421	7583.322	1496734.9	0.018696
4	RSX	Y	5.141	1081.217	1496734.9	0.071555
3	RSX	X	9.364	9904.553	1696044.2	0.02821

3	RSX	Y	5.055	1633.947	1696044.2	0.092312
2	RSX	X	8.468	12230.62	1895818.7	0.032105
2	RSX	Y	4.543	2081.537	1895818.7	0.101204
1	RSX	X	6.558	14984.37	1866977.5	0.027419
1	RSX	Y	3.396	2371.577	1866977.5	0.089712
Zemin	RSX	X	2.932	17592.73	2563194.1	0.014166
Zemin	RSX	Y	1.418	2563.69	2563194.1	0.047015
Çatı	RSY	X	0.852	213.8873	229067.04	0.007957
Çatı	RSY	Y	4.748	1583.394	229067.04	0.00599
4	RSY	X	1.242	749.3053	1496734.9	0.024944
4	RSY	Y	7.882	7360.477	1496734.9	0.016115
3	RSY	X	1.261	1193.872	1696044.2	0.031516
3	RSY	Y	7.834	10448.4	1696044.2	0.022372
2	RSY	X	1.481	1570.618	1895818.7	0.043724
2	RSY	Y	7.111	13182.62	1895818.7	0.025013
1	RSY	X	1.146	1806.451	1866977.5	0.039745
1	RSY	Y	5.412	15603.63	1866977.5	0.02173
Zemin	RSY	X	0.547	2014.266	2563194.1	0.023083
Zemin	RSY	Y	2.353	17582.1	2563194.1	0.011376

θ_{II} değerleri θ_{II},max= 0.107'den düşük çıkmıştır ve θ_{II},max düzensizliği olmadığı ortaya çıkmıştır ve (P-Δ) ihmal edilebilir.

4.6.4.2. ZD için TSY ile İkinci mertebe etkilerinin sonuçları

RSX ve RSY yük durumlarına göre (V), ($\Delta_{i,avg}$), (m) ve (θ_i) değerleri **Tablo 44**'da verilmiştir.

Tablo 44. TSY ile ZD için ikinci mertebe etkisi kontrolü

Kat No	Yük durumu	Yönü	$\Delta_{i,avg}$(mm)	V (kN)	m (kg)	θ_{II}
Çatı	RSX	X	8.749	2077.059	229067	0.008414
Çatı	RSX	Y	3.372	343.6291	229067	0.019601
4	RSX	X	14.26	9777.553	1496735	0.021948
4	RSX	Y	7.726	1504.231	1496735	0.077294
3	RSX	X	14.277	14444.44	1696044	0.029493
3	RSX	Y	7.607	2378.007	1696044	0.09545
2	RSX	X	12.836	18279.66	1895819	0.032561
2	RSX	Y	6.841	3044.213	1895819	0.104203
1	RSX	X	9.888	21406.75	1866977	0.028939
1	RSX	Y	5.099	3429.947	1866977	0.093136
Zemin	RSX	X	4.34	23609.81	2563194	0.015625
Zemin	RSX	Y	2.118	3627.541	2563194	0.049629
Çatı	RSY	X	1.209	213.8873	229067	0.011291
Çatı	RSY	Y	6.894	1583.394	229067	0.008697
4	RSY	X	1.768	749.3053	1496735	0.035508
4	RSY	Y	11.441	7360.477	1496735	0.023392

3	RSY	X	1.801	1193.872	1696044	0.045012
3	RSY	Y	11.421	10448.4	1696044	0.032616
2	RSY	X	2.117	1570.618	1895819	0.062501
2	RSY	Y	10.397	13182.62	1895819	0.036572
1	RSY	X	1.633	1806.451	1866977	0.056635
1	RSY	Y	7.886	15603.63	1866977	0.031663
Zemin	RSY	X	0.77	2014.266	2563194	0.032494
Zemin	RSY	Y	3.389	17582.1	2563194	0.016384

$\boldsymbol{\theta_{II}}$ değerleri $\boldsymbol{\theta_{II,max}}$= 0.107'den düşük çıkmıştır ve $\boldsymbol{\theta_{II,max}}$ düzensizliği olmadığı ortaya çıkmıştır ve (P-Δ) ihmal edilebilir.

4.6.5 TSY ile Yük birleşimler altında katlara etkiyen kesme kuvvetleri

TSY ile ZC ve ZD için yük birleşimler altında katlara etkiyen kesme kuvvetleri belirlenmiştir.

4.6.5.1. ZC için TSY ile Yük birleşimler altında katlara etkiyen kesme kuvvetleri sonuçları

Tablo 18'e göre yük birleşimleri altında her kata ait kesme kuvveti değerleri **Tablo 45**'da verilmiştir.

Tablo 45. TSY ile ZC için katlara etkiyen kesme kuvvetleri

Kat No	| VX | kN	| VY | kN
Çatı	2943.9879	1109.5524
4	11712.6554	4932.394
3	15395.2882	7148.7599
2	19053.948	9050.3068
1	23291.5257	10572.3136
Zemin	27297.1631	11751.8611

4.6.5.2. ZD için TSY ile Yük birleşimler altında katlara etkiyen kesme kuvvetleri sonuçları

Tablo 18'e göre yük birleşimleri altında her kata ait kesme kuvveti değerleri **Tablo 46**'de verilmiştir.

Tablo 46. TSY ile ZD için katlara etkiyen kesme kuvvetleri

Kat No	| VX | kN	| VY | kN
Çatı	3225.4682	1352.622
4	15128.0801	6588.2907
3	22419.1515	10268.9558
2	28421.3551	13141.6423
1	33252.2721	14992.9271
Zemin	36651.5275	16065.9512

4.7. İA Sonuçları

Bu kısmında ZC ve ZD için TSY ile A1, B2, Göreli kat ötemeleri ve İkinci mertebe etkileri değerlendirmesi, "4.6" kısmındaki tepki spektrumu aynı olduğu için sonuçları da aynısıdır. Fakat yük birleşimler altında katlara etkiyen kesme kuvvetleri farklı olup gösterilmiştir.

4.7.1. İA ile Yük birleşimler altında katlara etkiyen kesme kuvvetleri

İA ile ZC ve ZD için yük birleşimler altında katlara etkiyen kesme kuvvetleri belirlenmiştir.

4.7.1.1. ZC için İA ile Yük birleşimler altında katlara etkiyen kesme kuvvetleri sonuçları

Tablo 19'e göre yük birleşimleri altında her kata ait kesme kuvveti değerleri **Tablo 47**'de verilmiştir.

Tablo 47. İA ile ZC için katlara etkiyen kesme kuvvetleri

Kat No	| VX | kN	| VY | kN
Çatı	5938.4837	1816.3669
4	31262.9858	8200.4033
3	52917.1534	11763.1474
2	76801.3231	14858.4847
1	100636.0163	17454.4827
Zemin	129873.9908	19516.7914

4.7.1.2. ZD için İA ile Yük birleşimler altında katlara etkiyen kesme kuvvetleri sonuçları

Tablo 19'e göre yük birleşimleri altında Her katının kesme kuvvetı **Tablo 48**'te verilmiştir.

Tablo 48. İA ile ZD için katlara etkiyen kesme kuvvetleri

Kat No	| VX | kN	| VY | kN
Çatı	6225.4354	2180.7803
4	34745.3906	10854.0558
3	60057.8737	16847.772
2	86326.5681	21542.003
1	110749.0787	24640.6162
Zemin	139356.5765	26471.1714

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018 (TBDY 2018) esas alınarak, ZC ve ZD için Hatay ilinde yer alan, EDYY, TSY, ve İA yöntemleriyle çok katlı bir hastane betonarme binanın deprem davranışı değerlendirilmiştir. İncelenen yapı burulma düzensizliği, yumuşak kat düzensizliği, göreli kat düzensizliği, ikinci mertebe (P–Δ) düzensizliği ve yük birleşimler altında katlara etkiyen kesme kuvvetleri olmak üzere dikkate alınarak analiz edilmiştir.

Burulma düzensizliği açısından yapılan EDYY değerlendirmelerde, ZC ve ZD için EXP, EYP ve EYN yönlerinde düzensizlik katsayısı (η_{bi}) değerinin 1.2 sınır değerinin altında kaldığı ve bu yönlerde burulma düzensizliğinin oluşmadığı tespit edilmiştir. Ancak EXN yönünde η_{bi} değerinin yüksek çıkması, X doğrultusunda yeterli sayıda betonarme perde veya kolon duvar bulunmamasına bağlı olarak burulma düzensizliğinin oluştuğunu göstermektedir. TSY analiz yöntemi ise burulma düzensizliği ZC ve ZD için iki yönünde RSX tüm katlarında ve X yönünde RSY zemin, 1, 2, 3, 4 katlarında η_{bi} değerleri 1.2'den büyük çıkmıştır ve burulma düzensizliği olduğunu ortaya çıkarmıştır. Bu durum, X yönündeki rijitliğin yetersiz olduğuna işaret etmektedir. EDYY veya TSY analiz yöntemi için ZC ve ZD sonuçları karşılaştığında yakın sonuçlara ulaşıldığı görülmüştür.

Yumuşak kat düzensizliği bakımından yapılan EDYY ve TSY analizlerde, ZC ve ZD için η_{ki} değerleri 2'den düşük çıkmıştır ve yumuşak kat düzensizliği olmadığı ortaya çıkmıştır. Kat sayısının artmasıyla birlikte yumuşak kat düzensizliği katsayısı (η_{ki}) değerinin de arttığı belirlenmiştir. Bu artış, özellikle yapıların alt katlarında rijitlik yetersizliğine yol açarak yumuşak kat düzensizliğinin daha belirgin hâle gelmesine neden olmuştur. Ayrıca yapılan detaylı değerlendirmelerde, η_{ki} değerinin üst katlarda kat sayısına bağlı olarak arttığı, alt katlarda ise azaldığı görülmüştür. Bu durum, deprem yüklerinin üst katlara doğru daha yaygın dağılması ve bu katlardaki göreli ötelenmelerin artmasıyla açıklanabilir. EDYY veya TSY analiz yöntemi için ZC ve ZD sonuçları karşılaştığında yakın sonuçlara ulaşıldığı görülmüştür.

Göreli kat düzensizliği açısından EDYY ve TSY analizlerde, ZC ve ZD için $\frac{(\delta_i)_{max}}{h_i}$ değerinin 0.02 sınırını aşmadığı ve bu yapılarda göreli kat düzensizliğinin oluşmadığı belirlenmiştir. Kat sayısındaki artışa bağlı olarak yapının daha esnek hale

gelmesi ve katlar arası ötelenme farkının büyümesi, göreli kat düzensizliğinin artmasına neden olmuştur. EDYY için ZD sonuçları ZC sonuçlarına kıyasla 34% daha büyük çıkmıştır. TSY için ZD sonuçları ise ZC sonuçları kıyasla 50% daha büyük çıkmıştır.

İkinci mertebe (P–Δ) düzensizliği açısından EDYY ve TSY analizlerde değerlendirildiğinde, ZC ve ZD için θ_{II} değerleri $\theta_{II,max}$ = 0.107'den düşük çıkmıştır ve $\theta_{II,max}$ düzensizliği olmadığı ortaya çıkmıştır. EDYY analiz yöntemi için ZC ve ZD sonuçları karşılaştığında oransal olarak aynı sonuçlar elde edildiği, TSY analiz yöntemi için ZD sonuçları içinse ZC sonuçlarına kıyasla 18% daha büyük çıkmıştır..

Yük birleşimler altında katlara etkiyen kesme kuvvetleri açısından ZC ve ZD için Vx değerleri büyükten küçüğe İA, EDYY, TSY olarak elde edilmiştir. ZC ve ZD için Vy değerleri ise büyükten küçüğe İA, EDYY, TSY olarak elde edilmiştir. EDYY analiz yöntemi için ZD sonuçları ZC sonuçlarına kıyasla 34% daha büyük çıkmıştır. TSY analiz yöntemi için ZD sonuçları ZC sonuçlarına kıyasla 35% daha büyük çıkmıştır. İA yöntemi için ZD sonuçlarıdan oluşan Vx değerleri ZC sonuçlarına kıyasla 7% daha büyük çıkmıştır. ZD sonuçlarıdan oluşan Vy değerleri ZC sonuçlarına kıyasla 36% daha büyük çıkmıştır.

KAYNAKÇA

Abrahamczyk, L., Schott, C., Schwarz, J., ve Swain, T. M. (2004, August). Vulnerability of RC frame structures in Turkish earthquake regions (Part 2): Modeling and analysis. In *13th World Conference on Earthquake Engineering, 1–6 August 2004*.

Adali, M., ve Ozcelik, Y. (2019). Seismic performance evaluation of steel chevron braced frames per Turkish Building Earthquake Code 2018. In *8th International Steel Structures Symposium*.

Adali, M., ve Ozcelik, Y. (2020, March). Collapse Assessment of Concentrically Braced Frame Designed to Turkish Building Earthquake Code 2018 by Using Incremental Dynamic Analysis. In *2nd International Conference on Seismic Design of Industrial Facilities Aachen*.

Afad ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD). (2018). *Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY 2018)*. Erişim adresi:https://www.afad.gov.tr

Afad ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD). (2018). *Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması (TDTH)*. Erişim adresi: https://tdth.afad.gov.tr/TDTH/ozetRapor.xhtml

Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı. (2018). Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY 2018). *Resmî Gazete* Tarihi: 18 Mart 2018, Sayı: 30364.

Akdemir, A., ve Günaydın, T, İ. (2024). Türkiye'nin Depremselliği ve Burulma Düzensizliği. *International Journal of Social and Humanities Sciences Research (JSHSR), 11(104), 301-309, ISSN: 2459-1149, 2024.*

Albasha, A. (2025). *Yer hareketinin ve kat sayısının çok katlı betonarme yapıların deprem davranışına etkisinin araştırılması*. (Yüksek lisans tezi, İSTANBUL GELİŞİM Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yapı Mühendisliği Bilim Dalı).

Arvindreddy, A. ve Fernandes, R, J. (2015, Ağustos). Seismic analysis of RC regular and irregular frame structures. *International Research Journal of Engineering and Technology,* 2(5), 44-47. doi:2395-0072

Atmaca, B., Demir, S., Günaydın, M., Altunışık, A. C., Hüsem, M., Ateş, Ş., ... ve Angın, Z. (2020). Lessons learned from the past earthquakes on building performance in Turkey. *J. Struct. Eng. Appl. Mech*, *3*(2), 61-84.

Atmaca, N., Atmaca, A., ve Kılçık, S. (2019). Comparison of 2018 and 2007 Turkish Earthquake Regulations. *The International Journal of Energy and Engineering Sciences*, *4*(2), 19-25.

Ayache, M. (2017). *Comparison of 1975, 1998 and 2007 Turkish Earthquake Codes on Selected RC Buildings* (Master's thesis, Eastern Mediterranean University (EMU)-Doğu Akdeniz Üniversitesi (DAÜ)).

Aydemir, Z. (2011). *TDY 2007 ile Eurocode 8'in betonarme binalarda maliyet açısından karşılaştırılması* (Yüksek lisans tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yapı Bilim Dalı).

Bal, İ. E., Kutanis, M., Beyen, K., ve Gülkan, P. (2012). A Review of the nonlinear static assessment procedure in the Turkish Earthquake Code. In *15th World Conference on Earthquake Engineering* (pp. 24-28).

Bayraktar1a, A., Altunişik, A. C., ve Muvafik2b, M. (2014). Damages of minarets during Erciş and Edremit earthquakes, 2011 in Turkey.

Buyuktaskin, A. H. A. (2017). A study on the comparison of a steel building with braced frames and with RC walls. *Earthquakes and Structures, 12*(3), 263-270.

Çakmaklı, C. (2019). *Çelik yüksek bir binanın TBDY-2018'e göre tasarımı* (Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yapı Mühendisliği Bilim Dalı).

Çelik, C. (2011). *Çelik kiriş-kolon elemanların Eurocode 3 ve AISC 360-05 standartlarına göre incelenmesi* (Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yapı Mühendisliği Bilim Dalı).

Chopra, A. K. (2017). Dynamics of structures: Theory and applications to earthquake engineering (5th ed.). *Pearson*.

Chopra, A. K. (2020). Dynamics of structures: Theory and applications to earthquake engineering (5th ed.). *Pearson*.

Clough, R. W., & Penzien, J. (2003). Dynamics of structures (3rd ed.). *Computers & Structures.*

El Haj Ahmad, M. (2018). *Çelik çerçeveli binalarda doğrusal hesap yöntemlerinin TDY-2007, EC8, ASCE 7/16 ve TBDY-2018 deprem yönetmeliklerine göre karşılaştırılması* (Yüksek lisans tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yapı Bilim Dalı).

Erberik, M. A., Aldemir, A., ve Ay, B. Ö. (2008, November). A critique on the Turkish earthquake code regulations regarding masonry construction. In *Proc., 8th Int. Seminar on Structural Masonry. İstanbul, Turkey: İstanbul Technical Univ*.

Erdik, M. (2020). Deprem mühendisliğine giriş (5. bs.). *Boğaziçi Üniversitesi Yayınevi.*

Federal Emergency Management Agency (FEMA). (2000). Prestandard and commentary for the seismic rehabilitation of buildings (FEMA-356). *FEMA*.

Federal Emergency Management Agency (FEMA). (2005). Improvement of nonlinear static seismic analysis procedures (FEMA-440). *FEMA*.

Gençay, E. (2025a). *Farklı tip ve yükseklikteki betonarme yapıların inşaat mühendisliğinde kullanılan paket programlar ile analizi ve karşılaştırılması*

(Yüksek lisans tezi, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yapı Mühendisliği Bilim Dalı).

Gençay, E. (2025b). Betonarme Bir Yapının İnşaat Mühendisliğinde Kullanılan Paket Programlar ile Analizi ve Karşılaştırılması. *BŞEÜ Fen Bilimleri Dergisi / BSEU Journal of Science, 2025, 12(1): 01-08.*

Hayalioğlu, M. S., Değertekin, S. Ö., ve Görgün, H. (2004). Design of semi-rigid planar steel frames according to Turkish Steel Design Code. *Sigma*, 2. https://deprem.afad.gov.tr

Inel, M., Cayci, B. T., Kamal, M., ve Altinel, O. (2014). Structural pounding of mid-rise RC buildings during earthquakes. In *2nd European conference on earthquake engineering and seismology*.

İnşaat Mühendisleri Odası (İMO). (2019). TBDY 2018 uygulama rehberi. *İMO Yayınları.*

Işık, E., Harirchian, E., Büyüksaraç, A., ve Levent Ekinci, Y. (2021). Seismic and structural analyses of the eastern anatolian region (Turkey) using different probabilities of exceedance. *Applied System Innovation*, *4*(4), 89.

Kakpure, G, G. ve Mundhada, A, R. (2017, Mayıs). Comparative Study of Static and Dynamic Seismic Analysis of Multistoried RCC Buildings by ETAB. *International Journal of Engineering Research and Application,* 7(5), 6-10. doi:2248-9622

Kapıdaş, İ. F. (2019). *Betonarme yüksek binaların TBDY-2018 kapsamında analizi* (Yüksek lisans tezi, Konya Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yapı Bilim Dalı).

Kazancı, S. (2018). *Türkiye Deprem Yönetmeliği 2007 ve Eurocode 8'e göre tasarlanan betonarme binalarda doğrusal analiz yöntemlerinin karşılaştırılması* (Yüksek lisans tezi, İstanbul Gelişim Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı).

Korkmaz, M., Ozdemir, M. A., Kavali, E., ve Cakir, F. (2018). Performance-based assessment of multi-story unreinforced masonry buildings: The case of historical Khatib School in Erzurum, Turkey. *Engineering Failure Analysis*, *94*, 195-213.

Kuran, F., Demir, C., Koroglu, O., Kocaman, C., ve İlki, A. (2007, June). Seismic safety analysis of an existing 1502 TYPE disaster building using new version of Turkish Seismic Design Code. In *ECCOMAS Thematic Conference on Computational Methods in Structural Dynamics and Earthquake Engineering* (pp. 13-16). Retymno.

Kuria, K, K. ve Brassai, O, K. (2023, Ekim). Nonlinear Static Analysis for Seismic Evaluation of Existing RC Hospital Building. *Applied sciences*, 13(21), 1-17. doi:10.3390/app132111626

Mahmoud, S. ve Abdallah, W. (2014, Eylül). Response Analysis of Multi-Storey RC Buildings under Equivalent Static and Dynamic Loads According to Egyptian Code. *International Journal of Civil and Structural Engineering Research*, 2(1), 79-88. doi: 2348-7607 .

Meral, E. (2021). Betonarme Binaların Tepki Spektrumu ve Doğrusal Elastik Zaman Tanım Alanında Analizleri. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi Özel Sayı 32, S. 215-220, Aralık 2021.*

Nemutlu, Ö. F., ve Sarı, A. (2018, November). Comparison of Turkish Earthquake Code in 2007 With Turkish Earthquake Code in 2018. In *International Engineering and Natural Sciences Conference (IENSC 2018), Diyarbakır* (Vol. 568, p. 76).

Nomanoğlu, Y, Z., Aslan, T, A., ve Temel, B. (2024). Farklı Özelliklere Sahip Çok Katlı Binalarda Deprem Düzensizliklerinin İrdelenmesi. *Ç.Ü. Müh. Fak. Dergisi, 39(3), 647-666.*

Odabasi, O., Kohrangi, M., ve Bazzurro, P. (2021). Tall buildings in Turkey, their characteristic structural features and dynamic behaviour. *Bulletin of Earthquake Engineering*, *19*(5), 2105-2124.

Özçelik, R. (2011). *Seismic upgrading of reinforced concrete frames with structural steel elements* (Doctoral dissertation, Middle East Technical University (Turkey)).

Özer AY, B., ve Erberik, M. A. (2008). Vulnerability of Turkish low-rise and mid-rise reinforced concrete frame structures. *Journal of Earthquake Engineering*, *12*(S2), 2-11.

Riaz, A, A. Zulfiqar, T, Z. ve Khawaja, S, A. (2020, Mart). Comparative Study On Seismic Analysis And Deiıgn Of Highrise Buildings Using Static And Dynamic Analysis By Etabs. *International Civil Engineering Conference, Integrating Innovation & Sustainability in Civil Engineering*. Erişim adresi:

Safkan, I. (2012, September). Comparison of Eurocode 8 and Turkish Earthquake Code 2007 for Residential RC Buildings in Cyprus. In *Proceedings of the 15th Conference on Earthquake Engineering, Lizbon, Portekiz.*

Soyluk, A., ve Harmankaya, Z. Y. (2012). The history of development in Turkish seismic design codes. *International Journal of Civil ve Environmental Engineering*, *12*(1), 25-29.

Sucuoğlu, H. (2000). The 1999 Kocaeli and Düzce-Turkey Earthquakes. *Middle East Technical University*.

Sucuoğlu, H. (2006, September). The Turkish seismic rehabilitation code. In *Proceedings of the 1st European Conference on Earthquake Engineering and Seismology, Geneva, Switzerland* (pp. 1699-1708).

Taşdemir, A. (2007). *Çok katlı çelik bir hastane binasının Eurocode 3'e göre çerçeve kusurları dikkate alınarak karşılaştırmalı boyutlandırılması* (Yüksek lisans

tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yapı Mühendisliği Bilim Dalı).

Torunbalci, N. (2004, August). Seismic isolation and energy dissipating systems in earthquake resistant design. In *Proceedings of the 13th World Conference on Earthquake Engineering, Vancouver, BC, Canada* (pp. 1-6).

Tunç, G., ve Tanfener, T. (2021). Reinforced Concrete Design of Tall Buildings According to the Turkish Earthquake Code. *Erzincan University Journal of Science and Technology, 14*(1), 27-40.

Türkiye Deprem Vakfı (TDV). (2021). Depreme dayanıklı yapı tasarımı el kitabı. *TDV Yayınları*.

Ural, A., Doğangün, A., Sezen, H., ve Angın, Z. (2012). Seismic performance of masonry buildings during the 2007 Bala, Turkey earthquakes. *Natural hazards, 60*, 1013-1026.

Yavuz, C. (2021). *<nbc . vxhpurşp<vxDY 2018'e ve ÇYTHYE 2018'e göre yüksek katlı diagrid çelik binanın yapısal analizi ve tasarımı* (Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yapı Mühendisliği Bilim Dalı).

Yenidoğan, C. (2024). Deprem yalıtımlı ve ankastre temelli betonarme yapıların performansının TBDY2018 kapsamında kıyaslamalı olarak değerlendirmesi. *DUJE (Dicle University Journal of Engineering) 15:3 (2024) Sayfa 767-781.*

Yılmaz, A., ve Öncü, M, E. (2025). Deprem etkisi altında yumuşak kat düzensizliğine sahip betonarme binaların hasar görebilirlik analizi. *KSÜ Mühendislik Bilimleri Dergisi, 28(3), 2025.*

Yılmaz, M. A. A. (2015). *Çelik-beton kompozit yapı elemanlarının Eurocode 4 ve AISC yönetmeliklerine göre tasarımlarının karşılaştırılması* (Yüksek lisans tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yapı Bilim Dalı).

Yön, B., ve Onat, O. (2019, October). Comparison of damage limits for 2007 Turkish seismıc code and 2018 Turkey building earthquake code. In *International Conference on Earthquake Engineering and Seismology (5ICEES)* (Vol. 8, p. 11).

Yüksel, E. ve Çalım, F. (2024). 6 Şubat 2023 kahramanmaraş depremleri tecrübesiyle önüretimli betonarme sanayi binalarında taşıyıcı sistem değerlendirmesi. *İnşaat / Deprem Mühendisliği Açısından Şubat 2023 Depremleri Sempozyumu 18-20 Ocak 2024, Seyhan Otel, Adana.*

Zervent, A. (2009). *Evaluation of Steel Building Design Methodologies: TS648, Eurocode 3 and LRFD* (Master's thesis, Middle East Technical University (Turkey)).

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Ad Soyadı	:	AHMAD KHOUJAH
Uyruk	:	Suriye