T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ-CERRAHPAŞA
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

2018 TÜRKİYE BİNA DEPREM YÖNETMELİĞİ'NE GÖRE YÜKSEK BİNALARIN ANALİZ VE TASARIMI

Kamil Kerem ZENGİN

DANIŞMAN
Doç. Dr. Turgay ÇOŞGUN

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

İnşaat Mühendisliği Programı

İSTANBUL-2021

Bu çalışma, tarihinde aşağıdaki jüri tarafından İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İnşaat Mühendisliği Programında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi

Doç. Dr. Turgay ÇOŞGUN(Danışman)
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Mühendislik Fakültesi

Doç. Dr. Barış SAYINI
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Mühendislik Fakültesi

Unvan

Prof. Dr. Mücdeba UYSAL
Yıldız Teknik Üniversitesi
İnşaat Fakültesi

Unvan

20.04.2016 tarihli Resmi Gazete'de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa'nın abonesi olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.

ÖNSÖZ

Bu çalışmada Ülkemizde 2019 yılında resmi olarak uygulanmaya başlayan Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği kapsamında yer alan yüksek bina sınıfları için uygulanması istenen hususlara göre analizler yapılmış, yönetmeliğin yürürlüğe girdiğinden bu güne çoğunlukla yüksek binalar ile ilgili yapılan yayınlar incelenmiş ve irdelenmiştir. Yapılan analizlerde önemli noktalara değinilmiş, efektif çözümler dikkate alınmıştır. Bilgisayar destekli tasarım ile özellikle yüksek binalar hakkında yapılan yayınların yaygınlaşması amaçlanmıştır.

Tez araştırma sürecimde bana yol gösteren ve yardımlarını esirgemeyen, tecrübe ve görüşleri ile beni yönlendiren hocam Doç. Dr. Turgay ÇOŞGUN'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Beni her koşulda destekleyen, ilgisini ve yardımlarını esirgemeyen yeri geldiğinde sabır eden, Şebnem Yılmaz'a anlayışı ve her daim ve desteği için teşekkürlerimi sunarım

Çalışmam boyunca desteklerini esirgemeyen arkadaşlarım İnş.Yük.Müh. Oğuz Uzdil'e, iş ortağım Sayın Mustafa Esen'e teşekkürlerimi sunarım.

Akademik çalışma sürecinde, ilgi ve desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen aileme sabırları, anlayışları ve destekleri için teşekkürlerimi sunarım.

Ağustos 2021 Kamil Kerem Zengin

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ ..... **İV**

İÇİNDEKİLER ..... **V**

ŞEKİL LİSTESİ ..... **Vİİİ**

TABLO LİSTESİ ..... **Xİ**

SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ ..... **XİV**

ÖZET ..... **XİX**

SUMMARY ..... **XXİ**

1. GİRİŞ **1**

1.1 KONU 1

1.2 ÇALIŞMANIN AMACI 2

1.3 ÇALIŞMANIN KAPSAMI 2

2. GENEL KISIMLAR **4**

2.1 LİTERATÜR ÖZETİ *4*

3. MALZEME VE YÖNTEM **10**

3.1 İNCELENEN YAPININ TANIMLANMASI 10

3.1.1 Genel Proje Tanımı *10*

3.1.2 Bodrum Kat Planları *10*

3.1.3 Zemin Kat ve Normal kat Planı *14*

3.2 TAŞIYICI SİSTEM TESPİTİ 15

3.2.1 Düşey Taşıyıcı sistem *15*

3.2.2 Yatay Taşıyıcı sistem *15*

3.3 İNCELENEN YAPI İÇİN MALZEME TESPİT VE SEÇİMİ 18

3.3.1 Beton Sınıfı Tespit Ve Özellikleri *18*

3.3.2 Çelik Sınıfı Tespit Ve Özellikleri *20*

3.4 İNCELENEN YAPI İÇİN ZEMİN PARAMETRELERİ 21

3.5 İNCELENEN YAPI İÇİN BAZ ALINACAK OLAN YÜKLER 21

3.5.1 İncelenen Yapıya Etkiyen Sabit yük ve Analizleri, ... *22*

3.5.2 İncelenen Yapıya Etkiyen Hareketli Yükler 23
3.6 İNCELENEN YAPININ YÖNETMELİK KAPSAMI 24
3.6.1 Zemin Ve Deprem Parametrelerinin Belirlenmesi Ve Hesaplanması 24
3.6.2 Yönetmelik Kapsamında Deprem Yer Hareketi Düzeyleri 25
3.6.2.1 Yer Hareketi Düzeyine göre Spektral İvme ve Zemin Etki Katsayıları 25
3.6.2.2 Deprem Yer Hareketi Yatay ve Düşey Elastik Tasarım Spektrumları 29
3.6.3 Yönetmelik Değerlerinin Belirlenmesi. 33
3.6.3.1 Bina kullanım sınıfı 33
3.6.3.2 Deprem Tasarım Sınıfı 34
3.6.3.3 Bina Yükseklik Sınıfı (BYS) 34
3.6.3.4 Performans Düzeyi ve Performans Hedefi 35
3.7 İNCELENEN YAPI ELEMANLARININ ÖN BOYUTLANDIRILMASI 36
3.7.1 Döşemelerin ön boyutlandırılması 36
3.7.2 Kirişlerin Boyutlandırılması 37
3.7.3 Kolonların Ön Boyutlandırılması 37
3.7.3.1 Kolonlara Gelen eksenel Yüklerin Bulunması 39
3.7.4 Perdelerin Ön Boyutlandırılması 42
3.8 İNCELENEN YAPININ ANALİZLERİ 43
3.8.1 Modelin oluşturulması. 43
3.8.2 Tasarım Aşaması I için İlkeler. 45
3.8.2.1 Taşıyıcı sistem Davranış ve Dayanım Fazlalığı Katsayısı 45
3.8.2.2 Malzeme Tanımları ve Etkin Kesit Rijitlikleri 45
3.8.3 İncelenen Yapı Düzensizlik Kontrolleri 57
3.8.3.1 İncelenen Yapı A1 Düzensilik Kontrolü 57
3.8.3.2 İncelenen Yapı A2 Düzensizliği Kontrolü 60
3.8.3.3 İncelenen Yapı A3 düzensizliği 61
3.8.3.4 İncelenen yapı B1 düzensizliği 61
3.8.3.5 İncelenen yapı B2 düzensizliği 62
3.8.3.6 İncelenen Yapı B3 düzensizliği 64
3.8.4 Göreli Kat ötelemesi hesapları 64
3.8.5 İkinci Mertebe Etkileri 70
3.8.6 Mod Birleştirme Analizi 72
3.9 TAŞIYICI YAPI ELEMANLARININ TASARIMI 76
3.9.1 Yapı Elemanlarının Tasarımında Kullanılacak Yükleme Kombinasyonları 76
3.9.2 Kolon Boyut ve Donatı Tasarımı 78
3.9.2.1 Kolon etriye seçimi 81
3.9.3 Kiriş Donatı ve Boyut Tasarımı 83
3.9.3.1 Yönetmelik Kapsamı 83

3.9.3.2 Kiriş Boyuna Donatı Oranı kontrolü....87
3.9.3.3 Etriye Tasarımı....88
3.9.4 Betonarme Perdelerin Tasarım ve Kontrolü....93
3.9.4.1 Betonarme perdelerin kesit koşullarının kontrolü....95
3.9.4.2 Kritik perde yüksekliği ve perde başlık bölgeleri....96
3.9.4.3 Perde boyuna donatı hesabı....97
3.9.4.4 Perde başlık bölgesi etriye hesabı....97
3.9.4.5 Perdeler İçin Model Üzerinde İç Kuvvet ve Donatı Kontrolü....100
3.10 TASARIM AŞAMASI II....103
3.10.1 Analiz....106
3.10.2 Taşıyıcı Elemanların Değerlendirilmesi....109
3.10.2.1 Kolonların Değerlendirilmesi....110
3.10.2.2 Kirişlerin Değerlendirilmesi....113
3.11 TASARIM AŞAMASI III....115
3.11.1 Yönetmelik Kapsamında Dikkat Edilecek Hususlar....115
3.11.2 Kesit Rijitlik Çarpanları....116
3.11.3 Hesap Yöntemi....117
3.11.4 Değerlendirme Esasları....118
3.11.5 İncelenen Yapı Taşıyıcı Elemanlarının Davranış Modelleri ve Şekil Değiştirme Sınırları 121
3.11.5.1 Kirişler....123
4. BULGULAR....126
5. TARTIŞMA VE SONUÇ....130
KAYNAKLAR....132
EKLER....134
EK 1. Azaltılmış Spektral İvme Değerleri....134
EK 2. Yük kombinasyonları Ve Katsayılarının Programa Tanıtılması....137
EK 3. Mod Birleştirme Analizi Kütle Katılım Oranları Ve Mod Periyorları....141
EK 4. Çekirdek Perde Büyükten Küçüğe Sıralanmış Donatı Kontrolü Tablosu. 143
EK 5. AŞAMA 2 İÇİN 1.25 İLE BÜYÜTÜLMÜŞ İVME DEĞERLERİ....147
ÖZGEÇMİŞ....148

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1 Yüksek yapıların bölümleri (PEER/ATC., 2010). 4

Şekil 2.2 Analiz modeli (Jeong ve diğ., 2020) 6

Şekil 2.3 Çalışmadaki dört yüksek binanın görünüşü (Isometric view of the building) (Apostolska ve diğ., 2016) 7

Şekil 3.1: Vaziyet Planı 11

Şekil 3.2: Mimari Kesit 12

Şekil 3.3 : Tip Bodrum Kat Mimari Planı (Otopark) 13

Şekil 3.4 : Zemin ve Normal Katlar Planı 14

Şekil 3.5 : Normal Katlar Statik Sistem Planı 16

Şekil 3.6 : Bodrum Katlar Statik Sistem Planı 17

Şekil 3.7: Deprem yer hareketi düzeyleri (TBDY, 2018). 25

Şekil 3.8 :Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması (AFAD, 2020) 26

Şekil 3.9 : Yatay elastik tasarım spektrumu 29

Şekil 3.10 : DD-1 Düzeyi İçin Yatay Elastik Tasarım Spektrumu 30

Şekil 3.11: DD-2 Düzeyi İçin Yatay Elastik Tasarım Spektrumu 30

Şekil 3.12: DD-3 Düzeyi İçin Yatay Elastik Tasarım Spektrumu 30

Şekil 3.13 : DD-4 Düzeyi İçin Yatay Elastik Tasarım Spektrumu 31

Şekil 3.14 : DD-1 Düzeyi İçin Düşey Elastik Tasarım Spektrumu 32

Şekil 3.15 : DD-2 Düzeyi İçin Düşey Elastik Tasarım Spektrumu 32

Şekil 3.16 : DD-3 Düzeyi İçin Düşey Elastik Tasarım Spektrumu 32

Şekil 3.17 : DD-4 Düzeyi İçin Düşey Elastik Tasarım Spektrumu 33

Şekil 3.18: Bodrum Katlarda Kolonun Yük Aldığı Alan 38

Şekil 3.19 : Normal Katlarda Kolonun Yük Aldığı Alan. 38

Şekil 3.20 Perdelerin yük aldığı alan. 42

Şekil 3.21 Kütle kaynağı yük katsayıları tanımlanması 44

Şekil 3.22: Donatı özellikleri ekranı 47

Şekil 3.23 : Beton Malzeme Tanım Ekranı 47

Şekil 3.24 : Kolon malzeme ve rijitlik çarpanları menüsü 48

Şekil 3.25 : Çekirdek perdesi malzeme ve rijitlik çarpanları menüsü 48

Şekil 3.26 : Toprak perdesi malzeme ve rijitlik çarpanları menüsü 49

Şekil 3.27 : Çerçeve kirişleri malzeme ve rijitlik çarpanları menüsü 49

Şekil 3.28 : Döşeme malzeme tanım ve rijitlik çarpanları menüsü 50

Şekil 3.29 : Bağ kirişi malzeme ve rijitlik çarpanları menüsü 50

Şekil 3.30 : Deprem verilerinin tanımlanması 52

Şekil 3.31 : 5.bodrum kat Etabs modeli 53

Şekil 3.32 : Etabs bina 3D modeli 54

Şekil 3.33 : Döşeme meshleme 55

Şekil 3.34 : Perde meshleri ve döşemeler ile bağlantısı 55

Şekil 3.35: Planda bulunan düzensizlikler 61

Şekil 3.36: Azaltılmış Tasarım Spektral İvme Spektrumu Grafiği 73

Şekil 3.37: Ölçekleme 75

Şekil 3.38 Ölçekleme sonrası analiz sonuçları ekranı 76

Şekil 3.39 Dayanım fazlalığı katsayısı 77

Şekil 3.40:Kule katları kolon numaraları 78

Şekil 3.41: Örnek C8 Kolonu $NdmAcfck$ kontrolü 80

Şekil 3.42 : Tip kolonlara ait donatı detayı 83

Şekil 3.43 : 5.Normal kat kiriş donatı alanları (mm^2) 84

Şekil 3.44: B 37 kiriş detayı 86

Şekil 3.45 : B37 kirişi düşey yüklerden oluşan kesme kuvveti 89

Şekil 3.46: Arttırılmış hesap ile kesme kuvveti 90

Şekil 3.47: Perdeli Sistem ve Perde-Çerçeveli Sistem Tasarım Eğilme Momenti (M_{Ed}) 94

Şekil 3.48: Tasarımda kullanılacak Kesme Kuvveti V_{Ed} 95

Şekil 3.49: Hesabı yapılan perde kolu detayı 98

Şekil 3.50: Diğer Perde Kolları İle birlikte TBDY'e Göre Donatı Gösterimi 99

Şekil 3.51: Perde İsimlerinin Programda Atanmış Görünümü 100

Şekil 3.52: BP6 Perde Tasarım Momentinin oluşturulması 101

Şekil 3.53: Section designer ile BP7 perde kolu tanımlanması 101

Şekil 3.54: Çekirdek Perde Deprem Yükleri Altında M22 diagramı 102

Şekil 3.55: Ordinatı 1.25 ile büyütülmüş DD-4 spektral ivme grafiği. 106

Şekil 3.56: Ölçeklenmiş durum 108

Şekil 3.57: DD4 depremi altında A1 düzensizliği 108

Şekil 3.58: Göreli Kat Ötelemesi 0.008**K** Kontrolü 109

Şekil 3.59: C21 Kolonu V2 kesme etkisi ile M3 momenti 111

Şekil 3.60: C21 Kolonu V3 kesme etkisi ile M2 momenti 111

Şekil 3.61 : DD4 depremi V2, M3 sol mesnet analiz sonucu 114

Şekil 3.62: DD4 depremi V2, M3 sağ mesnet analiz sonucu 114

Şekil 3.63: Sargılı ve sargısız beton şekil değiştirme grafiği 119

Şekil 3.64: Donatı modeli 119

Şekil 3.65: TBDY nonlinear hesap için sargısız beton modeli 120

Şekil 3.66: TBDY nonlinear hesap için donatı çeliği modeli 121

Şekil 3.67: Sap 2000 Section Designer Sargılı Kesit Modeli. 123

Şekil 3.68 : B 37 Kirişi moment Eğrilik İlişkisi 123

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 3.1: Beton Mekanik Özellikleri 18

Tablo 3.2: B420C Nervürlü Donatı Mekanik Özellikleri 20

Tablo 3.3: Temel Zemini Mekanik Özellikleri 21

Tablo 3.4: Konut katları döşeme yük analizi 22

Tablo 3.5: Otopark katları döşeme yük analizi 23

Tablo 3.6 : Çatı katı döşeme yük analizi 23

Tablo 3.7: Hareketli Yük Azaltma Katsayısı 24

Tablo 3.8: Yerel zemin etki katsayıları (TBDY, 2018) 27

Tablo 3.9: Spektral ivme katsayıları. 27

Tablo 3.10 : Tasarım Spektral İvme Katsayıları 28

Tablo 3.11: DüşeyElastik Tasarım Spektrum Köşe Periyotları 31

Tablo 3.12 : Bina Kullanım Sınıfları ve Bina Önem Katsayıları 33

Tablo 3.13: Deprem tasarım sınıfları (DTS) (TBDY, 2018). 34

Tablo 3.14: Bina Yükseklik Sınıfı 34

Tablo 3.15 : Performans hedefleri 35

Tablo 3.16: Performans Ve Tasarım Yaklaşımı Tanımları 35

Tablo 3.17 : İncelenen Yapı İçin Yönetmelikçe Belirlenen Parametreler. 35

Tablo 3.18 : Yüksek Binaların Performans Düzeyi Tasarım Aşamaları 36

Tablo 3.19 : Kiriş boyutlandırma koşulları 37

Tablo 3.20: Bodrum kat kolonları için eksenel yük ve boyut kontrolü. 40

Tablo 3.21: Kule kat kolonları için eksenel yük ve boyut kontrolü 41

Tablo 3.22 : Taşıyıcı Davranış ve Dayanım Fazlalığı Katsayısı 45

Tablo 3.23 : Betonarme Taşıyıcı Sistem Elemanlarının Etkin Kesit Rijitliği Çarpanları 46

Tablo 3.24 : Bina tabanı için periyotların analizi 56

Tablo 3.25 : Perde Tabanında oluşan momentler (M_{DEV}) 56

Tablo 3.26: Bina devrilme momenti (M_O)..... 57

Tablo 3.27: A1 Burulma Düzensizliği Kontrolü 58

Tablo 3.28 : B1 Düzensizliği kontrolü..... 62

Tablo 3.29: *X-X* yönü B2 düzensizliği 63

Tablo 3.30: Y-Y yönü B2 düzensizliği 63

Tablo 3.31: Spektrum değerleri (ilgili değer aralığı alınmıştır) 65

Tablo 3.32: Göreli kat ötelemesi kontrolü..... 66

Tablo 3.33: İkinci mertebe gösterge sayısı..... 71

Tablo 3.34: Eşdeğer deprem yükü taban kesme değerleri..... 74

Tablo 3.35 Mod analizi sonuçları taban kesme kuvveti 74

Tablo 3.36: Eksenel kuvvet kontrolü 79

Tablo 3.37 : Kolon donatı seçimi..... 81

Tablo 3.38: $Ash \geq 0.30sbk(AcAck) - 1(fckfywk)$ kontrolleri 81

Tablo 3.39 : $Ash \geq 0.075sbkfckfywk$ kontrolleri 82

Tablo 3.40: B 37 kirişi gerekli donatı alanı..... 85

Tablo 3.41: B37 Kirişi için seçilen donatı adetleri 85

Tablo 3.42: B37 kirişi seçilen donatı alanları..... 85

Tablo 3.43: Dengeli donatı oranı kontrolü 87

Tablo 3.44: 5.Normal kart kirişleri kesme kuvveti kontrolü..... 91

Tablo 3.45: 5. Normal Kat kesme tablosu devamı..... 92

Tablo 3.46: başlık bölgesi enine donatı A_{sh} kontrolü..... 98

Tablo 3.47: Beklenen Malzeme Dayanımları..... 104

Tablo 3.48: Taşıyıcı Elamanlarda Kullanılacak Kesit rijitlikleri..... 104

Tablo 3.49: Sünek Davranış 105

Tablo 3.50: Sünek Olmayan Davranış 105

Tablo 3.51: Analizi Sonucu hesaplanan bina periyotları 106

Tablo 3.52: $Vt, E(x, y)$ Hesapları 107

Tablo 3.53: 5.Bodrum Kat kolon kesme kapasite oranları 112

SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

Simgeler	Açıklama
A_c	: Gövde kesiti beton alanı
A_{ck}	:Sargı donatısının dışındaki ölçü içinde kalan çekirdek beton alanı
A_{ch}	: Perdede brüt enkesit alanı
ΣA_e	: Belirlenen kattaki kesme alanı [m^2]
A_{gt}	: Maksimum yükte toplam uzama
A_{sh}	: s aralığında etriye ve çirozların enkesit alanlarının baz alınan b_k 'ya dik doğrultudaki izdüşümlerinin toplamı
A_s	: Gövde donatısı alanı
A_{sg}	: Kolon enkesiti için incelenen doğrultuda iç sıra boyuna donatıların veya perde en kesiti için perde gövdesindeki boyuna donatı alanlarının toplamı
A_{sl}	: Gövde donatısı alanı
A_{su}	:Kolon enkesiti için göz önüne alınan doğrultuda en dış sıra boyuna donatıların alanlarının toplamı veya perde enkesiti için uç bölgelerindeki boyuna donatı alanlarının toplamı
A_{st}	: Kolon toplam donatı alanı
A_{sw}	: Kesme donatısı alanı
a_i	: Yatayda bir etriye kolu veya çiroz tarafından mesnetlenen boyuna donatıların eksenleri arasındaki uzaklık [mm]
b_k	: Kolon ve Perde Uç Bölgesi Çekirdek Enkesit Boyutu
b_w	: Kiriş genişliği, Perde gövde kalınlığı
C_h	: ikinci mertebe hesabı için katsayı
D	: Daynım fazlalığı katsayısı
d_b	: doyuna donatı çapı
$E_{cj} = E_c$	: Elastisite modülü
f_{ce}	: Betonun ortalama (beklenen) basınç dayanımı [MPa]
$f_{ckj} = f_{ckj}$	: "j" gün olmak üzere betonun eksenel basınç dayanımı
f_{ctk}	: Betonun karakteristik eksenel çekme dayanımı
f_{cd}	: Beton tasarım basınç dayanımı
f_{ctd}	: Betonun tasarım eksenel çekme dayanımı.
f_{ye}	: Boyuna donatı beklenen akma dayanımı

f_{yk} : Boyuna donatı karakteristik akma dayanımı

f_{yd} : Boyuna donatı tasarım akma dayanımı

f_{ywd} : Etriye tasarım akma dayanımı

f_{ywk} : Etriye karakteristik akma dayanımı

G_{cj} : Beton kayma modülü

H_b : Bodrum perdesinin toplam yüksekliği

H_{cr} : Kritik perde yüksekliği

H_N : Hesapalamalarda gözönüne alınacak olan bina yüksekliği

H_w : Toplam perde yüksekliği (Temel yada zemin kat döşemesinden)

h_i : i.kat yüksekliği

h_k : Kiriş yüksekliği

Ks : Yatay yatak katsayısı

Kv : Düşey yatak katsayısı

l_{sn} : Döşemenin kısa doğrultudaki serbest açıklığı

l_w : Betonarme perde kolunun plandaki uzunluğu

m_t : Toplam yapı kütlesi

M_{DEV} : Perdelerin tabanında deprem yükleri ile oluşan devrilme momenti (kNm)

M_O : Binanın tabanında hesaplanan toplam devrilme momenti

M_{pi} : Kirişin i ucunda daki deki kolon yüzünde fck , fyk ve çeliğin dayanım artışı gözönüne alınarak hesaplanan pozitif veya negatif moment kapasitesi

M_{pj} : Kirişin j ucundaki kolon yüzünde fck , fyk ve çeliğin dayanım artışı gözönüne alınarak hesaplanan negatif veya pozitif moment kapasitesi

M_{ri} : Kirişin i ucundaki kolon veya perde yüzünde fcd ve fyd 'ye göre hesaplanan pozitif veya negatif taşıma gücü momenti

M_{rj} : Kirişin j ucundaki kolon veya perde yüzünde fcd ve fyd 'ye göre hesaplanan pozitif veya negatif taşıma gücü momenti

$\mathbf{N_{tr}}$: Kolon veya perde kesitleri için fyd göz önüne alınarak hesaplanan eksenel çekme dayanımı

m : Döşemenin uzun kenarının kısa kenara oranı

n : Hareketli yük katılım sayısı

N_d : Tasarım eksenel kuvveti

N_{dm} : G +Q + E altında hesaplanan eksenel basınç kuvvetlerinin en büyüğü

qt	: Temel taşıma gücü tasarım dayanımı
R	: Bina davranış katsayısı
Ra	: Deprem yükü azaltma katsayısı
R_e	: Donatının akma dayanımı
$R_{e\,act}$	: Donatının deneysel akma dayanımı
$R_{e\,nom}$	: Donatının karakteristik akma dayanımı
R_m	: Donatının çekme dayanımı
s	: Etriye aralığı
T_{pA}	: Ampirik hakim doğal titreşim periyodu
V_c	: Betonun kesme kuvveti dayanımına katkısı
V_{cr}	: Kesitin kesmede çatlama dayanımı
V_d	: Yük katsayıları ile çarpılmış düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında hesaplanan kesme kuvveti
V_{dy}	:Kirişin herhangi bir kesitinde yük katsayıları ile çarpılmamış düşey yüklerden meydana gelen basit kiriş kesme kuvveti
V_e	: Kolon, kiriş, birleşim bölgesi ve perdede enine donatı hesabında esas alınan kesme kuvveti
V_r	: Kolon, kiriş veya perde kesitinin kesme kuvveti dayanımı
V_w	: Kesme dayanımına kesme donatısı katkısı
$V_i^{(x)}$	: (x) doğrultusunda i'inci kattaki azaltılmış kat kesme kuvveti [kN]
$V_{t,min}$	: Minumum taban kesme kuvveti [kN]
w_k	: k'ıncı katın ağırlığı [kN]
α_H	: H_N ye bağlı olarak hesaplanan katsayı
α_s	: Döşemenin sürekli kenarlar toplamının kenarların toplamına oranı
$\propto_t$	: Isıl genleşme katsayısı
γ_m	: Malzeme güvenlik katsayısı.
γ_{ms}	: Donatı çeliği malzeme güvenlik katsayısı
μ_c	: Beton Poisson oranı
$\delta_i^{(x)}$	: i. katta x yönündeki etkin göreli öteleme
$\delta_i^{(x)}$	: i. katta y yönündeki etkin göreli öteleme
$(\Delta_i^{(x)})_{ort}$	: yapının i'nci katında azaltılmış kat göreli öteleme ortalaması

$(\Delta_i^{(x)})_{max}$: yapının i'nci katında maksimum azaltılmış kat göreli ötelemesi

$(\Delta_i^{(x)})_{min}$: yapının i'nci katında minumum azaltılmış kat göreli ötelemesi

Kısaltmalar **Açıklama**

cm : Santimetre

BKS : Bina kullanım sınıfı

BYS : Bina yükseklik sınıfı

DD-1 : 50 yılda aşılma olasılığı %2 (tekrarlanma periyodu 2475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi

DD-2 : 50 yılda aşılma olasılığı %10 (tekrarlanma periyodu 475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi

DD-3 : 50 yılda aşılma olasılığı %50 (tekrarlanma periyodu 72 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi

DTS : Deprem tasarım sınıfı

F_S : Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayısı

F_1 : 1.0 saniye periyot için yerel zemin etki katsayısı

g : Yerçekimi ivmesi [m/s^2]

G : Sabit yük etkisi [kN/m^2]

GÖ : Göçme Öncesi

I : Bina Önem Katsayısı

KH : Kontrollü hasar

M* : Etkin modal kütle [kNs^2/m]

N : Toplam kat sayısı

NK : Normal kat

PGA : En büyük yer ivmesi [g]

PGV : En büyük yer hızı [cm/sn]

Q : Hareketli yük etkisi [kN/m^2]

sn : Saniye

$S_{ae}(T)$: Yatay tasarım elastik spektral ivmesi [g]

$S_{aeD}(T)$: Düşey tasarım elastik spektral ivmesi [g]

S_{DS} : Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı

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

S_S : Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı

S_1 : 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı

SH : Sınırlı hasar

$S(T_1)$: Spektrum katsayısı

t : Spektrum katsayısı

T_1 : Yapının birinci mod periyodu

TBDY : Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği

$V_{s(30)}$: Ortalama kayma dalgası hızı [m/s]

ZK : Zemin kat

λ : göreli kat öteleme hesabı katsayısı

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

2018 TÜRKİYE BİNA DEPREM YÖNETMELİĞİ'NE GÖRE YÜKSEK BİNALARIN ANALİZ VE TASARIMI

Kamil Kerem ZENGİN

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman : Doç. Dr. Turgay ÇOŞGUN

Ülkemiz, dünya geneli düşünüldüğünde en aktif fay hatlarının yer aldığı bir coğrafyada bulunmaktadır. Görkemli tarihimize göz attığımızda, oluşan büyük yer sarsıntılarının da bu tarih sayfalarında göze batıcı bir şekilde yer aldığı görülmektedir. Ve bu yaşanan acılar, depreme dayanıklı yapılar yapma gerekliliğini sürekli olarak bize hatırlatmaktadır. Artan nüfus ile birlikte yapı ihtiyacı sürekli artmış ve özellikle büyük şehirlerde yapılaşma alanlarının azalması ile binaların kat adetleri artmaya başlamıştır ve bu gelişime paralel olarak ta yüksek yapılara ihtiyaç artmıştır.

Modern çağ ile birlikte gelişen teknolojiye paralel olarak inşaat mühendisliği, ana bilim dallarından biri olarak gelişimini bu artan ihtiyaçlara göre sürdürmektedir. Bilgisayar destekli dinamik analizlerin yapılmaya başlanması ile de çok büyük zaman alan analizler, çok kısa sürede doğruluk payı yüksek bir şekilde yapılır hale geldiğinden, yüksek yapılarında davranış

ve analizleri konusunda yapılan araştırmalar artmış ve geniş katılımla yeni yürürlüğe giren Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğinde kapsamlı olarak ele alınmıştır.

Bu tez kapsamında örnek bir yüksek bina ele alınarak Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği kapsamındaki hususlara göre tasarım ve analizinin yapılması amaçlanmıştır. Analizlerde bütün dünyada kullanılan ve kabul görmüş programlar kullanılmış. Yüksek yapılar ile ilgili önemli hususlardan olan performansa dayalı tasarım ilkelerinden bahsedilmiştir.

Ağustos 2021, 170 sayfa.

Anahtar kelimeler: Yüksek binalar, lineer analiz, lineer olmayan analiz, TBDY 2018

SUMMARY

M.Sc. THESIS

ANALYSIS AND DESIGN OF HIGH RISE BUILDINGS ACCORDING TO THE 2018 TURKISH BUILDING EARTHQUAKE CODE

Kamil Kerem ZENGİN

Istanbul University-Cerrahpasa

Institute of Graduate Studies

Department of Civil Engineering

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Turgay ÇOŞGUN

Our country is located in a geography where the most active fault lines are located when the world is considered. When we take a look at our glorious history, it is seen that the great earthquakes that occurred are also prominently featured in these pages of history. And these sufferings constantly remind us of the necessity of constructing earthquake-resistant structures.

And these sufferings constantly remind us of the necessity of constructing earthquake-resistant structures. With the increasing population, the need for buildings has constantly increased and the number of floors of the buildings has started to increase, especially with the decrease in residential areas in big cities, and in parallel with this development, the need for high-rise buildings has increased.

In parallel with the developing technology with the modern age, civil engineering continues its development as one of the main disciplines according to these increasing needs.With the introduction of computer-aided dynamic analyzes, analyzes that take a lot of time have been made to be done with a high degree of accuracy in a very short time, so the researches on the

behavior and analysis of high-rise buildings have increased and they have been extensively discussed in the newly enacted Turkish Building Earthquake Code.

Within the scope of this thesis, it is aimed to design and analyze an example high-rise building according to the issues within the scope of the Turkish Building Earthquake Code. In the analysis, programs that are used and accepted all over the world were used. Performance-based design principles,which are significant issues identified with tall structures, are referenced.

August 2021, 170 pages.

Keywords: High rise building, linear analysis, nonlinear analysis,TBEC-2018

1. GİRİŞ

1.1 KONU

İnsanoğlu geçmişten beridir anıtsal yapılara önem vermekte ve bu doğrultuda yapılar yapması her zaman önceliği olmuştur. Geçmişten günümüze de yapı malzemesindeki olağanüstü ilerleme, mekanik alandaki gelişmeler, yapım teknolojisindeki gelişmeler, deprem hareketlerinin daha iyi incelenmesi, tasarım ve analiz yöntemlerinin gelişmesi, bilimsel ve mühendislik alanındaki hızlı ilerleme beraberinde yüksek yapıların düşeyde yükselmesine izin vermiştir. Yerleşim merkezlerinin hızla artan nüfusu konut ve iş yerindeki taleplerin artması ve ekonomik büyümeler ile bilimsel ve teknik gelişmelerin ilerlemesini sağlamıştır.

Türkiye'de de dünyaya paralel olarak yapı stoku son yıllarda hızla artmaktadır. Bu stokun önemli bir kısmını da betonarme yapılar oluşturmaktadır. Betonarme yapıların ise azımsanmayacak kısmını ise yüksek binalar meydana getirmektedir. Geçtiğimiz 50 senede oluşmuş olan büyük ve orta şiddetli depremler göz önüne alındığında ortaya çıkan yapısal hasarların sonucunda gözlendiğinde ekonomik ve sosyal kayıpların son derece büyük olduğu görülmüştür.

Depremlerin sebep olduğu hasarları minimuma indirmek adına depremlerin oluşturacağı etkileri gerçeğe en yakın şekilde tahmin etme ve sınırlandırılması önemlidir. Fakat mevcut yönetmelikler bu konuda yetersiz kaldığından yüksek yapılar için deprem etkileri altında yeterli dayanımı öngören tasarım yöntemlerine alternatif olarak, daha ayrıntılı ve öncelikle performansa dayalı tasarım yöntemlerinin geliştirilmesi gerektiği ortaya çıkmıştır.

Başlangıç olarak ABD'de sürdürülen araştırmalar neticesinde yayımlanan şekil değiştirmeye dayalı hesaplama yöntemleri esas alındığı ATC-40 (1996), FEMA-273 (1997), FEMA-274 (1997) dokümanları; oluşabilecek ötelenmeler, şekil değiştirme ve hasar durumlarının kabaca tahmin edildiği kuvvete dayalı tasarım yaklaşımı, yerini daha gerçekçi olan performansa dayalı tasarım ilkelerine bırakmıştır. Sucuoğlu (2015)'e göre; bir yapımın performansı, belirlenmiş deprem riskleri altında yapının göreceği hasar tespiti ve muhtemel hasarın yapının kullanımı ve güvenliği üzerinde hangi düzeyde etki bırakacağını gerçekçi olasılıklarla tahmin etmektir.

Bu eksiklikler ışığında yüksek binalar için yürürlüğe girmiş olan Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY- 2018) ayrı bir başlık açmış ve gereksinimler ışığında yüksek yapıların

deprem yer hareketinde hesaplanan tasarımı için özellikle performansa dayalı tasarım esas alınarak hazırlanmış olup bu çalışmada bu hususta ayrıntılarıyla incelenmiştir.

1.2 ÇALIŞMANIN AMACI

Bu çalışmanın amacı; ülkemizde yapılmış ve/veya yapılacak olan yüksek yapı sınıfına girecek olan binaların bulundurması gereken özellikleri tanıtılıp, aynı zamanda yüksek bina sınıfına girmiş olan yapıların deprem etkileri altındaki davranışlarının mevcut yönetmelikler altında incelenmesidir.

1.3 ÇALIŞMANIN KAPSAMI

Bu çalışma;

- Yeni yürürlüğe giren deprem yönetmeliği içeriğinde yer alan yüksek bina tanımına giren yapılar ile ilgili tasarım esaslarını,
- Yönetmelikçe belirtilen göz önüne alınması gereken hususları,
- Taşıyıcı sistemlerin sınıflandırılarak belirlenmiş kriterlere hangi şartlarda uyduklarını,
- Yönetmelik ile mühendislik hayatımızda yeni bir görüş açısı açan deprem yer hareketi yüzeylerinin hesaplamalarda nasıl kullanılacağını,
- Yüksek binaların tasarım aşamalarında dikkat edilecek hususları,
- Tasarımı yapılan binanın deprem performanslarının nasıl değerlendirileceğini,
- Yüksek binaların analizinde elzem olan bilgisayar tabanlı programların kullanılma esasları ve bilgi girişlerini,
- Deprem davranışları ile ilgili yapı elemanlarında alınması gereken önlemleri,
- Az katlı yapılar ile yüksek katlı yapılar arasındaki hesaplama ve anliz farklılıklarını kapsamaktadır.

Geçmişten günümüze nüfus arttıkça insanların barınma ihtiyaçları artmakta ve buna bağlı olarakta popilaritesi artan bölgelere talepte yükselmektedir. Nüfus yoğunluğu fazla olan bölgelerde yerleşim alanları azalmakta ve parsel bazında binaların kat sayılar artmaktadır. Bu nedenle sayıları her geçen gün artan bu yüksek yapıların dinamik analiz ve hesaplamalarının daha gerçekçi metodları yapılması açısından yeni yürürlüğe giren deprem yönetmeliği çok büyük önem arz etmekte ve iyi anlaşılıp uygulanması gerekmektedir. Bu tür yapılarda yani yüksek yapıların deprem davranışı ile normal sayılan az katlı binaların deprem davranışları

arasında büyük farklar vardır. Bu çalışma bu gibi nedenlerden ötürü taşıyıcı sistem seçiminden, bu elemanların donatılmasına kadar bütün performansa dayalı hesap adımlarının ve tasarım adımlarının dikkatli ve doğru bir şekilde yapılabilmesi için önem arzetmektedir.

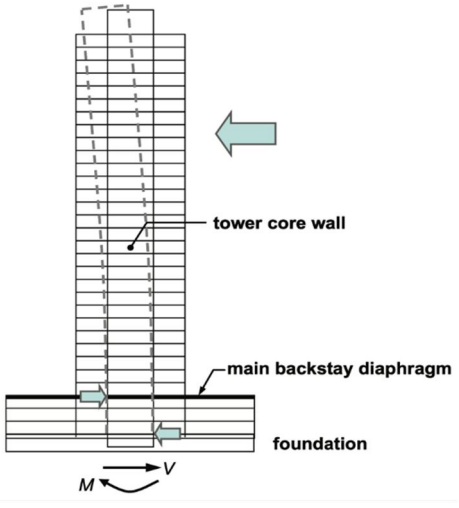
.

2. GENEL KISIMLAR

Dünya nüfusu arttıkça yüksek yapılara olan talep de giderek artmaktadır. Ve yüksek yapılar genel bina türü yapıların tüm bileşenlerini, hesap ve tasarım aşamalarını kapsadığı gibi yer hareketlerine olan hassas davranışlarının incelenmesi ve araştırma konularında geniş yer kaplamaya devam etmektedir.

2.1 LİTERATÜR ÖZETİ

Mega kentlere yoğun insan göçü ve maddi kaynakların artması, konut ve kamu türü yapıların inşası için yeni ve modern kavramları zorunlu kılmaktadır. Çoğu durumda, bu tür binaların yapımında, tipik binalar ile kıyaslandığında alışılmışın dışında modern malzemeler ve entegre (bütünleşik) yapı sistemleri kullanılarak tasarlanmakta ve inşa edilmektedir. Mevcut sismik yönetmelikler sınırlayıcı faktörler içermektedir ve bu türdeki binaların bazı yapısal davranışlarını kapsamamaktadır. Dünya çapında yüksek yapılaşma artışı eğilimi göz önüne alındığında, özellikle sismik olarak aktif bölgelerdeki yapılar için ek araştırmalara ihtiyaç vardır. Bu tür yapıların analizi ve tasarımı için yöntemleri, prosedürleri ve kriterleri açıkça belirleyen resmi kılavuzların veya yönetmeliklerin detaylandırılması gerekmektedir (Apostolska ve diğ., 2016).



Şekil 2.1 Yüksek yapıların bölümleri (PEER/ATC., 2010).

Betonarme çerçeveli binalarda başlıca iki yapı sistemi vardır. Bunlar; birincil yapı sistemi ve ikincil yapı sistemi olarak adlandırılmaktadır. Yanal yüklere karşı dayanım gösteren birincil

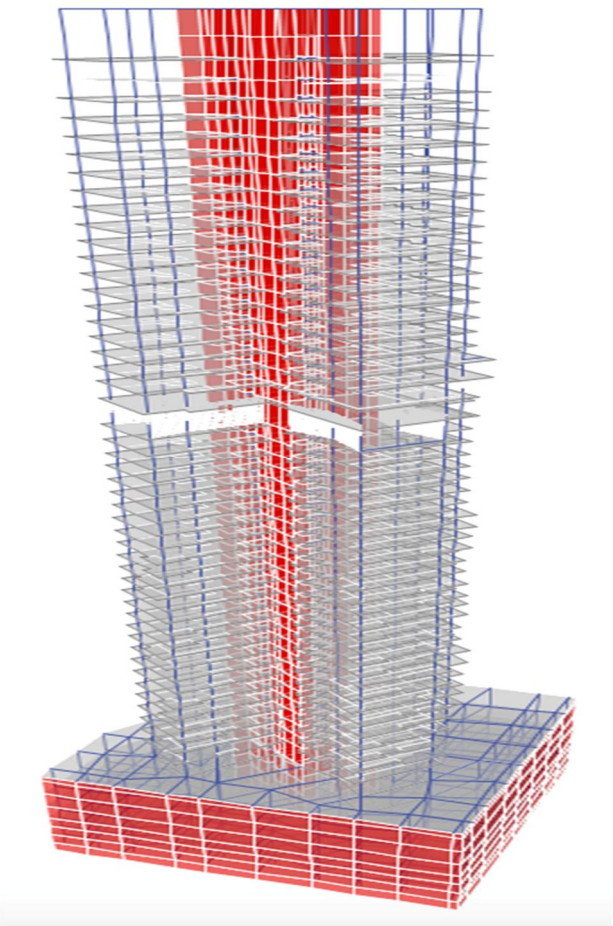
yapısal sistem; kirişler ve kolonlardır. Ayrıca birincil yapı sisteminin yanında bazı elemanlar da yanal yük dayanımına katkıda bulunmaktadır. Bu elemanlar ise ikincil sistemler kategorisine girmektedir. İkincil sistemler; merdiven, yapısal bölme vb. yapısal elemanlar olabilirken, depolama tankları, makineler vb. yapısal olmayan elemanlar da ikincil sisteme dahil olabilmektedir. Sismik etkinliği fazla olan bölgelerde sadece yer çekimi yükleri etkisi altında tasarlanmış binalar bulunmaktadır. Bu yapıların bir çoğu servis ömürlerini tamamlamalarına rağmen maddi nedenler nedeni ile kullanılmaya devam edilmektedir. Deprem etkisi gözetilmeden tasarlanan bu yapılar sünek davranış gösteremeyebilir ve göçmeye yol açan modlar gözelenebilir (Khadse ve Khedikar, 2018).

Aslında sismik olmayan kuvvet için tasarlanmış özel bir yapısal ikincil elemanlar durumu beton merdivenlerdir. Gerçek sismik alanlarda tasarlanmış ve inşa edilmiş yerçekimi yükü olan çok sayıda betonarme bina bulunmaktadır. Bu yapıların çoğu, inşaat sırasında sismik olarak kabul edilmeyen alanlarda inşa edilmiştir veya o sırada sismik alanlarda bulunmalarına rağmen, önceki yönetmelikler sismik koşulları içermemekteydi veya daha düşük sismik yük seviyelerindeydiler. Yüksek değiştirme maliyeti nedeniyle, birçok eski yapı, servis ömürlerinin çok ötesinde hala kullanılmaktadır. Ayrıca, sadece yerçekimi yükü ile tasarlanmış yapılar, tehlikeli arıza modları ile sünek olmayan bir şekilde çalışabilir. 1980'lerden önce, hem sismik hem de sismik olmayan alanda yapının tasarımı, merdivenin varlığını dikkate almıyordu, ancak merdiven sismik kuvvetlerin dağılımını önemli ölçüde etkileyen daha yüksek bir mukavemet ve sertlik sunuyordu. Merdivenin, sismik hareketi çeken yapının savunmasız bir parçası olabileceği iyi bilinmektedir; bu arada, eğer yeterince tasarlanmış ve inşa edilmişse, rijitliği yapıyı göçmeden koruyabilir. Merdiven iyi tasarlanmamışsa, özellikle tasarımda sadece yerçekimi yükleri dikkate alınırsa veya donatı detaylandırması yeterli değilse, yapının çökmesine neden olabilir. (Khadse ve Khedikar, 2018).

Yapılan araştırmalar, mevcut sismik kılavuzların sınırlayıcı olduğunu ve yüksek binaların davranış özelliklerini karşılayamadığını göstermektedir. Dünya çapında bu tür yapıların inşasında artan eğilim göz önüne alındığında, özellikle sismik olarak aktif bölgelerdeki yapılar için ek araştırmalara ihtiyaç vardır. Bu tür yapıların analizi ve tasarımı için yöntemleri, prosedürleri ve kriterleri açıkça belirleyen resmi kılavuzların ayrıntılandırılması gerekmektedir. İnşaat sırasında ve hizmet ömürleri boyunca bu yapıların izlenmesine özellikle dikkat edilmelidir. Yüksek binaların sismik dayanımlarının olabildiğince gerçekçi bir şekilde tanımlanması için mühendislik uygulamasında kullanılmak üzere verimli olan ilgili bilgisayar

araçlarının geliştirilmesi, yüksek binaların mümkün olduğunca daha iyi tasarımı için de gereklidir (Apostolska ve diğ., 2016).

Jeong ve diğ. (2020), yaptıkları bir çalışma; Seoul, Kore'de yapım aşamasında olan 49 katlı bir konut türü binanın sismik performansın değerlendirmesini içermektedir. Bu vaka çalışması için seçilen binanı düzensiz bir planı olmasının yanı sıra bitişiğindeki binalar ile ortak derin bir bodruma sahiptir. Kritik (maksimum) ve Nadir olarak değerlendirilen depremler için bir dizi doğrusal olmayan time history analizleri gerçekleştirilmiş, bodrum katın modellenme yöntemlerinin etkileri incelenmiştir. Bodrum katın modellenmesi, yer hareketlerinin yüksek frekanslı bileşenleri tarafından kolayca artırılabilen ve binanın üst kısmında bölgesel hasarlara neden olabilen burulma modlarının aktarımını içermektedir. Sunulan analize dayalı olarak, konservatif bir tasarım için bodrum katı içeren ve yapı-zemin etkileşimi olmayan bodrum modeli önerilmektedir.



Şekil 2.2 Analiz modeli (Jeong ve diğ., 2020)

Apostolska ve diğ. Çalışmalarında yüksek katlı yapıların mevcut taşıyıcı sistemlerinin gözden geçirilmesini, dünya çapındaki yüksek binalar için tasarım önerileri ve kılavuzların incelenmesini hedeflemişlerdir.



Şekil 2.3 Çalışmadaki dört yüksek binanın görünüşü (Isometric view of the building) (Apostolska ve diğ., 2016).

Çalışmada Makedonya'nın Üsküp kentindeki 44 katlı yüksek binanın tasarımı, analizi ve inşasından elde edilen analiz sonuçları sunulmaktadır. Yapısal sistem, betonarme olarak tasarlanmıştır - bir perde duvarlar sistemi. Temel yapısı, bir kazık başlığı ile birbirine bağlanan kazıklar üzerinde tasarlanmıştır. Binalar göçme öncesi ve sınırlı hasar performans seviyesini karşılayacak şekilde tasarlanmıştır.

Yapının analizi üç aşamada gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada yapı, ETABS sonlu elemanlar programı kullanılarak doğrusal (elastik) aralıkta analiz edilirken, ikinci aşamada SAP2000 yazılımı aracılığıyla doğrusal olmayan statik itme analizi yapılmıştır. Üçüncü aşamada, tasarım konumunda beklenen gerçek sismik etkiler için yapının sismik dayanımını tanımlamak için doğrusal olmayan dinamik analizler gerçekleştirilmiştir. Analizler sonucunda inceleme konusu yapı hedef sismik performans seviyesini sağlamaktadır.

Ele alınan mevcut yapı değerlendirmesine dayanarak, 50 kata kadar olan yüksek yapıların tasarımında ve tercihen konut ve idari binalar için uygun ve ekonomik bir çözüm olarak yapısal birleşimli duvar sistemleri önerilebilir. Yapısal betonarme duvarlar, yüksek binaların

stabilizasyonu için ideal hale getiren büyük düzlem içi rijitliğe ve dayanıma sahiptir. Ana sismik elemanlar, kesme kuvvetlerine dayanıklı ve yapısal deformasyonları azaltan betonarme bağlantılı duvarlardır.

Açıklanan vaka çalışmasına dayanarak, yapısal birleşik duvar sistemleri, 50 kata kadar yüksek bina tasarımı için ve tercihen konut ve idari binalar için uygun ve ekonomik bir çözüm olarak önerilebilir. Betonarme yapısal duvarlar, onları yüksek binaların stabilizasyonu için ideal kılan büyük düzlem içi sertliğe ve mukavemete sahiptir. Ana sismik elemanlar, kayma kuvvetlerine dirençli ve yapısal deformasyonları azaltan betonarme bağlantılı duvarlardır.

Yapılan araştırmalar, mevcut sismik kılavuzların sınırlayıcı olduğunu ve yüksek binaların davranış özelliklerini karşılayamadığını göstermektedir. Dünya çapında bu tür yapıların inşasında artan eğilim göz önüne alındığında, özellikle sismik olarak aktif bölgelerdeki yapılar için ek araştırmalara ihtiyaç vardır. Bu tür yapıların analizi ve tasarımı için yöntemleri, prosedürleri ve kriterleri açıkça belirleyen resmi kılavuzların ayrıntılandırılması gerekmektedir. İnşaat sırasında ve hizmet ömürleri boyunca bu yapıların izlenmesine özellikle dikkat edilmelidir. Yüksek binaların sismik dayanımlarının olabildiğince gerçekçi bir şekilde tanımlanması için mühendislik uygulamasında kullanılmak üzere verimli olan ilgili bilgisayar araçlarının geliştirilmesi, yüksek binaların mümkün olduğunca daha iyi tasarımı için de gereklidir.

Ko ve Lee (2009), yaptıkları çalışmada**,** alt katlarından iksinde düzensizliği olan iki tip piloti tipi yüksek katlı betonarme bina türü yapı seçilmiş ve analiz yöntemini kontrol etmek ve bu binaların sismik kapasitesini belirlemek için OpenSees kullanılarak doğrusal olmayan zaman tanım alanı analizi yapılmıştır. İncelenen binalardan biri simetrik moment-dayanımlı çerçeveye sahipken, diğerinin sadece bir dış çerçevesinde dolgulu perde duvarı bulunmaktadır. Gerilme-şekil değiştirme ilişkisini temsil edilen beton ve donatıdan oluşan bir fiber model uyarlanmış ve elemanların doğrusal olmayan davranışını simüle etmek için kullanılmıştır. Duvarın davranışını simüle etmek için Çoklu Düşey Doğrusal Eleman Modeli seçilmiştir. Analitik sonuçlar, piloti katların rijitliği ve akma dayanımı, üst yapının salınım davranışı ve yüklemedeki varyasyon nedeniyle kolonun eksenel rijitliğinin değişimi dahil olmak üzere piloti tipi yüksek katlı betonarme bina yapılarının davranışını iyi bir şekilde simüle eder. durum. Bununla birlikte, Çoklu Düşey Doğrusal Eleman Modeli, binanın burulma modu davranışından dolayı duvarların ani artan yanal rijitliğini simüle etmede bir sınırlamaya sahiptir. Doğrusal

olmayan zaman tanım alanı analizinden elde edilen tasarım kuvvetinin deneyde elde edilenden yaklaşık 20~30 daha küçük olduğu gösterilmiştir. Bu nedenle, piloti tipi yüksek katlı bir betonarme bina tasarımında doğrusal olmayan zaman alanı analizini kullanmak için analitik sonuçları gerçek yapılarla eşleştirmede daha fazla araştırma yapılması gerekmektedir.

Hosseini ve Rao (2016), çalışmalarında, tipik bir çok katlı binayı, ETABS sonlu elemanlar yazılımı kullanarak Dinamik Response Spektrum yöntemi ile analiz etmişlerdir. Tüm analizler Hint Standartları'na göre yapılmıştır. Önceki çalışmalardan görüldüğü üzere perde duvarların en etkili konumlandırması sağlanmıştır. Analizi yapılan bina kırk kat yüksekliğinde bir yapıdır ve merkez çekirdekte ve dış çevrenin her iki yanının merkezinde perde duvarlar ile desteklenmiştir. Bu çalışma, sabit mesnet koşullarına sahip betonarme perde duvarlara sahip betonarme çerçeveli çok katlı binanın sismik performansının değerlendirilmesi üzerine yapılmıştır. Hindistan'daki 5. deprem bölgesinde 120 metre yüksekliğinde binanın perde duvarının en uygun konumlarını belirleyebilmek amacıyla dinamik analizler yapılarak betonarme binanın davranışı incelenmiştir. Çok katlı binaların yapısal tasarımında perde duvarların kullanım avantajlarının uzun zamandır bilinmesine istinaden, bu duvarlar doğru konumlara yerleştirildiğinde, rüzgar veya depremlerden kaynaklanan yanal yüklere karşı çok etkili olabilmektedir. Çok katlı binalarda yanal kuvvetlere dayanım sağlamak için perde duvarın birleştirilmesi kaçınılmaz hale gelmiştir.

3. MALZEME VE YÖNTEM

Bu çalışma kapsamında, İstanbul İli, Kadıköy İlçesi, Fikirtepe Mahallesinde, konut kullanım amaçlı inşa edilmek amacıyla proje çalışmalarına başlanmış, fakat Fikirtepe bölgesinde İmar Planlarında değişiklik yapılmak üzere uygulamaların durdurulmuş olması nedeni ile, Mimari taslak projesi hazır olup, Statik, Elektrik ve Mekanik proje aşamaları tamamlanmamış olan parsele ait binanın, TBDY 2018 kapsamında analiz, tasarım ve hesaplamaları yapılmak üzere uygun model olacağı düşünülerek, Mimari projesi baz alınmıştır.

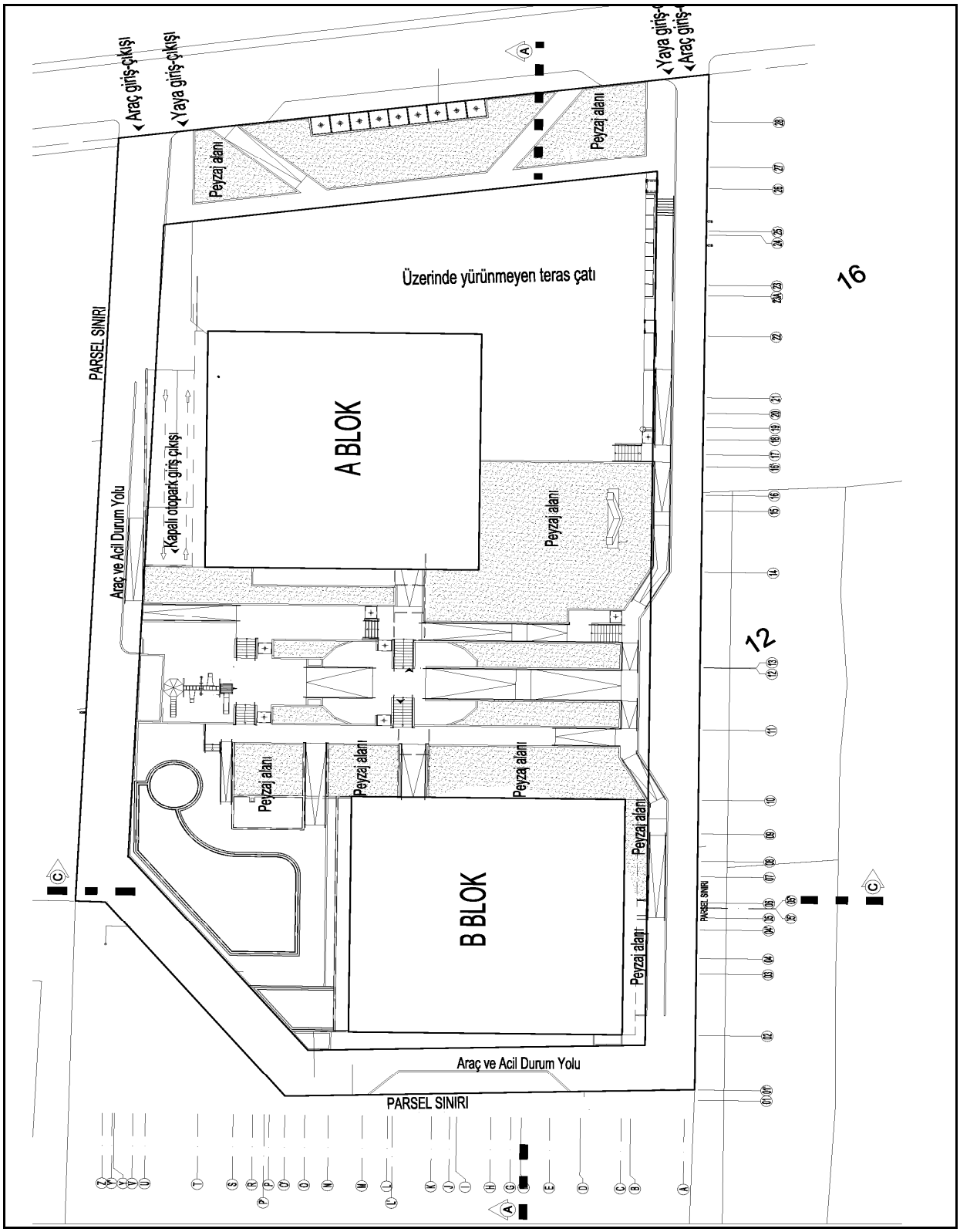
3.1 İNCELENEN YAPININ TANIMLANMASI

3.1.1 Genel Proje Tanımı

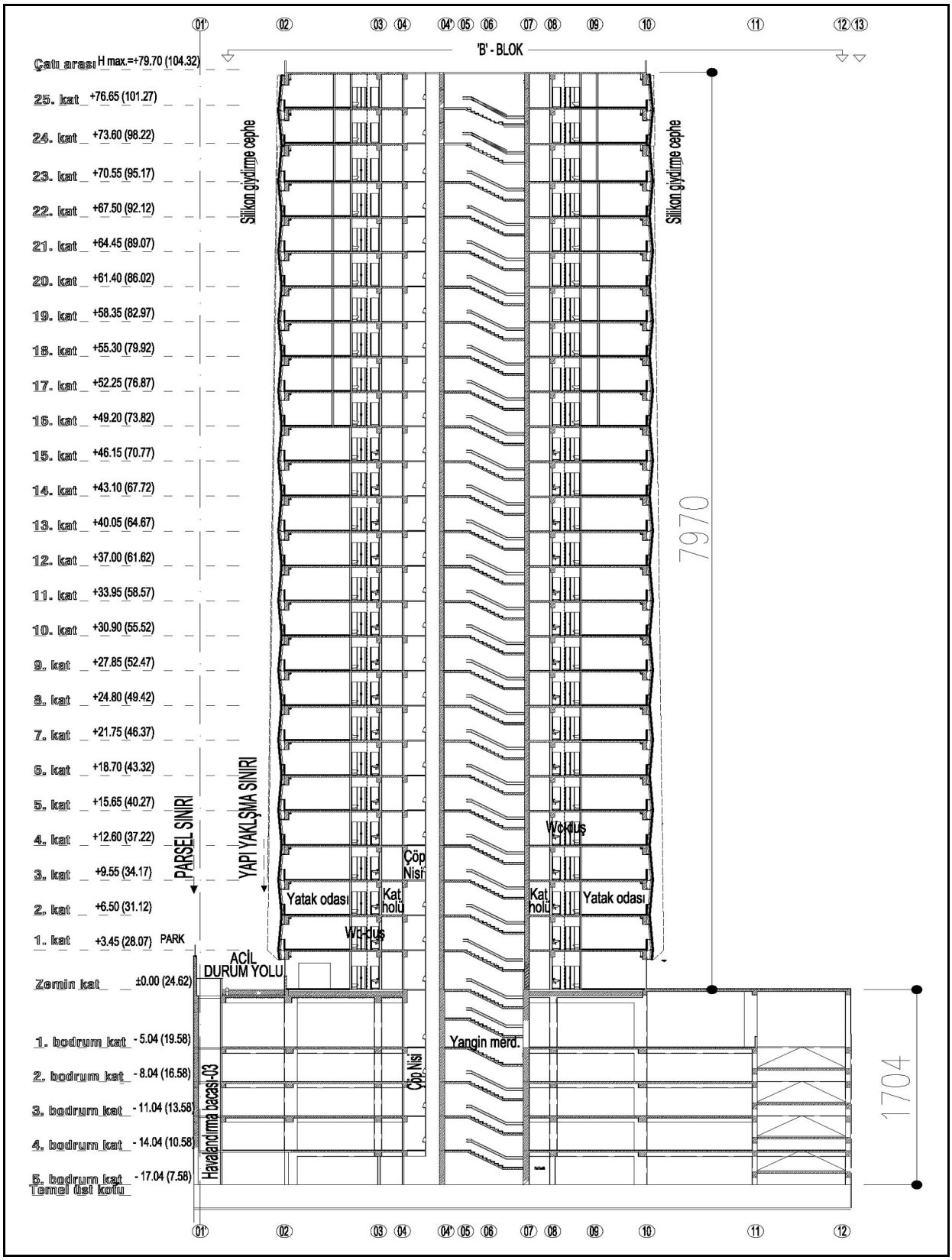
Tez kapsamında incelenecek olan yapının inşa edileceği arsa 8.632 m^2 dir. Baza olarak 5 adet bodrum kat bulunmakta ve bu bodrum katların her biri 4.829 metrekaredir. Projede zemin kat hizasından itibaren A ve B blok olmak üzere 25 adet normal katı olan iki kule bloğu bulunmaktadır. Kule bloklarında bulunan normal katların x yönü 25.80 m, y yönü 26.00 m uzunluğunda olmak üzere her bir kat alanı 670.80 metrekaredir. Bu çalışmada projenin B bloğu incelenecek olup, 5.,4.,3.,2. bodrum katların kat yükseklikleri 3.00 metre, 1. bodrum kat kat yüksekliği 5.04 m, zemin kat kat yüksekliği 3.45 m, 25 adet normal katın kat yüksekliği ise 3.05 metredir. Bodrum katlar otopark, zorunlu mimari alanlar, sosyal tesis, normal katlar ise konut kullanım amaçlı olarak tasarlanmıştır. B bloğun temel üstünden itibaren bina yüksekliği 96.74 metredir. Vaziyet planı ve mimari kesit Şekil 3.1 ve Şekil 3.2 de görüldüğü gibidir.

3.1.2 Bodrum Kat Planları

Tasarlanan projenin 5. bodrum katında, sığınak, yangın ve normal içme kullanma su depoları, elektrik ve mekanik odalar bulunmakta olup, 4.,3.,2. Bodrum katlar, kule bloklarında bulunan konutlara hizmet etmek üzere komple otopark olarak tasarlanmıştır. 1. Bodrum kat jeneratör odası, hizmetli daireleri, konutların ihtiyacını karşılamak üzere ticari alanlar, elektrik ve mekanik odalar, ve hafif spor alanları olan sosyal tesisten oluşmaktadır. Tek bodrum kat alanı 4.829 metrekare olup imar durumunda belirtilen bahçe çekme mesafelerine uyularak parsel şekline göre tasarlanmıştır (Şekil 3.3). Parsel dışı ana yoldan otoparklara giriş A blok ta yer almakta olup, katlar arası otopark rampası incelenen B blokta yer almaktadır. Bodrum katlar baza oluşturacak şekilde A ve B blok için rampa hizasından dilatasyon ile ayrılmıştır.



Şekil 3.1: Vaziyet Planı



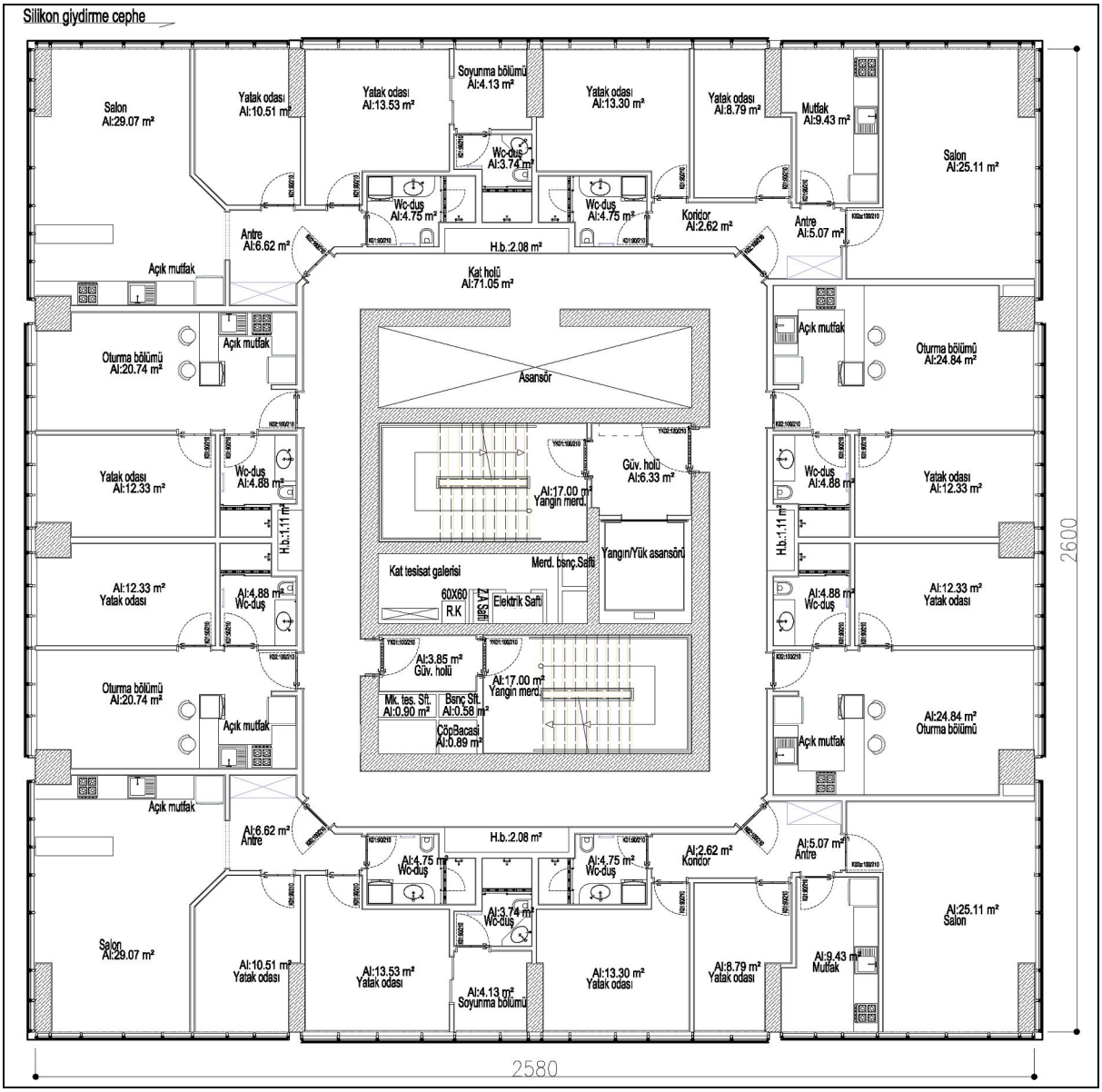
Şekil 3.2: Mimari Kesit



Şekil 3.3 : Tip Bodrum Kat Mimari Planı (Otopark)

3.1.3 Zemin Kat ve Normal kat Planı

Zemin Kattan itibaren bütün bina kapsamında A ve B bloklar bodrum katların üzerinden ayrılarak yükselmektedir. Blokların arası 25 metre olarak tasarlanmış olup, zemin kat ve üzerindeki 25 normal kat konut olarak projelendirilmiştir. Zemin katta yükselen konut blokları dışında kalan kısımlarda peyzaj alanları, yürüme yolları, çardak, çocuk oyun parkı ve yüzme havuzu bulunmaktadır. Zemin katta itibaren konut olarak projelendirilen tip katların mimari çizimi Şekil 3.4' te verilmiştir.



Şekil 3.4 : Zemin ve Normal Katlar Planı

3.2 TAŞIYICI SİSTEM TESPİTİ

Yapıların taşıyıcı sistemi, sistemi oluşturan elemanların kendi ağırlığı ile birlikte kullanım amacı ve mimari tasarıma göre üzerinde bulunan yada bulunacak olan düşey ve yatay yükleri, dikkate alınan yapının en üst kotundan en alt kotuna yani, zemine güvenli olarak nakledebilmelidir.

Depreme dayanıklı yapı tasarımında yeterli rijitlik, yeterli süneklik, yeterli dayanım koşullarının sağlanması gerekmektedir. Rijitlik ve süneklik bir birinin karşıtı gibi görünse de tasarım yaparken bu hususların birlikte değerlendirilme koşulları TBDY-2018 kapsamında taşıyıcı sistem davranış katsayıları ile açıklanmaktadır. Başka bir deyişle rijit bir yapı sünek davranış göstermemekte, sünek bir yapı da rijit bir davranış göstermemektedir. Yapının kullanma amacına göre sünek veya rijit davranışlarından birine daha fazla önem vermek istenmektedir. Örneğin hastahane, okul, hassas aletlerin bulunduğu ve kamusal önem arzeden binaların depremde fazla deformasyon yapması istenmediğinden rijitlik ilkesi ön plana çıkmakta, konut türü yapıların ise sünek davranış göstermesi ön plana çıkmaktadır. Tez kapsamında incelenen yapı konut ve yüksek yapı sınıfına girdiğinden TBDY-2018'e göre yüksek sünek olarak tasarlanması ve taşıyıcı sistem davranış katsayısının bu duruma göre seçilmesi ve hesaplamalarda kullanılması istenmektedir.

3.2.1 Düşey Taşıyıcı sistem

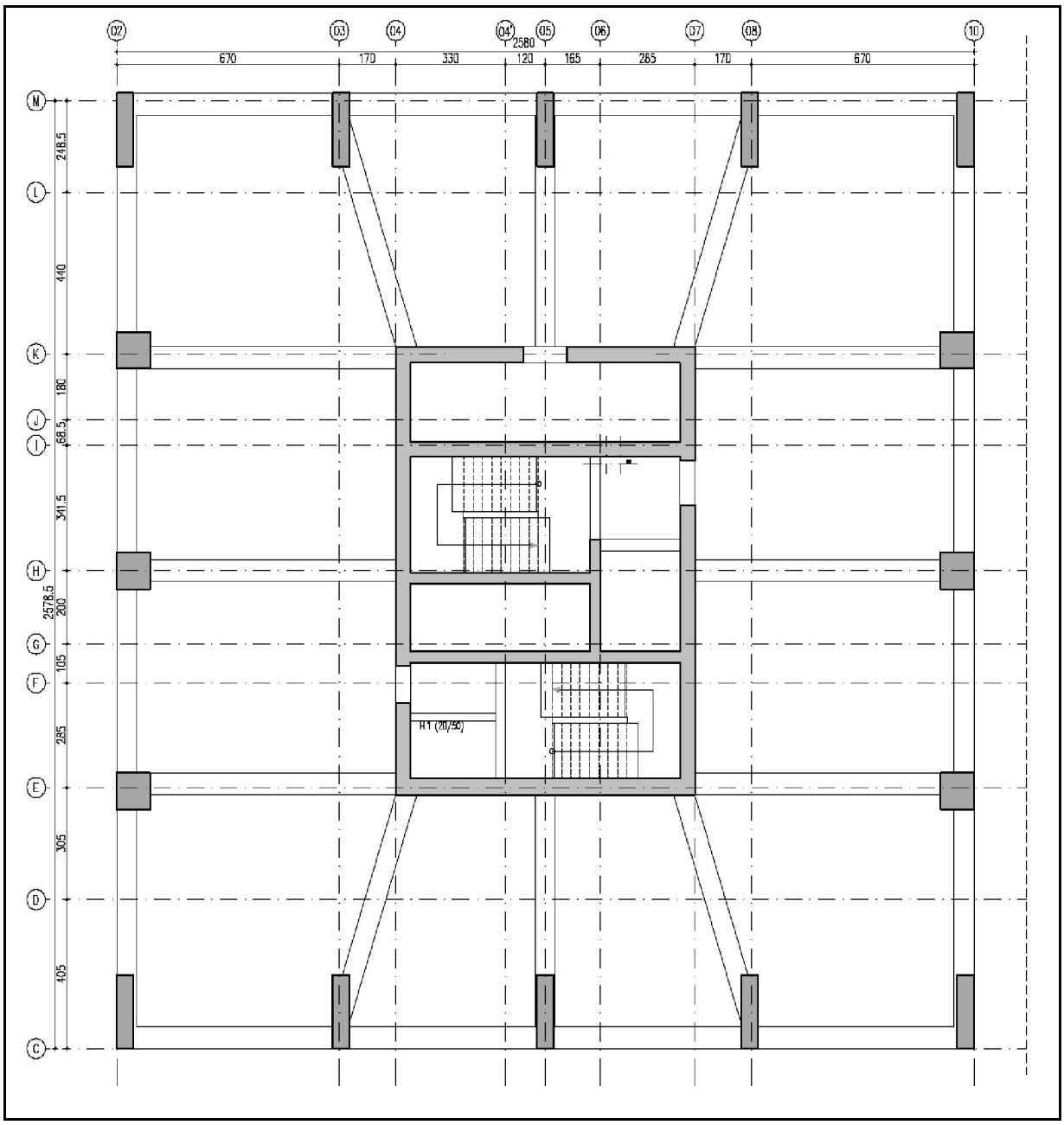
İncelenen yapıda düşey yüklerin güvenle taşınması için kirişli döşeme, kolon ve betonarme perdeler oluşturulmuştur.

3.2.2 Yatay Taşıyıcı sistem

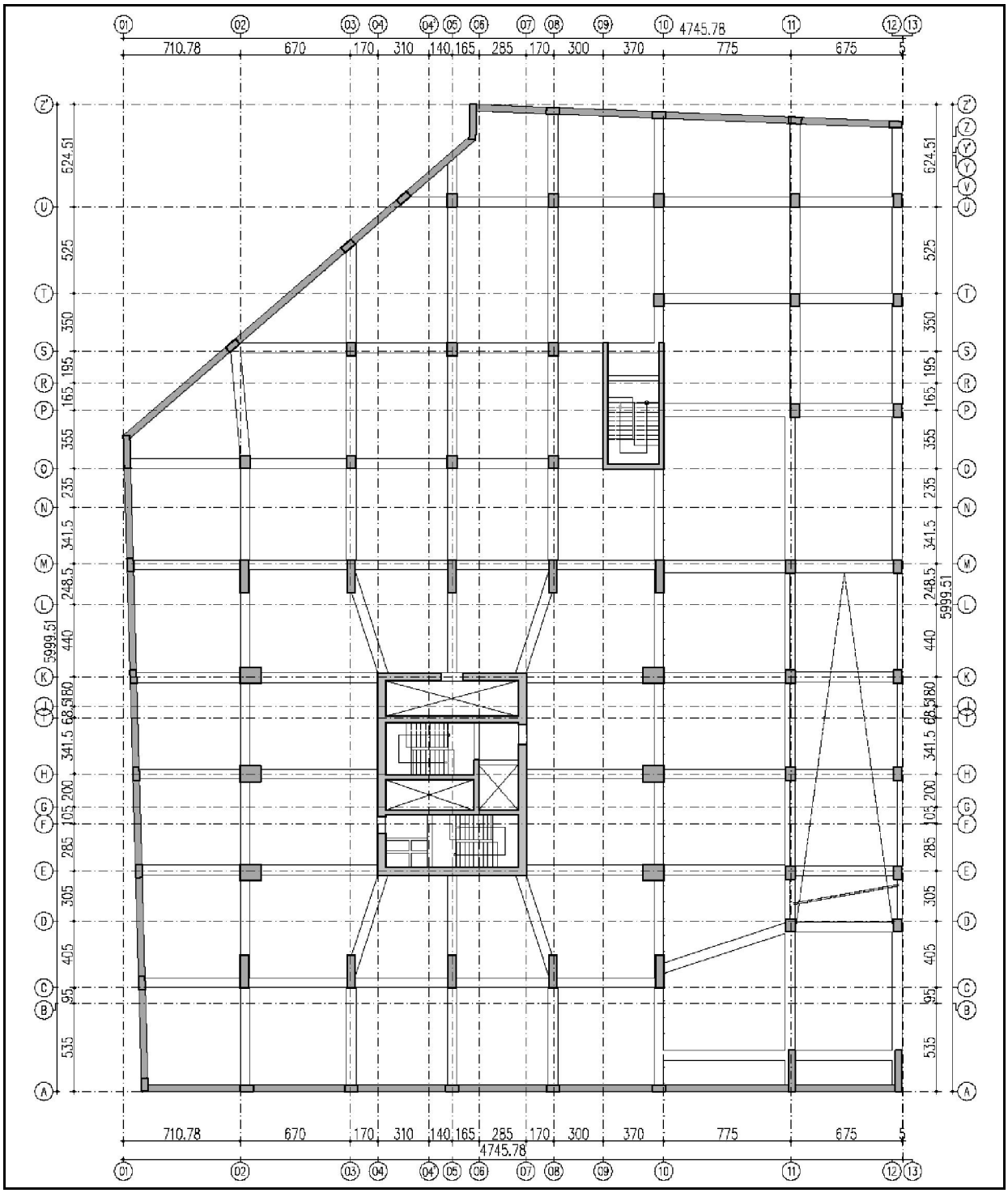
Yatay yükler altında yapının ötelenmesinin yükseklik boyunca değişimi, taşıyıcı sistemin seçimine bağlı olmaktadır. Çerçeveli bir sistemde göreli kat ötelemeleri yükseklik arttıkça azalmakta, perdeli bir sistemde ise yükseklik arttıkça artmaktadır. Çerçeveli sistemler yüksek binaların kesme etkilerini karşılamakta yetersiz kaldığından, bu iki sistem birlikte kullanıldığında, alt katlarda perde duvarlar çerçevenin ötelenmesini kısıtlarken, üst katlarda çerçeve perdenin ötelenmesini kısıtlamaktadır.

İncelenen yapıda taşıyıcıların oluşturulmasında yatay yükler altında yapı yüksekliği boyunca kat göreli ötelemelerinin, TBDY-2018 tanımlanan aralıklarda kalması sağlanmaya çalışılmıştır.

Bu amaçla bina ana merdiveni, yangın merdiveni, bina asansör boşlukları ve tesisat odalarının bulunduğu bölgede, çekirdek perde oluşturulmuş, binanın dış çevresine kolonlar yerleştirilmiştir. İncelenen yapının bodrum kat ve normal katlar sistem planı Şekil 3.5 ve Şekil 3.6'da verilmiştir.



Şekil 3.5 : Normal Katlar Statik Sistem Planı



Şekil 3.6 : Bodrum Katlar Statik Sistem Planı

3.3 İNCELENEN YAPI İÇİN MALZEME TESPİT VE SEÇİMİ

Yapılar kullanım amaçlarına göre ahşap, yığma, çelik, betonarme gibi çeşitli sistemelerde tasarlanabilmektedirler. Günümüz teknolojisinde yüksek yapıların yapımına olanak sağlayan malzemeler çelik ve betonarme olmaktadır. Tasarımı yapılacak binalar, hem güvenli hem de ekonomik olması açısından değerlendirilerek imal edileceği malzemeler seçilir. Tez kapsamında incelemesi yapılacak yapı betonarme ve yüksek yapı sınıfına girdiği için, TBDY-2018 kapsamına beton ve çelik malzeme seçimleri ve özellikleri aşağıda sunulmuştur.

3.3.1 Beton Sınıfı Tespit Ve Özellikleri

Yapı kullanım amacına göre değişmekle beraber, betondan beklenen en önemli özellik genellikle basınç dayanımıdır. Ancak sıvı tutucu yapılar gibi bazı özel mühendislik yapılarında, geçirimsizlik gibi diğer özellikler de önemli olabilmektedir (Doğangün, 2007).

Betonun tanımlanmasında kullanılan basınç dayanımı için, 150 mm çapında 300 mm yüksekliğinde olan silindir numunelerin TS3068'e göre 28. günde ulaştığı değer baz alınır. Gerektiğinde ise 150mm x 150mm ebatlarında küp numunelerden de elde edilebilir ve elde edilen karakteristik basınç dayanımı fck değeri, katsayılarla dönüştürülür.

İncelenen yapının hem kendi yapısal özelliği ve güvenliği hem de TBDY-2018 kapsamında kullanılmasına izin verilen beton sınıf aralığı C25 ~ C80 olduğu için, C50 dayanımlı beton kullanılması öngörülmüş ve özellikleri Tablo 3.1 'de sunulmuştur.

Tablo 3.1: Beton Mekanik Özellikleri

Beton Sınıfı	Eksenel Basınç (f_{ck}) N/mm^2	
	Silindir Φ = 15, h = 30 cm	Küp 15 × 15 × 15 cm
C50/60	50	60

Kullanılması öngörülen betonun "j" gün olmak üzere 28 günlük eksenel basınç dayanımı; TS500 Çizelge 3.2' ye göre $f_{ck} = f_{ckj} = 50\ MPa$'dır.

Analiz ve hesaplamalarda kullanılmak üzere betonun karakteristik değerleri aşağıda T500-2000 'e göre hesaplanarak sunulmuştur.

Betonun karakteristik eksenel çekme dayanımı (Denklem 3.1),

$$f_{ctk} = 0.35\sqrt{f_{ck}} \quad (3.1)$$

$f_{ctk} = 0.35\sqrt{50} = 2.48\ MPa$,

Hesaplamalarda baz alınacak Elastisite modülü ise TS500 (Denklem 3.2),

$$E_{cj} = 3250\ \sqrt{f_{ckj}} + 14000 \quad (3.2)$$

$E_{cj} = 3250\ \sqrt{50} + 14000 = 36981$ Mpa olmaktadır.

Kayma modülü (Denklem 3.3),

$$G_{cj} = 0.40\ E_{cj} \quad (3.3)$$

$G_{cj} = 0.40 * 36.981 = 14792.4\ MPa$,

Malzeme güvenlik katsayısı $\gamma_m = 1.5$ olmak üzere, hesaplarda kullanılacak olan beton tasarım basınç dayanımı (Denklem 3.4),

$$f_{cd} = f_{ck}/\gamma_m \quad (3.4)$$

$f_{cd} = 50/1.5 = 33.33$ MPa,

Betonun tasarım eksenel çekme dayanımı (Denklem 3.5),

$$f_{ctd} = f_{ctk}/\gamma_m \quad (3.5)$$

$f_{ctd} = 2.48/1.5 = 1.65$ MPa,

Ayrıca incelenen yapı hesaplama ve analizlerinde TS500'e göre

Beton Poisson oranı, $\mu_c = 0.20$ ve

Isıl genleşme katsayısı, $\propto_t = 10^{-5}/\ ^0C$ kabul edilecektir.

3.3.2 Çelik Sınıfı Tespit Ve Özellikleri

İncelenen yapı yüksek bina sınıfında olduğu ve TBDY-2018'in ilgili 13.1.7 maddesine göre B420C ve B500C kalitesinde donatı kullanılma zorunluluğu getirilmiştir, bu nedenle analize ve hesaplamalarda B420C sınıfı donatı kullanılması öngörülmüş ve mekanik özellikleri TS708 7.2.1 Çizelge 3' e göre Tablo 3.2'de sunulmuştur (TS708, 2010).

Tablo 3.2: B420C Nervürlü Donatı Mekanik Özellikleri

Akma dayanımı (en az) Re (N/mm^2) = fyk	420
Çekme dayanımı (en az) Rm (N/mm^2) =fsu	-
Çekme Dayanımı / Akma dayanımı oranı Rm / Re = fsu / fyk	≥1.15 < 1.35
Deneysel akma dayanımı / karakteristik akma dayanımı oranı Re act / Re nom (max)	≤1.3
Kopma uzaması (en az) A5 = Ɛsu	≥12%
Maksimum yükte toplam uzama (en az) Agt	≥7.5%

Donatı kopma uzaması TS708'de %12'den büyük olması yeterli olmakta iken, TBDY-2018 5A.2. Donatı Çeliği Modeli maddesi altında *Doğrusal Olmayan Yöntemler* ile şekil değiştirmeye göre hesaplarda kullanılmak üzere ise %8 ile sınırlandırıldığı görülmekte olduğundan ileriki aşamalarda bu verilerde kullanılacak ve açıklanacaktır.

Seçilen donatının karakteristik akma dayanımı yukarıdaki verilere göre incelenen yapının hesaplarında kullanılmak üzere;

f_{yk} = 420 MPa,

Elastisite modülü;

$E_s = 2\ x\ 10^5 MPa$,

Tasarım dayanımı ise malzeme güvenlik katsayısı γ_{ms}=1.15 alınarak bulunur (Denklem 3.6).

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_{ms} \tag{3.6}$$

$f_{yd} = 420/1.15$ = 365.22 MPa, değerlerini almaktadır.

3.4 İNCELENEN YAPI İÇİN ZEMİN PARAMETRELERİ

İncelenen yapının inşa edileceği parselin zemininin litolojik ve fiziksel özelliklerini ve yer altı su durumun belirlemek amacı ile 16 ayrı noktada 20 ila 40 metreler arası değişen 16 adet mekanik sondaj yapılmıştır. Sondaj çalışmaları sonrasında birimlerin deformasyon modülü ve dayanımını ölçmek üzere 4 ayrı kuyu açılmış ve presiyometre testleri yapılmıştır. Parselde yapılan sondaj, laboratuvar ve sismik verilere bağlı olarak yapılan değerlendirme ve analizlerde mühendislik özelliklerine göre 4 ayrı jeolojik katman olduğu ve İncelenen yapı temel alt kotunun dördüncü katmanda olduğu belirlenmiştir.

Dördüncü katmanın kireçtaşı litolojisinde olduğu belirlenerek incelenen yapı temelinin oturacağı zeminin mekanik özellikleri Tablo 3.3'de verilmiştir.

Tablo 3.3: Temel Zemini Mekanik Özellikleri

Enlem	40.99115
Boylam	29.0527
Yerel Zemin Sınıfı	ZB
Temel taşıma gücü tasarım dayanımı qt	800 kN/m^2
Düşey Yatak katsayısı Kv	80.000 kN/m^2/m
Yatay Yatak Katsayısı Ks	40.000 kN/m2/m

3.5 İNCELENEN YAPI İÇİN BAZ ALINACAK OLAN YÜKLER

Mimari tasarım amacına uygun olarak kullanım süresi boyunca yapının maruz kalacağı düşey ve yatay etkiler yük olarak tanımlanmaktadır. Yapıyı oluşturan elemanların amacına uygun ve doğru olarak boyutlandırılması için yük analizlerinin kesin doğruluk içermesi gerekmektedir.

Yapının inşa edileceği bölgeye, zemine ve kendi özelliklerine göre çok farklı yükler yapıya etki edebilmektedir. Yapıyı oluşturan elemanların kendi ağırlığı ile oluşan sabit yüklerin belirlenmesi kesinlik içerebilirken, rüzgar yükü, deprem yükü, kar yükü, buz yükü ve hareketli yükleri kesin olarak belirlemek mümkün olmamaktadır. Bu sebeple bu tip yüklerin hesaplanmasında TS 500, TS 498 ve TBDY-2018 yönetmeliklerine başvurmak ve istatiksel olarak belirlenmiş olarak kullanılması gereken yükler hesaplamalarda dikkate alınacaktır. İncelenen yapıya mimari tasarıma göre etkimesi öngörülen yükler. Sabit yük ,hareketli yük, rüzgar yükü, kar+buz yükü, toprak itkisi, sıcaklık farkının yapı elemanlarında oluşturduğu yük ve deprem etkisi ile oluşan yüklerdir ve aşağıda detaylıca incelenmiştir.

3.5.1 İncelenen Yapıya Etkiyen Sabit yük ve Analizleri,

Yapının taşıyıcı kısımlarını oluşturan kolon, kiriş, döşeme, perde duvarların birim ve toplam hacimleri ve kendi ağırlıkları analizlerde kullanacağımız ETABS programı tarafından otomatik olarak hesaplanacaktır. Etabs programı tarafından bu hesaplanan hacimlerin ağırlık ve yüke dönüştürülmesi için birim çarpan, TS ISO 9194 EK-A' ya göre 2.500 kg/m3 – 25 kN/m3 olarak alınmıştır (TS ISO 9194, 1997) .

Sabit yük olarak konut katlarında bölme duvarlar, her ne kadar ilgili döşemede mimari plandaki tasarımına göre çizgisel yük olarak verilebilse de yapının kullanım ömrü boyunca konut içindeki tadilatlardan, kişisel isteklerden ve benzeri nedenlerden dolayı yer değiştirme olasılıkları yüksektir. Bu nedenle bölme duvarları, birim alana gelen yayılı yük şeklinde etki ettirmek daha doğru bir seçimdir. Statik hesaplamalara dahil ederken, mimari tasarıma göre kat bazında projesinde bulunan bölme duvarlar bir bütün olarak hesaplanarak, kat üzerine etkiteceği toplam yük bulunur, kat alanına bölünür ve birim alana denk gelen bölme duvar ağırlığı bulunmuş olur. İncelenen yapı mimari projesine göre üzerine yapılacak alçı sıva ve boya gibi kaplama imalatlarını da kapsayacak şekilde çeşitli kalınlıklarda olan duvarlar ayrı ayrı olmak üzere, döşeme üzerinde kapladığı alanları ve ağırlıkları hesaplanıp toplanarak kat alanına bölünmüş, birim alana etkiyen bölme duvar yükü olarak **1.48 kN/m^2** bulunmuştur.

Tablo 3.4: Konut katları döşeme yük analizi

Kullanılacak Malzeme	**Birim Ağırlık kN**	**Katman Kalınlığı cm**	**Yük Değeri kN/m^2**	
Mozaik, Karo, Ser. Kaplama	22	1.5	0.330	
Çimento Harcı	22	1	0.220	
Tesviye Betonu (Donatısız)	22	7	1.540	
Tavan Sıvası	22	1.5	0.330	
		Toplam	**2.420**	**kN/m^2**
Bölme duvar yükü			**1.480**	**kN/m^2**

Konut katlarında Tablo 3.4'e göre bulunmuş olan 2.42 kN/m^2 lik sabit yük, bölme duvar yükü ile toplandığında 3.90 kN/m^2 hesaplanmış, analizlerde yuvarlatılarak **4 kN/m^2** alınmıştır.

Tablo 3.5: Otopark katları döşeme yük analizi

Kullanılacak Malzeme	Birim Ağırlık kN	Katman Kalınlığı cm	Yük Değeri kN/m^2	
Mozaik, Karo, Kaplama Epoksi Vb	22	1.5	0.330	
Tesisat vb malzeme			0.130	
Tesviye Betonu (Donatısız)	22	7	1.540	
		Toplam	**2.000**	**kN/m^2**

Tablo 3.6 : Çatı katı döşeme yük analizi

Kullanılacak Malzeme	Birim Ağırlık kN	Katman Kalınlığı cm	Yük Değeri kN/m^2	
Mozaik,Karo,Ser.izolasyon, yapıştırılmış	22	2	0.440	
Tesviye Betonu (Donatısız)	22	7	1.540	
Dolgu	15	10	1.500	
Tesisat klima Vb.			1.500	
			4.980	**kN/m^2**

Çatı katında sabit yük olarak beton elamanın kendi yüküne ilaveten Tablo 3.6'da hesaplanan 4.98 kN/m^2 hesap kolaylığı açısından **5.00 kN/m^2** alınmıştır. Çatı katında yükün fazla çıkmasının sebebi, yüksek binalarda daha sık rastlanılmak üzere havalandırma ünitelerinin, ısıtma soğutma ünitelerinin, bina kullanım amacına göre mekanik aksamların olmasındandır.-

İncelenen yapının cephesi silikon cam cephedir. Mekanik disiplin çalışmalarına göre, yapının cephesinde bulunan kirişlere gelen cephe kaplaması yükü olarak 80 kg/m^2 alınması istenmiştir. Bu durumda kat yüksekliği 3.05 m olduğundan, cephe kirişleri üzerinde cephe sabit yükü olarak;

80kg/cm2 x 3.05 = 244 kg/m2 = **2.44 kN/m** alınacaktır.

3.5.2 İncelenen Yapıya Etkiyen Hareketli Yükler

Yapının kullanım amacına göre ve kullanım süresince üzerinde kalmayan, zaman zaman bulunan, zaman bulunmayan yada yer değiştiren yüklere hareketli yükler denmektedir.

Hareketli yükler kapsamında canlılar, eşyalar, makineler, hareketli araçlar, taşıtlar bulunmaktadır. Ayrıca Kar yükü, rüzgar yükü, buz yükü ve yağmur yükleri de hareketli yükler olarak kabul edilmektedir. İncelenen yapının bodrum katlarında bulunan alanlar otopark,

sığınak, yangın ve su depoları, elektrik ve mekanik tesisat odaları ve konutlar için depo gibi ortak kullanım alanları olduğundan TS498 Çizelge 7'ye göre **5 kN/m^2** alınacaktır (TS498, 1987).

Konut katlarında hareketli yük **2 kN/m^2** alınacaktır (TS498, 1987).

Yapının bulunduğu İstanbul Kadıköy İlçesi TS498 EK 1'e göre II. Bölge de yer almakta ve Çizelge 4'e göre yapının bulunduğu yerin denizden yüksekliği 700 metreden daha aşağıda olduğu için, Kar Yükü **0.75 kN/m2** olarak alınacaktır (TS498, 1987).

TBDY-2018'e göre baz alınacak hareketli yüklerin analizlerde kullanılmak üzere belli yüzdesini kullanma zorunluluğu getirilmiş, Tablo 3.7'de yük azaltma katsayıları verilmiştir.

Tablo 3.7: Hareketli Yük Azaltma Katsayısı

Binanın Kullanım Amacı	*n*
Depo, antrepo, vb.	0.80
Okul, öğrenci yurdu, spor tesisi, sinema, tiyatro, konser salonu, ibadethane, lokanta, mağaza, vb.	0.60
Konut, işyeri, otel, hastane, otopark, vb.	0.30

İncelenen yapı konut ve bodrum katlar otopark olduğu için hareketli yük azaltma katsayısı **0.30** olarak alınacaktır. Yapıya etkiyen yüklerden olan Deprem yükü ve rüzgar yükü analiz kısımlarında detaylı irdeleneceğinden bu bölümde bahsedilmemiştir.

3.6 İNCELENEN YAPININ YÖNETMELİK KAPSAMI

3.6.1 Zemin Ve Deprem Parametrelerinin Belirlenmesi Ve Hesaplanması

TBDY-2018 önceki yönetmeliklerden önemli bir fark olarak zeminleri 6 sınıfa ayırmış ve 4 deprem yer hareket düzeyi tanımlayarak, deprem bölgesi yerine sismik tehlike haritası kavramını kullanıma sunmuştur.

TBDY-2018 bölüm 2 kapsamında yapı elemanlarının tasarımında baz alınacak verilerin hesaplanmasında başlangıç olarak, https://tdth.afad.gov.tr/ sitesinden Türkiye Sismik Tehlike Haritası kullanılarak yapının inşa edileceği parsel, koordinatlarına göre bulunmuş, belirlenmiş olan zemin sınıfı seçilerek, yönetmelikte tanımlanmış 4 yer hareketi düzeyi için hesaplamalarda

kullanılmak üzere spektral katsayılar hesaplatılmış ve tepki spektrumları oluşturulmuştur (AFAD, 2021).

3.6.2 Yönetmelik Kapsamında Deprem Yer Hareketi Düzeyleri

Yapı yüksek yapı sınıfında olduğu için TBDY-2018 kapsamında deprem yer hareketi düzey verileri kullanılacağından Şekil 3.7'de DD-1, DD-2, DD-3, DD-4 düzeylerine tanımlar verilmiştir. Bu düzeylere ait AFAD web sitesinin kullanımına dair örnek ekran görüntüleri Şekil 3.8'de verilmiştir.

2.2.1. Deprem Yer Hareketi Düzeyi-1 (DD-1)

DD-1 *Deprem Yer Hareketi*, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %2 ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 2475 yıl olduğu *çok seyrek* deprem yer hareketini nitelemektedir. Bu deprem yer hareketi, *gözönüne alınan en büyük deprem yer hareketi* olarak da adlandırılmaktadır.

2.2.2. Deprem Yer Hareketi Düzeyi-2 (DD-2)

DD-2 *Deprem Yer Hareketi*, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %10 ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 475 yıl olduğu *seyrek* deprem yer hareketini nitelemektedir. Bu deprem yer hareketi, *standart tasarım deprem yer hareketi* olarak da adlandırılmaktadır.

2.2.3. Deprem Yer Hareketi Düzeyi-3 (DD-3)

DD-3 *Deprem Yer Hareketi*, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %50 ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 72 yıl olduğu *sık* deprem yer hareketini nitelemektedir.

2.2.4. Deprem Yer Hareketi Düzeyi-4 (DD-4)

DD-4 *Deprem Yer Hareketi*, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %68 (30 yılda aşılma olasılığı %50) ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 43 yıl olduğu *çok sık* deprem yer hareketini nitelemektedir. Bu deprem yer hareketi, *servis deprem yer hareketi* olarak da adlandırılmaktadır.

Şekil 3.7: Deprem yer hareketi düzeyleri (TBDY, 2018).

3.6.2.1 Yer Hareketi Düzeyine göre Spektral İvme ve Zemin Etki Katsayıları

Belirlenmiş zemin sınıfına ve inceleme alanı parsele göre örnek ekran görüntüleri Şekil 3-8'de verildiği şekilde, AFAD web sitesindeki menülerden faydalanılarak incelenen yapının koordinatları girilmiştir. Raporlama kısmından deprem yer hareketleri düzeylerine ait spektral ivme katsayı değerleri ile yerel zemin etki katsayıları bulunmuştur. S_S kısa periyot harita spektral ivme katsayısını, S_1 1.0 saniye periyota karşılık gelen spektral ivme katsayısını temsil

eder. Yerel zemin etki katsayıları TBDY-2018'de verilen koşullara göre Tablo 3.8'de sunulmuştur.



Şekil 3.8 :Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması (AFAD, 2020).

Tablo 3.8: Yerel zemin etki katsayıları (TBDY, 2018).

Tablo 2.1 – Kısa periyot bölgesi için Yerel Zemin Etki Katsayıları

Yerel Zemin Sınıfı	Kısa periyot bölgesi için *Yerel Zemin Etki Katsayısı* F_S					
	$S_S \le 0.25$	$S_S = 0.50$	$S_S = 0.75$	$S_S = 1.00$	$S_S = 1.25$	$S_S \ge 1.50$
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* (**Bkz.16.5**).					

Tablo 2.2 – 1.0 saniye periyot için Yerel Zemin Etki Katsayıları

Yerel Zemin Sınıfı	1.0 saniye periyot için *Yerel Zemin Etki Katsayısı* F_1					
	$S_1 \le 0.10$	$S_1 = 0.20$	$S_1 = 0.30$	$S_1 = 0.40$	$S_1 = 0.50$	$S_1 \ge 0.60$
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* (**Bkz.16.5**).					

S_s ve S_1 için AFAD web uygulamasından alınan değerler **Tablo 3.9**'da gösterilmiştir.

Tablo 3.9: Spektral ivme katsayıları.

Deprem Yer Hareketi Düzeyi	S_s	S_1	F_s	F_1	PGA	PGV
DD-1	1.653	0.459	0.9	0.8	0.667	41.759
DD-2	0.950	0.260	0.9	0.8	0.389	24.071
DD-3	0.383	0.104	0.9	0.8	0.165	10.047
DD-4	0.212	0.068	0.9	0.8	0.109	6.728

Görüldüğü üzere F_s ve F_1 değerleri, S_s ve S_1 değerlerine göre değişiklik göstermekte ve AFAD web uygulamasından alınan değerlere göre zemin durumuna göre interpolasyon yapmak gerekebilmektedir. İnceleme konusu yapının zemin sınıfı ZB olduğu için, tüm S_s ve S_1 değerlerinde zemin etki katsayılarının aynı değer aldığı tablodan da anlaşılmaktadır. Bu durumda inceleme konusu yapı için bütün deprem yer hareket düzeylerinde , $\boldsymbol{F_s = 0.9}$, $\boldsymbol{F_1 = 0.8}$ alınmıştır. Tüm yer hareketi düzeyleri için yukarıdaki spektral ivme katsayıları ile TBDY-2018 2.3.2.2' ye göre Denklem (3.7) kullanılarak tasarım spektral ivme katsayıları olan S_{DS} ve S_{D1}, Denklem (3.8) kullanılarak T_A ve T_B yatay spektrum köşe periyotlarının hesaplanması:

$$S_{DS} = S_S F_S \tag{3.7}$$

$$S_{D1} = S_1 F_1$$
$$T_A = 0.2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$
$$T_B = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (3.8)$$

DD-1 deprem yer hareketi düzeyi için:

$S_{DS} = S_S F_S = 1.653 \text{ x } 0.9 = 1.4877$ $\quad S_{D1} = S_1 F_1 = 0.459 \text{ x } 0.8 = 0.3672$

$T_A = 0.2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = 0.2 \frac{0.3672}{1.4877} = 0.049$ $\quad T_B = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = \frac{0.3672}{1.4877} = 0.247$

DD-2 deprem yer hareketi düzeyi için:

$S_{DS} = S_S F_S = 0.950 \text{ x } 0.9 = 0.855$ $\quad S_{D1} = S_1 F_1 = 0.260 \text{ x } 0.8 = 0.208$

$T_A = 0.2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = 0.2 \frac{0.208}{0.855} = 0.049$ $\quad T_B = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = \frac{0.208}{0.855} = 0.243$

DD-3 deprem yer hareketi düzeyi için:

$S_{DS} = S_S F_S = 0.383 \text{ x } 0.9 = 0.345$ $\quad S_{D1} = S_1 F_1 = 0.104 \text{ x } 0.8 = 0.083$

$T_A = 0.2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = 0.2 \frac{0.083}{0.345} = 0.048$ $\quad T_B = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = \frac{0.083}{0.345} = 0.241$

DD-4 deprem yer hareketi düzeyi için:

$S_{DS} = S_S F_S = 0.257 \text{ x } 0.9 = 0.231$ $\quad S_{D1} = S_1 F_1 = 0.068 \text{ x } 0.8 = 0.054$

$T_A = 0.2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = 0.2 \frac{0.054}{0.231} = 0.047$ $\quad T_B = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = \frac{0.054}{0.231} = 0.235$

TBDY'ye göre uzun periyot TL=6 sn alınmıştır. Her deprem düzeyi yukarıda hesapları gösterilen spektral katsayılar Tablo 3.10'da gösterilmiştir.

Tablo 3.10 : Tasarım Spektral İvme Katsayıları

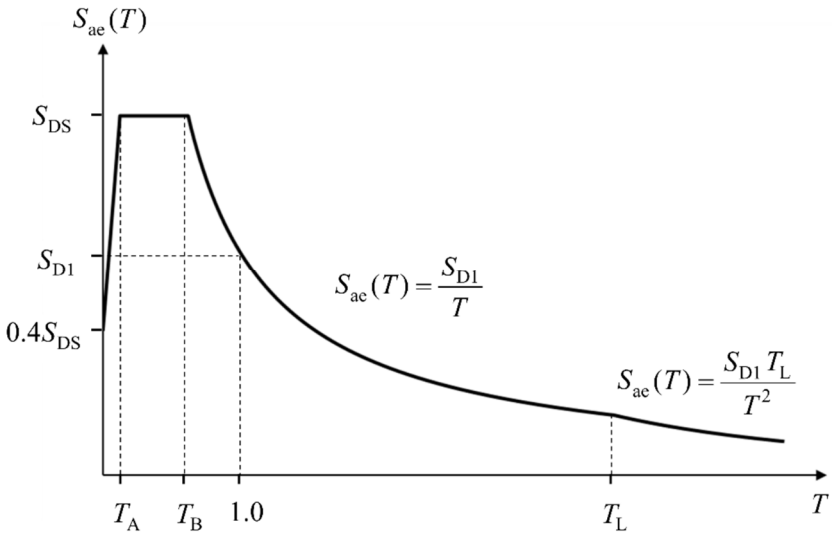
Deprem Yer Hareketi Düzeyi	S_{DS}	S_{D1}	T_A	T_B
DD-1	1.488	0.367	0.049	0.247
DD-2	0.855	0.208	0.049	0.243
DD-3	0.345	0.083	0.048	0.241
DD-4	0.231	0.054	0.047	0.235

3.6.2.2 Deprem Yer Hareketi Yatay ve Düşey Elastik Tasarım Spektrumları

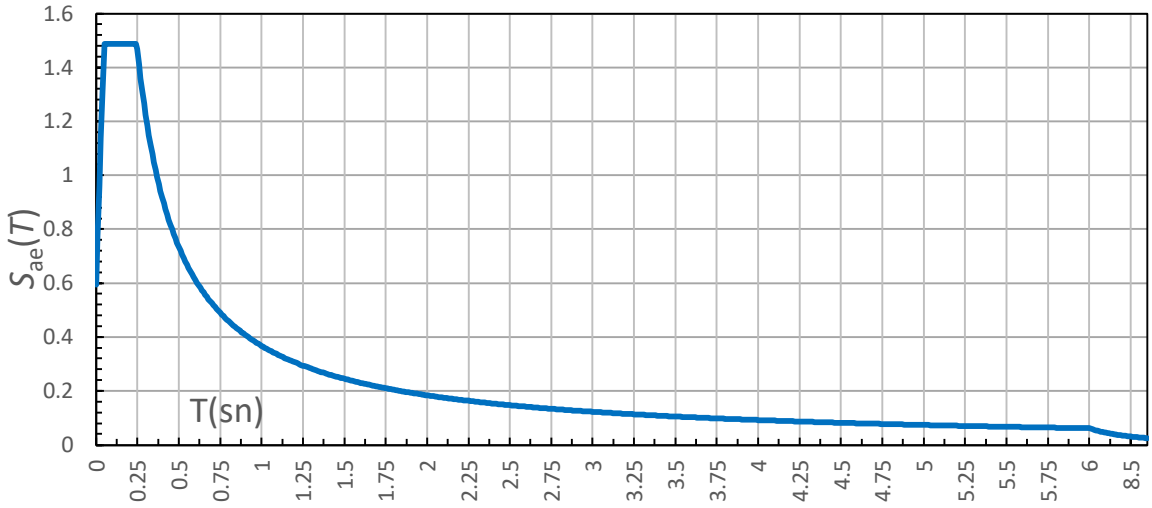
Spektrum eğrisi göz önüne alınan bir deprem hareketinin tek serbestlik dereceli sisteme uygulanmasıyla elde edilen çözümün en büyük değerlerinin elde edilmesi ile çizilir (Celep & Kumbasar, 2004).

Tek bir deprem örneği ile oluşturulan davranış spektrum eğrisi ile analiz yapılması uygun olamayacağından, fazlaca örnekler alınıp eğrilerin ortalaması bulunarak spektrum eğrisi oluşturulmaktadır. TBDY'ye göre yer hareketi düzeylerine göre Türkiye genelinde oluşturulmuş ve yukarıda hesaplanıp tablo haline getirilen veriler, Denklem (3.9) ile analizlerde kullanılacak yatay elastik tasarım spektrumu oluşturulur. $S_{ae}(T)$, doğal titreşim periyoduna bağlı olarak %5 sönüm oranı için spektrum eğrisinin ordinatını [g] yerçekimi cinsinden temsil etmektedir (Şekil 3.9). İncelenen yapı için yatay elastik tasarım spektrumları Şekil 3.10 ~ Şekil 3.13 te verilmiştir.

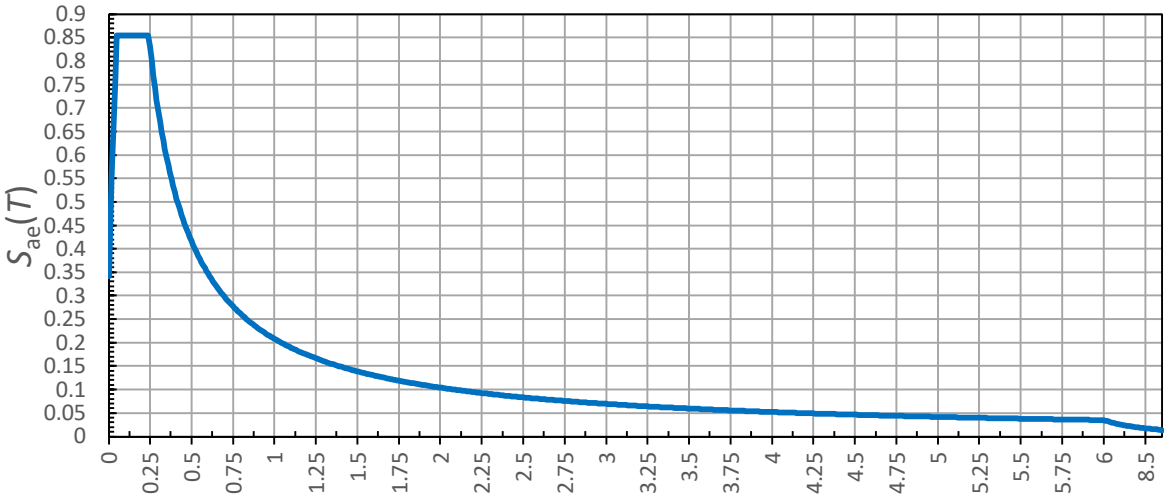
$$
\begin{aligned}
S_{ae}(T) &= \left(0.4 + 0.6\frac{T}{T_A}\right) S_{DS} && (0 \le T \le T_A) \\
S_{ae}(T) &= S_{DS} && (T_A \le T \le T_B) \\
S_{ae}(T) &= \frac{S_{D1}}{T} && (T_B \le T \le T_L) \\
S_{ae}(T) &= \frac{S_{D1} T_L}{T^2} && (T_L \le T)
\end{aligned}
\tag{3.9}
$$



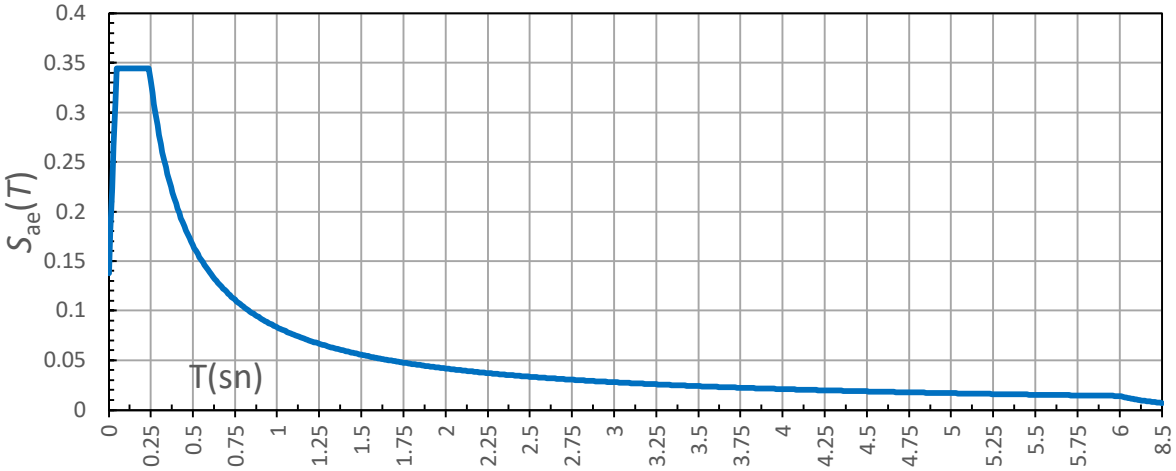
Şekil 3.9 : Yatay elastik tasarım spektrumu.



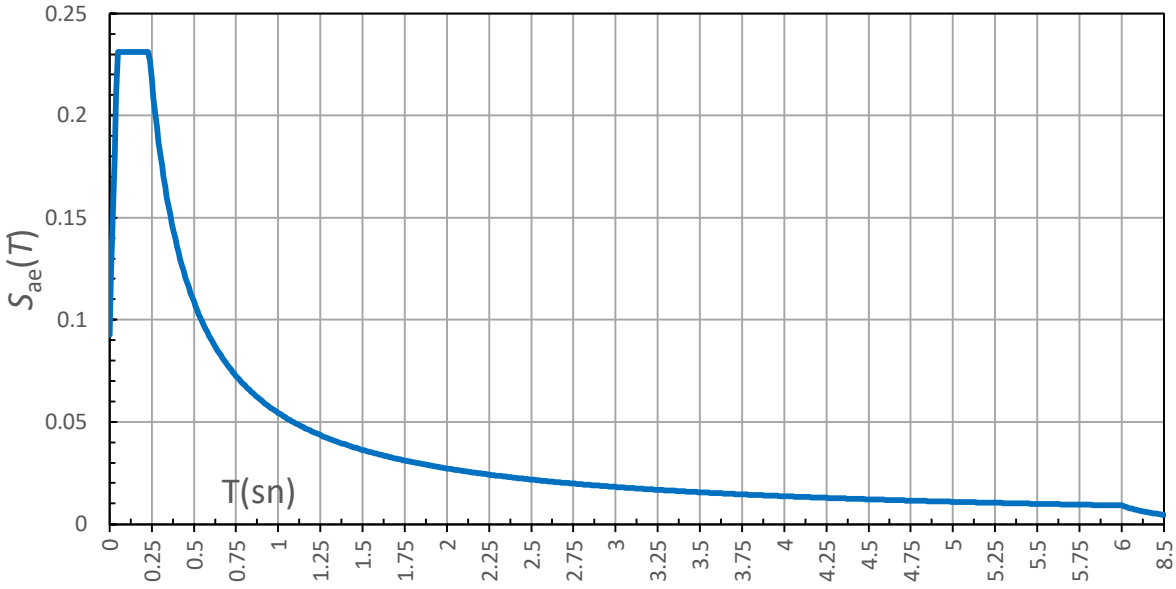
Şekil 3.10 : DD-1 Düzeyi İçin Yatay Elastik Tasarım Spektrumu



Şekil 3.11: DD-2 Düzeyi İçin Yatay Elastik Tasarım Spektrumu



Şekil 3.12: DD-3 Düzeyi İçin Yatay Elastik Tasarım Spektrumu



Şekil 3.13 : DD-4 Düzeyi İçin Yatay Elastik Tasarım Spektrumu

İncelenen yapı için yük kombinasyonlarında kullanılmak üzere düşey elastik tasarım spektrumunu yönetmelik kapsamında oluşturabilmek için, köşe periyotları olan TAD, TBD, TLD, Denklem (3.10), ile hesaplanmış ve Tablo 3.11'de özetlenmiştir.

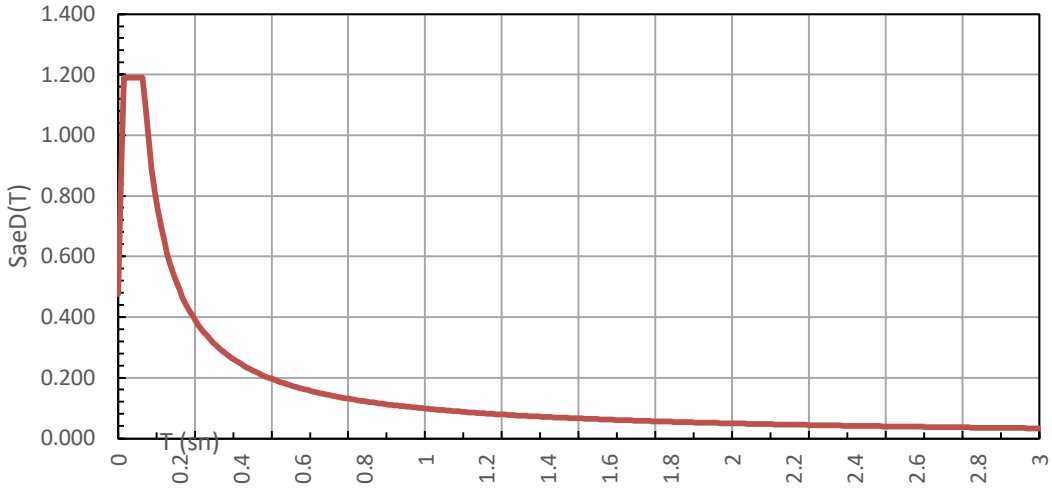
$$T_{AD} = \frac{T_A}{3} \quad ; \quad T_{BD} = \frac{T_B}{3} \quad ; \quad T_{LD} = \frac{T_L}{2} \tag{3.10}$$

Tablo 3.11: DüşeyElastik Tasarım Spektrum Köşe Periyotları

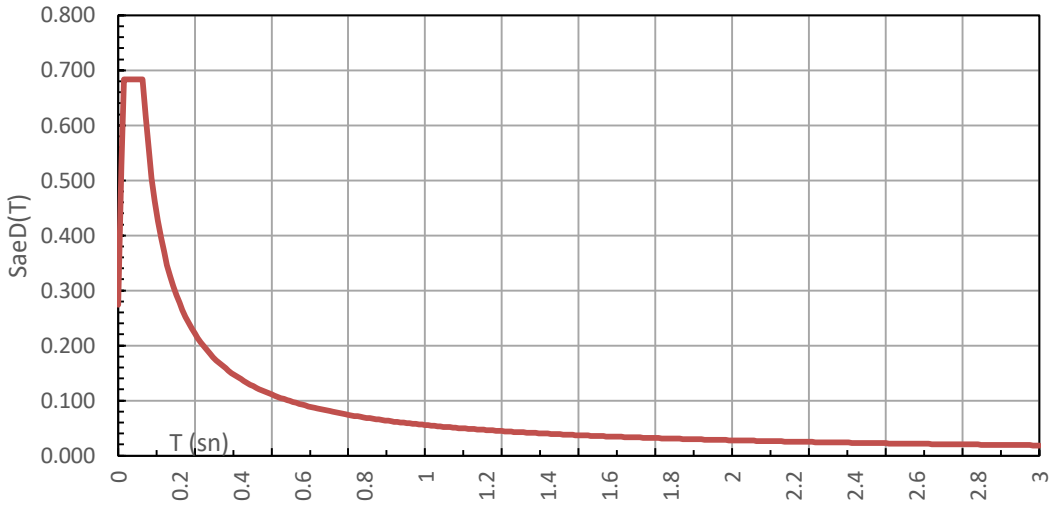
Deprem Yer Hareketi	T_{AD}	T_{BD}	T_{LD}
DD-1	0.0165	0.0823	3
DD-2	0.0162	0.0811	3
DD-3	0.0161	0.0805	3
DD-4	0.0157	0.0784	3

Tanımlanan ve baz alınacak dört deprem düzeyi için düşey elastik tasarım spektrumu $S_{aeD}(T)$, yatay deprem yer hareketinde belirlenen S_{DS} 'ye ve doğal periyoda bağlı olarak ayrı ayrı Denklem (3.11) ile hesaplanmış ve Şekil 3.14 ~ Şekil 3.17 arasında gösterilmiştir.

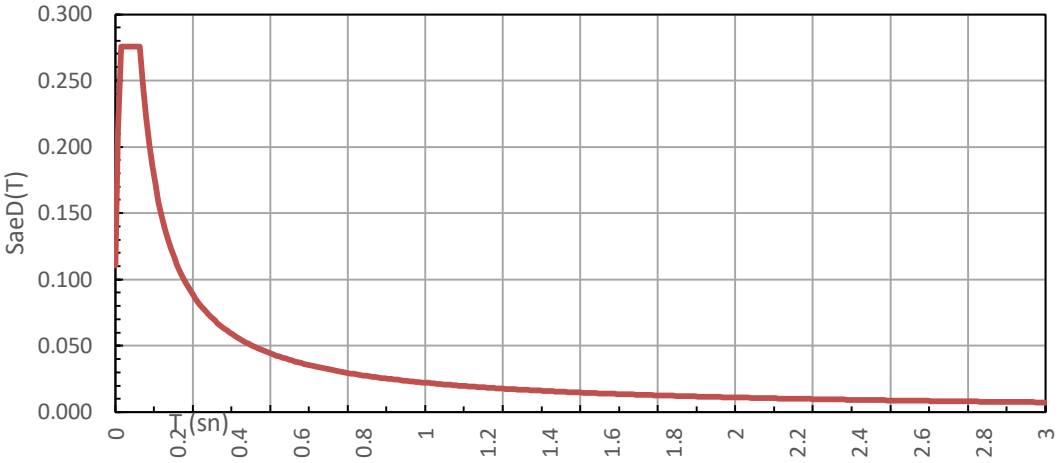
$$\begin{aligned} S_{aeD}(T) &= \left(0.32 + 0.48\,\frac{T}{T_{AD}}\right) S_{DS} && 0 \le T \le T_{AD} \\ S_{aeD}(T) &= 0.8 S_{DS} && T_{AD} \le T \le T_{BD} \\ S_{aeD}(T) &= 0.8\, S_{DS}\,\frac{T_{BD}}{T} && T_{BD} \le T \le T_{LD} \end{aligned} \tag{3.11}$$



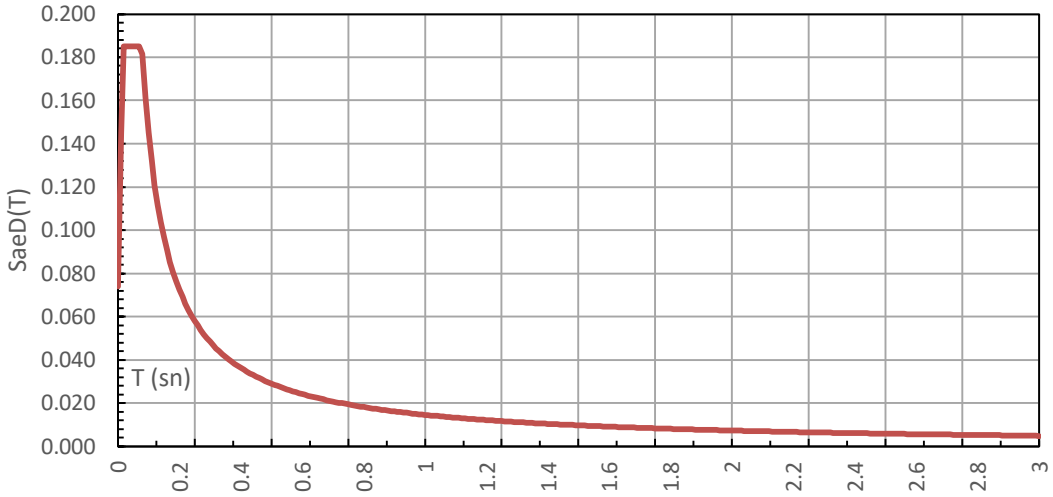
Şekil 3.14 : DD-1 Düzeyi İçin Düşey Elastik Tasarım Spektrumu



Şekil 3.15 : DD-2 Düzeyi İçin Düşey Elastik Tasarım Spektrumu



Şekil 3.16 : DD-3 Düzeyi İçin Düşey Elastik Tasarım Spektrumu



Şekil 3.17 : DD-4 Düzeyi İçin Düşey Elastik Tasarım Spektrumu

3.6.3 Yönetmelik Değerlerinin Belirlenmesi.

3.6.3.1 Bina kullanım sınıfı

Oluşacak bir deprem yer hareketi sonrasında binaların kullanılmaya devam edilmesi ile ilgili olarak yönetmelik binaları önem derecelerine göre sınıflandırmıştır. Bina sınıfları Tablo 3.12 de verilmiş ve incelenen yapının sınıfı belirlenmiştir.

Tablo 3.12 : 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

3.6.3.2 Deprem Tasarım Sınıfı

Bina kullanım sınıfına, DD-2 yer hareketi düzeyi tasarım spektral ivme katsayısı (S_{DS}) = 0.855 ve Bina Kullanım Sınıfı (BKS) = 3 için Deprem Tasarım Sınıfı (DTS) = 1 olarak belirlenmiştir (Tablo 3.13).

Tablo 3.13: Deprem tasarım sınıfları (DTS) (TBDY, 2018).

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

3.6.3.3 Bina Yükseklik Sınıfı (BYS)

Tez kapsamı yüksek bina incelemesi olduğundan yapı tanım kısmında bina yüksekliğinin 96.74 metre olduğu tespit edilmiştir. Bina kullanım sınıfı 1 ve DTS=1 olduğundan için TBDY' göre bina yükseklik sınıfı (BYS) = 1 olduğu görülecektir Tablo 3.14.

Tablo 3.14: Bina Yükseklik Sınıfı

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	$56 < H_N \le 70$	$70 < H_N \le 91$	$91 < H_N \le 105$
BYS = 3	$42 < H_N \le 56$	$56 < H_N \le 70$	$56 < H_N \le 91$
BYS = 4	$28 < H_N \le 42$	$42 < H_N \le 56$	
BYS = 5	$17.5 < H_N \le 28$	$28 < H_N \le 42$	
BYS = 6	$10.5 < H_N \le 17.5$	$17.5 < H_N \le 28$	
BYS = 7	$7 < H_N \le 10.5$	$10.5 < H_N \le 17.5$	
BYS = 8	$H_N \le 7$	$H_N \le 10.5$	

3.6.3.4 Performans Düzeyi ve Performans Hedefi

İncelenen yapı yüksek yapı sınıfında girdiğinden analiz aşamaları TBDY 13. Bölüm kapsamında bahsedilen koşullar çerçevesinde değerlendirilecektir, bu amaçla yapılacak analizlerin hangi yer hareketi düzeyinde hangi performansı karşılaması gerektiği Tablo 3.13-15' te gösterilmiştir.

Tablo 3.15 : Performans hedefleri

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

[3] Ön tasarım olacak yapılacaktır.

[4] I = 1.5 alınarak uygulanacaktır.

Tabloda belirtilen performans hedefleri ve tasarım yaklaşımları Tablo 3.16 da açıklanmıştır.

Tablo 3.16: Performans Ve Tasarım Yaklaşımı Tanımları

Kesintisiz Kullanım (KK)	Yapının Taşıyıcı elemanlarında hasar olmayacak yada ihmal edilebilir düzeyde kalması durumu.
Sınırlı Hasar (SH)	Yapının taşıyıcı elamanlarında doğrusal olmayan davranış sınırlı kalması durumu.
Kontrollü Hasar (KH)	yapının taşıyıcı elemanlarında onarılabilecek düzeyde zararların oluşması durumu
Göçmenin Önlenmesi (GÖ)	taşıyıcı elamanlarda ağır hasarın meydana geldiği fakat göçmenin önlendiği durum.
DGT	Dayanıma göre tasarım
ŞGDT	Şekil değiştirmeye göre Değerlendirme ve Tasarım

Yönetmelik kapsamında belirlenen değerler Tablo 3-17 de özetlenmiştir.

Tablo 3.17 : İncelenen Yapı İçin Yönetmelikçe Belirlenen Parametreler.

Parametreler	Değer / Sınıf
Bina Kullanım Sınıfı (BKS)	3
Bina Önem Katsayısı (I)	1
Hareketli Yük Katılım Katsayısı (n)	0.3
Deprem Tasarım Sınıfı (DTS)	1
Bina Yükseklik Sınıfı (BYS)	1

TBDY Bölüm 13' te Yüksek Binalar için 3 tasarım aşamasının sağlanması şartı getirmiştir. İncelenen yapının tasarım sınıfı DTS = 1 olduğu için yapılacak tasarım ve analiz yaklaşımları Tablo 3.18'de sunulmuştur (Kuzu, 2018).

Tablo 3.18 : Yüksek Binaların Performans Düzeyi Tasarım Aşamaları

	Tasarım Aşaması **I** (Ön Tasarım - Boyutlandırma)	Tasarım Aşaması **II** (Kontrol-İyileştirme)	Tasarım Aşaması **III** (son Tasarım)
Deprem Düzeyi	**DD-2**	**DD-4**	**DD-1**
Hedef Performans	Kontrollü Hasar (KH)	Kesintisiz Kullanım (KK)	Göçmenin Önlenmesi (GÖ)
Değerlendirme Tasarım Yaklaşımı	DGT	DGT	ŞGDT
Hesap Yöntemi	Mod Birleştirme Yöntemi	Mod Birleştirme Yöntemi	Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi
Bina Önem Kat sayısı- I	1	1	-
Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı -R-	Seçilen	1	-
Dayanım Fazlalığı Katsayısı (D)	2.5	1	-
Malzeme Dayanımları	Azaltılmış Tasarım Dayanımı	Beklenen (Ortalama) Dayanım	Beklenen (Ortalama) Dayanım
Malzeme Rijitlikleri	TBDY Tablo 4.2	TBDY Tablo 13.1	TBDY Tablo 4.2

3.7 İNCELENEN YAPI ELEMANLARININ ÖN BOYUTLANDIRILMASI

3.7.1 Döşemelerin ön boyutlandırılması

TBDY döşeme kalınlıkları için, TS 500 11.4.2 deki koşulların geçerli olduğunu söylemiştir. Buna göre iki doğrultuda çalışan kirişli betonarme döşemelerin minimum kalınlıkları için Denklem (3.11) kullanılacaktır.

$$h \geq \frac{l_{sn}}{15+\frac{20}{m}} \left[1 - \frac{\alpha_s}{4}\right] \quad \text{ve} \quad h \geq 80\ mm \tag{3.11}$$

Yapıda bulunan döşemeler incelendiğinde en olumsuz olan döşeme boyutları esas alınmıştır.

Baz alınan döşemenin kısa kenarı l_{sn} =7.45 metredir diğer yönü ise 8.70 metredir.

bu durumda;

m=8700/7450 = 1.167 , α_s=1, (dört kenar sürekli)

$h \geq \frac{7450}{15+\frac{20}{1.167}} \left[1 - \frac{1}{4}\right]$ = 173.86 mm ve $h \geq 80\,mm$ olduğundan güvenli tarafta kalmak amacı ile döşeme kalınlıkları 20 cm alınmıştır.

3.7.2 Kirişlerin Boyutlandırılması

Yükleri döşemelerden alarak perdelere ve kolonlara iletilmesini sağlayacak olan kirişlerin ön boyutlandırılmasında TS500 ve TBDY bölüm 7.4.1.1 de belirtilen koşullar göz önünde bulundurulmuştur (Tablo 3.19).

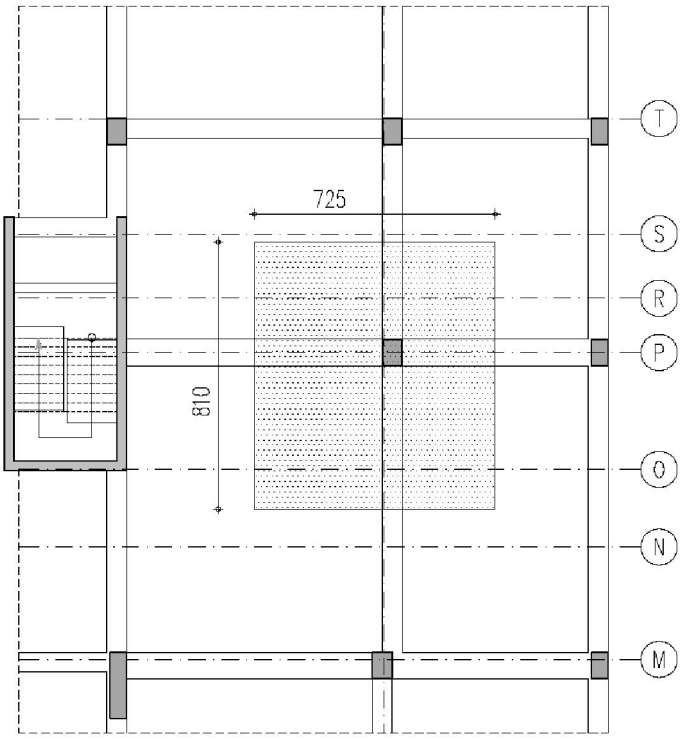
Tablo 3.19 : Kiriş boyutlandırma koşulları

TBDY-2018 Bölüm 7.4.1.1	TS500 Bölüm 7.3
$b_w \geq 25cm$	$b_w \geq 20cm$
$b_w \leq h_k + b_k$	$b_w \leq h_k + b_k$
$h_k < 3h_d$	$h_k < 3h_d$
$h_k \geq 300$	$h_k \geq 300$
$h_k \leq 3{,}5b_w$	

Tablo 3-19 da gösterilen koşullarda çerçeve kirişleri 60x70 cm, çekirdek perde arasında olan kirişler 60x80 cm olarak seçilmiştir.

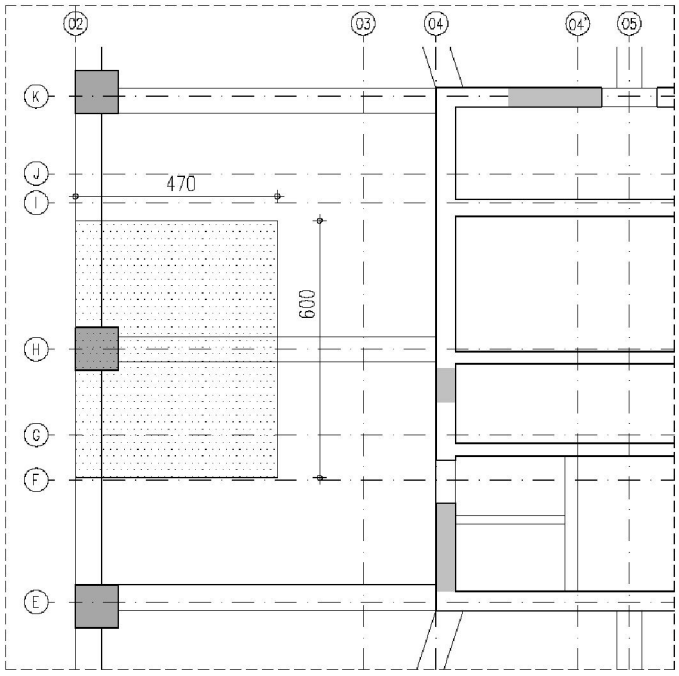
3.7.3 Kolonların Ön Boyutlandırılması

TS500 7.4.1'e göre düşey arttırılmış yükler ile hesap yapıldığında kolonların taşıyacağı normal kuvvetin $\boldsymbol{N_d \leq 0.9 * f_{cd} * A_c}$ koşulunu sağlaması gerekmektedir. Ön boyutlamada ilk olarak el hesabı ile bu koşulları sağlayabilecek boyutlar seçilebilir. Bu durumda incelenen yapı için kule katları ve bodrum katları olarak iki ayrı hesap yapılmıştır. Katlara etkiyen düşey yükler ile kolonların plan izdüşümünde kapladıkları ve yük aldıkları alan, üst katlardan alt katlara kadar kümülatif olarak toplanarak tablo oluşturulmuş ve uygun boyutlar seçilmiştir (Tablo 3-20). Sistem planına göre normal katlarda ve bodrum katlarda kolonların yük aldığı alanlar taranmış Şekil 3-18 ve Şekil 3-19 da verilmiştir.



Şekil 3.18: Bodrum Katlarda Kolonun Yük Aldığı Alan

Bodrum katların oluşturulan sistem planında en fazla yük alan kolonun 39 numaralı kolon olduğu belirlenmiştir. Kolonun yük aldığı alan 7.25 x 8.10 = **58.725 m²** dir.



Şekil 3.19 : Normal Katlarda Kolonun Yük Aldığı Alan.

Normal katların oluşturulan sistem planında en fazla yük alan kolonun 10 numaralı kolon olduğu belirlenmiştir. Kolonun yük aldığı alan 4.70 x 6.00 = **28.20 m^2** dir. Güvenli tarafta kalmak adına boyutu farklı olan diğer kolonlarında hesabı bu alandan elde edilen yüklere göre yapılmıştır.

3.7.3.1 Kolonlara Gelen eksenel Yüklerin Bulunması

Kulenin Çatı Katı Kolonlarına gelen yükler.

Döşeme betonunun kendi ağırlığı	:4.70 x 6.00 x 0.20 x 25 =	141.00 kN
Kirişlerin ağırlıklarından (seçilen)	:0.60 x 0.70 x 8.70 x 25=	91.35 kN
Kolonun ağırlığından (öngörülen)	:1.20 x 1.20 x 3.00 x 25=	108.00 kN
Tablo 3.6'da analizi yapılan yükler	: 4.70 x 6.00 x 5.00 =	141.00 kN
Cephe Kaplamasından kolona aktarılan yük	2.44 x 6.00 =	14.64 kN
Toplam zati yük (**G**)		495.99 kN
Haraketli yüklerden kolona gelen yükler (**Q**)	= . 4.70 x 6.00 x 1 =	28.20 kN

Normal Katlardan Kolonlara Gelen Yükler

Döşeme betonunun kendi ağırlığı	:4.70 x 6.00 x 0.20 x 25 =	141.00 kN
Kirişlerin ağırlıklarından (seçilen)	:0.60 x 0.70 x 8.70 x 25=	91.35 kN
Kolonun ağırlığından (öngörülen)	:1.20 x 1.20 x 3.05 x 25=	109.80 kN
Tablo 3.4'de analizi yapılan yükler	: 4.70 x 6.00 x 4.00 =	112.80 kN
Cephe Kaplamasından kolona aktarılan yük	2.44 x 6.00 =	14.64 kN
Toplam zati yük **G**		469.759 kN
Haraketli yüklerden kolona gelen yükler **Q**	= . 4.70 x 6.00 x 2 =	56.40 kN

Çatı katı için N_d=1.4G+1.6Q = 1.4 * 495.99 + 1.6 * 28.20 = 739.506 kN ~ 740 kN

Normal Katlar N_d=1.4G+1.6Q = 1.4 * 469.59 + 1.6 * 56.40 = 747.666 kN ~ 748 kN

Kule kontürü dışında kalan bodrum kat kolonlarına gelen yükler

Döşeme betonunun kendi ağırlığı	:7.25 x 8.10 x 0.20 x 25 =	293.63 kN
Kirişlerin ağırlıklarından (seçilen)	:0.60 x 0.70 x 15.40 x 25=	161.70 kN
Kolonun ağırlığından (öngörülen)	:0.80 x 1.00 x 3.00 x 25=	60.00 kN
Tablo 3.5'de analizi yapılan yükler	: 7.25 x 8.10 x 4.00 =	234.90 kN
Toplam zati yük **G**		750.23 kN

Haraketli yüklerden kolona gelen yükler **Q** = 7.25 x 8.10 x 5 = 293.63 kN

Bodrum katlar için N_d=1.4G+1.6Q = 1.4 x 750.23 + 1.6 x 293.63 = 1520.12 kN

Bodrum katlardan kule katlarına geçişte yani baza kısmının üst tabliyesi genel olarak projelerde peyzaj alanı olarak kullanılmaktadır ve bu tabliyenin üzerine farklı yükler gelebilmektedir. Ayrıca baza kısmı olarak tanımlanan bu tabliye, kule katlarına geçiş veya transfer döşemesi olarakta adlandırılmakta ve bu döşemede yüklerin güvenli olarak aktarılıp aktarılmadığının kontrolünün de yapılması gerektiğinden, bu kısımda döşeme kalınlıkları diğer katlara nazaran daha kalın çıkmaktadır. İncelenen yapıda transfer döşemesi için öngörülen döşeme yüksekliği 25 cm dir. Kolonların ön boyutlandırılması için yapılan yük analizlerine göre Tablo 3.20'de seçilen kolon boyutları, transfer döşemesine peyzaj ve başkaca uygulanması muhtemelen uygulamalar olabileceği göz önüne alınarak güvenli tarafta kalınmış 80cmx100cm seçilmiştir.

Tablo 3.20: Bodrum kat kolonları için eksenel yük ve boyut kontrolü.

KAT	Kat Kotu	Mimari Kot	1.4G+1.6Q kN	A_c>=N_{dm}/0.9*f_{cd} (m2) (minumum gerekli alan)	Seçilen Kolon Boyutu	Seçilen Kolon Alanı (m2)
1. Bodrum Kat	17.04	0.00	1520	0.100	80/100	0.80
2. Bodrum Kat	12.00	-5.04	3040	0.151	80/100	0.80
3. Bodrum Kat	9.00	-8.04	4560	0.201	80/100	0.80
4. Bodrum Kat	6.00	-11.04	6080	0.252	80/100	0.80
5. Bodrum Kat	3.00	-14.04	7600	0.303	80/100	0.80
Temel üstü	0.00	17.04				

Sistem planı incelendiğinde kule katlarını oluşturan kolonların, mimari projeden kaynaklı iki ayrı tipte olduğu, kuzey ve güney cephedeki kolonların kare kolon olarak tasarlandığı, doğu ve

batı cephelerindeki kolonların dikdörtgen kesitli olarak tasarlandığı görülmektedir. Her iki tipe göre de ön boyutlama yapılmıştır (Tablo : 3.21)

Tablo 3.21: Kule kat kolonları için eksenel yük ve boyut kontrolü

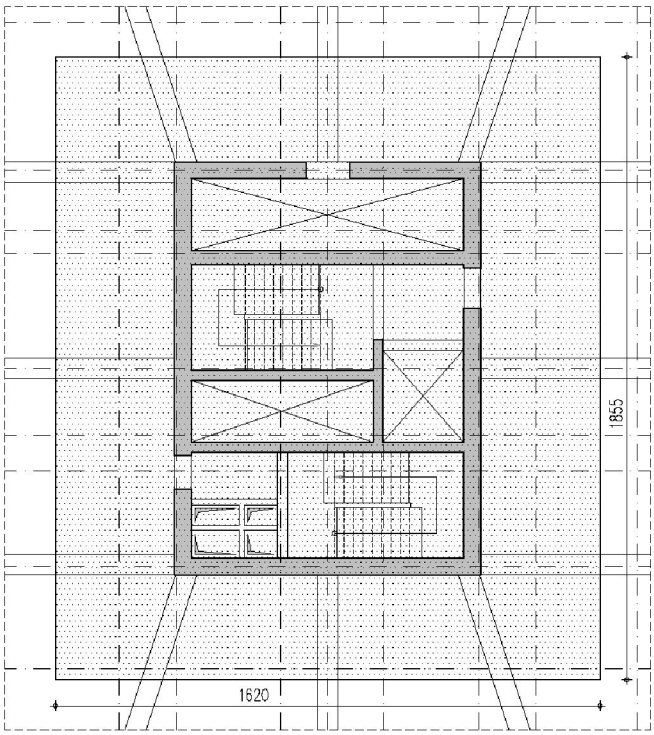
KAT	Kat Kotu	Mimari Kot	1.4G+1.6Q	$A_c >= N_{dm}/0.9*f_{cd}$ (m2) (minumum gerekli alan)	Tip 1 Seçilen Kolon Boyutu	Seçilen Kolon Alanı (m2)	Tip 2 Seçilen Kolon Boyutu	Seçilen Kolon Alanı (m2)
KAT 25	96.74	79.70	740	0.025	90/90	0.81	50/180	0.90
KAT 24	93.69	76.65	1486	0.050	90/90	0.81	50/180	0.90
KAT 23	90.64	73.60	2232	0.074	90/90	0.81	50/180	0.90
KAT 22	87.59	70.55	2978	0.099	90/90	0.81	50/180	0.90
KAT 21	84.54	67.50	3724	0.124	90/90	0.81	50/180	0.90
KAT 20	81.49	64.45	4470	0.149	90/90	0.81	50/180	0.90
KAT 19	78.44	61.40	5216	0.174	90/90	0.81	50/180	0.90
KAT 18	75.39	58.35	5962	0.199	90/90	0.81	50/180	0.90
KAT 17	72.34	55.30	6708	0.224	90/90	0.81	50/180	0.90
KAT 16	69.29	52.25	7454	0.249	90/90	0.81	50/180	0.90
KAT 15	66.24	49.20	8200	0.274	90/90	0.81	50/180	0.90
KAT 14	63.19	46.15	8946	0.299	100/100	1.00	60/180	1.08
KAT 13	60.14	43.10	9692	0.324	100/100	1.00	60/180	1.08
KAT 12	57.09	40.05	10438	0.349	100/100	1.00	60/180	1.08
KAT 11	54.04	37.00	11184	0.374	100/100	1.00	60/180	1.08
KAT 10	50.99	33.95	11930	0.399	100/100	1.00	60/180	1.08
KAT 9	47.94	30.90	12676	0.428	100/100	1.00	60/180	1.08
KAT 8	44.89	27.85	13422	0.448	100/100	1.00	60/180	1.08
KAT 7	41.84	24.80	14168	0.473	100/100	1.00	60/180	1.08
KAT 6	38.79	21.75	14914	0.498	100/100	1.00	60/180	1.08
KAT 5	35.74	18.70	15660	0.523	100/100	1.00	60/180	1.08
KAT 4	32.69	15.65	16406	0.548	120/120	1.44	60/200	1.20
KAT 3	29.64	12.60	17152	0.573	120/120	1.44	60/200	1.20
KAT 2	26.59	9.55	17898	0.598	120/120	1.44	60/200	1.20
KAT 1	23.54	6.50	18644	0.623	120/120	1.44	60/200	1.20
Zemin Kat	20.49	3.45	19390	0.648	120/120	1.44	60/200	1.20
1. Bod Kat	17.04	0.00	20136	0.673	120/120	1.44	60/200	1.20
2. Bod Kat	12.00	-5.04	20882	0.698	120/120	1.44	60/200	1.20
3. Bod Kat	9.00	-8.04	21628	0.723	120/120	1.44	60/200	1.20
4. Bod Kat	6.00	-11.04	22374	0.748	120/120	1.44	60/200	1.20
5. Bod Kat	3.00	-14.04	23120	0.773	120/120	1.44	60/200	1.20
Temel üstü	0.00	17.04						

3.7.4 Perdelerin Ön Boyutlandırılması

TBDY-2018 7.6 başlığı altında perde en kesit koşulları verilmiştir. Bir elemana perde denilebilmesi için uzun kenarının kısa kenara oranı 6 olmalıdır. TS 498'e göre hareketli yükler için yük azaltma katsayıları dikkate alınarak, G + Q + E altında eksenel basınç kuvvetlerinin en büyüğü olmak üzere,

$A_c \geq N_{dm} / (0.35 f_{ck})$

koşulunu sağlaması gerekmektedir. TS500'de ise perde en kesit şartları ile ilgili bir bahis olmamakla birlikte ön boyutlama yapılması için G+Q yükleri ile eksenel yüklerin beton basınç dayanımına oranı hesaplanabilir. Bu hesaplama için perde kalınlığı temel seviyesinde 60cm olarak kabul edilmiştir (Şekil 3-20).



Şekil 3.20 Perdelerin yük aldığı alan.

Kulenin Çatı katından perdeye gelen yükler.

Döşeme betonunun kendi ağırlığı :16.20 x 18.55x 0.20 x 25 = 1502.55 kN

Kirişlerin ağırlıklarından (seçilen) :0.60 x 0.70 x 45.00 x 25= 472.50 kN

Perdenin ağırlığından (öngörülen) :30.93m^2 x 3.00 x 25 = 2319.75 kN

Tablo 3.6'da analizi yapılan yükler	: 16.20 x 18.55x 5.00 =	1502.55 kN
Toplam zati yük **G**		5797.35 kN
Haraketli yüklerden kolona gelen yükler	**Q** = 16.20 x 18.55 x 1 =	300.51 kN
Çatı katı için	N_d=1.4G+1.6Q = 1.4 * 5797.35 + 1.6 * 300.51 =	8597.10 kN
Kulenin Normal katlarından perdeye gelen yükler.		
Döşeme betonunun kendi ağırlığı	:16.20 x 18.55x 0.20 x 25 =	1502.55 kN
Kirişlerin ağırlıklarından (seçilen)	:0.60 x 0.70 x 45.00 x 25=	472.50 kN
Perdenin ağırlığından (öngörülen)	:30.93 x 3.05 x 25 =	2358.41 kN
Tablo 3.4'da analizi yapılan yükler	: 16.20 x 18.55x 4.00 =	1202.04 kN
Toplam zati yük **G**		5535.50 kN
Haraketli yüklerden kolona gelen yükler	**Q** = 16.20 x 18.55 x 2 =	601.02 kN
Normal Katlar	N_d=1.4G+1.6Q = 1.4 x 5535.50 + 1.6 x 601.20 =	8711.33 kN

Perdelerin temel yüzeyine 8711x30+8597 = 269.927,00 kN yük geleceği hesaplanmıştır.

$A_c \geq N_{dm} / (0.35\, f_{ck})$

$0.35 \geq N_{dm} / (A_c\, f_{ck})$

269.927 kN / (30.93 m^2 x 50.000 kN/m^2) = 0.174 ≤ 0.35

G ve Q düşey yüklerinden oluşan eksenel kuvvetin temel yüzeyinde hesaplanan değerinin, betonun karakteristik basınç gerilmesine oranı, izin verilen 0.35 değerinin altında kaldığı görülmektedir. Bu yalnızca ön boyutlama olduğundan analiz kısımlarında perde şartları TBDY koşulları çerçevesinde kaldığı da gösterilecektir.

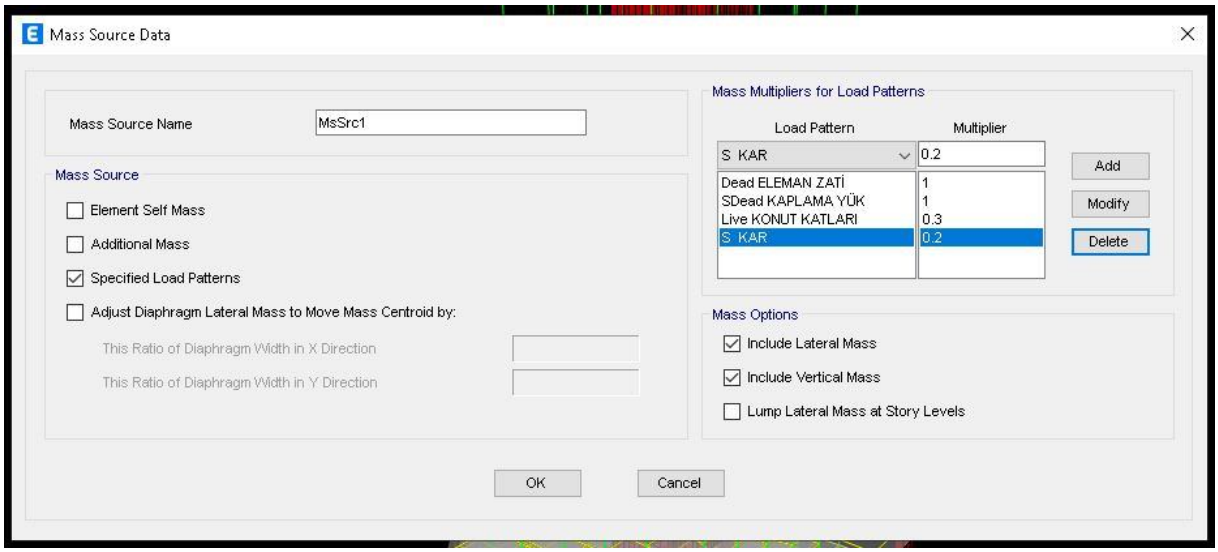
3.8 İNCELENEN YAPININ ANALİZLERİ

3.8.1 Modelin oluşturulması

İncelenen yapı yüksek yapı sınıfında olduğu ve Tablo 3-18'de özetlendiği şekilde, Tasarım I - ön tasarım- aşaması için, DD-2 deprem yer hareketi düzeyinde mod birleştirme yöntemi kullanılmıştır. Tasarım I aşamasında ETABS 19 programı kullanılmıştır.

Kiriş ve kolonlar TBDY 4.5.2.1'e göre çubuk sonlu eleman olarak modellenmiştir. Perdeler TBDY 4.5.3 teki koşulları göz önüne alınarak ve döşemelerde etabs menüsünde bulunan Shell-thin elemanı seçilmiştir. Menülerde bulunan membran ve Shell seçenekleri arasında farklar

vardır. Membran eleman seçildiğinde tüm yüklerin döşemelerden kirişlere akması sağlanırken shell seçeneği, yönetmeliğinde istediği döşemenin kendi rijitliğini de dikkate alması, düzlem içi ve düzlem dışı yer değiştirmeleri de içerdiğinden kontrol ve tasarım yapma imkanı sunar. Çekirdek perde ve toprak perdeleri de bu şekilde tanımlanmıştır. Hesaplama adımlarında analizinde hızlı olması açısından ilk önce membran olarak tanımlama yapılıp yüklerin aktarılmasını sağlayarak kontrollerin hızlı yapılması sağlanabilir ki, sonrasında analiz hesaplarının sonlanması ve tasarım için perde ve döşemelerin shell ile tanımlanması zorunludur. Tez kapsamında incelenen yapı kirişli döşeme sistemi ile tasarlandığı için döşemeler kendi düzlemi içinde TBDY 4.5.6'ya göre rijit diyafram olarak tanımlanmıştır. Yük kombinasyonlarında kullanılacak olan yük katılım katsayıları da bu menüde verilmiştir(Şekil 3-21). Modelleme tamamlandığında perdelerin ve döşemelerin sonlu elemanlar mantığı çerçevesinde meshlenmesi gerekmektedir. Perdeler düşeyde 1.00~1.25 metre parçalara bölünmüş düşeyde ise auto mesh özelliği kullanılarak programın her katta 3 parçaya bölmesi sağlanmıştır. Döşemeler modellenirken perdelerin bölünmüş her parçasında oluşan düğüm noktalarını tutması sağlanmıştır. Döşemelerin meshlenmesini sağlamak için automesh özelliği kullanılmış ve 1.00 metreden fazla meshe bölünmemesi sağlanmıştır. Döşemede otomatik olarak oluşturulan bu meshlerin özellikle perdelerdeki düğüm noktalarını tutmasını sağlamak için none elemanlar kullanılmıştır (Şekil 3-33, Şekil3.34).



Şekil 3.21 Kütle kaynağı yük katsayıları tanımlanması

3.8.2 Tasarım Aşaması I için İlkeler.

3.8.2.1 Taşıyıcı sistem Davranış ve Dayanım Fazlalığı Katsayısı

İncelenen yapının yükseklik sınıfı BYS=1 olduğu halde yönetmelik kapsamında taşıyıcı sistem davranış katsayısı için BYS ≥ 2 olan binalar tanımına giren davranış katsayıları kullanılacaktır (Tablo 3.22). Deprem etkileri x ve y yönünde betonarme çerçeve ve boşluklu perdeler tarafından karşılandığı için A14, R=8, dayanım fazlalığı katsayısı D=2.5 seçilmiştir. İlk analizlerden sonra perdelerin aldığı kesme kuvveti koşullarına göre R katsayısı tekrar hesaplanacaktır.

Tablo 3.22 : Taşıyıcı Davranış ve Dayanım Fazlalığı Katsayısı

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			
A1. Süneklik Düzeyi Yüksek Taşıyıcı Sistemler			
A11. Deprem etkilerinin tamamının moment aktaran *süneklik düzeyi yüksek* betonarme çerçevelerle karşılandığı binalar	8	3	BYS ≥ 3
A12. Deprem etkilerinin tamamının *süneklik düzeyi yüksek* bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdelerle karşılandığı binalar	7	2.5	BYS ≥ 2
A13. Deprem etkilerinin tamamının *süneklik düzeyi yüksek* boşluksuz betonarme perdelerle karşılandığı binalar	6	2.5	BYS ≥ 2
A14. Deprem etkilerinin moment aktaran *süneklik düzeyi yüksek* betonarme çerçeveler ile *süneklik düzeyi yüksek* bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz.**4.3.4.5**)	8	2.5	BYS ≥ 2
A15. Deprem etkilerinin moment aktaran *süneklik düzeyi yüksek* betonarme çerçeveler ile *süneklik düzeyi yüksek* boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz.**4.3.4.5**)	7	2.5	BYS ≥ 2
A16. Deprem etkilerinin tamamının çatı düzeyindeki bağlantıları mafsallı olan ve yüksekliği 12 m'yi geçmeyen *süneklik düzeyi yüksek* betonarme kolonlar tarafından karşılandığı tek katlı binalar	3	2	–

3.8.2.2 Malzeme Tanımları ve Etkin Kesit Rijitlikleri

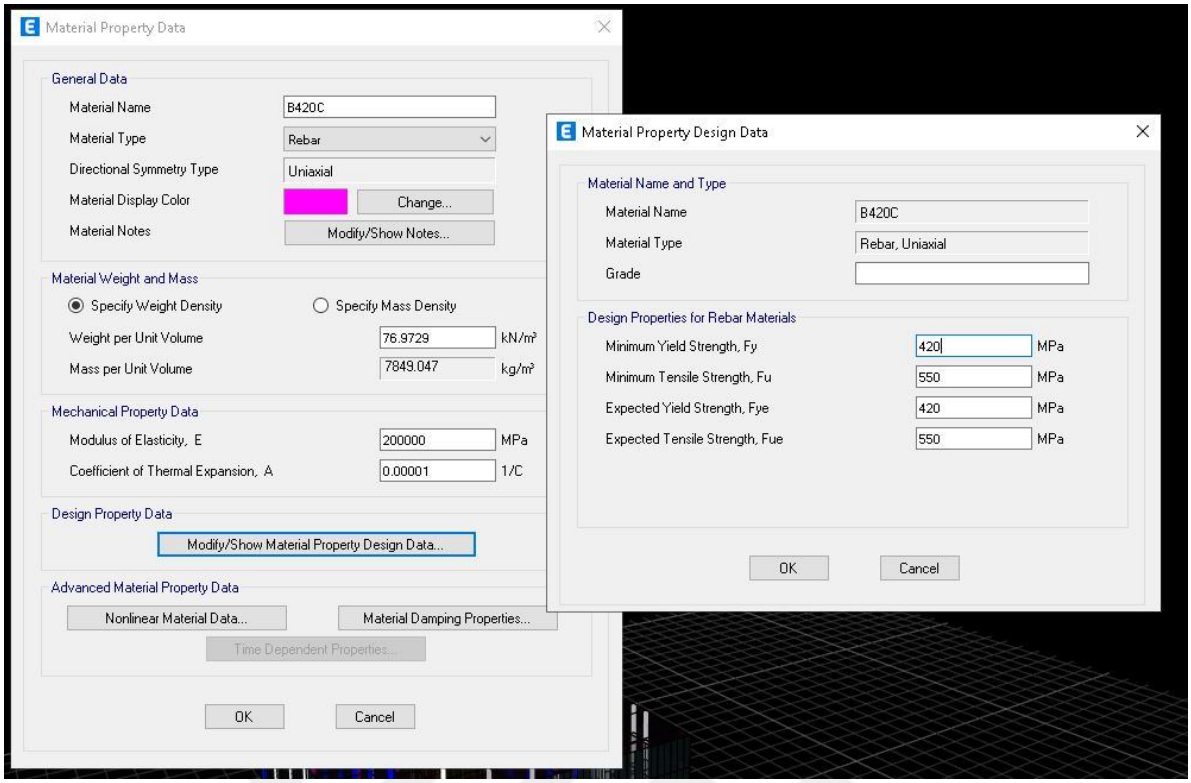
Betonarme yapıların analiz ve tasarımında elastik hesap yönteminin kullanılmaktadır. Ancak yapılar depremler altında elastik olmayan davranış göstermektedirler. Bu nedenle elastik olmayan davranışı yaklaşmak amacıyla kolon ve kiriş atalet momentleri azaltılmaktadır. Etkin

kesit rijitlikleri için yönetmeliklerde çeşitli formül ve katsayılar önerilmiştir (J.R. Pique ve M. Burgos 2008).

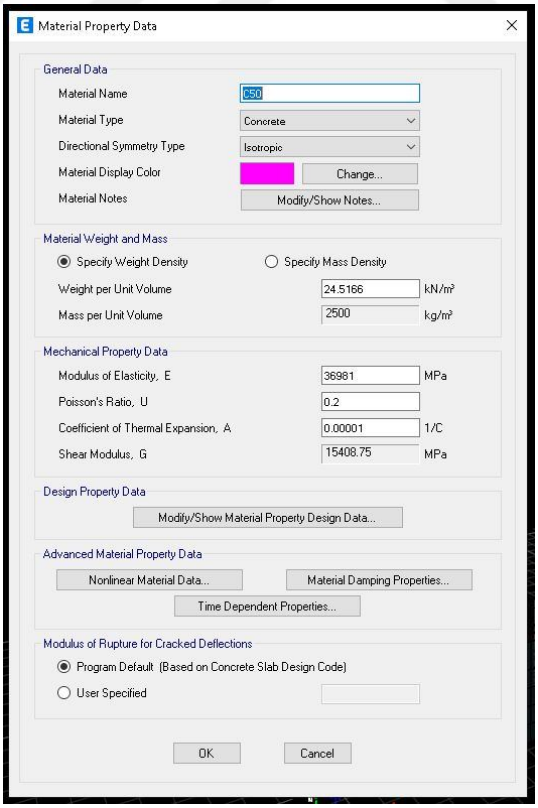
Tasarım ve hesaplamalarda elemanların rijitlikleri önemli bir faktördür. Elamanların rijitliği ne kadar fazla ise daha çok yük alır. Yapılan araştırmalarda ve çalışmalarda betonarme elemanların deprem altında gösterdiği rijitlik değerlerinin, tasarım aşamasında öngörülen rijitlik değerlerinden farklı olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle TBDY çatlamış kesite ait rijitliklerin alınmasını istemiştir. Buna ilave olarak yüksek bina sınıfına giren yapılarda ön tasarım olan Tasarım aşaması I ve Tasarım aşaması II de taşıyıcı elemanların rijitlik çarpanlarının ayrı olarak alınması koşulunu getirmiştir. Tasarım aşaması I için etkin kesit rijitlik çarpanları Tablo 3.23'de verilmiştir. Malzeme tanımları ve rijitlik çarpanları için yapılan veri giriş ekran görüntüleri Şekil 3-22~Şekil 3-29 arasında verilmiştir.

Tablo 3.23 : Betonarme Taşıyıcı Sistem Elemanlarının Etkin Kesit Rijitliği Çarpanları

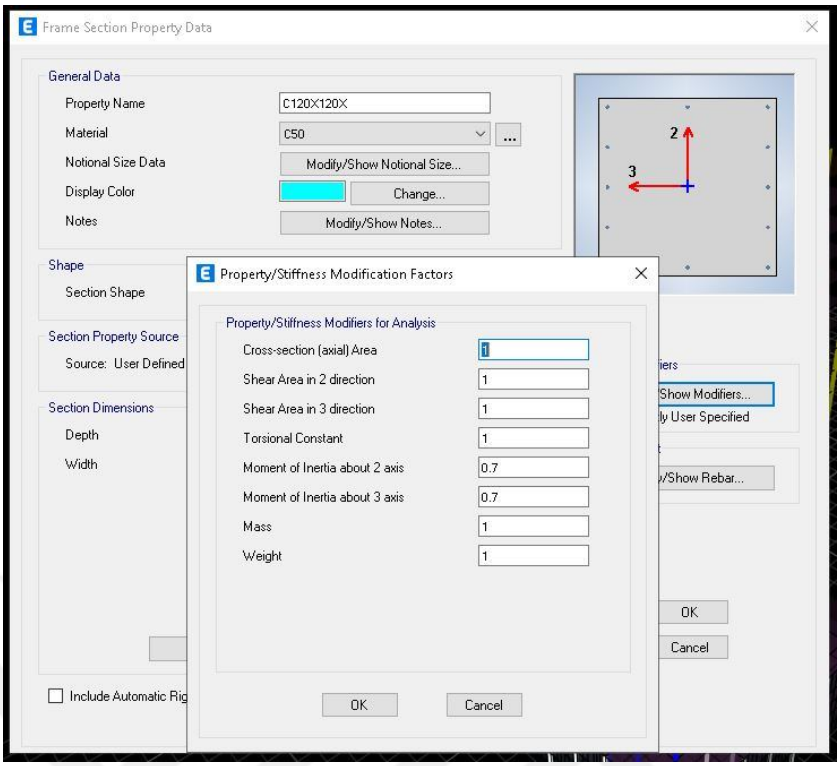
Betonarme Taşıyıcı Sistem Elemanı	Etkin Kesit Rijitliği Çarpanı	
Perde – Döşeme (Düzlem İçi)	***Eksenel***	***Kayma***
Perde	0.50	0.50
Bodrum perdesi	0.80	0.50
Döşeme	0.25	0.25
Perde – Döşeme (Düzlem Dışı)	***Eğilme***	***Kesme***
Perde	0.25	1.00
Bodrum perdesi	0.50	1.00
Döşeme	0.25	1.00
Çubuk eleman	***Eğilme***	***Kesme***
Bağ kirişi	0.15	1.00
Çerçeve kirişi	0.35	1.00
Çerçeve kolonu	0.70	1.00
Perde (eşdeğer çubuk)	0.50	0.50



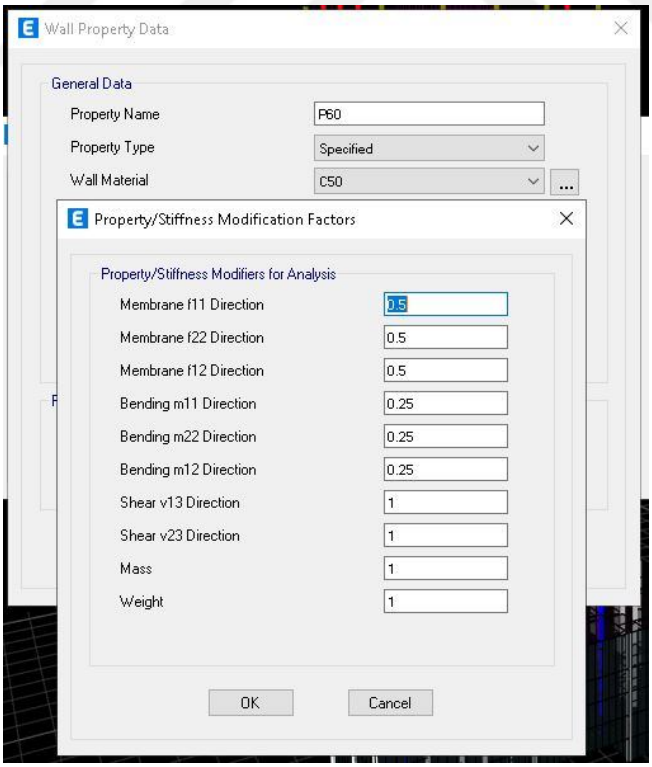
Şekil 3.22: Donatı özellikleri ekranı



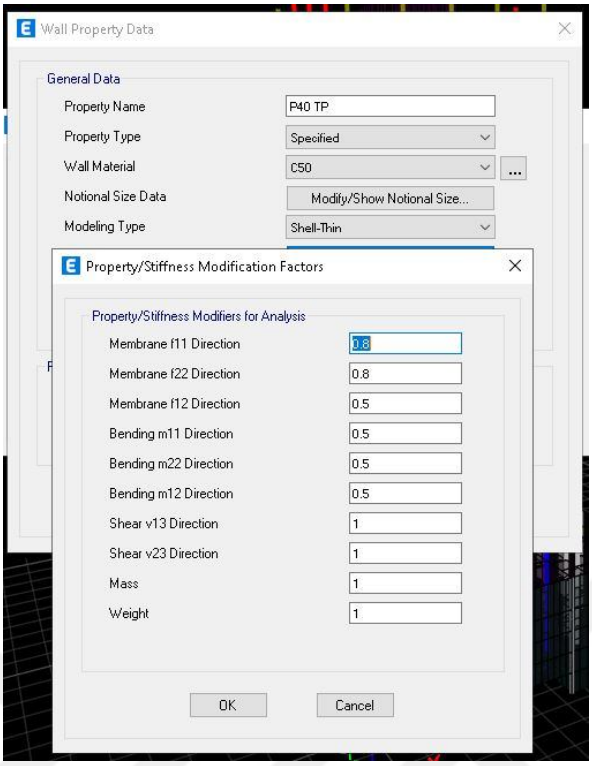
Şekil 3.23 : Beton Malzeme Tanım Ekranı



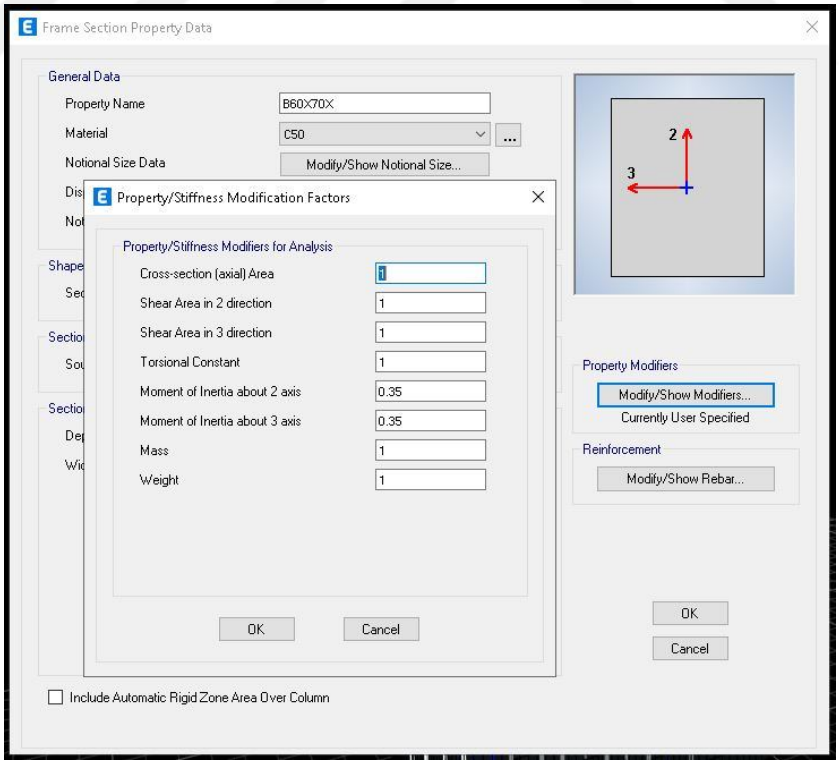
Şekil 3.24 : Kolon malzeme ve rijitlik çarpanları menüsü



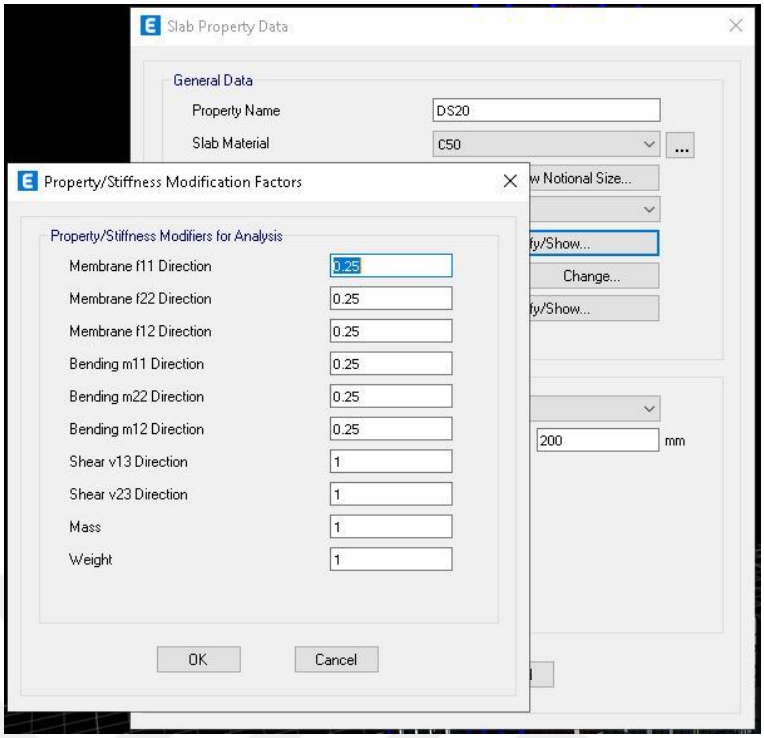
Şekil 3.25 : Çekirdek perdesi malzeme ve rijitlik çarpanları menüsü



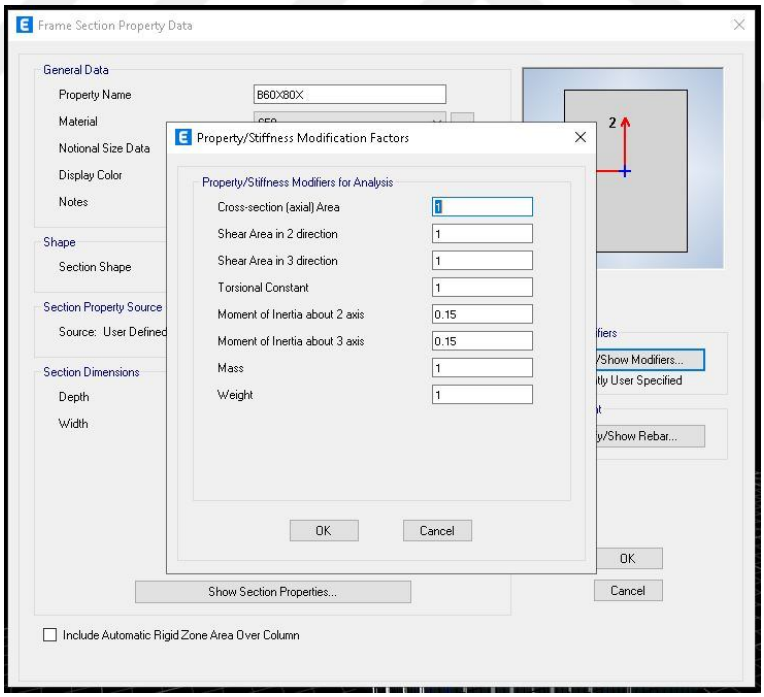
Şekil 3.26 : Toprak perdesi malzeme ve rijitlik çarpanları menüsü



Şekil 3.27 : Çerçeve kirişleri malzeme ve rijitlik çarpanları menüsü



Şekil 3.28 : Döşeme malzeme tanım ve rijitlik çarpanları menüsü



Şekil 3.29 : Bağ kirişi malzeme ve rijitlik çarpanları menüsü

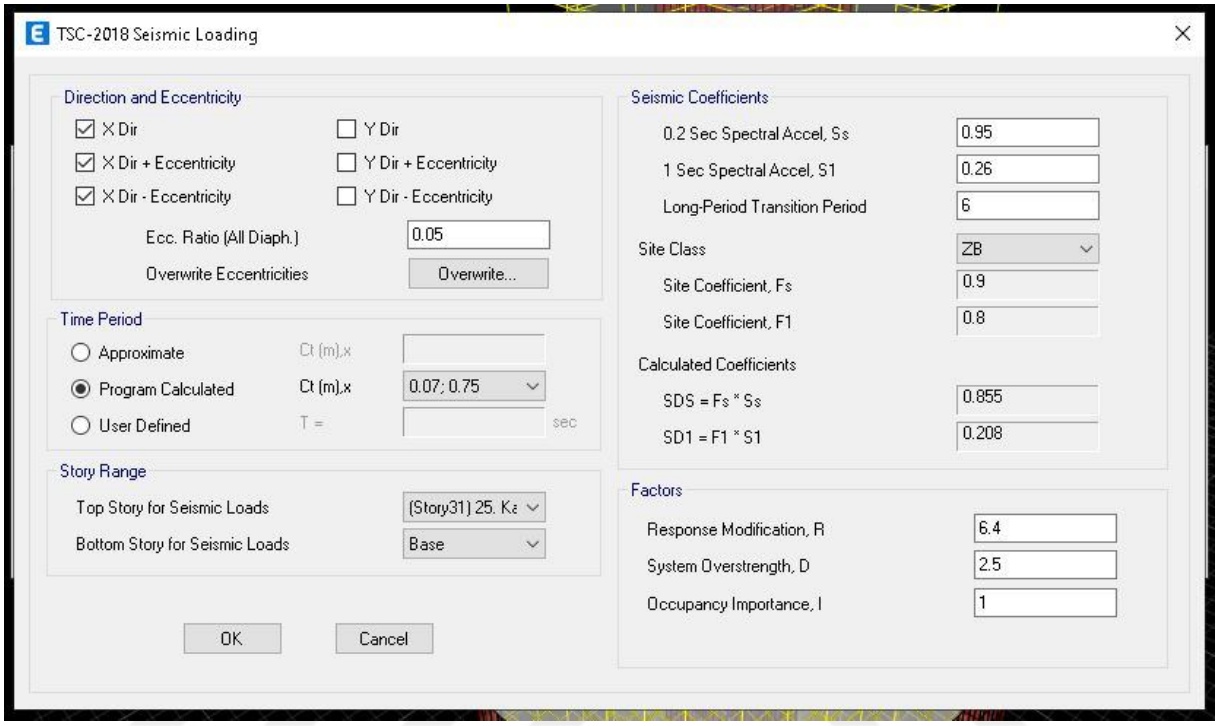
Tasarım aşaması I için R ve D katsayıları TBDY 13.4.3.2 de, yukarıda verilen Tablo 3-22 deki değerlerin kullanılmasını öngörmüştür. Etabs modeli oluşturulurken bu hususlar dikkate alınmış, kesit rijitlikleri ve malzeme tanımları yapılıp model oluşturulmuştur. Model oluşturulduktan sonra davranış spektrumu değerleri programa DD-2 yer hareketi düzeyinde X ve Y yönlerinde ±0.05 eksantirisiteli olacak şekilde girilmiştir. Ekran görüntüleri Şekil 3-29'da verilmiştir. TBDY 4.3.2.4'te davranış katsayısı kontrolünde aşağıda verilen 2 koşulun sağlanamaması durumunda R katsayısını 4/5 ile çarpılıp küçültülerek göz önüne alınmasını istemiştir. İlk analizden sonra devrilme momenti kontrolü Eşdeğer deprem yüküne göre yapılarak bu şartın sağlanıp sağlanmadığına bakılması gerekmektedir. İncelenen yapıda kenarlarda perde olmadığı için otomatik olarak 4/5 R şartına uygun olarak analiz yapılmış ve bina devrilme momenti ve perde kollarının devrilme momentleri kontrol edilmiştir.

a. Taşıyıcı sistemde bulundan tek bir perdenin a ldığı taban devrilme momenti MDEV, binanın toplam devrilme momentinin 1/3 'ünden fazla olmayacaktır.
b. Alınan doğrultuda binanın kenar akslarında bulunan perde ya da perdelerin devrilme momentlerinin toplamı, o doğrultuda binanın toplam devrilme momentinin 1/6'sından az olmayacaktır.

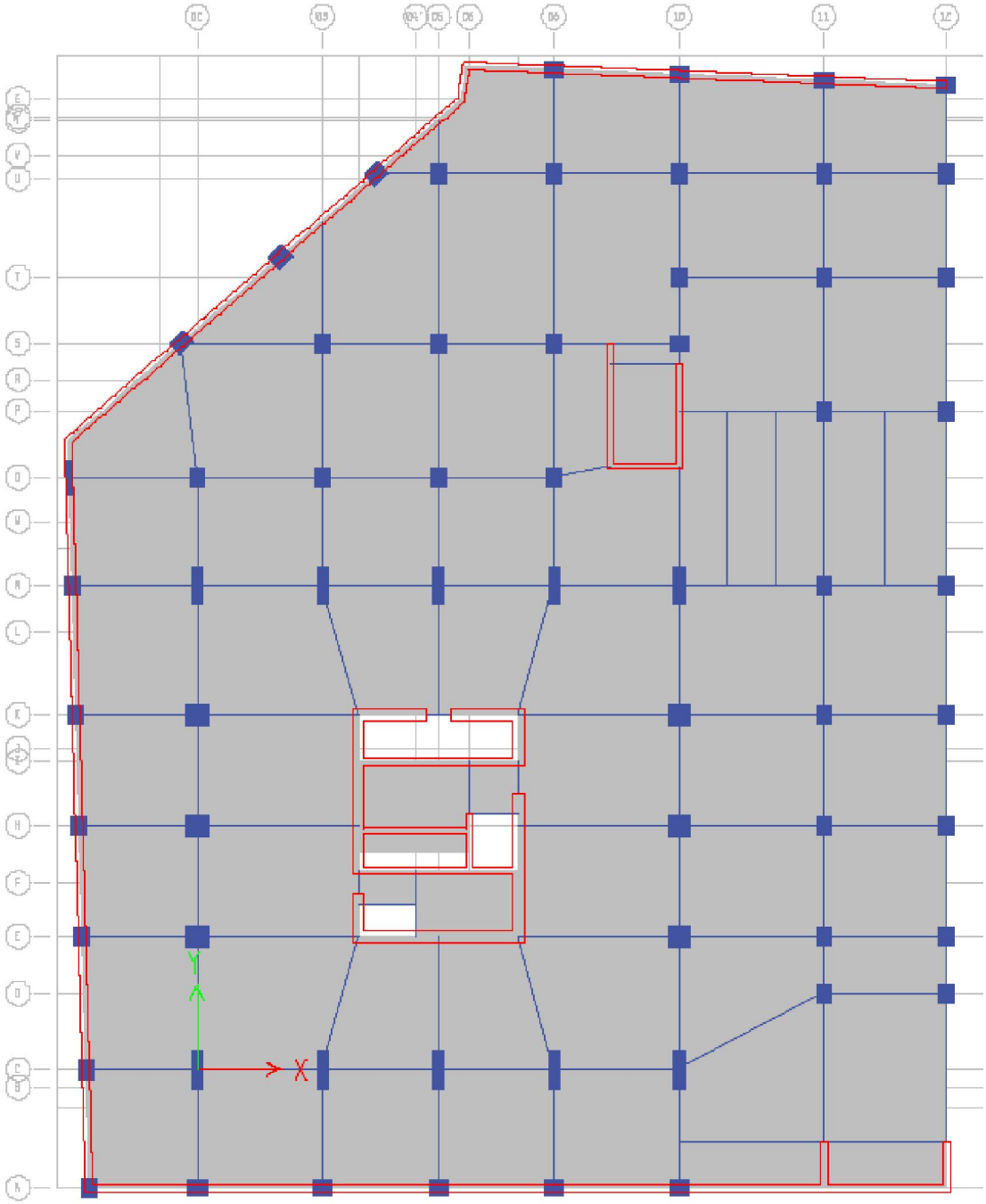
Model oluşturulduktan sonra spektrum değerleri girilirken göz önünde bulundurulması gereken diğer husus ise TBDY'nin bina hakim periyodunu sınırlamış olduğudur. TBDY 4.7.3.3 ve 4.7.3.4'e göre $T_P^{(x)}$ periyodu DTS=1 ve BYS=1 olduğu için , Denklem (3.12) ile verilen T_{pA} periyodunun 1.4 katından büyük olmayacaktır. Yönetmelik 4.7.3.4 (a) fıkrasında verilen Ct değeri, incelenen bina için her iki yönde de 0.07 alınmıştır. Etabs programında bu veri manuel olarak girilebildiği gibi programa da hesaplatılabilmektedir (Şekil 3.30). Formülde bulunan H_N değeri bina yüksekliğidir, bina yüksekliği tanımı ise yönetmelik 3.3 maddeleri altında verilmiştir özetlemek gerekirse, binanın bodrum kat olarak tasarlanan en az 3 cephesinin betonarme perde ile çevirili olması ve bodrum katlar dahil binanın tümü için hesaplanan doğal titreşim periyodunun, bodrum kütlelerini hesaba katmadan, zemin kat döşemesini dahil ederek yapılan hesapta bulunan doğal titreşim periyoduna oranının 1.1 den küçük olması durumudur. Bu koşullar sağlandığında H_N bina yüksekliği için bina taban kotu, bodrum toprak perdelerinin bittiği kot olarak alınabilir. İncelenen yapının 3 tarafı perde ile çevrili olup birinci şartı sağlamaktadır. İkinci koşul olan,

$$T_{p,tüm} \leq 1.1 T_{p,üst}$$

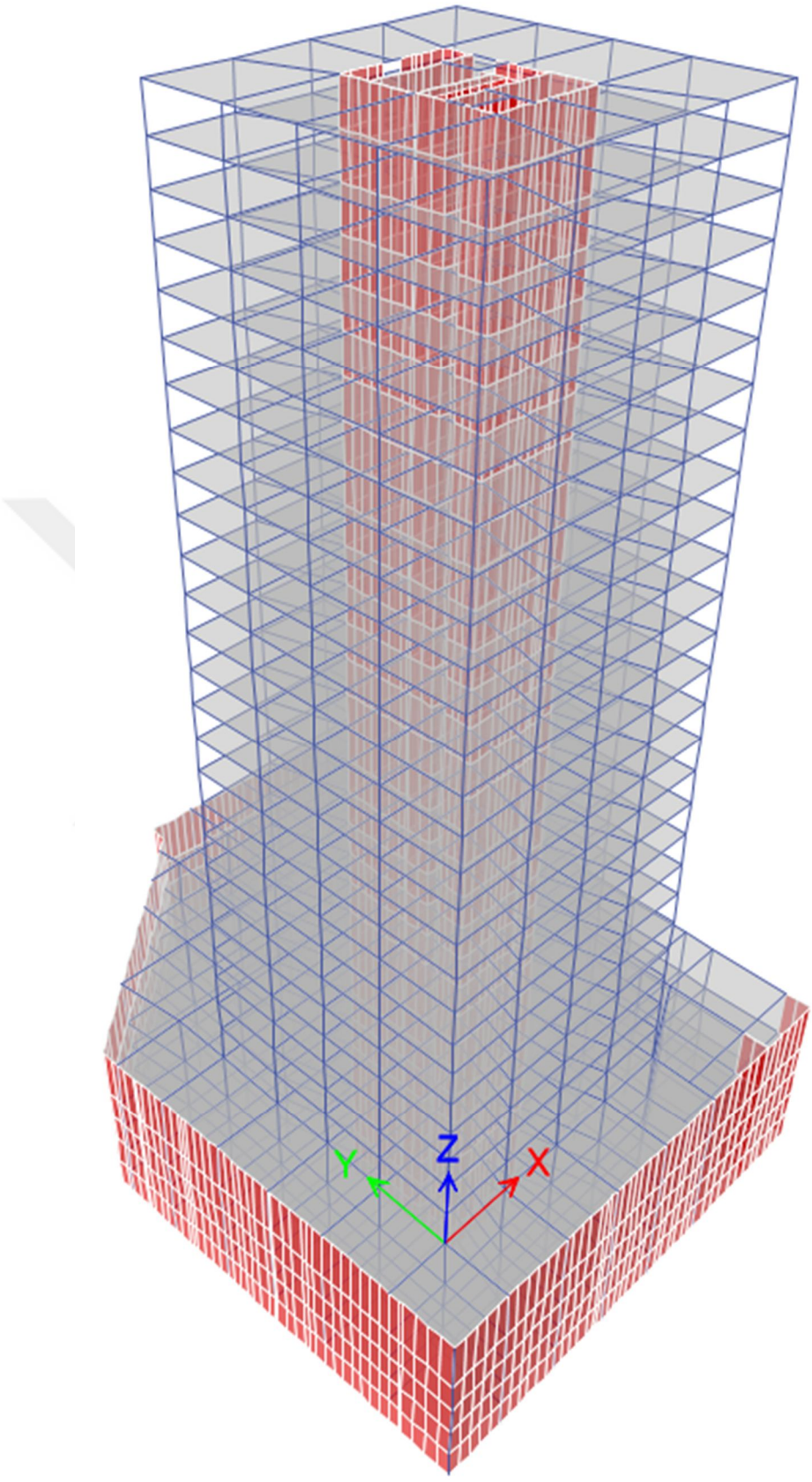
Şekil 3.31'de kat planı ve Şekil 3.32 de üç boyutlu olarak verilen modelin analizi ile hesaplanmıştır.



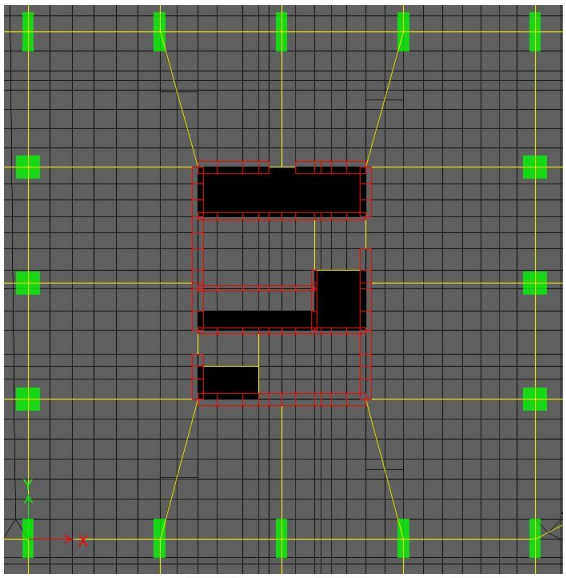
Şekil 3.30 : Deprem verilerinin tanımlanması



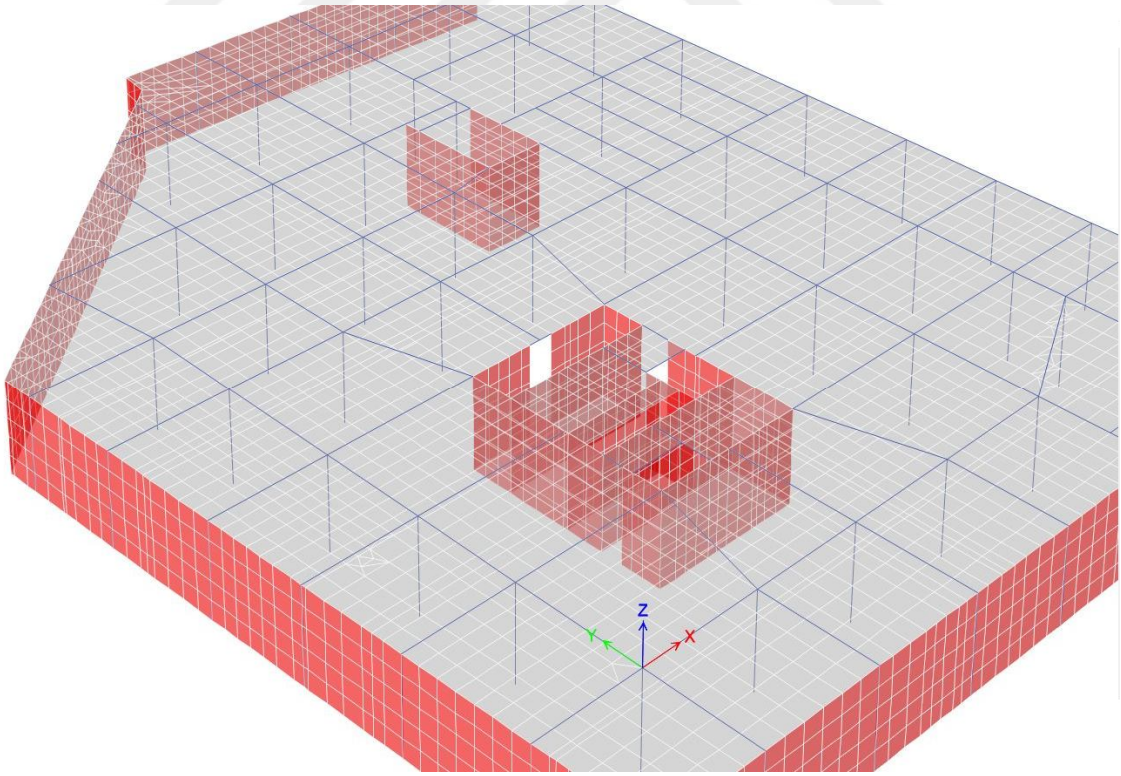
Şekil 3.31 : 5.bodrum kat Etabs modeli



Şekil 3.32 : Etabs bina 3D modeli



Şekil 3.33 : Döşeme meshleme



Şekil 3.34 : Perde meshleri ve döşemeler ile bağlantısı

Modelin ilk analizlerinde tüm bina yukarıda resmedildiği şekilde modellenmiş ve tüm binanın periyodu bulunmuş ikinci aşamada bodrum kat kütleleri hesaba katılmadan binanın üst kısmı için analiz yapılmış ve Tablo 3.24' verilen periyot değerleri elde edilmiştir.

Tablo 3.24 : Bina tabanı için periyotların analizi

Bodrum katlar ile tüm bina için hesaplanan periyotlar ($T_{p,tüm}$)				Bodrum Katlar Hariç üst bölüm için hesaplanan periyotlar ($T_{p,üst}$)				$T_{p,tüm}$ / $T_{p,üst}$
Mode	Periyot / sn	Ux (%)	Uy (%)	Mode	Periyot/ sn	Ux (%)	Uy (%)	
1	2.473	42.2	0	1	2.157	64	0	1.1465
2	2.254	0	44.1	2	1.915	0	64.8	1.1770

İlk analiz sonrasında yapının periyotları Tablo 3.24'te gösterildiği gibi hesaplanmıştır. Bu durumda TBDY 3.3.1 tanımına göre bina tabanı olarak temel üstü kotu alınacaktır.

$$T_{PA} = C_t * H_N^{\frac{3}{4}} \quad (3.12)$$

$T_{PA} = 0.07 * 96.74^{\frac{3}{4}} = 2.159$

$T_P^{(x)}$=1.4*2.159 =3.022 Sn

Modelin analizinde bulunan hakim titreşim periyodu 2.473 sn > $1.4 * T_{PA}$ olmaktadır.

Eşdeğer deprem yüklerinin tanımlanarak yapılan analiz ile sisteme gelen toplam devrilme momenti ile perdelere gelen devrilme momentleri bulunmuştur. TBDY, madde 4.3.4.5'te perdelerin karşılaması gereken devrilme momentinin, binaya gelen toplam devrilme momentinin %40 ila %75 arasında kalmasını koşul olarak sunmuştur (Denklem 3.13)

$$0.40M_O < \Sigma M_{DEV} < 0.75M_O \quad (3.13)$$

Modelde Section cut tanımlanarak perde tabanları seçilmiş ve binanın toplam devrilme momenti ile oranları bulunmuştur (Tablo 3.25, Tablo 3.26).

Tablo 3.25 : Perde Tabanında oluşan momentler (M_{DEV})

Yük	Step	M2 kN-m	M3 kN-m
EQX	1	-106668.610	625858.498
EQX	2	-105985.229	623381.116
EQX	3	-107351.991	628335.880
EQY	1	671303.541	11061.300
EQY	2	670602.982	13502.529
EQY	3	672004.100	8620.072

Tablo 3.26: Bina devrilme momenti (M_O)

D.Yönü	Step	*M*x kN-m	*M*y kN-m	*M*z kN-m
EQX	1	0.00	-1183017.00	230149.78
EQX	2	0.00	-1183017.00	251520.36
EQX	3	0.00	-1183017.00	208779.20
EQY	1	1183016.99	0.00	-225614.82
EQY	2	1183016.99	0.00	-246267.07
EQY	3	1183016.99	0.00	-204962.58

x-x yönü kontrolü :

$$\frac{M_{DEV}}{M_O} = \frac{M_3}{M_X} = \frac{623381.116}{1183017} = 0.527 = \%52$$

y-y yönü kontrolü :

$$\frac{M_{DEV}}{M_O} = \frac{M_2}{M_y} = \frac{670602.982}{1183016.99} = 0.566 = \%57$$

Perdelerin TBDY 4.3.4.5 şartını karşıladığı ve %57 oranında olduğu görülmektedir. Yönetmelik kapsamında deprem yükleri çerçeve ve perdeler ile karşılanmaktadır.

3.8.3 İncelenen Yapı Düzensizlik Kontrolleri

Yönetmelik, deprem yükleri ile taşıyıcı sistemde oluşan iç kuvvetleri ve gerilmeleri yapının güvenle taşıyabilmesi için, yapının belirlenmiş kriterlerde, yatay ve düşey eksenlerde belirli oranlarda düzenli olması gerektiğini belirtmiştir. Bu kriterler için eşdeğer yük ile yapılan analizlerden elde edilen sonuçların kullanılarak kontrollerin yapılmasını koşul olarak Sunmuştur. Bu düzensizlikler A1,A2,A3 Ve B1,B2,B3 Düzensizlikleridir.

3.8.3.1 İncelenen Yapı A1 Düzensilik Kontrolü

A1 düzensizliği *Burulma düzensizliğidir* ve deprem hesabının seçimi aşamasında rolü olan düzensizlik durumlarındandır. X ve y yönü deprem yönleri için seçilen katta en büyük göreli kat ötelemesinin, ortalama göreli kat ötelemesine oranıdır. Model analizi sonuçlarında her katta bulunan noktaların (joint) alt katına göre göreli kat ötelemeleri, seçilen noktaların ötelenme farkı alınarak bulunabildiği gibi ayrıca story drift tablosu altında hesaplanmış olarak ta verilmektedir. TBDY 3.6 maddesi altında verilen A1 burulma düzensizliği denklem (3.14) ile hesaplanmış ve Tablo 3.27 de sunulmuştur.

$$n_{bi=} \left(\Delta_i^{(x)}\right)_{max} \; / \; \left(\Delta_i^{(x)}\right)_{ort} \; > \; 1.2 \; ise \; burulma \; düzensizliği \qquad (3.14)$$

Deprem doğrultusunda i. katta ve i+1 . katta, katların birbirlerine göre yer değiştirmelerin minumu $(\Delta_i^{(x)})_{min}$, maksimumu ise $(\Delta_i^{(x)})_{max}$ olmaktadır. $(\Delta_i^{(x)})_{ort}$ Denklem 3.15 ile hesaplanacaktır.

$$(\Delta_i^{(x)})_{ort} = \frac{1}{2}\left[(\Delta_i^{(x)})_{max} + (\Delta_i^{(x)})_{min}\right] \quad (3.15)$$

Tablo 3.27: A1 Burulma Düzensizliği Kontrolü

		X-X			*Y-Y*		
Kat	Step	$(\Delta_i^{(x)})_{max}$	$(\Delta_i^{(x)})_{ort}$	n_{bi}	$(\Delta_i^{(x)})_{max}$	$(\Delta_i^{(x)})_{ort}$	n_{bi}
25. N.Kat	1	7.778	7.734	1.006	5.772	5.704	1.012
25. N.Kat	2	7.953	7.738	1.028	5.949	5.710	1.042
25. N.Kat	3	7.856	7.729	1.016	5.801	5.698	1.018
24. N.Kat	1	7.903	7.842	1.008	5.921	5.841	1.014
24. N.Kat	2	8.097	7.848	1.032	6.117	5.848	1.046
24. N.Kat	3	7.963	7.836	1.016	5.942	5.834	1.019
23. N.Kat	1	7.968	7.888	1.010	6.014	5.918	1.016
23. N.Kat	2	8.181	7.895	1.036	6.227	5.926	1.051
23. N.Kat	3	8.004	7.880	1.016	6.018	5.910	1.018
22. N.Kat	1	8.039	7.939	1.013	6.105	5.991	1.019
22. N.Kat	2	8.270	7.948	1.040	6.336	6.001	1.056
22. N.Kat	3	8.050	7.929	1.015	6.089	5.981	1.018
21. N.Kat	1	8.103	7.983	1.015	6.191	6.058	1.022
21. N.Kat	2	8.352	7.994	1.045	6.440	6.070	1.061
21. N.Kat	3	8.089	7.972	1.015	6.153	6.047	1.017
20. N.Kat	1	8.158	8.018	1.017	6.269	6.118	1.025
20. N.Kat	2	8.424	8.031	1.049	6.536	6.131	1.066
20. N.Kat	3	8.119	8.005	1.014	6.208	6.105	1.017
19. N.Kat	1	8.199	8.040	1.020	6.337	6.167	1.028
19. N.Kat	2	8.483	8.054	1.053	6.621	6.182	1.071
19. N.Kat	3	8.136	8.025	1.014	6.253	6.152	1.016
18. N.Kat	1	8.224	8.045	1.022	6.391	6.203	1.030
18. N.Kat	2	8.525	8.061	1.057	6.693	6.219	1.076
18. N.Kat	3	8.136	8.029	1.013	6.284	6.187	1.016
17.N.Kat	1	8.228	8.031	1.025	6.430	6.224	1.033
17.N.Kat	2	8.546	8.049	1.062	6.748	6.242	1.081
17.N.Kat	3	8.116	8.013	1.013	6.300	6.206	1.015
16. N.Kat	1	8.208	7.993	1.027	6.449	6.226	1.036
16. N.Kat	2	8.541	8.012	1.066	6.782	6.246	1.086
16. N.Kat	3	8.071	7.973	1.012	6.298	6.207	1.015

15. N.Kat	1	8.173	7.937	1.030	6.442	6.204	1.038
15. N.Kat	2	8.517	7.957	1.070	6.787	6.225	1.090
15. N.Kat	3	8.003	7.916	1.011	6.269	6.183	1.014
14. N.Kat	1	8.070	7.812	1.033	6.348	6.105	1.040
14. N.Kat	2	8.412	7.835	1.074	6.690	6.128	1.092
14. N.Kat	3	7.850	7.789	1.008	6.158	6.082	1.012
13. N.Kat	1	7.993	7.719	1.036	6.311	6.055	1.042
13. N.Kat	2	8.344	7.743	1.078	6.661	6.079	1.096
13. N.Kat	3	7.747	7.695	1.007	6.102	6.031	1.012
12.N.Kat	1	7.878	7.588	1.038	6.258	5.990	1.045
12.N.Kat	2	8.238	7.614	1.082	6.619	6.015	1.100
12.N.Kat	3	7.609	7.563	1.006	6.031	5.965	1.011
11. N.Kat	1	7.733	7.428	1.041	6.185	5.904	1.048
11. N.Kat	2	8.103	7.454	1.087	6.555	5.930	1.105
11. N.Kat	3	7.440	7.401	1.005	5.941	5.878	1.011
10. N.Kat	1	7.553	7.233	1.044	6.087	5.796	1.050
10. N.Kat	2	7.933	7.261	1.093	6.466	5.823	1.110
10. N.Kat	3	7.235	7.205	1.004	5.829	5.769	1.010
9. N.Kat	1	7.337	7.001	1.048	5.962	5.662	1.053
9. N.Kat	2	7.724	7.030	1.099	6.348	5.690	1.116
9. N.Kat	3	6.993	6.972	1.003	5.692	5.634	1.010
8. N.Kat	1	7.080	6.729	1.052	5.806	5.500	1.056
8. N.Kat	2	7.473	6.759	1.106	6.198	5.528	1.121
8. N.Kat	3	6.710	6.699	1.002	5.528	5.471	1.010
7. N.Kat	1	6.779	6.414	1.057	5.615	5.306	1.058
7. N.Kat	2	7.176	6.445	1.113	6.010	5.335	1.127
7. N.Kat	3	6.383	6.383	1.000	5.334	5.277	1.011
6. N.Kat	1	6.429	6.052	1.062	5.383	5.076	1.061
6. N.Kat	2	6.827	6.084	1.122	5.778	5.105	1.132
6. N.Kat	3	6.031	6.020	1.002	5.106	5.047	1.012
5. N.Kat	1	6.025	5.639	1.068	5.095	4.796	1.062
5. N.Kat	2	6.418	5.671	1.132	5.484	4.824	1.137
5. N.Kat	3	5.632	5.607	1.005	4.829	4.767	1.013
4. N.Kat	1	5.561	5.176	1.074	4.721	4.439	1.063
4. N.Kat	2	5.935	5.209	1.139	5.090	4.467	1.139
4. N.Kat	3	5.188	5.143	1.009	4.470	4.411	1.014
3. N.Kat	1	5.092	4.727	1.077	4.398	4.130	1.065
3. N.Kat	2	5.452	4.759	1.146	4.754	4.157	1.144
3. N.Kat	3	4.731	4.696	1.008	4.165	4.103	1.015
2.N.Kat	1	4.525	4.209	1.075	4.011	3.766	1.065
2.N.Kat	2	4.867	4.239	1.148	4.349	3.791	1.147
2.N.Kat	3	4.184	4.180	1.001	3.809	3.742	1.018
1.N.Kat	1	3.852	3.627	1.062	3.536	3.324	1.064

1.N.Kat	2	4.161	3.652	1.139	3.841	3.346	1.148
1.N.Kat	3	3.662	3.603	1.016	3.376	3.303	1.022
ZEM	1	3.255	3.175	1.025	3.133	2.939	1.066
ZEM	2	3.508	3.192	1.099	3.387	2.958	1.145
ZEM	3	3.314	3.158	1.049	2.964	2.921	1.015
1.BOD	1	1.262	1.026	1.230	2.121	1.623	1.307
1.BOD	2	1.244	1.033	1.205	2.160	1.643	1.315
1.BOD	3	1.280	1.020	1.256	2.081	1.602	1.299
2.BOD	1	0.508	0.412	1.231	0.915	0.693	1.321
2.BOD	2	0.499	0.414	1.205	0.932	0.701	1.328
2.BOD	3	0.517	0.411	1.258	0.898	0.684	1.313
3.BOD	1	0.398	0.325	1.224	0.744	0.566	1.313
3.BOD	2	0.389	0.326	1.192	0.759	0.574	1.322
3.BOD	3	0.406	0.323	1.256	0.728	0.559	1.303
4.BOD	1	0.297	0.245	1.212	0.566	0.435	1.303
4.BOD	2	0.290	0.247	1.174	0.579	0.441	1.315
4.BOD	3	0.305	0.244	1.251	0.553	0.428	1.291
5.BOD	1	0.182	0.150	1.215	0.300	0.237	1.264
5.BOD	2	0.177	0.151	1.169	0.308	0.240	1.281
5.BOD	3	0.188	0.149	1.262	0.291	0.234	1.245

Tabloda 1.2'yi geçen değerler olduğu gözükmektedir. İncelenen yapıda burulma düzensizliği vardır.

3.8.3.2 İncelenen Yapı A2 Düzensizliği Kontrolü

A2 tipi düzensizlik durumu yönetmelikte 3 başlık altında sınıflandırılmıştır bunlar:

a. Planda bulunan boşluk alanlarının toplamı kat alanının 1/3'ünden fazla olması,
b. Deprem yüklerinin aktarılmasını zorlaştıran döşeme boşluklarının olması,
c. Döşemelerin rijitliğinde azalmaların olması,

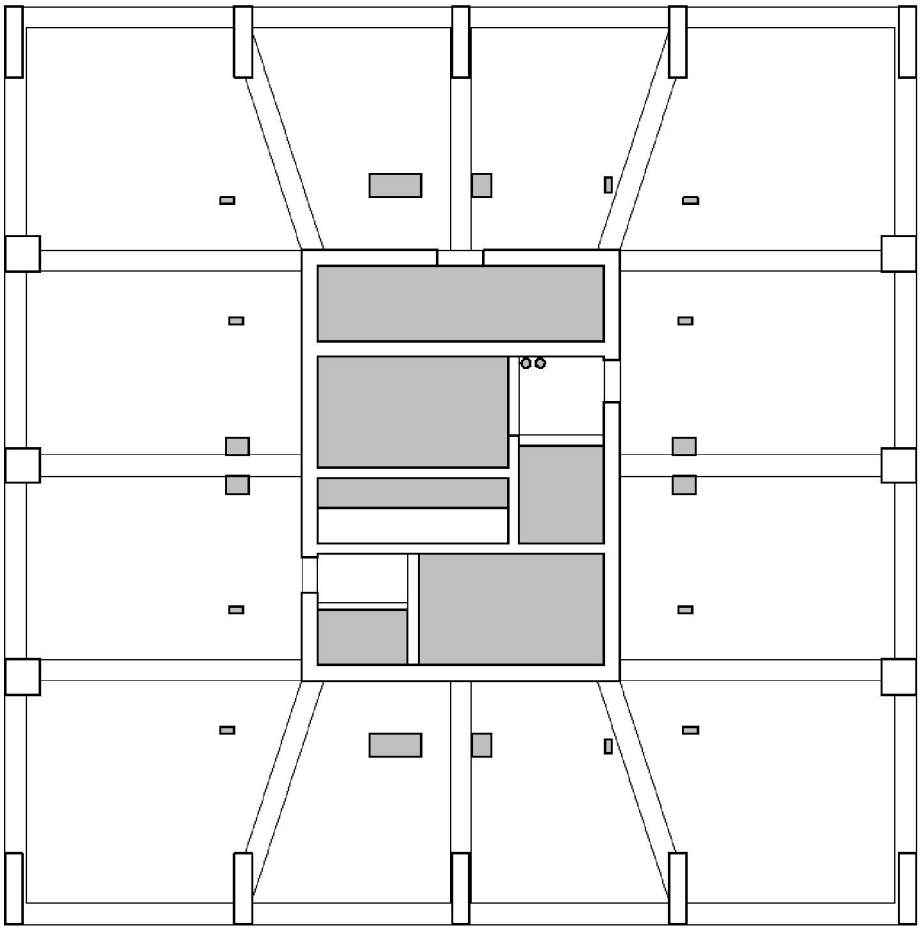
İncelenen yapının normal katlarındaki boşluk alanları cad ortamında hesaplanmıştır (Şekil 3.35).

Planda hesaplanan boşluk alanı = 71.00 m^2

Kat Alanı / 3 = 670.80 m^2 /3 = 223.60 > 71.00 m^2 (uygundur)

Bodrum katlarda ise bulunan boşluk alanları da normal katlarda bulunan boşluk alanları ile aynı olduğundan hesap edilmesine gerek duyulmamıştır. Diğer b ve c maddelerinde bahsedilen düzensizlikler incelenen yapıda bulunmamaktadır. Döşeme kotlarında bir değişiklik yada büyük boşluklar bulunmamaktadır. Bu tip düzensizliklerin olması durumunda, deprem

yüklerinin ı plandaki
bu tip düz



Şekil 3.35: Planda bulunan düzensizlikler

3.8.3.3 İncelenen Yapı A3 düzensizliği

Bodrum ve normal katlard herhangi bir çıkma olmadığı için A3 düzensizliği incelenen yapıda bulunmamaktadır.

3.8.3.4 İncelenen yapı B1 düzensizliği

İki deprem doğrultusu içinde hesaplanmak üzere, her bir kattaki kesme alanı ile üstündeki kesme alanının bir birine oranının 0.80 den küçük olması durumudur (Denklem 3.16).

$$n_{ci} = (\Sigma A_e)_i + (\Sigma A_e)_{i+1} < 0.80 \qquad (3.16)$$

Normal katların mimari planı aynı olduğundan kesme alanları değişmemiş fakat, kolon ve perde boyutları iki kez değiştirildiğinden bu katlarda kontrol kesme alanı kontrol edilmiştir. 4. ve 14. Kattan sonra yapılan boyut değişimlerine göre kesme alanı hesabı ve üst katına göre oranı Tablo 3.28'de sunulmuştur.

Tablo 3.28 : B1 Düzensizliği kontrolü

x-x yönü Kesme Alanı

	Kolonlar m^2	Perdeler m^2	Toplam Kesme alanı m^2	η_{ci}
15. kat kesme alanı	13.860	14.825	28.685	1.161
5. kat kesme alanı	16.800	16.495	33.295	1.165
4. kat kesme alanı	20.640	18.165	38.805	

y-y yönü Kesme Alanı

	Kolonlar m^2	Perdeler m^2	Toplam Kesme alanı m^2	η_{ci}
15. kat kesme alanı	13.860	9.965	23.825	1.217
5. kat kesme alanı	16.800	12.205	29.005	1.210
4. kat kesme alanı	20.640	14.445	35.085	

İncelenen yapıda B1 düzensizliği bulunmamaktadır.

3.8.3.5 İncelenen yapı B2 düzensizliği

Bodrum katlar dışında bulunan diğer katlarda hesaplanmak üzere, katların göreli kat ötelemesi oranının üst ve alt katlarında hesaplanan aynı orana bölündüğünde bölümün 2 yi geçmesi durumudur (Denklem 3.17).

$$\eta_{ki} = \left(\Delta_i^{(x)}/h_i\right)_{ort} / \left(\Delta_{i+1}^{(x)}/h_{i+1}\right)_{ort} > 2.0 \;\; veya \;, \qquad (3.17)$$

$$\eta_{ki} = \left(\Delta_i^{(x)}/h_i\right)_{ort} / \left(\Delta_{i-1}^{(x)}/h_{i-1}\right)_{ort} > 2.0$$

İncelenen yapının B2 düzensizliği kontrolü Tablo 3.29 ve Tablo 3.30'da sunulmuştur.

Tablo 3.29: *X-X* yönü B2 düzensizliği

Kat	$\Delta_{i,ort}^{(x)}$	Kat Yüksekliği m	$\left(\Delta_i^{(x)}/h_i\right)_{ort}$ / $\left(\Delta_{i+1}^{(x)}/h_{i+1}\right)_{ort}$	$\left(\Delta_i^{(x)}/h_i\right)_{ort}$ / $\left(\Delta_{i-1}^{(x)}/h_{i-1}\right)_{ort}$
25. Kat	7.734	3.05		0.986
24. Kat	7.842	3.05	1.014	0.994
23. Kat	7.888	3.05	1.006	0.994
22. Kat	7.939	3.05	1.006	0.994
21. Kat	7.983	3.05	1.006	0.996
20. Kat	8.018	3.05	1.004	0.997
19. Kat	8.040	3.05	1.003	0.999
18. Kat	8.045	3.05	1.001	1.002
17.Kat	8.031	3.05	0.998	1.005
16. Kat	7.993	3.05	0.995	1.007
15. Kat	7.937	3.05	0.993	1.016
14. Kat	7.812	3.05	0.984	1.012
13. Kat	7.719	3.05	0.988	1.017
12.Kat	7.588	3.05	0.983	1.022
11. Kat	7.428	3.05	0.979	1.027
10. Kat	7.233	3.05	0.974	1.033
9. Kat	7.001	3.05	0.968	1.040
8. Kat	6.729	3.05	0.961	1.049
7. Kat	6.414	3.05	0.953	1.060
6. Kat	6.052	3.05	0.944	1.073
5. Kat	5.639	3.05	0.932	1.089
4. Kat	5.176	3.05	0.918	1.095
3. Kat	4.727	3.05	0.913	1.123
2.Kat	4.209	3.05	0.890	1.160
1.KaT	3.627	3.05	0.862	1.292
ZEM	3.175	3.45	0.774	

Tablo 3.30: Y-Y yönü B2 düzensizliği

Kat	$\Delta_{i,ort}^{(x)}$	Kat Yüksekliği m	$\left(\Delta_i^{(x)}/h_i\right)_{ort}$ / $\left(\Delta_{i+1}^{(x)}/h_{i+1}\right)_{ort}$	$\left(\Delta_i^{(x)}/h_i\right)_{ort}$ / $\left(\Delta_{i-1}^{(x)}/h_{i-1}\right)_{ort}$
25. Kat	5.704	3.05		0.977
24. Kat	5.841	3.05	1.024	0.987
23. Kat	5.918	3.05	1.013	0.988
22. Kat	5.991	3.05	1.012	0.989
21. Kat	6.058	3.05	1.011	0.990
20. Kat	6.118	3.05	1.010	0.992
19. Kat	6.167	3.05	1.008	0.994

18. Kat	6.203	3.05	1.006	0.997
17.Kat	6.224	3.05	1.003	1.000
16. Kat	6.226	3.05	1.000	1.004
15. Kat	6.204	3.05	0.996	1.016
14. Kat	6.105	3.05	0.984	1.008
13. Kat	6.055	3.05	0.992	1.011
12.Kat	5.990	3.05	0.989	1.015
11. Kat	5.904	3.05	0.986	1.019
10. Kat	5.796	3.05	0.982	1.024
9. Kat	5.662	3.05	0.977	1.029
8. Kat	5.500	3.05	0.971	1.037
7. Kat	5.306	3.05	0.965	1.045
6. Kat	5.076	3.05	0.957	1.058
5. Kat	4.796	3.05	0.945	1.080
4. Kat	4.439	3.05	0.926	1.075
3. Kat	4.130	3.05	0.930	1.097
2.Kat	3.766	3.05	0.912	1.133
1.KaT	3.324	3.05	0.883	1.279
ZEM	2.939	3.45	0.782	

İncelenen yapıda B2 düzensizliği bulunmamıştır.

3.8.3.6 İncelenen Yapı B3 düzensizliği

İncelenen yapının düşey elemanlarında süreksizlik, ya da yer değiştirme olmadığından B3 düzensizliği yoktur.

3.8.4 Göreli Kat ötelemesi hesapları

Bir kolon yada perdenin yani düşey elemanların üst katına göre yada alt katına göre yer değiştirmesi olarak tanımlanabilir . TBDY de bu kontroller DD-3 yer hareketi düzeyine göre periyot değerleri de alınarak yapılmaktadır. Bu aşamada etkin göreli kat ötelemesi denklem 3.18 ile hesaplanacaktır.

$$\delta_i^{(x,y)} = R/I \ \Delta_i^{(x,y)} \tag{3.18}$$

Bu hesaplanan değerin en büyüğü denklem 3.19 da bulunacak olan değeri sağlaması gerekmektedir.

$$\lambda \ \frac{\delta_{\mathrm{i}}^{(\mathrm{x,y})}}{h_{\mathrm{i}}} \leq 0.008 \ \mathrm{K} \tag{3.19}$$

0.008 değeri yapıda bulunan bölme duvarlarının, cephe kaplamalarının taşıyıcı elemanlara elastik olarak bağlanmaması durumunda alınacak sınır değerdir. Esnek ve elastik bağlantı olması durumunda hesaplanan değer 0.016 olarak alınacaktır. Formülde bulunan Kappa değeri ise betonarme binalar için 1 olarak alınacaktır. İncelenen yapıda λ katsayısı, DD-2 ve DD-3 yer hareketi düzeylerinde elastik tasarım ivme spekturumlarında, binanın periyotuna karşılık değerlerinin bir birine oranı olarak alınmıştır (Denklem 3.20).

$$\lambda = \frac{S_{ae-DD3}(T_{\mathrm{px}})}{S_{ae-DD2}(T_{\mathrm{px}})} \tag{3.20}$$

Tablo 3.31: Spektrum değerleri (ilgili değer aralığı alınmıştır)

T (sn)	$S_{ae}(T)$ DD2	$S_{ae}(T)$ DD1	$S_{ae}(T)$ DD3	
0.0000	0.3420	0.5951	0.1379	
0.0100	0.4474	0.7759	0.1807	
0.0200	0.5529	0.9567	0.2236	
0.0300	0.6583	1.1375	0.2664	
0.0400	0.7637	1.3184	0.3093	
0.0487	**0.8550**	**1.4749**	**0.3447**	T_A
0.0500	0.8550	1.4877	0.3447	
0.0600	0.8550	1.4877	0.3447	
0.0700	0.8550	1.4877	0.3447	
0.0800	0.8550	1.4877	0.3447	
0.0900	0.8550	1.4877	0.3447	
0.1000	0.8550	1.4877	0.3447	
0.2000	0.8550	1.4877	0.3447	
0.2433	**0.8550**	**1.4877**	**0.3420**	T_B
0.3000	0.6933	1.2240	0.2773	
0.4000	0.5200	0.9180	0.2080	
0.5000	0.4160	0.7344	0.1664	
1.0000	0.2080	0.3672	0.0832	
1.5000	0.1387	0.2448	0.0555	
2.0000	0.1040	0.1836	0.0416	
2.1000	0.0990	0.1749	0.0396	
2.2000	0.0945	0.1669	0.0378	
2.2540	**0.0923**	**0.1629**	**0.0369**	T_{pY}
2.3000	0.0904	0.1597	0.0362	
2.4000	0.0867	0.1530	0.0347	
2.4730	**0.0841**	**0.1485**	**0.0336**	T_{pX}
2.5000	0.0832	0.1469	0.0333	
…	…	…	…	…

bina hakim periyoduna karşılık gelen değerler ile λ değeri hesaplanmıştır.

$$\lambda = \frac{S_{ae-DD3}(T_{px})}{S_{ae-DD2}(T_{px})} = \frac{0.0336}{2.4730} = 0.40$$ olarak bulunmuştur.

Hesaplanan bu değer ile etkin göreli kat ötelemeleri kontrolü Tablo 3.32'de sunulmuştur. Yönetmelik gereği incelenen yapı her iki yön ve eksantirisitede esnek derzsiz birleşime göre göreli kat ötelemesi şartını sağlamaktadır.

Tablo 3.32: Göreli kat ötelemesi kontrolü

X-X Yönü

Kat	Adım	$\frac{\Delta_i^{(x)}}{h}$	$\frac{R}{I}\frac{\Delta_i^{(x)}}{h}$	$\lambda\frac{R}{I}\frac{\Delta_i^{(x)}}{h}$	0,008 **K**
25. N.Kat	1	0.002550	0.016320	0.006528	0.008
25. N.Kat	2	0.002607	0.016685	0.006674	0.008
25. N.Kat	3	0.002576	0.016486	0.006595	0.008
24. N.Kat	1	0.002591	0.016582	0.006633	0.008
24. N.Kat	2	0.002655	0.016992	0.006797	0.008
24. N.Kat	3	0.002611	0.016710	0.006684	0.008
23. N.Kat	1	0.002613	0.016723	0.006689	0.008
23. N.Kat	2	0.002682	0.017165	0.006866	0.008
23. N.Kat	3	0.002624	0.016794	0.006717	0.008
22. N.Kat	1	0.002636	0.016870	0.006748	0.008
22. N.Kat	2	0.002711	0.017350	0.006940	0.008
22. N.Kat	3	0.002639	0.016890	0.006756	0.008
21. N.Kat	1	0.002657	0.017005	0.006802	0.008
21. N.Kat	2	0.002738	0.017523	0.007009	0.008
21. N.Kat	3	0.002652	0.016973	0.006789	0.008
20. N.Kat	1	0.002675	0.017120	0.006848	0.008
20. N.Kat	2	0.002762	0.017677	0.007071	0.008
20. N.Kat	3	0.002662	0.017037	0.006815	0.008
19. N.Kat	1	0.002688	0.017203	0.006881	0.008
19. N.Kat	2	0.002781	0.017798	0.007119	0.008
19. N.Kat	3	0.002668	0.017075	0.006830	0.008
18. N.Kat	1	0.002696	0.017254	0.006902	0.008
18. N.Kat	2	0.002795	0.017888	0.007155	0.008
18. N.Kat	3	0.002668	0.017075	0.006830	0.008
17.N.Kat	1	0.002698	0.017267	0.006907	0.008
17.N.Kat	2	0.002802	0.017933	0.007173	0.008
17.N.Kat	3	0.002661	0.017030	0.006812	0.008
16. N.Kat	1	0.002691	0.017222	0.006889	0.008
16. N.Kat	2	0.002800	0.017920	0.007168	0.008

16. N.Kat	3	0.002646	0.016934	0.006774	0.008
15. N.Kat	1	0.002680	0.017152	0.006861	0.008
15. N.Kat	2	0.002793	0.017875	0.007150	0.008
15. N.Kat	3	0.002624	0.016794	0.006717	0.008
14. N.Kat	1	0.002646	0.016934	0.006774	0.008
14. N.Kat	2	0.002758	0.017651	0.007060	0.008
14. N.Kat	3	0.002574	0.016474	0.006589	0.008
13. N.Kat	1	0.002621	0.016774	0.006710	0.008
13. N.Kat	2	0.002736	0.017510	0.007004	0.008
13. N.Kat	3	0.002540	0.016256	0.006502	0.008
12.N.Kat	1	0.002583	0.016531	0.006612	0.008
12.N.Kat	2	0.002701	0.017286	0.006915	0.008
12.N.Kat	3	0.002495	0.015968	0.006387	0.008
11. N.Kat	1	0.002535	0.016224	0.006490	0.008
11. N.Kat	2	0.002657	0.017005	0.006802	0.008
11. N.Kat	3	0.002439	0.015610	0.006244	0.008
10. N.Kat	1	0.002477	0.015853	0.006341	0.008
10. N.Kat	2	0.002601	0.016646	0.006659	0.008
10. N.Kat	3	0.002372	0.015181	0.006072	0.008
9. N.Kat	1	0.002406	0.015398	0.006159	0.008
9. N.Kat	2	0.002533	0.016211	0.006484	0.008
9. N.Kat	3	0.002293	0.014675	0.005870	0.008
8. N.Kat	1	0.002321	0.014854	0.005942	0.008
8. N.Kat	2	0.002450	0.015680	0.006272	0.008
8. N.Kat	3	0.002200	0.014080	0.005632	0.008
7. N.Kat	1	0.002223	0.014227	0.005691	0.008
7. N.Kat	2	0.002353	0.015059	0.006024	0.008
7. N.Kat	3	0.002093	0.013395	0.005358	0.008
6. N.Kat	1	0.002108	0.013491	0.005396	0.008
6. N.Kat	2	0.002238	0.014323	0.005729	0.008
6. N.Kat	3	0.001977	0.012653	0.005061	0.008
5. N.Kat	1	0.001975	0.012640	0.005056	0.008
5. N.Kat	2	0.002104	0.013466	0.005386	0.008
5. N.Kat	3	0.001847	0.011821	0.004728	0.008
4. N.Kat	1	0.001823	0.011667	0.004667	0.008
4. N.Kat	2	0.001946	0.012454	0.004982	0.008
4. N.Kat	3	0.001701	0.010886	0.004355	0.008
3. N.Kat	1	0.001669	0.010682	0.004273	0.008
3. N.Kat	2	0.001788	0.011443	0.004577	0.008
3. N.Kat	3	0.001551	0.009926	0.003971	0.008
2.N.Kat	1	0.001484	0.009498	0.003799	0.008
2.N.Kat	2	0.001596	0.010214	0.004086	0.008
2.N.Kat	3	0.001372	0.008781	0.003512	0.008
1.N.Kat	1	0.001263	0.008083	0.003233	0.008
1.N.Kat	2	0.001364	0.008730	0.003492	0.008

1.N.Kat	3	0.001201	0.007686	0.003075	0.008
ZEM	1	0.000944	0.006042	0.002417	0.008
ZEM	2	0.001017	0.006509	0.002604	0.008
ZEM	3	0.000960	0.006144	0.002458	0.008
1.BOD	1	0.000250	0.001600	0.000640	0.008
1.BOD	2	0.000247	0.001581	0.000632	0.008
1.BOD	3	0.000254	0.001626	0.000650	0.008
2.BOD	1	0.000169	0.001082	0.000433	0.008
2.BOD	2	0.000166	0.001062	0.000425	0.008
2.BOD	3	0.000172	0.001101	0.000440	0.008
3.BOD	1	0.000133	0.000851	0.000340	0.008
3.BOD	2	0.000130	0.000832	0.000333	0.008
3.BOD	3	0.000135	0.000864	0.000346	0.008
4.BOD	1	0.000099	0.000634	0.000253	0.008
4.BOD	2	0.000097	0.000621	0.000248	0.008
4.BOD	3	0.000102	0.000653	0.000261	0.008
5.BOD	1	0.000061	0.000390	0.000156	0.008
5.BOD	2	0.000059	0.000378	0.000151	0.008
5.BOD	3	0.000063	0.000403	0.000161	0.008

Y-Y Yönü

Kat	Adım	$\frac{\Delta_i^{(x)}}{h}$	$\frac{R}{I}\frac{\Delta_i^{(x)}}{h}$	$\lambda\frac{R}{I}\frac{\Delta_i^{(x)}}{h}$	0,008 **K**
25. N.Kat	1	0.001892	0.012109	0.00484	0.008
25. N.Kat	2	0.00195	0.012480	0.00499	0.008
25. N.Kat	3	0.001902	0.012173	0.00487	0.008
24. N.Kat	1	0.001941	0.012422	0.00497	0.008
24. N.Kat	2	0.002006	0.012838	0.00514	0.008
24. N.Kat	3	0.001948	0.012467	0.00499	0.008
23. N.Kat	1	0.001972	0.012621	0.00505	0.008
23. N.Kat	2	0.002042	0.013069	0.00523	0.008
23. N.Kat	3	0.001973	0.012627	0.00505	0.008
22. N.Kat	1	0.002002	0.012813	0.00513	0.008
22. N.Kat	2	0.002077	0.013293	0.00532	0.008
22. N.Kat	3	0.001996	0.012774	0.00511	0.008
21. N.Kat	1	0.00203	0.012992	0.00520	0.008
21. N.Kat	2	0.002111	0.013510	0.00540	0.008
21. N.Kat	3	0.002017	0.012909	0.00516	0.008
20. N.Kat	1	0.002055	0.013152	0.00526	0.008
20. N.Kat	2	0.002143	0.013715	0.00549	0.008
20. N.Kat	3	0.002035	0.013024	0.00521	0.008
19. N.Kat	1	0.002078	0.013299	0.00532	0.008
19. N.Kat	2	0.002171	0.013894	0.00556	0.008
19. N.Kat	3	0.00205	0.013120	0.00525	0.008

18. N.Kat	1	0.002095	0.013408	0.00536	0.008
18. N.Kat	2	0.002194	0.014042	0.00562	0.008
18. N.Kat	3	0.00206	0.013184	0.00527	0.008
17.N.Kat	1	0.002108	0.013491	0.00540	0.008
17.N.Kat	2	0.002212	0.014157	0.00566	0.008
17.N.Kat	3	0.002066	0.013222	0.00529	0.008
16. N.Kat	1	0.002114	0.013530	0.00541	0.008
16. N.Kat	2	0.002224	0.014234	0.00569	0.008
16. N.Kat	3	0.002065	0.013216	0.00529	0.008
15. N.Kat	1	0.002112	0.013517	0.00541	0.008
15. N.Kat	2	0.002225	0.014240	0.00570	0.008
15. N.Kat	3	0.002056	0.013158	0.00526	0.008
14. N.Kat	1	0.002081	0.013318	0.00533	0.008
14. N.Kat	2	0.002193	0.014035	0.00561	0.008
14. N.Kat	3	0.002019	0.012922	0.00517	0.008
13. N.Kat	1	0.002069	0.013242	0.00530	0.008
13. N.Kat	2	0.002184	0.013978	0.00559	0.008
13. N.Kat	3	0.002001	0.012806	0.00512	0.008
12.N.Kat	1	0.002052	0.013133	0.00525	0.008
12.N.Kat	2	0.00217	0.013888	0.00556	0.008
12.N.Kat	3	0.001978	0.012659	0.00506	0.008
11. N.Kat	1	0.002028	0.012979	0.00519	0.008
11. N.Kat	2	0.002149	0.013754	0.00550	0.008
11. N.Kat	3	0.001948	0.012467	0.00499	0.008
10. N.Kat	1	0.001996	0.012774	0.00511	0.008
10. N.Kat	2	0.00212	0.013568	0.00543	0.008
10. N.Kat	3	0.001911	0.012230	0.00489	0.008
9. N.Kat	1	0.001955	0.012512	0.00500	0.008
9. N.Kat	2	0.002081	0.013318	0.00533	0.008
9. N.Kat	3	0.001866	0.011942	0.00478	0.008
8. N.Kat	1	0.001904	0.012186	0.00487	0.008
8. N.Kat	2	0.002032	0.013005	0.00520	0.008
8. N.Kat	3	0.001812	0.011597	0.00464	0.008
7. N.Kat	1	0.001841	0.011782	0.00471	0.008
7. N.Kat	2	0.00197	0.012608	0.00504	0.008
7. N.Kat	3	0.001749	0.011194	0.00448	0.008
6. N.Kat	1	0.001765	0.011296	0.00452	0.008
6. N.Kat	2	0.001894	0.012122	0.00485	0.008
6. N.Kat	3	0.001674	0.010714	0.00429	0.008
5. N.Kat	1	0.00167	0.010688	0.00428	0.008
5. N.Kat	2	0.001798	0.011507	0.00460	0.008
5. N.Kat	3	0.001583	0.010131	0.00405	0.008
4. N.Kat	1	0.001548	0.009907	0.00396	0.008
4. N.Kat	2	0.001669	0.010682	0.00427	0.008
4. N.Kat	3	0.001466	0.009382	0.00375	0.008

3. N.Kat	1	0.001442	0.009229	0.00369	0.008
3. N.Kat	2	0.001559	0.009978	0.00399	0.008
3. N.Kat	3	0.001366	0.008742	0.00350	0.008
2.N.Kat	1	0.001315	0.008416	0.00337	0.008
2.N.Kat	2	0.001426	0.009126	0.00365	0.008
2.N.Kat	3	0.001249	0.007994	0.00320	0.008
1.N.Kat	1	0.001159	0.007418	0.00297	0.008
1.N.Kat	2	0.001259	0.008058	0.00322	0.008
1.N.Kat	3	0.001107	0.007085	0.00283	0.008
ZEM	1	0.000908	0.005811	0.00232	0.008
ZEM	2	0.000982	0.006285	0.00251	0.008
ZEM	3	0.000859	0.005498	0.00220	0.008
1.BOD	1	0.000421	0.002694	0.00108	0.008
1.BOD	2	0.000429	0.002746	0.00110	0.008
1.BOD	3	0.000413	0.002643	0.00106	0.008
2.BOD	1	0.000305	0.001952	0.00078	0.008
2.BOD	2	0.000311	0.001990	0.00080	0.008
2.BOD	3	0.000299	0.001914	0.00077	0.008
3.BOD	1	0.000248	0.001587	0.00063	0.008
3.BOD	2	0.000253	0.001619	0.00065	0.008
3.BOD	3	0.000243	0.001555	0.00062	0.008
4.BOD	1	0.000189	0.001210	0.00048	0.008
4.BOD	2	0.000193	0.001235	0.00049	0.008
4.BOD	3	0.000184	0.001178	0.00047	0.008
5.BOD	1	0.0001	0.000640	0.00026	0.008
5.BOD	2	0.000103	0.000659	0.00026	0.008
5.BOD	3	9.70E-05	0.000621	0.00025	0.008

3.8.5 İkinci Mertebe Etkileri

Deprem mühendisliğinde uzun bir süredir malzemelerin Hooke yasasına uygun davranış göstermediği ve doğrusal olmayan davranış sergilediği bilinmekte idi. Bilgisayar ve malzeme teknolojisinin gelişmesi ile yüksek dayanımlı malzemeler kullanılmaya başladıkça, malzemelerin lineer sınırından sonraki davranışı için elastoplastik hesaplar ile yapı elamanları narin ve ekonomik olarak modellenmeye başlanmıştır. Fakat narin olan elemanlarında yerdeğiştirmelerinin artacağı aşikardır. Bu yer değiştirmelerin denge denklemlerine tesirinin göz önüne alınması gereklidir (Çoşgun, 2003).

Taşıyıcı elemanlara etkiyen dış yükler etkidiği yapı elemanlarında iç kuvvetler meydana getirmektedir. Deplasmanların küçük kaldığı durumlarda moment ve deplasman eşitliklerinin doğrusallığının sağlanması durumunda, deformasyonlar ile gerilmeler arasında doğrusal

bağıntılar kurulabilir. Bu teoriye I. mertebe teorisi denmektedir. Bu teoremle taşıyıcı elemanlar doğrusal çözümlenebilir (Çakıroğlu & Özer, 1980).

Doğrusal hesaplarda ihmal edilen şekil değiştirmeler yatay ve dinamik yükler sözkonusu olduğunda önemli derecede artmaktadır. Bu şekil değiştirmeler esnasında yüklerinde konumları değişmektedir. Bu değişimlerin büyümesi nedeni ile denge denklemlerinin yeni sisteme göre oluşturulması II. Mertebe teorisidir.

İncelenen yapının TBDY 4.9.2 maddesine göre denklem 3.21'ye göre bulunan gösterge sayısının maksimumu, denklem 3.22'i sağladığı durumda ikinci mertebe etkileri yapı elemanlarının tasarımında ihmal edilecektir.

$$\Theta_{\mathrm{II,i}}^{(\mathrm{x})} = \frac{(\Delta_{\mathrm{i}}^{(\mathrm{x})})_{\mathrm{ort}} \sum_{\mathrm{k=i}}^{\mathrm{N}} w_{\mathrm{k}}}{V_{\mathrm{i}}^{(\mathrm{x})} h_{\mathrm{i}}} \tag{3.21}$$

$$\Theta_{\mathrm{II,max}}^{(\mathrm{x})} \leq 0.12 \frac{D}{C_{\mathrm{h}} R} \tag{3.22}$$

Bu denklemlerde bahsi geçen ortalama göreli kat ötelemesi, kat kütlesi, hesaplanan kata gelen deprem kuvveti, kat yüksekliği programdan çekilerek x-x ve y-y yönü ve denklem 3.21 için oluşturulmuştur (Tablo 3.33).

Tablo 3.33: İkinci mertebe gösterge sayısı

Kat	$(\Delta_{\mathrm{i}}^{(\mathrm{x})})_{\mathrm{ort}}$	h_{i} m	w_{k} kN	$\sum_{\mathrm{k=i}}^{\mathrm{N}} w_{\mathrm{k}}$	$V_{\mathrm{i}}^{(\mathrm{x})}$ kN	$V_{\mathrm{i}}^{(\mathrm{x})} h\mathrm{i}$	$\Theta_{\mathrm{II,i}}^{(\mathrm{x})}$
25. Kat	7.734	3050.00	10943.11	10943.11	4676.92	14264597.16	0.0059
24. Kat	7.842	3050.00	11233.39	22176.50	5384.67	16423255.70	0.0106
23. Kat	7.888	3050.00	11233.39	33409.90	6069.39	18511640.72	0.0142
22. Kat	7.939	3050.00	11233.39	44643.29	6731.07	20529752.52	0.0173
21. Kat	7.983	3050.00	11233.39	55876.69	7369.70	22477591.10	0.0198
20. Kat	8.018	3050.00	11233.39	67110.08	7985.30	24355156.16	0.0221
19. Kat	8.040	3050.00	11233.39	78343.48	8577.85	26162447.99	0.0241
18. Kat	8.045	3050.00	11233.39	89576.87	9147.37	27899466.30	0.0258
17.Kat	8.031	3050.00	11233.39	100810.26	9693.84	29566211.70	0.0274
16. Kat	7.993	3050.00	11233.39	112043.66	10217.27	31162683.26	0.0287
15. Kat	7.937	3050.00	11233.39	123277.05	10717.67	32688881.91	0.0299
14. Kat	7.812	3050.00	11559.32	134836.37	11208.87	34187048.62	0.0308
13. Kat	7.719	3050.00	11717.77	146554.14	11682.77	35632448.50	0.0317
12.Kat	7.588	3050.00	11717.77	158271.91	12132.64	37004545.29	0.0325
11. Kat	7.428	3050.00	11717.77	169989.68	12558.47	38303338.38	0.0330

10. Kat	7.233	3050.00	11717.77	181707.45	12960.27	39528828.08	0.0332
9. Kat	7.001	3050.00	11717.77	193425.22	13338.04	40681014.07	**0.0333**
8. Kat	6.729	3050.00	11717.77	205142.98	13691.77	41759896.98	0.0331
7. Kat	6.414	3050.00	11717.77	216860.75	14021.47	42765476.18	0.0325
6. Kat	6.052	3050.00	11717.77	228578.52	14327.13	43697751.99	0.0317
5. Kat	5.639	3050.00	11717.77	240296.29	14608.76	44556724.41	0.0304
4. Kat	5.176	3050.00	12066.90	252363.19	14874.03	45365802.18	0.0288
3. Kat	4.727	3050.00	12259.66	264622.85	15118.40	46111111.16	0.0271
2.Kat	4.209	3050.00	12259.66	276882.52	15337.62	46779726.97	0.0249
1.KaT	3.627	3050.00	12259.66	289142.18	15531.69	47371649.32	0.0221
ZEM	3.175	3450.00	12617.60	301759.78	15705.55	54184139.91	0.0177
1.Bodrum	1.026	5040.00	46933.93	348693.71	16243.37	81866570.18	0.0044
2.Bodrum	0.412	3000.00	41065.93	389759.64	16574.76	49724278.80	0.0032
3.Bodrum	0.325	3000.00	39573.48	429333.12	16814.27	50442813.60	0.0028
4.Bodrum	0.245	3000.00	39573.48	468906.60	16973.95	50921837.10	0.0023
5.Bodrum	0.150	3000.00	39573.48	508480.07	17053.78	51161348.70	0.0015

$\Theta_{\mathrm{II,max}}^{(x)} = 0.03328$ bulunmuştur.

C_h değeri betonarme yapılar için 0.5 alınarak denklem 3.22 ile hesaplama yapıldığında ;

$$\Theta_{\mathrm{II,max}}^{(x)} = 0.03328 \leq 0.12\frac{2.5}{0.5\ 6.4} = 0.09375$$

Tablo 3.33 te bulunan maksimum gösterge değeri, TBDY sınır değeri olarak hesaplanan değerden küçük olduğu için TBDY 4.9.2.3 maddesini uygulamaya yani iç kuvvetlerin arttırılmasına gerek yoktur.

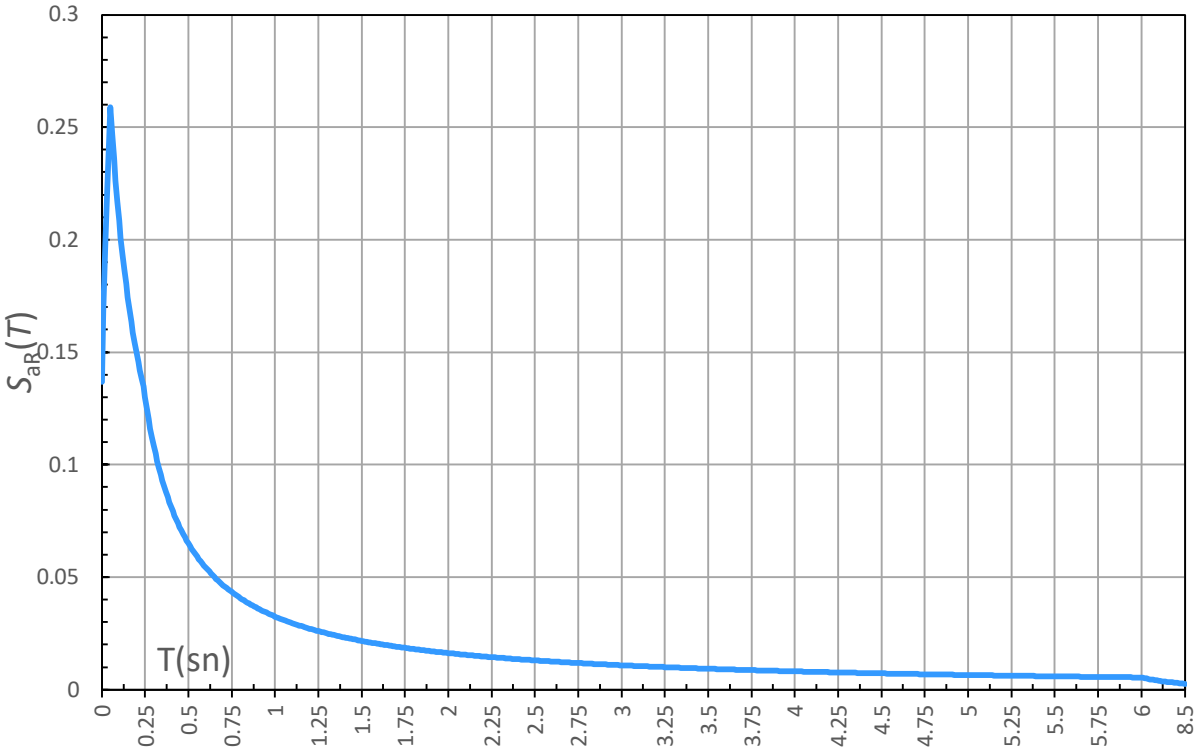
3.8.6 Mod Birleştirme Analizi

Eşdeğer deprem yükleri ile yapılan kontrollerde incelenen yapının gerekli kontrolleri sağlanmış ve güvenli tarafta kalındığı için tasarım I aşaması için mod birleştirme analizi yapılacaktır. Program her ne kadar TBDY ile hesap için spektral ivme değerleri ile analiz yapıyorsa da TBDY kapsamında Yatay doğrultuda azaltılmış deprem yükleri'nin belirlenmesi için kullanılacak azaltılmış tasarım ivme spektrumunun ordinatı olan azaltılmış tasarım spektral ivmesi $S_{aR}(T)$ değeri hesaplanıp programa manuel de girilebilmektedir. Eşdeğer deprem yüküne göre ve 13. Bölüm koşulları gereği modal analiz çarpanlarını ölçeklemek için bu şekilde hesap yapılacaktır. Yatay doğrultuda azaltılmış deprem yükleri için TBDY 4.2.12'e göre kullanılacak deprem yükü azaltma katsayısı denklem 3.23'te verilmiştir.

$$R_a(T) = \frac{R}{I} \qquad T > T_B$$
$$R_a(T) = D + \left(\frac{R}{I} - D\right)\frac{T}{T_B} \qquad T \le T_B \tag{3.23}$$

$S_{aR}(T)$ azaltılmış tasarım spektral ivmesi denklem (3.24)

$$S_{aR}(T) = \frac{S_{ae}(T)}{R_a(T)} \tag{3.24}$$



Şekil 3.36: Azaltılmış Tasarım Spektral İvme Spektrumu Grafiği

Şekil 3.36 da grafiği verilen SaR (T) ye ilişkin ivme değerleri **EK 1**'de verilmiştir.

Modal analizde, eigen ve ritz vektörü kullanılarak iki türlüde analiz yapılabilmektedir. Eigen vektörü yani özvektör analizi olarak daha çok yatay yüklemelerde mükemmel sonuç verir bunun yanında analiz süresi uzundur manasız bir çok mod bulabilir ve yüksek mod sayılarında kesin sonuçlar verir. Ritz vektörü ise düşey deprem etkisinin olduğu durumlarda daha çok kullanılır hızlıdır, anlamsız modları göz önüne almaz, analiz süresi kısadır, aynı mod sayısında eigen vektörüne göre daha iyi kütle katılımı verir . Ritz vektörü mod sayısı 200 ü geçtiği zaman hata verebilir. Bu sebeplerle incelenen yapı da ritz vektörü kullanılmıştır. Analiz için mod sayısı olarak genel olarak kat sayısı x 3 olarak belirlenebilir bu analiz süresini çok fazla uzattığından denemeler sonucunda 50. Modda bütün kütle katılımlarının TBDY'e göre %95 i sağladığı

görülmüştür. Modal analiz sonuçlarında ilk olarak eşdeğer deprem yüküne göre ölçekleme yapılacağından modal ekran görüntüsü şekil 3.37'de kütle katılımı tablosu **EK.3**'te verilmiştir.

Tablo 3.34: Eşdeğer deprem yükü taban kesme değerleri

Dep.Yönü	Fx kN	Fy kN
EQX	-17053.8	0
EQY	0	-17053.8

İncelenen yapı yüksek yapı ve BYS=1 olduğu için eşdeğer deprem yükü olarak Tablo 3.34 karşılaştırma amacı olarak verilmiştir. Yönetmelik bölüm 13' e göre taban kesme değerleri denklem 3.25' e göre belirlenecektir, fakat yönetmelik 4.7.1 göre denklem 3.26'ya göre de kontrol edilmelidir

$$V_{t,min} = 0.04\,\alpha_H\,m_t\,S_{DS}\,g \tag{3.25}$$

$$V_{tE}^{(x)} = m_t\,S_{aR}(T_P^{(x)}) \tag{3.26}$$

α_{H} kat sayısı ise denklem 3.27 te verilmiştir.

$$\begin{aligned} \alpha_{\mathrm{H}} &= 1.0 && H_{\mathrm{N}} \le 105\ \mathrm{m} \\ \alpha_{\mathrm{H}} &= 2.05 - 0.01 H_{\mathrm{N}} && 105\ \mathrm{m} < H_{\mathrm{N}} \le 155\ \mathrm{m} \\ \alpha_{\mathrm{H}} &= 0.5 && 155\ \mathrm{m} < H_{\mathrm{N}} \end{aligned} \tag{3.27}$$

Modelin yapı yüksekliği taban olarak belirlenen temel üstünden 96.74 m olduğundan α_{H} ,1 olarak seçilmiştir.

İkinci mertebe tablosundan da görüleceği üzere toplam m_t= 50848007 kg dir

$$V_{t,min} = 0.04 \times 50848.007 \times 0.855 \times 9.80665 = 17053.82\ \mathrm{kN}$$

Modal analiz sonuçları Tablo 3.35'te verilmiştir.

Tablo 3.35 Mod analizi sonuçları taban kesme kuvveti

Dep.Yönü	Fx kN	Fy kN
EX_{max}	19025.77	0
EY_{max}		14586.65

Yönetmelik 13.4.3.4 e göre azaltılmış iç kuvvetler eşdeğer deprem yükü olarak denklem 3.25 e göre hesaplanan değere göre denklem 3.28 ile büyütülecektir.

$$\beta_{tE}^{(x)} = \frac{\gamma_E V_{t,min}^{(x)}}{V_{tx}^{(x)}} \geq 1 \qquad (3.28)$$

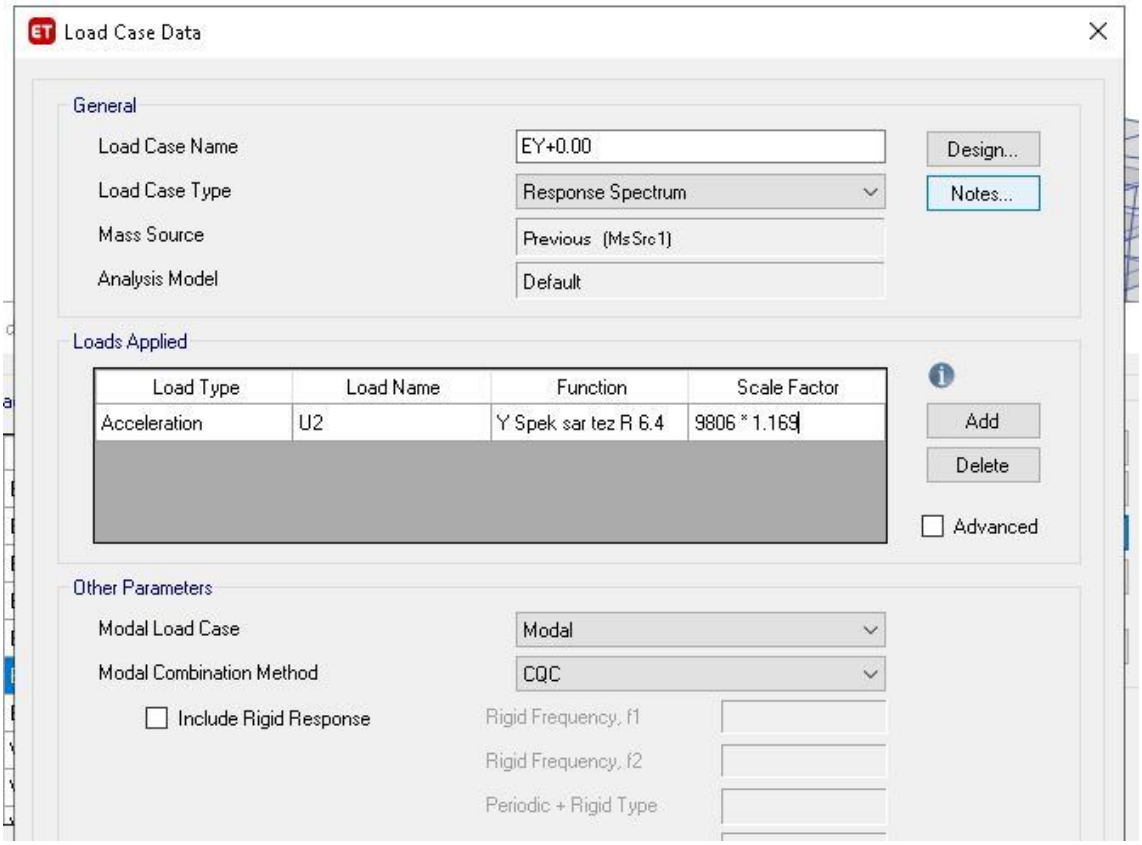
$$\beta_{tE}^{(y)} = \frac{\gamma_E V_{t,min}^{(y)}}{V_{ty}^{(y)}} \geq 1$$

Analize devam etmek için kullanılacak büyütme katsayıları hesaplanmıştır. Hesaplamalarda $\gamma_E = 1$ alınmıştır.

$$\beta_{tE}^{(x)} = \frac{1 \times 17053.82}{19025.77} \geq 1$$

$$\beta_{tE}^{(y)} = \frac{1 \times 17053.82}{14586.65} \geq 1.169$$

Bulunan değerler ölçek katsayısı olarak programa girilerek çözüm yenilenmiştir (Şekil 3.37, Şekil 3.38).



Şekil 3.37: Ölçekleme

Base Reactions

File Edit Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted Hidden Columns: No Sort: None Base Reactions

Filter: ([Output Case] = 'EQX' OR [Output Case] = 'EQY' OR [Output Case] = 'EX 0.00' OR [Output Case] = 'EY+0.00')

Output Case	Case Type	Step Type	Step Number	FX kN	FY kN	FZ kN	k
EQX	LinStatic	Step By Step	1	-17053.7829	0	0	-2
EQX	LinStatic	Step By Step	2	-17053.7829	0	0	
EQX	LinStatic	Step By Step	3	-17053.7829	0	0	-3
EQY	LinStatic	Step By Step	1	0	-17053.7829	0	1183
EQY	LinStatic	Step By Step	2	0	-17053.7829	0	1183
EQY	LinStatic	Step By Step	3	0	-17053.7829	0	1183
EX 0.00	LinRespSpec	Max		19025.7778	4179.5906	263.0452	47
EY+0.00	LinRespSpec	Max		4776.3613	17066.3622	529.186	322

Şekil 3.38 Ölçekleme sonrası analiz sonuçları ekranı

3.9 TAŞIYICI YAPI ELEMANLARININ TASARIMI

3.9.1 Yapı Elemanlarının Tasarımında Kullanılacak Yükleme Kombinasyonları

Yapının sistemsel ilk kontrolleri yapıldıktan sonra taşıyıcı elemanların tasarımı TBDY 7. Bölüm kapsamında yapılacaktır. Bu aşamada yönetmeliğin 4.4 ana maddeleri altında yer alan koşullara göre deprem etkileri aşağıda verilen kombinasyonlar ile oluşturulacaktır.

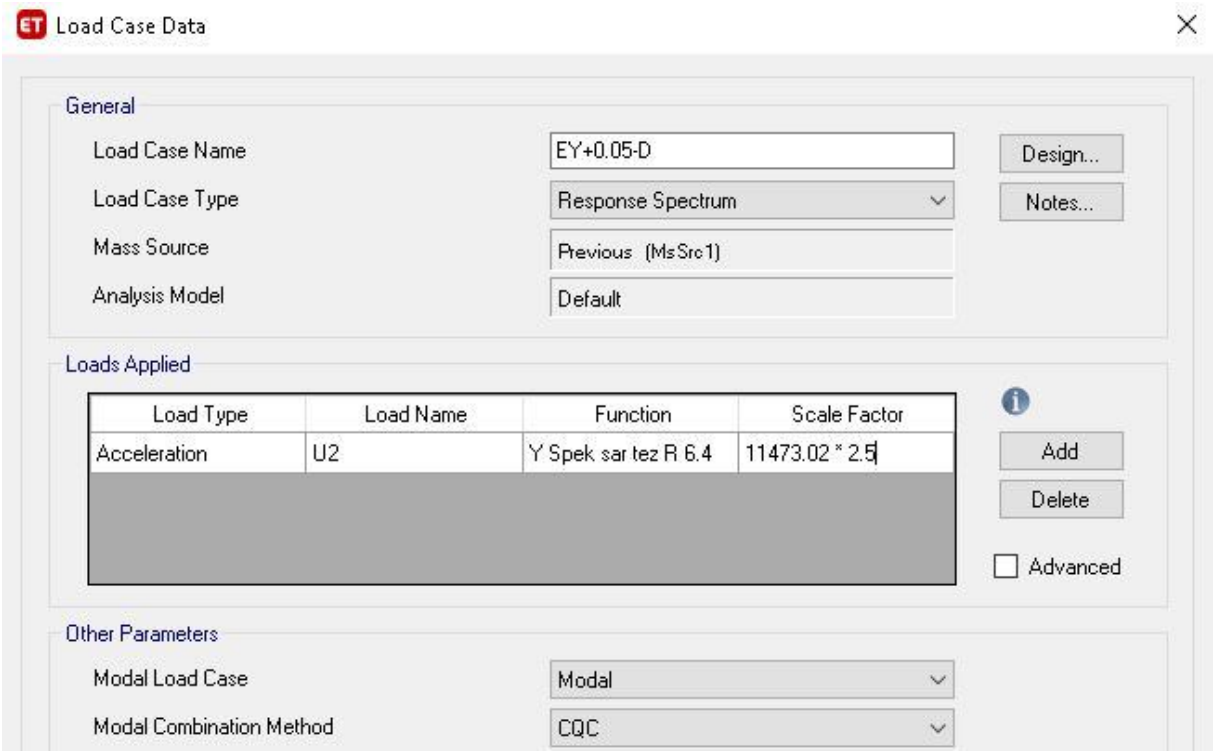
$$G + Q + 0.2S + E_d^{(H)} + 0.3E_d^{(Z)}$$
$$0.9 + H + E_d^{(H)} - 0.3E_d^{(Z)}$$

Formülde bulunan $E_d^{(H)}$ depremin deprem tesirlerini ifade etmektedir yönetmelik bize deprem etkisini denklem 3.28 ile birleştirilmesini koşul olarak getirmiştir.

$$E_d^{(H)} = \mp E_d^{(X)} \mp 0.3E_d^{(Y)} \qquad (3.28)$$
$$E_d^{(H)} = \mp 0.3E_d^{(X)} \mp E_d^{(Y)}$$

Formülasyonlar %5 eksantirisiteli olarak kombinasyon şeklinde oluşturulacağı için ilk formül için toplamda 72 adet kombinasyon ortaya çıkmaktadır. İncelenen yapı için bu 72 kombinasyon tanımlanmıştır. $E_d^{(Z)}$ise düşey deprem etkisini ifade etmekte ve programa spektrum olarak tanımlanmış, kombinasyonlara dahil edilmiştir. Tanımlanan 72 adet yük kombinasyonunun

eşdeğer deprem yüküne göre ölçeklemede bulunan katsayı, yapıda kullanılmak üzere dayanım fazlalığı olarak kabul edilen 2.5 değeri ile çarpılarak aynı kombinasyonlardan 72 adet daha hazırlanmıştır (Şekil 3.39). ikinci formülasyon içinde aynı şekilde 144 kombinasyon oluşturularak analiz yapılmıştır.



Şekil 3.39 Dayanım fazlalığı katsayısı

Bunun akabinde yüksek yapılarda etkinliğinin göz önünde bulundurulması gereken rüzgar yükü kombinasyonları da TS-500' e göre programa tanıtılmıştır.

$1.0\ G + 1.3Q + 1.3W$

$0.9G + 1.3W$

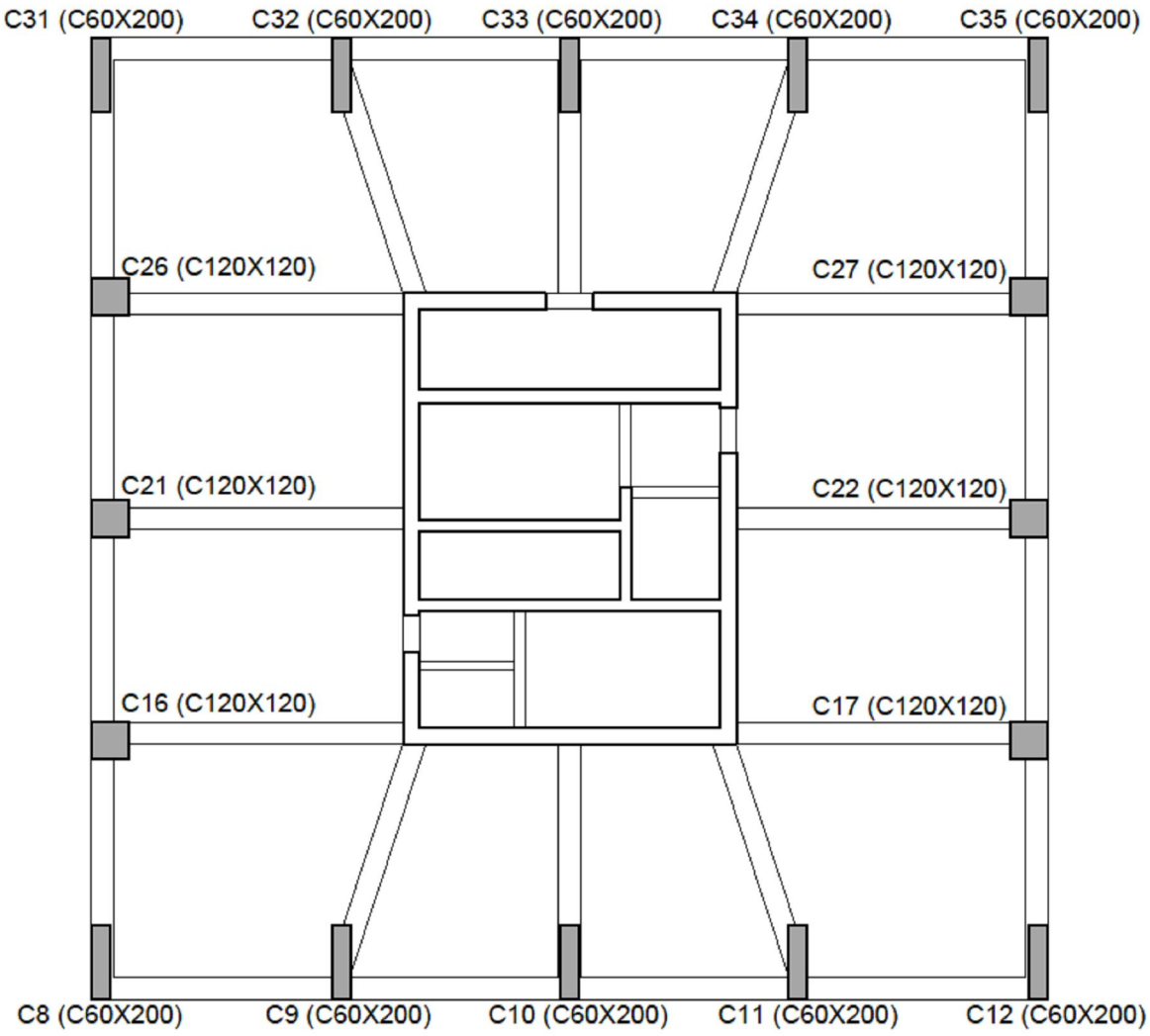
Rüzgar yük kombinasyonları x ve y yönü ile negatif ve pozitif yönlerde olmak üzere 8 farklı şekilde tanımlanmıştır. Bu şekilde normal yükleme, dayanım fazlalığı katsayısını kullanarak ve rüzgar yüklemeleri ile beraber toplamda 296 adet yük kombinasyonu tanımlanmıştır. Bu kombinasyonlara ilaveten tasarımlarda kullanılmak üzere kolaylık olması açısından program özelliği olarak Envolepe seçeneği ile normal ve D fazlalıklı kombinasyonlar bir araya da toplanmış ve maksimum ve minumum yüklerin bulunması kolaylaştırılmıştır.

3.9.2 Kolon Boyut ve Donatı Tasarımı

Kolonların ön tasarımında TS500'de verilen koşullara ilave olarak mod birleştirme ile yük kombinasyonları tanımlandıktan sonra yapılan analiz neticesinde TBDY 7.3 başlığı altındaki verilen koşullar sağlanarak ön tasarım da belirlenen boyutların yeterliliği kontrol edilecektir. İlk olarak yönetmelik 7.3.1.2 altında bahsedilen,

$A_c \geq N_{dm}/(0.40 f_{ck})$ koşulu kontrol edilecektir.

Formülde yer alan N_{dm} için, G + Q + E yükleri hesabında ortaya çıkan en büyük eksenel kuvvet kullanılacaktır (Tablo 3.36). Sistem planında ve programdaki kule katları kolon adları Şekil 3.40'da gösterilmiştir.



Şekil 3.40:Kule katları kolon numaraları

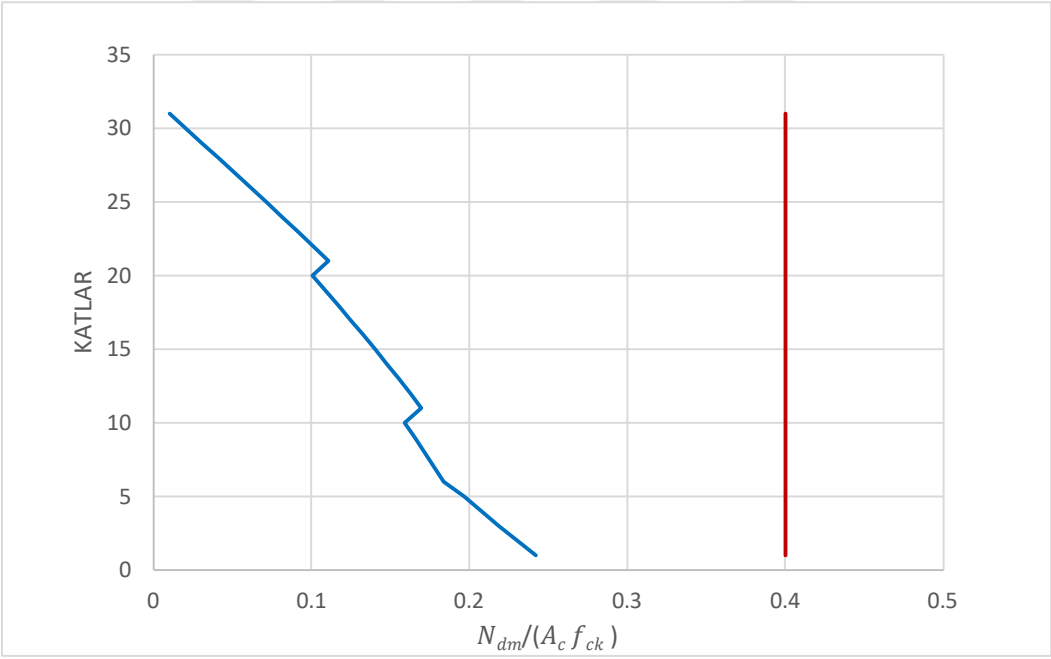
Performans değerlendirmesi aşamasında analiz süresinin uzun olmaması, programın kararsız durumda kalmaması için kolonların donatılarında tiplendirme yapılmıştır. Sadece boyut değişimlerinin olduğu katlarda donatı değiştirilmeye çalışılmış, kolon boyutlarının aynı olduğu katlarda donatılar en olumsuz durumda olan kolona göre yapılmıştır.

Tablo 3.36: Eksenel kuvvet kontrolü

Kat	Kolon Adı	x mm	y mm	N_{dm} N	$\frac{N_{dm}}{A_c f_{ck}}$
15.Kat	C8	500	1800	4983510.0	0.11074
15.Kat	C9	500	1800	6316668.0	0.14037
15.Kat	C10	500	1800	6285596.0	0.13968
15.Kat	C11	500	1800	6322302.4	0.14050
15.Kat	C12	500	1800	4982111.8	0.11071
15.Kat	C16	900	900	6815084.3	0.16827
15.Kat	C17	900	900	6890721.6	0.17014
15.Kat	C21	900	900	6768660.5	0.16713
15.Kat	C22	900	900	6996715.2	0.17276
15.Kat	C26	900	900	6612910.3	0.16328
15.Kat	C27	900	900	6728471.7	0.16614
15.Kat	C31	500	1800	4801885.9	0.10671
15.Kat	C32	500	1800	6082743.2	0.13517
15.Kat	C33	500	1800	6082438.8	0.13517
15.Kat	C34	500	1800	6123101.8	0.13607
15.Kat	C35	500	1800	4832611.4	0.10739
5.Kat	C8	600	1800	9163212.4	0.16969
5.Kat	C9	600	1800	11774101.5	0.21804
5.Kat	C10	600	1800	11642656.2	0.21560
5.Kat	C11	600	1800	11801421.6	0.21854
5.Kat	C12	600	1800	9178624.5	0.16997
5.Kat	C16	1000	1000	12753782	0.25508
5.Kat	C17	1000	1000	12890427.3	0.25781
5.Kat	C21	1000	1000	12550586.1	0.25101
5.Kat	C22	1000	1000	12895992.7	0.25792
5.Kat	C26	1000	1000	12412450.1	0.24825
5.Kat	C27	1000	1000	12599176.8	0.25198
5.Kat	C31	600	1800	8865067.2	0.16417
5.Kat	C32	600	1800	11382897.6	0.21079
5.Kat	C33	600	1800	11285153.7	0.20898
5.Kat	C34	600	1800	11440699	0.21186
5.Kat	C35	600	1800	8888046	0.16459
5.Bod Kat	C8	600	2000	14526920.6	0.24212

5.Bod Kat	C9	600	2000	18047826.3	0.30080
5.Bod Kat	C10	600	2000	17626204.8	0.29377
5.Bod Kat	C11	600	2000	18072205.5	0.30120
5.Bod Kat	C12	600	2000	15271905.7	0.25453
5.Bod Kat	C16	1200	1200	19776558	0.27467
5.Bod Kat	C17	1200	1200	20323227.3	0.28227
5.Bod Kat	C21	1200	1200	19228505.5	0.26706
5.Bod Kat	C22	1200	1200	20058997.2	0.27860
5.Bod Kat	C26	1200	1200	19509300.3	0.27096
5.Bod Kat	C27	1200	1200	20039230.8	0.27832
5.Bod Kat	C31	600	2000	14311676	0.23853
5.Bod Kat	C32	600	2000	17405651.1	0.29009
5.Bod Kat	C33	600	2000	17050393.1	0.28417
5.Bod Kat	C34	600	2000	17466202.6	0.29110
5.Bod Kat	C35	600	2000	15191885.2	0.25320

Yönetmelik 7.3.1.2 şartı kolonlarda sağlanmıştır.



Şekil 3.41: Örnek C8 Kolonu $\frac{N_{dm}}{A_c f_{ck}}$ kontrolü

Tiplenen kolonların boyuna donatıları, oluşturulan tiplemelerine göre ve yönetmelikte bulunan şartlara göre hesaplanmış ve Tablo 3.37' de sunulmuştur.

Tablo 3.37 : Kolon donatı seçimi

Kolon Tipi	Donatı	Donatı alanı	Donatı oranı
60 x 200	36 Φ 24	162.86	1.357%
60 x 180	32 Φ 24	144.76	1.340%
50 x 180	26 Φ 24	117.62	1.307%
120 x 120	36 Φ 26	191.13	1.327%
100 x 100	36 Φ 24	148.66	1.487%
90 x 90	36 Φ 22	116.80	1.442%
80 x 100	20 Φ 26	106.18	1.327%

Seçilen donatı alanlarının hesaplanan oranları yönetmelik koşulu olan %1~%4 arasında olduğu gözükmektedir.

3.9.2.1 Kolon etriye seçimi

Yönetmelik kapsamında enine donatılar için bir takım şartlar mevcuttur özetlemek gerekirse, yönetmelik kolon kiriş birleşimlerinde sarılma bölgeleri oluşturulmasını, donatı çapının en az Φ8 olmasını, sarılma bölgelerinde etriye ve çiroz aralığının, birleşimdeki en küçük kesit boyutunun 1/3'ünden büyük olmamasını ve 150 mm yi geçmemesini, kolonda bulunan donatı çapının 6 katından daha büyük olmamasını, kolonda kullanılacak etriye çapının 25 katından daha fazla aralık verilmemesini istemektedir.

$\frac{N_{dm}}{A_c f_{ck}} > 0.20$ olduğu durumlarda etriye kesit alanı için denklem 3.29'a göre hesap yapılarak olumsuz olan durumun kullanılması istenmiştir. Tablo 3.36'da bazı kat kolonlarında 0.20 değerinin aşıldığı görüldüğünden bu şartın sağlanmadığı ilk 20 katta bulunan için tüm etriyeler için bu koşula göre hesap yapılmıştır.

$$A_{sh} \geq 0.30\, s\, b_k [(A_c / A_{ck}) - 1](f_{ck} / f_{ywk}) \qquad (3.29)$$
$$A_{sh} \geq 0.075\, s\, b_k (f_{ck} / f_{ywk})$$

Tablo 3.38: $A_{sh} \geq 0.30 s b_k [(A_c/A_{ck}) - 1](f_{ck}/f_{ywk})$ kontrolleri

Kolon x	Kolon y	kol adedi	Etriye çapı	s	b_k	A_c	A_{ck}	A_{sh}	Gerekli A_{sh}
120	120	7	14	10	111.6	14400	12769	10.8	5.09
100	100	7	14	10	91.6	10000	8649	10.8	5.11

(a) Kare kolonlar için gerekli A_{sh} kontrolü

Kolon x	Kolon y	kol adedi	Etriye çapı	s	b_k	A_c	A_{ck}	A_{sh}	Gerekli A_{sh}
60	200	8	14	10	191.6	12000	10229	12.3	11.85
60	180	8	14	10	171.6	10800	9169	12.3	10.90

(b) Dikdörtgen kolonların uzun doğrultusu için gerekli A_{sh} kontrolü

Kolon x	Kolon y	kol adedi	Etriye çapı	s	b_k	A_c	A_{ck}	A_{sh}	Gerekli A_{sh}
60	200	3	14	10	51.6	12000	10229	4.62	3.19
60	180	3	14	10	51.6	10800	9169	4.62	3.28

(c) Dikdörtgen kolonların kısa doğrultusu için gerekli A_{sh} kontrolü

Tablo 3.39 : $A_{sh} \geq 0.075 s b_k (f_{ck}/f_{ywk})$ kontrolleri

Kolon x	Kolon y	kol adedi	Etriye çapı	s	b_k	A_{sh}	Gerekli A_{sh}
120	120	7	14	10	111.6	10.8	9.96
100	100	7	14	10	91.6	10.8	8.18

(a) Kare kolonlar için gerekli A_{sh} kontrolü

Kolon x	Kolon y	kol adedi	Etriye çapı	s	b_k	A_{sh}	Gerekli A_{sh}
60	200	12	14	10	191.6	18.5	17.11
60	180	10	14	10	171.6	15.4	15.32

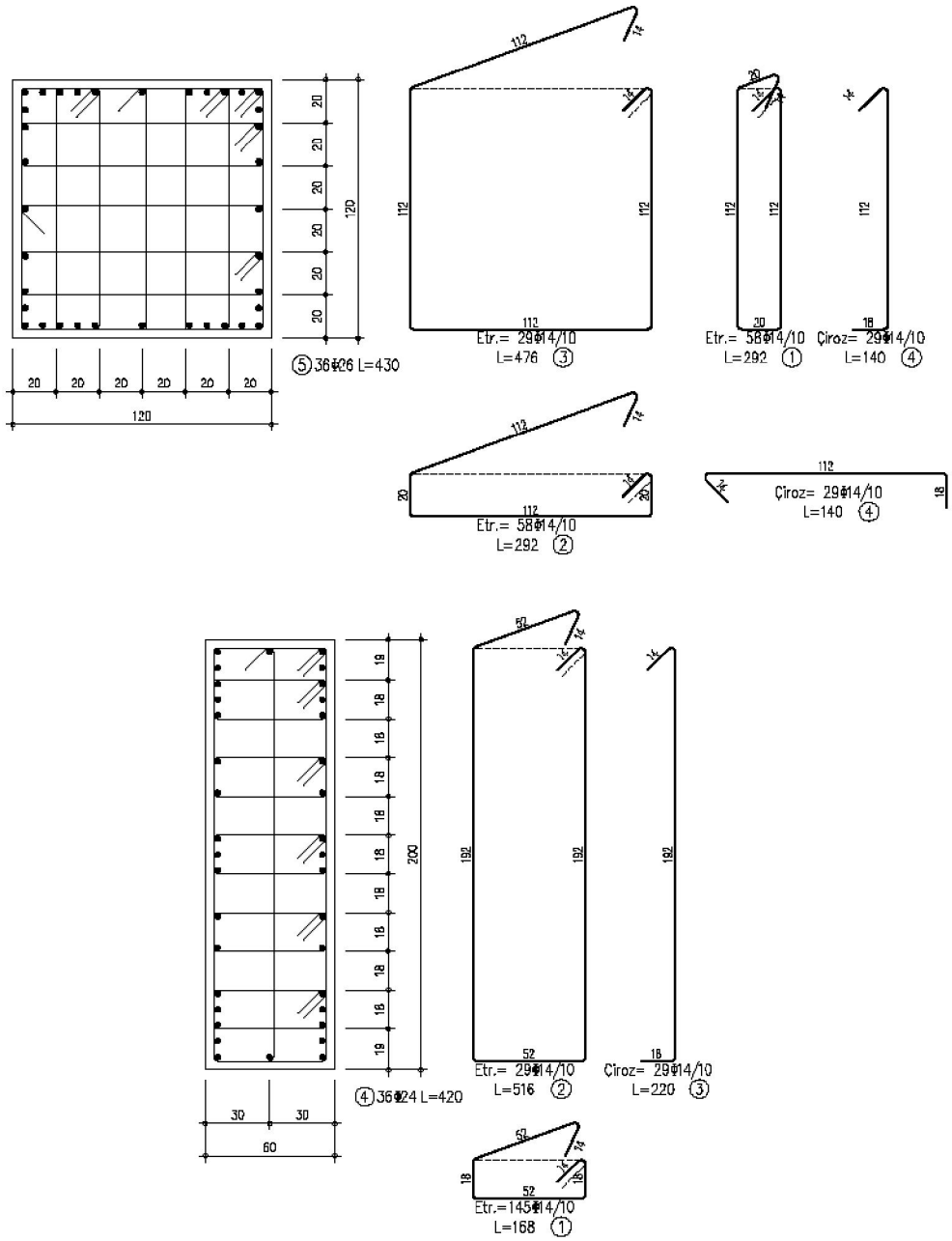
(b) Dikdörtgen kolonların uzun doğrultusu için gerekli A_{sh} kontrolü

Kolon x	Kolon y	kol adedi	Etriye çapı	s	b_k	A_{sh}	Gerekli A_{sh}
60	200	3	14	10	51.6	4.62	4.61
60	180	3	14	10	51.6	4.62	4.61

(c) Dikdörtgen kolonların kısa doğrultusu için gerekli A_{sh} kontrolü

İlk 20 katta seçilen etriye Φ14/10 son 11katta ise Φ12/10 şeklindedir.

Bu veriler ışığında örnek kolon detay açılımı ile bir kat için gerekli etriye sayıları Şekil 3.42 de verilmiştir.



Şekil 3.42 : Tip kolonlara ait donatı detayı

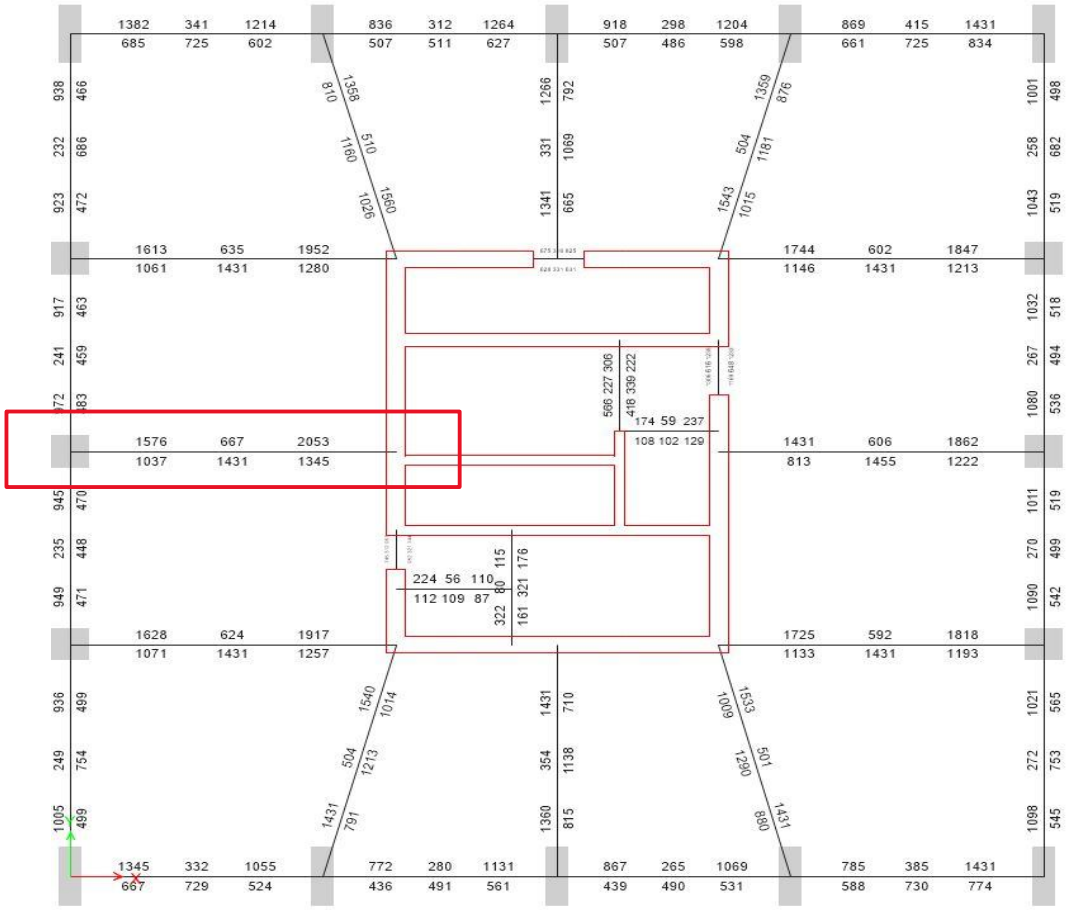
3.9.3 Kiriş Donatı ve Boyut Tasarımı

3.9.3.1 Yönetmelik Kapsamı

- Kirişin genişliği, kiriş yüksekliği ile birleştiği kolonun genişliği toplamından fazla olmayacaktır.
- Kiriş yüksekliği döşeme kalınlığının 3 katından az olmayacaktır.
- Kiriş yüksekliği 300mm den az ve genişliğinin 3.5 katından fazla olmayacaktır.

- $N_d \leq 0.1 * f_{ck} * A_c$ olduğunda kolon olarak tasarlanacaktır.
- Minumun Φ12 lik donatı çapı kullanılacaktır.
- Çekme donatısı için, $\rho_{min} \geq 0.8 \frac{f_{ctd}}{f_{yd}}$ olacaktır.
- İncelenen yapı DTS=1 olduğu için, mesnet alt donatısı üst donatısının yarısından az olmayacaktır.

İncelenen yapının programda yapılan analiz sonuçları ve yönetmelik şartları uygulanarak gerekli eğilme donatısı alanları hesaplattırılmıştır (Şekil 3.43). Kirişlerin boyuna donatı tasarımını yaparken kirişin eni ve diğer komşu açıklıklarda olan kiriş boyutları dikkate alınarak donatı sürekliliği sağlanmaya çalışılmıştır. Montaj donatı çapları ve sürekliliği sabit tutularak mesnetlerde gerekli olan donatı alanına göre ilave donatı yerleştirilmiştir. Kiriş yüksekliği 60 cm üzerine çıktığı için gövde donatısı da mutlaka kullanılacağından, kiriş en kesit alanının 0.001 i kadar gövde donatı alanı kullanılmıştır.



Şekil 3.43 : 5.Normal kat kiriş donatı alanları (mm^2)

Kat bazında inceleme yapıldığında maksimum gerekli montaj donatı alanı 667 mm^2 ile B37 (60x70) kirişinde gözükmektedir. Tez kapsamında kiriş hesapları örnek olarak bu kiriş üzerinden yapılacaktır. Seçilen kirişin tanımlanan bütün kombinasyonlar analiz edilerek hesaplanan maksimum gerekli donatı alanı Tablo 3.40'da verilmiştir.

Tablo 3.40: B 37 kirişi gerekli donatı alanı

	Kiriş Sol Mesnet (mm^2)	Montaj ve alt açıklık (mm^2)	Kiriş Sağ Mesnet (mm^2)
Kiriş üstü	1576	667	2053
Kiriş altı	1037	1431	1345

Analiz sonuçları kat bazında incelendiğinde kiriş donatılarını seçerken güvenli tarafta kalma gayreti ile II. ve III. Aşama hesapları ve imalatı da düşünmek gerekmektedir. Bu sebeple mühendislik yaklaşımı olarak kirişlerde de tipleme yapmak gerektiğinden, B37 kirişi için seçilen donatılar ve alanları Tablo 3.41'de verilmiştir.

Montaj donatısı olarak 4Φ18 seçilmiştir ve alanı 1017 mm2 dir. Mesnet ilaveleri donatı seçimi için gerekli sol ve sağ mesnet ilave donatıları alanı ile seçilen montaj donatısı alanı farkı kadar ilave donatı seçilmesine dikkat edilmiştir (Tablo 3.41).

Tablo 3.41: B37 Kirişi için seçilen donatı adetleri

	Kiriş Sol Mesnet ilave	Montaj ve alt açıklık	Kiriş Sağ Mesnet
Kiriş üstü	2Φ20	6Φ18	2Φ20
Kiriş altı		6Φ20	

Seçilen donatıların alanları ise Tablo 3.42 de verilmiştir.

Tablo 3.42: B37 kirişi seçilen donatı alanları

	Kiriş Sol Mesnet ilave + Montaj donatısı	Montaj ve alt açıklık	Kiriş Sağ Mesnet
Kiriş üstü	2154	1526	2154
Kiriş altı	1884	1884	1884

TBDY 7.4.2.3.'e göre mesnet bölgelerinde alt donatının üst donatının %50 sinden az olmaması şartı da sağlanmıştır.

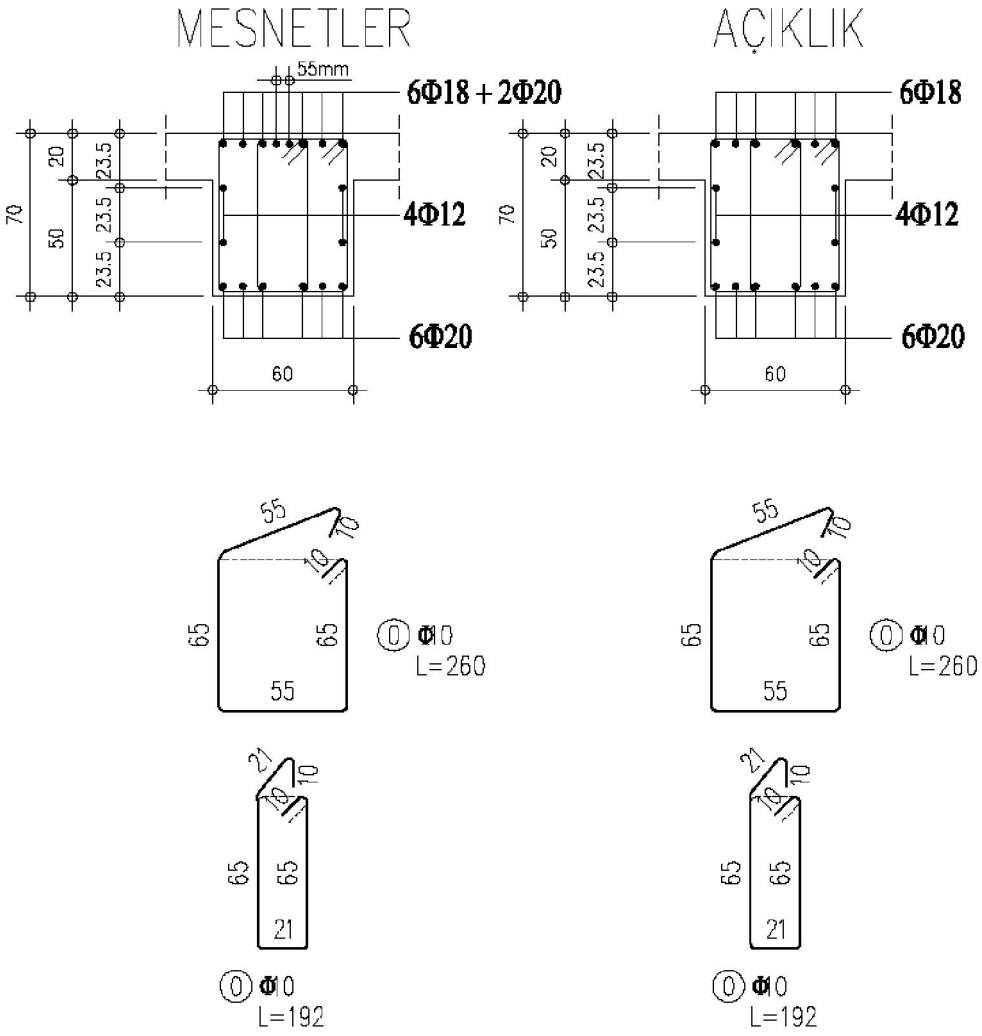
TS500'e göre gövde donatısı çapı 10mm den az olmayacak, aralığı en fazla 30 cm olacak ve kirişin her iki yüzünde olacaktır. Gövde donatısı için gerekli alan denklem 3.30 ile hesaplanacaktır.

$$A_{sl} = 0.001 \times b_w d \qquad (3.30)$$

$$A_{sl} = 0.001 \times 600 \times (700 - 40) = 396\ mm^2$$

Seçilen donatı 4Φ12 dir alanı ise 452 mm^2 dir kirişin her iki yüzünde 2 şer adet yer alacaktır.

Seçilen donatılara göre kiriş içinde donatı yerleşimi Şekil 3.44'de de verilmiştir.



Şekil 3.44: B 37 kiriş detayı

Donatı seçimi akabinde TS500 9.5.2'ye göre donatı net aralığının 25 mm den, kullanılan donatı çapından, ve kullanılan yapı malzemesi çapının 4 / 3 ünden az olmaması gerekmektedir. Şekil 3.44'te donatılar özellikle mesnet bölgelerinde fazla kullanıldığından bu bölgede minumum aralık 55 mm olarak görülmektedir ve bu şartı sağlamıştır. Ayrıca gövde donatıları aralıkları da 23.5 cm olarak düzenlenmiş ve yönetmeliğe uygun tarafta kalınmıştır.

3.9.3.2 Kiriş Boyuna Donatı Oranı kontrolü

TS500 7.3'e göre çekme donatısı ve basınç donatısı oranları ve koşulları denklem 3.31 ile kontrol edilecektir.

$$\rho = \frac{A_s}{b_{wd}} \geq \rho_{min}$$

$$\rho_{min} = 0.8\,\frac{f_{ctd}}{f_{yd}}$$

$$\rho \leq 0.02 \qquad (3.31)$$

$$\rho - \rho' \leq \rho_{max}$$

$$\rho_{max} = 0.85\,\rho_b$$

$$\rho_b = 0.85\,k_1\frac{f_{cd}}{f_{yd}}\,(\frac{600}{600 + f_{yd}})$$

B37 kirişi hesaplamalar yapılarak koşulların sağladığı gösterilmiştir (Tablo 3.43).

$$\rho_b = 0.03375$$

$$\rho_{min} = 0.03614$$

$$\rho_{max} = 0.02$$

Tablo 3.43: Dengeli donatı oranı kontrolü

	Çekme Bölgesi	Basınç Bölgesi	
	ρ	ρ'	$\rho - \rho'$
Sol Mesnet	0.005439	0.004758	0.000682
Açıklık	0.004758	0.003854	0.000904
Sağ Mesnet	0.005439	0.004758	0.000682

3.9.3.3 Etriye Tasarımı

Yürürlükte olan yönetmeliklerce kirişlerin tasarımındaki kurallar,

- Kiriş kolon birleşim bölgelerinde sarılma bölgeleri oluşturulacaktır.
- Sarılma bölegelerinde deprem için özel etriyeler kullanılacaktır.
- Kesme kuvveti hesabında TBDY 7.4.5' teki kesme hesapları kullanılıp tasarım yapılacaktır.
- Kolon kiriş birleşim yani sarılma bölgelerinde etriye aralıkları yönetmelik 7.4.4' e göre kiriş yüksekliğinin 1 /4'ünü, kirişte kullanılan boyuna donatıların en küçüğünün 8 katını ve 150 mm yi aşamaz (kesme güvenliği hesaplarında daha elverişsiz durumları çıkmaz ise).

Kiriş kesme hesabı için iki farklı hesabın bulunması gerekir birincisi kirişin kapasitesinden gelen kesme kuvveti, ikincisi ise dayanım fazlalığından gelen kesme kuvvetidir. Sağ ve sol deprem yönüne göre hesaplanıp elverişsiz sonucu elde etmek üzere TBDY 7.4.5.1' e göre denklem 3.32 kullanılacak ve denklem 3.33 ve denklem 3.34 ile sağlaması yapılacaktır.

$$V_{\mathrm{e}} = V_{\mathrm{dy}} + (M_{\mathrm{pi}} + M_{\mathrm{pj}})/l_{\mathrm{n}} \tag{3.32}$$

$$V_{\mathrm{e}} \leq V_{\mathrm{r}} \tag{3.34}$$

$$V_{\mathrm{e}} = 0.85\, b_{\mathrm{w}} \mathrm{d}\sqrt{f_{\mathrm{ck}}} \tag{3.35}$$

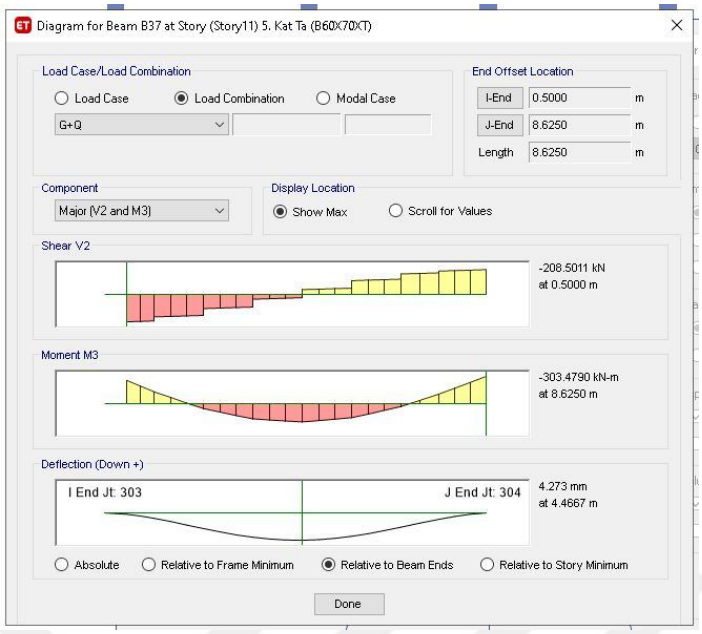
Yapılan analize göre B37 kirişi için düşey yüklerden gelen G+Q yüklemesi ekranı Şekil 3.45'te verilmiştir.

Analiz sonucuna göre G + Q yüklemesinden gelen $V_{\mathrm{dy}} \cong 209$ kN dur. Taşıma gücü momenti ise denklem (3.36) ile hesaplanacaktır.

$$\mathrm{M_r} = \mathrm{A_s f_{yd}(h - 2d')} \tag{3.36}$$

$$\mathrm{M_{r,sol}} = 21.54 \times 365.22 \times (70 - 2 \times 4)/1000 \cong 488 \text{ kN}$$

$$\mathrm{M_{r,sağ}} = 18.84 \times 365.22 \times (70 - 2 \times 4)/1000 \cong 427 \text{ kN}$$



Şekil 3.45 : B37 kirişi düşey yüklerden oluşan kesme kuvveti

Moment kapasitesi ise denklem 3.37 ile hesaplanmıştır.

$$M_p = 1.4\ M_r \tag{3.37}$$

$$M_{p,sol} = 1.4 \times 488 = 683.2\ \text{kN}$$

$$M_{p,sağ} = 1.4 \times 427 = 597\ \text{kN}$$

$$V_e = 209 + \frac{683.2 + 597}{8.62} \cong 358\ \text{kN}$$

Denklem 3.35 e göre;

$V_e = 0.85 \times 600 \times (700 - 40) \times \sqrt{50} = 2380121.42 \cong 2380\ \text{kN} > 358\ \text{kN}$ uygundur.

Dayanım fazlalığı ile yapılan analiz sonrasında hesaplanan maksimum kesme kuvvet, B37 kirişinde 233.98 kN çıkmıştır. TBDY 7.4.5'e göre küçük olan kullanılacağından hesaplarda ~234 kN kullanılacaktır (Şekil 3.46).

TBDY 7.5.4.3 maddesine göre deprem yüklerinden oluşan kesme kuvveti, depremli durumdaki toplam kesme kuvvetinin yarısından fazla betonun kesmeye katkısı V_c=0 alınabilir, aksi durumda betonun kesme dayanımına katkısı hesaplanacaktır. Bu açıklamaya göre,

$$V = \frac{683.2 + 597}{8.62} \cong 148.5\ \text{kN} < \frac{V_e}{2} = \frac{358}{2} = 179$$

Bu durumda V_r hesabında V_c hesaplanacaktır.

TS500' e göre kirişin kesme dayanımı Denklem 3.38 ~ Denklem 3.41 ile hesaplanacaktır.



Şekil 3.46: Arttırılmış hesap ile kesme kuvveti

$$V_r = V_c + V_w \tag{3.38}$$

$$V_c = 0.8\, V_{cr} \tag{3.39}$$

$$V_{cr} = 0.65\, f_{ctd} b_w d \left(1 + \gamma \frac{N_d}{A_s}\right) \tag{3.40}$$

$$V_w = \frac{A_{sw}}{s} f_{ywd} d \tag{3.41}$$

Detay açılımı Şekil 3.44'e verilen etriye için, Φ10 donatı çapı seçilmiş, sarılma bölgesindeki etriye aralığı s=10cm, ve yavru etriyesi ile birlikte 4 etriye kolu bulunmaktadır. Bu verilere göre yukarıdaki denklemleri kullandığımızda;

$$V_{cr} = 0.65 \times 1.65 \times 600 \times (700 - 40) \times \left(1 + \gamma \frac{0}{A_s}\right) = 424710 \cong 425\ \text{kN}$$

$$V_w = \frac{314}{100}\, 365.22\, (700 - 40) = 756881\ \text{N} \cong 757\ \text{kN}$$

$V_c = 0.8 \times 425 = 340\ \text{kN}$

$V_r = 340 + 757 = 1097\ \text{kN}$

$V_e = 234\ \text{kN} < 358\ \text{kN} < V_r = 1097\ \text{kN}$ Yapılan tasarım uygundur.

Tablo 3.44: 5.Normal kart kirişleri kesme kuvveti kontrolü

			SOL MESNET									
			Kiriş boyu	G+Q	A_s (cm2)		M_r (kNm)		M_p (kNm) *[1.4*Mr]*			
Kiriş	b_w (cm)	h (cm)	L_c (cm)	V_{dy} (kN)	SOL	SAĞ	SOL	SAĞ	SOL	SAĞ	V (kN)	**V_e (kN)**
B37	60	70	862	209	21.54	18.84	487.7	426.6	682.8	597.2	148.5	357.5
B25	60	70	862	211.5219	21.54	18.84	487.7	426.6	682.8	597.2	148.5	360.0
B49	60	70	862	209.7558	21.54	18.84	487.7	426.6	682.8	597.2	148.5	358.3
B26	60	70	862	179.7321	21.54	18.84	487.7	426.6	682.8	597.2	148.5	328.2
B51	60	70	862	178.6616	21.54	18.84	487.7	426.6	682.8	597.2	148.5	327.2
B19	60	70	735	152.8547	21.54	18.84	487.7	426.6	682.8	597.2	174.2	327.0
B57	60	70	735	151.8015	21.54	18.84	487.7	426.6	682.8	597.2	174.2	326.0
B38	60	70	862	139.3639	21.54	18.84	487.7	426.6	682.8	597.2	148.5	287.9
B9	60	70	670	117.3765	21.54	18.84	487.7	426.6	682.8	597.2	191.1	308.4
B62	60	70	670	115.0617	21.54	18.84	487.7	426.6	682.8	597.2	191.1	306.1
B56	60	70	688	113.6509	21.54	18.84	487.7	426.6	682.8	597.2	186.1	299.7
B58	60	70	688	96.132	21.54	18.84	487.7	426.6	682.8	597.2	186.1	282.2
B65	60	70	670	95.8883	21.54	18.84	487.7	426.6	682.8	597.2	191.1	286.9
B12	60	70	670	95.832	21.54	18.84	487.7	426.6	682.8	597.2	191.1	286.9
B54	60	70	688	94.6796	21.54	18.84	487.7	426.6	682.8	597.2	186.1	280.7
B11	60	70	620	86.9808	21.54	18.84	487.7	426.6	682.8	597.2	206.5	293.4
B45	60	70	590	84.9889	21.54	18.84	487.7	426.6	682.8	597.2	217.0	302.0
B64	60	70	620	84.8545	21.54	18.84	487.7	426.6	682.8	597.2	206.5	291.3
B33	60	70	590	84.7219	21.54	18.84	487.7	426.6	682.8	597.2	217.0	301.7
B44	60	70	590	84.3675	21.54	18.84	487.7	426.6	682.8	597.2	217.0	301.3
B32	60	70	590	81.8894	21.54	18.84	487.7	426.6	682.8	597.2	217.0	298.9
B10	60	70	620	79.8227	21.54	18.84	487.7	426.6	682.8	597.2	206.5	286.3
B63	60	70	620	77.4904	21.54	18.84	487.7	426.6	682.8	597.2	206.5	284.0
B50	60	80	135	60.8154	21.54	18.84	487.7	426.6	682.8	597.2	948.2	1009.0
B30	60	70	350	54.6647	21.54	18.84	487.7	426.6	682.8	597.2	365.7	420.4
B42	60	80	276	40.0394	21.54	18.84	487.7	426.6	682.8	597.2	463.8	503.8
B43	60	80	166	35.1799	21.54	18.84	487.7	426.6	682.8	597.2	771.1	806.3
B29	60	70	307	31.5613	21.54	18.84	487.7	426.6	682.8	597.2	417.0	448.5
B41	60	70	262	21.9734	21.54	18.84	487.7	426.6	682.8	597.2	488.6	510.6
B55	60	70	715	31.0848	21.54	18.84	487.7	426.6	682.8	597.2	179.0	210.1

Tablo 3.45: 5. Normal Kat kesme tablosu devamı

	Analiz Sonucu V_d	Φ (mm)	s (cm)	n (kol adedi)	A_{sw} (mm2)	V_{cr} (kN)	V_c (kN)	V_w (kN)	**V_r (kN)**	Seçilen **V_d**
B37	234	10	10	4	314	425	340	757	**1097**	234
B25	264	10	10	4	314	425	340	757	**1097**	264
B49	300	10	10	4	314	425	340	757	**1097**	300
B26	226	10	10	4	314	425	340	757	**1097**	226
B51	265	10	10	4	314	425	340	757	**1097**	265
B19	221	10	10	4	314	425	340	757	**1097**	221
B57	210	10	10	4	314	425	340	757	**1097**	210
B38	271	10	10	4	314	425	340	757	**1097**	271
B9	152	10	10	4	314	425	340	757	**1097**	152
B62	154	10	10	4	314	425	340	757	**1097**	154
B56	201	10	10	4	314	425	340	757	**1097**	201
B58	148	10	10	4	314	425	340	757	**1097**	148
B65	154	10	10	4	314	425	340	757	**1097**	154
B12	151	10	10	4	314	425	340	757	**1097**	151
B54	143	10	10	4	314	425	340	757	**1097**	143
B11	119	10	10	4	314	425	340	757	**1097**	119
B45	131	10	10	4	314	425	340	757	**1097**	131
B64	122	10	10	4	314	425	340	757	**1097**	122
B33	132	10	10	4	314	425	340	757	**1097**	132
B44	121	10	10	4	314	425	340	757	**1097**	121
B32	120	10	10	4	314	425	340	757	**1097**	120
B10	118	10	10	4	314	425	340	757	**1097**	118
B63	124	10	10	4	314	425	340	757	**1097**	124
B50	300	10	10	4	314	489	391	872	**1263**	300
B30	70	10	10	4	314	425	340	757	**1097**	70
B42	91	10	10	4	314	489	391	872	**1263**	91
B43	363	10	10	4	314	489	391	872	**1263**	363
B29	46	10	10	4	314	425	340	757	**1097**	46
B41	43	10	10	4	314	425	340	757	**1097**	43
B55	210	10	10	4	314	425	340	757	**1097**	210

3.9.4 Betonarme Perdelerin Tasarım ve Kontrolü

TBDY'de perde tasarımı ile ilgili özel şartlar sunulmuştur, tasarım ve hesaplamalarda dikkat edilecek hususları sıralayarak özetlemek tasarım doğruluğunu ve hızını arttıracağından aşağıda açıklanmaya çalışılmıştır.

a. TBDY' bölüm 13' e göre perde en kesiti 30 cm den az olamaz.
b. G + Q + E altında $N_{dm}/A_c\, f_{ck} \leq 0.35$ olmalıdır.
c. $H_w/l_w > 2.0$ olduğunda perde uç bölgeleri tanzim edilecektir.
d. Kritik perde yüksekliği boyunca perde uç bölgelerinin uzunluğu en az perde uzunluğunun %20 si ve perde kalınlığının 2 katı olacaktır. Kritik perde dışında da en az %10 olacaktır ve perde kalınlığından az olmayacaktır. Birleşen perdelerde uç bölgeleri diğer perdenin içine 300 mm den az olmayacak şekilde uzatılacaktır.
e. Kritik perde yüksekliğince gövde boyuna donatıları 10 ad/m^2, haricinde 4 ad/m^2 olacak şekilde çirozlar ile bağlanacaktır. Yatay donatı çapı ile çiroz çapı aynı olacak, $\Phi_{gövde}/\Phi_{çiroz}$ oranı sabit tutulmak şartıyla çirozların sayısı arttırılarak çap küçültülebilir.
f. Temel kotundan ya da perdenin boyunun planda %20 den fazla azaldığı kottan başlamak üzere, kritik perde yüksekliği $2\ell_w$ değerini aşmayacak ve,

   $$2\ell_w \geq H_{cr} \geq [\ell_w; H_w/6]$$

   Koşulundan olumsuz olanı kullanılacaktır.

g. Perde gövdesindeki donatı alanını toplamının, perde gövdesi brüt alanına oranı 0.0025 den daha az olmayacaktır. $H_w/l_w \leq 2.0$ ise tüm perde alanı hesaplanacaktır. Donatı aralığı 25 cm den fazla olmayacaktır.
h. Oluşturulan perde uç bölgelerinde kritik perde yüksekliği boyunca, boyuna donatı alanının, perde alanına oranı 0.002 den az, kritik perde yüksekliği dışında 0.001 den az olmayacaktır.
i. Yatay donatı çapı minumum Φ8, aralığı ise kullanılan yatay donatı çapının 25 katından fazla olmayacaktır.
j. Perde uç bölgelerinde kritik perde yüksekliğince denklem 3.29'un ikinci koşulu ile hesaplanan yatay donatının en az 2/3' kadar enine donatı tasarlanacaktır.

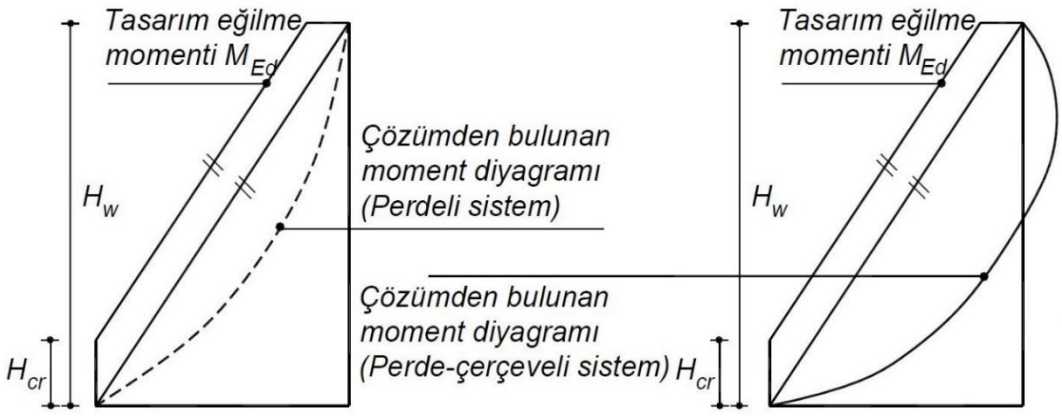
k. Kritik perde yüksekliği dışında etriye yani yatay donatı aralığı 200 mm den az olmayacaktır.

l. Temelde ve katlarda perdenin TS500'e göre kesme sürtünmesi denklem 3.42 ve 3.43 dikkate alınarak kontrol edilecektir.

$$V_e \leq f_{ctd} A_c + \mu A_s f_{yd} \quad (3.42)$$

$$V_e \leq \min[0.2 f_{ck} A_c;\ (3.3 + 0.08 f_{ck}) A_c] \quad (3.43)$$

m. $H_w/l_w > 2.0$ denklemini sağlayan betonarme perdelerde tasarım için kullanılacak eğilme momenti için , perde tabanında analiz sonucu elde edilen eğilme momenti kritik perde yüksekliğince eşit tutulacaktır. Betonarme perdenin tepesinde ve tabanında bulunan momentler birleştirilecek, kritik perde yüksekliğinden itibaren ise birleştirilen doğruya paralel doğru bir doğru oluşturularak bu noktalardaki momentler esas alınacaktır (Şekil 3.47).



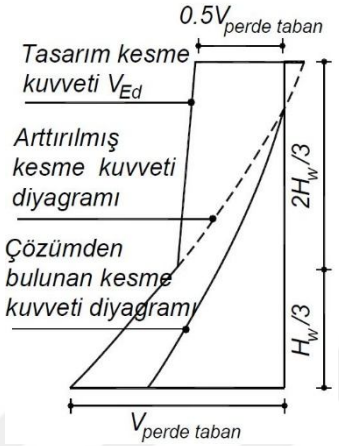
Şekil 3.47: Perdeli Sistem ve Perde-Çerçeveli Sistem Tasarım Eğilme Momenti (M_{Ed})

n. $H_w/l_w > 2.0$ denklemini sağlayan betonarme perdelerde, enine donatı tasarımı için kesme kuvveti olarak denklem 3.44 kullanılacaktır.

$$V_e = \beta_v \frac{(M_p)_t}{(M_d)_t} V_d \quad (3.44)$$

$\beta_v = 1.5$ olarak alınacaktır deprem ile oluşan yükün tamamı perdeler tarafından karşılanıyor ise 1.0 alınabilir.

Düşey ve deprem yükleri ile hesaplanan kesme kuvvetinin boşluksuz perdeli sistemlerde 1.2D, boşluklu perdelerde 1.4D ile büyütülerek elden edilen değeri, denklem 3.44'e göre hesaplanan Ve değerinden küçük ise küçük olan dikkate alınacaktır. Dikkate alınacak kesme kuvveti tasarımı için Şekil 3.48 kullanılacaktır.



Şekil 3.48: Tasarımda kullanılacak Kesme Kuvveti V_{Ed}

o. Denklem 3.45'e göre kesme dayanımı hesabı yapılacaktır.

$$V_{\mathrm{r}} = A_{\mathrm{ch}}(0.65 f_{\mathrm{ctd}} + \rho_{\mathrm{sh}}\, f_{\mathrm{ywd}}) \tag{3.45}$$

p. Denklem 3.44 ile hesaplanan tasarım kesme kuvveti denklem 3.46' ya göre kontrol edilecek ve sağlanacaktır.

$$V_{\mathrm{e}} \leq V_{\mathrm{r}}$$
$$V_{\mathrm{e}} \leq 0.85 A_{\mathrm{ch}} \sqrt{f_{ck}} \quad \text{(B.suz Perdeler)} \tag{3.46}$$
$$V_{\mathrm{e}} \leq 0.65 A_{\mathrm{ch}} \sqrt{f_{ck}} \quad \text{(Bağ kirişli Perde)}$$

3.9.4.1 Betonarme perdelerin kesit koşullarının kontrolü

İncelenen yapıda perde kalınlığı 60 cm ile başladığından yönetmelik 13. Bölüme göre 30 cm den ve perde serbest yüksekliği / 16 dan büyüktür. Burada perde serbest yüksekliği kat yüksekliğidir. İncelenen yapıda en büyük kat yüksekliği

1.Bodrum kat 504 /16 =31.5cm olarak,

Ayrıca çekirdek perdenin yanal olarak tutulu olmayan en büyük perde kolu uzunluğu,

930 cm / 30 = 31 cm

Olarak hesaplanmış ve perde kalınlığı yönetmelik çerçevesinde kalmakta olduğu görülmüştür.

Yapılan analizlere göre üst katlarda perdenin kalınlığı azaltılabilir fakat incelenen yapı için bu durum değerlendirilmeye alınmamıştır.

3.9.4.2 Kritik perde yüksekliği ve perde başlık bölgeleri

Kritik perde yüksekliği için,

$H_w = 96.74\ m$

$2\ell_w \geq H_{cr} \geq [\ell_w; H_w/6]$

$2 \times 930 \geq H_{cr} \geq [930\ ; 9670/6]$

$1860\ cm\ \geq H_{cr} \geq [930\ ; 1612]$

Bu durumda güvenli tarafta kalarak seçilecek Hcr 18.60 m olacaktır. Temel üst kotundan başlamak üzere 5 bodrum kat ve zemin kat kritik perde yüksekliği olarak tanımlanmıştır.

$\mathrm{H_w}/l_\mathrm{w} > 2.0$

$96.74/9.30 > 2.0$ olduğu için tüm perdelerde ve her iki ucunda perde uç yani başlık bölgeleri kritik perde yüksekliğinde oluşturulacaktır.

60 cm x 2 = 120 cm ve ,

60cm lik perde için 0.2 x 930 = 186 cm olduğundan,

195 cm olarak başlık bölgesi oluşturulacaktır.

195 cm olarak alınmasının nedeni başlık bölgelerinde dizayn edilecek donatı aralıklarının 15 cm ve katları olarak alınıp, çap optimizasyonu ile gerekli donatı alanının sağlanması amacıyladır.

Kritik perde yüksekliği dışında kalan 1. Kat ve üzerinde ise,

60 cm x 1 = 60 cm ve,

60 cm lik perde için 0.1 x 930 = 93 cm olduğundan

En az 105 cm olarak başlık bölgesi oluşturulacaktır.

3.9.4.3 Perde boyuna donatı hesabı

Kritik perde yüksekliğince 60cm kalınlığında ve 930 cm lik perde kolu gövdesi için hesaplanan en az gerekli donatı alanı,

$$5400 \times 600 \times 0.0025 = 8100\ mm^2$$

Başlık bölgeleri için hesaplanan en az gerekli donatı alanı

$$1950 \times 600 \times 0.002 = 2340\ mm^2$$

Bu durumda seçilen donatılar gövde için;

72Φ20 (226.19 cm^2)

Başlık için;

$$(\rho_{min})_{başlık} = \frac{(A_{başlık})_{min}}{b_w 0.2 l_w} = \frac{0.002\ b_w l_w}{b_w 0.2 l_w} = 0.01 \leq 0.03$$

$$(A_s)_{başlık} = (\rho_{min})_{başlık} \times b_w l_w =$$

$$0.01 \times 195\ cm \times 60\ cm = 117\ cm^2$$

30Φ24 olarak performans analizi de öngörülerek seçilmiştir (135.71 cm^2).

3.9.4.4 Perde başlık bölgesi etriye hesabı

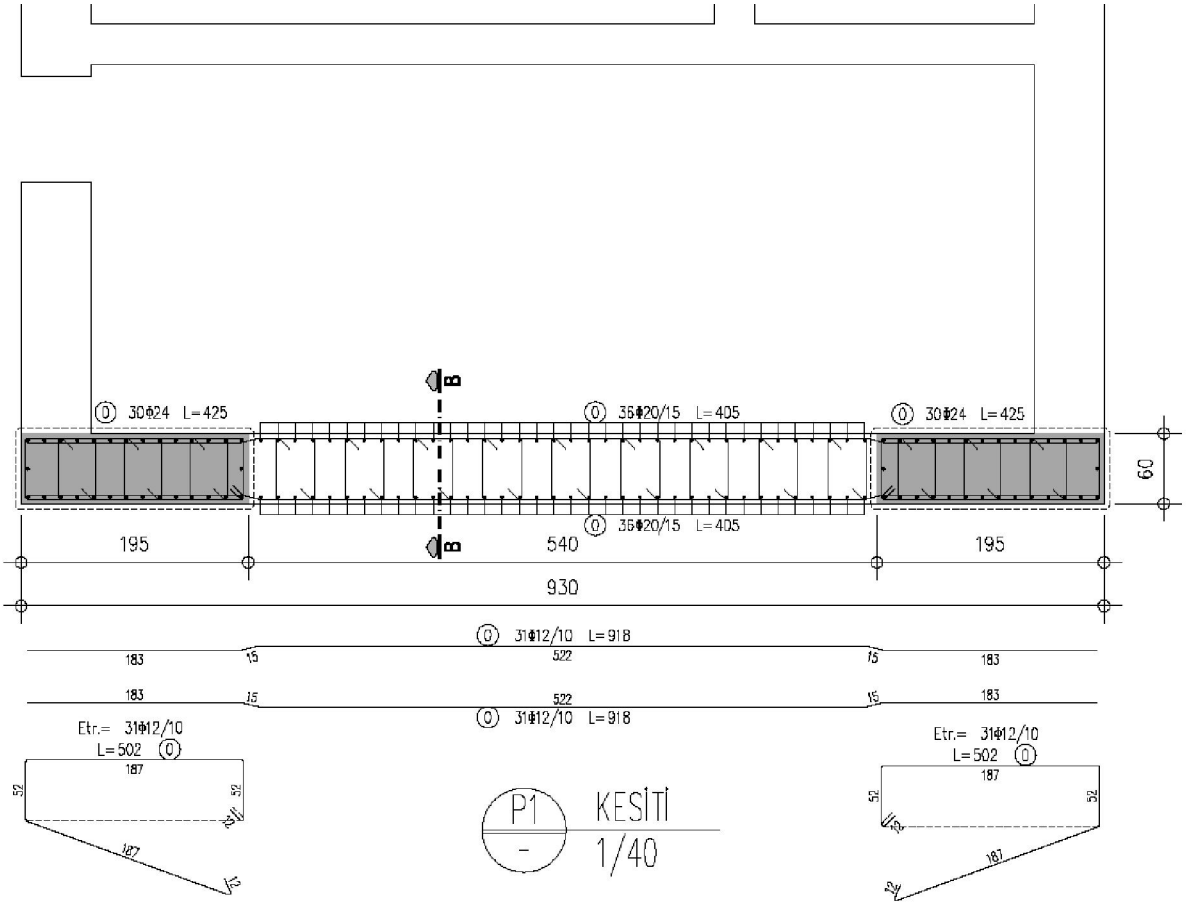
3.9.4 başlığı belirtilen hususlara göre başlık bölgeleri için örnek hesaplama aşağıda sunulmuştur. Etriye için Φ12/10 cm olarak seçilip Denklem 3.29 ile hesap yapılmış, Tablo 3.46' verilmiştir.

$A_{sh} \geq 0.075\, s\, b_k (f_{ck}/f_{ywk})$

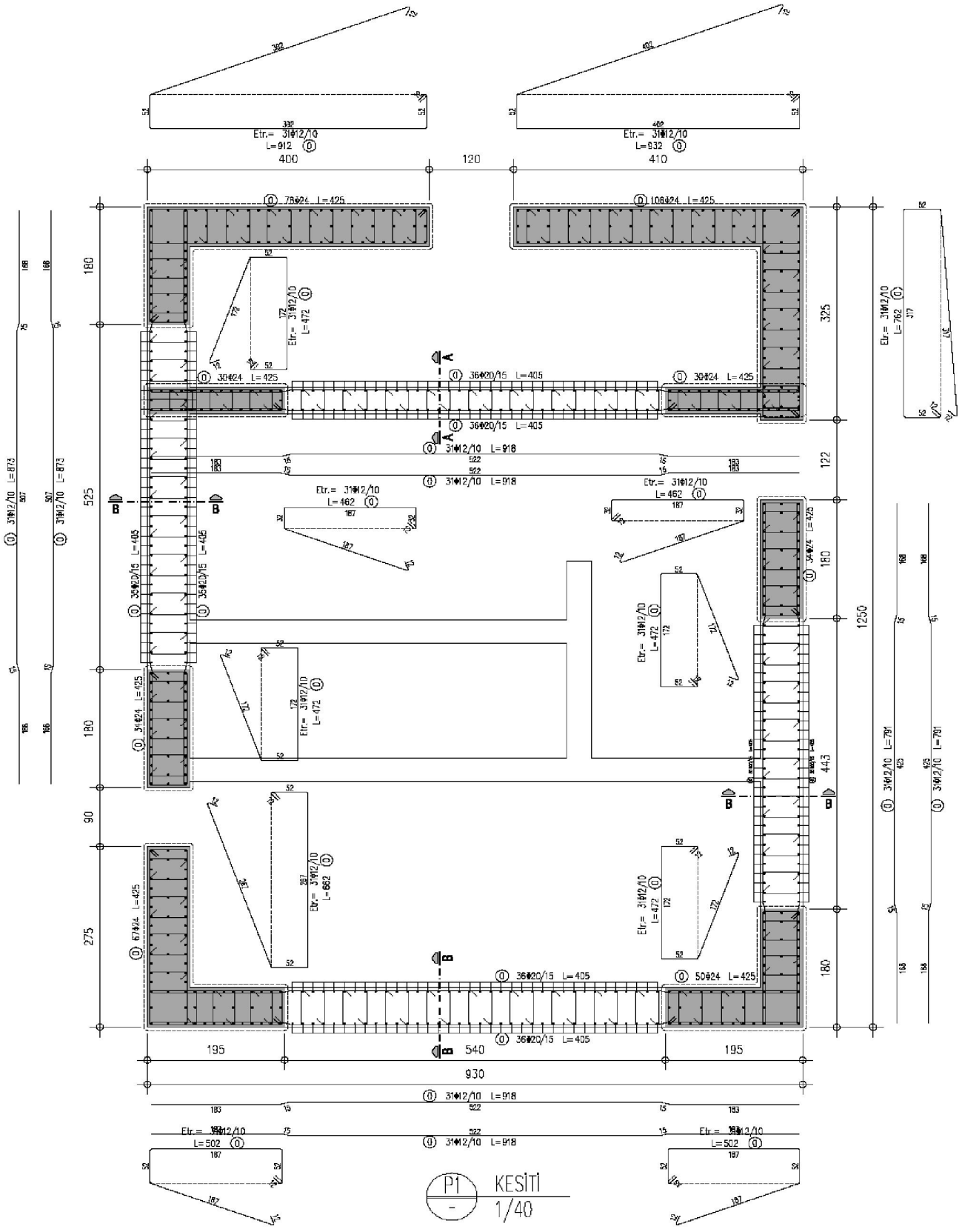
Tablo 3.46: başlık bölgesi enine donatı A_{sh} kontrolü

	x	y	Kol adedi	Etriye çapı	s	b_k	A_{sh}	2/3 A_{sh}
Uzun Doğrultu	60	195	8	12	10	186.80	16.68	11.12
Kısa Doğrultu	60	195	2	12	10	51.80	4.63	3.08

Hesabı yapılan perde kolu başlık ve gövde donatılarının detaylı çizim Şekil 3.49'da verilmiştir.



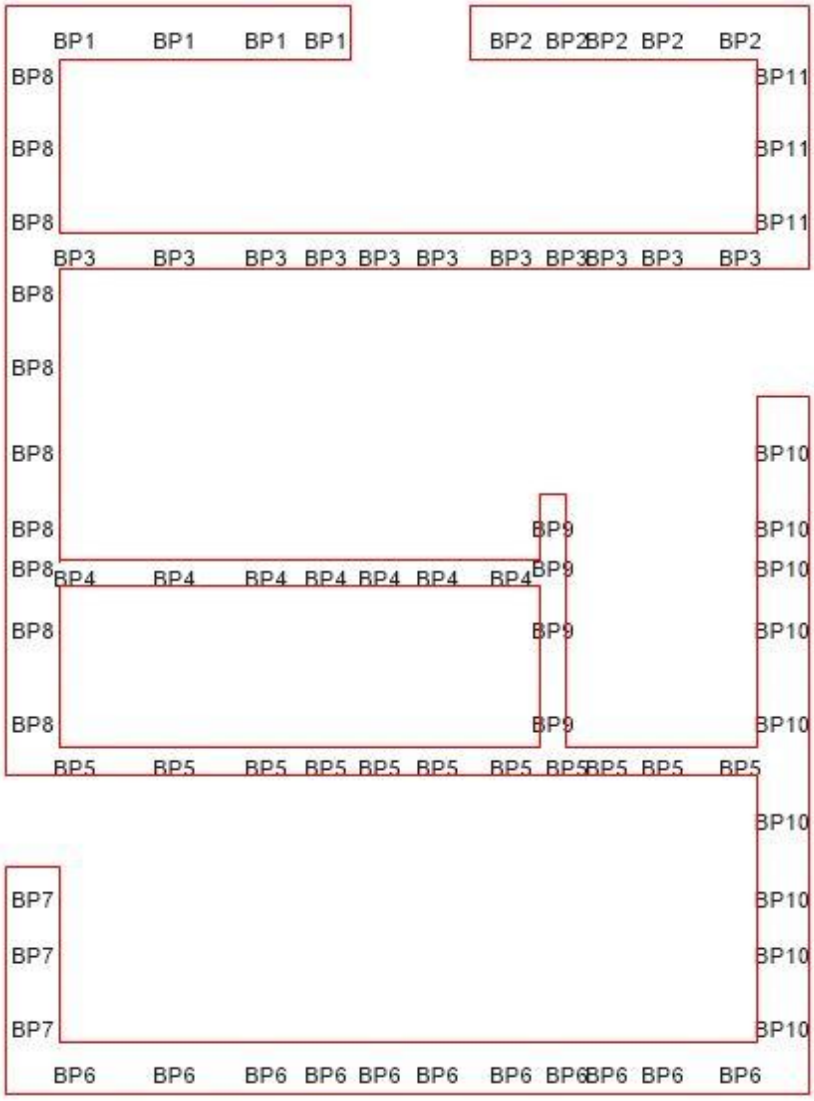
Şekil 3.49: Hesabı yapılan perde kolu detayı



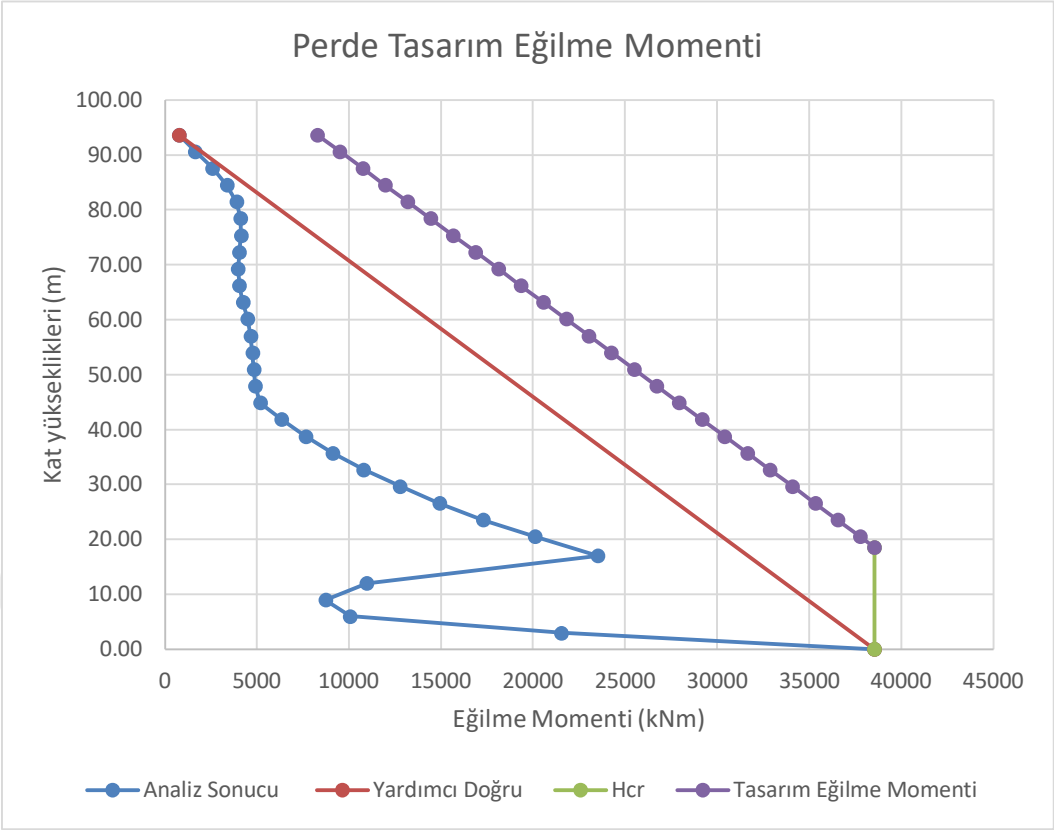
Şekil 3.50: Diğer Perde Kolları İle birlikte TBDY'e Göre Donatı Gösterimi

3.9.4.5 Perdeler İçin Model Üzerinde İç Kuvvet ve Donatı Kontrolü

Oluşturulan modelde perdelerde oluşan gerilmeleri kolon ve kirişlerdeki gibi okuyabilmek dizayn kuvvetlerini momentlerini ve iç kuvvetleri elde edebilmek için bir takım tanımlamalar yapmak gerekmektedir. Yani perdeleri ve perde kollarını isimlendirmemiz program dili ile Pier ve section cut atamamız, seçtiğimiz donatıları modeldeki perdelere tanıtmamız gerekmektedir. Bu şekilde perde ve perde kollarına gelen yükleri değerlendirmeye alarak içindeki donatıların kontrolü, oluşturulan kombinasyonlara göre yapılmış ve donatı oranları elde edilmiştir (Şekil 3.51).

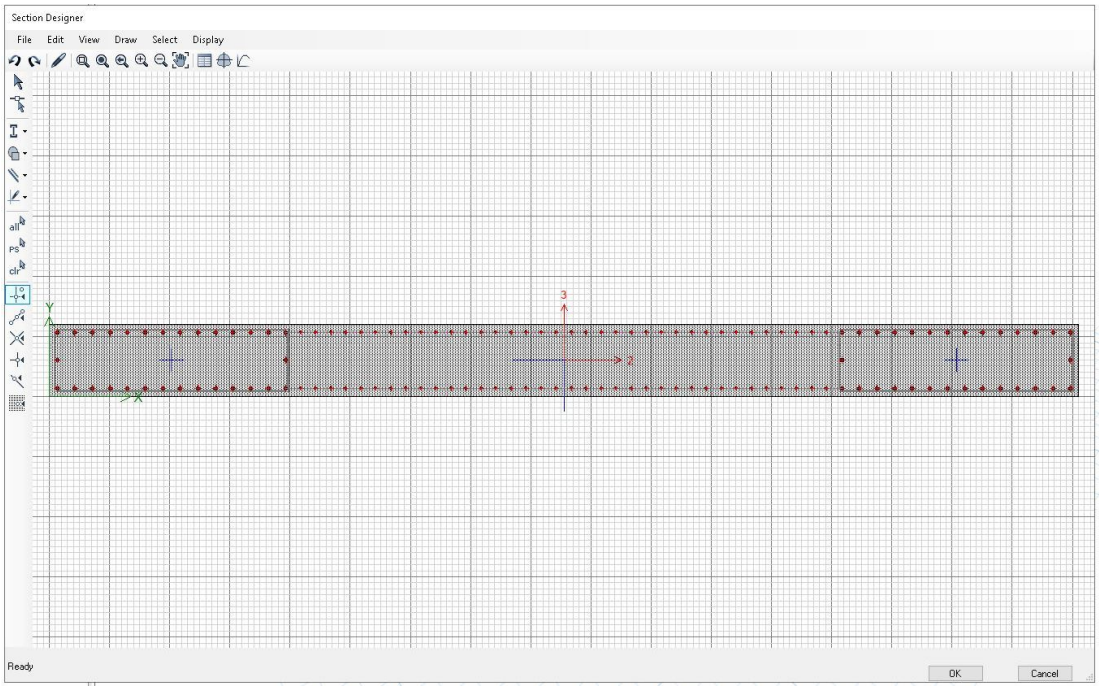


Şekil 3.51: Perde İsimlerinin Programda Atanmış Görünümü

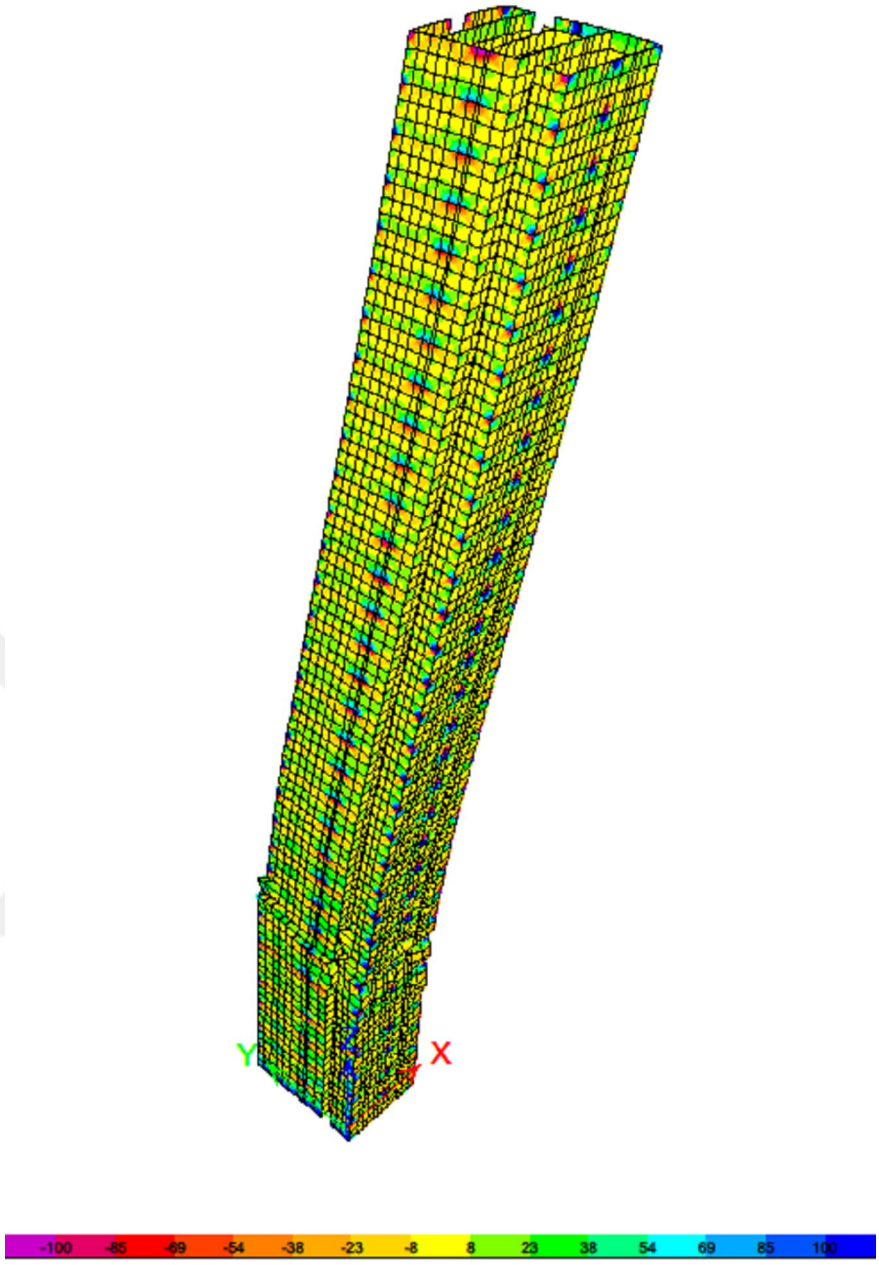


Şekil 3.52: BP6 Perde Tasarım Momentinin oluşturulması

Bu aşamadan sonra seçilen donatılar programın section designer özelliği bütün perde kolları için tanımlanmıştır (Şekil 3.53).



Şekil 3.53: Section designer ile BP7 perde kolu tanımlanması



Şekil 3.54: Çekirdek Perde Deprem Yükleri Altında M22 diagramı

Yapılan donatı tanımları ile birlikte yapılan analizde donatı oranlarının 1 den az olduğu ve seçimlerde güvenli tarafta kalındığı, en büyük oranın 0.419 ile çekirdek perdenin BP7 kolunda olduğu görülmektedir. Donatı oranları tüm tablo olarak **EK 4**'te verilmiştir.

3.10 TASARIM AŞAMASI II

TBDY'e göre yüksek yapıların tasarım ve dizaynı için, Tablo 3.18 de belirtilmiş olan tasarım aşaması II, DD-4 deprem düzeyinde kesintisiz kullanım performansını karşılamak üzere, analizler,

- Mod birleştirme yöntemi ile yine lineer olarak yapılmıştır.
- Malzeme dayanımları için TBDY bölüm 5'te yer alan ortalama (beklenen) malzeme dayanımları kullanılmıştır (**Tablo 3**.47).
- Taşıyıcı elemanların modellenmesinde kullanılması istenen rijitlik kat sayıları **Tablo 3**.48 'te verilmiştir.
- Taşıyıcı elemanların iç kuvvetlerini elde etmek için R/I=1 ve D=1 alınmış,
- %5 olan sönüm oranı % 2.5 alınmış ve bu değeri elde etmek için spektral ivmeler 1.25 katsayısı ile çarpılmıştır (Denklem 3.47)
- I. aşama hesaplarda göz önüne alınan taban kesme kuvveti dikkate alınmamıştır.

İlk aşama hesaplamalarda boyut ve donatı tasarımı yapılmış olan taşıyıcı elemanların DD4 depremi altında yapılan performans değerlendirmesinin olumsuz olduğu durumlarda ilk aşama hesaplar revize edilecektir. Yine ilk aşama hesaplarda olduğu gibi çerçeveyi oluşturan kiriş ve kolonlar sonlu çubuk elemanlar olarak, döşemelerde diyafram ve rijit olacak şekilde tanımlanmıştır. Yönetmeliğin 13. bölümünde bahsedildiği şekilde ek dış merkezlik dikkate alınmamıştır.

$$
\begin{aligned}
&S_{ae}(T) = 1.25 \times (0.4 + 0.6\frac{T}{T_A})\, S_{DS} && 0 \le T \le T_A \\
&S_{ae}(T) = 1.25 \times S_{DS} && T_A \le T \le T_B \\
&S_{ae}(T) = 1.25 \times \frac{S_{D1}}{T} && T_B \le T \le T_L \\
&S_{ae}(T) = 1.25 \times \frac{S_{D1} \times T_L}{T^2} && T_L \le T
\end{aligned}
\qquad (3.47)
$$

Tablo 3.47: Beklenen Malzeme Dayanımları

Beton	$f_{ce} = 1.3\, f_{ck}$
Donatı çeliği	$f_{ye} = 1.2\, f_{yk}$
Yapı çeliği (S235)	$f_{ye} = 1.5\, f_{yk}$
Yapı çeliği (S275)	$f_{ye} = 1.3\, f_{yk}$
Yapı çeliği (S355)	$f_{ye} = 1.1\, f_{yk}$
Yapı çeliği (S460)	$f_{ye} = 1.1\, f_{yk}$

Tabloya göre incelenen yapıda hesaplamalarda kullanılacak malzeme dayanımları,

Beton için,

$f_{\mathrm{ce}} = 1.3\, f_{\mathrm{ck}} = 1.3 \times 50 = 65\ M\mathrm{pa}$

Çelik için,

$f_{\mathrm{ye}} = 1.2\, f_{\mathrm{yk}} = 1.3 \times 420 = 504\ M\mathrm{pa}$

Olarak alınmıştır.

Tablo 3.48: Taşıyıcı Elamanlarda Kullanılacak Kesit rijitlikleri

Betonarme Taşıyıcı Sistem Elemanı	Etkin Kesit Rijitliği Çarpanı	
Perde – Döşeme (Düzlem İçi)	***Eksenel***	***Kayma***
Perde	0.75	1.00
Bodrum perdesi	1.00	1.00
Döşeme	0.50	0.80
Perde – Döşeme (Düzlem Dışı)	***Eğilme***	***Kesme***
Perde	1.00	1.00
Bodrum perdesi	1.00	1.00
Döşeme	0.50	1.00
Çubuk eleman	***Eğilme***	***Kesme***
Bağ kirişi	0.30	1.00
Çerçeve kirişi	0.70	1.00
Çerçeve kolonu	0.90	1.00
Perde (eşdeğer çubuk)	0.80	1.00

Yönetmelik 13.3.2 maddesinde doğrusal davranış için kritik iç kuvvetleri şu şekilde tanımlamıştır.

- Kolonlar, perdeler ve kirişlerde oluşan kesme kuvvetleri,
- Yalnızca eksenel yük etkisindeki kolonlarda oluşan eksenel yükler,
- Döşeme plaklarından düşey taşıyıcılara iletilen iç kuvvetler,
- Özel Donatısı oluşturulmamış zımbalama yükleri,
- Temel seviyesinde bulunan kesme kuvvetleri

Kritik olmayan iç kuvvetler ise,

- Temellerde,bodrum perdelerinde ve döşemelerde oluşan eğilme momentleridir.

Yönetmelik 13. Bölüm 2. aşama için performans hedefinin mod birleştirme analizi ile yapılması durumda iç kuvvet değerlerinin belirlenen kriterlerin dışına çıkmaması gerektiğini şart koşmuştur.

Sünek elemanların iç kuvvet E / K (etki / kapasite) oranı 1.5 tan fazla olmayacaktır (Tablo 3.49).

Sünek olmayan elemanların iç kuvvet E / K (etki / kapasite) oranı 0.7den fazla olmayacaktır (Tablo 3.50).

Tablo 3.49: Sünek Davranış

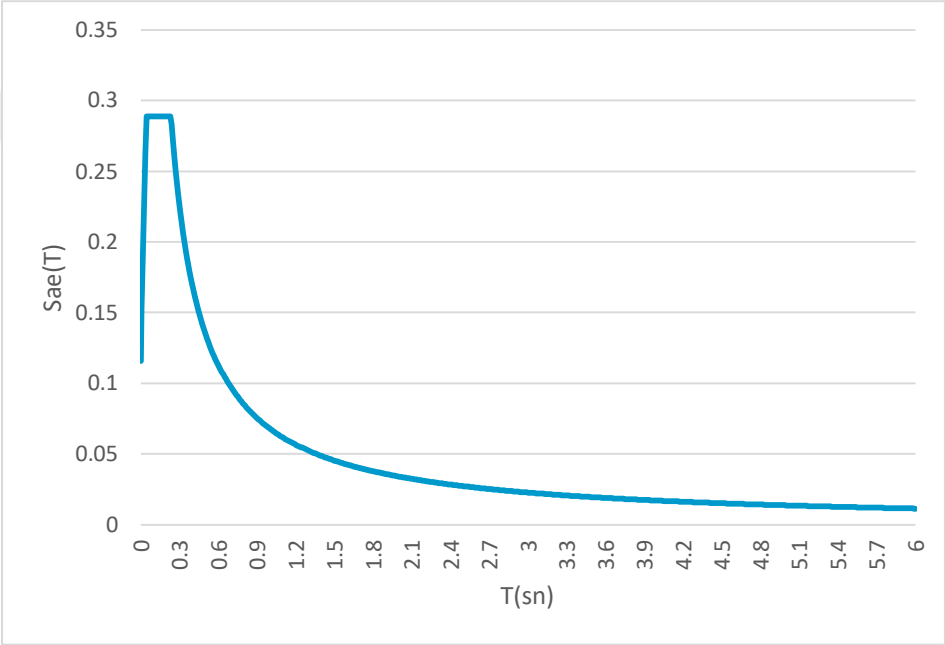
Taşıyıcı Türü	Eleman Davranışı	E/K
Kolon	Eğilmede / Eksenel kuvvet (PMM)'de Akma	< 1.5
Kiriş	Eğilmede akma	< 1.5
Bağ-Kirişli Perde	Bağ Kirişinde Eğilme / Kesmede Akma	< 1.5

Tablo 3.50: Sünek Olmayan Davranış

Taşıyıcı Türü	Eleman Davranışı	E/K
Normal Katlar ve Transfer döşemesi	AktarılanYükler	< 0.7
Kolonlar, Perdeler,Toprak Perdeleri, Kirişler ve Bağ kirişleri	Kesme Kuvveti	< 0.7

3.10.1 Analiz

Mod birleştirme ile doğrusal analiz yapılacağından ilk etapta Yatay elastik tasarım ivmesi oluşturulmuştur. ivme değerleri 1.25 ile çarpılıp büyütülerek sönüm oranının 2.5 olması sağlanmıştır (Şekil 3.55). Hesaplanan ivme değerleri **EK 5**'te sunulmuştur. Binanın analizi Etabs sonlu elemanlar yazılımı ile DD4 depremi altında TBDY 4.8.2 kapsamı altında mod birleştirme ile üç boyutlu olarak yapılmıştır.



Şekil 3.55: Ordinatı 1.25 ile büyütülmüş DD-4 spektral ivme grafiği.

TBDY-2018 bölüm 4.8.4' e göre eşdeğer taban kesme kuvvetine göre büyütme uygulanmış, bölüm 13' göre minimum taban kesme kuvveti göz önüne alınmamıştır. Yapılan analiz ile bulunan eşdeğer deprem yükü ile modal analiz sonuçları karşılaştırılarak 3.8.6 başlığı altında verilen denklem 3.28 ile ölçek katsayısı hesaplanarak tekrar analiz edilmiştir.

Tablo 3.51: Analizi Sonucu hesaplanan bina periyotları

Mod Yönü	Mod No	Periot (sn)	Ux	Uy	∑ux	∑uy
Mod x	1	1.831	0.4197		0.4197	
Mod y	2	1.673		0.4389		0.4395

$$T_{PA} = C_t * H_N^{\frac{3}{4}} \quad (3.12)$$

$T_{PA} = 0.07 * 96.74^{\frac{3}{4}} = 2.159$

$T_{\mathrm{P}}^{(x)}$=1.4*2.159 =3.022 Sn

Tablo 3.52: $V_{\mathrm{t,E}}^{(\mathrm{x,y})}$ Hesapları

X-X YÖNÜ	Y-Y YÖNÜ
$V_{\mathrm{tE}}^{(x)} = m_{\mathrm{t}} S_{\mathrm{aR}}(T_{\mathrm{P}}^{(x)}) \geq 0.04 m_{\mathrm{t}} I S_{\mathrm{DS}}$ g	$V_{\mathrm{tE}}^{(y)} = m_{\mathrm{t}} S_{\mathrm{aR}}(T_{\mathrm{P}}^{(y)})$
$S_{\mathrm{ae}}(1.831) = 0.03713$g	$S_{\mathrm{ae}}(1.673) = 0.04064$g
$S_{\mathrm{aR}}(1.831) = 0.03713$g	$S_{\mathrm{aR}}(1.673) = 0.04064$g
m_t = 50848.007 , $S_{\mathrm{DS}} = 1.25 \times 0.231$	m_t = 50848.007 , $S_{\mathrm{DS}} = 1.25 \times 0.231$
$V_{\mathrm{tE}}^{(x)} = 18518.89$ kN	$V_{\mathrm{tE}}^{(x)} = 20267.84$ kN
$V_{\mathrm{tmin}}^{(x)} = 0.04 m_{\mathrm{t}} I S_{\mathrm{DS}}$ g = 5766.87 kN	$V_{\mathrm{tmin}}^{(x)} = 0.04 m_{\mathrm{t}} I S_{\mathrm{DS}}$ g = 5766.87 kN

$$\beta_{\mathrm{tE}}^{(\mathrm{x})} = \frac{\gamma_{\mathrm{E}} V_{\mathrm{t,min}}^{(\mathrm{x})}}{V_{\mathrm{tx}}^{(\mathrm{x})}} \geq 1 \quad (3.28)$$

$$\beta_{\mathrm{tE}}^{(\mathrm{y})} = \frac{\gamma_{\mathrm{E}} V_{\mathrm{t,min}}^{(\mathrm{y})}}{V_{\mathrm{ty}}^{(\mathrm{y})}} \geq 1$$

Bu aşamada yönetmeliğin 4.4 ana maddeleri altında yer alan koşullara göre deprem etkileri aşağıda verilen kombinasyonlar ile oluşturulmuştur.

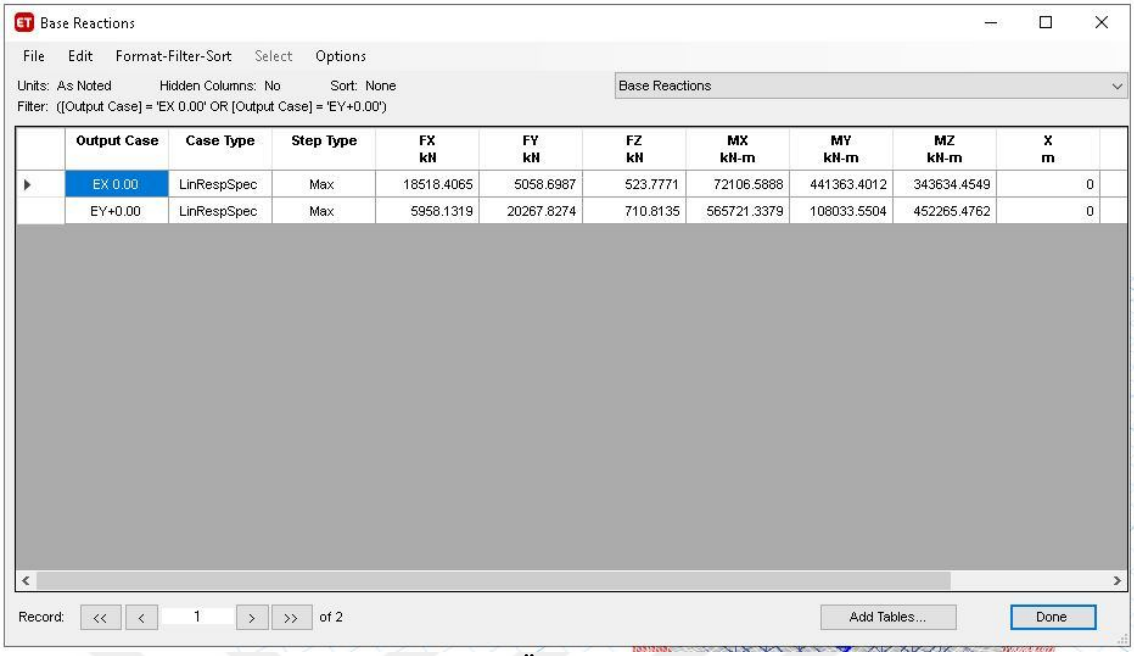
$G + Q + 0.2S + E_d^{(H)} + 0.3E_d^{(Z)}$

$0.9 + H + E_d^{(H)} - 0.3E_d^{(Z)}$

Formülde bulunan $E_d^{(H)}$ depremin deprem tesirlerini ifade etmektedir yönetmelik bize deprem etkisini denklem 3.28 ile birleştirilmesini koşul olarak getirmiştir.

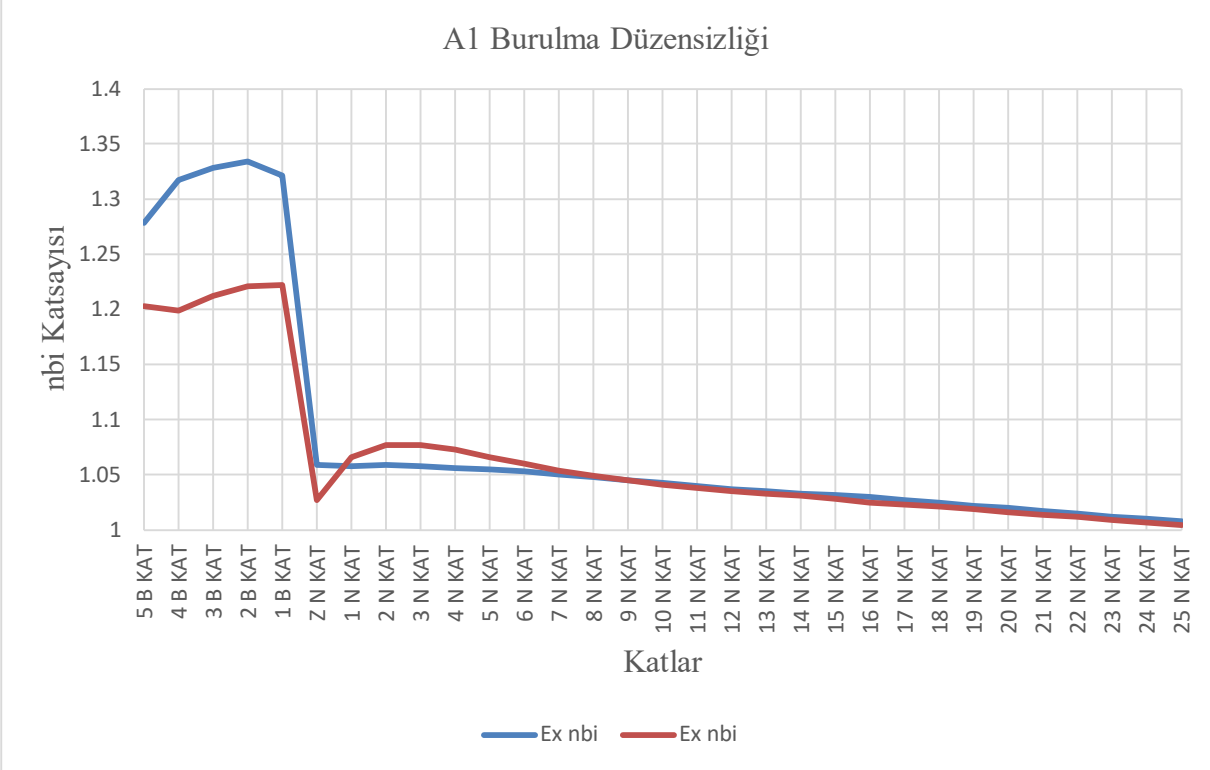
$$E_d^{(H)} = \mp E_d^{(X)} \mp 0.3E_d^{(Y)} \quad (3.28)$$

$$E_d^{(H)} = \mp 0.3E_d^{(X)} \mp E_d^{(Y)}$$

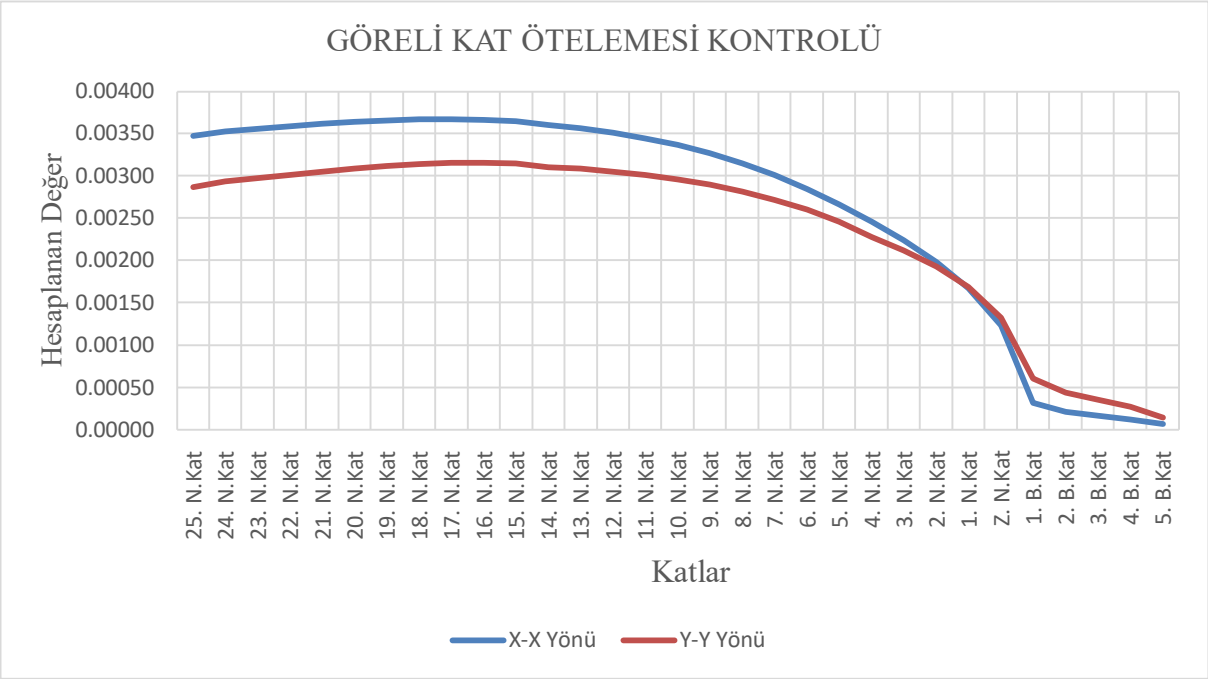


Şekil 3.56: Ölçeklenmiş durum

DD4 depremi altında düzensizlik durumları DD2 deprem altında yapılan şekilde yapılarak Şekil 3.57'sunulmuştur. DD2 depreminde olduğu gibi aynı katlarda burulma düzensizliği olduğu görülmüştür. Hesaplamalarda $\gamma_E = 0.9$ alınmıştır



Şekil 3.57: DD4 depremi altında A1 düzensizliği



Şekil 3.58: Göreli Kat Ötelemesi 0.008**K** Kontrolü

3.10.2 Taşıyıcı Elemanların Değerlendirilmesi

Yönetmelik kapsamında belirtildiği ve bölüm başında detayları açıklandığı üzere sünek ve sünek olmayan davranış değerlendirilmeleri yapılmıştır. Bu değerlendirilmelerde beklenen malzeme değerleri kullanılacağından, gerekli olanlar tekrar hesaplanmıştır.

$$f_{ctk} = 0.35\sqrt{f_{ck}} \tag{3.1}$$

$$f_{ctk} = 0.35\sqrt{65} = 2.821\ MPa$$

$$f_{cd} = f_{ck}/\gamma_m \tag{3.4}$$

$f_{cd} = 65/1.5$ =43.34 MPa,

$$f_{ctd} = f_{ctk}/\gamma_m \tag{3.5}$$

$f_{ctd} = 2.822/1.5$ =1.881 MPa,

$$f_{yd} = f_{yk}/\gamma_{ms} \tag{3.6}$$

$f_{yd} = 504/1.15$ = 438.26 MPa, değerlerini almaktadır.

3.10.2.1 Kolonların Değerlendirilmesi

DD2 depremi altında örnek hesaplaması ve donatı yerleştirilmesi yapılan 120x120 cm ebadındaki 5.Bodrum kat C21 kolonu için kapasite hesapları yapılmıştır. Betonarme yapılar hiperstatiklik özelliği olması nedeniyle kolon kesitlerinde eğilme momentleri de meydana geldiğinden sadece eksenel yüke göre hesap yapılması engellenmiştir.

$$V_{cr} = 0.65\, f_{ctd} b_w d \left(1 + \gamma \frac{N_d}{A_s}\right) \quad (3.40)$$

$A_s = 36\Phi 26 = 191.134\ cm^2$

$\gamma = 0.07$ (TS500 8.1.3)

$$V_{cr} = 0.65\ \times 1.881 \times 1200 \times 1200 \times \left(1 + 0.07 \times \frac{15015458.3}{19113.4}\right)$$

98527817.34 N

$$V_c = 0.8\, V_{cr} \quad (3.39)$$

$$V_w = \frac{A_{sw}}{s} f_{ywd} d \quad (3.41)$$

$V_c = 0.8 \times\ 98527817.34 = 78872090.87\ \text{N} \cong 78872.09\ \text{kN}$

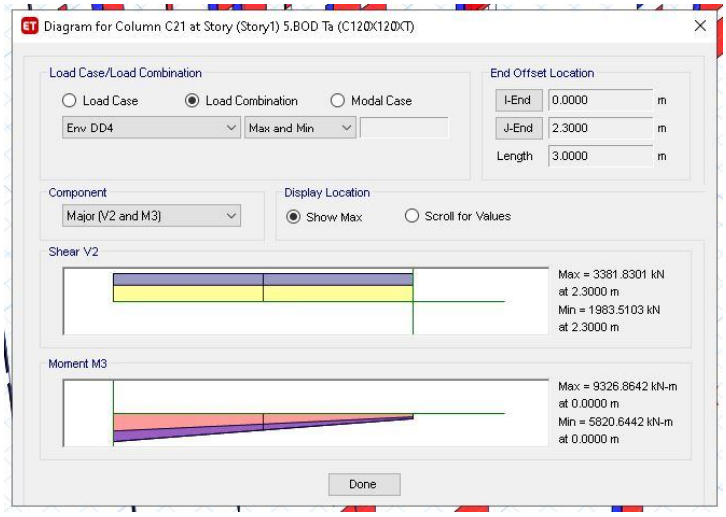
Şekil 3.42 de gözüktüğü üzere ilk aşama hesaplamada 120x120 ebadındaki kolonda simetrik olarak iç etriye kolları Φ14 çapında ve 7 adet olup, 10 cm ara ile tasarlandığından,

$$V_w = \frac{7 \times 154}{100}\ 438.26 \times 1200\ = 5667061.36\ \text{N} \cong 5667.06\ \text{kN}$$

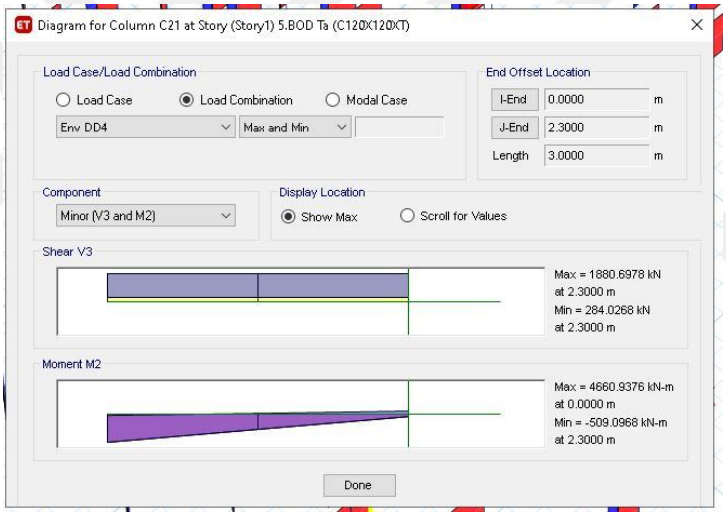
$$V_r = V_c + V_w \quad (3.38)$$

$V_r = 84539.2\ \text{kN}$

Analiz sonuçlarına göre örnek hesaplaması yapılan C21 kolonu ile ilgili program verileri Şekil 3.59 ve Şekil 3.60'ta verilmiştir.



Şekil 3.59: C21 Kolonu V2 kesme etkisi ile M3 momenti



Şekil 3.60: C21 Kolonu V3 kesme etkisi ile M2 momenti

V2 Kesme etkisi yönünde

$$\frac{E}{K} = \frac{V_{max}}{V_r} = \frac{3381.83}{84491.5} = 0.04 < 0.7$$

V3 Kesme etkisi yönünde

$$\frac{E}{K} = \frac{V_{max}}{V_r} = \frac{1880.69}{84491.5} = 0.023 < 0.7$$

Olarak hesaplanmış ve yönetmelik şartları sağlanmıştır.

Tablo 3.53: 5.Bodrum Kat kolon kesme kapasite oranları

Kol No	Hesap V2 kN	Hesap V3 kN	Nd	bw (mm)	d (mm)	Kol.Dem Çapı Φ	adet	Etr.kol adedi	s (mm)	Etr. Çapı	As (mm2)	Vcr	Vc	Vw	Vr	E/K V2	E/K V3
C16	1342.77	3448.14	16241.98	1200	1200	26	36	7	100	14	19113.45	106499491.84	85199593.47	5667061.62	90866.66	0.015	0.038
C17	831.69	2769.68	16768.92	1200	1200	26	36	7	100	14	19113.45	109897588.32	87918070.65	5667061.62	93585.13	0.009	0.030
C31	1487.55	2718.01	13147.42	1200	1200	26	36	7	100	14	19113.45	86543811.60	69235049.28	5667061.62	74902.11	0.020	0.036
C26	1395.12	2567.17	16153.40	1200	1200	26	36	7	100	14	19113.45	105928282.73	84742626.18	5667061.62	90409.69	0.015	0.028
C32	1232.82	2426.33	14746.51	1200	1200	26	36	7	100	14	19113.45	96855735.23	77484588.19	5667061.62	83151.65	0.015	0.029
C22	1118.32	2216.16	15954.99	1200	1200	26	36	7	100	14	19113.45	104648811.52	83719049.22	5667061.62	89386.11	0.013	0.025
C33	3096.27	2120.09	14365.04	1200	1200	26	36	7	100	14	19113.45	94395799.46	75516639.57	5667061.62	81183.70	0.038	0.026
C27	3381.83	1880.70	16599.68	1200	1200	26	36	7	100	14	19113.45	108806224.00	87044979.20	5667061.62	92712.04	0.036	0.020
C34	948.13	1816.82	14779.71	1200	1200	26	36	7	100	14	19113.45	97069846.27	77655877.02	5667061.62	83322.94	0.011	0.022
C8	1057.15	1747.96	13240.67	1200	1200	26	36	7	100	14	19113.45	87145139.74	69716111.79	5667061.62	75383.17	0.014	0.023
C9	3709.55	1662.71	15222.85	1200	1200	26	36	7	100	14	19113.45	99927513.66	79942010.92	5667061.62	85609.07	0.043	0.019
C10	891.33	1473.03	14805.89	1200	1200	26	36	7	100	14	19113.45	97238694.29	77790955.44	5667061.62	83458.02	0.011	0.018
C35	4106.61	1293.20	13959.45	1200	1200	26	36	7	100	14	19113.45	91780285.68	73424228.55	5667061.62	79091.29	0.052	0.016
C11	4271.26	1112.71	15258.17	1200	1200	26	36	7	100	14	19113.45	100155247.45	80124197.96	5667061.62	85791.26	0.050	0.013
C12	4481.93	907.37	14017.01	1200	1200	26	36	7	100	14	19113.45	92151468.88	73721175.10	5667061.62	79388.24	0.056	0.011

3.10.2.2 Kirişlerin Değerlendirilmesi

İlk aşama da değerlendirilen B37 kirişi üzerinden örnek değerlendirmeler yapılarak moment kapasiteleri kirişin her iki ucunda bulunmuştur.

$$M_r = A_s f_{yd}(h - 2d') \tag{3.36}$$

$$M_{r,sol} = 21.54 \times 438.26 \times (70 - 2 \times 4)/1000 \cong 585.28 \text{ kN}$$

$$M_{r,sağ} = 18.84 \times 438.26 \times (70 - 2 \times 4)/1000 \cong 512 \text{ kN}$$

B37 kirişinin kesme Kapasitesi,

$$V_r = V_c + V_w \tag{3.38}$$

$$V_c = 0.8\, V_{cr} \tag{3.39}$$

$$V_{cr} = 0.65\, f_{ctd} b_w d \left(1 + \gamma \frac{N_d}{A_s}\right) \tag{3.40}$$

$$V_w = \frac{A_{sw}}{s} f_{ywd} d \tag{3.41}$$

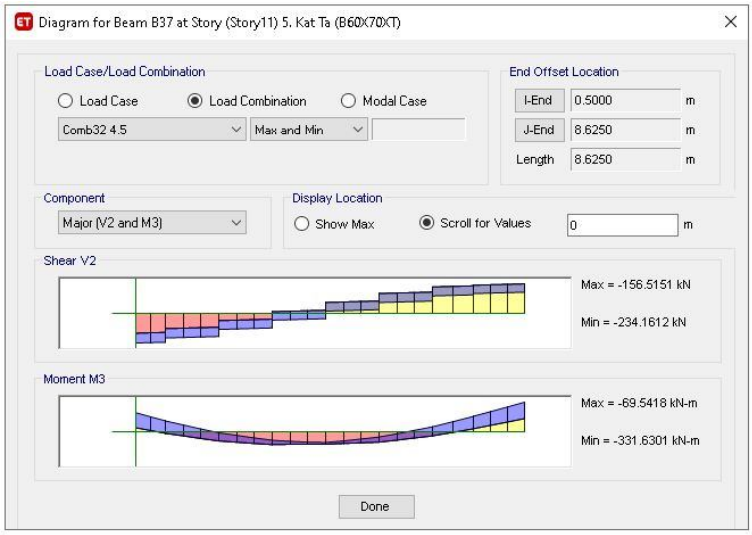
$$V_{cr} = 0.65 \times 1.881 \times 600 \times (700 - 40) \times \left(1 + \gamma \frac{0}{A_s}\right) = 484169 \cong 485 \text{ kN}$$

$$V_w = \frac{314}{100} 438.26\,(700 - 40) = 908250 \text{ N} \cong 909 \text{ kN}$$

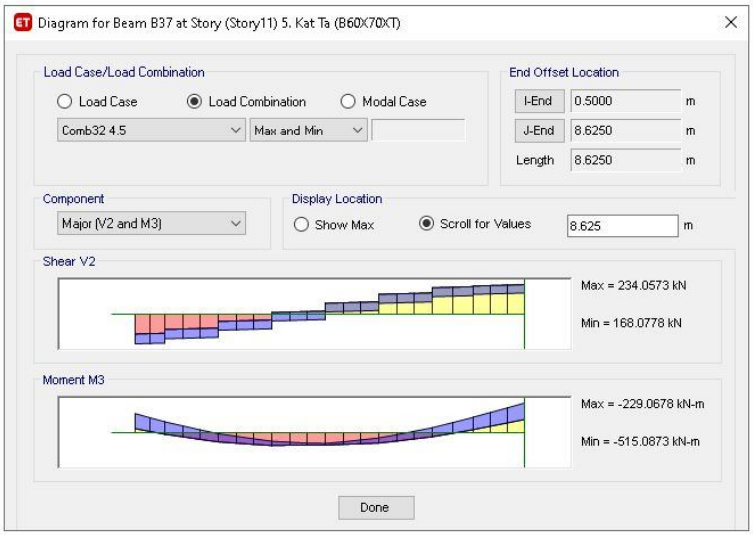
$$V_c = 0.8 \times 485 = 388 \text{ kN}$$

$$V_r = 388 + 909 = 1297 \text{ kN}$$

B37 kirişi ile ilgili, DD4 deprem düzeyinde istenen performans hedefi olan kesintisiz kullanım için, analiz sonucu kirişin sağ ve sol bölgelerinde oluşan kesme kuvvetinin maksimum olduğu kombinasyon seçilmiş, momentler kesme kuvvetleri Şekil 3.61 ve Şekil 3.62 de sunulmuştur.



Şekil 3.61 : DD4 depremi V2, M3 sol mesnet analiz sonucu



Şekil 3.62: DD4 depremi V2, M3 sağ mesnet analiz sonucu

Yönetmeliğin aşama 2 hesabında istediği sünek davranış değerlendirmesi,

B37 kirişi sol mesneti için,

$$\frac{E}{K} = \frac{M_{max}}{M_r} = \frac{331.63}{585.28} = 0.566 < 1.5$$

B37 kirişi sağ mesneti için,

$$\frac{E}{K} = \frac{M_{max}}{M_r} = \frac{515.087}{512} = 1.006 < 1.5$$

Olarak bulunmuş ve yönetmeliğin istediği sınır değerler içinde kaldığı görülmüştür.

B37 kirişi kesme değerlendirmesi ise,

Sol mesnet için,

$$\frac{E}{K} = \frac{V_{max}}{V_r} = \frac{234.16}{1297} = 0.18 < 0.7$$

Sağ mesnet için,

$$\frac{E}{K} = \frac{V_{max}}{V_r} = \frac{168.07}{1297} = 0.129 < 0.7$$

Olarak bulunmuş ve yönetmeliğin istediği sınır değerler içinde kaldığı görülmüştür.

Yapılan değerlendirmeler sonucu ilk aşamada yapılan tasarım ve hesaplamaların ikinci aşamada güvenli tarafta kaldığı görülmüş ve üçüncü aşamaya geçilmiştir.

3.11 TASARIM AŞAMASI III

İncelenen yapının TBDY 2018 4.bölüm kapsamında ön boyutlandırması yapılarak istenilen şartlar sağlandıktan sonra, DD4 deprem düzeyinde kesintisiz kullanımı sağlamak üzere ikinci aşama hesaplamalar ile iç kuvvet kontrolleri yapılarak istenilen değer aralıklarında kaldığı gösterilmiştir. Bu aşamada ise DD1 deprem düzeyi altında incelenen yapının istenilen performans düzeyi olan göçmenin önlenmesi hedefi için, zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizler yapılacaktır. Hesap sonucu elde edilen şekil değiştirme ve iç kuvvet değerlerinin yönetmeliğin belirlediği aralıklar içinde olduğu gösterilecektir.

3.11.1 Yönetmelik Kapsamında Dikkat Edilecek Hususlar

- İncelenen yapının modeli üç boyutlu olarak yapılacaktır.
- Her iki doğrultu göz önüne alınacaktır. (X-Y)

- Taşıyıcı sistemdeki şekil değiştirmeler için ikinci mertebe etkileri değerlendirilecektir.
- İncelenen yapı yeni yapılacak bir bina olup aşama II de kullanılan malzeme dayanımları kullanılacaktır.
- Çerçeve elemanlar (kolon-kiriş) çubuk tanımlanacak, doğrusal olmayan davranış için, eleman uçlarındaki plastik şekil değiştirme kısımlarında yayılı veya yığılı plastik mafsal modeli uygulanacaktır.
- Taşıyıcı eleman uçlarına tanımlanan plastik mafsallar arasında kalan kısım doğrusal olarak tasarlanacaktır.
- Bu aşamada %2.5 sönüm oranı kullanılacaktır.
- Modellenen yapıda ilk aşamada A1 düzensizliği $n_{bi} > 1.5$ ise ek dış merkezlik etkisi yapılacak hesapta uygulanacaktır.
- Boşluklu veya boşluksuz perdelerin modellenmesinde zaman tanım alanı ile hesap yapılacaksa plastik mafsal yöntemi ile değil kesi hücresi-lif- modeli kullanılacaktır.
- Döşemelerin ve bodrum toprak perdelerinin doğrusal olmayan şekilde modellenmesine gerek yoktur. Tablo 3.23 teki etkin kesit rijitlikleri kullanılarak doğrusal ve kabuk modelleme yapılabilir.

3.11.2 Kesit Rijitlik Çarpanları

Perde, kiriş, bağ kirişi, kolonların yığılı plastik yöntemine göre yapılacak hesaplama için etkin kesit rijitlikleri denklem 3.48'e göre hesaplanacaktır.

$$(EI)_e = \frac{M_y}{\theta_y}\frac{L_s}{3} \tag{3.48}$$

M_y Etkin akma momenti

θ_y Akma dönmesi ortalaması

L_s Moment / Kesme kuvveti oranı (kesme açıklığı)

Kiriş ve kolonlarda bu oranlar açıklığın yarısı, perdelerde her katta olmak üzere kat yüksekliğinin yarısı olarak alınabilir yani perde dibinden perde tepesine olacak şekilde alınabilir. θ_y İse denklem 3.49 ile hesaplanacaktır.

$$\theta_y = \frac{\emptyset_y L_s}{3} + 0.0015\eta\left(1 + 1.5\frac{h}{L_s}\right) + \frac{\emptyset_y d_b f_{ye}}{\sqrt[8]{f_{ce}}} \quad (3.49)$$

θ_y incelenen kesitteki plastik mafsalın etkin akma eğriliği

h incelenen kesitin yüksekliği

d_b donatı çeliklerinin ortalama çapı (donatı sıyrılması dönmesi, akma durumu için)

η = 0.5 perdelerde

η = 1 kolonlarda

3.11.3 Hesap Yöntemi

İncelenen yapıda doğrusal olmayan hesapta kullanılacak yöntem zaman tanım alanında, zaman artımları ile yapılacaktır.

- En az 11 deprem yer hareketi, incelenen yapının depremsel özelliklerine uygun olarak seçilecek ve TBDY bölüm 2"ye göre ölçeklenmesi yapılacaktır.
- Deprem kayıtlarının seçimi, tasarıma esas deprem hareketi büyüklüğü, aktif fay düzlemine uzaklık, kaynak mekanizması ve yerel zemin koşulları dikkate alınarak yapılacaktır.
- Benzeştirilmiş kayıtlar kullanılması gerekirse, bu kayıtların incelen yapının bulunduğu bölgede daha önce gerçekleşen kaydedilmiş deprem kayıtları ile uyumlu olması gerekmektedir.
- Aynı depremden en fazla üç kayıt kullanılacaktır.
- Ölçekleme işlemi için seçilen tüm kayıtlara ait spektrum ortalamalarının 0.2Tp ve 1.5Tp periyot arasındaki genlikleri, yapının tasarım için kullanılacak olan spektrumunda aynı periyotlara karşılık gelen genliklerinden küçük olmayacaktır.
- X ve Y yönlerinde uygulanacak hesaptan sonra bu veriler 90^o döndürülüp tekrar hesap yapılacaktır.
- Analiz için seçilen her bir deprem kaydının iki yatay bileşenine ait spektrumları kareleri toplamının karekökü yöntemine göre bileşkesi alınıp yatay spektrum elde edilecektir. Seçilen tüm kayıtlara ait spektrumların ortalamasının, 0.2Tp ve 1.5Tp periyotları

arasındaki genliklerinin, tasarım spektrumunun aynı periyot aralığındaki genliklerine oranının 1.3‟ten daha küçük olmaması kuralına göre ölçeklendirilecektir

- Sünek ve sünek olmayan elemanların değerlendirilmelerinde 11x2 = 22 adet analiz sonuçlarında çıkan şekil değiştirmeler ve iç küvvetlerin maksimum mutlak ortalama değeri hesaplanacaktır.
- Yük kombinasyonları için

  $G + nQ + 0.2S + E_d^{(H)} + 0.3E_d^{(Z)}$kullanılacaktır,

  hareketli yük katsayısı, incelenen yapının kullanım amacı konut olduğu için 0.3 olarak alınmıştır.

- Çerçeve elemanlarda (kolon kiriş) tanımlanan plastik mafsal bölgesinin uzunluğu

  $L_p \cong 0.5h$

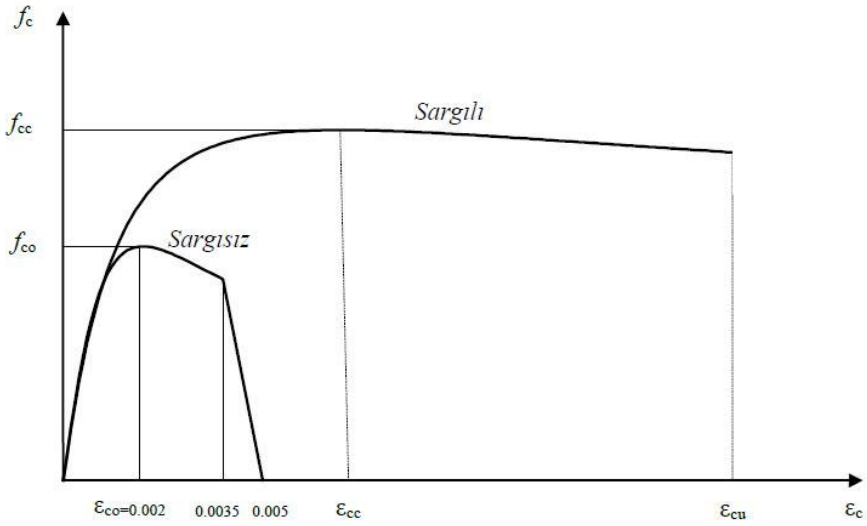
  İncelenen yapıda bulunan elemanların plastik mafsal uzunlukları Etabs programına 0.5 katsayısı girilerek oluşturulmuştur.
- Döşemeler rijit diyafram olarak modellenmiş olup Etabs→ sap2000→ perform3D programına aktarma yapılırken döşemlerin kirişlere yük aktarım ve dağılımı yapıldığından tanımlanan diyaframlar silinmeyip döşemeler silinmiştir.
- Göreli kat ötelemelerinde göçmenin önlenmesi performans hedefini sağlamak üzere, 22 deprem kayıdından analiz sonucu hesaplanacak olan ortalama değer 0.03 ten fazla olmayacaktır.
- Göreli kat ötelemelerinde göçmenin önlenmesi performans hedefini sağlamak üzere, her bir deprem kaydındaki hesaplanan büyük göreli kat ötelemesi 0.045 ten fazla olmayacaktır.

3.11.4 Değerlendirme Esasları

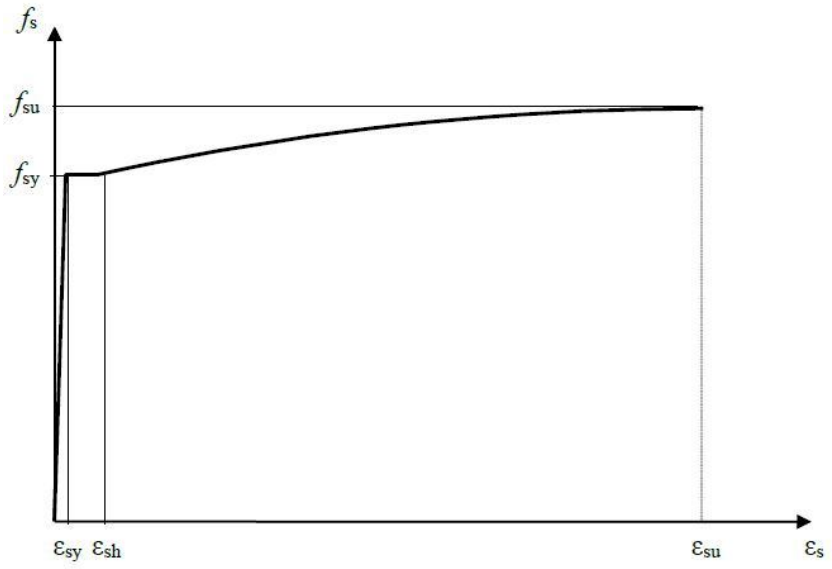
Performans analizinde yığılı plastik davranışa göre plastik mafsal tanımlamalarında beton birim şekil değiştirmesi 0.0035, donatının ise 0.01 alınmıştır. Etkin akma momenti için eksenel yükler kullanılmış, elasto plastik standart çevrim modeli kullanılmıştır. Performans hedefi olarak

değerlendirilmesi gereken GÖ (göçmenin önlenmesi performans hedefi) için, yığılı plastik davranışa göre hesaplanacak olan dönmeler, Şekil 3.63 te verilen eğrilik dikkate alınarak denklem 3.50 ile hesaplanacaktır.

$$\theta_{\mathrm{p}}^{(\mathrm{GÖ})} = \frac{2}{3}\left[\left(\emptyset_{\mathrm{u}} - \emptyset_{\mathrm{y}}\right) L_p \left(1 - 0.5\frac{L_p}{L_s}\right) + 4.5\emptyset_u d_b\right] \tag{3.50}$$

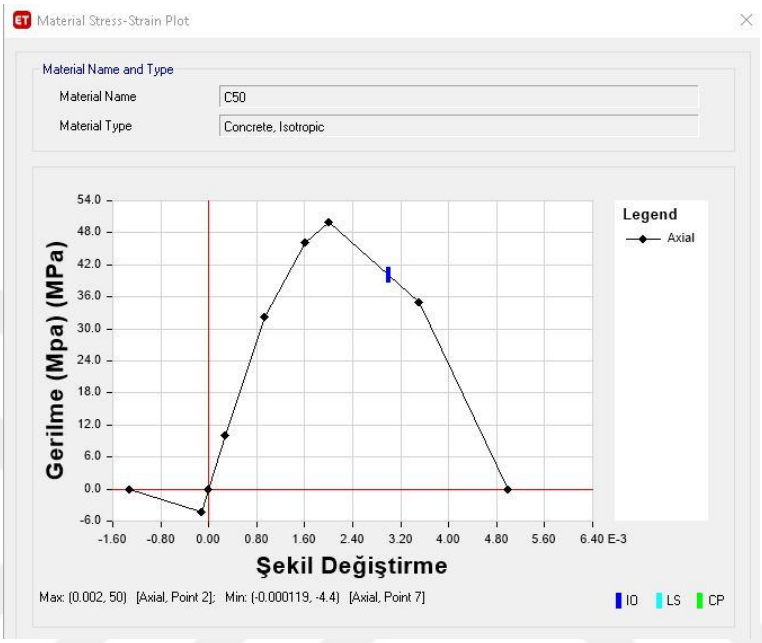


Şekil 3.63: Sargılı ve sargısız beton şekil değiştirme grafiği



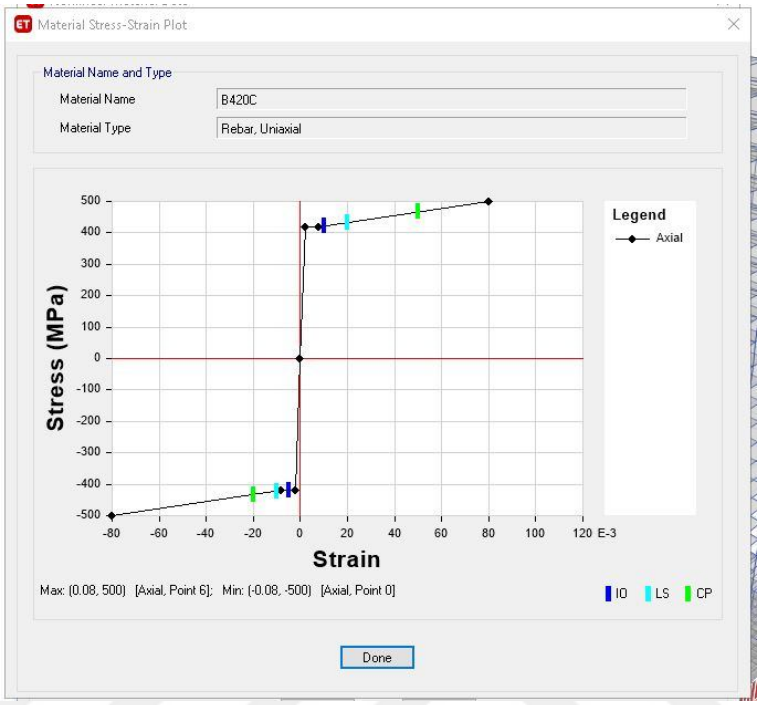
Şekil 3.64: Donatı modeli

Mander metodunu göz önüne alarak TBDY EK5 sargısız beton ile ilgili bağıntılar ile hesaplanan noktaları malzeme modeli Şekil3.65 te sunulmuştur. Bu malzeme modelinden yolara çıkarak taşıyıcı elemanların modelleri oluşturulacaktır.



Şekil 3.65: TBDY nonlinear hesap için sargısız beton modeli

Yönetmelik ek 5. Bölüm de verilen donatı modeli ile ilgili bağıntılar ile hesaplanıp programa tanıtılmış grafik Şekil 3.65'te verilmiştir.



Şekil 3.66: TBDY nonlinear hesap için donatı çeliği modeli

3.11.5 İncelenen Yapı Taşıyıcı Elemanlarının Davranış Modelleri ve Şekil Değiştirme Sınırları

Göçmenin önlenmesi (GÖ), kontrollü hasar (KH) ve sınırlı hasar (SH) performans hedefleri için sınırlar denklem 3.51 a,b,c ve denklem 3.52 a,b,c de verilmiştir.

$$\varepsilon_c^{(GÖ)} = 0.0035 + 0.04\sqrt{\omega_{we}} \leq 0.018 \qquad (3.51a)$$

$$\varepsilon_c^{(KH)} = 0.75\ \varepsilon_c^{(GÖ)} \qquad (3.51b)$$

$$\varepsilon_c^{(SH)} = 0.0025 \qquad (3.51c)$$

$$\varepsilon_s^{(GÖ)} = 0.4\ \varepsilon_{su} \qquad (3.52a)$$

$$\varepsilon_s^{(KH)} = 0.75\ \varepsilon_s^{(G\ddot{O})} \quad (3.52a)$$

$$\varepsilon_s^{(SH)} = 0.0075 \quad (3.52a)$$

ω_{we} = mekanik donatı oranı (etkin sargı donatısının), denklem 3.53 ile hesaplanacaktır.

$$\omega_{we} = \propto_{se} \rho_{sh,min} \frac{f_{ywe}}{f_{ce}} \quad (3.53)$$

ρ_{sh} = diktörtgen kesitte iki doğrultuda enine donatı oranının hacimsel olarak en küçüğü

f_{ywe}= etriyenin beklenen malzeme akma dayanımı

$\propto_{se}$ = sargı donatısının etkinlik katsayısı, denklem 3.54 ile hesaplanacaktır.

$$\propto_{se} = \left(1 - \frac{\Sigma a_i^2}{6 b_o h_o}\right)\left(1 - \frac{s}{2b_o}\right)\left(1 - \frac{s}{2h_o}\right) \quad ; \quad \rho_{sh} = \frac{A_{sh}}{b_k s} \quad (3.54)$$

ρ_{sh} = diktörtgen kesitte iki doğrultuda enine donatı hacimsel oranı

b_k = dik doğrultuda dış tarafta bulunan donatıların eksenleri arasındaki uzaklık (çekirdek boyutu)

b_o ve h_0 = sargı donatısı eksenlerinden ölçülen sargılı beton ebatları

A_{sh} = hesaplanan doğrultudaki donatı alanı

a_i = boyuna donatıların etriye yada çiroz ile mesnetlenen kısımlarının eksenleri arasındaki uzaklık (etriye kolu uzaklığı)

s = etriye, enine donatı aralığı

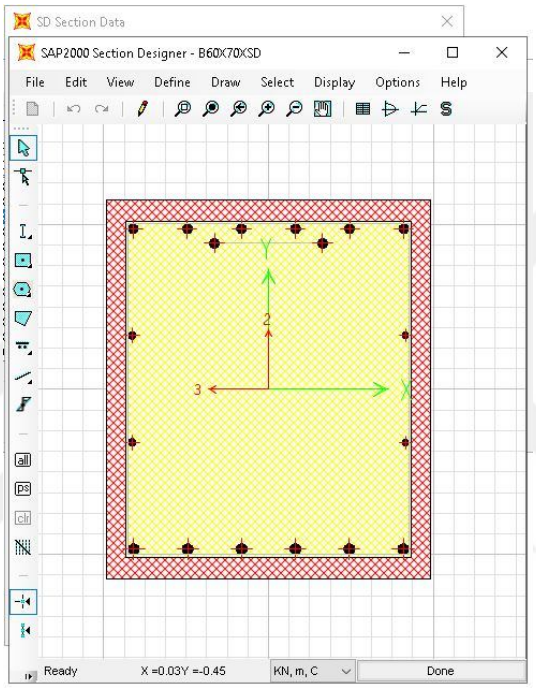
Plastik mafsal için denklem 3.50 ile verilen göçme sınırı plastik dönme sınırına bağlı olarak sınırlı hasar ve kontrollü hasar değerleri ise denklem 3.53 a ve b' de verilmiştir.

$$\theta_p^{(KH)} = 0.75\ \theta_p^{(G\ddot{O})} \quad (3.53a)$$

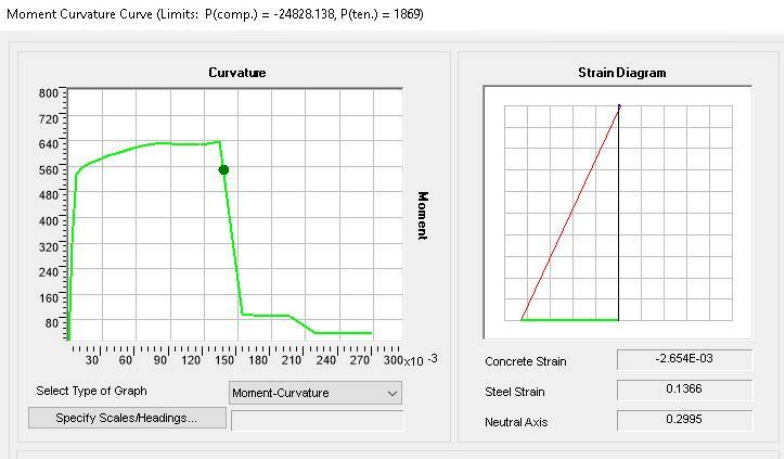
$$\theta_p^{(SH)} = 0 \quad (3.53b)$$

3.11.5.1 Kirişler

Yığılı plastik davranış modeli ile mafsal özellikleri hesaplanırken eğilmeye çalışan elemanlar oldukları için eksenel kuvvet ihmal edilmiştir. model eğrilik ilişkisi Sap 2000 programı ile section designer ara yüzü ile oluşturulmuştur. Tez kapsamında örnek kiriş olarak hesapları sunulan B37 kirişi için, sargılı kesit modeli ve birim şekil değiştirme hesapları verilmiştir. (Şekil 3.67)



Şekil 3.67: Sap 2000 Section Designer Sargılı Kesit Modeli.



Şekil 3.68 : B 37 Kirişi moment Eğrilik İlişkisi.

Bu aşamadan sonra a_i parametresi hesaplanıp devamında beton birim şekil değiştirmeleri hesaplanacaktır.

Peer web sitesi kullanılarak incelenen yapı için oluşturulan spektrumlar özelliğine en yakın deprem kayıtları seçilerek ölçeklenmesi yapılacaktır.

Sap programında model bir takım iyileştirmelerden sonra (demirlerin tiplendirilmesi, döşemelerin kirişlere yük aktarımı sağlandıktan sonra silinmesi, kesit dizaynırı kullanılarak taşıyıcı elemanlar mafsal atamaları ve perdeler için fiber kesitler oluşturulması), model perform 3D programında ölçeklenmesi yapılmış 11 adet deprem kayıdı için analize sokulup etabs modeli ile karşılaştırılacaktır. İlk aşama ve ikinci aşama da oluşan periyotlardan farklı bi değer çıkması hata yapıldığına işaret olduğundan oluşabilecek hatalar düzeltilecektir. Analiz sonuçlarında oluşan göreli ötelemeler kontrol edilecektir.

4. BULGULAR

Bu tez çalışmasında 5 bodrum katlı ve toplamda 31 katlı bir yapının anazlizleri TBDY 2018 yönetmeliğindeki hususlar gözetilerek tasarlanıp hesapları yapılmıştır. Yeni deprem yönetmeliği ile terimlerimiz arasında giren deprem yer hareketi düzeyleri tanımları ile binalar da zeminden itibaren sahip olduğu yüksekliğe göre sınıflandırmışlardır. Kullanım amacına göre değişmekle beraber 70 metre den yüksek binalar yüksek bina tanımına girmektedir ve deprem davranışları da oldukça karmaşık olduğundan, bu yönetmelikle beraber bu özel binalar ile ilgili özel tasarım kıstasları getirilmiştir.

Yeni yönetmelikte yüksek bina sınıfı dışında bulunan binalar içinde yeni tanımlamalar ve yeni kurallar getirilmiştir. Hal böyle iken bir önceki yönetmeliğin barındırdığı kurallar ve kriterlerin kat kat fazlası detaylısı bu yönetmelikle beraber mühendislerin kullanılmasına sunulmuştur. Günümüzde halen TBDY 2018yönetmeliğinin getirdiği yenilikler ve tasarım esasları öğrenilme aşamasındadır.

Bu çalışmanın tamamında incelenen yapı ile ilgili yeni yönetmeliğin getirdiği hususlar gözetilmiştir. Bu yapıyla ilgili olarak;

Bina davranış katsayısı binanın dış kontüründe perde bulunmaması sebebiyle perde şartlarından birini yerine getiremediğinden davranış katsayısı 4/5 katsayısı ile azaltılmıştır. Dolayısı ile binaya etkiyen deprem kuvveti %20 arttırılmıştır.

Devrilme momentleri hesaplanmış ve yönetmeliğin getirdiği aralıkta kaldığı görülmüştür. 040,075,

Diğer binalarda olduğu gibi bu yüksek binalar içinde düzensizlik ve kat göreli öteleme kontrolleri eşdeğer deprem yüküne yapılmakta olduğu görülmüştür. Ve incelenen yapı ile ilgili düzensizlik hesapları ilk olarak göz önünde bulundurulan deprem yer hareketi düzeyine göre eş değer deprem yüküne göre yapılmıştır. Ve incelenen yapıda göreli kat ötelemeleri yönetmeliğin sınır değerleri altında kaldığı tespit edilmiştir.

Hesaplanan ikinci mertebe etkilerinin de göz önüne alınan deprem yer hareketi düzeylerinde sınırların altında kaldığı görülmüştür.

Modal analizlerde ritz vektörü kullanılmış ve 50. Modda yönetmeliğin istediği %95 kütle katılımını sağladığı görülmüştür. Eigen vektörü ile yapılan denemede yüzde 95 lik kütle katılımına daha yüksek modlarda erişildiği görülmüştür.

Binanın periyodu 2.473 sn çıkmıştır ve ilk periyotta kütle katılımı %64 düzeyindedir bu sınıftaki bir bina için yüksek bir kütle katılım yüzdesi olduğu tespit edilmiştir.

Bu tip yapılarda dış cephe kaplaması önemli bir ağırlık oluşturduğundan cephe kirişlerine yük olarak etkitilmiştir. Bina içi bölme duvarlarının mimari plana bakıldığında kolondan kolona olmadığı süreklilik arzetmediği görülmesine rağmen göreli kat ötelemeleri kontrolünde K sabitinin çarpanı 0.016 alınabilecek ken 0.008 alınmış ve hesaplarda bu değerlerin aşılmadığı görülmüştür. Burada etken hususun binanın kareye yakın ortogonal olması ve çekirdek perdesi ile birlikte bina ağırlık merkezi ile rijitlik merkezinin nerdeyse üst üst olmasından kaynaklı olduğu tespit edilmiştir. Zira bodrum katta oluşan burulma düzensizliğinin de bu geometri ve rijitliğinin düzensiz olmasından kaynaklandığı görülmüştür.

Bina da A1 burulma düzensizliği bulunmuştur yüksek bina sınıfına girmeyen yapılarda bu durumda β katsayısı 0.9 alarak çözümün tekrarlanması ve modal analizde çıkan taban kesme kuvvetlerinin bu şekilde ölçeklenmesi istenmekte iken yüksek yapılarda bölüm 13 kapsamında verilen taban kesme kuvvetine göre ölçekleme yapılması istenmektedir ve yine bölüm 4 te bulunan taban kesme formülü ile de kontrol yapılması istenmektedir.

Binanın taşıyıcı elemanlarının tasarımı yapılırken uygulamada karşılaşılması muhtemelen işçilik hataları ve kusurları en aza indirgemek adına taşıyıcı elemanlarda tipleme yapılmıştır.

Dinamik analizlerin yükleme kombinasyonlarında bu tip binalar için önemi yüksek olan rüzgar yüklemeleri kombinasyonları da yapılmıştır. TS500 kapsamında üst katlara çıkıldıkça rüzgar yükünün azaltılabileceği belirtilmiş ise de, hesaplarda rüzgar yükü azaltılması güvenli tarafta kalmak isteği ile yapılmamıştır. Hesaplar incelendiğinde rüzgar etkisi ile herhangi bir kesitte maksimum bir kombinasyona rastlanmamıştır.

Tasarım ve hesapların yönetmelik tarafından 3 aşamalı olarak yapılması istenmektedir. Ve incelenen yapıda da bu şekilde yol izlenmiştir. Birinci aşamada diğer binalarda olduğu gibi eşdeğer deprem yükleri tanımlanmış ve bu deprem yüklerine göre binanın yönetmelik şartları kontrol edilmiştir. ikinci aşama hesapların yönetmelikte binanın kullanım amacı ve tasarım deprem sınıfına göre değişiklik arz ettiği görülmektedir. İncelenen binanın tasarım sınıfı 1 olduğu için, ikinci aşama hesaplar DD4 deprem yer hareketi düzeyinde Kesintisiz Kullanım performans hedefi için yapılmış ve eleman kapasitelerinin yönetmeliğin verdiği sınırlar içinde kaldığı görülmüş ve ilgili bölümde tablolar halinde sunulmuştur. Yönetmelikte Tasarım sınıfı 1a ve 2a olan yani halkın uzun süre yoğun olması beklenen yapıların kontrolü için ileri performans hedefinin sağlanması ve şekil değiştirmeye göre analiz yapılması istenmiştir.

İkinci aşama hesapta yönetmelik binada kullanılması tasarlanan malzemeler için ilk aşama hesaptan farklı olarak malzeme dayanımlarını belli katsayılarla arttırılmasını ve ilk aşama hariç diğer aşama hesaplarının bu malzeme dayanımları esas alınarak yapılmasını istemiştir. İncelenen yapı için kullanılacak beton malzemesi C50 ve donatı sınıfı B420C tasarlandığından ikini ve üçüncü aşama hesaplamalarda bu malzemelerin dayanımları arttırılarak hesaplar yapılmıştır.

İkinci aşama hesaplarda ilk aşamaya göre taşıyıcı elemanların biraz daha zorlandığı, gerilme değerlerinin arttığı gözlemlenmiştir. Bu aşamada örnek olarak incelenen ve hesapları yapılan taşıyıcı elemanların, yönetmeliğin verdiği sınırlar içinde kaldığı gözlenmiştir aksi durumda ilk aşama hesapların tekrarlanması istenmektedir.

Yönetmelik İkinci ve üçüncü aşama hesaplarda malzeme dayanımları ile birlikte etkin kesit rijitliklerinin de değişmesini istemiş ve arttırdığı görülmüştür.

Üçüncü aşama hesaplamalarda zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yapılması istenmiş ve 11 takım deprem kayıdı ile 22 ayrı hesap yapılıp öteleme değerlerinin ortalamasının yönetmelikçe belirlenen hedef değerlerinin altında olması istenmiştir.

Ayrıca bu aşamada ön tasarımı yapılıp DD4 depremi altında kapasite oranlarının yeterliliği gösterilmiş ve donatıları seçilmiş olan kesitlerin, nonlineer malzeme tanınlamaları yapılarak moment eğrilikleri ve akma dayanımları hesaplanmış ve programa tanımlanmıştır. Tez kapsamında bu aşamada istenen bütün deprem takımları ile ayrı ayrı hesap yapılmamış yöntemler belirlenmiş ve genel çerçeve belirlenmiştir.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Teknolojinin gelişmesi ile birlikte modern çağda talebi sürekli artmakta olan yüksek yapılar ile ilgili gün geçtikçe daha çok araştırma ve yayın yapılmaktadır. Bu tez kapsamında 31 katlı bir bina ele alınmış ve yürürlüğe yeni giren TBDY 2018 kapsamında incelenmiştir.

Yönetmelik yüksek yapıların değerlendirmesini üç aşamalı bir hesap neticesinde sonlandırmamızı istemektedir. Bu çalışmada üç aşama hesaba değinilmiş ve örneklemeler yapılmıştır. Yönetmelikte göze çarpan daha önceki yıllarda keyfiyete bağlı olan performansa dayalı hesabın zorunlu tutulmuş olmasıdır bu deprem kuşağında bulunan ülkemiz adına ciddi bir adımdır. Performansa dayalı hesabın diğer bina türü yapılarda da zorunlu tutulması gerektiği artık aşikardır.

1999 yılında yaşanan ve çok fazla kayıplara neden olan depremlerden sonra bina türü yapılarla ilgili radikal kararlar alınmıştır. Özellikle 2007 deprem yönetmeliğinden sonra doğrusal olmayan davranış hesapları yapılabilir ve konuşulabilir konuma gelmiştir ama yine de keyfiyete bağlı kalmış ve daha çok mevcut yapılar üzerinde yoğunlaşmıştır. Performans hesapları halen belli programlar ile yapılmaktadır ve ne yazık ki dünyada kabul görmüş performansa dayalı hesap yapabilen yerli bir programımız yoktur. Piyasada bulunan paket programlar belli sınırlar içinde kalmakta dünyada kabul görmüş programlar ile tamamen ortoganal yapılarda yaklaşık sonuçları verebilmektedirler.

Yeni yönetmelik ile özellikle performans dayalı hesap kıstaslarında mühendislerin akademik altyapısının yükseltilmesi yönünde adım atıldığı görülmektedir. Fakat bunun yanında da mühendislere daha fazla iş yükü binmiş ama bunun karşılığında talep edebilecekleri proje ücretleri eski fiyatlarda kalmaya devam etmiştir.

Hesaplamalar aşamasında özellikle bodrumlu bina kavramı yine 2007 yönetmeliğinde olduğu gibi uygulaması çok uğraşı gerektiren bir durumda kalmıştır. Bu konuda yani bodrumlu ve bodrumsuz binalarda kullanılacak bina davranış katsayısı ve dayanım fazlalığı ile ilgili literatürde çalışmalar olduğu görülmüştür yönetmelik revize çalışmalarında bu hususun dikkate alınması gerektiği kanaatine varılmıştır.

Üçüncü aşama hesaplamalarda beton ve çelik malzeme modelleri grafikleri ve noktalarının formülleri verilmiş ve hesap yapılması istenilmiştir. Bu hesaplamalarda kullanılan beton ve çelik malzeme sınıfları belli olduğundan formülasyon verilmesi yerine beton ve donatı çeliği sınıfları için kullanılacak sargılı sargısız beton modellerinin kontrol nokta değerleri verilebilir ki bu da matbu niteliğinde kabul edilir.

Üçüncü aşama zaman tanım alanından doğrusal olmayan hesap kullanılacak deprem takımlarının seçimi yetersiz gözükmektedir ülkemiz sınırları içerisinde kullanılacak deprem kayıtları, spektral ivme değerlerini bulduğumuz AFAD deprem haritası web sitesine benzer bir uygulama haline getirilebilinir.

Birinci ve ikinci aşamada etkin kesit rijitlikleri yönetmelikçe belirlendiği halde üçüncü aşamada bu değerlerin hesaplanması istenmektedir. Dünyaca kabul görmüş sonlu elemanlar ile analiz yapan programlar ise bu etkin kesit rijitliklerinin çarpan olarak verilmesini istemektedir yeni çalışmalarda üçüncü aşama için etkin kesit rijitlik çarpanları ile ilgili olması aşikardır. yönetmelikte özellikle üçüncü aşama hesaplarda yoruma fazlaca açık olan kısımların giderilmesi gerekmektedir.

KAYNAKLAR

AFAD. (2021). *Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması.* https://tdth.afad.gov.tr/TDTH/main.xhtml.

Celep, Z., & Kumbasar, N. (2004). *Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı* (3.Baskı b.). İstanbul: Beta Dağıtım.

Çakıroğlu, A., & Özer, E. (1980). *Malzeme ve Geometri Değişimi Bakımından Lineer Olmayan Sistemler* (Cilt 1). İstanbul: İ.T.Ü Kütüphanesi.

Çoşgun, T. (2003). Uzay Çerçeve Sistemlerin İkinci Mertebe Teorisi İle Çözümlenmesi İçin Bir Ardışık Yaklaşım Yöntemi. *Pamukkale University Engineering College Mühendislik Bilimleri Dergisi, Journal of Engineering Sciences*(3), 419-426.

Doğangün, P. A. (2007). P. Doğangün içinde, *Betonarme Yapıların Hesap Ve Tasarımı DBYBHY-2007 ve TS500-2000'e Uygun* (s. 65). Birsen Yayınevi.

Hosseini, M. and Rao, N. V., 2016, *Seismic Analysis of Multi-Storey Building Structure with Shear Walls at the Center Core and Center of Each Side of the External Perimeter, International Journal of Engineering and Management Research* (IJEMR), 6(6), 60-70

Jeong, S. Y., Kang, T. H. K., Yoon, J. K., Klemencic, R., 2020, *Seismic performance evaluation of a tall building: Practical modeling of surrounding basent structures*, *Journal of Building Engineering*, 101420.

J.R. Pique, & J.R.Burgos. (12-17 Ekim 2008). Effective Rigidity of Reinforced Concrete Elements in Seismic Analysis and Design. *The 14th World Conference on Earthquake Engineering.* Beijing-China.

Khadse, P. and Khedikar, A., 2018, *Seismic Analysis of High Rise RC Frame Structure with Staircase at Different Location*, The IJES.

Ko, D. W. and Lee, H. S., 2009, *Non-Linear Time History Analysis of Piloti-Type High-Rise RC Buildings.* Journal of the Earthquake Engineering Society of Korea, 13(1), 35-43.

Kuzu, Ç. (2018). Uygulamada Performansa Göre Tasarım., (s. 13). İstanbul.

PEER/ATC., 2010, Modeling and Acceptance Criteria for Seismic Design and Analysis of Tall Buildings.

TS ISO 9194, T. I. (1997). *Yapıların Projelendirme Esasları- Taşıyıcı olan ve olmayan elemanlar depolanmış malzemeler-yoğunluk.* ANKARA, BAKANLIKLAR: TSE.

TS498, T. (1987). *Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri.* Ankara, Bakanlıklar: TSE.

TS708, T. (2010). *Çelik-Betonarme İçin - Donatı Çeliği.* Ankara, Bakanlıklar: TSE.

EKLER

EK 1. Azaltılmış Spektral İvme Değerleri

T	S_{ae} (T) DD2	R_a	S_{aR}
0.05	0.855	3.280	0.261
0.24	0.855	6.400	0.134
2.47	0.084	6.400	0.013
2.25	0.092	6.400	0.014
0.00	0.342	2.500	0.137
0.01	0.447	2.660	0.168
0.02	0.553	2.821	0.196
0.03	0.658	2.981	0.221
0.04	0.764	3.141	0.243
0.05	0.855	3.302	0.259
0.06	0.855	3.462	0.247
0.07	0.855	3.622	0.236
0.08	0.855	3.783	0.226
0.09	0.855	3.943	0.217
0.10	0.855	4.103	0.208
0.15	0.855	4.905	0.174
0.20	0.855	5.706	0.150
0.25	0.832	6.400	0.130
0.30	0.693	6.400	0.108
0.35	0.594	6.400	0.093
0.40	0.520	6.400	0.081
0.45	0.462	6.400	0.072
0.50	0.416	6.400	0.065
0.55	0.378	6.400	0.059
0.60	0.347	6.400	0.054
0.65	0.320	6.400	0.050
0.70	0.297	6.400	0.046
0.75	0.277	6.400	0.043
0.80	0.260	6.400	0.041
0.85	0.245	6.400	0.038
0.90	0.231	6.400	0.036
0.95	0.219	6.400	0.034
1.00	0.208	6.400	0.033
1.05	0.198	6.400	0.031
1.10	0.189	6.400	0.030
1.15	0.181	6.400	0.028
1.20	0.173	6.400	0.027

1.25	0.166	6.400	0.026
1.30	0.160	6.400	0.025
1.35	0.154	6.400	0.024
1.40	0.149	6.400	0.023
1.45	0.143	6.400	0.022
1.50	0.139	6.400	0.022
1.55	0.134	6.400	0.021
1.60	0.130	6.400	0.020
1.65	0.126	6.400	0.020
1.70	0.122	6.400	0.019
1.75	0.119	6.400	0.019
1.80	0.116	6.400	0.018
1.85	0.112	6.400	0.018
1.90	0.109	6.400	0.017
1.95	0.107	6.400	0.017
2.00	0.104	6.400	0.016
2.05	0.101	6.400	0.016
2.10	0.099	6.400	0.015
2.15	0.097	6.400	0.015
2.20	0.095	6.400	0.015
2.25	0.092	6.400	0.014
2.30	0.090	6.400	0.014
2.35	0.089	6.400	0.014
2.40	0.087	6.400	0.014
2.45	0.085	6.400	0.013
2.50	0.083	6.400	0.013
2.55	0.082	6.400	0.013
2.60	0.080	6.400	0.013
2.65	0.078	6.400	0.012
2.70	0.077	6.400	0.012
2.75	0.076	6.400	0.012
2.80	0.074	6.400	0.012
2.85	0.073	6.400	0.011
2.90	0.072	6.400	0.011
2.95	0.071	6.400	0.011
3.00	0.069	6.400	0.011
3.05	0.068	6.400	0.011
3.10	0.067	6.400	0.010
3.15	0.066	6.400	0.010
3.20	0.065	6.400	0.010
3.25	0.064	6.400	0.010
3.30	0.063	6.400	0.010
3.35	0.062	6.400	0.010
3.40	0.061	6.400	0.010

3.45	0.060	6.400	0.009
3.50	0.059	6.400	0.009
3.55	0.059	6.400	0.009
3.60	0.058	6.400	0.009
3.65	0.057	6.400	0.009
3.70	0.056	6.400	0.009
3.75	0.055	6.400	0.009
3.80	0.055	6.400	0.009
3.85	0.054	6.400	0.008
3.90	0.053	6.400	0.008
3.95	0.053	6.400	0.008
4.00	0.052	6.400	0.008
4.05	0.051	6.400	0.008
4.10	0.051	6.400	0.008
4.15	0.050	6.400	0.008
4.20	0.050	6.400	0.008
4.25	0.049	6.400	0.008
4.30	0.048	6.400	0.008
4.35	0.048	6.400	0.007
4.40	0.047	6.400	0.007
4.45	0.047	6.400	0.007
4.50	0.046	6.400	0.007
4.55	0.046	6.400	0.007
4.60	0.045	6.400	0.007
4.65	0.045	6.400	0.007
4.70	0.044	6.400	0.007
4.75	0.044	6.400	0.007
4.80	0.043	6.400	0.007
4.85	0.043	6.400	0.007
4.90	0.042	6.400	0.007
4.95	0.042	6.400	0.007
5.00	0.042	6.400	0.007
5.05	0.041	6.400	0.006
5.10	0.041	6.400	0.006
5.15	0.040	6.400	0.006
5.20	0.040	6.400	0.006
5.25	0.040	6.400	0.006
5.30	0.039	6.400	0.006
5.35	0.039	6.400	0.006
5.40	0.039	6.400	0.006
5.45	0.038	6.400	0.006
5.50	0.038	6.400	0.006
5.55	0.037	6.400	0.006
5.60	0.037	6.400	0.006

5.65	0.037	6.400	0.006
5.70	0.036	6.400	0.006
5.75	0.036	6.400	0.006
5.80	0.036	6.400	0.006
5.85	0.036	6.400	0.006
5.90	0.035	6.400	0.006
5.95	0.035	6.400	0.005
6.00	0.035	6.400	0.005

EK 2. Yük kombinasyonları Ve Katsayılarının Programa Tanıtılması

Comb1	G	1	Comb8	EZ	0.3	Comb16	EY+0.05	-0.3
Comb1	S KAR	0.2	Comb9	G	1	Comb16	EZ	0.3
Comb1	Q	1	Comb9	S KAR	0.2	Comb17	G	1
Comb1	EX+0.05	1	Comb9	Q	1	Comb17	S KAR	0.2
Comb1	EY+0.05	0.3	Comb9	EX -0.05	1	Comb17	Q	1
Comb1	EZ	0.3	Comb9	EY-0.05	0.3	Comb17	EX -0.05	1
Comb2	G	1	Comb9	EZ	0.3	Comb17	EY+0.00	-0.3
Comb2	S KAR	0.2	Comb10	G	1	Comb17	EZ	0.3
Comb2	Q	1	Comb10	S KAR	0.2	Comb18	G	1
Comb2	EX+0.05	1	Comb10	Q	1	Comb18	S KAR	0.2
Comb2	EY+0.00	0.3	Comb10	EX+0.05	1	Comb18	Q	1
Comb2	EZ	0.3	Comb10	EY+0.05	-0.3	Comb18	EX -0.05	1
Comb3	G	1	Comb10	EZ	0.3	Comb18	EY-0.05	-0.3
Comb3	S KAR	0.2	Comb11	G	1	Comb18	EZ	0.3
Comb3	Q	1	Comb11	S KAR	0.2	Comb19	G	1
Comb3	EX+0.05	1	Comb11	Q	1	Comb19	S KAR	0.2
Comb3	EY-0.05	0.3	Comb11	EX+0.05	1	Comb19	Q	1
Comb3	EZ	0.3	Comb11	EY+0.00	-0.3	Comb19	EX+0.05	-1
Comb4	G	1	Comb11	EZ	0.3	Comb19	EY+0.05	0.3
Comb4	S KAR	0.2	Comb12	G	1	Comb19	EZ	0.3
Comb4	Q	1	Comb12	S KAR	0.2	Comb20 3.2	G	1
Comb4	EX 0.00	1	Comb12	Q	1	Comb20 3.2	S KAR	0.2
Comb4	EY+0.05	0.3	Comb12	EX+0.05	1	Comb20 3.2	Q	1
Comb4	EZ	0.3	Comb12	EY-0.05	-0.3	Comb20 3.2	EX+0.05	-1
Comb5	G	1	Comb12	EZ	0.3	Comb20 3.2	EY+0.00	0.3
Comb5	S KAR	0.2	Comb13	G	1	Comb20 3.2	EZ	0.3
Comb5	Q	1	Comb13	S KAR	0.2	Comb21 3.3	G	1
Comb5	EX 0.00	1	Comb13	Q	1	Comb21 3.3	S KAR	0.2
Comb5	EY+0.00	0.3	Comb13	EX 0.00	1	Comb21 3.3	Q	1
Comb5	EZ	0.3	Comb13	EY+0.05	-0.3	Comb21 3.3	EX+0.05	-1
Comb6	G	1	Comb13	EZ	0.3	Comb21 3.3	EY-0.05	0.3
Comb6	S KAR	0.2	Comb14	G	1	Comb21 3.3	EZ	0.3

Comb6	Q	1	Comb14	S KAR	0.2	Comb22 3.4	G	1
Comb6	EX 0.00	1	Comb14	Q	1	Comb22 3.4	S KAR	0.2
Comb6	EY-0.05	0.3	Comb14	EX 0.00	1	Comb22 3.4	Q	1
Comb6	EZ	0.3	Comb14	EY+0.00	-0.3	Comb22 3.4	EX 0.00	-1
Comb7	G	1	Comb14	EZ	0.3	Comb22 3.4	EY+0.05	0.3
Comb7	S KAR	0.2	Comb15	G	1	Comb22 3.4	EZ	0.3
Comb7	Q	1	Comb15	S KAR	0.2	Comb23 3.5	G	1
Comb7	EX -0.05	1	Comb15	Q	1	Comb23 3.5	S KAR	0.2
Comb7	EY+0.05	0.3	Comb15	EX 0.00	1	Comb23 3.5	Q	1
Comb7	EZ	0.3	Comb15	EY-0.05	-0.3	Comb23 3.5	EX 0.00	-1
Comb8	G	1	Comb15	EZ	0.3	Comb23 3.5	EY+0.00	0.3
Comb8	S KAR	0.2	Comb16	G	1	Comb23 3.5	EZ	0.3
Comb8	Q	1	Comb16	S KAR	0.2	Comb24 3.6	G	1
Comb8	EX -0.05	1	Comb16	Q	1	Comb24 3.6	S KAR	0.2
Comb8	EY+0.00	0.3	Comb16	EX -0.05	1	Comb24 3.6	Q	1
Comb24 3.6	EX 0.00	-1	Comb32 4.5	EZ	0.3	Comb41 5.5	S KAR	0.2
Comb24 3.6	EY-0.05	0.3	Comb33 4.6	G	1	Comb41 5.5	Q	1
Comb24 3.6	EZ	0.3	Comb33 4.6	S KAR	0.2	Comb41 5.5	EX 0.00	0.3
Comb25 3.7	G	1	Comb33 4.6	Q	1	Comb41 5.5	EY+0.00	1
Comb25 3.7	S KAR	0.2	Comb33 4.6	EX 0.00	-1	Comb41 5.5	EZ	0.3
Comb25 3.7	Q	1	Comb33 4.6	EY-0.05	-0.3	Comb42 5.6	G	1
Comb25 3.7	EX -0.05	-1	Comb33 4.6	EZ	0.3	Comb42 5.6	S KAR	0.2
Comb25 3.7	EY+0.05	0.3	Comb34 4.7	G	1	Comb42 5.6	Q	1
Comb25 3.7	EZ	0.3	Comb34 4.7	S KAR	0.2	Comb42 5.6	EX 0.00	0.3
Comb26 3.8	G	1	Comb34 4.7	Q	1	Comb42 5.6	EY-0.05	1
Comb26 3.8	S KAR	0.2	Comb34 4.7	EX -0.05	-1	Comb42 5.6	EZ	0.3
Comb26 3.8	Q	1	Comb34 4.7	EY+0.05	-0.3	Comb43 5.7	G	1
Comb26 3.8	EX -0.05	-1	Comb34 4.7	EZ	0.3	Comb43 5.7	S KAR	0.2
Comb26 3.8	EY+0.00	0.3	Comb35 4.8	G	1	Comb43 5.7	Q	1
Comb26 3.8	EZ	0.3	Comb35 4.8	S KAR	0.2	Comb43 5.7	EX -0.05	0.3
Comb27 3.9	G	1	Comb35 4.8	Q	1	Comb43 5.7	EY+0.05	1
Comb27 3.9	S KAR	0.2	Comb35 4.8	EX -0.05	-1	Comb43 5.7	EZ	0.3
Comb27 3.9	Q	1	Comb35 4.8	EY+0.00	-0.3	Comb44 5.8	G	1
Comb27 3.9	EX -0.05	-1	Comb35 4.8	EZ	0.3	Comb44 5.8	S KAR	0.2
Comb27 3.9	EY-0.05	0.3	Comb36 4.9	G	1	Comb44 5.8	Q	1
Comb27 3.9	EZ	0.3	Comb36 4.9	S KAR	0.2	Comb44 5.8	EX -0.05	0.3
Comb28 4.1	G	1	Comb36 4.9	Q	1	Comb44 5.8	EY+0.00	1
Comb28 4.1	S KAR	0.2	Comb36 4.9	EX -0.05	-1	Comb44 5.8	EZ	0.3
Comb28 4.1	Q	1	Comb36 4.9	EY-0.05	-0.3	Comb45 5.9	G	1
Comb28 4.1	EX+0.05	-1	Comb36 4.9	EZ	0.3	Comb45 5.9	S KAR	0.2
Comb28 4.1	EY+0.05	-	Comb37 5.1	G	1	Comb45 5.9	Q	1
Comb28 4.1	EZ	0.3	Comb37 5.1	S KAR	0.2	Comb45 5.9	EX -0.05	0.3
Comb29 4.2	G	1	Comb37 5.1	Q	1	Comb45 5.9	EY-0.05	1
Comb29 4.2	S KAR	0.2	Comb37 5.1	EX+0.05	0.3	Comb45 5.9	EZ	0.3
Comb29 4.2	Q	1	Comb37 5.1	EY+0.05	1	Comb46 6.1	G	1

Comb29 4.2	EX+0.05	-1	Comb37 5.1	EZ	0.3	Comb46 6.1	S KAR	0.2
Comb29 4.2	EY+0.00	-	Comb38 5.2	G	1	Comb46 6.1	Q	1
Comb29 4.2	EZ	0.3	Comb38 5.2	S KAR	0.2	Comb46 6.1	EX+0.05	0.3
Comb30 4.3	G	1	Comb38 5.2	Q	1	Comb46 6.1	EY+0.05	-1
Comb30 4.3	S KAR	0.2	Comb38 5.2	EX+0.05	0.3	Comb46 6.1	EZ	0.3
Comb30 4.3	Q	1	Comb38 5.2	EY+0.00	1	Comb47 6.2	G	1
Comb30 4.3	EX+0.05	-1	Comb38 5.2	EZ	0.3	Comb47 6.2	S KAR	0.2
Comb30 4.3	EY-0.05	-	Comb39 5.3	G	1	Comb47 6.2	Q	1
Comb30 4.3	EZ	0.3	Comb39 5.3	S KAR	0.2	Comb47 6.2	EX+0.05	0.3
Comb31 4.4	G	1	Comb39 5.3	Q	1	Comb47 6.2	EY+0.00	-1
Comb31 4.4	S KAR	0.2	Comb39 5.3	EX+0.05	0.3	Comb47 6.2	EZ	0.3
Comb31 4.4	Q	1	Comb39 5.3	EY-0.05	1	Comb48 6.3	G	1
Comb31 4.4	EX 0.00	-1	Comb39 5.3	EZ	0.3	Comb48 6.3	S KAR	0.2
Comb31 4.4	EY+0.05	-	Comb40 5.4	G	1	Comb48 6.3	Q	1
Comb31 4.4	EZ	0.3	Comb40 5.4	S KAR	0.2	Comb48 6.3	EX+0.05	0.3
Comb32 4.5	G	1	Comb40 5.4	Q	1	Comb48 6.3	EY-0.05	-1
Comb32 4.5	S KAR	0.2	Comb40 5.4	EX 0.00	0.3	Comb48 6.3	EZ	0.3
Comb32 4.5	Q	1	Comb40 5.4	EY+0.05	1	Comb49 6.4	G	1
Comb32 4.5	EX 0.00	-1	Comb40 5.4	EZ	0.3	Comb49 6.4	S KAR	0.2
Comb32 4.5	EY+0.00	-	Comb41 5.5	G	1	Comb49 6.4	Q	1
Comb49 6.4	EX 0.00	0.3	Comb57 7.3	EZ	0.3	Comb66 8.3	S KAR	0.2
Comb49 6.4	EY+0.05	-1	Comb58 7.4	G	1	Comb66 8.3	Q	1
Comb49 6.4	EZ	0.3	Comb58 7.4	S KAR	0.2	Comb66 8.3	EX+0.05	-0.3
Comb50 6.5	G	1	Comb58 7.4	Q	1	Comb66 8.3	EY-0.05	-1
Comb50 6.5	S KAR	0.2	Comb58 7.4	EX 0.00	-0.3	Comb66 8.3	EZ	0.3
Comb50 6.5	Q	1	Comb58 7.4	EY+0.05	1	Comb67 8.4	G	1
Comb50 6.5	EX 0.00	0.3	Comb58 7.4	EZ	0.3	Comb67 8.4	S KAR	0.2
Comb50 6.5	EY+0.00	-1	Comb59 7.5	G	1	Comb67 8.4	Q	1
Comb50 6.5	EZ	0.3	Comb59 7.5	S KAR	0.2	Comb67 8.4	EX 0.00	-0.3
Comb51 6.6	G	1	Comb59 7.5	Q	1	Comb67 8.4	EY+0.05	-1
Comb51 6.6	S KAR	0.2	Comb59 7.5	EX 0.00	-0.3	Comb67 8.4	EZ	0.3
Comb51 6.6	Q	1	Comb59 7.5	EY+0.00	1	Comb68 8.5	G	1
Comb51 6.6	EX 0.00	0.3	Comb59 7.5	EZ	0.3	Comb68 8.5	S KAR	0.2
Comb51 6.6	EY-0.05	-1	Comb60 7.6	G	1	Comb68 8.5	Q	1
Comb51 6.6	EZ	0.3	Comb60 7.6	S KAR	0.2	Comb68 8.5	EX 0.00	-0.3
Comb52 6.7	G	1	Comb60 7.6	Q	1	Comb68 8.5	EY+0.00	-1
Comb52 6.7	S KAR	0.2	Comb60 7.6	EX 0.00	-0.3	Comb68 8.5	EZ	0.3
Comb52 6.7	Q	1	Comb60 7.6	EY-0.05	1	Comb69 8.6	G	1
Comb52 6.7	EX -0.05	0.3	Comb60 7.6	EZ	0.3	Comb69 8.6	S KAR	0.2
Comb52 6.7	EY+0.05	-1	Comb61 7.7	G	1	Comb69 8.6	Q	1
Comb52 6.7	EZ	0.3	Comb61 7.7	S KAR	0.2	Comb69 8.6	EX 0.00	-0.3
Comb53 6.8	G	1	Comb61 7.7	Q	1	Comb69 8.6	EY-0.05	-1
Comb53 6.8	S KAR	0.2	Comb61 7.7	EX -0.05	-0.3	Comb69 8.6	EZ	0.3
Comb53 6.8	Q	1	Comb61 7.7	EY+0.05	1	Comb70 8.7	G	1
Comb53 6.8	EX -0.05	0.3	Comb61 7.7	EZ	0.3	Comb70 8.7	S KAR	0.2

Comb53 6.8	EY+0.00	-1	Comb62 7.8	G	1	Comb70 8.7	Q	1
Comb53 6.8	EZ	0.3	Comb62 7.8	S KAR	0.2	Comb70 8.7	EX -0.05	-0.3
Comb54 6.9	G	1	Comb62 7.8	Q	1	Comb70 8.7	EY+0.05	-1
Comb54 6.9	S KAR	0.2	Comb62 7.8	EX -0.05	-0.3	Comb70 8.7	EZ	0.3
Comb54 6.9	Q	1	Comb62 7.8	EY+0.00	1	Comb71 8.8	G	1
Comb54 6.9	EX -0.05	0.3	Comb62 7.8	EZ	0.3	Comb71 8.8	S KAR	0.2
Comb54 6.9	EY-0.05	-1	Comb63 7.9	G	1	Comb71 8.8	Q	1
Comb54 6.9	EZ	0.3	Comb63 7.9	S KAR	0.2	Comb71 8.8	EX -0.05	-0.3
Comb55 7.1	G	1	Comb63 7.9	Q	1	Comb71 8.8	EY+0.00	-1
Comb55 7.1	S KAR	0.2	Comb63 7.9	EX -0.05	-0.3	Comb71 8.8	EZ	0.3
Comb55 7.1	Q	1	Comb63 7.9	EY-0.05	1	Comb72 8.9	G	1
Comb55 7.1	EX+0.05	-	Comb63 7.9	EZ	0.3	Comb72 8.9	S KAR	0.2
Comb55 7.1	EY+0.05	1	Comb64 8.1	G	1	Comb72 8.9	Q	1
Comb55 7.1	EZ	0.3	Comb64 8.1	S KAR	0.2	Comb72 8.9	EX -0.05	-0.3
Comb56 7.2	G	1	Comb64 8.1	Q	1	Comb72 8.9	EY-0.05	-1
Comb56 7.2	S KAR	0.2	Comb64 8.1	EX+0.05	-0.3	Comb72 8.9	EZ	0.3
Comb56 7.2	Q	1	Comb64 8.1	EY+0.05	-1			
Comb56 7.2	EX+0.05	-	Comb64 8.1	EZ	0.3			
Comb56 7.2	EY+0.00	1	Comb65 8.2	G	1			
Comb56 7.2	EZ	0.3	Comb65 8.2	S KAR	0.2			
Comb57 7.3	G	1	Comb65 8.2	Q	1			
Comb57 7.3	S KAR	0.2	Comb65 8.2	EX+0.05	-0.3			
Comb57 7.3	Q	1	Comb65 8.2	EY+0.00	-1			
Comb57 7.3	EX+0.05	-	Comb65 8.2	EZ	0.3			
Comb57 7.3	EY-0.05	1	Comb66 8.3	G	1			

EK 3. Mod Birleştirme Analizi Kütle Katılım Oranları Ve Mod Periyorları

	Mode	Period Sn	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ
Modal	1	2.473	0.422	0.001	0.000	0.422	0.001	0.000
Modal	2	2.254	0.000	0.441	0.000	0.423	0.442	0.000
Modal	3	1.602	0.001	0.003	0.000	0.424	0.445	0.000
Modal	4	0.601	0.076	0.033	0.000	0.500	0.478	0.000
Modal	5	0.581	0.040	0.095	0.000	0.540	0.572	0.000
Modal	6	0.509	0.013	0.019	0.000	0.553	0.591	0.000
Modal	7	0.311	0.008	0.029	0.000	0.560	0.620	0.000
Modal	8	0.275	0.003	0.093	0.000	0.564	0.713	0.000
Modal	9	0.252	0.076	0.003	0.000	0.640	0.716	0.000
Modal	10	0.233	0.000	0.000	0.548	0.640	0.716	0.548
Modal	11	0.210	0.006	0.043	0.000	0.646	0.758	0.548
Modal	12	0.207	0.001	0.001	0.000	0.647	0.760	0.548
Modal	13	0.199	0.000	0.003	0.000	0.647	0.762	0.549
Modal	14	0.192	0.001	0.067	0.000	0.648	0.829	0.549
Modal	15	0.191	0.000	0.002	0.000	0.648	0.831	0.549
Modal	16	0.185	0.000	0.000	0.009	0.648	0.831	0.558
Modal	17	0.174	0.000	0.000	0.000	0.648	0.831	0.558
Modal	18	0.170	0.000	0.000	0.000	0.649	0.831	0.558
Modal	19	0.167	0.000	0.000	0.000	0.649	0.831	0.558
Modal	20	0.160	0.125	0.000	0.000	0.773	0.831	0.558
Modal	21	0.152	0.003	0.009	0.000	0.776	0.840	0.558
Modal	22	0.149	0.001	0.000	0.004	0.777	0.840	0.562
Modal	23	0.147	0.001	0.000	0.002	0.778	0.840	0.565
Modal	24	0.145	0.001	0.013	0.000	0.778	0.853	0.565
Modal	25	0.142	0.000	0.000	0.018	0.778	0.853	0.582
Modal	26	0.137	0.005	0.000	0.000	0.783	0.853	0.582
Modal	27	0.134	0.000	0.000	0.027	0.783	0.853	0.609
Modal	28	0.131	0.000	0.000	0.000	0.783	0.854	0.609
Modal	29	0.125	0.002	0.000	0.032	0.785	0.854	0.642
Modal	30	0.123	0.045	0.003	0.001	0.830	0.856	0.643
Modal	31	0.120	0.061	0.004	0.000	0.890	0.861	0.643
Modal	32	0.113	0.001	0.003	0.000	0.891	0.864	0.643
Modal	33	0.112	0.000	0.000	0.035	0.891	0.864	0.678
Modal	34	0.100	0.000	0.000	0.041	0.891	0.864	0.719
Modal	35	0.097	0.014	0.017	0.000	0.905	0.881	0.719
Modal	36	0.091	0.014	0.000	0.000	0.919	0.881	0.719
Modal	37	0.086	0.000	0.031	0.002	0.919	0.912	0.721
Modal	38	0.085	0.000	0.002	0.034	0.919	0.914	0.754

Modal	39	0.076	0.004	0.028	0.000	0.922	0.941	0.754
Modal	40	0.071	0.008	0.003	0.000	0.930	0.945	0.754
Modal	41	0.067	0.000	0.000	0.034	0.930	0.945	0.788
Modal	42	0.063	0.004	0.012	0.000	0.935	0.957	0.789
Modal	43	0.051	0.022	0.002	0.000	0.956	0.959	0.789
Modal	44	0.049	0.000	0.000	0.051	0.956	0.959	0.840
Modal	45	0.039	0.017	0.004	0.000	0.973	0.963	0.840
Modal	46	0.037	0.005	0.018	0.000	0.978	0.981	0.840
Modal	47	0.034	0.000	0.000	0.063	0.978	0.981	0.902
Modal	48	0.023	0.013	0.005	0.000	0.991	0.986	0.902
Modal	49	0.021	0.006	0.012	0.000	0.997	0.997	0.902
Modal	50	0.020	0.000	0.000	0.081	**0.997**	**0.997**	**0.983**

EK 4. Çekirdek Perde Büyükten Küçüğe Sıralanmış Donatı Kontrolü Tablosu.

Kat	P.Kolu	Donatı O	Kat	P.Kolu	Donatı O
(Story10) 4. Kat Ta	BP1	0.195	(Story8) 2.Kat Ta	BP3	0.200
(Story9) 3. Kat Ta	BP1	0.205	(Story7) 1.KaT Ta	BP3	0.206
(Story8) 2.Kat Ta	BP1	0.217	(Story6) ZEM Ta	BP3	0.214
(Story7) 1.KaT Ta	BP1	0.233	(Story5) 1.BOD Ta	BP3	0.225
(Story6) ZEM Ta	BP1	0.250	(Story4) 2.BOD Ta	BP3	0.231
(Story5) 1.BOD Ta	BP1	0.241	(Story3) 3.BOD Ta	BP3	0.238
(Story4) 2.BOD Ta	BP1	0.246	(Story2) 4.BOD Ta	BP3	0.244
(Story3) 3.BOD Ta	BP1	0.251	(Story1) 5.BOD Ta	BP3	0.257
(Story2) 4.BOD Ta	BP1	0.259	(Story31) 25. Kat Ta	BP4	0.015
(Story1) 5.BOD Ta	BP1	0.338	(Story30) 24. Kat Ta	BP4	0.025
(Story10) 4. Kat Ta	BP2	0.193	(Story29) 23. Kat Ta	BP4	0.037
(Story9) 3. Kat Ta	BP2	0.204	(Story28) 22. Kat Ta	BP4	0.047
(Story8) 2.Kat Ta	BP2	0.215	(Story27) 21. Kat Ta	BP4	0.058
(Story7) 1.KaT Ta	BP2	0.226	(Story26) 20. Kat Ta	BP4	0.068
(Story6) ZEM Ta	BP2	0.239	(Story25) 19. Kat Ta	BP4	0.077
(Story5) 1.BOD Ta	BP2	0.240	(Story24) 18. Kat Ta	BP4	0.087
(Story4) 2.BOD Ta	BP2	0.246	(Story23) 17.Kat Ta	BP4	0.096
(Story3) 3.BOD Ta	BP2	0.253	(Story22) 16. Kat Ta	BP4	0.105
(Story2) 4.BOD Ta	BP2	0.261	(Story21) 15. Kat Ta	BP4	0.111
(Story1) 5.BOD Ta	BP2	0.320	(Story20) 14. Kat Ta	BP4	0.116
(Story31) 25. Kat Ta	BP3	0.020	(Story19) 13. Kat Ta	BP4	0.123
(Story30) 24. Kat Ta	BP3	0.029	(Story18) 12.Kat Ta	BP4	0.131
(Story29) 23. Kat Ta	BP3	0.041	(Story17) 11. Kat Ta	BP4	0.139
(Story28) 22. Kat Ta	BP3	0.053	(Story16) 10. Kat Ta	BP4	0.147
(Story27) 21. Kat Ta	BP3	0.064	(Story15) 9. Kat Ta	BP4	0.155
(Story26) 20. Kat Ta	BP3	0.074	(Story14) 8. Kat Ta	BP4	0.162
(Story25) 19. Kat Ta	BP3	0.084	(Story13) 7. Kat Ta	BP4	0.170
(Story24) 18. Kat Ta	BP3	0.093	(Story12) 6. Kat Ta	BP4	0.176
(Story23) 17.Kat Ta	BP3	0.102	(Story11) 5. Kat Ta	BP4	0.181
(Story22) 16. Kat Ta	BP3	0.110	(Story10) 4. Kat Ta	BP4	0.182
(Story21) 15. Kat Ta	BP3	0.116	(Story9) 3. Kat Ta	BP4	0.187
(Story20) 14. Kat Ta	BP3	0.119	(Story8) 2.Kat Ta	BP4	0.194
(Story19) 13. Kat Ta	BP3	0.126	(Story7) 1.KaT Ta	BP4	0.200
(Story18) 12.Kat Ta	BP3	0.134	(Story6) ZEM Ta	BP4	0.207
(Story17) 11. Kat Ta	BP3	0.143	(Story5) 1.BOD Ta	BP4	0.215
(Story16) 10. Kat Ta	BP3	0.151	(Story4) 2.BOD Ta	BP4	0.221
(Story15) 9. Kat Ta	BP3	0.160	(Story3) 3.BOD Ta	BP4	0.227
(Story14) 8. Kat Ta	BP3	0.169	(Story2) 4.BOD Ta	BP4	0.233
(Story13) 7. Kat Ta	BP3	0.177	(Story1) 5.BOD Ta	BP4	0.237
(Story12) 6. Kat Ta	BP3	0.184	(Story31) 25. Kat Ta	BP5	0.025
(Story11) 5. Kat Ta	BP3	0.187	(Story30) 24. Kat Ta	BP5	0.030

(Story27) 21. Kat Ta	BP5	0.065	(Story10) 4. Kat Ta	BP8	0.195
(Story26) 20. Kat Ta	BP5	0.076	(Story9) 3. Kat Ta	BP8	0.206
(Story25) 19. Kat Ta	BP5	0.086	(Story8) 2.Kat Ta	BP8	0.217
(Story24) 18. Kat Ta	BP5	0.096	(Story7) 1.KaT Ta	BP8	0.229
(Story23) 17.Kat Ta	BP5	0.105	(Story6) ZEM Ta	BP8	0.241
(Story22) 16. Kat Ta	BP5	0.113	(Story5) 1.BOD Ta	BP8	0.236
(Story21) 15. Kat Ta	BP5	0.119	(Story4) 2.BOD Ta	BP8	0.236
(Story20) 14. Kat Ta	BP5	0.122	(Story3) 3.BOD Ta	BP8	0.239
(Story19) 13. Kat Ta	BP5	0.129	(Story2) 4.BOD Ta	BP8	0.246
(Story18) 12.Kat Ta	BP5	0.137	(Story1) 5.BOD Ta	BP8	0.377
(Story17) 11. Kat Ta	BP5	0.146	(Story31) 25. Kat Ta	BP9	0.013
(Story16) 10. Kat Ta	BP5	0.154	(Story30) 24. Kat Ta	BP9	0.024
(Story15) 9. Kat Ta	BP5	0.163	(Story29) 23. Kat Ta	BP9	0.037
(Story14) 8. Kat Ta	BP5	0.171	(Story28) 22. Kat Ta	BP9	0.050
(Story13) 7. Kat Ta	BP5	0.179	(Story27) 21. Kat Ta	BP9	0.062
(Story12) 6. Kat Ta	BP5	0.187	(Story26) 20. Kat Ta	BP9	0.073
(Story11) 5. Kat Ta	BP5	0.191	(Story25) 19. Kat Ta	BP9	0.083
(Story10) 4. Kat Ta	BP5	0.191	(Story24) 18. Kat Ta	BP9	0.092
(Story9) 3. Kat Ta	BP5	0.197	(Story23) 17.Kat Ta	BP9	0.100
(Story8) 2.Kat Ta	BP5	0.205	(Story22) 16. Kat Ta	BP9	0.107
(Story7) 1.KaT Ta	BP5	0.214	(Story21) 15. Kat Ta	BP9	0.114
(Story6) ZEM Ta	BP5	0.224	(Story20) 14. Kat Ta	BP9	0.120
(Story5) 1.BOD Ta	BP5	0.225	(Story19) 13. Kat Ta	BP9	0.127
(Story4) 2.BOD Ta	BP5	0.228	(Story18) 12.Kat Ta	BP9	0.135
(Story3) 3.BOD Ta	BP5	0.233	(Story17) 11. Kat Ta	BP9	0.142
(Story2) 4.BOD Ta	BP5	0.241	(Story16) 10. Kat Ta	BP9	0.150
(Story1) 5.BOD Ta	BP5	0.249	(Story15) 9. Kat Ta	BP9	0.158
(Story10) 4. Kat Ta	BP6	0.201	(Story14) 8. Kat Ta	BP9	0.166
(Story9) 3. Kat Ta	BP6	0.212	(Story13) 7. Kat Ta	BP9	0.173
(Story8) 2.Kat Ta	BP6	0.223	(Story12) 6. Kat Ta	BP9	0.179
(Story7) 1.KaT Ta	BP6	0.238	(Story11) 5. Kat Ta	BP9	0.184
(Story6) ZEM Ta	BP6	0.253	(Story10) 4. Kat Ta	BP9	0.188
(Story5) 1.BOD Ta	BP6	0.250	(Story9) 3. Kat Ta	BP9	0.193
(Story4) 2.BOD Ta	BP6	0.253	(Story8) 2.Kat Ta	BP9	0.199
(Story3) 3.BOD Ta	BP6	0.260	(Story7) 1.KaT Ta	BP9	0.208
(Story2) 4.BOD Ta	BP6	0.268	(Story6) ZEM Ta	BP9	0.220
(Story1) 5.BOD Ta	BP6	0.284	(Story5) 1.BOD Ta	BP9	0.219
(Story10) 4. Kat Ta	BP7	0.202	(Story4) 2.BOD Ta	BP9	0.221
(Story9) 3. Kat Ta	BP7	0.212	(Story3) 3.BOD Ta	BP9	0.226
(Story8) 2.Kat Ta	BP7	0.224	(Story2) 4.BOD Ta	BP9	0.233
(Story7) 1.KaT Ta	BP7	0.236	(Story1) 5.BOD Ta	BP9	0.282
(Story6) ZEM Ta	BP7	0.248	(Story10) 4. Kat Ta	BP10	0.198
(Story5) 1.BOD Ta	BP7	0.247	(Story9) 3. Kat Ta	BP10	0.210
(Story4) 2.BOD Ta	BP7	0.254	(Story8) 2.Kat Ta	BP10	0.225

(Story4) 2.BOD Ta	BP10	0.243	(Story22) 16. Kat Ta	BP1-3	0.137
(Story3) 3.BOD Ta	BP10	0.247	(Story21) 15. Kat Ta	BP1-3	0.146
(Story2) 4.BOD Ta	BP10	0.260	(Story31) 25. Kat Ta	BP2-3	0.086
(Story1) 5.BOD Ta	BP10	0.323	(Story30) 24. Kat Ta	BP2-3	0.078
(Story10) 4. Kat Ta	BP11	0.198	(Story29) 23. Kat Ta	BP2-3	0.088
(Story9) 3. Kat Ta	BP11	0.211	(Story28) 22. Kat Ta	BP2-3	0.095
(Story8) 2.Kat Ta	BP11	0.228	(Story27) 21. Kat Ta	BP2-3	0.101
(Story7) 1.KaT Ta	BP11	0.247	(Story26) 20. Kat Ta	BP2-3	0.103
(Story6) ZEM Ta	BP11	0.274	(Story25) 19. Kat Ta	BP2-3	0.102
(Story5) 1.BOD Ta	BP11	0.238	(Story24) 18. Kat Ta	BP2-3	0.112
(Story4) 2.BOD Ta	BP11	0.241	(Story23) 17.Kat Ta	BP2-3	0.123
(Story3) 3.BOD Ta	BP11	0.247	(Story22) 16. Kat Ta	BP2-3	0.135
(Story2) 4.BOD Ta	BP11	0.273	(Story21) 15. Kat Ta	BP2-3	0.144
(Story1) 5.BOD Ta	BP11	0.384	(Story20) 14. Kat Ta	BP6-2	0.131
(Story20) 14. Kat Ta	BP1-2	0.128	(Story19) 13. Kat Ta	BP6-2	0.142
(Story19) 13. Kat Ta	BP1-2	0.138	(Story18) 12.Kat Ta	BP6-2	0.152
(Story18) 12.Kat Ta	BP1-2	0.147	(Story17) 11. Kat Ta	BP6-2	0.162
(Story17) 11. Kat Ta	BP1-2	0.157	(Story16) 10. Kat Ta	BP6-2	0.172
(Story16) 10. Kat Ta	BP1-2	0.166	(Story15) 9. Kat Ta	BP6-2	0.183
(Story15) 9. Kat Ta	BP1-2	0.177	(Story14) 8. Kat Ta	BP6-2	0.193
(Story14) 8. Kat Ta	BP1-2	0.187	(Story13) 7. Kat Ta	BP6-2	0.204
(Story13) 7. Kat Ta	BP1-2	0.198	(Story12) 6. Kat Ta	BP6-2	0.216
(Story12) 6. Kat Ta	BP1-2	0.209	(Story11) 5. Kat Ta	BP6-2	0.227
(Story11) 5. Kat Ta	BP1-2	0.219	(Story31) 25. Kat Ta	BP6-3	0.067
(Story20) 14. Kat Ta	BP2-2	0.130	(Story30) 24. Kat Ta	BP6-3	0.062
(Story19) 13. Kat Ta	BP2-2	0.139	(Story29) 23. Kat Ta	BP6-3	0.069
(Story18) 12.Kat Ta	BP2-2	0.148	(Story28) 22. Kat Ta	BP6-3	0.075
(Story17) 11. Kat Ta	BP2-2	0.157	(Story27) 21. Kat Ta	BP6-3	0.080
(Story16) 10. Kat Ta	BP2-2	0.166	(Story26) 20. Kat Ta	BP6-3	0.093
(Story15) 9. Kat Ta	BP2-2	0.176	(Story25) 19. Kat Ta	BP6-3	0.105
(Story14) 8. Kat Ta	BP2-2	0.185	(Story24) 18. Kat Ta	BP6-3	0.116
(Story13) 7. Kat Ta	BP2-2	0.196	(Story23) 17.Kat Ta	BP6-3	0.127
(Story12) 6. Kat Ta	BP2-2	0.207	(Story22) 16. Kat Ta	BP6-3	0.138
(Story11) 5. Kat Ta	BP2-2	0.218	(Story21) 15. Kat Ta	BP6-3	0.150
(Story31) 25. Kat Ta	BP1-3	0.080	(Story20) 14. Kat Ta	BP7-2	0.135
(Story30) 24. Kat Ta	BP1-3	0.076	(Story19) 13. Kat Ta	BP7-2	0.145
(Story29) 23. Kat Ta	BP1-3	0.089	(Story18) 12.Kat Ta	BP7-2	0.155
(Story28) 22. Kat Ta	BP1-3	0.099	(Story17) 11. Kat Ta	BP7-2	0.164
(Story27) 21. Kat Ta	BP1-3	0.107	(Story16) 10. Kat Ta	BP7-2	0.174
(Story26) 20. Kat Ta	BP1-3	0.111	(Story15) 9. Kat Ta	BP7-2	0.183
(Story25) 19. Kat Ta	BP1-3	0.108	(Story14) 8. Kat Ta	BP7-2	0.194
(Story24) 18. Kat Ta	BP1-3	0.115	(Story13) 7. Kat Ta	BP7-2	0.205
(Story23) 17.Kat Ta	BP1-3	0.126	(Story12) 6. Kat Ta	BP7-2	0.216

(Story11) 5. Kat Ta	BP7-2	0.227	(Story31) 25. Kat Ta	BP10-3	0.139
(Story31) 25. Kat Ta	BP7-3	0.121	(Story30) 24. Kat Ta	BP10-3	0.125
(Story30) 24. Kat Ta	BP7-3	0.119	(Story29) 23. Kat Ta	BP10-3	0.138
(Story29) 23. Kat Ta	BP7-3	0.126	(Story28) 22. Kat Ta	BP10-3	0.148
(Story28) 22. Kat Ta	BP7-3	0.136	(Story27) 21. Kat Ta	BP10-3	0.149
(Story27) 21. Kat Ta	BP7-3	0.139	(Story26) 20. Kat Ta	BP10-3	0.140
(Story26) 20. Kat Ta	BP7-3	0.133	(Story25) 19. Kat Ta	BP10-3	0.123
(Story25) 19. Kat Ta	BP7-3	0.119	(Story24) 18. Kat Ta	BP10-3	0.122
(Story24) 18. Kat Ta	BP7-3	0.125	(Story23) 17.Kat Ta	BP10-3	0.131
(Story23) 17.Kat Ta	BP7-3	0.132	(Story22) 16. Kat Ta	BP10-3	0.140
(Story22) 16. Kat Ta	BP7-3	0.141	(Story21) 15. Kat Ta	BP10-3	0.147
(Story21) 15. Kat Ta	BP7-3	0.153	(Story20) 14. Kat Ta	BP11-2	0.129
(Story20) 14. Kat Ta	BP8-2	0.127	(Story19) 13. Kat Ta	BP11-2	0.139
(Story19) 13. Kat Ta	BP8-2	0.138	(Story18) 12.Kat Ta	BP11-2	0.148
(Story18) 12.Kat Ta	BP8-2	0.147	(Story17) 11. Kat Ta	BP11-2	0.157
(Story17) 11. Kat Ta	BP8-2	0.157	(Story16) 10. Kat Ta	BP11-2	0.166
(Story16) 10. Kat Ta	BP8-2	0.165	(Story15) 9. Kat Ta	BP11-2	0.175
(Story15) 9. Kat Ta	BP8-2	0.174	(Story14) 8. Kat Ta	BP11-2	0.184
(Story14) 8. Kat Ta	BP8-2	0.183	(Story13) 7. Kat Ta	BP11-2	0.194
(Story13) 7. Kat Ta	BP8-2	0.192	(Story12) 6. Kat Ta	BP11-2	0.204
(Story12) 6. Kat Ta	BP8-2	0.202	(Story11) 5. Kat Ta	BP11-2	0.218
(Story11) 5. Kat Ta	BP8-2	0.215	(Story31) 25. Kat Ta	BP11-3	0.102
(Story31) 25. Kat Ta	BP8-3	0.097	(Story30) 24. Kat Ta	BP11-3	0.103
(Story30) 24. Kat Ta	BP8-3	0.090	(Story29) 23. Kat Ta	BP11-3	0.107
(Story29) 23. Kat Ta	BP8-3	0.098	(Story28) 22. Kat Ta	BP11-3	0.113
(Story28) 22. Kat Ta	BP8-3	0.103	(Story27) 21. Kat Ta	BP11-3	0.114
(Story27) 21. Kat Ta	BP8-3	0.102	(Story26) 20. Kat Ta	BP11-3	0.116
(Story26) 20. Kat Ta	BP8-3	0.093	(Story25) 19. Kat Ta	BP11-3	0.112
(Story25) 19. Kat Ta	BP8-3	0.102	(Story24) 18. Kat Ta	BP11-3	0.113
(Story24) 18. Kat Ta	BP8-3	0.111	(Story23) 17.Kat Ta	BP11-3	0.120
(Story23) 17.Kat Ta	BP8-3	0.120	(Story22) 16. Kat Ta	BP11-3	0.129
(Story22) 16. Kat Ta	BP8-3	0.129	(Story21) 15. Kat Ta	BP11-3	0.141
(Story21) 15. Kat Ta	BP8-3	0.140			
(Story20) 14. Kat Ta	BP10-2	0.133			
(Story19) 13. Kat Ta	BP10-2	0.142			
(Story18) 12.Kat Ta	BP10-2	0.151			
(Story17) 11. Kat Ta	BP10-2	0.160			
(Story16) 10. Kat Ta	BP10-2	0.169			
(Story15) 9. Kat Ta	BP10-2	0.178			
(Story14) 8. Kat Ta	BP10-2	0.188			
(Story13) 7. Kat Ta	BP10-2	0.199			
(Story12) 6. Kat Ta	BP10-2	0.210			
(Story11) 5. Kat Ta	BP10-2	0.222			

EK 5. AŞAMA 2 İÇİN 1.25 İLE BÜYÜTÜLMÜŞ İVME DEĞERLERİ.

T (sn)	$S_{ae}(T)$
0.00	0.116
0.01	0.153
0.02	0.189
0.03	0.226
0.04	0.263
0.05	0.289
0.06	0.289
0.07	0.289
0.08	0.289
0.09	0.289
0.10	0.289
0.20	0.289
0.30	0.227
0.40	0.170
0.50	0.136
0.60	0.113
0.70	0.097
0.80	0.085
0.90	0.076
1.00	0.068
1.10	0.062
1.20	0.057
1.30	0.052
1.40	0.049
1.50	0.045
1.60	0.043
1.70	0.040
1.80	0.038
1.90	0.036
2.00	0.034
2.10	0.032
2.20	0.031
2.30	0.030
2.40	0.028
2.50	0.027
3.00	0.023
3.50	0.019
4.00	0.017
4.50	0.015
5.00	0.014
5.50	0.012