



T.C.
KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



BETONARME BİNA MODELLERİNDE
PERDE DUVAR YERLEŞİMİNİN ANALİZ
SONUÇLARINA ETKİSİ

Fatih SÜER

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Haziran-2022
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BETONARME BİNA MODELLERİNDE PERDE DUVAR YERLEŞİMİNİN ANALİZ SONUÇLARINA ETKİSİ

Fatih SÜER

**Konya Teknik Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**

Danışman: Prof. Dr. Süleyman Bahadır YÜKSEL

2022, 174 Sayfa

Jüri

**Prof. Dr. S. Bahadır YÜKSEL
Doç. Dr. Recep Tuğrul ERDEM
Dr. Öğr. Üyesi Tolga YILMAZ**

Ülkemizde çeşitli amaçlarla yaygın şekilde kullanılan betonarme yapıların iki önemli aşaması bulunmaktadır. İlki projelendirme ve tasarım, ikincisi ise uygulama aşamasıdır. İlk aşamada yapılan projelendirme çalışmalarının önemi bir sonraki aşamayı da etkileyeceğinden çok büyüktür. O yüzden projelendirme aşamasında titizlikle çalışarak uygulama aşamasındaki değişikliklere mümkün olabildiğince izin verilmemelidir. Projelendirme çalışmalarını en az hatayla yapabilmek için birçok modelleme yapılarak en ideal tasarım hazırlanmalıdır. Bu doğrultuda, ülkemizde yaygın olarak kullanılan 11 adet, 5 katlı, taşıyıcı sistemi betonarme kolon, kiriş, plak döşeme ve perde duvarlardan oluşan yapılar Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018'e göre analiz edilmiştir. Yapılan üç açıklıklı ve dört açıklıklı modellemeler sonucunda kolon, perde duvar ve kirişlerde oluşan gerekli donatı alanları, yer değiştirmeler, periyotlar vb. karşılaştırılmıştır. Yer değiştirme ve periyot değerleri çerçeve sistem modellerde daha fazla bulunurken dış akslarda perde bulunan perde-çerçeve modellerde daha düşük değerler elde edilmiştir. Modellerde gerekli donatı alanları karşılaştırıldığında, yaklaşık 500 m² kat alanına sahip 5 katlı benzer perde-çerçeve sistemlerde kattaki ideal perde alanı yüzde değerinin 1,5 civarında olduğu bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: minimum perde oranı, perde yerleşimi, perde-çerçeve sistemler.

ABSTRACT

MS THESIS

EFFECTS OF SHEAR WALL LOCATION ON ANALYSIS RESULTS IN REINFORCED CONCRETE BUILDING MODELS

Fatih SÜER

**Konya Technical University
Institute of Graduate Studies
Department of Civil Engineering**

Advisor: Prof. Dr. Süleyman Bahadır YÜKSEL

2022, 174 Pages

Jury

**Prof. Dr. Süleyman Bahadır YÜKSEL
Assoc. Prof. Dr. Recep Tuğrul ERDEM
Assist Prof. Dr. Üyesi Tolga YILMAZ**

There are two important stages of reinforced concrete structures, which are widely used for various purposes in our country. The first is projecting and design and the second is the implementation phase. The importance of the project design studies carried out in the first stage is very great as it will also affect the next stage. Therefore, changes in the implementation phase should not be allowed as much as possible by working meticulously during the projecting phase. In order to be able to carry out the project work with the least error, the most ideal design should be prepared by making many models. In this direction, 11, 5-storey structures that are widely used in our country, which carrier system consists of reinforced concrete columns, beams, slab floors and shear walls were analyzed according to Turkish Seismic Code for Buildings 2018. As a result of three-span and four span modelling, the required reinforcement areas, displacements, periods etc. have been compared. While displacement and period values were found more in the frame system models, lower values were obtained in the shear wall-frame models with shear walls on the outer axis. When the required reinforcement areas are compared in the models, it was found that the ideal shear wall area percent value on the floor is approximately 1,5 in similar 5 storey shear wall-frame systems with a floor area of approximately 500 m².

Keywords: minimum shear wall ratio, sheer wall location, shear wall-frame systems.

ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitim dönemim boyunca bilgi ve tecrübelerini benden esirgemeyen danışman hocam Prof. Dr. Süleyman Bahadır Yüksel'e teşekkürü borç bilirim.

Ayrıca zorlu tez çalışma sürecinde birlikte geçirdiğimiz zamanların kısıtlı olmasını anlayışla karşılayan ve psikolojik destek sağlayan sevgili eşim Psikolojik Danışman Rukiye YALÇIN SÜER'e ve sevgili oğlum Kağan SÜER'e sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Fatih SÜER
KONYA-2022



İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	xi
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	3
3. BETONARME TAŞIYICI SİSTEMLER HAKKINDA TEORİK BİLGİLER ...	8
3.1. Betonarme Taşıyıcı Sistem Tipleri	8
4. TBDY 2018'E GÖRE BETONARME YAPI TASARIM ESASLARI.....	10
4.1. Sadelik ve Simetriklik.....	10
4.2. Dayanım, Rijitlik ve Süneklik	10
4.3. Düzensizlik Kontrolleri.....	11
4.3.1. Burulma düzensizliği	11
4.3.2. Döşeme süreksizlikleri.....	12
4.3.3. Planda çıkıntılar bulunması	12
4.3.4. Komşu katlar arası dayanım düzensizliği (zayıf kat).....	13
4.3.5. Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (yumuşak kat)	13
4.3.6. Düşey eleman süreksizliği	14
4.4. Dayanım Fazlalığı Katsayısı, Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı ve Taşıyıcı Sistemlerin Süneklik Düzeylerine İlişkin Koşullar	14
4.5. Deprem Hesap Yüğü Yöntemi.....	16
4.5.1. Eşdeğer deprem yüğü yöntemi	16
4.5.2. Modal hesap yöntemleri.....	21
4.6. Azaltılmış İç Kuvvetlerin ve Yerdeğiştirmelerin Eşdeğer Taban Kesme Kuvvetine Göre Büyütölmesi	22
4.7. Etkin Görelü Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması	22
5. MODELLER VE ANALİZLER.....	24
5.1. Birinci Model.....	26
5.1.1. Burulma düzensizliği kontrolü.....	28
5.1.2. Döşeme süreksizliği kontrolü	30
5.1.3. Planda çıkıntılar bulunması ve komşu katlar arası dayanım düzensizliği	30
5.1.4. Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (yumuşak kat)	30
5.1.5. Düşey eleman süreksizliği kontrolü.....	31
5.1.6. Statik eşdeğer deprem yüğü ile mod birleştirme toplamının karşılaştırılması	31

5.1.7. Etkin görelî kat ötelemeleri kontrolü	32
5.1.8. Kolonlardaki normal kuvvet değeri	33
5.1.9. Donatı tasarımı	34
5.2. İkinci Model	35
5.2.1. Burulma düzensizliğı kontrolü	38
5.2.2. Döşeme süreksizliğı kontrolü	39
5.2.3. Planda çıkıntılar bulunması ve komşu katlar arası dayanım düzensizliğı	39
5.2.4. Komşu katlar arası rijitlik düzensizliğı (yumuşak kat)	39
5.2.5. Düşey eleman süreksizliğı kontrolü	40
5.2.6. Statik eşdeğer deprem yükü ile mod birleştirme toplamının karşılaştırılması	40
5.2.7. Etkin görelî kat ötelemeleri kontrolü	41
5.2.8. Kolon ve perdelerdeki normal kuvvet değeri	43
5.2.9. Perde Çerçeve Sistem Kontrolü	43
5.2.10. Donatı tasarımı	44
5.3. Üçüncü Model	45
5.3.1. Burulma düzensizliğı kontrolü	48
5.3.2. Döşeme süreksizliğı kontrolü	49
5.3.3. Planda çıkıntılar bulunması ve komşu katlar arası dayanım düzensizliğı	49
5.3.4. Komşu katlar arası rijitlik düzensizliğı (yumuşak kat)	49
5.3.5. Düşey eleman süreksizliğı kontrolü	50
5.3.6. Statik eşdeğer deprem yükü ile mod birleştirme toplamının karşılaştırılması	50
5.3.7. Etkin görelî kat ötelemeleri kontrolü	51
5.3.8. Kolon ve perdelerdeki normal kuvvet değeri	53
5.3.9. Perde Çerçeve Sistem Kontrolü	53
5.3.10. Donatı tasarımı	54
5.4. Dördüncü Model	55
5.4.1. Burulma düzensizliğı kontrolü	58
5.4.2. Döşeme süreksizliğı kontrolü	59
5.4.3. Planda çıkıntılar bulunması ve komşu katlar arası dayanım düzensizliğı	60
5.4.4. Komşu katlar arası rijitlik düzensizliğı (yumuşak kat)	60
5.4.5. Düşey eleman süreksizliğı kontrolü	61
5.4.6. Statik eşdeğer deprem yükü ile mod birleştirme toplamının karşılaştırılması	61
5.4.7. Etkin görelî kat ötelemeleri kontrolü	62
5.4.8. Kolon ve perdelerdeki normal kuvvet değeri	63
5.4.9. Perde Çerçeve Sistem Kontrolü	64
5.4.10. Donatı tasarımı	65
5.5. Beşinci Model	66
5.5.1. Burulma düzensizliğı kontrolü	68
5.5.2. Döşeme süreksizliğı kontrolü	70
5.5.3. Planda çıkıntılar bulunması ve komşu katlar arası dayanım düzensizliğı	70
5.5.4. Komşu katlar arası rijitlik düzensizliğı (yumuşak kat)	70
5.5.5. Düşey eleman süreksizliğı kontrolü	71
5.5.6. Statik eşdeğer deprem yükü ile mod birleştirme toplamının karşılaştırılması	71
5.5.7. Etkin görelî kat ötelemeleri kontrolü	72
5.5.8. Kolonlardaki normal kuvvet değeri	73
5.5.9. Donatı tasarımı	74

5.6. Altıncı Model.....	76
5.6.1. Burulma düzensizliği kontrolü.....	79
5.6.2. Döşeme süreksizliği kontrolü	80
5.6.3. Planda çıkıntılar bulunması ve komşu katlar arası dayanım düzensizliği	81
5.6.4. Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (yumuşak kat)	81
5.6.5. Düşey eleman süreksizliği kontrolü.....	82
5.6.6. Statik eşdeğer deprem yükü ile mod birleştirme toplamının karşılaştırılması	82
5.6.7. Etkin görelî kat ötelemeleri kontrolü	83
5.6.8. Kolon ve perdelerdeki normal kuvvet değerleri	84
5.6.9. Perde Çerçeve Sistem Kontrolü	85
5.6.10. Donatı tasarımı.....	86
5.7. Yedinci Model	88
5.7.1. Burulma düzensizliği kontrolü.....	90
5.7.2. Döşeme süreksizliği kontrolü	91
5.7.3. Planda çıkıntılar bulunması ve komşu katlar arası dayanım düzensizliği	92
5.7.4. Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (yumuşak kat)	92
5.7.5. Düşey eleman süreksizliği kontrolü.....	93
5.7.6. Statik eşdeğer deprem yükü ile mod birleştirme toplamının karşılaştırılması	93
5.7.7. Etkin görelî kat ötelemeleri kontrolü	94
5.7.8. Kolon ve perdelerdeki normal kuvvet değerleri	95
5.7.8. Perde Çerçeve Sistem Kontrolü.....	96
5.7.9. Donatı tasarımı.....	97
5.8. Sekizinci Model	99
5.8.1. Burulma düzensizliği kontrolü.....	101
5.8.2. Döşeme süreksizliği kontrolü	102
5.8.3. Planda çıkıntılar bulunması ve komşu katlar arası dayanım düzensizliği ..	103
5.8.4. Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (yumuşak kat)	103
5.8.5. Düşey eleman süreksizliği kontrolü.....	104
5.8.6. Statik eşdeğer deprem yükü ile mod birleştirme toplamının karşılaştırılması	104
5.8.7. Etkin görelî kat ötelemeleri kontrolü	105
5.8.8. Kolon ve perdelerdeki normal kuvvet değerleri	106
5.8.9. Perde Çerçeve Sistem Kontrolü	107
5.8.10. Donatı tasarımı.....	108
5.9. Dokuzuncu Model.....	110
5.9.1. Burulma düzensizliği kontrolü.....	113
5.9.2. Döşeme süreksizliği kontrolü	114
5.9.3. Planda çıkıntılar bulunması ve komşu katlar arası dayanım düzensizliği ..	115
5.9.4. Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (yumuşak kat)	115
5.9.5. Düşey eleman süreksizliği kontrolü.....	116
5.9.6. Statik eşdeğer deprem yükü ile mod birleştirme toplamının karşılaştırılması	116
5.9.7. Etkin görelî kat ötelemeleri kontrolü	117
5.9.8. Kolon ve perdelerdeki normal kuvvet değerleri	118
5.9.9. Perde Çerçeve Sistem Kontrolü	119
5.9.10. Donatı tasarımı.....	120
5.10. Onuncu Model	123
5.10.1. Burulma düzensizliği kontrolü.....	125

5.10.2. Döşeme süreksizliği kontrolü	126
5.10.3. Planda çıkıntılar bulunması ve komşu katlar arası dayanım düzensizliği	127
5.10.4. Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (yumuşak kat)	127
5.10.5. Düşey eleman süreksizliği kontrolü.....	128
5.10.6. Statik eşdeğer deprem yükü ile mod birleştirme toplamının karşılaştırılması	128
5.10.7. Etkin görelî kat ötelemeleri kontrolü	129
5.10.8. Kolon ve perdelerdeki normal kuvvet değerleri	130
5.10.9. Perde Çerçeve Sistem Kontrolü.....	131
5.10.10. Donatı tasarımı.....	132
5.11. On birinci Model.....	134
5.11.1. Burulma düzensizliği kontrolü.....	137
5.11.2. Döşeme süreksizliği kontrolü	138
5.11.3. Planda çıkıntılar bulunması ve komşu katlar arası dayanım düzensizliği	139
5.11.4. Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (yumuşak kat)	139
5.11.5. Düşey eleman süreksizliği kontrolü.....	140
5.11.6. Statik eşdeğer deprem yükü ile mod birleştirme toplamının karşılaştırılması	140
5.11.7. Etkin görelî kat ötelemeleri kontrolü	141
5.11.8. Kolon ve perdelerdeki normal kuvvet değerleri	142
5.11.9. Perde Çerçeve Sistem Kontrolü.....	143
5.11.10. Donatı tasarımı.....	144
6. ANALİZ SONUÇLARININ KARŞILAŞTIRILMASI	147
6.1. Üç Açıklı Modellerin Sonuçları.....	147
6.2. Dört Açıklı Modellerin Sonuçları	151
7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	157
KAYNAKLAR	160

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

D	: Dayanım Fazlalığı Katsayısı
D_{bi}	: i'inci katta ek dışmerkezlilik büyütme katsayısı
$E_d^{(X)}$	: (X) doğrultusundaki depremin etkisi altında tasarıma esas deprem etkisi
$E_d^{(Y)}$	: (Y) doğrultusundaki depremin etkisi altında tasarıma esas deprem etkisi
$E_d^{(Z)}$	: (Z) doğrultusundaki depremin etkisi altında tasarıma esas deprem etkisi
$F_{fi}^{(X)}$	: (X) deprem doğrultusunda binanın hakim doğal titreşim periyodunun hesabında i'inci kata etki ettirilen fiktif yük
$F_{iE}^{(X)}$	: (X) deprem doğrultusunda i'inci kat kütle merkezine etkiyen eşdeğer deprem yükü
F_S	: Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayısı
F_1	: 1.0 saniye periyot için yerel zemin etki katsayısı
g	: Yerçekimi ivmesi
F_i	: Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nde i'inci kata etkiyen eşdeğer deprem yükü
H_N	: Binanın bodrum katlarının üstündeki üst bölümünün toplam yüksekliği
h_i	: Binanın i'inci katının kat yüksekliği
I	: Bina Önem Katsayısı
M_{DEV}	: Betonarme perdenin veya çaprazlı çerçevenin tabanında deprem yüklerinden meydana gelen devrilme momenti
M_o	: Binanın tümü için deprem yüklerinden tabanda meydana gelen toplam devrilme momenti
m_i	: Binanın i'inci katının kütlesi
m_t	: Binanın bodrum katlarının üstündeki üst bölümünün toplam kütlesi
R	: Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı
$R_a(T)$	: Öngörülen süneklik kapasitesi ve periyoda bağlı deprem yükü azaltma katsayısı
$S_{ae}(T)$	: Yatay elastik spektral ivme
$S_{aR}(T)$	: Azaltılmış tasarım spektral ivmesi
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
T	: Bina doğal titreşim periyodu
T_A	: Yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu
T_{AD}	: Düşey elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu
T_B	: Yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu
T_{BD}	: Düşey elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu
T_L	: Yatay elastik tasarım spektrumunda sabit yerdeğiştirme bölgesine geçiş periyodu
T_{LD}	: Düşey elastik tasarım spektrumunda sabit yerdeğiştirme bölgesine geçiş periyodu
T_p	: Binanın hakim doğal titreşim periyodu
T_{pA}	: Amprik olarak hesaplanan hakim doğal titreşim periyodu
V_e	: Kolon, kiriş, birleşim bölgesi ve perdede enine donatı hesabında esas alınan kesme kuvveti

V_{ik} : Binanın i'inci katındaki tüm kolonlarda göz önüne alınan deprem doğrultusunda kesme kuvvetlerinin toplamı
 $V_{tE}^{(X)}$: (X) deprem doğrultusunda binanın tümüne etkiyen toplam eşdeğer deprem yükü (taban kesme kuvveti)
 V_{tx} : Modal hesap yöntemlerinden biri ile x doğrultusunda elde edilen en büyük toplam deprem yükü
 $\sum A_e$: Herhangi bir katta, göz önüne alınan deprem doğrultusunda etkili kesme alanı
 $\sum A_g$: Herhangi bir katta, göz önüne alınan deprem doğrultusuna paralel doğrultuda perde olarak çalışan taşıyıcı sistem elemanlarının en kesit alanlarının toplamı
 $\sum A_k$: Herhangi bir katta, göz önüne alınan deprem doğrultusuna paralel kargir dolgu duvar alanlarının (kapı ve pencere boşlukları hariç) toplamı
 $\sum A_w$: Herhangi bir katta, kolon en kesiti etkin gövde alanlarının toplamı
 β_{tE} : Eşdeğer taban kesme kuvveti büyütme katsayısı
 $\Delta F_{NE}^{(X)}$: (X) deprem doğrultusunda binanın N'inci katına (tepesine) etkiyen ek eşdeğer deprem yükü
 $\Delta_i^{(X)}$: (X) deprem doğrultusunda herhangi bir kolon veya perde için, ardışık iki kat arasındaki yerdeğiştirme farkını ifade eden azaltılmış görelî kat ötelemesi
 $(\Delta_i^{(X)})_{ort}$: (X) deprem doğrultusunda ardışık iki kat arasındaki yerdeğiştirme farkını ifade eden ortalama azaltılmış görelî kat ötelemesi
 $\delta_i^{(X)}$: (X) deprem doğrultusu için, binanın i'inci katındaki kolon veya perdeler için etkin görelî kat ötelemesi
 $\delta_{i,max}^{(x)}$: (X) deprem doğrultusu için, binanın i'inci katındaki etkin görelî kat ötelemelerinin kat içindeki en büyük değeri
 η_{bi} : i'inci katta burulma düzensizliği katsayısı
 η_{ci} : i'inci katta tanımlanan Dayanım Düzensizliği Katsayısı
 η_{ki} : i'inci katta tanımlanan Rijitlik Düzensizliği Katsayısı
 γ_E : Eşdeğer taban kesme kuvveti büyütme katsayısının belirlenmesinde kullanılan ampirik katsayı
 λ : Görelî kat ötelemelerinin sınırlandırılmasında kullanılan ampirik katsayı
 κ : İzin verilen görelî kat ötelemelerinin tanımında betonarme ve çelik taşıyıcı sistemler için farklı olarak kullanılan katsayı

Kısaltmalar

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
DD-4	50 Yılda Aşılma Olasılığı %68 (tekrarlanma periyodu 43 yıl) Olan Deprem Yer Hareketi Düzeyi
DGT	Dayanıma Göre Tasarım
DTS	Deprem Tasarım Sınıfı
GÖ	Göçmenin Önlenmesi
KH	Kontrollü Hasar

KK	Kesintisiz Kullanım
SH	Sınırlı Hasar
ŞGDT	Şekildeğiştirmeye Göre Değerlendirme ve Tasarım
TBDY	Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği
TS498	Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap
Değerleri	
TS500:2000	Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları



1. GİRİŞ

Betonarme bir yapıda ideal boyutlarda, yönde ve sayıda perde kullanarak tasarım yapmak, özellikle yanal deprem yükleri altındaki yapıdaki tüm taşıyıcı sistem elemanlarını kesit ve donatı açısından etkilediğinden çok önemlidir. Yapılan çalışmada betonarme yapılardaki perdelerin yerleşim şeklinin, boyutlarının ve sayılarının tasarıma olan etkisi incelenmiştir. Modellerde değişik boyutlarda, sayılarda ve yönlerde perde yerleştirilip analizler yapılarak yapıda optimum yer, sayı ve kesitte perde kullanılmasının sağlanması amaçlanmıştır.

Konut başta olmak üzere birçok çeşitli amaçlarla (işyeri, hastane, eğitim binası, spor tesisi vb.) oldukça yaygın şekilde kullanılan betonarme yapıların tasarımında çeşitli bilgisayar programları kullanılmaktadır. Yapı için öncelikle taşıyıcı sistem doğru bir şekilde belirlenerek modelin düzgün ve gerçek davranışını yansıtacak şekilde öngörülen yükler altında sistem elemanları boyutlandırılmalıdır. Bu tasarım ve modelleme çalışmalarında, yazılım sistemlerinde çoğunlukla sistem elemanlarını mümkün olabilecek en küçük birimlere ayırarak tanımlayan “sonlu elemanlar” çözüm yöntemleri kullanılmaktadır. Bu yöntem kullanılarak oluşturulan betonarme bina modellerinin 1 Ocak 2019 tarihinde yürürlüğe giren TBDY’de (Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği) belirlenen hesap yöntemlerine göre analizleri yapılmaktadır.

TBDY-2018’e göre binalar, 3 adet BKS’ye (Bina Kullanım Sınıfına) ayrılmıştır. S_{DS} ’ye (Kısa Periyot Tasarım İvme Spektral Katsayısı) ve BKS’ye göre DTS (Deprem Tasarım Sınıfı) belirlenmektedir. Bina yüksekliği ve DTS’ye bağlı olarak ise BYS (Bina Yükseklik Sınıfı) belirlenmektedir. Ayrıca 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) ve DD4 (50 Yılda Aşılma Olasılığı %68 (tekrarlanma periyodu 43 yıl) Olan Deprem Yer Hareketi Düzeyi) olmak üzere 4 adet deprem yer hareket düzeyi tanımlanmıştır. Bina performans düzeyleri, KK (Kesintisiz Kullanım), SH (Sınırlı Hasar), KH (Kontrollü Hasar), GÖ (Göçmenin Önlenmesi) olarak 4 ayrı kategoride tanımlanmıştır. DTS ve BYS’ye bağlı olarak tasarımı yapılacak binanın performans hedefi belirlenmekte ve bu performans hedefine uygun tasarım yaklaşımı seçilmektedir. TBDY-2018’e göre deprem etkisi altındaki binaların DGT (Dayanım Göre Tasarım) ve ŞGDT (Şekildeğiştirmeye Göre Değerlendirme ve Tasarım) olmak

üzere iki adet tasarım yaklaşımı bulunmaktadır. Dayanıma göre tasarım yaklaşımında kullanılacak doğrusal hesap yöntemleri, eşdeğer deprem yükü ve modal hesap yöntemleridir. Şekil değiştirmeye göre tasarım yaklaşımında ise kullanılacak zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi ile itme yöntemleridir.

Yapılan bu çalışmada, BKS, DTS ve bina yüksekliğine bağlı olarak tercih edilen dayanıma göre tasarım yaklaşımındaki eşdeğer deprem yükü hesap yöntemi seçilerek farklı perde duvar yerleşimlerine sahip, üç açıklıklı beş katlı 4 adet ve dört açıklıklı beş katlı 7 adet betonarme yapı Prota Structure 2021 (5.1.255) programında modellenmiştir. Yanal ve düşey deprem yükleri, zati yükler, döşeme ve kiriş üzerindeki sabit yükler ve hareketli yükler uygulanarak analizler ve yapı elemanı donatı tasarımları yapılmıştır. Binada kullanılan betonarme perdelerin boyutları, sayısı ve yerleşim şekli diğer yapı elemanlarındaki iç kuvvet değerlerini, yer değiştirmeleri ve gerekli donatı alanlarını etkilemektedir.

Analiz sonrası modellerde dinamik kütle katılım oranı, düğüm noktalarındaki deplasmanlar, moment, normal kuvvet, kesme kuvveti diyagramları, burulma düzensizliği, komşu katlar arası dayanım ve rijitlik düzensizliği incelenmiştir. Ardından donatı tasarımları yapılarak yapı elemanlarındaki gerekli donatı alanları karşılaştırılmıştır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Mehmet Hasnalbant (2011) yapmış olduğu çalışmada farklı geometrik en kesit şekillerine sahip betonarme perdelerin dayanımını ve stabilitelerini araştırmıştır. L en kesitli betonarme perdelerin farklı yük etkilerinde davranışları ve gerilme durumları Sap2000 ve Section Builder programları ile incelemiştir. L en kesitli betonarme perdelerin elastik ötesi davranışını temsil eden nümerik bir yöntem sunulmuştur. Bu tez çalışmasında Sap2000 programı kullanılarak boyutları değişken L en kesitli perdelerin gerilme diyagramları elde edilmiş, buradan tasarıma yönelik sonuçlara ulaşılmaya çalışılmıştır. Ayrıca Section Builder programı kullanılarak farklı boyutlara sahip L perdelerin sabit donatı oranı için eğilme süneklilikleri karşılaştırılmıştır.

Yüksel ve ark. (2017) çalışmasında, ülkemizde bulunan mevcut yapı stoğunun özellikleri dikkate alınarak betonarme perde oranı değişiminin betonarme yapıların deprem performansına etkisi incelenmiştir. Bu amaçla farklı betonarme perde oranlarına sahip 10 katlı yapı modelleri oluşturulmuş ve SAP2000 sonlu elemanlar programı kullanılarak zaman tanım alanında doğrusal olmayan dinamik analizleri yapılmıştır. Her bir yapının sonuçları doğrultusunda elde edilen yer değiştirme değerleri, betonarme perde oranları göz önünde tutularak değerlendirilmiştir.

Gökhan Kaya (2018) yapmış olduğu çalışmada, betonarme perde ve çerçeveli yapılarda perde boyutlandırılması ve yerleşiminin deprem davranışına etkisini incelemiştir. Bu çalışmada perde-çerçeve sistemlerin perde konumları ve boyutları değiştirilmiş olup konumun ve boyutun periyot, taban kesme kuvveti, yer değiştirme, görelî kat ötelemesi üzerine etkisi incelenmiştir. Yüksek lisans tezi olarak hazırlanan bu çalışmada 10 adet 7 katlı bina modellemesi kullanmıştır.

Yaman ve ark. (2019) çalışmasında betonarme bir binanın planındaki perde duvar yerleşimi farklılığının binanın kapasitesi ve deprem performansı üzerindeki etkisi incelenmiştir. Bu amaçla, konut türü, sekiz katlı, iki ve dört açıklıklı, farklı perde duvar miktar ve yerleşimlerine sahip perdeli çerçeveli ve sadece çerçeveli betonarme binalar model olarak seçilmiştir. Model binalar düzenli bir kalıp planına sahiptir. Perde duvarlar, diğer yönde yerleştirilecek perdelerin binanın çözümleme sonuçlarına olan etkisi ihmal edilerek, binanın sadece x doğrultusunda simetrik olacak şekilde yerleştirilmiştir. Model binalarda kullanılan perde kesiti DBYBHY (2007)'de verilen minimum boyutları sağlayacak şekilde 200×1400 mm olarak dikkate alınmıştır. Çalışma kapsamında perde duvarlar, geniş kolon analojisi olarak da bilinen plastik mafsallı orta-

dikme çubuk modeli kullanılarak SAP 2000 programı ile modellenmiştir. Tüm model binaların deprem performans değerlendirmeleri doğrusal elastik olmayan yöntemlerden “Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi” kullanılarak yapılmıştır. Model binalar için kapasite eğrileri, performans seviyeleri ve perde duvarlarda meydana gelen kesme kuvveti ve moment grafikleri elde edilmiştir. Çalışma kapsamında elde edilen sonuçlardan, perde duvarların iç ya da dış aksa yerleştirilmesinin, binanın kesme kapasitesinde %2 oranında bir değişime neden olduğu görülmüştür. Yapılan çözümlemelerde sekiz katlı ve taşıyıcı sistemi salt çerçeveli olarak oluşturulan bina modellerinin hiçbirinin hedef performans seviyesini sağlamadığı görülmüştür. Bina planına simetrik olarak perde duvar yerleştirilmesi, performans seviyesinin hedef performans seviyesine yükseltilmesini sağlamıştır. Dolayısıyla perde miktarı ve yerleşimi değiştirilen tüm bina çözümlemelerinde, “Can Güvenliği” performans seviyesi elde edilmiştir.

Nejat Hakan Susam (2019) yapmış olduğu çalışmada perde duvarlı betonarme çerçeve sistemlerin yatay deprem yükleri altında donatı oranları değişiminin sistem davranışına etkisini araştırmış ve depreme dayanıklı yapı tasarımı için minimum donatı oranlarını belirlemeyi amaçlamıştır. Taşıyıcı elemanların donatı oranları değiştirilerek 13 farklı model elde edilmiştir. Aynı geometriye ve farklı donatı oranına sahip düzlemsel modeller üzerinde yatay-düşey yükler altında karşılaştırmalı deprem performansı değerlendirmeleri yapılmıştır. Belirlenen parametrelere sahip sistemin ön tasarımına yönelik minimum donatı oranları önerilmiştir. Taşıyıcı sistemi perde, kolon ve kirişten oluşan, iki doğrultuda da tek açıklıklı ve sekiz katlı betonarme çerçevede, sistemin bir aksı sonlu elemanlar programı yardımı ile modellenmiş ve doğrusal olmayan analize tabi tutulmuştur. Başlangıç model, Türk standart ve yönetmeliklerindeki minimum donatı oranları kullanılarak oluşturulmuştur. Sonrasında aynı model üzerinde bu donatı oranları artırılarak, aynı geometrik özelliklerde çeşitli donatı oranlarına sahip modeller analiz edilmiştir. Sonlu eleman analizlerinde ANSYS programı kullanılmış ve analizler betonarme davranışına daha yakın sonuçlar veren doğrusal olmayan yöntemle yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar ışığında modellerin yatay yük taşıma kapasiteleri, kolon-perde-kiriş süneklikleri ve düzlemsel çerçeve-perde sistemin süneklikleri hesaplanarak ön tasarım & minimum donatı oranlarıyla ilgili değerlendirmeler yapılmış ve öneriler getirilmiştir.

Mohammad Abbas Rahmaty (2020) çalışmasında, deprem etkisi altındaki konut ve işyeri türündeki 4, 6 ve 8 katlı perdeli çerçeveli yapıların davranışının incelenmesi

amaçlamıştır. Bu amaçla, plan üzerinde perde uç bölgesi 4 farklı tipte seçilen yapılar ile toplam perde en kesit alanları sabit olacak şekilde perde sayıları ve plandaki perdelerin yerleri değişik olarak tasarlanmış yapıların, katlarında, perdeler ve kolonlara gelen kesme kuvvetlerinin yüzde olarak değişimi ve katların görelî yer değiştirmeleri ile yapıların periyodları incelenmiştir. Perde en kesit alanlarının toplamı aynı olmak üzere, perde boyutlarının, sayılarının ve perde yerleşiminin değiştirilmesiyle oluşturulan 8 ayrı tip modelleri 4, 6 ve 8' er katlı olmak üzere 24 ayrı sistemde perdeler ve kolonlara gelen kesme kuvveti dağılımı araştırılmıştır.

Ahmet Yıldırım (2021) yapmış olduğu çalışmada, farklı zemin koşullarına, malzeme özelliklerine, kat adetlerine, kat alanlarına ve perde sayılarına sahip modelleri ele almış ve belirlenen bu değişkenlere bağlı olarak yapıya etkiyen yatay kuvvetler, Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi kullanılarak hesaplamıştır. Bu kuvvetlerden dolayı yapıda meydana gelen zorlamalara karşı yeterli dayanımı gösterebilecek, sayıları önceden belirlenmiş perdelerin boyutları TBDY 2018'in izin verdiği maksimum görelî ötelenmeler göz önünde bulundurularak, virtüel iş metodu ile belirlenmiştir. Oluşturulan grafiklerden yararlanılarak, hesapların güvenilirliğini ve belirlenen perde boyutlarının yeterliliğini kontrol etmek amacıyla SAP 2000 Programı ile yedi adet yapı modellenmiştir.

Begüm Öztürk (2021) yapmış olduğu çalışmada çerçeve ve perdeli binaların deprem etkisi altındaki davranışı yapısal sistemin modellemesi ve analiz yöntemleri esas alınarak karşılaştırmalı incelemiştir. Deprem kuvvetlerine maruz kalan yapı sistemlerinde bulunan perdelerin en-boy açısından perdelerin modellenmesiyle ilgili karşılaştırma yapabilmek için betonarme çerçeve ve perdeli taşıyıcı sistemler göz önüne alınmıştır. Taşıyıcı sistemlerde perdeler eşdeğer kolon ve sonlu kabuk eleman olarak modellenmiştir. Taşıyıcı sistemin narinliğinin (perde yüksekliği/perdenin plandaki büyük boyu) sonuçlar üzerindeki etkisini araştırmak için 8, 12 ve 16 katlı binalar dikkate alınmıştır. Modelleme konusunda karşılaştırma yapabilmek için, perdelerin yükseklik/plan boyutu oranına bağlı olarak sayısal sonuçlar şekillerde verilmiştir. Statik yükler altında 8, 12 ve 16 katlı sistemlerin doğrusal ve doğrusal olmayan analizi yapılarak elde edilen sonuçlar incelenmiş ve karşılaştırılmıştır. Doğrusal analizde Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ve Mod Birleştirme Yöntemi kullanılırken doğrusal olmayan analizde Statik İtme Yöntemi kullanılmıştır. Çerçeve elemanların doğrusal olmayan davranışları plastik mafsallık kabulü ile dikkate alınmıştır. Eşdeğer kolonlar olarak modellenen perdelerde aynı kabuller yapılmıştır. Bununla birlikte, perdelerin

doğrusal olmayan davranışı, doğrusal olmayan kabuk elemanlar kabul edilerek göz önüne alınmıştır. Yapılan analiz sonuçları karşılaştırılarak iki farklı perde modelindeki iki çözümün birbiriyle uyuşumu araştırılmıştır. Doğrusal olmayan analizlerde ise, TBDY (2018)'de verilenlere ek kabuller kullanılmıştır. Bunlar, beton ve donatıların doğrusal olmayan davranışı yanında plastik mafsallarla ilgili kabulleri içermektedir. Deprem hareketindeki belirsizlik nedeniyle analizin sonuçlarında matematiksel kesinlik beklenmemiştir. Doğrusal olmayan analiz çözümündeki belirsizliklerden dolayı, bu sonuçların doğrusal analiz sonuçları göz önüne alınarak kullanılması önerilmiştir.

İlkay Çetin (2021) çalışmasında çekirdek bölgesinde betonarme U-perde elemanına sahip taşıyıcı betonarme çerçeve sistemli yapı tasarlamıştır. Tasarımı yapılan bu yapının Program A, Program B, Program C ve Program D olmak üzere 4 farklı yapısal analiz programında modelleri oluşturularak doğrusal analizleri yapılmış ve analiz sonuçları karşılaştırılmıştır. Yapılan analizler sonucunda Dikdörtgen Perde Modellemesinin güvenilir bir yöntem olmadığını, çıkan analiz sonuçları göstermektedir. U perde elemanının betonarme yapıların tasarımında poligon kolon şeklinde sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak modellenmesi önerilmektedir. Program A ve Program B gibi piyasada sıklıkla kullanılan yapısal analiz programlarında Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısının veri girişinde betonarme perdeli çerçeve sistemin Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı $R=7$ alınarak yüksek sünek çerçeve ve perdeli sistem olarak programlara tanımlanmıştır. Fakat yönetmeliğin ilgili maddesinde belirtilen devrilme momentinin perdenin aldığı taban devrilme momentinin o doğrultuda binanın tümü için deprem yüklerinden meydana gelen toplam taban devrilme momentinin $1/3$ 'ünden fazla olması durumunda Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı R yerine $(4/5)R$ göz önüne alınmasıyla $R=5.6$ 'ya düşürülmesiyle betonarme perdeli çerçeve sistem normal sünek olarak indirgenmiştir. Bu kısımda Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018'in 4.3.2.4 maddesi gereğince yapı veri girişlerinde uygulanmıştır. Bununla birlikte U-perde elemanının analiz sonuçları grafiklerinde kesme ve moment grafiklerinde dalgalanmalar görülmektedir. Bu dalgalanmaların nedenleri tasarlanan yapının her kat sayısının artması durumunda oluşturulan modellerde kat seviyesine etkiyen deprem yüklerinin değişken olmasıdır. Program A, Program B yapısal analiz programları daha çok akademik çalışmalarda kullanılan Program C'ye göre kesme ve moment sonuç grafiklerinden görüldüğü üzere daha yüksek değerler vermektedir.

Mohammed Kamal Ali Ali (2021) çalışmasında deprem etkisi altında betonarme çerçeve içerisindeki perde konumunun değişmesi sonucu, taşıyıcı sistemde oluşacak burulma etkilerinin ve taşıyıcı sistemin kuvvet-deplasman ilişkileri arasındaki değişiminin betonarme taşıyıcı sistem davranışına etkisinin deneysel ve sayısal olarak

belirlenmesi amaçlamıştır. Bu amaçla, tek katlı, her iki yönde iki açıklığı bulunan üç boyutlu bir çerçeveye biri perdesiz diğer dört numune farklı konumlarda perdeli olarak tasarlanmıştır. Toplam 5 adet 1/2 ölçekli betonarme taşıyıcı sistem imal edilerek, deprem yükü etkisi altında laboratuvar ortamında gerçekleştirilen deneylerden elde edilen sonuçlar kıyaslanmıştır. Çalışma sonucunda, dayanım zarfı, rijitlik, enerji tüketimi, yapıdaki burulma, çatlak oluşumu, geliştirilen farklı bir yöntem ile alınan tepe deplasmanı, beton ve donatıdaki gerilme sonuçları, deneysel ve nümerik olarak değerlendirilmiştir. Betonarme perde konumuna bağlı olarak, deneysel modellerdeki akma yükü, tepe deplasman miktarı ve yapı burulmasında ciddi farklılıklar gözlenmiştir. Betonarme perdenin bulunup bulunmaması, perde konumunun simetrik olup olmaması ve yapı içerisindeki perdenin konumu, yatay kuvvetler etkisi altında yapı davranışını etkilemektedir. Depreme karşı dayanıklı yapı elde edebilmek için betonarme perdenin simetrik ve düzenli bir şekilde kullanılmasının son derece önemli olduğu deneylerle görülmüştür. Özellikle betonarme perdenin konumu olarak yapının dış aksında tek tarafta olması burulmaya yol açarken iç aksta bulunması yapı direncine daha fazla katkı sağlamaktadır. Buna ilaveten perdenin orta aksta bulunması halinde itme kuvveti tarafında bulunması çekme tarafında bulunmasından, sistem enerji yutma ve direnci bakımından daha etkili olduğu saptanmıştır. Yapı davranışını doğrudan etkileyen betonarme perdenin konumu sonlu elemanlar yönteminin kullanılması ile belirlenerek en iyi tasarımın ortaya konulabileceği çalışma ile elde edilmiştir.

Doğan ve ark. (2021) çalışmasında binanın perde duvar davranışı göstermesi için kolon ve perdelerin ön tasarımı aşamasında, donatı artış oranına bağlı olarak bina maliyetindeki artış ve perde-çerçeve davranış uyumluluğu dikkate alınarak, perdelerin karşıladığı momentin bina taban momentine oranına bağlı, bir kattaki perde alanının tüm katların alanına oranının minimum değeri tespit edilmeye çalışmıştır. Bu amaçla, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği kurallarına uygun çerçeve sistemden oluşan beş katlı ve planda simetrik bir bina tasarlanmıştır. Öncelikle, giriş-kolon çerçeve sistemden oluşan bu modele asansör perdesi eklenmiş, daha sonra asansörlü modele çeşitli oranlarda simetrik perdeler ilave edilerek toplamda 10 model oluşturulmuştur. Etkin görelî kat ötelemeleri, katların yatay ötelenmeleri, katlara göre perdelerdeki kesme kuvvetinin dağılım yüzdeleri, çerçeve ile perde-çerçeve sistemlerin perde oranına bağlı kat ve kat elemanlarındaki donatı miktarları ve oranlarına ilişkin değerlendirmeler yapılmıştır. Sistem davranış kontrolünün perdeler verilmesi için perde taban moment

oranı %75'ten büyük olduğu durumlarda bir kattaki perde alanının tüm katların alanına oranının minimum değeri 0,438 olarak bulunmuştur.

3. BETONARME TAŞIYICI SİSTEMLER HAKKINDA TEORİK BİLGİLER

Betonarme bir yapının taşıyıcı sistemi, söz konusu yapının işlevine bağlı olarak, değişik türlerde olabilir. Örneğin, malzeme depolamak için düzenlenen bir silo ya da gazların uzaklaştırılması amacı ile yapılan bir baca, işlevleri gereği yüzeysel taşıyıcılarla oluşturulurken konut, büro, fabrika gibi binaların taşıyıcı sistemleri kolon ve kirişlerin meydana getirdiği çerçeve sistemi olarak düzenlenir. Her taşıyıcı sistemden kendi ağırlığını başta olmak üzere, etkiyen yükleri karşılayarak bunları mesnetlendiği zemine güvenli bir şekilde iletmesi beklenir. Bir yapının güvenli olmasının yanında, sağlaması gereken şartlardan, ekonomik, kullanım amacına uygun, çevre ile uyumlu ve estetik olma koşulları da göz önünde tutulmalı, taşıyıcı sistemin bu şartları sağlamasına çalışılmalıdır. (Celep, 2020).

3.1. Betonarme Taşıyıcı Sistem Tipleri

TBDY 2018'de depreme karşı davranışları bakımından betonarme binaların yatay yük taşıyıcı sistemleri süneklik düzeyi yüksek, sınırlı ve karma olarak üçe ayrılmıştır. Bu üç farklı süneklik düzeyi içinde de çerçeveli taşıyıcı, perdeli-çerçeveli ve perdeli taşıyıcı olmak üzere üç farklı betonarme taşıyıcı sistem türü bulunmaktadır.

TBDY 2018'de belirtilen koşullara göre boyutlandırılarak donatılan kolon ve kirişlerden oluşan taşıyıcı sistemlere çerçeveli taşıyıcı sistemler, boşluklu veya boşluksuz (bağ kirişli) perdelerden oluşan taşıyıcı sistemlere ise perdeli taşıyıcı sistemler denilmektedir. Bu iki sistemin birlikte kullanıldığı betonarme taşıyıcı sistemler ise perdeli-çerçeveli taşıyıcı sistemler olarak adlandırılmaktadır.

Perdeler ve çerçeve sistemler yük taşırken birbirleriyle farklı davranış sergilerler. Aynı yükü taşıyan konsol perde ve çerçeve bir sistem incelendiğinde iki farklı davranış olduğu görülür. Konsol perdede şekil değiştirmede eğilme momenti etkili olur. Yatay yer değiştirme eğim sıfırdan başlayarak üst katlara doğru her katta bir dönme ile artış gösterir. Çerçevenin yapacağı yatay yer değiştirmede eğilme momenti ile bağlantılı olan kat kesme kuvvetleri doğrudan etkili olur. Üst katlarda kat kesme kuvvetleri küçük olduğu için

öteleme rijitliği de küçüktür. Alt katlarda durum tam tersidir. Alt katlarda kat kesme kuvveti büyür fakat yatay öteleme rijitliği ise aynı oranda artmaz. Alt katlarda oluşan kat kesme kuvvetinin yatay öteleme rijitliğine oranı, üst katlara göre daha büyüktür. Bu yüzden alt katlarda oluşan görelî yatay yer değıştirme üst kata göre büyüktür. Çerçeve de yatay yer değıştirme eğrisinin eğimi üst katlara doğru düşey doğrultuya gelir. Yer değıştirmeler bu iki şekilde farklılık gösterirken perde ve çerçeve birlikteyken perdenin üst katlardaki yer değıştirmesi çerçeve tarafından sınırlandırılır ve alt katta çerçevenin yatay ötelenmesi perde tarafından sınırlandırılır. Alt katlarda yatay yükün taşınması için birbirlerine yardım ederlerken üst katta perdedeki yük işareti değıştirebilir. (Celep, 2019).

Bu çalışmada 1. ve 5. modelde çerçeve li betonarme taşıyıcı, diğer modellerde ise perdeli-çerçeve li süneklik düzeyi yüksek betonarme taşıyıcı sistem kullanılmıştır.



4. TBDY 2018'E GÖRE BETONARME YAPI TASARIM ESASLARI

Betonarme yapı tasarımı ülkemizde 01.01.2019 tarihinde yürürlüğe giren ve uygulanması zorunlu olan TBDY 2018'e göre yapılmakta olup bu çalışmada dayanıma göre tasarım için hesap esaslarına göre modeller hazırlanmıştır.

4.1. Sadelik ve Simetriklik

Deprem yer hareketindeki, yapısal elemanlardaki ve tasarım analizlerdeki belirsizlik ve yaklaşıklıklardan dolayı, binanın deprem davranışının öngörülebilir olmasını sağlamak üzere taşıyıcı sistemin olabildiğince sade ve basit olması, deprem etkisi altında tasarımın temel kuralıdır. Aynı zamanda yatay ve düşey yüklerin en uygun biçimde aktarılabilmesi ve oluşabilecek dışmerkezliliklerin önüne geçilebilmesi için taşıyıcı sistem planda ve düşeyde olabildiğince düzenli ve simetrik biçimde düzenlenmelidir.

4.2. Dayanım, Rijitlik ve Süneklik

Deprem yer hareketinin planda tüm doğrultularda etkili olduğu dikkate alınarak taşıyıcı sistem elemanlarının tercihen birbirine dik iki asal doğrultuda düzenlenmesi ve birbirine yakın dayanım ve rijitliğe sahip olması esastır.

Taşıyıcı sistemde olumsuz davranışlara neden olan burulma düzensizliğini ortadan kaldırmak amacıyla yeterli burulma dayanımının ve rijitliğinin sağlanması esastır. Bu doğrultuda uygun bir çözüm, rijitliği ve dayanımı yüksek taşıyıcı sistem elemanlarının olabildiğince binanın çevresinde düzenlenmesidir.

Yıldırım (2021) çalışmasında perdeler, plan merkez akslarına göre mümkün mertebe simetrik ve kenarlarda veya kenarlara yakın kısımlarda konumlandırılması gerektiğini, böylelikle rijilik merkezi ile kütle merkezi birbirine olabildiğince yaklaştırılmış ve burulma etkilerinin ihmal edilebilecek düzeylere indirilebildiğini saptamıştır.

Tasarım deprem yer hareketi altında binada meydana gelen deprem etkilerinin taşıyıcı sistemin sünek davranışı ile azaltılması için TBDY 2018’de tanımlanan sünek tasarım ve kapasite tasarımı ilkelerine uyulmalıdır.

4.3. Düzensizlik Kontrolleri

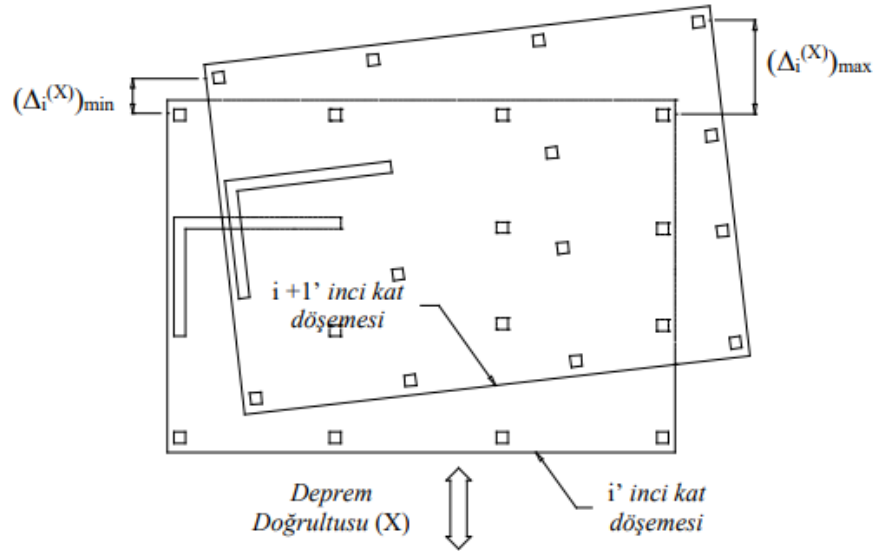
4.3.1. Burulma düzensizliği

Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi bir katta en büyük görel kat ötelemesinin o katta aynı doğrultudaki ortalama görel ötelemeye oranını ifade eden Burulma Düzensizliği Katsayısı η_{bi} ’nin 1,2’den büyük olması durumudur. Denk. 4.1 ve Denk. 4.2 ile η_{bi} bulunmaktadır. (Şekil 4.1.)

Görel kat ötelemelerinin hesabı, $\pm$ %5 ek dışmerkezlilik etkileri de gözönüne alınarak yapılacaktır.

$$(\Delta_i^{(x)})_{ort} = \frac{1}{2} [(\Delta_i^{(x)})_{max} + (\Delta_i^{(x)})_{min}] \quad (4.1)$$

$$\eta_{bi} = (\Delta_i^{(x)})_{max} / (\Delta_i^{(x)})_{ort} \quad (4.2)$$



Şekil 4.1. A1-Burulma düzensizliği

Burulma düzensizliği katsayısı $1.2 < \eta_{bi} \leq 2.0$ ise $\pm$ %5 dış merkezliğin Denk. 4.3’te verilen D_{bi} katsayısı ile çarpılarak büyütülmesi gerekmektedir.

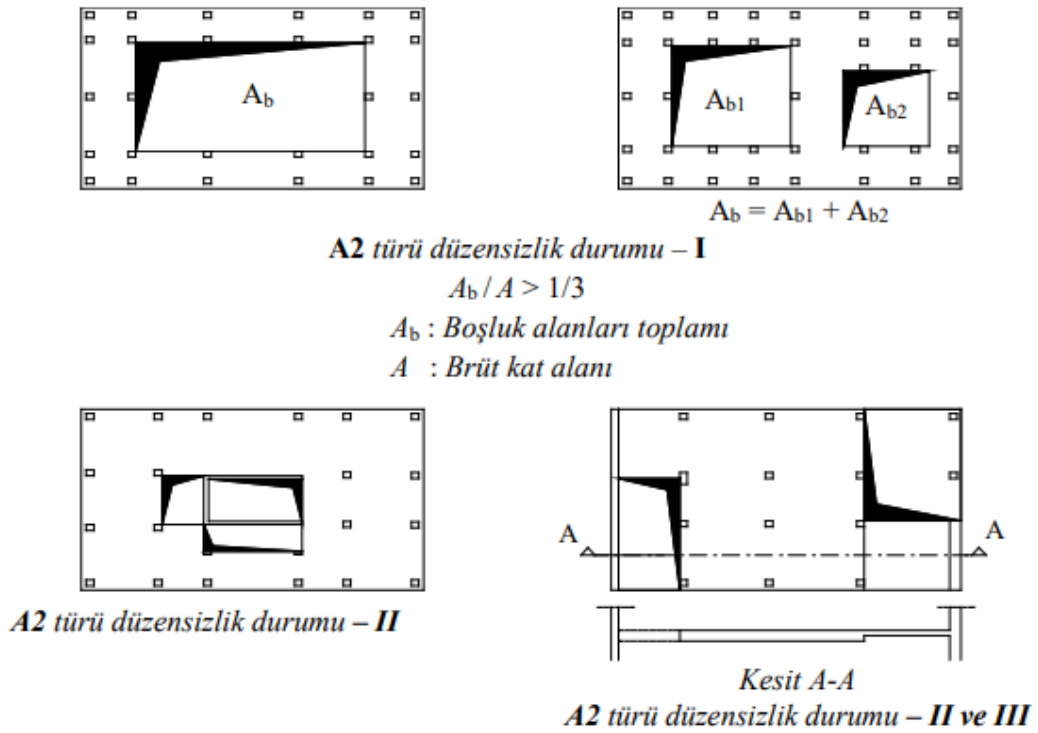
$$D_{bi} = (\eta_{bi} / 1,2)^2 \quad (4.3)$$

Eğer $\eta_{bi} > 2.0$ ise dinamik yöntemlerin kullanılması gerekmektedir.

4.3.2. Döşeme süreksizlikleri

Herhangi bir kattaki döşemede;

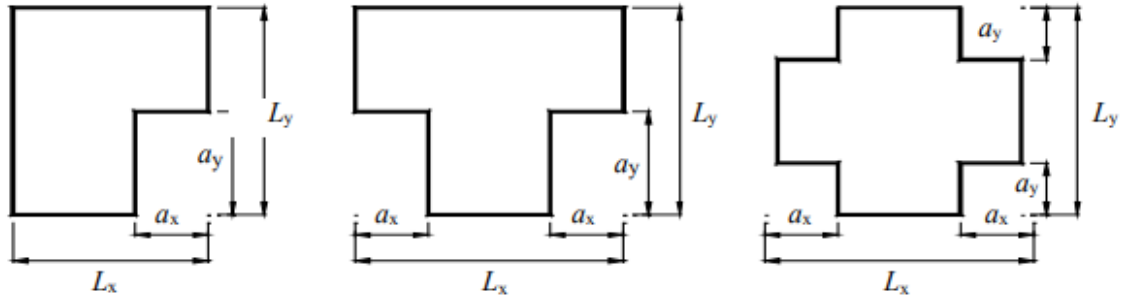
- Merdiven ve asansör boşlukları dahil, boşluk alanları toplamının kat brüt alanının 1/3'ünden fazla olması durumu,
 - Deprem yüklerinin düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle aktarılabilmesini güçleştiren yerel döşeme boşluklarının bulunması durumu,
 - Döşemenin düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani azalmaların olması durumu.
- (Şekil 4.2.)



Şekil 4.2. A2-Döşeme süreksizliği düzenliliği örnekleri

4.3.3. Planda çıkıntılar bulunması

Bina kat planlarında çıkıntı yapan kısımların birbirine dik iki doğrultudaki boyutlarının her ikisinin de, binanın o katının aynı doğrultulardaki toplam plan boyutlarının %20'sinden daha büyük olması durumudur (Şekil 4.3.).



Şekil 4.3. A3-Planda çıkıntılar bulunması düzensizliği örnekleri

4.3.4. Komşu katlar arası dayanım düzensizliği (zayıf kat)

Betonarme binalarda, birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi birinde, herhangi bir kattaki toplam etkili kesme alanının, bir üst kattaki toplam etkili kesme alanına oranı olarak tanımlanan Dayanım Düzensizliği Katsayısı η_{ci} 'nin 0,80'den küçük olması durumudur (Denk. 4.4). Herhangi bir katta etkili kesme alanı Denk. 4.5'te verilmiştir.

$$\eta_{ci} = (\Sigma A_e)_i / (\Sigma A_e)_{i+1} < 0.80 \quad (4.4)$$

$$(\Sigma A_e)_i = (\Sigma A_w)_i + (\Sigma A_g)_i + (0,15 \Sigma A_k)_i \quad (4.5)$$

4.3.5. Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (yumuşak kat)

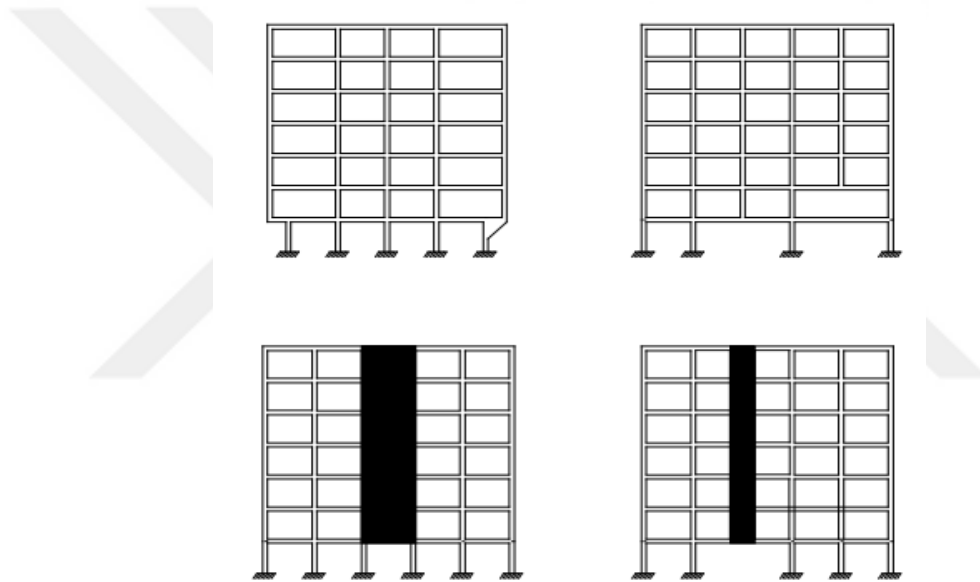
Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, bodrum katlar dışında, herhangi bir i'nci kattaki ortalama kat ötelemesi oranının bir üst veya bir alt kattaki ortalama göreli kat ötelemesi oranına bölünmesi ile tanımlanan Rijitlik Düzensizliği Katsayısı η_{ki} 'nin 2'den fazla olması durumudur (Denk. 4.6, Denk. 4.7).

$$\eta_{ki} = \left(\Delta_i^{(x)} / h_{i,ort} \right) / \left(\Delta_{i+1}^{(x)} / h_{i+1,ort} \right) > 2,0 \quad (4.6)$$

$$\eta_{ki} = \left(\Delta_i^{(x)} / h_{i,ort} \right) / \left(\Delta_{i-1}^{(x)} / h_{i-1,ort} \right) > 2,0 \quad (4.7)$$

4.3.6. Düşey eleman süreksizliği

Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının (kolon veya perdelerin) bazı katlarda kaldırılarak kirişlerin veya guseli kolonların üstüne veya ucuna oturtulması, ya da üst kattaki perdelerin altta kolonlara oturtulması durumudur (Şekil.4.4.).



Şekil 4.4. Taşıyıcı sistemin düşey eleman süreksizliği

4.4. Dayanım Fazlalığı Katsayısı, Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı ve Taşıyıcı Sistemlerin Süneklik Düzeylerine İlişkin Koşullar

Çalışmada oluşturulan betonarme modellerde TBDY'ye göre D (dayanım fazlalığı katsayısı) ve R (taşıyıcı sistem davranış katsayısı) seçilmiştir. Analiz sonucunda;

- Taşıyıcı sistemde tek bir perdenin veya çelik çaprazlı çerçevenin aldığı taban devrilme momenti M_{DEV} , o doğrultuda binanın tümü için deprem yüklerinden meydana gelen toplam taban devrilme momenti M_o 'ın 1/3'ünden fazla olması veya binanın her bir kenar aksında yer alan perde/perdelerin veya çelik çaprazlı çerçeve/çerçevelerin

aldığı taban devrilme momenti M_{DEV} veya M_{DEV} 'lerin toplamı, o doğrultuda binanın tümü için deprem yüklerinden meydana gelen toplam taban devrilme momenti M_0 'ın $1/6$ 'sından az olması durumlarında $DTS = 1, 1a, 2, 2a$ olan betonarme perdeli ve/veya çelik çaprazlı çerçeveli binalarda, o doğrultuda Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı R yerine $(4/5) R$ göz önüne alınacaktır.

- Süneklik düzeyi yüksek bağ kirişli (boşluklu) veya boşluksuz yerinde dökme veya önüretimli betonarme perdeler ile merkezi, dışmerkez veya burkulması önlenmiş çelik çaprazlı çerçevelerin moment aktaran süneklik düzeyi yüksek çerçevelerle birlikte kullanıldığı binalarda, perdelerin veya çaprazlı çerçevelerin tabanında deprem yüklerinden meydana gelen devrilme momentlerinin toplamı, binanın tümü için deprem yüklerinden tabanda meydana gelen toplam devrilme momentinin %40'ından az, %75'inden fazla olmamalıdır (Denk. 4.8).

$$0,40 M_0 < \Sigma M_{Dev} < 0,75 M_0 \quad (4.8)$$

- Denk. 4.8'de gösterilen bağıntıdaki üst koşul sağlanamazsa, TBDY-2018'e göre deprem etkilerinin tamamının süneklik düzeyi yüksek perdelerle veya çaprazlı çerçevelerle karşılandığı durumlar için tanımlanan R ve D katsayıları ile izin verilen en üst BYS dikkate alınacaktır. Denk. 4.8'de gösterilen bağıntıdaki alt koşul sağlanamazsa TBDY-2018'e göre R ve D katsayılarında değişiklik yapılmayacak, ancak izin verilen en üst BYS'nin bir fazlası dikkate alınacaktır.

- Betonarme ve çelik süneklik düzeyi karma taşıyıcı sistemlerde, süneklik düzeyi yüksek bağ kirişli (boşluklu) veya boşluksuz betonarme perdeler ile merkezi, dışmerkez veya burkulması önlenmiş çelik çaprazlı çerçevelerin tabanında deprem yüklerinden meydana gelen devrilme momentlerinin toplamı, binanın tümü için deprem yüklerinden tabanda meydana gelen toplam devrilme momentinin %75'inden az olmamalıdır (Denk. 4.9).

$$\Sigma M_{Dev} \geq 0,75 M_0 \quad (4.9)$$

- Denk. 4.9'da verilen koşulun sağlanamaması durumunda, TBDY-2018'e göre deprem etkilerinin tamamının süneklik düzeyi sınırlı çerçevelerle karşılandığı durumlar için tanımlanan R ve D katsayıları ile izin verilen en üst BYS dikkate alınacaktır.

4.5. Deprem Hesap Yüğü Yöntemi

Bu çalışmada TBDY-2018'e göre deprem etkisi altındaki binaların dayanıma göre tasarım kapsamında doğrusal hesap yöntemi olan Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi kullanılmıştır.

4.5.1. Eşdeğer deprem yüğü yöntemi

Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi, birbirine dik (X) ve (Y) deprem doğrultularında binaya etkiyen depremler için ayrı ayrı uygulanacaktır.

Gözönüne alınan deprem doğrultusunda, binanın tümüne etkiyen toplam eşdeğer deprem yüğü (taban kesme kuvveti) Denk. 4.10 ile belirlenmektedir.

$$V_{tE}^{(X,Y)} = m_t S_{AR}(T_p^{(X,Y)}) \geq 0,04 m_t I S_{DS} g \quad (4.10)$$

Denk. 4.10'daki m_t ise binanın toplam kütleini göstermekte, $S_{AR}(T_p^{(X,Y)})$ ise gözönüne alınan (X,Y) deprem doğrultusunda binanın hakim doğal titreşim periyodu $T_p^{(X,Y)}$ gözönüne alınarak Azaltılmış Tasarım Spektral İvmesi'ni göstermekte ve Denk. 4.11 ile hesaplanmaktadır.

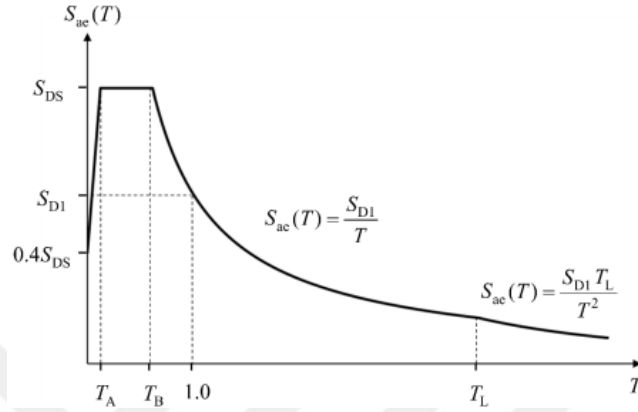
$$S_{aR}(T) = S_{ae}(T) / R_a(T) \quad (4.11)$$

Denk. 4.11'deki $S_{ae}(T)$ yatay elastik spektral ivme değerini göstermekte ve doğal titreşim periyoduna bağlı olarak yerçekimi ivmesi (g) cinsinden Denk. 4.12'de tanımlanmıştır (Şekil 4.5.).

$$\begin{aligned} S_{ae}(T) &= (0,4 + 0,6 \frac{T}{T_A}) S_{DS} & (0 \leq T \leq T_A) \\ S_{ae}(T) &= S_{DS} & (T_A \leq T \leq T_B) \end{aligned} \quad (4.12)$$

$$S_{ae}(T) = \frac{S_{D1}}{T} \quad (T_B \leq T \leq T_L)$$

$$S_{ae}(T) = \frac{S_{D1}T_L}{T^2} \quad (T_L \leq T)$$



Şekil 4.5.

Burada S_{DS} ve S_{D1} tasarım spektral ivme katsayıları'nı, T ise doğal titreşim periyodunu göstermektedir. Yatay tasarım spektrumu köşe periyotları T_A ve T_B Denk. 4.13 ile S_{DS} ve S_{D1} 'e bağlı olarak tanımlanmaktadır.

$$T_A = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad , \quad T_B = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (4.13)$$

Denk. 4.13'te verilen tasarım spektral ivme katsayıları olan S_{DS} ve S_{D1} değerleri Denk. 4.14'te verilen harita spektral ivme katsayıları ile bulunmaktadır.

$$S_{DS} = S_s \times F_s, \quad S_{D1} = S_1 \times F_1 \quad (4.14)$$

TBDY-2018'de yerel zemin sınıflarına bağlı olarak yerel zemin etki katsayıları F_s ve F_1 , sırası ile, Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2'de verilmiştir. Tablolarda harita spektral ivme katsayılarının ara değerleri için doğrusal enterpolasyon yapılabilir.

Çizelge 4.1. Kısa periyot bölgesi için Yerel Zemin Etki Katsayıları

Yerel Zemin Sınıfı	Kısa periyot bölgesi için Yerel Zemin Etki Katsayısı F_s					
	$S_s \leq 0.25$	$S_s = 0.50$	$S_s = 0.75$	$S_s = 1.00$	$S_s = 1.25$	$S_s \geq 1.50$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8

ZB	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
ZC	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2
ZD	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
ZE	2.4	1.7	1.3	1.1	0.9	0.8
ZF	Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır					

Çizelge 4.2. 1.0 saniye için Yerel Zemin Etki Katsayıları

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

Denk. 4.14'teki harita spektral ivme katsayıları olan S_s ve S_1 değerleri ise binanın yapılacağı lokasyona göre Türkiye Deprem Tehlike Haritasından (<http://tdth.afad.gov.tr>) alınacaktır.

Gözönüne alınan herhangi bir deprem yer hareketi düzeyi için düşey elastik tasarım ivme spektrumunun ordinatları olan düşey elastik tasarım spektral ivmeleri $S_{aeD}(T)$, yatay deprem yer hareketi için tanımlanan kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısına ve doğal titreşim periyoduna bağlı olarak yerçekimi ivmesi (g) cinsinden Denk. 4.15 ile tanımlanır (Şekil 4.6.).

$$S_{aeD}(T) = (0,32 + 0,48 \frac{T}{T_{AD}}) S_{DS} \quad (0 \leq T \leq T_{AD})$$

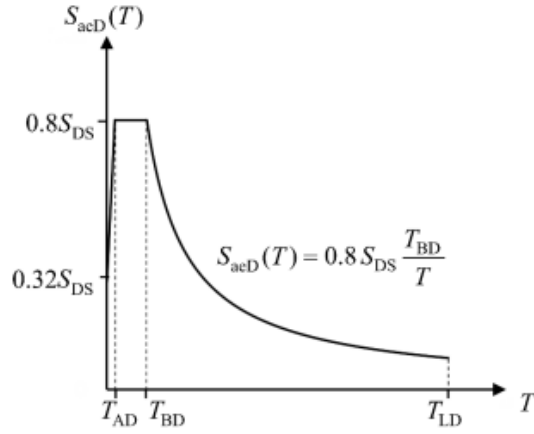
$$S_{aeD}(T) = 0,8 S_{DS} \quad (T_{AD} \leq T \leq T_{BD})$$

(4.15)

$$S_{aeD}(T) = 0,8 S_{DS} \frac{T_{BD}}{T} \quad (T_{BD} \leq T \leq T_{LD})$$

Denk. 4.15.'te yer alan T_{AD} ve T_{BD} düşey spektrum köşe periyotları ile T_{LD} periyodu Denk. 4.16'da verilmiştir.

$$T_{AD} = T_A / 3, \quad T_{BD} = T_B / 3, \quad T_{LD} = T_L / 2 \quad (4.16)$$



Şekil 4.6.

Denk. 4.10'da hesaplanan eşdeğer deprem yükü, bina katlarına etkiyen eşdeğer deprem yüklerinin toplamı olarak ifade edilmektedir. (Denk 4.17)

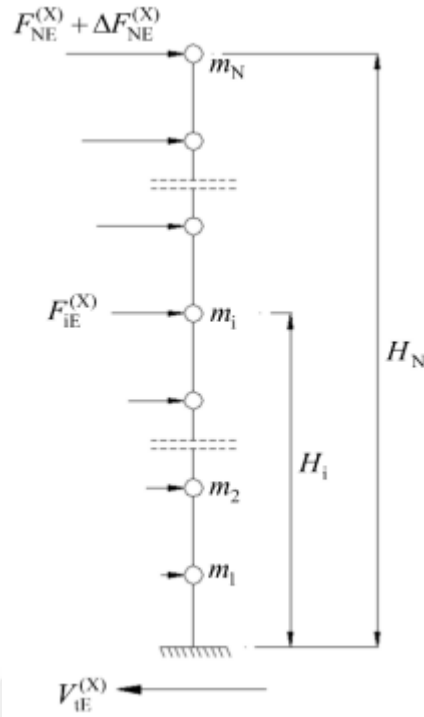
$$V_{tE}^{(X,Y)} = \Delta F_{NE}^{(X,Y)} + \sum_{i=1}^N F_{iE}^{(X)} \quad (4.17)$$

Binanın N'inci katına (tepesine) etkiyen ek eşdeğer deprem yükü Denk. 4.18 ile hesaplanmaktadır.

$$\Delta F_{NE}^{(X,Y)} = 0,0075 N V_{tE}^{(X,Y)} \quad (4.18)$$

Toplam eşdeğer deprem yükünün $\Delta F_{NE}^{(X,Y)}$ dışında geri kalan kısmı, N'inci kat dahil olmak üzere, bina katlarına Denk. 4.19 ile dağıtılmaktadır (Şekil 4.7.).

$$F_{iE}^{(X,Y)} = (V_{tE}^{(X,Y)} - \Delta F_{NE}^{(X,Y)}) \frac{m_i H_i}{\sum_{j=1}^N m_j H_j} \quad (4.19)$$



Şekil 4.7.

Kat döşemelerinin rijit diyafram olarak modellenmesi durumunda $F_{ie}^{(X,Y)}$ eşdeğer deprem yükü, i'nci kattaki ana düğüm noktasına göz önüne alınan deprem doğrultusunda etki ettirilecektir.

Deprem yüklerinden binanın tabanında meydana gelen toplam devrilme momenti Denk 4.20 ile hesaplanmaktadır.

$$M_0^{(X)} = \sum_{i=1}^N F_{ie}^{(X)} H_i \quad (4.20)$$

Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nin uygulandığı tüm binalarda göz önüne alınan deprem doğrultusunda binanın hakim doğal titreşim periyodunu ifade eden $T_p^{(X,Y)}$, daha kesin bir hesap yapılmadıkça, Denk. 4.21 bağıntısıyla hesaplanmaktadır.

$$T_p^{(X,Y)} = 2\pi \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N m_i d_{fi}^{(X,Y)2}}{\sum_{i=1}^N F_{fi}^{(X,Y)} d_{fi}^{(X,Y)}}} \quad (4.21)$$

Hesaplanan bu hakim doğal titreşim periyodunun deprem hesabında göz önüne alınacak en büyük değeri ampirik hakim doğal titreşim periyodu olan Denk. 4.22’de verilen ampirik hakim doğal titreşim periyodu olan T_{PA} değerinin 1,4 katından daha fazla olmayacaktır.

$$T_{PA} = C_t H_N^{0,75} \quad (4.22)$$

Taşıyıcı sistemi sadece betonarme çerçevelerden oluşan binalarda Denk. 4.22’de verilen $C_t = 0.1$, çelik çerçevelerden veya çaprazlı çelik çerçevelerden oluşan binalarda $C_t = 0.08$, diğer tüm binalarda $C_t = 0.07$ alınacaktır.

Deprem etkilerinin tamamının betonarme perdeler tarafından karşılandığı binalarda C_t katsayısı Denk. 4.23 ile hesaplanacaktır.

$$C_t = \frac{0,1}{\sqrt{A_t}} \leq 0,07 \quad (4.23)$$

Bu bağıntıdaki A_t eşdeğer alanı Denk. 4.24’te verilmiştir.

$$A_t = \sum_j A_{wj} = \left[0,2 + \left(\frac{l_{wj}}{H_N} \right)^2 \right] \leq \sum_j A_{wj} \quad (4.24)$$

DTS = 1, 1a, 2, 2a ve $BYS \geq 6$ olan binalarda ve DTS = 3, 3a, 4, 4a olan tüm binalarda hakim doğal titreşim periyodu ampirik olarak Denk. 4.22’de verilen formül ile hesaplanabilmektedir.

4.5.2. Modal hesap yöntemleri

Deprem etkisi altında taşıyıcı sistemin modal davranışını esas alan Modal Hesap Yöntemleri, deprem spektrumu ile hesaba dayalı Mod Birleştirme Yöntemi ve zaman tanım alanında hesaba dayalı Mod Toplama Yöntemi’dir.

Modal hesap yöntemlerinde, hesaba katılması gereken yeterli titreşim modu sayısı, (X) ve (Y) deprem doğrultularında her bir mod için hesaplanan taban kesme

kuvveti modal etkin kütlelerinin toplamının bina toplam kütlelerinin %95'inden daha az olmaması kuralına göre belirlenecektir.

$$\sum_{n=1}^{YM} m_{txn}^{(X)} \geq 0,95 m_t ; \quad \sum_{n=1}^{YM} m_{tyn}^{(Y)} \geq 0,95 m_t \quad (4.25)$$

Katkısı %3'ten büyük olan bütün modlar gözönüne alınacaktır.

4.6. Azaltılmış İç Kuvvetlerin ve Yerdeğiştirmelerin Eşdeğer Taban Kesme Kuvvetine Göre Büyütülmesi

Herhangi bir (X) deprem doğrultusu için $V_{tx} < \gamma_E V_{TE}$ olması durumunda, TBDY-2018'e göre uygulanan modal hesap yöntemi ile elde edilen tüm azaltılmış iç kuvvet ve yer değiştirme büyüklükleri, Denk.(4.26) ile verilen eşdeğer taban kesme kuvveti büyütme katsayısı β_{TE} ile çarpılarak büyütülecektir.

$$\beta_{TE}^{(X)} = \gamma_E V_{TE}^{(X)} / V_{tx}^{(X)} \geq 1 \quad (4.26)$$

Burada V_{TE} Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'ne göre Denk. 4.17 ile hesaplanan toplam eşdeğer deprem yükünü (taban kesme kuvvetini), V_{tx} ise modal hesap yöntemlerine göre x doğrultusunda elde edilen toplam deprem yükünü göstermektedir. γ_E çarpanı A1, B2 veya B3 türü düzensizliklerden en az birinin binada bulunması durumunda 0,90 alınacaktır. TBDY-2018'de tanımlanan düzensizliklerden hiçbirinin binada bulunmaması durumunda 0,80 alınacaktır.

4.7. Etkin Göreli Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması

TBDY-2018'e göre her bir deprem doğrultusu için, binanın herhangi bir i'inci katındaki kolon veya perdelerde hesaplanan $\delta_i^{(X)}$ etkin göreli kat ötelemelerinin kat içindeki en büyük değeri $\delta_{i,max}^{(X)}$, aşağıda verilen Denk. 4.27 ve Denk. 4.28'te belirtilen koşulları sağlayacaktır.

- Gevrek malzemeden yapılmış boşluklu veya boşluksuz dolgu duvarlarının ve cephe elemanlarının çerçeve elemanlarına, aralarında herhangi bir esnek derz veya bağlantı olmaksızın, tamamen bitişik olması durumunda;

$$\lambda \delta_{i,\max}^{(x)} / h_i \leq 0,008 \kappa \quad (4.27)$$

- Gevrek malzemeden yapılmış dolgu duvarları ile çerçeve elemanlarının aralarında esnek derzler yapılması, cephe elemanlarının dış çerçevelere esnek bağlantılarla bağlanması veya dolgu duvar elemanının çerçeveden bağımsız olması durumunda;

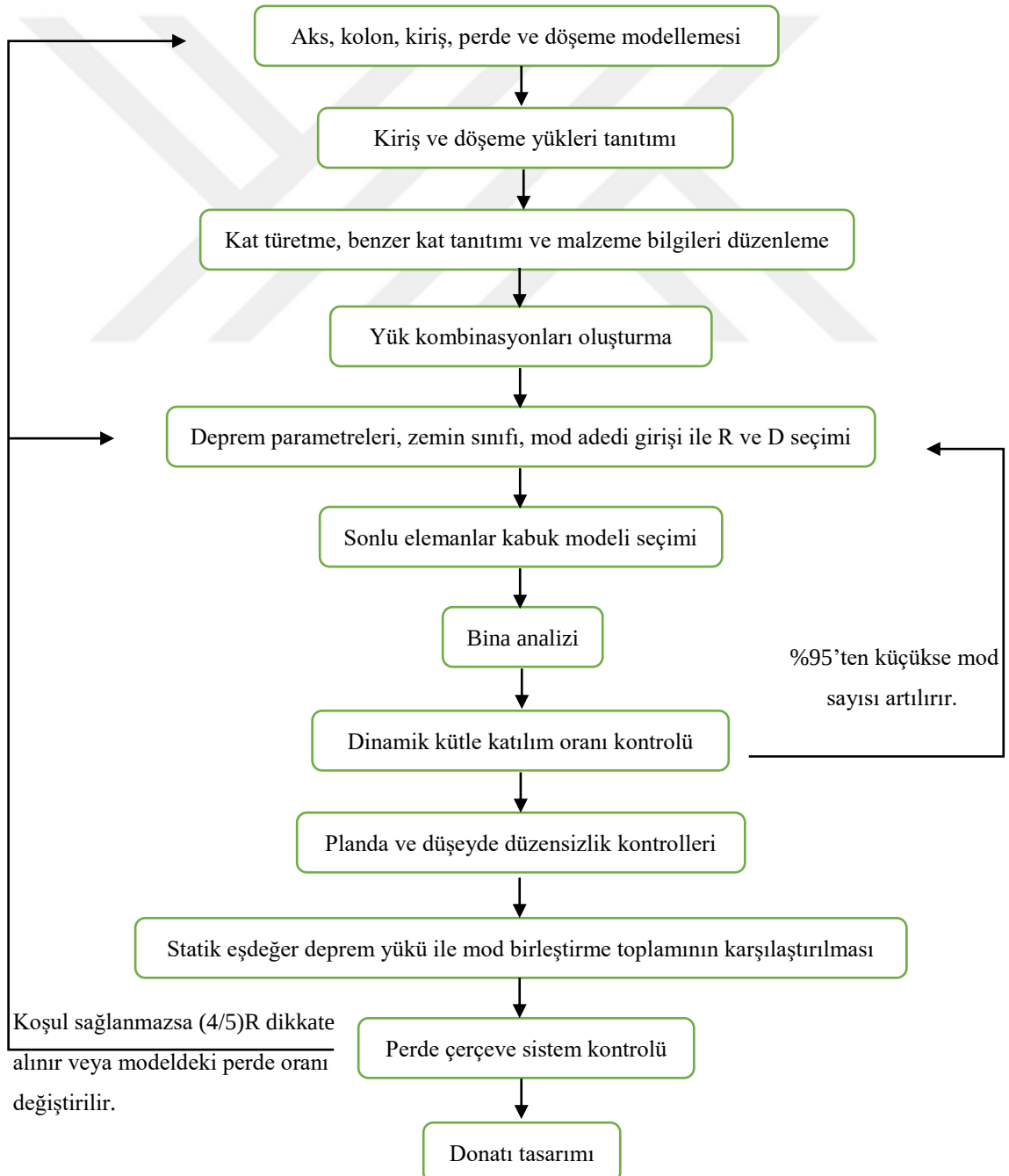
$$\lambda \delta_{i,\max}^{(x)} / h_i \leq 0,016 \kappa \quad (4.28)$$

Denk. 4.27 ve 4.28’te yer alan λ katsayısı, binanın göz önüne alınan deprem doğrultusundaki hakim titreşim periyodu için DD-3 deprem yer hareketinin elastik tasarım spektral ivmesinin, DD-2 deprem yer hareketinin elastik tasarım spektral ivmesine oranıdır. κ katsayısı ise betonarme binalarda 1, çelik binalarda 0,5 alınacaktır.

Denk. 4.27 ve Denk. 4.28’te verilen koşulun binanın herhangi bir katında sağlanamaması durumunda, taşıyıcı sistemin rijitliği artırılarak deprem hesabı tekrarlanacaktır.

5. MODELLER VE ANALİZLER

Yapılan bu çalışmada, BKS, DTS ve bina yüksekliğine bağlı olarak tercih edilen dayanıma göre tasarım yaklaşımındaki eşdeğer deprem yükü hesap yöntemi seçilerek farklı perde duvar yerleşimlerine sahip, üç açıklıklı beş katlı 4 adet ve dört açıklıklı beş katlı 7 adet betonarme yapı Şekil 5.1.'deki akış şemasında belirtildiği şekilde Prota Structure 2021 (5.1.255) programında modellenmiştir.



Şekil 5.1. Akış şeması

Her modelde, her bir kiriş üzerine 0,49 t/m duvar yükü, döşemelere ise 0,22 t/m² sabit yük ve 0,36 t/m² hareketli yük tanımlanmıştır. Son kattaki döşemelere ise 0,15 t/m² sabit yük ve 0,23 t/m² hareketli yük tanımlanmıştır. Tüm elemanlar için C30 beton sınıfı S420 çeliği seçilmiştir. Çizelge 5.1.'de modelleme yapılan binalar ile ilgili bilgiler verilmiştir.

Çizelge 5.1. Tasarımı yapılan yapılar ile ilgili kullanılacak veriler

Malzeme	C30/37-S420
Bina kullanım sınıfı (BKS)	3
Bina önem katsayısı (I)	1
Deprem tasarım sınıfı (DTS)	1
Bina yükseklik sınıfı (BYS)	6
Hareketli yük kütle katılım katsayısı (n)	0,3
Yerel zemin sınıfı	ZC
Normal katlardaki ilave sabit yükler	0,22 t/m ²
Normal katlardaki ilave hareketli yükler	0,36 t/m ²
Çatı katındaki ilave sabit yükler	0,15 t/m ²
Çatı katındaki ilave hareketli yükler	0,23 t/m ²
Kirişlerin üzerindeki sabit duvar yükü	0,49 t/m

Yükleme kombinasyonları menüsünde yatay yük olarak mod birleştirme seçeneği seçilerek 19 adet yük kombinasyonu oluşturulmuştur. (Çizelge 5.2.)

Çizelge 5.2. Yük Kombinasyonları

1,4G + 1,6Q	1,4G + 1,6Qs1	1,4G + 1,6Qs2
Gc + Qc + 0,3Ez + Ex+ + 0,3Ey-	Gc + Qc + 0,3Ez - Ex+ - 0,3Ey-	Gc + Qc + 0,3Ez + Ex- + 0,3Ey+
Gc + Qc + 0,3Ez - Ex- - 0,3Ey+	Gc + Qc + 0,3Ez + 0,3Ex- + Ey+	Gc + Qc + 0,3Ez - 0,3Ex- - Ey+
Gc + Qc + 0,3Ez + 0,3Ex+ + Ey-	Gc + Qc + 0,3Ez - 0,3Ex+ - Ey-	0,9Gc - 0,3Ez + Ex+ + 0,3Ey-
0,9Gc - 0,3Ez - Ex+ - 0,3Ey-	0,9Gc - 0,3Ez + Ex- + 0,3Ey+	0,9Gc - 0,3Ez - Ex- - 0,3Ey+
0,9Gc - 0,3Ez + 0,3Ex- + Ey+	0,9Gc - 0,3Ez - 0,3Ex- - Ey+	0,9Gc - 0,3Ez + 0,3Ex+ + Ey-
0,9Gc - 0,3Ez - 0,3Ex+ - Ey-		

Deprem parametreleri menüsünde zemin sınıfı olarak ZC yerel zemin sınıfı seçilmiş, belirlenen X:40.982214, Y:28.828068 koordinatlarındaki lokasyonda

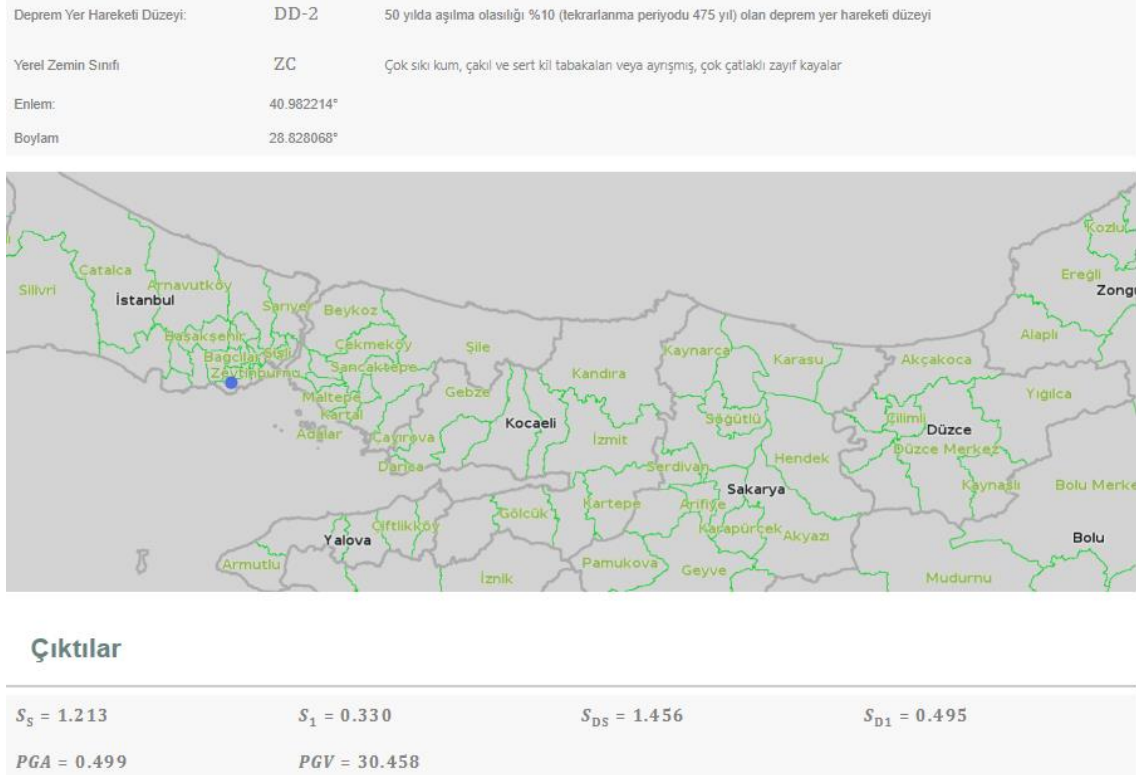
DD-1 için S_s:2.111, S₁:0.591,

DD-2 için S_s:1.213, S₁:0.330,

DD-3 için S_s:0.452, S₁:0.118,

DD-4 için S_s:0.283, S₁:0.073

değerleri Türkiye Deprem Tehlike Haritasından (<http://tdth.afad.gov.tr>) alınarak programa girilmiş (Şekil 5.2.) ve kullanılacak spektrum olarak DD-2 seçilmiştir. BKS 3, DTS 1, BYS ise 6 olarak seçilmiştir.



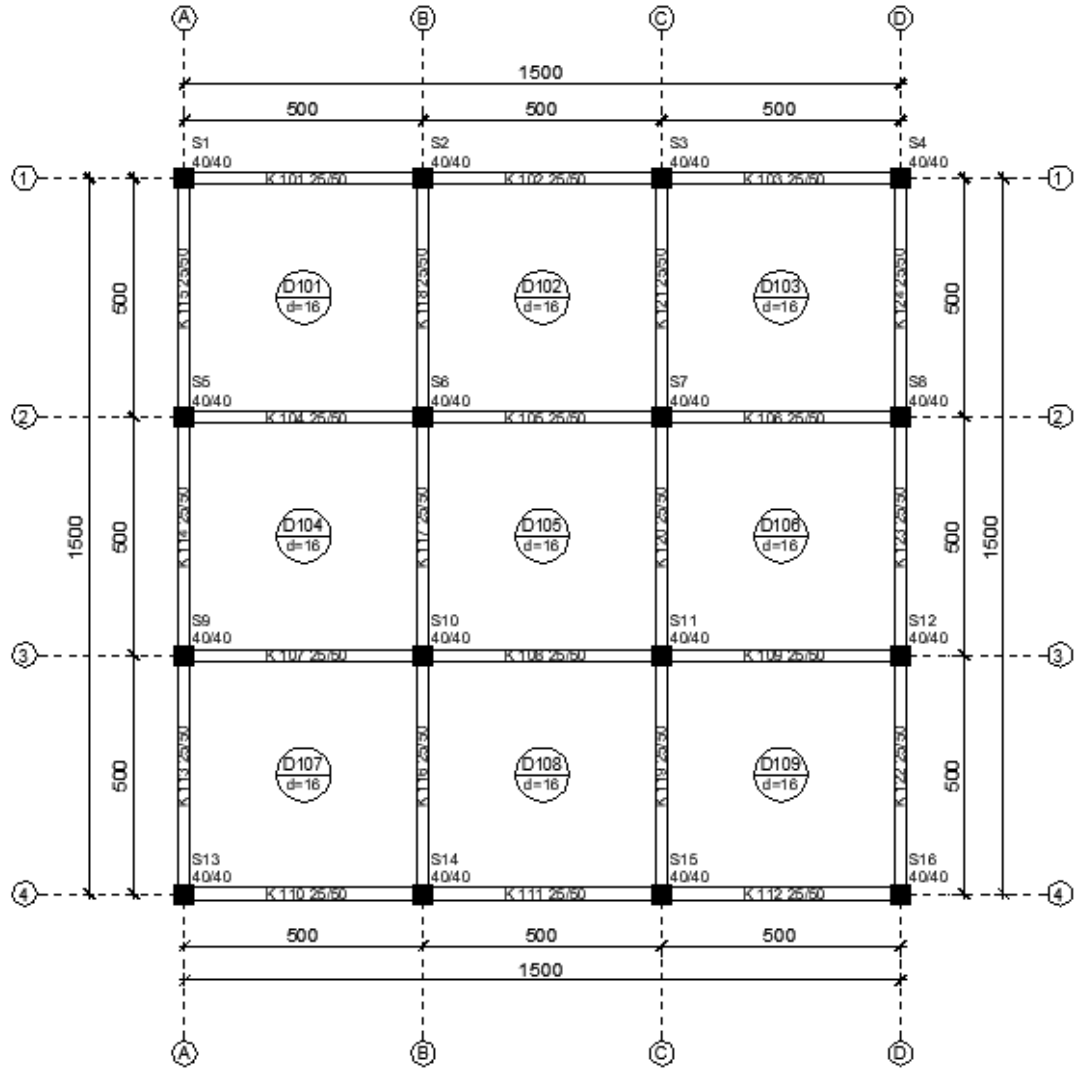
Şekil 5.2. Analizleri Yapılan Binaların Seçilen Konumu

Oluşturulan tüm modellerde süneklik düzeyi yüksek betonarme elemanlar seçilmiştir.

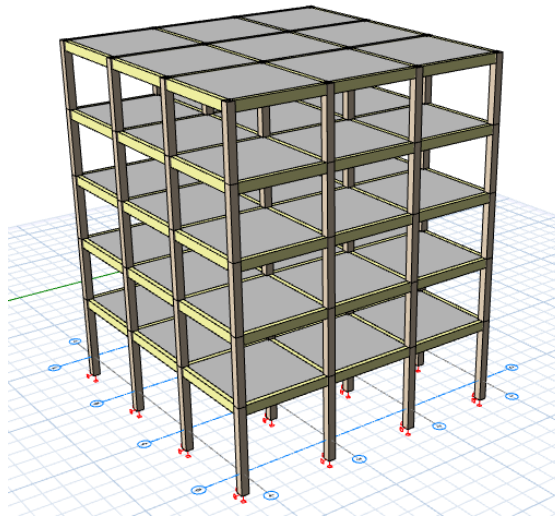
Her model için 4. Bölümde anlatılan TBDY-2018 betonarme tasarım esaslarına göre deprem hesabı, analizler ve donatı tasarımları yapılmış ve sonuçlar 6. Bölümde karşılaştırılmıştır.

5.1. Birinci Model

Birinci modelde; X doğrultusunda 5 metre aralıklarla 1, 2, 3 ve 4 aksı, Y doğrultusunda ise 5 metre aralıklarla A, B, C ve D aksları tanımlanmıştır. Ardından her aks kesişiminde 16 adet 40/40 cm boyutlarında kolonlar, bu kolonları birbirine bağlayan 25/50 cm boyutlarında kirişler ve 16 cm kalınlığında döşemeler modellenmiştir (Şekil 5.3. ve Şekil 5.4.).



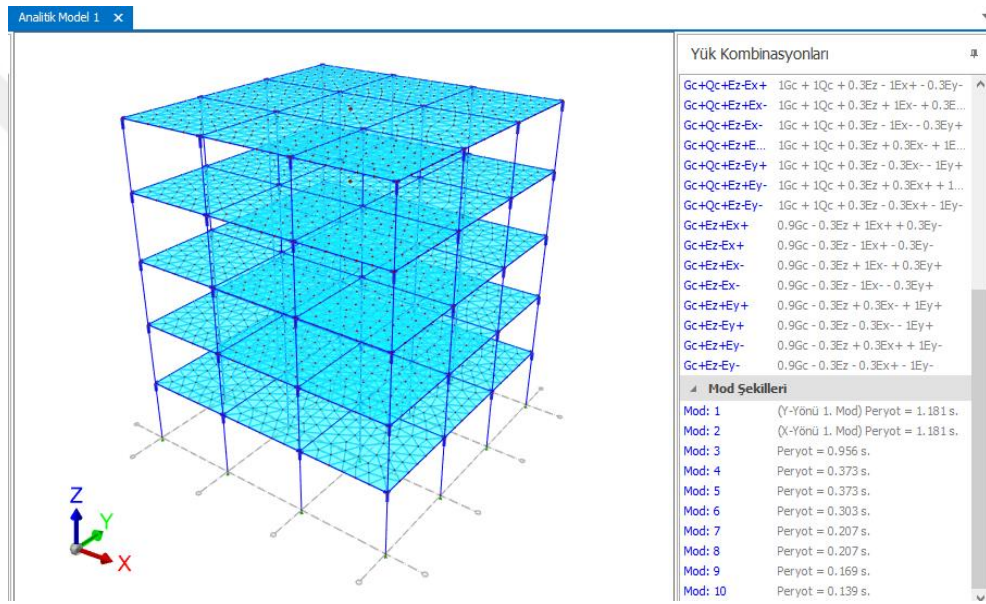
Şekil 5.3. Model -1 kat planı



Şekil 5.4. Model -1 Üç boyutlu görünüm

TBDY-2018'den süneklik düzeyi yüksek X ve Y doğrultusunda deprem etkilerinin tamamının moment aktaran süneklik düzeyi yüksek betonarme çerçeveler ile karşılandığı binalar (A11) için $R = 8$ ve $D = 3$ değerleri seçilmiştir. Hesaba katılacak mod sayısı 10 olarak belirlenmiş, model seçenekleri menüsünden sonlu elemanlar kabuk modeli seçilmiş, sonlu elemanlar ağından döşemeler modele dahil edilmiş ve analiz yapılmıştır.

Binanın her iki yöndeki hakim doğal titreşim periyodu yapılan modal analiz sonucunda $T_p^{(X,Y)} = 1,181$ s olarak bulunmuştur. (Şekil 5.5.)



Şekil 5.5. Model -1 analitik görünüm

Analiz sonrası katkısı %3'ten büyük olan bütün modlar için (X) ve (Y) deprem doğrultularında her bir mod için hesaplanan taban kesme kuvveti modal etkin kütlelerinin toplamının bina toplam kütlelerinin %95'inden daha az olmadığı kontrol edilmiştir.

TBDY-2018'e göre gerekli kontroller yapılmıştır.

5.1.1. Burulma düzensizliği kontrolü

Ex+ yüklemesi için her katta okunan yer değiştirme değerleri ve hesaplanan η_{bi} değerleri çizelge 5.3.'te gösterilmiştir.

Çizelge 5.3. Ex+ yüklemesi sonucu oluşan yer değiştirmeler ve hesaplanan η_{bi} değerleri

Kat	$\delta_{i,max}(m)$	$\delta_{i,min}(m)$	$(\Delta_i)_{max}$	$(\Delta_i)_{min}$	$(\Delta_i)_{ort}$	η_{bi}
4	0,025891	0,021728	0,00251	0,00212	0,00231	1,08541
3	0,023381	0,019613	0,00446	0,00375	0,00411	1,08681
2	0,018918	0,015863	0,0062	0,00521	0,00571	1,08728
1	0,012714	0,010655	0,00734	0,00616	0,00675	1,08795
Zemin	0,005372	0,0045	0,00537	0,0045	0,00494	1,08833

Ex- yüklemesi için her katta okunan yer değiştirme değerleri ve hesaplanan η_{bi} değerleri çizelge 5.4.'te gösterilmiştir.

Çizelge 5.4. Ex- yüklemeleri sonucu oluşan yer değiştirmeler ve hesaplanan η_{bi} değerleri

Kat	$\delta_{i,max}(m)$	$\delta_{i,min}(m)$	$(\Delta_i)_{max}$	$(\Delta_i)_{min}$	$(\Delta_i)_{ort}$	η_{bi}
4	0,0259	0,02172	0,00251	0,00211	0,00231	1,08584
3	0,023389	0,019606	0,00447	0,00375	0,00411	1,08717
2	0,018924	0,015857	0,00621	0,00521	0,00571	1,08763
1	0,012718	0,010651	0,00734	0,00615	0,00675	1,08824
Zemin	0,005374	0,004498	0,00537	0,0045	0,00494	1,08874

Ey+ yüklemesi için her katta okunan yer değiştirme değerleri ve hesaplanan η_{bi} değerleri çizelge 5.5.'te gösterilmiştir.

Çizelge 5.5. Ey+ yüklemesi sonucu oluşan yer değiştirmeler ve hesaplanan η_{bi} değerleri

Kat	$\delta_{i,max}(m)$	$\delta_{i,min}(m)$	$(\Delta_i)_{max}$	$(\Delta_i)_{min}$	$(\Delta_i)_{ort}$	η_{bi}
4	0,025898	0,021724	0,00251	0,00212	0,00231	1,0858
3	0,023386	0,019609	0,00446	0,00375	0,00411	1,08692
2	0,018922	0,015859	0,00621	0,00521	0,00571	1,08755
1	0,012717	0,010653	0,00734	0,00615	0,00675	1,08811
Zemin	0,005375	0,0045	0,00538	0,0045	0,00494	1,08861

Ey- yüklemesi için her katta okunan yer değiştirme değerleri ve hesaplanan η_{bi} değerleri çizelge 5.6.'da gösterilmiştir.

Çizelge 5.6. Ey- yüklemeleri sonucu oluşan yer değiştirmeler ve hesaplanan η_{bi} değerleri

Kat	$\delta_{i,max}(m)$	$\delta_{i,min}(m)$	$(\Delta_i)_{max}$	$(\Delta_i)_{min}$	$(\Delta_i)_{ort}$	η_{bi}
4	0,025895	0,021726	0,00251	0,00212	0,00231	1,0856
3	0,023384	0,019611	0,00446	0,00375	0,00411	1,08692
2	0,01892	0,015861	0,0062	0,00521	0,00571	1,08737
1	0,012716	0,010654	0,00734	0,00615	0,00675	1,08803
Zemin	0,005374	0,0045	0,00537	0,0045	0,00494	1,08852

Görüldüğü gibi η_{bi} değerleri X ve Y yönünde 1,2'den küçük olduğundan modelde burulma düzensizliği bulunmamaktadır.

5.1.2. Döşeme süreksizliği kontrolü

Modelde döşeme boşluğu, merdiven, asansör ve döşemelerde düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani azalmalar bulunmadığından dolayı döşeme süreksizliği bulunmamaktadır.

5.1.3. Planda çıkıntılar bulunması ve komşu katlar arası dayanım düzensizliği

Modeldeki planda herhangi bir çıkıntı bulunmadığından ve etkili kesme alanları her katta aynı olduğundan bu tür düzensizlikler bulunmamaktadır.

5.1.4. Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (yumuşak kat)

Ex+ yüklemesi için hesaplanan η_{ki} değerleri çizelge 5.7.'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.7. Ex+ yüklemesi sonucu hesaplanan η_{ki} değerleri

Kat	h_i (m)	$(\Delta_i)_{ort}$	$(\Delta_i/h_i)_{ort}$	$\eta_{ki}=(\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort}$	$\eta_{ki}=(\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}$
4	3,5	0,0023	0,00066	-	0,563
3	3,5	0,0041	0,00117	1,776	0,720
2	3,5	0,0057	0,00163	1,390	0,846
1	3,5	0,0067	0,00193	1,183	1,367
Zemin	3,5	0,0049	0,00141	0,731	-

Ex- yüklemesi için hesaplanan η_{ki} değerleri çizelge 5.8.'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.8. Ex- yüklemesi sonucu hesaplanan η_{ki} değerleri

Kat	h_i (m)	$(\Delta_i)_{ort}$	$(\Delta_i/h_i)_{ort}$	$\eta_{ki}=(\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort}$	$\eta_{ki}=(\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}$
4	3,5	0,0023	0,00066	-	0,563
3	3,5	0,0041	0,00117	1,776	0,720
2	3,5	0,0057	0,00163	1,390	0,846
1	3,5	0,0067	0,00193	1,183	1,367
Zemin	3,5	0,0049	0,00141	0,731	-

Ey+ yüklemesi için hesaplanan η_{ki} değerleri çizelge 5.9.'da gösterilmiştir.

Çizelge 5.9. Ey+ yüklemesi sonucu hesaplanan η_{ki} değerleri

Kat	h_i (m)	$(\Delta_i)_{ort}$	$(\Delta_i/h_i)_{ort}$	$\eta_{ki}=(\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort}$	$\eta_{ki}=(\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}$
4	3,5	0,0023	0,00066	-	0,563
3	3,5	0,0041	0,00117	1,775	0,720
2	3,5	0,0057	0,00163	1,389	0,846
1	3,5	0,0067	0,00193	1,183	1,367
Zemin	3,5	0,0049	0,00141	0,732	-

Ey- yüklemesi için hesaplanan η_{ki} değerleri çizelge 5.10.'da gösterilmiştir.

Çizelge 5.10. Ey- yüklemesi sonucu hesaplanan η_{ki} değerleri

Kat	h_i (m)	$(\Delta_i)_{ort}$	$(\Delta_i/h_i)_{ort}$	$\eta_{ki}=(\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort}$	$\eta_{ki}=(\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}$
4	3,5	0,0023	0,00066	-	0,563
3	3,5	0,0041	0,00117	1,776	0,720
2	3,5	0,0057	0,00163	1,389	0,846
1	3,5	0,0067	0,00193	1,183	1,367
Zemin	3,5	0,0049	0,00141	0,732	-

Görüldüğü gibi η_{ki} değerleri X ve Y doğrultusunda da 2,0 değerinden küçük olduğundan modelde komşu katlar arası rijitsizlik düzensizliği bulunmamaktadır.

5.1.5. Düşey eleman süreksizliği kontrolü

Modelde düşey taşıyıcı elemanlarda herhangi bir süreksizlik bulunmamaktadır.

5.1.6. Statik eşdeğer deprem yükü ile mod birleştirme toplamının karşılaştırılması

TBDY-2018'e göre azaltılmış iç kuvvetlerin ve yer değiştirmelerin eşdeğer taban kesme kuvvetine göre büyütülüp büyütülmeyeceği kontrol edilmiştir. (Çizelge 5.11. ve Çizelge 5.12.)

TBDY-2018'de tanımlanan düzensizliklerden hiçbirinin modelde bulunmaması sebebiyle $\gamma_E = 0.80$ alınmıştır.

Çizelge 5.11. X yönündeki taban kesme kuvvetleri

	V_{tx-X} (t)	V_{tx-Y} (t)	V_{tx} (t)
Ex-	62,620	3,438	62,714
Ex+	62,620	3,438	62,714
Vt-statik	75,322	0,000	75,322

X yönünde bina toplam deprem yükü mod birleştirme yöntemine göre 62,714 t, eşdeğer statik deprem yükü yöntemine göre ise 75,322 t bulunmuştur Dolayısıyla;

$$V_{tx} > \gamma_E V_{tE} \rightarrow 62,714 > 0,8 * 75,32 = 60,26$$

olduğundan dinamik analiz sonuçları arttırılmayacaktır.

Çizelge 5.12. Y yönündeki taban kesme kuvvetleri

	V_{tx-X} (t)	V_{tx-Y} (t)	V_{tx} (t)
Ey-	3,438	62,689	62,783
Ey+	3,438	62,689	62,783
Vt-statik	0,000	75,322	75,322

Y yönünde bina toplam deprem yükü mod birleştirme yöntemine göre 62,783 t, eşdeğer statik deprem yükü yöntemine göre ise 75,322 t bulunmuştur. Dolayısıyla;

$$V_{tx} > \gamma_E V_{tE} \rightarrow 62,783 > 0,8 * 75,322 = 60,26$$

olduğundan dinamik analiz sonuçları arttırılmayacaktır.

5.1.7. Etkin görel kat ötelemeleri kontrolü

Ex+ yüklemesi için hesaplanan etkin görel kat ötelemesi değerleri çizelge 5.13.'te gösterilmiştir.

Çizelge 5.13. Ex+ yüklemesi sonucu hesaplanan etkin görel kat ötelemesi değerleri

Kat	h_i (m)	Δ_{max} (m)	δ_{etkin} (m)	$(\delta/h)_{etkin}$	$\lambda (\delta/h)_{etkin}$
4	3,5	0,00251	0,020086	0,005739	0,002055
3	3,5	0,00446	0,035702	0,010201	0,003652
2	3,5	0,0062	0,049632	0,014181	0,005077
1	3,5	0,00734	0,058734	0,016781	0,006008
Zemin	3,5	0,00537	0,042977	0,012279	0,004396

Ex- yüklemesi için hesaplanan etkin görel kat ötelemesi değerleri çizelge 5.14.'te gösterilmiştir.

Çizelge 5.14. Ex- yüklemesi sonucu hesaplanan etkin görel kat ötelemesi değerleri

Kat	h_i (m)	Δ_{max} (m)	δ_{etkin} (m)	$(\delta/h)_{etkin}$	$\lambda (\delta/h)_{etkin}$
4	3,5	0,00251	0,020094	0,005741	0,002055
3	3,5	0,00447	0,035715	0,010204	0,003653
2	3,5	0,00621	0,04965	0,014186	0,005078
1	3,5	0,00734	0,058754	0,016787	0,006010

Zemin	3,5	0,00537	0,04299	0,012283	0,004397
-------	-----	---------	---------	----------	----------

Ey+ yüklemesi için hesaplanan etkin görelî kat ötelemesi değêrleri çizelge 5.15.'te gösterilmiştir.

Çizelge 5.15. Ey+ yüklemesi sonucu hesaplanan etkin görelî kat ötelemesi değêrleri

Kat	h_i (m)	Δ_{max} (m)	δ_{etkin} (m)	$(\delta/h)_{etkin}$	$\lambda (\delta/h)_{etkin}$
4	3,5	0,00251	0,020091	0,005740	0,002055
3	3,5	0,00446	0,035712	0,010203	0,003653
2	3,5	0,00621	0,049645	0,014184	0,005078
1	3,5	0,00734	0,058737	0,016782	0,006008
Zemin	3,5	0,00538	0,042997	0,012285	0,004398

Ey- yüklemesi için hesaplanan etkin görelî kat ötelemesi değêrleri çizelge 5.16.'da gösterilmiştir.

Çizelge 5.16. Ey- yüklemesi sonucu hesaplanan etkin görelî kat ötelemesi değêrleri

Kat	h_i (m)	Δ_{max} (m)	δ_{etkin} (m)	$(\delta/h)_{etkin}$	$\lambda (\delta/h)_{etkin}$
4	3,5	0,00251	0,020088	0,005739	0,002055
3	3,5	0,00446	0,035708	0,010202	0,003652
2	3,5	0,0062	0,04964	0,014183	0,005077
1	3,5	0,00734	0,058731	0,016780	0,006007
Zemin	3,5	0,00537	0,042993	0,012284	0,004398

Göröldüğü gibi etkin görelî kat ötelemesi değêrleri X ve Y doğrultusunda 0,008 değêrinden küçük olduğundan modelde görelî kat ötelemeleri sınır değêrleri sağlanmaktadır.

5.1.8. Kolonlardaki normal kuvvet değêrleri

Tüm düşey taşıyıcı elemanlarda en elverişsiz yükleme durumu için yük kombinasyonlardan elde edilen zarf diyagramlardan okunan zemin kattaki kolonların alt ucunda oluşan aksenal kuvvet (N) değêrleri Çizelge 5.17.'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.17. Zemin kattaki kolonlarda oluşan normal kuvvet

Kolon adı (bulunduğu aks)	Eksenel Kuvvet (N) (t)
S1 (1-A)	74,737
S2 (1-B)	129,174
S3 (1-C)	129,20
S4 (1-D)	74,715
S5 (2-A)	129,187
S6 (2-B)	231,664
S7 (2-C)	231,616
S8 (2-D)	129,190
S9 (3-A)	129,184
S10 (3-B)	231,631
S11 (3-C)	231,661
S12 (3-D)	129,207
S13 (4-A)	74,708
S14 (4-B)	129,219
S15 (4-C)	129,179
S16 (4-D)	74,710

Dış akslardaki köşe kolonlarda (S1, S4, S13, S16) en düşük normal kuvvet değerleri, bina ortasına yakın akslardaki kolonlarda (S6, S7, S10, S11) ise en yüksek normal kuvvet değerleri elde edilmiştir.

5.1.9. Donatı tasarımı

1. modele ait her kolon için en kritik yüklemeye göre hesaplanan gerekli kolon boyuna donatı alanları çizelge 5.18.'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.18. Kolonlarda gerekli boyuna donatı alanları (cm²)

Kolon adı (bulunduğu aks)	ZEMİN KAT	1. KAT	2. KAT	3. KAT	4. KAT
S1 (1-A)	16,22	16	16	16	16
S2 (1-B)	16	16	16	16	16
S3 (1-C)	16	16	16	16	16
S4 (1-D)	16,98	16	16	16	16
S5 (2-A)	16	16	16	16	16
S6 (2-B)	16	16	16	16	16
S7 (2-C)	16	16	16	16	16
S8 (2-D)	16	16	16	16	16
S9 (3-A)	16	16	16	16	16
S10 (3-B)	16	16	16	16	16
S11 (3-C)	16	16	16	16	16
S12 (3-D)	16	16	16	16	16
S13 (4-A)	16	16	16	16	16
S14 (4-B)	16	16	16	16	16
S15 (4-C)	16	16	16	16	16

S16 (4-D)	16,20	16	16	16	16
-----------	-------	----	----	----	----

1. modele ait zemin katta hesaplanan gerekli kiriş boyuna donatı alanları çizelge 5.19.'da gösterilmiştir.

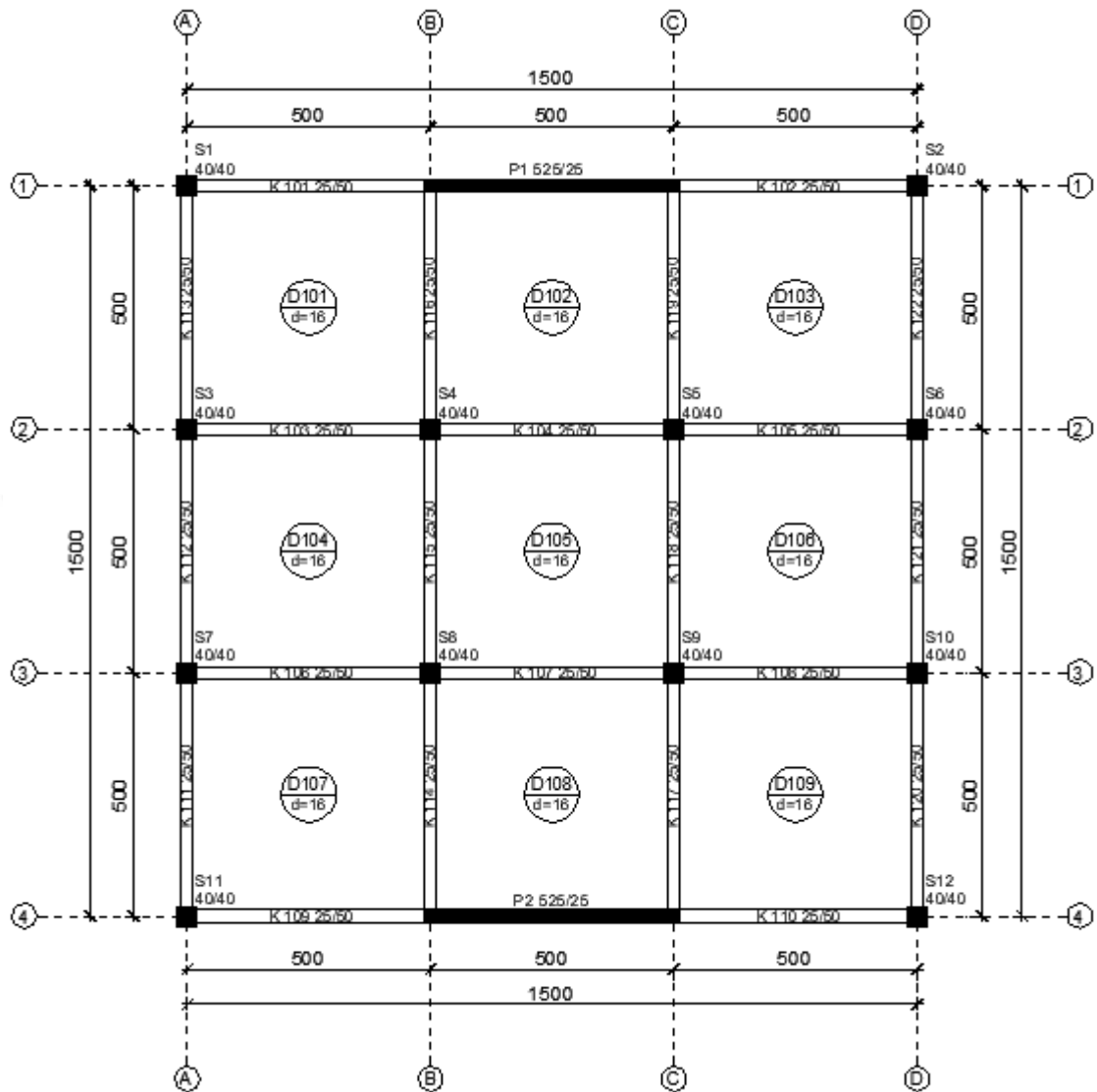
Çizelge 5.19. Zemin kat kirişlerinde gerekli boyuna donatı alanları (cm²)

Aks 1	K101			K102			K103		
Üst kenar	7,09	1,77	7,02	6,53	1,63	6,51	7,04	1,77	7,08
Alt kenar	3,55	2,73	3,51	3,27	2,06	3,25	3,52	2,73	3,54
Aks 2	K104			K105			K106		
Üst kenar	9,18	2,33	9,33	8,65	2,16	8,63	9,35	2,34	9,16
Alt kenar	4,59	4,49	4,67	4,32	3,42	4,32	4,67	4,50	4,58
Aks 3	K107			K108			K109		
Üst kenar	9,18	2,34	9,34	8,63	2,16	8,64	9,34	2,34	9,17
Alt kenar	4,59	4,50	4,67	4,32	3,42	4,32	4,67	4,50	4,58
Aks 4	K110			K111			K112		
Üst kenar	7,09	1,77	7,05	6,51	1,63	6,53	7,02	1,77	7,09
Alt kenar	3,54	2,72	3,52	3,25	2,05	3,26	3,51	2,72	3,54
Aks A	K113			K114			K115		
Üst kenar	7,08	1,77	7,05	6,50	1,63	6,54	7,01	1,78	7,10
Alt kenar	3,54	2,73	3,52	3,25	2,06	3,27	3,51	2,72	3,55
Aks B	K116			K117			K118		
Üst kenar	9,16	2,34	9,35	8,63	2,16	8,65	9,33	2,33	9,19
Alt kenar	4,58	4,50	4,67	4,32	3,43	4,32	4,66	4,49	4,59
Aks C	K119			K120			K121		
Üst kenar	9,18	2,34	9,34	8,64	2,16	8,64	9,34	2,34	9,18
Alt kenar	4,59	4,50	4,67	4,32	3,42	4,32	4,67	4,50	4,59
Aks D	K122			K123			K124		
Üst kenar	7,09	1,77	7,02	6,54	1,63	6,51	7,04	1,77	7,09
Alt kenar	3,54	2,72	3,51	3,27	2,05	3,25	3,52	2,72	3,54

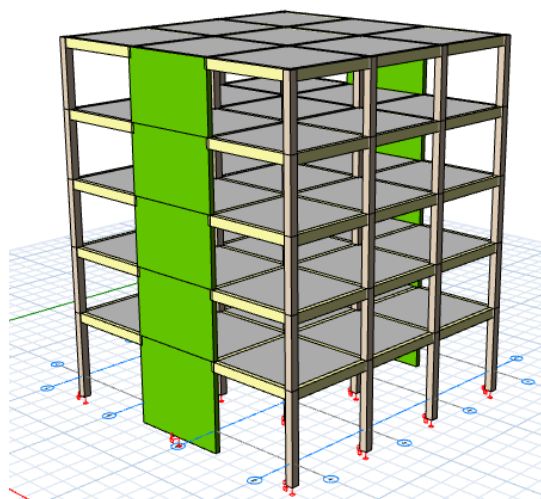
5.2. İkinci Model

İkinci modelde; X doğrultusunda 5 metre aralıklarla 1, 2, 3 ve 4 aksı, Y doğrultusunda ise 5 metre aralıklarla A, B, C ve D aksları tanımlanmıştır. Ardından 1/B-C ve 4/B-C akslarına iki adet 525/25 cm boyutlarında betonarme perde, diğer aks keşişimlerinde 12 adet 40/40 cm boyutlarında kolonlar, bu kolonları birbirine bağlayan

25/50 cm boyutlarında kirişler ve 16 cm kalınlığında döşemeler modellenmiştir (Şekil 5.6. ve Şekil 5.7.).



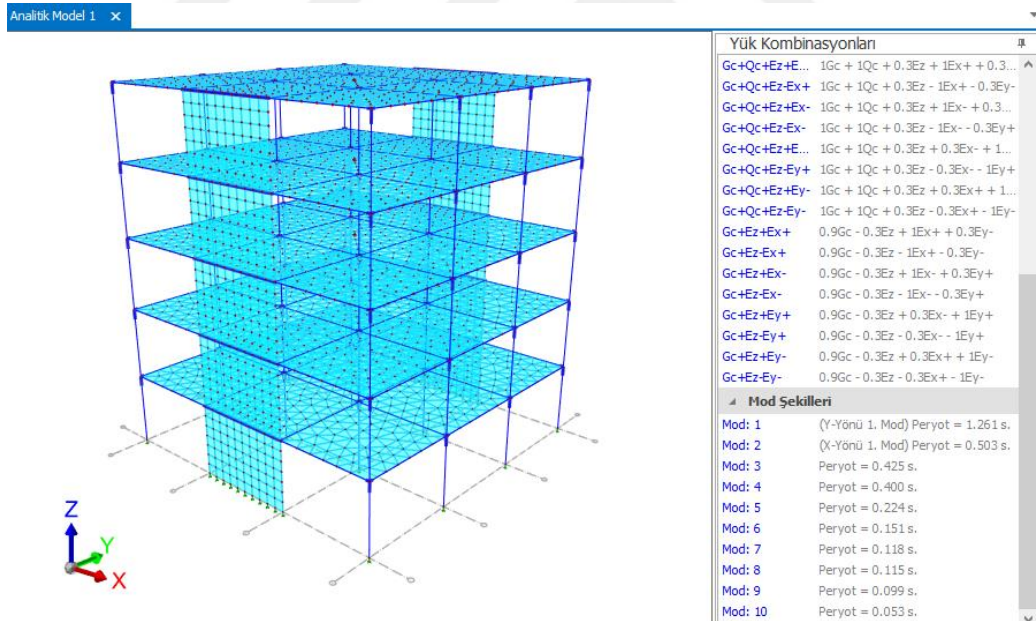
Şekil 5.6. Model -2 kat planı



Şekil 5.7. Model -2 Üç boyutlu görünüm

X doğrultusunda betonarme perdeler bulunduğu ve uzun kenar doğrultusundaki atalet momentleri çok daha büyük olup deprem etkilerini bu yönde etkin şekilde taşıdıklarından TBDY-2018'den deprem etkilerinin moment aktaran süneklik düzeyi yüksek betonarme çerçeveler ile süneklik düzeyi yüksek boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (A15) için $R = 7$ ve $D = 2,5$ değerleri seçilmiştir. Y doğrultusu için ise TBDY-2018'den deprem etkilerinin tamamının moment aktaran süneklik düzeyi yüksek betonarme çerçevelerle karşılandığı binalar (A11) için $R = 8$ ve $D = 3$ değerleri seçilmiştir. Hesaba katılacak mod sayısı 10 olarak belirlenmiş, model seçenekleri menüsünden sonlu elemanlar kabuk modeli seçilmiş, sonlu elemanlar açısından döşemeler modele dahil edilmiş ve analiz yapılmıştır.

Yapılan modal analiz sonucunda binanın X yönündeki hakim doğal titreşim periyodu $T_p^{(X)} = 0,503$ s, Y yönündeki hakim doğal titreşim periyodu $T_p^{(Y)} = 1,261$ s olarak bulunmuştur. (Şekil 5.8.)



Şekil 5.8. Model -2 analitik görünüm

Analiz sonrası katkısı %3'ten büyük olan bütün modlar için (X) ve (Y) deprem doğrultularında her bir mod için hesaplanan taban kesme kuvveti modal etkin kütlelerinin toplamının bina toplam kütlelerinin %95'inden daha az olmadığı kontrol edilmiştir.

TBDY-2018'e göre gerekli kontroller yapılmıştır.

5.2.1. Burulma düzensizliği kontrolü

Ex+ yüklemesi için her katta okunan yer değiştirme değerleri ve hesaplanan η_{bi} değerleri Çizelge 5.20.'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.20. Ex+ yüklemesi sonucu oluşan yer değiştirmeler ve hesaplanan η_{bi} değerleri

Kat	$\delta_{i,max}(m)$	$\delta_{i,min}(m)$	$(\Delta_i)_{max}$	$(\Delta_i)_{min}$	$(\Delta_i)_{ort}$	η_{bi}
4	0,013949	0,011547	0,003418	0,00284	0,00313	1,09271
3	0,010531	0,008709	0,003464	0,00287	0,00317	1,09378
2	0,007067	0,005839	0,003214	0,00266	0,00294	1,09431
1	0,003853	0,003179	0,002555	0,00211	0,00233	1,09539
Zemin	0,001298	0,001069	0,001298	0,00107	0,00118	1,09675

Ex- yüklemesi için her katta okunan yer değiştirme değerleri ve hesaplanan η_{bi} değerleri çizelge 5.21.'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.21. Ex- yüklemeleri sonucu oluşan yer değiştirmeler ve hesaplanan η_{bi} değerleri

Kat	$\delta_{i,max}(m)$	$\delta_{i,min}(m)$	$(\Delta_i)_{max}$	$(\Delta_i)_{min}$	$(\Delta_i)_{ort}$	η_{bi}
4	0,01395	0,011546	0,003419	0,00284	0,00313	1,09303
3	0,010531	0,008709	0,003463	0,00287	0,00317	1,09346
2	0,007068	0,005838	0,003214	0,00266	0,00294	1,0945
1	0,003854	0,003179	0,002556	0,00211	0,00233	1,09559
Zemin	0,001298	0,001069	0,001298	0,00107	0,00118	1,09675

Ey+ yüklemesi için her katta okunan yer değiştirme değerleri ve hesaplanan η_{bi} değerleri çizelge 5.22.'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.22. Ey+ yüklemesi sonucu oluşan yer değiştirmeler ve hesaplanan η_{bi} değerleri

Kat	$\delta_{i,max}(m)$	$\delta_{i,min}(m)$	$(\Delta_i)_{max}$	$(\Delta_i)_{min}$	$(\Delta_i)_{ort}$	η_{bi}
4	0,025696	0,024792	0,002541	0,00232	0,00243	1,04589
3	0,023155	0,022474	0,004451	0,00422	0,00434	1,02629
2	0,018704	0,018251	0,00613	0,00592	0,00603	1,01726
1	0,012574	0,012329	0,007224	0,00706	0,00714	1,01141
Zemin	0,00535	0,005268	0,00535	0,00527	0,00531	1,00772

Ey- yüklemesi için her katta okunan yer değiştirme değerleri ve hesaplanan η_{bi} değerleri çizelge 5.23.'te gösterilmiştir.

Çizelge 5.23. Ey- yüklemeleri sonucu oluşan yer değiştirmeler ve hesaplanan η_{bi} değerleri

Kat	$\delta_{i,max}(m)$	$\delta_{i,min}(m)$	$(\Delta_i)_{max}$	$(\Delta_i)_{min}$	$(\Delta_i)_{ort}$	η_{bi}
4	0,025695	0,024793	0,002541	0,00232	0,00243	1,04589
3	0,023154	0,022475	0,00445	0,00422	0,00434	1,02617
2	0,018704	0,018252	0,006131	0,00592	0,00603	1,01726
1	0,012573	0,012329	0,007223	0,00706	0,00714	1,01134
Zemin	0,00535	0,005268	0,00535	0,00527	0,00531	1,00772

Görüldüğü gibi η_{bi} değerleri X ve Y yönünde 1,2'den küçük olduğundan modelde burulma düzensizliği bulunmamaktadır.

5.2.2. Döşeme süreksizliği kontrolü

Modelde döşeme boşluğu, merdiven, asansör ve döşemelerde düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani azalmalar bulunmadığından dolayı döşeme süreksizliği bulunmamaktadır.

5.2.3. Planda çıkıntılar bulunması ve komşu katlar arası dayanım düzensizliği

Modeldeki planda herhangi bir çıkıntı bulunmadığından ve etkili kesme alanları her katta aynı olduğundan bu tür düzensizlikler bulunmamaktadır.

5.2.4. Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (yumuşak kat)

Ex+ yüklemesi için hesaplanan η_{ki} değerleri çizelge 5.24.'te gösterilmiştir.

Çizelge 5.24. Ex+ yüklemesi sonucu hesaplanan η_{ki} değerleri

Kat	$h_i(m)$	$(\Delta_i)_{ort}$	$(\Delta_i/h_i)_{ort}$	$\eta_{ki}=(\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort}$	$\eta_{ki}=(\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}$
4	3,5	0,0031	0,00089	-	0,988
3	3,5	0,0032	0,0009	1,012	1,078
2	3,5	0,0029	0,00084	0,927	1,259
1	3,5	0,0023	0,00067	0,794	1,971
Zemin	3,5	0,0012	0,00034	0,507	-

Ex- yüklemesi için hesaplanan η_{ki} değerleri çizelge 5.25.'te gösterilmiştir.

Çizelge 5.25. Ex- yüklemesi sonucu hesaplanan η_{ki} değerleri

Kat	h_i (m)	$(\Delta_i)_{ort}$	$(\Delta_i/h_i)_{ort}$	$\eta_{ki}=(\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort}$	$\eta_{ki}=(\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}$
4	3,5	0,0031	0,00089	-	0,988
3	3,5	0,0032	0,0009	1,012	1,078
2	3,5	0,0029	0,00084	0,927	1,259
1	3,5	0,0023	0,00067	0,794	1,971
Zemin	3,5	0,0012	0,00034	0,507	-

Ey+ yüklemesi için hesaplanan η_{ki} değerleri çizelge 5.26.'da gösterilmiştir.

Çizelge 5.26. Ey+ yüklemesi sonucu hesaplanan η_{ki} değerleri

Kat	h_i (m)	$(\Delta_i)_{ort}$	$(\Delta_i/h_i)_{ort}$	$\eta_{ki}=(\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort}$	$\eta_{ki}=(\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}$
4	3,5	0,0024	0,00069	-	0,560
3	3,5	0,0043	0,00124	1,785	0,720
2	3,5	0,006	0,00172	1,389	0,844
1	3,5	0,0071	0,00204	1,185	1,345
Zemin	3,5	0,0053	0,00152	0,743	-

Ey- yüklemesi için hesaplanan η_{ki} değerleri çizelge 5.27.'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.27. Ey- yüklemesi sonucu hesaplanan η_{ki} değerleri

Kat	h_i (m)	$(\Delta_i)_{ort}$	$(\Delta_i/h_i)_{ort}$	$\eta_{ki}=(\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort}$	$\eta_{ki}=(\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}$
4	3,5	0,0024	0,00069	-	0,560
3	3,5	0,0043	0,00124	1,785	0,720
2	3,5	0,006	0,00172	1,390	0,844
1	3,5	0,0071	0,00204	1,185	1,345
Zemin	3,5	0,0053	0,00152	0,743	-

Görüldüğü gibi η_{ki} değerleri X ve Y doğrultusunda da 2,0 değerinden küçük olduğundan modelde komşu katlar arası rijitsizlik düzensizliği bulunmamaktadır.

5.2.5. Düşey eleman süreksizliği kontrolü

Modelde düşey taşıyıcı elemanlarda herhangi bir süreksizlik bulunmamaktadır.

5.2.6. Statik eşdeğer deprem yükü ile mod birleştirme toplamının karşılaştırılması

TBDY-2018'e göre azaltılmış iç kuvvetlerin ve yer değiştirmelerin eşdeğer taban kesme kuvvetine göre büyütülüp büyütülmeyeceği kontrol edilmiştir. (Çizelge 5.28. ve Çizelge 5.29.)

TBDY-2018'de tanımlanan düzensizliklerden hiçbirinin modelde bulunmaması sebebiyle $\gamma_E = 0.80$ alınmıştır.

Çizelge 5.28. X yönündeki taban kesme kuvvetleri

	$V_{tx-X} (t)$	$V_{tx-Y} (t)$	$V_{tx} (t)$
Ex-	172,549	0,008	172,549
Ex+	172,549	0,008	172,549
Vt-statik	189,830	0,000	189,830

X yönünde bina toplam deprem yükü mod birleştirme yöntemine göre 172,549 t, eşdeğer statik deprem yükü yöntemine göre ise 189,830 t bulunmuştur. Dolayısıyla;

$$V_{tx} > \gamma_E V_{tE} \rightarrow 172,549 > 0,8 * 189,83 = 151,86$$

olduğundan dinamik analiz sonuçları arttırılmayacaktır.

Çizelge 5.29. Y yönündeki taban kesme kuvvetleri

	$V_{tx-X} (t)$	$V_{tx-Y} (t)$	$V_{tx} (t)$
Ey-	0,007	61,440	61,440
Ey+	0,007	61,440	61,440
Vt-statik	0,000	78,449	78,449

Y yönünde bina toplam deprem yükü mod birleştirme yöntemine göre 61,440 t, eşdeğer statik deprem yükü yöntemine göre ise 78,449 t bulunmuştur. Dolayısıyla;

$$V_{tx} < \gamma_E V_{tE} \rightarrow 61,44 < 0,8 * 78,449 = 62,76$$

olduğundan dinamik analiz sonuçları $62,76 / 61,44 = 1,021$ kadar arttırılacaktır.

5.2.7. Etkin görel kat ötelemeleri kontrolü

Ex+ yüklemesi için hesaplanan etkin görel kat ötelemesi değerleri çizelge 5.30.'da gösterilmiştir.

Çizelge 5.30. Ex+ yüklemesi sonucu hesaplanan etkin görel kat ötelemesi değerleri

Kat	$h_i (m)$	$\Delta_{max} (m)$	$\delta_{etkin} (m)$	$(\delta/h)_{etkin}$	$\lambda (\delta/h)_{etkin}$
4	3,5	0,00342	0,023931	0,006837	0,002448
3	3,5	0,00346	0,024245	0,006927	0,002480
2	3,5	0,00321	0,022496	0,006427	0,002301

1	3,5	0,00256	0,01789	0,005111	0,001830
Zemin	3,5	0,0013	0,009084	0,002595	0,000929

Ex- yüklemesi için hesaplanan etkin görelî kat ötelemesi değerleri çizelge 5.31.'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.31. Ex- yüklemesi sonucu hesaplanan etkin görelî kat ötelemesi değerleri

Kat	h_i (m)	$\Delta_{\max}$ (m)	δ_{etkin} (m)	$(\delta/h)_{\text{etkin}}$	$\lambda (\delta/h)_{\text{etkin}}$
4	3,5	0,00342	0,023932	0,006838	0,002448
3	3,5	0,00346	0,024246	0,006927	0,002480
2	3,5	0,00321	0,022497	0,006428	0,002301
1	3,5	0,00256	0,017891	0,005112	0,001830
Zemin	3,5	0,0013	0,009084	0,002595	0,000929

Ey+ yüklemesi için hesaplanan etkin görelî kat ötelemesi değerleri çizelge 5.32.'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.32. Ey+ yüklemesi sonucu hesaplanan etkin görelî kat ötelemesi değerleri

Kat	h_i (m)	$\Delta_{\max}$ (m)	δ_{etkin} (m)	$(\delta/h)_{\text{etkin}}$	$\lambda (\delta/h)_{\text{etkin}}$
4	3,5	0,00254	0,020766	0,005933	0,002118
3	3,5	0,00445	0,03637	0,010391	0,003710
2	3,5	0,00613	0,050098	0,014314	0,005110
1	3,5	0,00722	0,059031	0,016866	0,006021
Zemin	3,5	0,00535	0,043718	0,012491	0,004459

Ey- yüklemesi için hesaplanan etkin görelî kat ötelemesi değerleri çizelge 5.33.'te gösterilmiştir.

Çizelge 5.33. Ey- yüklemesi sonucu hesaplanan etkin görelî kat ötelemesi değerleri

Kat	h_i (m)	$\Delta_{\max}$ (m)	δ_{etkin} (m)	$(\delta/h)_{\text{etkin}}$	$\lambda (\delta/h)_{\text{etkin}}$
4	3,5	0,00254	0,020764	0,005933	0,002118
3	3,5	0,00445	0,036368	0,010391	0,003710
2	3,5	0,00613	0,050096	0,014313	0,005110
1	3,5	0,00722	0,059029	0,016865	0,006021
Zemin	3,5	0,00535	0,043718	0,012491	0,004459

Görüldüğü gibi etkin görelî kat ötelemesi değerleri X ve Y doğrultusunda 0,008 değerinden küçük olduğundan modelde görelî kat ötelemeleri sınır değerleri sağlanmaktadır.

5.2.8. Kolon ve perdelerdeki normal kuvvet değerleri

Tüm düşey taşıyıcı elemanlarda en elverişsiz yükleme durumu için yük kombinasyonlardan elde edilen zarf diyagramlarından okunan zemin kattaki kolonların ve perdelerin alt ucunda oluşan eksenel kuvvet (N) değerleri Çizelge 5.34.'te gösterilmiştir.

Çizelge 5.34. Zemin kattaki kolonlarda/perdelerde oluşan normal kuvvet

Kolon/perde adı (bulunduğu aks)	Eksenel Kuvvet (N) (t)
S1 (1-A)	77,832
S2 (1-D)	77,935
S3 (2-A)	129,443
S4 (2-B)	231,881
S5 (2-C)	231,898
S6 (2-D)	129,451
S7 (3-A)	129,467
S8 (3-B)	231,930
S9 (3-C)	231,939
S10 (3-D)	129,466
S11 (4-A)	77,931
S12 (4-D)	77,837
P1 (1/B-C)	301,505
P2 (4/B-C)	301,460

Dış akslardaki köşe kolonlarda (S1, S2, S11, S12) en düşük, X yönündeki dış akslardaki perdelerde ve bina ortasına yakın akslardaki kolonlarda (S4, S5, S8, S9) yüksek normal kuvvet değerleri elde edilmiştir.

5.2.9. Perde Çerçeve Sistem Kontrolü

Betonarme perdelerin tabanında deprem yüklerinden meydana gelen devrilme momenti ile binanın tümü için deprem yüklerinden tabanda meydana gelen toplam devrilme momenti hesaplanarak TBDY-2018'de verilen sınırlar ve R, D katsayıları kontrol edildi. (Çizelge 5.35.)

Çizelge 5.35. Ex yüklemesi sonucu hesaplanan moment değerleri

Eleman	M_{33} (+) (tm)	M_{22} (+) (tm)	M_{dev} (+) (tm)	M_{33} (-) (tm)	M_{22} (-) (tm)	M_{dev} (-) (tm)	M_{dev} / M_o
--------	----------------------	----------------------	-----------------------	----------------------	----------------------	-----------------------	-----------------

P1	718,91	0,00	718,91	592,71	0,00	592,71	0,39
P2	592,75	0,00	592,75	718,94	0,00	718,94	0,39
Perde Devrilme Momenti (M_{Dev}):			1311,66			1311,66	
Taban Devrilme Momenti (M_o):			1840,98			1840,98	

$M_{Dev} / M_o = 0,71 < 0,75$ olduğundan X yönündeki mevcut bina taşıyıcı sistemi (A15) kabul edilebilir. ($R=7,0$ $D=2,5$)

P1 ve P2 betonarme perdelerin aldığı taban devrilme momenti (M_{dev}) binanın tümü için deprem yüklerinden meydana gelen toplam taban devrilme momentinin (M_o) 1/3 ünü aşmaktadır. Bu yüzden X yönünde Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı $(4/5)R$ dikkate alınarak tasarım sonuçlarının hesabında $R=5,6$ ve $D=2,5$ kullanılmıştır.

5.2.10. Donatı tasarımı

2. modele ait her kolon ve perde için en kritik yüklemeye göre gerekli kolon ve perde boyuna donatı alanları çizelge 5.36.'da gösterilmiştir.

Çizelge 5.36. Kolon ve perdelerde gerekli boyuna donatı alanları (cm^2)

Kolon/perde adı (bulunduğu aks)	ZEMİN KAT	1. KAT	2. KAT	3. KAT	4. KAT
S1 (1-A)	19,83	16	16	16	16
S2 (1-D)	19,82	16	16	16	16
S3 (2-A)	16	16	16	16	16
S4 (2-B)	16	16	16	16	16
S5 (2-C)	16	16	16	16	16
S6 (2-D)	16	16	16	16	16
S7 (3-A)	16	16	16	16	16
S8 (3-B)	16	16	16	16	16
S9 (3-C)	16	16	16	16	16
S10 (3-D)	16	16	16	16	16
S11 (4-A)	16,92	16	16	16	16
S12 (4-D)	17,07	16	16	16	16
P1 (1/B-C)	91,36	91,36	93,46	83,13	59,17
P2 (4/B-C)	91,36	91,36	93,47	83,13	59,17

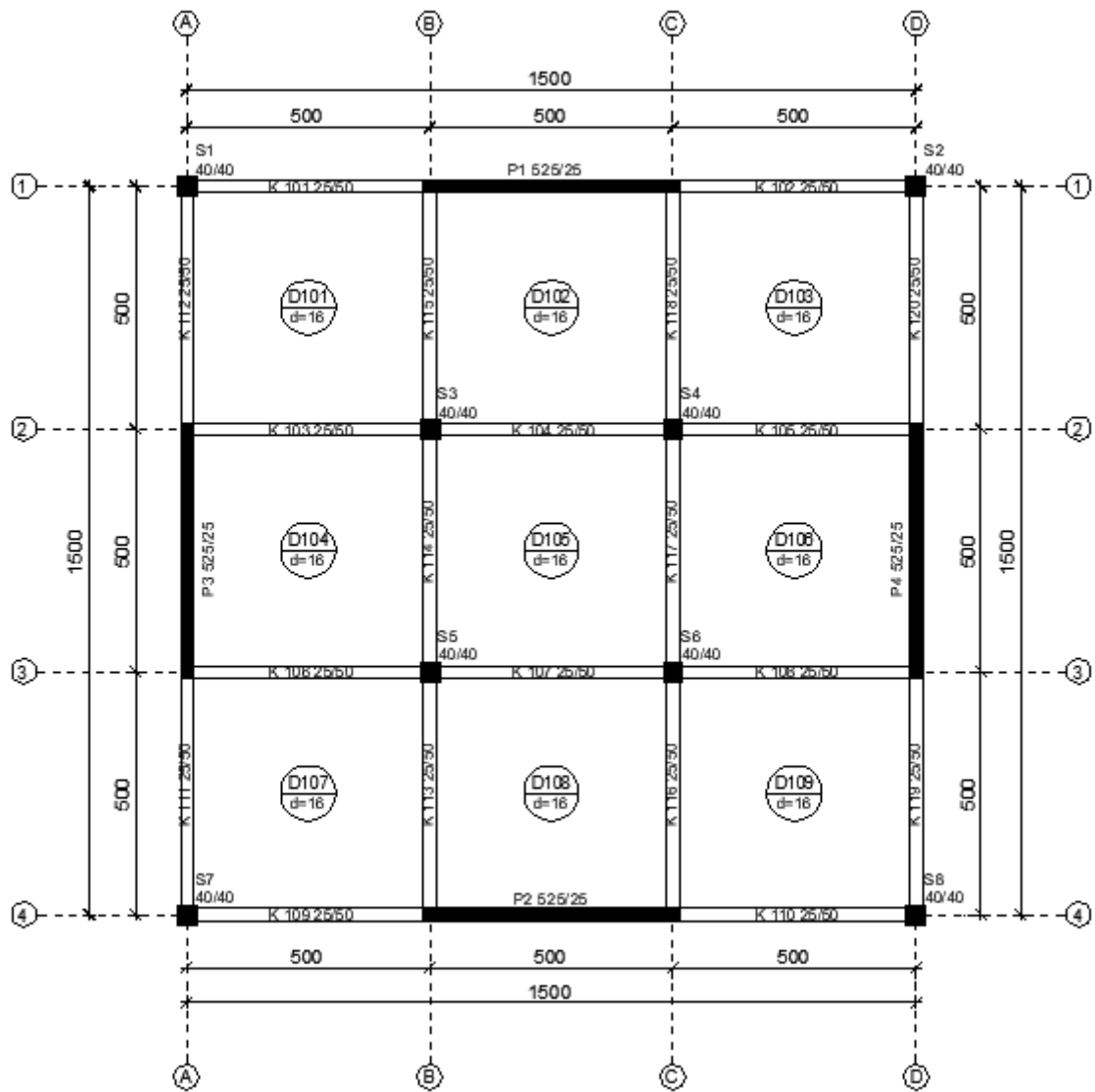
2. modele ait zemin katta hesaplanan gerekli kiriş boyuna donatı alanları çizelge 5.37.'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.37. Zemin kat kirişlerinde gerekli boyuna donatı alanları (cm²)

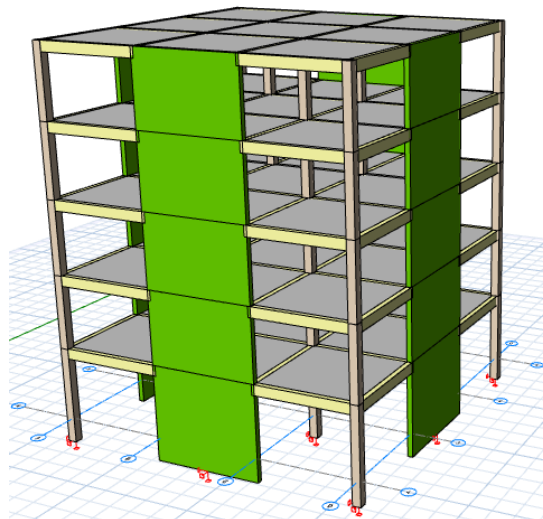
Aks 1	K101			P1			K102		
Üst kenar	4,77	1,39	5,58				5,55	1,39	4,76
Alt kenar	2,39	2,32	2,79				2,77	2,32	2,38
Aks 2	K103			K104			K105		
Üst kenar	6,28	1,68	6,70	6,12	1,53	6,12	6,70	1,68	6,29
Alt kenar	3,14	4,54	3,35	3,06	3,32	3,06	3,35	4,54	3,15
Aks 3	K106			K107			K108		
Üst kenar	6,29	1,67	6,70	6,11	1,53	6,12	6,70	1,68	6,27
Alt kenar	3,15	4,54	3,35	3,06	3,32	3,06	3,35	4,54	3,13
Aks 4	K109			P2			K110		
Üst kenar	4,76	1,38	5,53				5,57	1,39	4,77
Alt kenar	2,38	2,32	2,77				2,79	2,32	2,39
Aks A	K111			K112			K113		
Üst kenar	7,89	1,97	7,63	7,04	1,77	7,06	7,61	1,98	7,91
Alt kenar	3,95	2,91	3,81	3,52	2,26	3,53	3,80	2,92	3,96
Aks B	K114			K115			K116		
Üst kenar	5,31	2,56	10,24	9,68	2,42	9,66	10,28	2,57	5,44
Alt kenar	2,65	4,86	5,12	4,84	3,43	4,83	5,14	4,86	2,72
Aks C	K117			K118			K119		
Üst kenar	5,44	2,57	10,29	9,65	2,42	9,67	10,22	2,56	5,41
Alt kenar	2,72	4,85	5,15	4,82	3,42	4,84	5,11	4,85	2,70
Aks D	K120			K121			K122		
Üst kenar	7,90	1,98	7,62	7,07	1,77	7,04	7,62	1,97	7,90
Alt kenar	3,95	2,92	3,81	3,53	2,27	3,52	3,81	2,91	3,95

5.3. Üçüncü Model

Üçüncü modelde; X doğrultusunda 5 metre aralıklarla 1, 2, 3 ve 4 aksı, Y doğrultusunda ise 5 metre aralıklarla A, B, C ve D aksları tanımlanmıştır. Ardından 1/B-C, 4/B-C, A/2-3, D/2-3 akslarına dört adet 525/25 cm boyutlarında betonarme perde, diğer aks kesişimlerinde 8 adet 40/40 cm boyutlarında kolonlar, bu kolonları birbirine bağlayan 25/50 cm boyutlarında kirişler ve 16 cm kalınlığında döşemeler modellenmiştir. (Şekil 5.9. ve Şekil 5.10.)



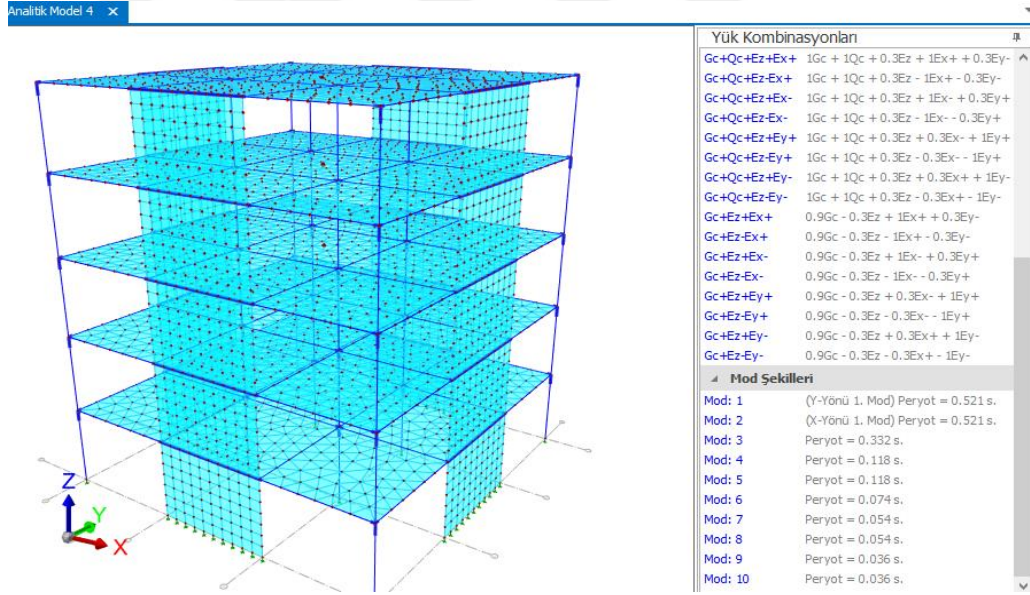
Şekil 5.9. Model -3 kat planı



Şekil 5.10. Model -3 Üç boyutlu görünüm

X ve Y doğrultusunda betonarme perdeler bulunduğu ve uzun kenar doğrultusundaki atalet momentleri çok daha büyük olup deprem etkilerini bu yönde etkin şekilde taşıdıklarından TBDY-2018'den deprem etkilerinin moment aktaran süneklik düzeyi yüksek betonarme çerçeveler ile süneklik düzeyi yüksek boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (A15) için $R = 7$ ve $D = 2,5$ değerleri seçilmiştir. Hesaba katılacak mod sayısı 10 olarak belirlenmiş, model seçenekleri menüsünden sonlu elemanlar kabuk modeli seçilmiş, sonlu elemanlar ağından döşemeler modele dahil edilmiş ve analiz yapılmıştır.

Yapılan modal analiz sonucunda binanın X ve Y yönündeki hakim doğal titreşim periyodu $T_p^{(X,Y)} = 0,521$ s olarak bulunmuştur. (Şekil 5.11.)



Şekil 5.11. Model - 3 analitik görünüm

Analiz sonrası katkısı %3'ten büyük olan bütün modlar için (X) ve (Y) deprem doğrultularında her bir mod için hesaplanan taban kesme kuvveti modal etkin kütlelerinin toplamının bina toplam kütlelerinin %95'inden daha az olmadığı kontrol edilmiştir.

TBDY-2018'e göre gerekli kontroller yapılmıştır.

5.3.1. Burulma düzensizliği kontrolü

Ex+ yüklemesi için her katta okunan yer değiştirme değerleri ve hesaplanan η_{bi} değerleri Çizelge 5.38.'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.38. Ex+ yüklemesi sonucu oluşan yer değiştirmeler ve hesaplanan η_{bi} değerleri

Kat	$\delta_{i,max}(m)$	$\delta_{i,min}(m)$	$(\Delta_i)_{max}$	$(\Delta_i)_{min}$	$(\Delta_i)_{ort}$	η_{bi}
4	0,013825	0,012422	0,003418	0,00307	0,00324	1,05412
3	0,010407	0,009355	0,003443	0,00309	0,00327	1,05387
2	0,006964	0,006264	0,003178	0,00286	0,00302	1,05336
1	0,003786	0,003408	0,002514	0,00226	0,00239	1,05276
Zemin	0,001272	0,001146	0,001272	0,00115	0,00121	1,05211

Ex- yüklemesi için her katta okunan yer değiştirme değerleri ve hesaplanan η_{bi} değerleri çizelge 5.39.'da gösterilmiştir.

Çizelge 5.39. Ex- yüklemeleri sonucu oluşan yer değiştirmeler ve hesaplanan η_{bi} değerleri

Kat	$\delta_{i,max}(m)$	$\delta_{i,min}(m)$	$(\Delta_i)_{max}$	$(\Delta_i)_{min}$	$(\Delta_i)_{ort}$	η_{bi}
4	0,013825	0,012422	0,003418	0,00307	0,00324	1,05412
3	0,010407	0,009355	0,003443	0,00309	0,00327	1,05387
2	0,006964	0,006264	0,003178	0,00286	0,00302	1,05336
1	0,003786	0,003408	0,002514	0,00226	0,00239	1,05276
Zemin	0,001272	0,001146	0,001272	0,00115	0,00121	1,05211

Ey+ yüklemesi için her katta okunan yer değiştirme değerleri ve hesaplanan η_{bi} değerleri çizelge 5.40.'ta gösterilmiştir.

Çizelge 5.40. Ey+ yüklemesi sonucu oluşan yer değiştirmeler ve hesaplanan η_{bi} değerleri

Kat	$\delta_{i,max}(m)$	$\delta_{i,min}(m)$	$(\Delta_i)_{max}$	$(\Delta_i)_{min}$	$(\Delta_i)_{ort}$	η_{bi}
4	0,013826	0,012421	0,003419	0,00307	0,00324	1,05443
3	0,010407	0,009355	0,003443	0,00309	0,00327	1,05387
2	0,006964	0,006264	0,003178	0,00286	0,00302	1,05336
1	0,003786	0,003408	0,002514	0,00226	0,00239	1,05276
Zemin	0,001272	0,001146	0,001272	0,00115	0,00121	1,05211

Ey- yüklemesi için her katta okunan yer değiştirme değerleri ve hesaplanan η_{bi} değerleri çizelge 5.41.'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.41. Ey- yüklemeleri sonucu oluşan yer değiştirmeler ve hesaplanan η_{bi} değerleri

Kat	$\delta_{i,max}(m)$	$\delta_{i,min}(m)$	$(\Delta_i)_{max}$	$(\Delta_i)_{min}$	$(\Delta_i)_{ort}$	η_{bi}
4	0,013825	0,012422	0,003419	0,00307	0,00324	1,05427
3	0,010406	0,009355	0,003442	0,00309	0,00327	1,05373
2	0,006964	0,006264	0,003178	0,00286	0,00302	1,05336
1	0,003786	0,003408	0,002514	0,00226	0,00239	1,05276
Zemin	0,001272	0,001146	0,001272	0,00115	0,00121	1,05211

Görüldüğü gibi η_{bi} değerleri X ve Y yönünde 1,2'den küçük olduğundan modelde burulma düzensizliği bulunmamaktadır.

5.3.2. Döşeme süreksizliği kontrolü

Modelde döşeme boşluğu, merdiven, asansör ve döşemelerde düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani azalmalar bulunmadığından dolayı döşeme süreksizliği bulunmamaktadır.

5.3.3. Planda çıkıntılar bulunması ve komşu katlar arası dayanım düzensizliği

Modeldeki planda herhangi bir çıkıntı bulunmadığından ve etkili kesme alanları her katta aynı olduğundan bu tür düzensizlikler bulunmamaktadır.

5.3.4. Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (yumuşak kat)

Ex+ yüklemesi için hesaplanan η_{ki} değerleri çizelge 5.42.'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.42. Ex+ yüklemesi sonucu hesaplanan η_{ki} değerleri

Kat	$h_i(m)$	$(\Delta_i)_{ort}$	$(\Delta_i/h_i)_{ort}$	$\eta_{ki}=(\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort}$	$\eta_{ki}=(\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}$
4	3,5	0,0032	0,00093	-	0,993
3	3,5	0,0033	0,00093	1,008	1,083
2	3,5	0,003	0,00086	0,923	1,263
1	3,5	0,0024	0,00068	0,792	1,975
Zemin	3,5	0,0012	0,00035	0,506	-

Ex- yüklemesi için hesaplanan η_{ki} değerleri çizelge 5.43.'te gösterilmiştir.

Çizelge 5.43. Ex- yüklemesi sonucu hesaplanan η_{ki} değerleri

Kat	h_i (m)	$(\Delta_i)_{ort}$	$(\Delta_i/h_i)_{ort}$	$\eta_{ki}=(\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort}$	$\eta_{ki}=(\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}$
4	3,5	0,0032	0,00093	-	0,993
3	3,5	0,0033	0,00093	1,008	1,083
2	3,5	0,003	0,00086	0,923	1,263
1	3,5	0,0024	0,00068	0,792	1,975
Zemin	3,5	0,0012	0,00035	0,506	-

Ey+ yüklemesi için hesaplanan η_{ki} değerleri çizelge 5.44.'te gösterilmiştir.

Çizelge 5.44. Ey+ yüklemesi sonucu hesaplanan η_{ki} değerleri

Kat	h_i (m)	$(\Delta_i)_{ort}$	$(\Delta_i/h_i)_{ort}$	$\eta_{ki}=(\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort}$	$\eta_{ki}=(\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}$
4	3,5	0,0032	0,00093	-	0,993
3	3,5	0,0033	0,00093	1,008	1,083
2	3,5	0,003	0,00086	0,923	1,263
1	3,5	0,0024	0,00068	0,792	1,975
Zemin	3,5	0,0012	0,00035	0,506	-

Ey- yüklemesi için hesaplanan η_{ki} değerleri çizelge 5.45.'te gösterilmiştir.

Çizelge 5.45. Ey- yüklemesi sonucu hesaplanan η_{ki} değerleri

Kat	h_i (m)	$(\Delta_i)_{ort}$	$(\Delta_i/h_i)_{ort}$	$\eta_{ki}=(\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort}$	$\eta_{ki}=(\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}$
4	3,5	0,0032	0,00093	-	0,993
3	3,5	0,0033	0,00093	1,007	1,083
2	3,5	0,003	0,00086	0,924	1,263
1	3,5	0,0024	0,00068	0,792	1,975
Zemin	3,5	0,0012	0,00035	0,506	-

Görüldüğü gibi η_{ki} değerleri X ve Y doğrultusunda da 2,0 değerinden küçük olduğundan modelde komşu katlar arası rijitsizlik düzensizliği bulunmamaktadır.

5.3.5. Düşey eleman süreksizliği kontrolü

Modelde düşey taşıyıcı elemanlarda herhangi bir süreksizlik bulunmamaktadır.

5.3.6. Statik eşdeğer deprem yükü ile mod birleştirme toplamının karşılaştırılması

TBDY-2018'e göre azaltılmış iç kuvvetlerin ve yer değiştirmelerin eşdeğer taban kesme kuvvetine göre büyütülüp büyütülmeyeceği kontrol edilmiştir. (Çizelge 5.46. ve Çizelge 5.47.)

TBDY-2018'de tanımlanan düzensizliklerden hiçbirinin modelde bulunmaması sebebiyle $\gamma_E = 0.80$ alınmıştır.

Çizelge 5.46. X yönündeki taban kesme kuvvetleri

	V_{tx-X} (t)	V_{tx-Y} (t)	V_{tx} (t)
Ex-	175,420	0,000	175,420
Ex+	175,420	0,000	175,420
Vt-statik	190,464	0,000	190,464

X yönünde bina toplam deprem yükü mod birleştirme yöntemine göre 175,420 t, eşdeğer statik deprem yükü yöntemine göre ise 190,464 t bulunmuştur. Dolayısıyla;

$$V_{tx} > \gamma_E V_{tE} \rightarrow 175,42 > 0,8 * 190,464 = 152,37$$

olduğundan dinamik analiz sonuçları arttırılmayacaktır.

Çizelge 5.47. Y yönündeki taban kesme kuvvetleri

	V_{tx-X} (t)	V_{tx-Y} (t)	V_{tx} (t)
Ey-	0,000	175,420	175,420
Ey+	0,000	175,420	175,420
Vt-statik	0,000	190,463	190,463

Y yönünde bina toplam deprem yükü mod birleştirme yöntemine göre 175,420 t, eşdeğer statik deprem yükü yöntemine göre ise 190,463 t bulunmuştur. Dolayısıyla;

$$V_{tx} > \gamma_E V_{tE} \rightarrow 175,42 > 0,8 * 190,463 = 152,37$$

olduğundan dinamik analiz sonuçları arttırılmayacaktır.

5.3.7. Etkin görelî kat ötelemeleri kontrolü

Ex+ yükleme için hesaplanan etkin görelî kat ötelemesi değerleri çizelge 5.48.'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.48. Ex+ yükleme sonucu hesaplanan etkin görelî kat ötelemesi değerleri

Kat	h_i (m)	Δ_{max} (m)	δ_{etkin} (m)	$(\delta/h)_{etkin}$	$\lambda (\delta/h)_{etkin}$
4	3,5	0,00342	0,023928	0,006837	0,002454
3	3,5	0,00344	0,024098	0,006885	0,002472
2	3,5	0,00318	0,022244	0,006355	0,002282

1	3,5	0,00251	0,017601	0,005029	0,001805
Zemin	3,5	0,00127	0,008903	0,002544	0,000913

Ex- yüklemesi için hesaplanan etkin görelî kat ötelemesi değêrleri çizelge 5.49.'da gösterilmiştir.

Çizelge 5.49. Ex- yüklemesi sonucu hesaplanan etkin görelî kat ötelemesi değêrleri

Kat	h_i (m)	$\Delta_{\max}$ (m)	δ_{etkin} (m)	$(\delta/h)_{\text{etkin}}$	$\lambda (\delta/h)_{\text{etkin}}$
4	3,5	0,00342	0,023928	0,006837	0,002454
3	3,5	0,00344	0,024098	0,006885	0,002472
2	3,5	0,00318	0,022245	0,006356	0,002282
1	3,5	0,00251	0,017602	0,005029	0,001805
Zemin	3,5	0,00127	0,008903	0,002544	0,000913

Ey+ yüklemesi için hesaplanan etkin görelî kat ötelemesi değêrleri çizelge 5.50.'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.50. Ey+ yüklemesi sonucu hesaplanan etkin görelî kat ötelemesi değêrleri

Kat	h_i (m)	$\Delta_{\max}$ (m)	δ_{etkin} (m)	$(\delta/h)_{\text{etkin}}$	$\lambda (\delta/h)_{\text{etkin}}$
4	3,5	0,00342	0,02393	0,006837	0,002455
3	3,5	0,00344	0,024099	0,006885	0,002472
2	3,5	0,00318	0,022245	0,006356	0,002282
1	3,5	0,00251	0,017602	0,005029	0,001805
Zemin	3,5	0,00127	0,008903	0,002544	0,000913

Ey- yüklemesi için hesaplanan etkin görelî kat ötelemesi değêrleri çizelge 5.51.'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.51. Ey- yüklemesi sonucu hesaplanan etkin görelî kat ötelemesi değêrleri

Kat	h_i (m)	$\Delta_{\max}$ (m)	δ_{etkin} (m)	$(\delta/h)_{\text{etkin}}$	$\lambda (\delta/h)_{\text{etkin}}$
4	3,5	0,00342	0,023927	0,006836	0,002454
3	3,5	0,00344	0,024097	0,006885	0,002472
2	3,5	0,00318	0,022244	0,006355	0,002282
1	3,5	0,00251	0,017601	0,005029	0,001805
Zemin	3,5	0,00127	0,008902	0,002543	0,000913

Göröldüğü gibi etkin görelî kat ötelemesi değêrleri X ve Y doğrultusunda 0,008 değêrinden küçük olduğundan modelde görelî kat ötelemeleri sınır değêrleri sağlanmaktadır.

5.3.8. Kolon ve perdelerdeki normal kuvvet değerleri

Tüm düşey taşıyıcı elemanlarda en elverişsiz yükleme durumu için yük kombinasyonlardan elde edilen zarf diyagramlarından okunan zemin kattaki kolonların ve perdelerin alt ucunda oluşan aksel kuvvet (N) değerleri Çizelge 5.52.'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.52. Zemin kattaki kolonlarda/perdelerde oluşan normal kuvvet

Kolon/perde adı (bulunduğu aks)	Eksenel Kuvvet (N) (t)
S1 (1-A)	77,180
S2 (1-D)	77,167
S3 (2-B)	232,240
S4 (2-C)	232,277
S5 (3-B)	232,253
S6 (3-C)	232,293
S7 (4-A)	77,149
S8 (4-D)	77,180
P1 (1/B-C)	301,906
P2 (4/B-C)	301,939
P3 (A/2-3)	301,947
P4 (D/2-3)	301,914

Dış akslardaki köşe kolonlarda (S1, S2, S7, S8) en düşük, X ve Y yönündeki dış akslardaki perdelerde ve bina ortasına yakın akslardaki kolonlarda (S3, S4, S5, S6) yüksek normal kuvvet değerleri elde edilmiştir.

5.3.9. Perde Çerçeve Sistem Kontrolü

Betonarme perdelerin tabanında deprem yüklerinden meydana gelen devrilme momenti ile binanın tümü için deprem yüklerinden tabanda meydana gelen toplam devrilme momenti hesaplanarak TBDY-2018'de verilen sınırlar ve R, D katsayıları kontrol edildi. (Çizelge 5.53. ve Çizelge 5.54)

Çizelge 5.53. Ex yüklemesi sonucu hesaplanan moment değerleri

Eleman	M_{33} (+) (tm)	M_{22} (+) (tm)	M_{dev} (+) (tm)	M_{33} (-) (tm)	M_{22} (-) (tm)	M_{dev} (-) (tm)	M_{dev} / M_0
--------	----------------------	----------------------	-----------------------	----------------------	----------------------	-----------------------	-----------------

P1	705,61	0,00	705,61	635,37	0,00	635,37	0,38
P2	635,37	0,00	635,37	705,61	0,00	705,61	0,38
Perde Devrilme Momenti (M_{Dev}):			1340,99			1340,99	
Taban Devrilme Momenti (M_o):			1858,88			1858,88	

$M_{Dev} / M_o = 0,72 < 0,75$ olduğundan X yönündeki mevcut bina taşıyıcı sistemi (A15) kabul edilebilir. (R=7,0 D=2,5)

P1 ve P2 betonarme perdelerin aldığı taban devrilme momenti (M_{dev}) binanın tümü için deprem yüklerinden meydana gelen toplam taban devrilme momentinin (M_o) 1/3 ünü aşmaktadır. Bu yüzden X yönünde Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (4/5)R dikkate alınarak tasarım sonuçlarının hesabında R=5,6 ve D=2,5 kullanılmıştır.

Çizelge 5.54. Ey yüklemesi sonucu hesaplanan moment değerleri

Eleman	$M_{33} (+)$ (tm)	$M_{22} (+)$ (tm)	$M_{dev} (+)$ (tm)	$M_{33} (-)$ (tm)	$M_{22} (-)$ (tm)	$M_{dev} (-)$ (tm)	$M_{dev} /$ M_o
P3	635,35	0,00	635,35	705,60	0,00	705,60	0,38
P4	705,64	0,00	705,64	635,39	0,00	635,39	0,38
Perde Devrilme Momenti (M_{Dev}):			1340,99			1340,99	
Taban Devrilme Momenti (M_o):			1858,88			1858,88	

$M_{Dev} / M_o = 0,72 < 0,75$ olduğundan Y yönündeki mevcut bina taşıyıcı sistemi (A15) kabul edilebilir. (R=7,0 D=2,5)

P3 ve P4 betonarme perdelerin aldığı taban devrilme momenti (M_{dev}) binanın tümü için deprem yüklerinden meydana gelen toplam taban devrilme momentinin (M_o) 1/3 ünü aşmaktadır. Bu yüzden Y yönünde Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (4/5)R dikkate alınarak tasarım sonuçlarının hesabında R=5,6 ve D=2,5 kullanılmıştır.

5.3.10. Donatı tasarımı

3. modele ait her kolon ve perde için en kritik yüklemeye hesaplanan gerekli kolon ve perde boyuna donatı alanları çizelge 5.55.'te gösterilmiştir.

Çizelge 5.55. Kolon ve perdelerde gerekli boyuna donatı alanları (cm²)

Kolon/perde adı (bulunduğu aks)	ZEMİN KAT	1. KAT	2. KAT	3. KAT	4. KAT
S1 (1-A)	16	16	16	16	16
S2 (1-D)	16	16	16	16	16
S3 (2-B)	16	16	16	16	16
S4 (2-C)	16	16	16	16	16
S5 (3-B)	16	16	16	16	16
S6 (3-C)	16	16	16	16	16

S7 (4-A)	16	16	16	16	16
S8 (4-D)	16	16	16	16	16
P1 (1/B-C)	91,36	91,36	91,65	83,13	58,27
P2 (4/B-C)	91,36	91,36	91,65	83,13	58,28
P3 (A/2-3)	91,36	91,36	91,65	83,13	58,27
P4 (D/2-3)	91,36	91,36	91,66	83,13	58,28

3. modele ait zemin katta hesaplanan gerekli kiriş boyuna donatı alanları çizelge 5.56.'da gösterilmiştir.

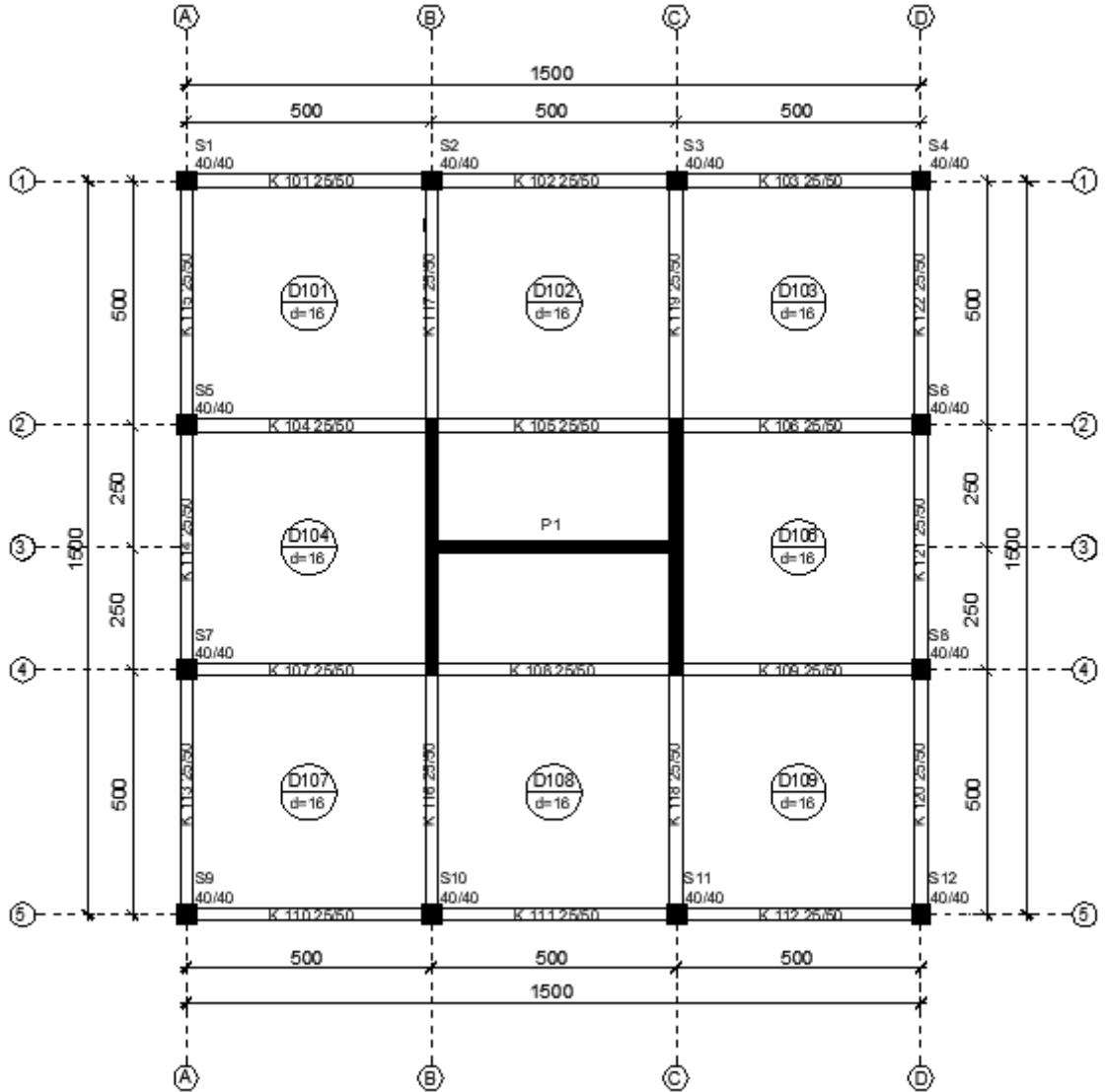
Çizelge 5.56. Zemin kat kirişlerinde gerekli boyuna donatı alanları (cm²)

Aks 1	K101			P1			K102		
Üst kenar	4,86	1,40	5,59				5,58	1,39	4,84
Alt kenar	2,43	2,34	2,79				2,79	2,34	2,42
Aks 2	K103			K104			K105		
Üst kenar	3,88	1,79	7,15	6,18	1,55	6,19	7,13	1,78	3,88
Alt kenar	1,94	4,91	3,58	3,09	3,32	3,09	3,57	4,90	1,94
Aks 3	K106			K107			K108		
Üst kenar	3,88	1,78	7,12	6,17	1,55	6,18	7,16	1,79	3,88
Alt kenar	1,94	4,90	3,56	3,09	3,32	3,09	3,58	4,90	1,94
Aks 4	K109			P2			K110		
Üst kenar	4,84	1,39	5,56				5,58	1,40	4,86
Alt kenar	2,42	2,34	2,78				2,79	2,33	2,43
Aks A	K111			P3			K112		
Üst kenar	4,84	1,39	5,57				5,58	1,40	4,86
Alt kenar	2,42	2,34	2,79				2,79	2,34	2,43
Aks B	K113			K114			K115		
Üst kenar	3,84	1,78	7,13	6,19	1,55	6,18	7,16	1,79	3,88
Alt kenar	1,92	4,90	3,56	3,09	3,32	3,09	3,58	4,90	1,94
Aks C	K116			K117			K118		
Üst kenar	3,88	1,79	7,16	6,18	1,55	6,18	7,12	1,78	3,88
Alt kenar	1,94	4,90	3,58	3,09	3,32	3,09	3,56	4,89	1,94
Aks D	K119			P4			K120		
Üst kenar	4,86	1,40	5,58				5,57	1,39	4,85
Alt kenar	2,43	2,33	2,79				2,79	2,34	2,42

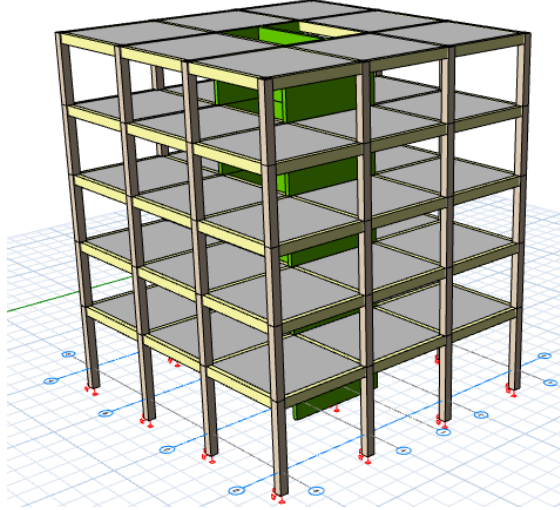
5.4. Dördüncü Model

Dördüncü modelde; X doğrultusunda 5 metre aralıklarla 1, 2, 4, 5 aksı ve 2 ile 4 aksı arasına da 2,5 m mesafede 3 aksı, Y doğrultusunda ise 5 metre aralıklarla A, B, C ve D aksları tanımlanmıştır. Ardından B/2-4, C/2-4, 3/B-C akslarına üç adet 525/25 cm

boyutlarında poligon betonarme perde, diğer aks kesişimlerinde 12 adet 40/40 cm boyutlarında kolonlar, bu kolonları birbirine bağlayan 25/50 cm boyutlarında kirişler ve 16 cm kalınlığında döşemeler modellenmiştir. B-C/2-4 aks aralığı asansör boşluğu olarak düşünülerek döşeme tanımlanmamıştır. (Şekil 5.12. ve Şekil 5.13.)



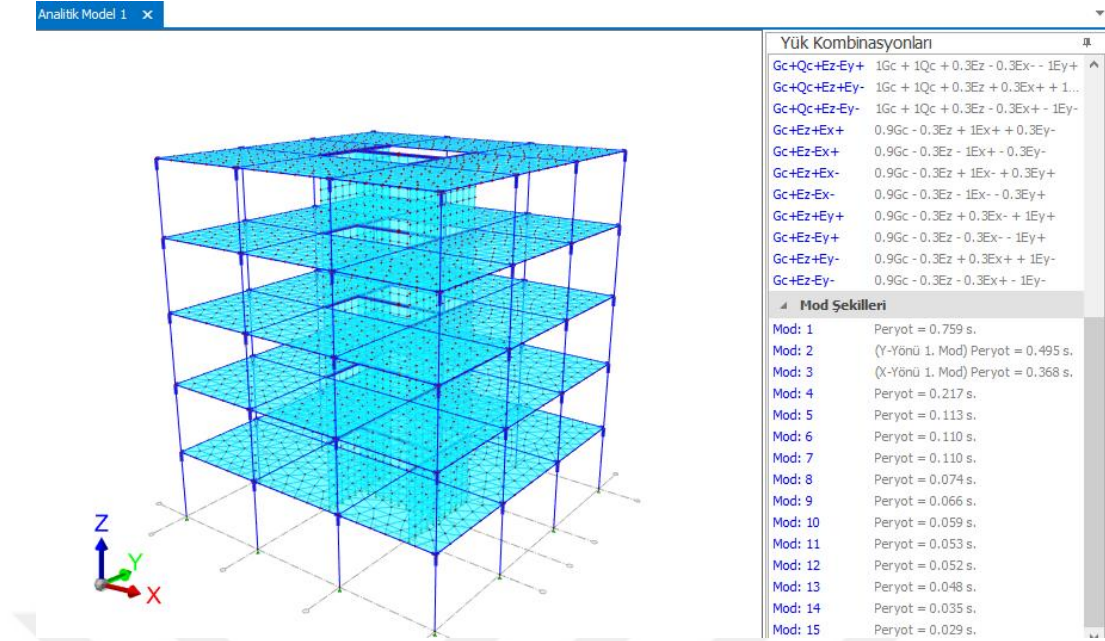
Şekil 5.12. Model - 4 kat planı



Şekil 5.13. Model - 4 Üç boyutlu görünüm

X ve Y doğrultusunda betonarme perdeler bulunduğu ve uzun kenar doğrultusundaki atalet momentleri çok daha büyük olup deprem etkilerini bu yönde etkin şekilde taşıdıklarından TBDY-2018'den deprem etkilerinin moment aktaran süneklik düzeyi yüksek betonarme çerçeveler ile süneklik düzeyi yüksek boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (A15) için $R = 7$ ve $D = 2,5$ değerleri seçilmiştir. Hesaba katılacak mod sayısı 15 olarak belirlenmiş, model seçenekleri menüsünden sonlu elemanlar kabuk modeli seçilmiş, sonlu elemanlar ağından döşemeler modele dahil edilmiş ve analiz yapılmıştır.

Yapılan modal analiz sonucunda binanın X yönündeki hakim doğal titreşim periyodu $T_p^{(X)} = 0,368$ s, Y yönündeki hakim doğal titreşim periyodu $T_p^{(Y)} = 0,495$ s olarak bulunmuştur. (Şekil 5.14.)



Şekil 5.14. Model - 4 analitik görünüm

Analiz sonrası katkısı %3'ten büyük olan bütün modlar için (X) ve (Y) deprem doğrultularında her bir mod için hesaplanan taban kesme kuvveti modal etkin kütlelerinin toplamının bina toplam kütlelerinin %95'inden daha az olmadığı kontrol edilmiştir.

TBDY-2018'e göre gerekli kontroller yapılmıştır.

5.4.1. Burulma düzensizliği kontrolü

Ex+ yüklemesi için her katta okunan yer değiştirme değerleri ve hesaplanan η_{bi} değerleri Çizelge 5.57.'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.57. Ex+ yüklemesi sonucu oluşan yer değiştirmeler ve hesaplanan η_{bi} değerleri

Kat	$\delta_{i,max}(m)$	$\delta_{i,min}(m)$	$(\Delta_i)_{max}$	$(\Delta_i)_{min}$	$(\Delta_i)_{ort}$	η_{bi}
4	0,014135	0,004278	0,002793	0,00107	0,00193	1,44715
3	0,011342	0,003211	0,003168	0,00102	0,00209	1,51253
2	0,008174	0,00219	0,003235	0,00086	0,00205	1,57882
1	0,004939	0,001327	0,002942	0,0007	0,00182	1,61782
Zemin	0,001997	0,000632	0,001997	0,00063	0,00131	1,51921

Ex- yüklemesi için her katta okunan yer değiştirme değerleri ve hesaplanan η_{bi} değerleri çizelge 5.58.'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.58. Ex- yüklemeleri sonucu oluşan yer değiştirmeler ve hesaplanan η_{bi} değerleri

Kat	$\delta_{i,max}(m)$	$\delta_{i,min}(m)$	$(\Delta_i)_{max}$	$(\Delta_i)_{min}$	$(\Delta_i)_{ort}$	η_{bi}
4	0,014135	0,004278	0,002793	0,00107	0,00193	1,44715
3	0,011342	0,003211	0,003168	0,00102	0,00209	1,51253
2	0,008174	0,00219	0,003235	0,00086	0,00205	1,57882
1	0,004939	0,001327	0,002942	0,0007	0,00182	1,61782
Zemin	0,001997	0,000632	0,001997	0,00063	0,00131	1,51921

Ey+ yüklemesi için her katta okunan yer değiştirme değerleri ve hesaplanan η_{bi} değerleri çizelge 5.59.'da gösterilmiştir.

Çizelge 5.59. Ey+ yüklemesi sonucu oluşan yer değiştirmeler ve hesaplanan η_{bi} değerleri

Kat	$\delta_{i,max}(m)$	$\delta_{i,min}(m)$	$(\Delta_i)_{max}$	$(\Delta_i)_{min}$	$(\Delta_i)_{ort}$	η_{bi}
4	0,016073	0,009007	0,003684	0,00244	0,00306	1,20235
3	0,012389	0,006563	0,003866	0,00235	0,00311	1,24349
2	0,008523	0,004211	0,003727	0,00206	0,00289	1,28917
1	0,004796	0,002156	0,003113	0,0015	0,00231	1,35054
Zemin	0,001683	0,000659	0,001683	0,00066	0,00117	1,43723

Ey- yüklemesi için her katta okunan yer değiştirme değerleri ve hesaplanan η_{bi} değerleri çizelge 5.60.'ta gösterilmiştir.

Çizelge 5.60. Ey- yüklemeleri sonucu oluşan yer değiştirmeler ve hesaplanan η_{bi} değerleri

Kat	$\delta_{i,max}(m)$	$\delta_{i,min}(m)$	$(\Delta_i)_{max}$	$(\Delta_i)_{min}$	$(\Delta_i)_{ort}$	η_{bi}
4	0,016074	0,009007	0,003685	0,00245	0,00307	1,20228
3	0,012389	0,006562	0,003866	0,00235	0,00311	1,24369
2	0,008523	0,004211	0,003727	0,00206	0,00289	1,28895
1	0,004796	0,002155	0,003113	0,0015	0,00231	1,35054
Zemin	0,001683	0,000658	0,001683	0,00066	0,00117	1,43785

Görüldüğü gibi η_{bi} değerleri X ve Y yönünde 1,2'den büyük olduğundan modelde burulma düzensizliği bulunmaktadır.

Modeldeki maksimum burulma düzensizliği katsayısı $\eta_{bi} = 1,618 \leq 2$ ve DTS=1 BYS=6 $\geq$ BYS=4 olduğundan Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi uygulanabilmektedir.

5.4.2. Döşeme süreksizliği kontrolü

Modeldeki katlardaki asansör boşluk alanları toplamının kat brüt alanının 1/3'ünden fazla olması durumu, deprem yüklerinin düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle aktarılabilmesini güçleştiren yerel döşeme boşluklarının bulunması durumu

veya döşemenin düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani azalmaların olması durumu bulunmadığından dolayı döşeme süreksizliği bulunmamaktadır.

5.4.3. Planda çıkıntılar bulunması ve komşu katlar arası dayanım düzensizliği

Modeldeki planda herhangi bir çıkıntı bulunmadığından ve etkili kesme alanları her katta aynı olduğundan bu tür düzensizlikler bulunmamaktadır.

5.4.4. Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (yumuşak kat)

Ex+ yüklemesi için hesaplanan η_{ki} değerleri çizelge 5.61.'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.61. Ex+ yüklemesi sonucu hesaplanan η_{ki} değerleri

Kat	h_i (m)	$(\Delta_i)_{ort}$	$(\Delta_i/h_i)_{ort}$	$\eta_{ki}=(\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort}$	$\eta_{ki}=(\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}$
4	3,5	0,0019	0,00055	-	0,921
3	3,5	0,0021	0,0006	1,085	1,022
2	3,5	0,002	0,00059	0,978	1,127
1	3,5	0,0018	0,00052	0,888	1,383
Zemin	3,5	0,0013	0,00038	0,723	-

Ex- yüklemesi için hesaplanan η_{ki} değerleri çizelge 5.62.'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.62. Ex- yüklemesi sonucu hesaplanan η_{ki} değerleri

Kat	h_i (m)	$(\Delta_i)_{ort}$	$(\Delta_i/h_i)_{ort}$	$\eta_{ki}=(\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort}$	$\eta_{ki}=(\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}$
4	3,5	0,0019	0,00055	-	0,921
3	3,5	0,0021	0,0006	1,085	1,022
2	3,5	0,002	0,00059	0,978	1,127
1	3,5	0,0018	0,00052	0,888	1,383
Zemin	3,5	0,0013	0,00038	0,723	-

Ey+ yüklemesi için hesaplanan η_{ki} değerleri çizelge 5.63.'te gösterilmiştir.

Çizelge 5.63. Ey+ yüklemesi sonucu hesaplanan η_{ki} değerleri

Kat	h_i (m)	$(\Delta_i)_{ort}$	$(\Delta_i/h_i)_{ort}$	$\eta_{ki}=(\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort}$	$\eta_{ki}=(\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}$
4	3,5	0,0031	0,00088	-	0,986
3	3,5	0,0031	0,00089	1,015	1,075
2	3,5	0,0029	0,00083	0,930	1,254
1	3,5	0,0023	0,00066	0,797	1,968
Zemin	3,5	0,0012	0,00033	0,508	-

Ey- yüklemesi için hesaplanan η_{ki} değerleri çizelge 5.64.'te gösterilmiştir.

Çizelge 5.64. Ey- yüklemesi sonucu hesaplanan η_{ki} değerleri

Kat	h_i (m)	$(\Delta_i)_{ort}$	$(\Delta_i/h_i)_{ort}$	$\eta_{ki}=(\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort}$	$\eta_{ki}=(\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}$
4	3,5	0,0031	0,00088	-	0,986
3	3,5	0,0031	0,00089	1,014	1,075
2	3,5	0,0029	0,00083	0,930	1,254
1	3,5	0,0023	0,00066	0,797	1,969
Zemin	3,5	0,0012	0,00033	0,508	-

Görüldüğü gibi η_{ki} değerleri X ve Y doğrultusunda da 2,0 değerinden küçük olduğundan modelde komşu katlar arası rijitsizlik düzensizliği bulunmamaktadır.

5.4.5. Düşey eleman süreksizliği kontrolü

Modelde düşey taşıyıcı elemanlarda herhangi bir süreksizlik bulunmamaktadır.

5.4.6. Statik eşdeğer deprem yükü ile mod birleştirme toplamının karşılaştırılması

TBDY-2018'e göre azaltılmış iç kuvvetlerin ve yer değiştirmelerin eşdeğer taban kesme kuvvetine göre büyütülüp büyütülmeyeceği kontrol edilmiştir. (Çizelge 5.65. ve Çizelge 5.66.)

TBDY-2018'de tanımlanan A1 burulma düzensizliğinin modelde her iki yönde de bulunması sebebiyle $\gamma_E = 0.90$ alınmıştır.

Çizelge 5.65. X yönündeki taban kesme kuvvetleri

	V_{tx-X} (t)	V_{tx-Y} (t)	V_{tx} (t)
Ex-	216,442	0,011	216,442
Ex+	216,442	0,011	216,442
Vt-statik	254,344	0,000	254,344

X yönünde bina toplam deprem yükü mod birleştirme yöntemine göre 216,442 t, eşdeğer statik deprem yükü yöntemine göre ise 254,344 t bulunmuştur. Dolayısıyla;

$$V_{tx} < \gamma_E V_{tE} \rightarrow 216,442 < 0,9 * 254,344 = 228,91$$

olduğundan dinamik analiz sonuçları $228,91 / 216,442 = 1,058$ kadar arttırılacaktır.

Çizelge 5.66. Y yönündeki taban kesme kuvvetleri

	$V_{tx-X} (t)$	$V_{tx-Y} (t)$	$V_{tx} (t)$
Ey-	0,011	171,316	171,316
Ey+	0,011	171,316	171,316
Vt-statik	0,000	189,110	189,110

Y yönünde bina toplam deprem yükü mod birleştirme yöntemine göre 171,316 t, eşdeğer statik deprem yükü yöntemine göre ise 189,11 t bulunmuştur. Dolayısıyla;

$$V_{tx} > \gamma_E V_{tE} \rightarrow 171,316 > 0,9 * 189,11 = 170,199$$

olduğundan dinamik analiz sonuçları arttırılmayacaktır.

5.4.7. Etkin görel kat ötelemeleri kontrolü

Ex+ yüklemesi için hesaplanan etkin görel kat ötelemesi değerleri çizelge 5.67.'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.67. Ex+ yüklemesi sonucu hesaplanan etkin görel kat ötelemesi değerleri

Kat	$h_i (m)$	$\Delta_{max} (m)$	$\delta_{etkin} (m)$	$(\delta/h)_{etkin}$	$\lambda (\delta/h)_{etkin}$
4	3,5	0,00279	0,020675	0,005907	0,002109
3	3,5	0,00317	0,023452	0,006701	0,002392
2	3,5	0,00324	0,02395	0,006843	0,002443
1	3,5	0,00294	0,02178	0,006223	0,002222
Zemin	3,5	0,002	0,014787	0,004225	0,001508

Ex- yüklemesi için hesaplanan etkin görel kat ötelemesi değerleri çizelge 5.68.'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.68. Ex- yüklemesi sonucu hesaplanan etkin görel kat ötelemesi değerleri

Kat	$h_i (m)$	$\Delta_{max} (m)$	$\delta_{etkin} (m)$	$(\delta/h)_{etkin}$	$\lambda (\delta/h)_{etkin}$
4	3,5	0,00279	0,020676	0,005907	0,002109
3	3,5	0,00317	0,023452	0,006701	0,002392
2	3,5	0,00324	0,02395	0,006843	0,002443
1	3,5	0,00294	0,021779	0,006223	0,002221
Zemin	3,5	0,002	0,014787	0,004225	0,001508

Ey+ yüklemesi için hesaplanan etkin görel kat ötelemesi değerleri çizelge 5.69.'da gösterilmiştir.

Çizelge 5.69. Ey+ yüklemesi sonucu hesaplanan etkin görelî kat ötelemesi değerleri

Kat	h_i (m)	$\Delta_{\max}$ (m)	δ_{etkin} (m)	$(\delta/h)_{\text{etkin}}$	$\lambda (\delta/h)_{\text{etkin}}$
4	3,5	0,00368	0,025792	0,007369	0,002631
3	3,5	0,00387	0,027062	0,007732	0,002760
2	3,5	0,00373	0,026087	0,007453	0,002661
1	3,5	0,00311	0,021792	0,006226	0,002223
Zemin	3,5	0,00168	0,011781	0,003366	0,001202

Ey- yüklemesi için hesaplanan etkin görelî kat ötelemesi değerleri çizelge 5.70.'te gösterilmiştir.

Çizelge 5.70. Ey- yüklemesi sonucu hesaplanan etkin görelî kat ötelemesi değerleri

Kat	h_i (m)	$\Delta_{\max}$ (m)	δ_{etkin} (m)	$(\delta/h)_{\text{etkin}}$	$\lambda (\delta/h)_{\text{etkin}}$
4	3,5	0,00369	0,025791	0,007369	0,002631
3	3,5	0,00387	0,027062	0,007732	0,002760
2	3,5	0,00373	0,026088	0,007454	0,002661
1	3,5	0,00311	0,021793	0,006227	0,002223
Zemin	3,5	0,00168	0,011782	0,003366	0,001202

Görüldüğü gibi etkin görelî kat ötelemesi değerleri X ve Y doğrultusunda 0,008 değerinden küçük olduğundan modelde görelî kat ötelemeleri sınır değerleri sağlanmaktadır.

5.4.8. Kolon ve perdelerdeki normal kuvvet değerleri

Tüm düşey taşıyıcı elemanlarda en elverişsiz yükleme durumu için yük kombinasyonlardan elde edilen zarf diyagramlarından okunan zemin kattaki kolonların ve perdelerin alt ucunda oluşan eksenel kuvvet (N) değerleri Çizelge 5.71.'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.71. Zemin kattaki kolonlarda/perdelerde oluşan normal kuvvet

Kolon/perde adı (bulunduğu aks)	Eksenel Kuvvet (N) (t)
S1 (1-A)	72,848
S2 (1-B)	122,764
S3 (1-C)	123,461
S4 (1-D)	72,852
S5 (2-A)	124,244
S6 (2-D)	124,241
S7 (4-A)	124,200
S8 (4-D)	124,208
S9 (5-A)	72,856
S10 (5-B)	123,478
S11 (5-C)	122,811
S12 (5-D)	72,869
P1 Poligon (2-4/B-C)	960,686

Dış akslardaki köşe kolonlarda (S1, S4, S9, S12) en düşük, bina ortasındaki poligon perdede en yüksek normal kuvvet değerleri elde edilmiştir.

5.4.9. Perde Çerçeve Sistem Kontrolü

Betonarme perdelerin tabanında deprem yüklerinden meydana gelen devrilme momenti ile binanın tümü için deprem yüklerinden tabanda meydana gelen toplam devrilme momenti hesaplanarak TBDY-2018’de verilen sınırlar ve R, D katsayıları kontrol edildi. (Çizelge 5.72. ve Çizelge 5.73.)

Çizelge 5.72. Ex yüklemesi sonucu hesaplanan moment değerleri

Eleman	M ₃₃ (+) (tm)	M ₂₂ (+) (tm)	M _{dev} (+) (tm)	M ₃₃ (-) (tm)	M ₂₂ (-) (tm)	M _{dev} (-) (tm)	M _{dev} / M ₀
P1	2163,54	0,07	2163,54	2163,55	0,06	2163,55	0,92
Perde Devrilme Momenti (M _{Dev}):			2163,54			2163,55	
Taban Devrilme Momenti (M ₀):			2341,98			2341,98	

$M_{Dev} / M_0 = 0,92 > 0,75$ olduğundan TBDY-2018’e göre tasarım etkileri X yönünde deprem etkilerinin tamamının süneklik düzeyi yüksek perdelerle karşılandığı binalar (A13) için tanımlanan R ve D katsayıları (R=6 D=2,5) dikkate alınmıştır.

P1 poligon betonarme perdenin X yönünde aldığı taban devrilme momenti (M_{dev}) binanın tümü için deprem yüklerinden meydana gelen toplam taban devrilme momentinin (M₀) 1/3 ünü aşmaktadır. Bu yüzden X yönünde Taşıyıcı Sistem Davranış

Katsayısı (4/5)R dikkate alınarak tasarım sonuçlarının hesabında R=4,8 ve D=2,5 kullanılmıştır.

Çizelge 5.73. Ey yüklemesi sonucu hesaplanan moment değerleri

Eleman	M ₃₃ (+) (tm)	M ₂₂ (+) (tm)	M _{dev} (+) (tm)	M ₃₃ (-) (tm)	M ₂₂ (-) (tm)	M _{dev} (-) (tm)	M _{dev} / M ₀
P3	1296,02	0,13	1296,02	1296,01	0,13	1296,01	0,71
Perde Devrilme Momenti (M _{Dev}):			1296,02			1296,01	
Taban Devrilme Momenti (M ₀):			1816,19			1816,19	

$M_{Dev} / M_0 = 0,71 < 0,75$ olduğundan Y yönündeki mevcut bina taşıyıcı sistemi (A15) kabul edilebilir.

P1 poligon betonarme perdenin Y yönünde aldığı taban devrilme momenti (M_{dev}) binanın tümü için deprem yüklerinden meydana gelen toplam taban devrilme momentinin (M₀) 1/3 ünü aşmaktadır. Bu yüzden Y yönünde Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (4/5)R dikkate alınarak tasarım sonuçlarının hesabında R=5,6 ve D=2,5 kullanılmıştır.

5.4.10. Donatı tasarımı

4. modele ait her kolon ve perde için en kritik yüklemeye göre hesaplanan gerekli kolon ve perde boyuna donatı alanları çizelge 5.74.'te gösterilmiştir.

Çizelge 5.74. Kolon ve perdelerde gerekli boyuna donatı alanları (cm²)

Kolon/perde adı (bulunduğu aks)	ZEMİN KAT	1. KAT	2. KAT	3. KAT	4. KAT
S1 (1-A)	16	16	16	16	16
S2 (1-B)	16	16	16	16	16
S3 (1-C)	16	16	16	16	16
S4 (1-D)	16	16	16	16	16
S5 (2-A)	16	16	16	16	16
S6 (2-D)	16	16	16	16	16
S7 (4-A)	16	16	16	16	16
S8 (4-D)	16	16	16	16	16
S9 (5-A)	16	16	16	16	16
S10 (5-B)	16	16	16	16	16
S11 (5-C)	16	16	16	16	16
S12 (5-D)	16	16	16	16	16
P1 Poligon (2-4/B-C)	272,52	185,46	112,78	95,31	95,31

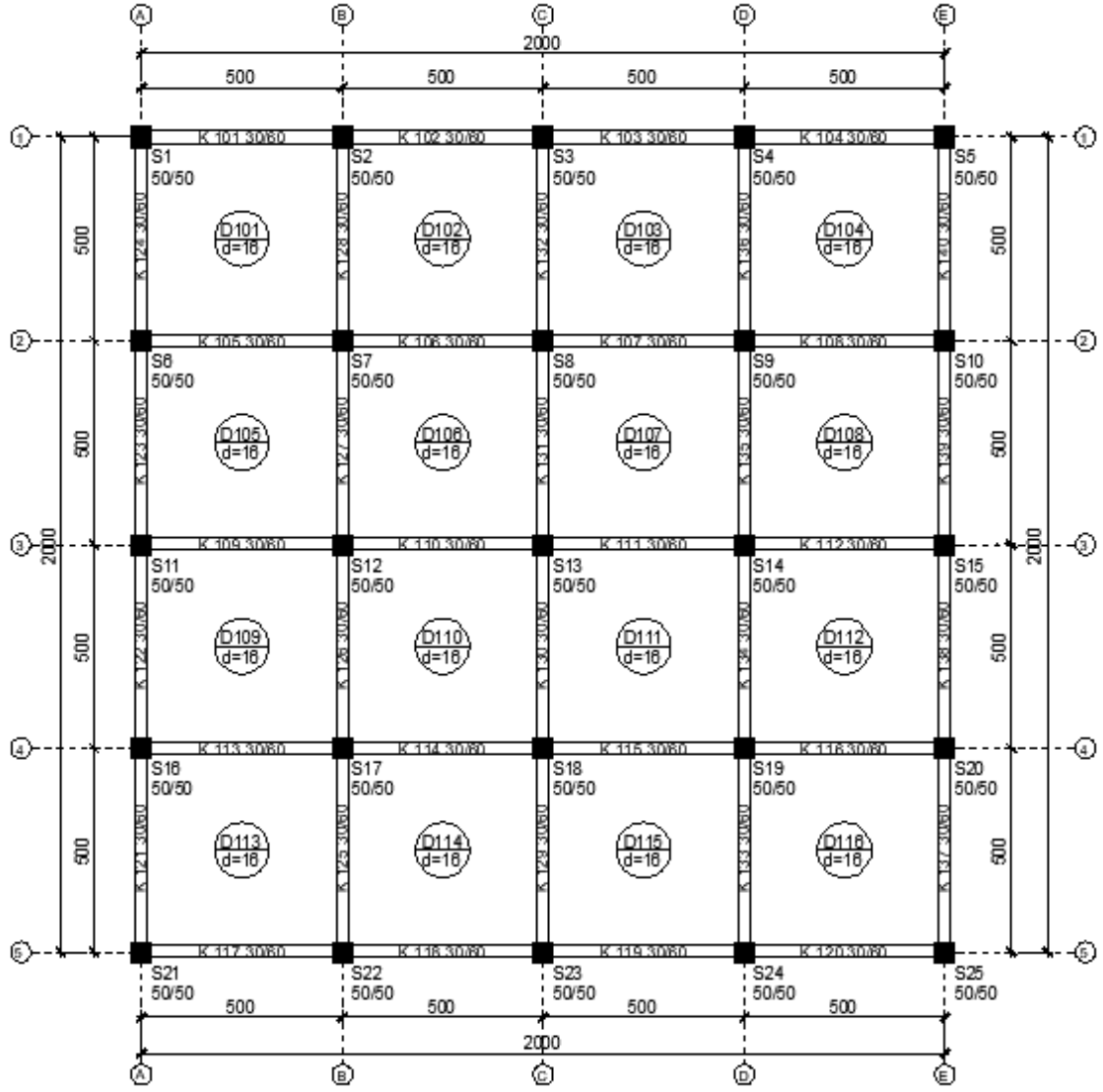
4. modele ait zemin katta hesaplanan gerekli kiriş boyuna donatı alanları çizelge 5.75.'te gösterilmiştir.

Çizelge 5.75. Zemin kat kirişlerinde gerekli boyuna donatı alanları (cm²)

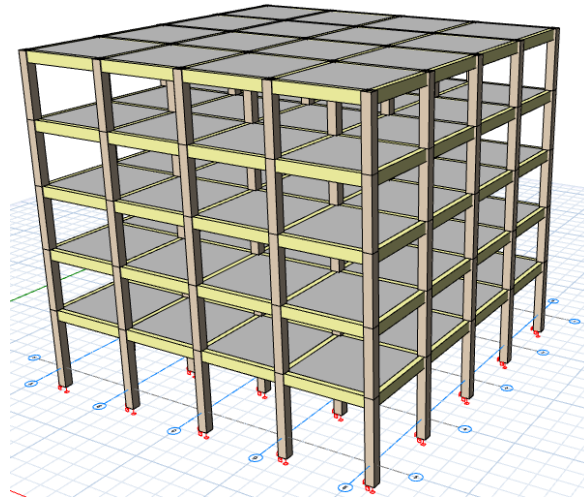
Aks 1	K101			K102			K103		
Üst kenar	5,30	1,36	5,44	5,00	1,25	5,00	5,45	1,36	5,31
Alt kenar	2,65	2,25	2,72	2,50	1,75	2,50	2,72	2,25	2,65
Aks 2	K104			K105			K106		
Üst kenar	6,81	1,70	6,21	4,26	1,06	4,26	6,21	1,71	6,85
Alt kenar	3,41	4,89	3,11	2,13	1,32	2,13	3,11	4,88	3,42
Aks 4	K107			K108			K109		
Üst kenar	6,86	1,72	6,23	4,27	1,07	4,26	6,23	1,70	6,81
Alt kenar	3,43	4,88	3,11	2,13	1,32	2,13	3,11	4,88	3,41
Aks 5	K110			K111			K112		
Üst kenar	5,31	1,36	5,45	5,00	1,25	5,01	5,43	1,36	5,30
Alt kenar	2,65	2,24	2,73	2,50	1,75	2,50	2,72	2,24	2,65
Aks A	K113			K114			K115		
Üst kenar	4,82	1,23	4,90	4,42	1,11	4,42	4,88	1,22	4,83
Alt kenar	2,41	2,23	2,45	2,21	1,69	2,21	2,44	2,23	2,41
Aks B	K116			P1			K117		
Üst kenar	7,17	2,28	9,13				8,96	2,24	7,01
Alt kenar	3,58	4,82	4,56				4,48	4,83	3,50
Aks C	K118			P1			K119		
Üst kenar	6,99	2,24	8,95				9,14	2,28	7,18
Alt kenar	3,50	4,82	4,47				4,57	4,83	3,59
Aks D	K120			K121			K122		
Üst kenar	4,83	1,22	4,88	4,41	1,11	4,42	4,91	1,23	4,82
Alt kenar	2,41	2,22	2,44	2,21	1,70	2,21	2,45	2,22	2,41

5.5. Beşinci Model

Beşinci modelde; X doğrultusunda 5 metre aralıklarla 1, 2, 3, 4 ve 5 aksı, Y doğrultusunda ise 5 metre aralıklarla A, B, C, D ve E aksları tanımlanmıştır. Ardından her aks kesişiminde 25 adet 50/50 cm boyutlarında kolonlar, bu kolonları birbirine bağlayan 30/60 cm boyutlarında kirişler ve 16 cm kalınlığında döşemeler modellenmiştir. (Şekil 5.15. ve Şekil 5.16.)



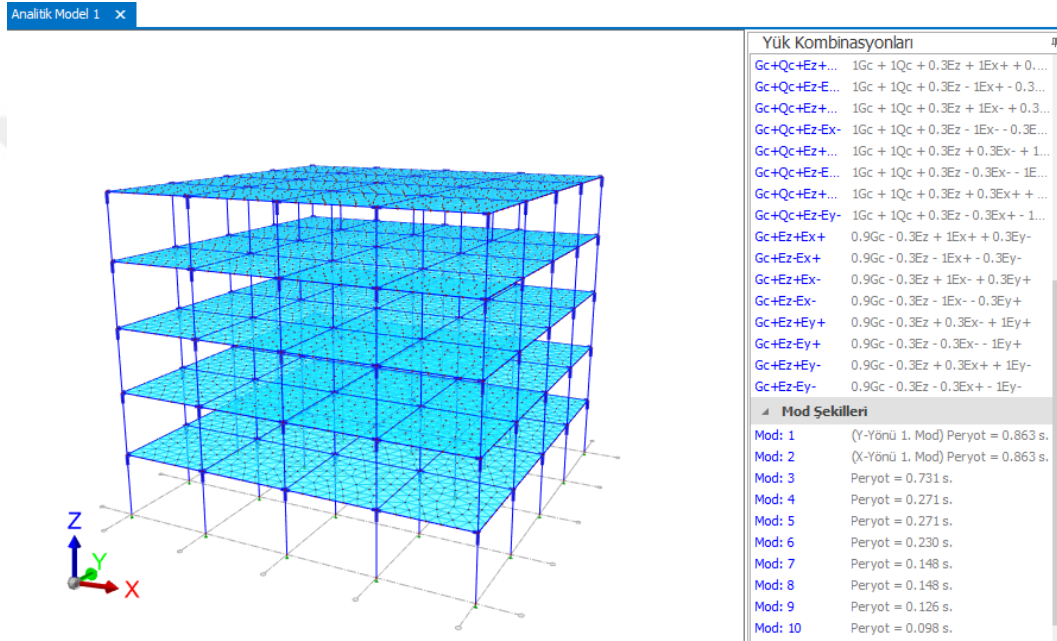
Şekil 5.15. Model -5 kat planı



Şekil 5.16. Model -5 Üç boyutlu görünüm

TBDY-2018'den süneklik düzeyi yüksek X ve Y doğrultusunda deprem etkilerinin tamamının moment aktaran süneklik düzeyi yüksek betonarme çerçeveler ile karşılandığı binalar (A11) için $R = 8$ ve $D = 3$ değerleri seçilmiştir. Hesaba katılacak mod sayısı 10 olarak belirlenmiş, model seçenekleri menüsünden sonlu elemanlar kabuk modeli seçilmiş, sonlu elemanlar ağından döşemeler modele dahil edilmiş ve analiz yapılmıştır.

Yapılan modal analiz sonucunda binanın her iki yöndeki hakim doğal titreşim periyodu $T_p^{(X,Y)} = 0,863$ s olarak bulunmuştur. (Şekil 5.17.)



Şekil 5.17. Model -5 analitik görünüm

Analiz sonrası katkısı %3'ten büyük olan bütün modlar için (X) ve (Y) deprem doğrultularında her bir mod için hesaplanan taban kesme kuvveti modal etkin kütlelerinin toplamının bina toplam kütlelerinin %95'inden daha az olmadığı kontrol edilmiştir.

TBDY-2018'e göre gerekli kontroller yapılmıştır.

5.5.1. Burulma düzensizliği kontrolü

Ex+ yüklemesi için her katta okunan yer değiştirme değerleri ve hesaplanan η_{bi} değerleri çizelge 5.76.'da gösterilmiştir.

Çizelge 5.76. Ex+ yüklemesi sonucu oluşan yer değiştirmeler ve hesaplanan η_{bi} değerleri

Kat	$\delta_{i,max}(m)$	$\delta_{i,min}(m)$	$(\Delta_i)_{max}$	$(\Delta_i)_{min}$	$(\Delta_i)_{ort}$	η_{bi}
4	0,019109	0,015707	0,001921	0,00159	0,00175	1,09584
3	0,017188	0,014122	0,003355	0,00276	0,00306	1,09694
2	0,013833	0,01136	0,004632	0,00381	0,00422	1,09776
1	0,009201	0,007553	0,005385	0,00442	0,0049	1,09808
Zemin	0,003816	0,00313	0,003816	0,00313	0,00347	1,09876

Ex- yüklemesi için her katta okunan yer değiştirme değerleri ve hesaplanan η_{bi} değerleri çizelge 5.77.'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.77. Ex- yüklemeleri sonucu oluşan yer değiştirmeler ve hesaplanan η_{bi} değerleri

Kat	$\delta_{i,max}(m)$	$\delta_{i,min}(m)$	$(\Delta_i)_{max}$	$(\Delta_i)_{min}$	$(\Delta_i)_{ort}$	η_{bi}
4	0,019112	0,015705	0,001922	0,00159	0,00175	1,09609
3	0,01719	0,01412	0,003355	0,00276	0,00306	1,09712
2	0,013835	0,011359	0,004633	0,00381	0,00422	1,09787
1	0,009202	0,007552	0,005386	0,00442	0,0049	1,09829
Zemin	0,003816	0,00313	0,003816	0,00313	0,00347	1,09876

Ey+ yüklemesi için her katta okunan yer değiştirme değerleri ve hesaplanan η_{bi} değerleri çizelge 5.78.'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.78. Ey+ yüklemesi sonucu oluşan yer değiştirmeler ve hesaplanan η_{bi} değerleri

Kat	$\delta_{i,max}(m)$	$\delta_{i,min}(m)$	$(\Delta_i)_{max}$	$(\Delta_i)_{min}$	$(\Delta_i)_{ort}$	η_{bi}
4	0,019111	0,015706	0,001922	0,00159	0,00175	1,09609
3	0,017189	0,014121	0,003355	0,00276	0,00306	1,09712
2	0,013834	0,01136	0,004632	0,00381	0,00422	1,09763
1	0,009202	0,007552	0,005386	0,00442	0,0049	1,09829
Zemin	0,003816	0,00313	0,003816	0,00313	0,00347	1,09876

Ey- yüklemesi için her katta okunan yer değiştirme değerleri ve hesaplanan η_{bi} değerleri çizelge 5.79.'da gösterilmiştir.

Çizelge 5.79. Ey- yüklemeleri sonucu oluşan yer değiştirmeler ve hesaplanan η_{bi} değerleri

Kat	$\delta_{i,max}(m)$	$\delta_{i,min}(m)$	$(\Delta_i)_{max}$	$(\Delta_i)_{min}$	$(\Delta_i)_{ort}$	η_{bi}
4	0,01911	0,015706	0,001921	0,00159	0,00175	1,09584
3	0,017189	0,014121	0,003355	0,00276	0,00306	1,09712
2	0,013834	0,01136	0,004632	0,00381	0,00422	1,09763
1	0,009202	0,007552	0,005386	0,00442	0,0049	1,09829
Zemin	0,003816	0,00313	0,003816	0,00313	0,00347	1,09876

Görüldüğü gibi η_{bi} değerleri X ve Y yönünde 1,2'den küçük olduğundan modelde burulma düzensizliği bulunmamaktadır.

5.5.2. Döşeme süreksizliği kontrolü

Modelde döşeme boşluğu, merdiven, asansör ve döşemelerde düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani azalmalar bulunmadığından dolayı döşeme süreksizliği bulunmamaktadır.

5.5.3. Planda çıkıntılar bulunması ve komşu katlar arası dayanım düzensizliği

Modeldeki planda herhangi bir çıkıntı bulunmadığından ve etkili kesme alanları her katta aynı olduğundan bu tür düzensizlikler bulunmamaktadır.

5.5.4. Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (yumuşak kat)

Ex+ yüklemesi için hesaplanan η_{ki} değerleri çizelge 5.80.'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.80. Ex+ yüklemesi sonucu hesaplanan η_{ki} değerleri

Kat	h_i (m)	$(\Delta_i)_{ort}$	$(\Delta_i/h_i)_{ort}$	$\eta_{ki}=(\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort}$	$\eta_{ki}=(\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}$
4	3,5	0,0018	0,0005	-	0,573
3	3,5	0,0031	0,00087	1,745	0,725
2	3,5	0,0042	0,00121	1,380	0,860
1	3,5	0,0049	0,0014	1,162	1,412
Zemin	3,5	0,0035	0,00099	0,708	-

Ex- yüklemesi için hesaplanan η_{ki} değerleri çizelge 5.81.'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.81. Ex- yüklemesi sonucu hesaplanan η_{ki} değerleri

Kat	h_i (m)	$(\Delta_i)_{ort}$	$(\Delta_i/h_i)_{ort}$	$\eta_{ki}=(\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort}$	$\eta_{ki}=(\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}$
4	3,5	0,0018	0,0005	-	0,573
3	3,5	0,0031	0,00087	1,744	0,725
2	3,5	0,0042	0,00121	1,380	0,861
1	3,5	0,0049	0,0014	1,162	1,412
Zemin	3,5	0,0035	0,00099	0,708	-

Ey+ yüklemesi için hesaplanan η_{ki} değerleri çizelge 5.82.'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.82. Ey+ yüklemesi sonucu hesaplanan η_{ki} değerleri

Kat	h_i (m)	$(\Delta_i)_{ort}$	$(\Delta_i/h_i)_{ort}$	$\eta_{ki}=(\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort}$	$\eta_{ki}=(\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}$
4	3,5	0,0018	0,0005	-	0,573
3	3,5	0,0031	0,00087	1,744	0,725
2	3,5	0,0042	0,00121	1,380	0,861
1	3,5	0,0049	0,0014	1,162	1,412
Zemin	3,5	0,0035	0,00099	0,708	-

Ey- yüklemesi için hesaplanan η_{ki} değerleri çizelge 5.83.'te gösterilmiştir.

Çizelge 5.83. Ey- yüklemesi sonucu hesaplanan η_{ki} değerleri

Kat	h_i (m)	$(\Delta_i)_{ort}$	$(\Delta_i/h_i)_{ort}$	$\eta_{ki}=(\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort}$	$\eta_{ki}=(\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}$
4	3,5	0,0018	0,0005	-	0,573
3	3,5	0,0031	0,00087	1,744	0,725
2	3,5	0,0042	0,00121	1,380	0,861
1	3,5	0,0049	0,0014	1,162	1,412
Zemin	3,5	0,0035	0,00099	0,708	-

Görüldüğü gibi η_{ki} değerleri X ve Y doğrultusunda da 2,0 değerinden küçük olduğundan modelde komşu katlar arası rijitsizlik düzensizliği bulunmamaktadır.

5.5.5. Düşey eleman süreksizliği kontrolü

Modelde düşey taşıyıcı elemanlarda herhangi bir süreksizlik bulunmamaktadır.

5.5.6. Statik eşdeğer deprem yükü ile mod birleştirme toplamının karşılaştırılması

TBDY-2018'e göre azaltılmış iç kuvvetlerin ve yer değiştirmelerin eşdeğer taban kesme kuvvetine göre büyütülüp büyütülmeyeceği kontrol edilmiştir. (Çizelge 5.84. ve Çizelge 5.85.)

TBDY-2018'de tanımlanan düzensizliklerden hiçbirinin modelde bulunmaması sebebiyle $\gamma_E = 0.80$ alınmıştır.

Çizelge 5.84. X yönündeki taban kesme kuvvetleri

	V_{tx-X} (t)	V_{tx-Y} (t)	V_{tx} (t)
Ex-	158,664	7,832	158,857
Ex+	158,664	7,832	158,857
Vt-statik	175,925	0,000	175,925

X yönünde bina toplam deprem yükü mod birleştirme yöntemine göre 158,857 t, eşdeğer statik deprem yükü yöntemine göre ise 175,925 t bulunmuştur Dolayısıyla;

$$V_{tx} > \gamma_E V_{tE} \rightarrow 158,857 > 0,8 * 175,925 = 140,74$$

olduğundan dinamik analiz sonuçları arttırılmayacaktır.

Çizelge 5.85. Y yönündeki taban kesme kuvvetleri

	V_{tx-X} (t)	V_{tx-Y} (t)	V_{tx} (t)
Ey-	7,832	158,701	158,895
Ey+	7,832	158,701	158,895
Vt-statik	0,000	175,914	175,914

Y yönünde bina toplam deprem yükü mod birleştirme yöntemine göre 158,895 t, eşdeğer statik deprem yükü yöntemine göre ise 175,914 t bulunmuştur. Dolayısıyla;

$$V_{tx} > \gamma_E V_{tE} \rightarrow 158,895 > 0,8 * 175,914 = 140,73$$

olduğundan dinamik analiz sonuçları arttırılmayacaktır.

5.5.7. Etkin görel kat ötelemeleri kontrolü

Ex+ yüklemesi için hesaplanan etkin görel kat ötelemesi değerleri çizelge 5.86.'da gösterilmiştir.

Çizelge 5.86. Ex+ yüklemesi sonucu hesaplanan etkin görel kat ötelemesi değerleri

Kat	h_i (m)	Δ_{max} (m)	δ_{etkin} (m)	$(\delta/h)_{etkin}$	$\lambda (\delta/h)_{etkin}$
4	3,5	0,00192	0,015369	0,004391	0,001572
3	3,5	0,00336	0,02684	0,007669	0,002745
2	3,5	0,00463	0,037055	0,010587	0,003790
1	3,5	0,00539	0,043084	0,012310	0,004407
Zemin	3,5	0,00382	0,030525	0,008721	0,003122

Ex- yüklemesi için hesaplanan etkin görel kat ötelemesi değerleri çizelge 5.87.'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.87. Ex- yüklemesi sonucu hesaplanan etkin görel kat ötelemesi değerleri

Kat	h_i (m)	Δ_{max} (m)	δ_{etkin} (m)	$(\delta/h)_{etkin}$	$\lambda (\delta/h)_{etkin}$
4	3,5	0,00192	0,015371	0,004392	0,001572
3	3,5	0,00336	0,026843	0,007669	0,002746
2	3,5	0,00463	0,03706	0,010589	0,003791
1	3,5	0,00539	0,04309	0,012311	0,004407

Zemin	3,5	0,00382	0,030529	0,008723	0,003123
-------	-----	---------	----------	----------	----------

Ey+ yüklemesi için hesaplanan etkin görelî kat ötelemesi değerleri çizelge 5.88.'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.88. Ey+ yüklemesi sonucu hesaplanan etkin görelî kat ötelemesi değerleri

Kat	h_i (m)	$\Delta_{\max}$ (m)	δ_{etkin} (m)	$(\delta/h)_{\text{etkin}}$	$\lambda (\delta/h)_{\text{etkin}}$
4	3,5	0,00192	0,01537	0,004391	0,001572
3	3,5	0,00336	0,026842	0,007669	0,002746
2	3,5	0,00463	0,037058	0,010588	0,003791
1	3,5	0,00539	0,043086	0,012310	0,004407
Zemin	3,5	0,00382	0,030529	0,008723	0,003123

Ey- yüklemesi için hesaplanan etkin görelî kat ötelemesi değerleri çizelge 5.89.'da gösterilmiştir.

Çizelge 5.89. Ey- yüklemesi sonucu hesaplanan etkin görelî kat ötelemesi değerleri

Kat	h_i (m)	$\Delta_{\max}$ (m)	δ_{etkin} (m)	$(\delta/h)_{\text{etkin}}$	$\lambda (\delta/h)_{\text{etkin}}$
4	3,5	0,00192	0,01537	0,004391	0,001572
3	3,5	0,00336	0,026841	0,007669	0,002745
2	3,5	0,00463	0,037057	0,010588	0,003790
1	3,5	0,00539	0,043085	0,012310	0,004407
Zemin	3,5	0,00382	0,030528	0,008722	0,003123

Görüldüğü gibi etkin görelî kat ötelemesi değerleri X ve Y doğrultusunda 0,008 değerinden küçük olduğundan modelde görelî kat ötelemeleri sınır değerleri sağlanmaktadır.

5.5.8. Kolonlardaki normal kuvvet değerleri

Tüm düşey taşıyıcı elemanlarda en elverişsiz yükleme durumu için yük kombinasyonlardan elde edilen zarf diyagramlarından okunan zemin kattaki kolonların alt ucunda oluşan aksel kuvvet (N) değerleri Çizelge 5.90.'da gösterilmiştir.

Çizelge 5.90. Zemin kattaki kolonlarda oluşan normal kuvvet

Kolon adı (bulunduğu aks)	Eksenel Kuvvet (N) (t)
S1 (1-A)	92,049
S2 (1-B)	141,475
S3 (1-C)	142,300
S4 (1-D)	141,439
S5 (1-E)	92,062
S6 (2-A)	141,467
S7 (2-B)	239,019
S8 (2-C)	239,700
S9 (2-D)	239,051
S10 (2-E)	141,438
S11 (3-A)	142,298
S12 (3-B)	239,680
S13 (3-C)	240,973
S14 (3-D)	239,703
S15 (3-E)	142,299
S16 (4-A)	141,473
S17 (4-B)	239,017
S18 (4-C)	239,713
S19 (4-D)	239,015
S20 (4-E)	141,476
S21 (5-A)	92,057
S22 (5-B)	141,437
S23 (5-C)	142,309
S24 (5-D)	141,475
S25 (5-E)	92,041

Dış akslardaki köşe kolonlarda (S1, S5, S21, S25) en düşük normal kuvvet değerleri, bina ortasına yakın akslardaki kolonlarda (S7, S8, S9, S12, S13, S14, S17, S18, S19) ise en yüksek normal kuvvet değerleri elde edilmiştir.

5.5.9. Donatı tasarımı

5. modele ait her kolon için en kritik yüklemeye göre hesaplanan gerekli kolon boyuna donatı alanları çizelge 5.91.'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.91. Kolonlarda gerekli boyuna donatı alanları (cm²)

Kolon adı (bulunduğu aks)	ZEMİN KAT	1. KAT	2. KAT	3. KAT	4. KAT
S1 (1-A)	25	25	25	25	25
S2 (1-B)	25	25	25	25	25
S3 (1-C)	25	25	25	25	25
S4 (1-D)	25	25	25	25	25
S5 (1-E)	25	25	25	25	25
S6 (2-A)	25	25	25	25	25
S7 (2-B)	25	25	25	25	25
S8 (2-C)	25	25	25	25	25
S9 (2-D)	25	25	25	25	25
S10 (2-E)	25	25	25	25	25
S11 (3-A)	25	25	25	25	25
S12 (3-B)	25	25	25	25	25
S13 (3-C)	25	25	25	25	25
S14 (3-D)	25	25	25	25	25
S15 (3-E)	25	25	25	25	25
S16 (4-A)	25	25	25	25	25
S17 (4-B)	25	25	25	25	25
S18 (4-C)	25	25	25	25	25
S19 (4-D)	25	25	25	25	25
S20 (4-E)	25	25	25	25	25
S21 (5-A)	25	25	25	25	25
S22 (5-B)	25	25	25	25	25
S23 (5-C)	25	25	25	25	25
S24 (5-D)	25	25	25	25	25
S25 (5-E)	25	25	25	25	25

5. modele ait zemin katta hesaplanan gerekli kiriş boyuna donatı alanları çizelge 5.92.'de gösterilmiştir.

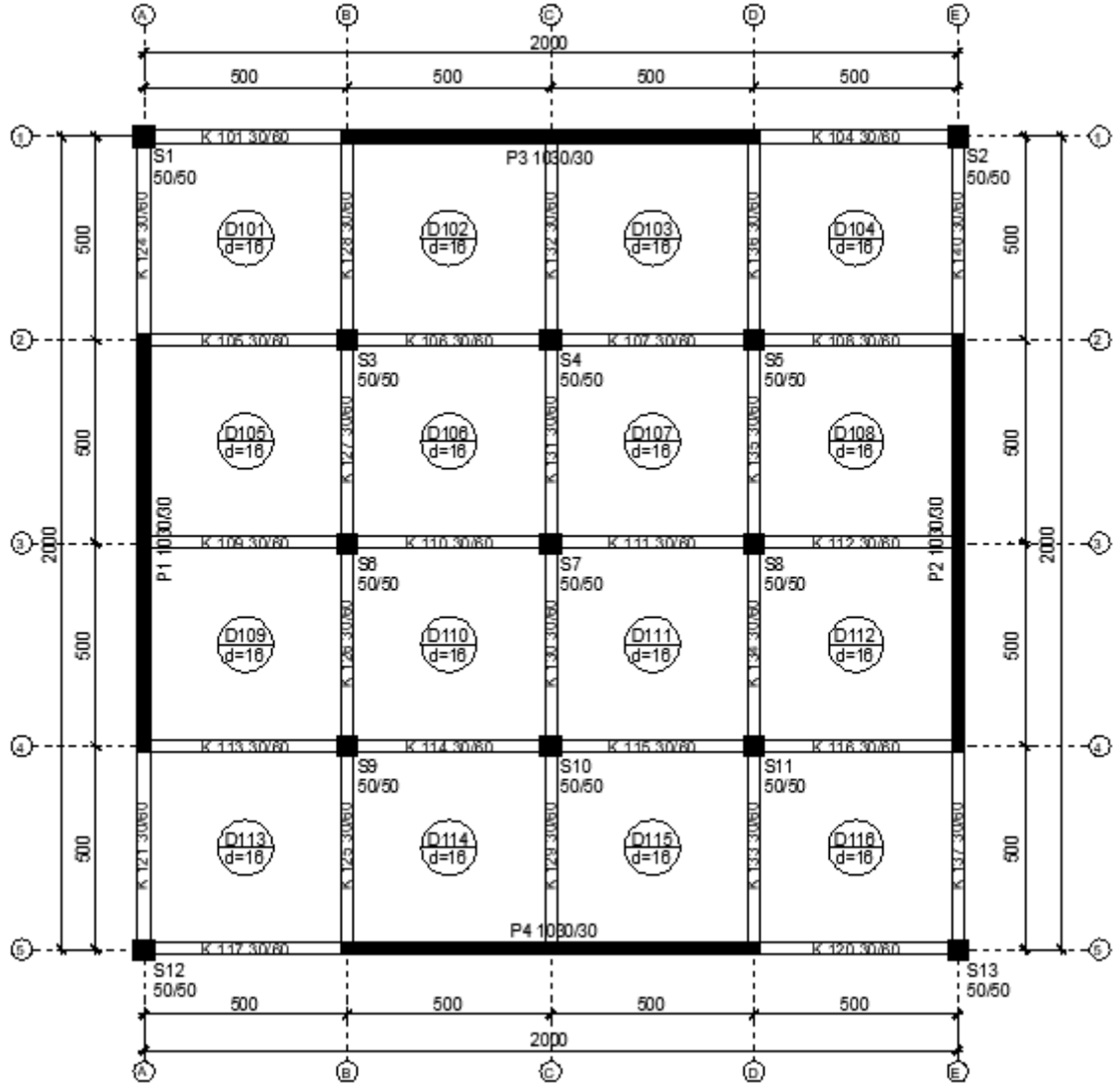
Çizelge 5.92. Zemin kat kirişlerinde gerekli boyuna donatı alanları (cm²)

Aks 1	K101			K102			K103			K104		
Üst kenar	7,80	1,95	7,58	7,25	1,81	7,22	7,23	1,81	7,23	7,59	1,95	7,80
Alt kenar	4,23	3,33	3,87	3,70	2,85	3,71	3,72	2,83	3,69	3,88	3,33	4,23
Aks 2	K105			K106			K107			K108		
Üst kenar	9,55	2,39	9,41	8,98	2,25	8,92	8,93	2,24	8,98	9,42	2,39	9,54
Alt kenar	4,77	3,71	4,71	4,49	2,99	4,46	4,47	2,99	4,49	4,71	3,72	4,77
Aks 3	K109			K110			K111			K112		
Üst kenar	9,17	2,29	9,05	8,65	2,16	8,59	8,60	2,16	8,65	9,06	2,29	9,15
Alt kenar	4,58	3,63	4,53	4,32	2,96	4,30	4,30	2,96	4,32	4,53	3,63	4,58
Aks 4	K113			K114			K115			K116		
Üst kenar	9,54	2,39	9,42	8,98	2,24	8,93	8,93	2,25	8,98	9,41	2,39	9,55
Alt kenar	4,77	3,72	4,71	4,49	2,99	4,46	4,46	2,99	4,49	4,71	3,71	4,77
Aks 5	K117			K118			K119			K120		
Üst kenar	7,80	1,95	7,58	7,23	1,81	7,23	7,22	1,81	7,24	7,57	1,95	7,80
Alt kenar	4,23	3,33	3,88	3,69	2,85	3,72	3,71	2,82	3,70	3,88	3,34	4,23
Aks A	K121			K122			K123			K124		
Üst kenar	7,80	1,95	7,59	7,23	1,81	7,23	7,21	1,81	7,25	7,57	1,95	7,80
Alt kenar	4,23	3,33	3,88	3,69	2,84	3,72	3,71	2,82	3,70	3,87	3,33	4,23
Aks B	K125			K126			K127			K128		
Üst kenar	9,54	2,38	9,42	8,98	2,24	8,93	8,92	2,25	8,99	9,41	2,39	9,55
Alt kenar	4,77	3,72	4,71	4,49	2,99	4,47	4,46	3,00	4,49	4,71	3,70	4,78
Aks C	K129			K130			K131			K132		
Üst kenar	9,15	2,29	9,06	8,64	2,16	8,60	8,59	2,16	8,65	9,05	2,29	9,17
Alt kenar	4,58	3,64	4,53	4,32	2,96	4,30	4,30	2,97	4,32	4,53	3,63	4,58
Aks D	K133			K134			K135			K136		
Üst kenar	9,54	2,39	9,41	8,98	2,24	8,93	8,92	2,24	8,98	9,42	2,39	9,54
Alt kenar	4,77	3,72	4,71	4,49	2,99	4,46	4,46	2,99	4,49	4,71	3,71	4,77
Aks E	K137			K138			K139			K140		
Üst kenar	7,80	1,95	7,58	7,24	1,81	7,22	7,23	1,81	7,23	7,58	1,95	7,80
Alt kenar	4,23	3,34	3,87	3,70	2,85	3,71	3,72	2,83	3,69	3,88	3,33	4,23

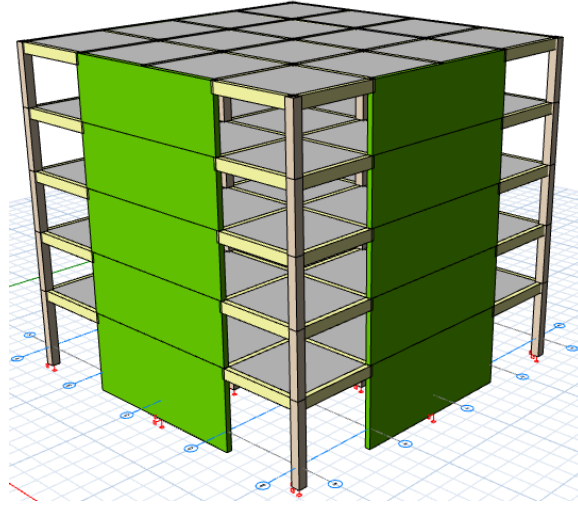
5.6. Altıncı Model

Altıncı modelde; X doğrultusunda 5 metre aralıklarla 1, 2, 3, 4 ve 5 aksı, Y doğrultusunda ise 5 metre aralıklarla A, B, C, D ve E aksları tanımlanmıştır. Ardından

1/B-D, 5/B-D, A/2-4, E/2-4 akslarına dört adet 1030/30 cm boyutlarında betonarme perde, diğer aks kesişimlerinde 13 adet 50/50 cm boyutlarında kolonlar, bu kolonları birbirine bağlayan 30/60 cm boyutlarında kirişler ve 16 cm kalınlığında döşemeler modellenmiştir. (Şekil 5.18. ve Şekil 5.19.)



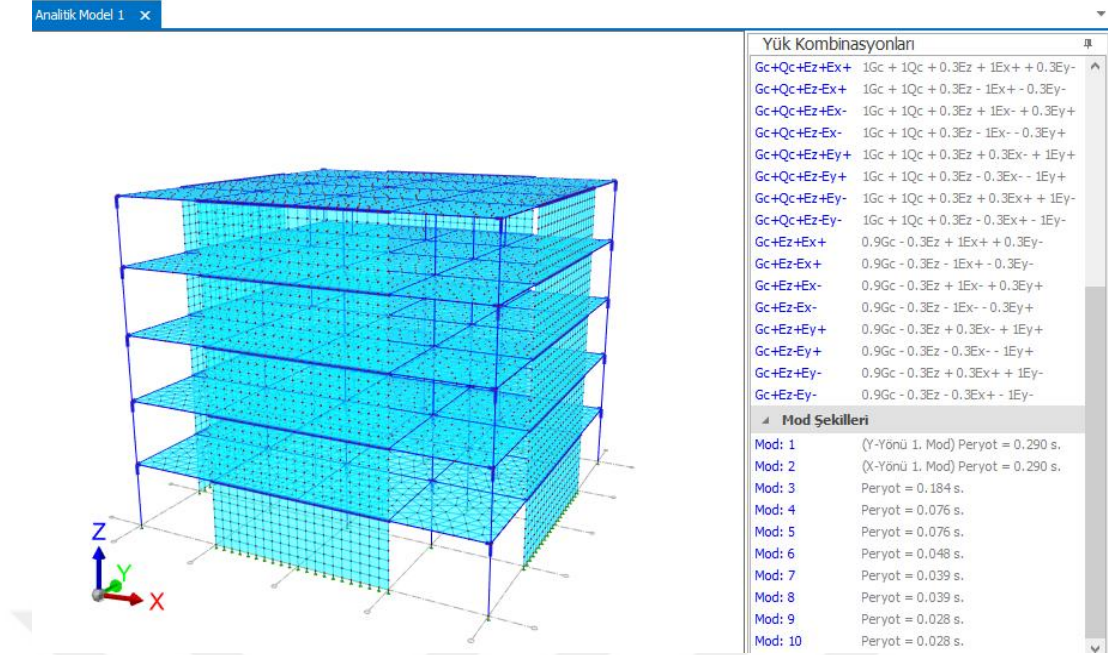
Şekil 5.18. Model - 6 kat planı



Şekil 5.19. Model - 6 Üç boyutlu görünüm

X ve Y doğrultusunda betonarme perdeler bulunduğu ve uzun kenar doğrultusundaki atalet momentleri çok daha büyük olup deprem etkilerini bu yönde etkin şekilde taşıdıklarından TBDY-2018'den deprem etkilerinin moment aktaran süneklik düzeyi yüksek betonarme çerçeveler ile süneklik düzeyi yüksek boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (A15) için $R = 7$ ve $D = 2,5$ değerleri seçilmiştir. Hesaba katılacak mod sayısı 10 olarak belirlenmiş, model seçenekleri menüsünden sonlu elemanlar kabuk modeli seçilmiş, sonlu elemanlar ağından döşemeler modele dahil edilmiş ve analiz yapılmıştır.

Yapılan modal analiz sonucunda binanın X ve Y yönündeki hakim doğal titreşim periyodu $T_p^{(X,Y)} = 0,290$ s olarak bulunmuştur. (Şekil 5.20.)



Şekil 5.20. Model - 6 analitik görünüm

Analiz sonrası katkısı %3'ten büyük olan bütün modlar için (X) ve (Y) deprem doğrultularında her bir mod için hesaplanan taban kesme kuvveti modal etkin kütlelerinin toplamının bina toplam kütlelerinin %95'inden daha az olmadığı kontrol edilmiştir.

TBDY-2018'e göre gerekli kontroller yapılmıştır.

5.6.1. Burulma düzensizliği kontrolü

Ex+ yüklemesi için her katta okunan yer değiştirme değerleri ve hesaplanan η_{bi} değerleri Çizelge 5.93.'te gösterilmiştir.

Çizelge 5.93. Ex+ yüklemesi sonucu oluşan yer değiştirmeler ve hesaplanan η_{bi} değerleri

Kat	$\delta_{i,max}(m)$	$\delta_{i,min}(m)$	$(\Delta_i)_{max}$	$(\Delta_i)_{min}$	$(\Delta_i)_{ort}$	η_{bi}
4	0,007168	0,006459	0,001623	0,00146	0,00154	1,05287
3	0,005545	0,004999	0,001709	0,00154	0,00162	1,05202
2	0,003836	0,003459	0,001628	0,00147	0,00155	1,05202
1	0,002208	0,001992	0,001362	0,00123	0,0013	1,05133
Zemin	0,000846	0,000763	0,000846	0,00076	0,0008	1,05158

Ex- yüklemesi için her katta okunan yer değiştirme değerleri ve hesaplanan η_{bi} değerleri çizelge 5.94.'te gösterilmiştir.

Çizelge 5.94. Ex- yüklemeleri sonucu oluşan yer değiştirmeler ve hesaplanan η_{bi} değerleri

Kat	$\delta_{i,max}(m)$	$\delta_{i,min}(m)$	$(\Delta_i)_{max}$	$(\Delta_i)_{min}$	$(\Delta_i)_{ort}$	η_{bi}
4	0,007168	0,006459	0,001623	0,00146	0,00154	1,05287
3	0,005545	0,004999	0,001709	0,00154	0,00162	1,05202
2	0,003836	0,003459	0,001628	0,00147	0,00155	1,05202
1	0,002208	0,001992	0,001362	0,00123	0,0013	1,05133
Zemin	0,000846	0,000763	0,000846	0,00076	0,0008	1,05158

Ey+ yüklemesi için her katta okunan yer değiştirme değerleri ve hesaplanan η_{bi} değerleri çizelge 5.95.'te gösterilmiştir.

Çizelge 5.95. Ey+ yüklemesi sonucu oluşan yer değiştirmeler ve hesaplanan η_{bi} değerleri

Kat	$\delta_{i,max}(m)$	$\delta_{i,min}(m)$	$(\Delta_i)_{max}$	$(\Delta_i)_{min}$	$(\Delta_i)_{ort}$	η_{bi}
4	0,007168	0,006459	0,001623	0,00146	0,00154	1,05287
3	0,005545	0,004999	0,001709	0,00154	0,00162	1,05202
2	0,003836	0,003459	0,001628	0,00147	0,00155	1,05202
1	0,002208	0,001992	0,001362	0,00123	0,0013	1,05133
Zemin	0,000846	0,000763	0,000846	0,00076	0,0008	1,05158

Ey- yüklemesi için her katta okunan yer değiştirme değerleri ve hesaplanan η_{bi} değerleri çizelge 5.96.'da gösterilmiştir.

Çizelge 5.96. Ey- yüklemeleri sonucu oluşan yer değiştirmeler ve hesaplanan η_{bi} değerleri

Kat	$\delta_{i,max}(m)$	$\delta_{i,min}(m)$	$(\Delta_i)_{max}$	$(\Delta_i)_{min}$	$(\Delta_i)_{ort}$	η_{bi}
4	0,007168	0,006459	0,001623	0,00146	0,00154	1,05287
3	0,005545	0,004999	0,001709	0,00154	0,00162	1,05202
2	0,003836	0,003459	0,001628	0,00147	0,00155	1,05202
1	0,002208	0,001992	0,001362	0,00123	0,0013	1,05133
Zemin	0,000846	0,000763	0,000846	0,00076	0,0008	1,05158

Görüldüğü gibi η_{bi} değerleri X ve Y yönünde 1,2'den küçük olduğundan modelde burulma düzensizliği bulunmamaktadır.

5.6.2. Döşeme süreksizliği kontrolü

Modelde döşeme boşluğu, merdiven, asansör ve döşemelerde düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani azalmalar bulunmadığından dolayı döşeme süreksizliği bulunmamaktadır.

5.6.3. Planda çıkıntılar bulunması ve komşu katlar arası dayanım düzensizliği

Modeldeki planda herhangi bir çıkıntı bulunmadığından ve etkili kesme alanları her katta aynı olduğundan bu tür düzensizlikler bulunmamaktadır.

5.6.4. Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (yumuşak kat)

Ex+ yüklemesi için hesaplanan η_{ki} değerleri çizelge 5.97.'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.97. Ex+ yüklemesi sonucu hesaplanan η_{ki} değerleri

Kat	h_i (m)	$(\Delta_i)_{ort}$	$(\Delta_i/h_i)_{ort}$	$\eta_{ki}=(\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort}$	$\eta_{ki}=(\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}$
4	3,5	0,0015	0,0004404	-	0,949
3	3,5	0,0016	0,0004641	1,054	1,050
2	3,5	0,0015	0,0004421	0,953	1,195
1	3,5	0,0013	0,0003701	0,837	1,610
Zemin	3,5	0,0008	0,0002298	0,621	-

Ex- yüklemesi için hesaplanan η_{ki} değerleri çizelge 5.98.'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.98. Ex- yüklemesi sonucu hesaplanan η_{ki} değerleri

Kat	h_i (m)	$(\Delta_i)_{ort}$	$(\Delta_i/h_i)_{ort}$	$\eta_{ki}=(\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort}$	$\eta_{ki}=(\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}$
4	3,5	0,0015	0,0004404	-	0,949
3	3,5	0,0016	0,0004641	1,054	1,050
2	3,5	0,0015	0,0004421	0,953	1,195
1	3,5	0,0013	0,0003701	0,837	1,610
Zemin	3,5	0,0008	0,0002298	0,621	-

Ey+ yüklemesi için hesaplanan η_{ki} değerleri çizelge 5.99.'da gösterilmiştir.

Çizelge 5.99. Ey+ yüklemesi sonucu hesaplanan η_{ki} değerleri

Kat	h_i (m)	$(\Delta_i)_{ort}$	$(\Delta_i/h_i)_{ort}$	$\eta_{ki}=(\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort}$	$\eta_{ki}=(\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}$
4	3,5	0,0015	0,0004404	-	0,949
3	3,5	0,0016	0,0004641	1,054	1,050
2	3,5	0,0015	0,0004421	0,953	1,195
1	3,5	0,0013	0,0003701	0,837	1,610
Zemin	3,5	0,0008	0,0002298	0,621	-

Ey- yüklemesi için hesaplanan η_{ki} değerleri çizelge 5.100.'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.100. Ey- yüklemesi sonucu hesaplanan η_{ki} değerleri

Kat	h_i (m)	$(\Delta_i)_{ort}$	$(\Delta_i/h_i)_{ort}$	$\eta_{ki}=(\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort}$	$\eta_{ki}=(\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}$
4	3,5	0,0015	0,0004404	-	0,949
3	3,5	0,0016	0,0004641	1,054	1,050
2	3,5	0,0015	0,0004421	0,953	1,195
1	3,5	0,0013	0,0003701	0,837	1,610
Zemin	3,5	0,0008	0,0002298	0,621	-

Görüldüğü gibi η_{ki} değerleri X ve Y doğrultusunda da 2,0 değerinden küçük olduğundan modelde komşu katlar arası rijitsizlik düzensizliği bulunmamaktadır.

5.6.5. Düşey eleman süreksizliği kontrolü

Modelde düşey taşıyıcı elemanlarda herhangi bir süreksizlik bulunmamaktadır.

5.6.6. Statik eşdeğer deprem yükü ile mod birleştirme toplamının karşılaştırılması

TBDY-2018'e göre azaltılmış iç kuvvetlerin ve yer değiştirmelerin eşdeğer taban kesme kuvvetine göre büyütülüp büyütülmeyeceği kontrol edilmiştir. (Çizelge 5.101. ve Çizelge 5.102.)

TBDY-2018'de tanımlanan düzensizliklerden hiçbirinin modelde bulunmaması sebebiyle $\gamma_E = 0.80$ alınmıştır.

Çizelge 5.101. X yönündeki taban kesme kuvvetleri

	V_{tx-X} (t)	V_{tx-Y} (t)	V_{tx} (t)
Ex-	516,312	0,009	516,312
Ex+	516,312	0,009	516,312
Vt-statik	621,210	0,000	621,210

X yönünde bina toplam deprem yükü mod birleştirme yöntemine göre 516,312 t, eşdeğer statik deprem yükü yöntemine göre ise 621,210 t bulunmuştur. Dolayısıyla;

$$V_{tx} > \gamma_E V_{tE} \rightarrow 516,312 > 0,8 * 621,210 = 496,97$$

olduğundan dinamik analiz sonuçları arttırılmayacaktır.

Çizelge 5.102. Y yönündeki taban kesme kuvvetleri

	V_{tx-X} (t)	V_{tx-Y} (t)	V_{tx} (t)
Ey-	0,009	516,312	516,312

Ey+	0,009	516,312	516,312
Vt-statik	0,000	621,208	621,208

Y yönünde bina toplam deprem yükü mod birleştirme yöntemine göre 516,312 t, eşdeğer statik deprem yükü yöntemine göre ise 621,208 t bulunmuştur. Dolayısıyla;

$$V_{tx} > \gamma_E V_{tE} \rightarrow 516,312 > 0,8 * 621,208 = 496,97$$

olduğundan dinamik analiz sonuçları arttırılmayacaktır.

5.6.7. Etkin görel kat ötelemeleri kontrolü

Ex+ yüklemesi için hesaplanan etkin görel kat ötelemesi değerleri çizelge 5.103.'te gösterilmiştir.

Çizelge 5.103. Ex+ yüklemesi sonucu hesaplanan etkin görel kat ötelemesi değerleri

Kat	h_i (m)	Δ_{max} (m)	δ_{etkin} (m)	$(\delta/h)_{etkin}$	$\lambda (\delta/h)_{etkin}$
4	3,5	0,00162	0,011357	0,003245	0,001311
3	3,5	0,00171	0,011962	0,003418	0,001381
2	3,5	0,00163	0,011397	0,003256	0,001316
1	3,5	0,00136	0,009538	0,002725	0,001101
Zemin	3,5	0,00085	0,005921	0,001692	0,000683

Ex- yüklemesi için hesaplanan etkin görel kat ötelemesi değerleri çizelge 5.104.'te gösterilmiştir.

Çizelge 5.104. Ex- yüklemesi sonucu hesaplanan etkin görel kat ötelemesi değerleri

Kat	h_i (m)	Δ_{max} (m)	δ_{etkin} (m)	$(\delta/h)_{etkin}$	$\lambda (\delta/h)_{etkin}$
4	3,5	0,00162	0,011357	0,003245	0,001311
3	3,5	0,00171	0,011962	0,003418	0,001381
2	3,5	0,00163	0,011397	0,003256	0,001316
1	3,5	0,00136	0,009538	0,002725	0,001101
Zemin	3,5	0,00085	0,005921	0,001692	0,000683

Ey+ yüklemesi için hesaplanan etkin görel kat ötelemesi değerleri çizelge 5.105.'te gösterilmiştir.

Çizelge 5.105. Ey+ yüklemesi sonucu hesaplanan etkin görel kat ötelemesi değerleri

Kat	h_i (m)	Δ_{max} (m)	δ_{etkin} (m)	$(\delta/h)_{etkin}$	$\lambda (\delta/h)_{etkin}$
4	3,5	0,00162	0,011357	0,003245	0,001311
3	3,5	0,00171	0,011962	0,003418	0,001381
2	3,5	0,00163	0,011397	0,003256	0,001316
1	3,5	0,00136	0,009538	0,002725	0,001101
Zemin	3,5	0,00085	0,005921	0,001692	0,000683

Ey- yüklemesi için hesaplanan etkin görelî kat ötelemesi değêrleri çizelge 5.106.'da gösterilmiştir.

Çizelge 5.106. Ey- yüklemesi sonucu hesaplanan etkin görelî kat ötelemesi değêrleri

Kat	h_i (m)	Δ_{max} (m)	δ_{etkin} (m)	$(\delta/h)_{etkin}$	$\lambda (\delta/h)_{etkin}$
4	3,5	0,00162	0,011357	0,003245	0,001311
3	3,5	0,00171	0,011962	0,003418	0,001381
2	3,5	0,00163	0,011397	0,003256	0,001316
1	3,5	0,00136	0,009538	0,002725	0,001101
Zemin	3,5	0,00085	0,005921	0,001692	0,000683

Göröldüğü gibi etkin görelî kat ötelemesi değêrleri X ve Y doğrultusunda 0,008 değêrinden küçük olduğundan modelde görelî kat ötelemeleri sınır değêrleri sağlanmaktadır.

5.6.8. Kolon ve perdelerdeki normal kuvvet değêrleri

Tüm düşey taşıyıcı elemanlarda en elverişsiz yükleme durumu için yük kombinasyonlardan elde edilen zarf diyagramlardan okunan zemin kattaki kolonların ve perdelerin alt ucunda oluşan aksel kuvvet (N) değêrleri Çizelge 5.107.'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.107. Zemin kattaki kolonlarda/perdelerde oluşan normal kuvvet

Kolon/perde adı (bulunduğı aks)	Aksel Kuvvet (N) (t)
S1 (1-A)	94,388
S2 (1-E)	94,394
S3 (2-B)	244,718
S4 (2-C)	236,046
S5 (2-D)	244,754
S6 (3-B)	236,053
S7 (3-C)	242,843
S8 (3-D)	236,057
S9 (4-B)	244,751
S10 (4-C)	236,143
S11 (4-D)	244,732
S12 (5-A)	94,386
S13 (5-E)	94,423
P1 (A/2-4)	520,387
P2 (E/2-4)	520,358
P3 (1/B-D)	520,378
P4 (5/B-D)	520,322

Dış akslardaki köşe kolonlarda (S1, S2, S12, S13) en düşük, X ve Y yönündeki dış akslardaki perdelerde en yüksek normal kuvvet değerleri elde edilmiştir.

5.6.9. Perde Çerçeve Sistem Kontrolü

Betonarme perdelerin tabanında deprem yüklerinden meydana gelen devrilme momenti ile binanın tümü için deprem yüklerinden tabanda meydana gelen toplam devrilme momenti hesaplanarak TBDY-2018’de verilen sınırlar ve R, D katsayıları kontrol edildi. (Çizelge 5.108. ve Çizelge 5.109)

Çizelge 5.108. Ex yüklemesi sonucu hesaplanan moment değerleri

Eleman	M ₃₃ (+) (tm)	M ₂₂ (+) (tm)	M _{dev} (+) (tm)	M ₃₃ (-) (tm)	M ₂₂ (-) (tm)	M _{dev} (-) (tm)	M _{dev} / M ₀
P4	2416,46	0,00	2416,46	2679,63	0,00	2679,63	0,47
P3	2679,63	0,00	2679,63	2416,46	0,00	2416,46	0,47
Perde Devrilme Momenti (M _{Dev}):			5096,09			5096,09	
Taban Devrilme Momenti (M ₀):			5726,39			5726,39	

$M_{Dev} / M_0 = 0,89 > 0,75$ olduğundan TBDY-2018’e göre tasarım etkileri X yönünde deprem etkilerinin tamamının süneklik düzeyi yüksek perdelerle karşılandığı binalar (A13) için tanımlanan R ve D katsayıları (R=6 D=2,5) dikkate alınmıştır.

P3 ve P4 betonarme perdelerin X yönünde aldığı taban devrilme momenti (M_{dev}) binanın tümü için deprem yüklerinden meydana gelen toplam taban devrilme momentinin (M₀) 1/3 ünü aşmaktadır. Bu yüzden X yönünde Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (4/5)R dikkate alınarak tasarım sonuçlarının hesabında R=4,8 ve D=2,5 kullanılmıştır.

Çizelge 5.109. Ey yüklemesi sonucu hesaplanan moment değerleri

Eleman	M ₃₃ (+) (tm)	M ₂₂ (+) (tm)	M _{dev} (+) (tm)	M ₃₃ (-) (tm)	M ₂₂ (-) (tm)	M _{dev} (-) (tm)	M _{dev} / M ₀
P1	2416,47	0,00	2416,47	2679,64	0,00	2679,64	0,47
P2	2679,64	0,00	2679,64	2416,46	0,00	2416,46	0,47
Perde Devrilme Momenti (M _{Dev}):			5096,11			5096,11	
Taban Devrilme Momenti (M ₀):			5726,37			5726,37	

$M_{Dev} / M_0 = 0,89 > 0,75$ olduğundan TBDY-2018'e göre tasarım etkileri Y yönünde deprem etkilerinin tamamının süneklik düzeyi yüksek perdelerle karşılandığı binalar (A13) için tanımlanan R ve D katsayıları ($R=6$ $D=2,5$) dikkate alınmıştır.

P1 ve P2 betonarme perdelerin Y yönünde aldığı taban devrilme momenti (M_{dev}) binanın tümü için deprem yüklerinden meydana gelen toplam taban devrilme momentinin (M_0) 1/3 ünü aşmaktadır. Bu yüzden Y yönünde Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı $(4/5)R$ dikkate alınarak tasarım sonuçlarının hesabında $R=4,8$ ve $D=2,5$ kullanılmıştır.

5.6.10. Donatı tasarımı

6. modele ait her kolon ve perde için en kritik yüklemeye göre hesaplanan gerekli kolon ve perde boyuna donatı alanları çizelge 5.110.'da gösterilmiştir.

Çizelge 5.110. Kolon ve perdelerde gerekli boyuna donatı alanları (cm^2)

Kolon/perde adı (bulunduğu aks)	ZEMİN KAT	1. KAT	2. KAT	3. KAT	4. KAT
S1 (1-A)	25	25	25	25	25
S2 (1-E)	25	25	25	25	25
S3 (2-B)	25	25	25	25	25
S4 (2-C)	25	25	25	25	25
S5 (2-D)	25	25	25	25	25
S6 (3-B)	25	25	25	25	25
S7 (3-C)	25	25	25	25	25
S8 (3-D)	25	25	25	25	25
S9 (4-B)	25	25	25	25	25
S10 (4-C)	25	25	25	25	25
S11 (4-D)	25	25	25	25	25
S12 (5-A)	25	25	25	25	25
S13 (5-E)	25	25	25	25	25
P1 (A/2-4)	221,91	178,07	87,42	77,25	77,25
P2 (E/2-4)	221,91	178,07	87,42	77,25	77,25
P3 (1/B-D)	221,90	178,07	87,41	77,25	77,25
P4 (5/B-D)	221,91	178,07	87,42	77,25	77,25

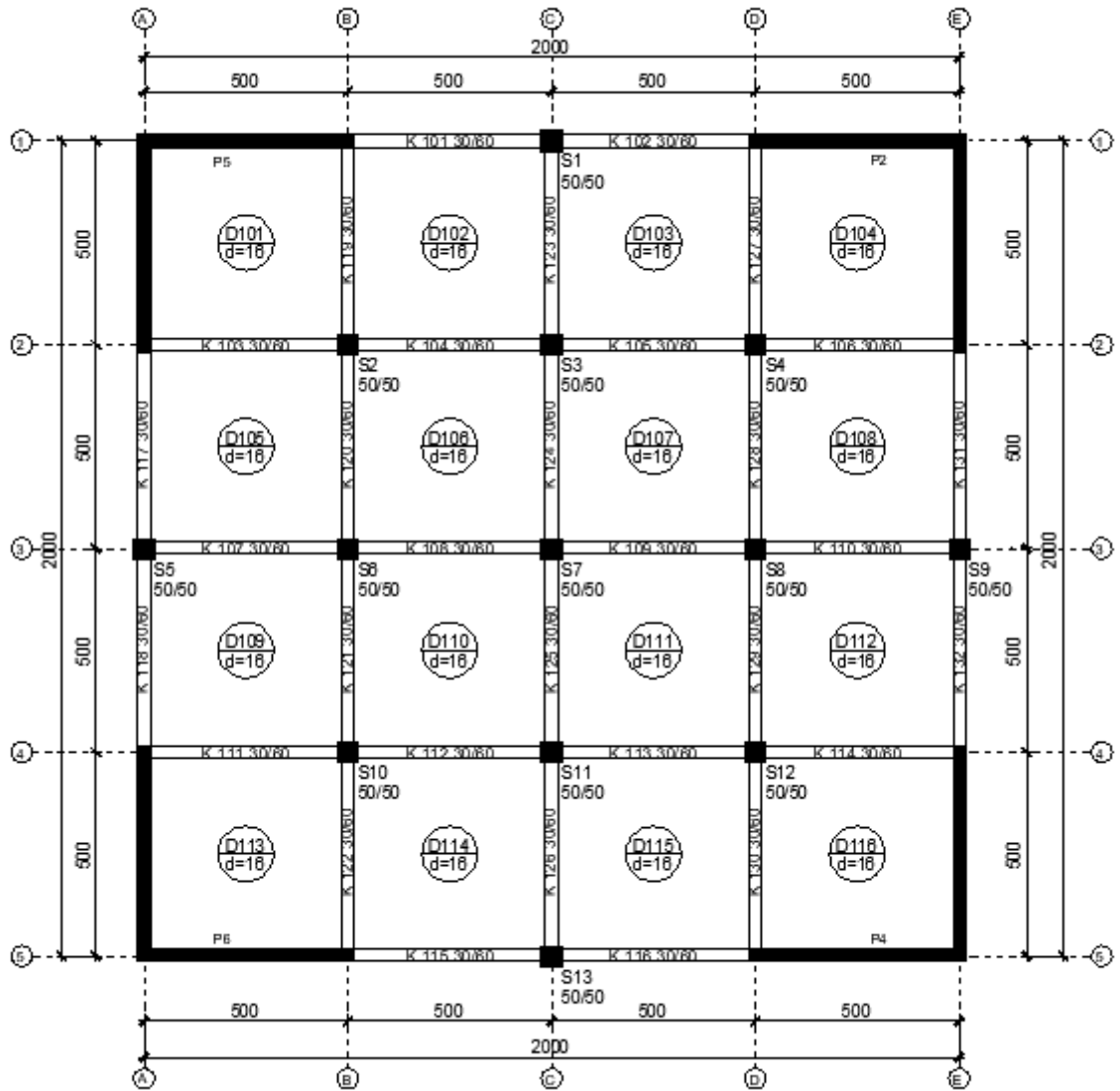
6. modele ait zemin katta hesaplanan gerekli kiriş boyuna donatı alanları çizelge 5.111.'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.111. Zemin kat kirişlerinde gerekli boyuna donatı alanları (cm²)

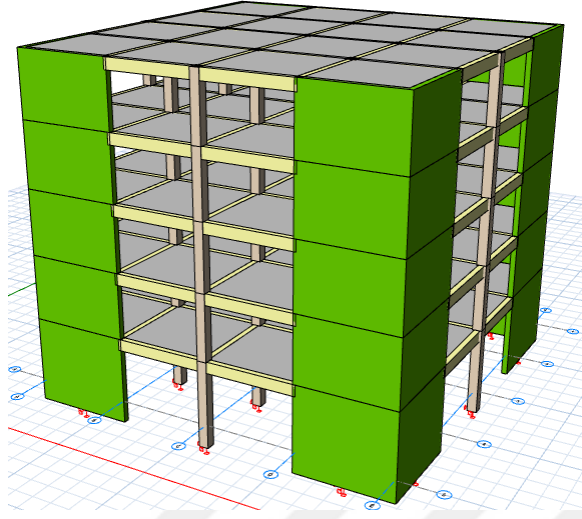
Aks 1	K101			P3						K104		
Üst kenar	5,18	1,38	5,51							5,49	1,37	5,16
Alt kenar	2,59	2,21	2,76							2,75	2,20	2,58
Aks 2	K105			K106			K107			K108		
Üst kenar	2,99	1,70	6,80	5,80	1,45	5,61	5,62	1,46	5,82	6,76	1,69	2,96
Alt kenar	1,50	4,42	3,40	2,90	2,91	2,80	2,81	2,91	2,91	3,38	4,42	1,48
Aks 3	K109			K110			K111			K112		
Üst kenar	4,01	1,48	5,91	5,75	1,44	5,65	5,65	1,44	5,75	5,91	1,48	4,01
Alt kenar	2,00	3,65	2,95	2,88	3,01	2,83	2,83	3,01	2,88	2,95	3,65	2,01
Aks 4	K113			K114			K115			K116		
Üst kenar	2,96	1,69	6,75	5,82	1,45	5,63	5,61	1,45	5,80	6,80	1,70	2,99
Alt kenar	1,48	4,41	3,37	2,91	2,91	2,81	2,81	2,91	2,90	3,40	4,42	1,50
Aks 5	K117			P4						K120		
Üst kenar	5,16	1,37	5,48							5,51	1,38	5,19
Alt kenar	2,58	2,19	2,74							2,75	2,20	2,59
Aks A	K121			P1						K124		
Üst kenar	5,16	1,37	5,49							5,51	1,38	5,19
Alt kenar	2,58	2,20	2,74							2,76	2,20	2,59
Aks B	K125			K126			K127			K128		
Üst kenar	2,91	1,69	6,76	5,82	1,46	5,62	5,61	1,45	5,80	6,80	1,70	2,99
Alt kenar	1,46	4,41	3,38	2,91	2,91	2,81	2,81	2,91	2,90	3,40	4,41	1,50
Aks C	K129			K130			K131			K132		
Üst kenar	3,99	1,48	5,91	5,75	1,44	5,65	5,65	1,44	5,75	5,91	1,48	4,01
Alt kenar	1,99	3,66	2,96	2,88	3,01	2,83	2,83	3,01	2,88	2,95	3,65	2,00
Aks D	K133			K134			K135			K136		
Üst kenar	2,99	1,70	6,80	5,80	1,45	5,61	5,63	1,46	5,82	6,75	1,69	2,96
Alt kenar	1,50	4,41	3,40	2,90	2,92	2,80	2,81	2,92	2,91	3,38	4,41	1,48
Aks E	K137			P2						K140		
Üst kenar	5,18	1,38	5,51							5,49	1,37	5,16
Alt kenar	2,59	2,21	2,75							2,74	2,19	2,58

5.7. Yedinci Model

Yedinci modelde; X doğrultusunda 5 metre aralıklarla 1, 2, 3, 4 ve 5 aksı, Y doğrultusunda ise 5 metre aralıklarla A, B, C, D ve E aksları tanımlanmıştır. Ardından 1/A-B, A/1-2, 1/D-E, E/1-2, A/4-5, 5/A-B, 5/D-E, E/4-5 akslarına sekiz adet 530/30 cm boyutlarında poligon betonarme perde, diğer aks kesişimlerinde 13 adet 50/50 cm boyutlarında kolonlar, bu kolonları birbirine bağlayan 30/60 cm boyutlarında kirişler ve 16 cm kalınlığında döşemeler modellenmiştir. (Şekil 5.21. ve Şekil 5.22.)



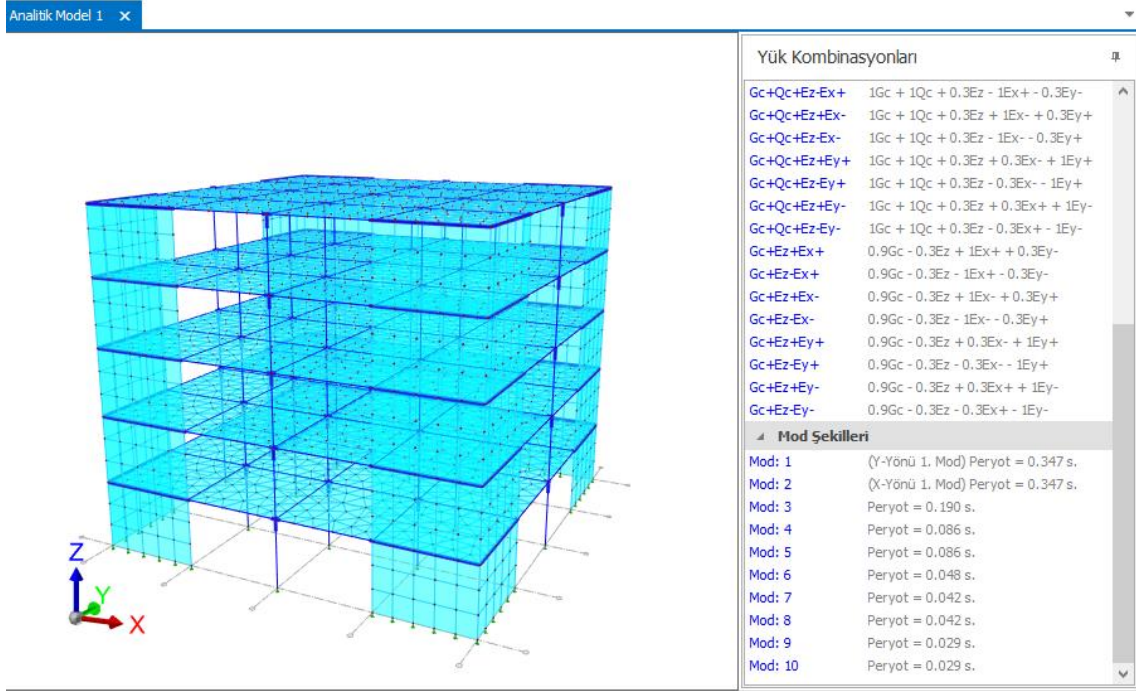
Şekil 5.21. Model - 7 kat planı



Şekil 5.22. Model - 7 Üç boyutlu görünüm

X ve Y doğrultusunda betonarme perdeler bulunduğu ve uzun kenar doğrultusundaki atalet momentleri çok daha büyük olup deprem etkilerini bu yönde etkin şekilde taşıdıklarından TBDY-2018'den deprem etkilerinin moment aktaran süneklik düzeyi yüksek betonarme çerçeveler ile süneklik düzeyi yüksek boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (A15) için $R = 7$ ve $D = 2,5$ değerleri seçilmiştir. Hesaba katılacak mod sayısı 10 olarak belirlenmiş, model seçenekleri menüsünden sonlu elemanlar kabuk modeli seçilmiş, sonlu elemanlar ağından döşemeler modele dahil edilmiş ve analiz yapılmıştır.

Yapılan modal analiz sonucunda binanın X ve Y yönündeki hakim doğal titreşim periyodu $T_p^{(X,Y)} = 0,347$ s olarak bulunmuştur. (Şekil 5.23.)



Şekil 5.23. Model - 7 analitik görünüm

Analiz sonrası katkısı %3'ten büyük olan bütün modlar için (X) ve (Y) deprem doğrultularında her bir mod için hesaplanan taban kesme kuvveti modal etkin kütlelerinin toplamının bina toplam kütlelerinin %95'inden daha az olmadığı kontrol edilmiştir.

TBDY-2018'e göre gerekli kontroller yapılmıştır.

5.7.1. Burulma düzensizliği kontrolü

Ex+ yüklemesi için her katta okunan yer değiştirme değerleri ve hesaplanan η_{bi} değerleri Çizelge 5.112.'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.112. Ex+ yüklemesi sonucu oluşan yer değiştirmeler ve hesaplanan η_{bi} değerleri

Kat	$\delta_{i,max}(m)$	$\delta_{i,min}(m)$	$(\Delta_i)_{max}$	$(\Delta_i)_{min}$	$(\Delta_i)_{ort}$	η_{bi}
4	0,008992	0,00835	0,002118	0,00197	0,00204	1,03671
3	0,006874	0,006382	0,002187	0,00203	0,00211	1,03649
2	0,004687	0,004349	0,002061	0,00192	0,00199	1,03672
1	0,002626	0,002434	0,001683	0,00156	0,00162	1,03665
Zemin	0,000943	0,00087	0,000943	0,00087	0,00091	1,04026

Ex- yüklemesi için her katta okunan yer değiştirme değerleri ve hesaplanan η_{bi} değerleri çizelge 5.113.'te gösterilmiştir.

Çizelge 5.113. Ex- yüklemeleri sonucu oluşan yer değiştirmeler ve hesaplanan η_{bi} değerleri

Kat	$\delta_{i,max}(m)$	$\delta_{i,min}(m)$	$(\Delta_i)_{max}$	$(\Delta_i)_{min}$	$(\Delta_i)_{ort}$	η_{bi}
4	0,008992	0,00835	0,002118	0,00197	0,00204	1,03671
3	0,006874	0,006382	0,002187	0,00203	0,00211	1,03649
2	0,004687	0,004349	0,002061	0,00192	0,00199	1,03672
1	0,002626	0,002434	0,001683	0,00156	0,00162	1,03665
Zemin	0,000943	0,00087	0,000943	0,00087	0,00091	1,04026

Ey+ yüklemesi için her katta okunan yer değiştirme değerleri ve hesaplanan η_{bi} değerleri çizelge 5.114.'te gösterilmiştir.

Çizelge 5.114. Ey+ yüklemesi sonucu oluşan yer değiştirmeler ve hesaplanan η_{bi} değerleri

Kat	$\delta_{i,max}(m)$	$\delta_{i,min}(m)$	$(\Delta_i)_{max}$	$(\Delta_i)_{min}$	$(\Delta_i)_{ort}$	η_{bi}
4	0,008992	0,00835	0,002118	0,00197	0,00204	1,03671
3	0,006874	0,006382	0,002187	0,00203	0,00211	1,03649
2	0,004687	0,004349	0,002061	0,00192	0,00199	1,03672
1	0,002626	0,002434	0,001683	0,00156	0,00162	1,03665
Zemin	0,000943	0,00087	0,000943	0,00087	0,00091	1,04026

Ey- yüklemesi için her katta okunan yer değiştirme değerleri ve hesaplanan η_{bi} değerleri çizelge 5.115.'te gösterilmiştir.

Çizelge 5.115. Ey- yüklemeleri sonucu oluşan yer değiştirmeler ve hesaplanan η_{bi} değerleri

Kat	$\delta_{i,max}(m)$	$\delta_{i,min}(m)$	$(\Delta_i)_{max}$	$(\Delta_i)_{min}$	$(\Delta_i)_{ort}$	η_{bi}
4	0,008992	0,00835	0,002118	0,00197	0,00204	1,03671
3	0,006874	0,006382	0,002187	0,00203	0,00211	1,03649
2	0,004687	0,004349	0,002061	0,00192	0,00199	1,03672
1	0,002626	0,002434	0,001683	0,00156	0,00162	1,03665
Zemin	0,000943	0,00087	0,000943	0,00087	0,00091	1,04026

Görüldüğü gibi η_{bi} değerleri X ve Y yönünde 1,2'den küçük olduğundan modelde burulma düzensizliği bulunmamaktadır.

5.7.2. Döşeme süreksizliği kontrolü

Modelde döşeme boşluğu, merdiven, asansör ve döşemelerde düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani azalmalar bulunmadığından dolayı döşeme süreksizliği bulunmamaktadır.

5.7.3. Planda çıkıntılar bulunması ve komşu katlar arası dayanım düzensizliği

Modeldeki planda herhangi bir çıkıntı bulunmadığından ve etkili kesme alanları her katta aynı olduğundan bu tür düzensizlikler bulunmamaktadır.

5.7.4. Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (yumuşak kat)

Ex+ yüklemesi için hesaplanan η_{ki} değerleri çizelge 5.116.'da gösterilmiştir.

Çizelge 5.116. Ex+ yüklemesi sonucu hesaplanan η_{ki} değerleri

Kat	h_i (m)	$(\Delta_i)_{ort}$	$(\Delta_i/h_i)_{ort}$	$\eta_{ki}=(\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort}$	$\eta_{ki}=(\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}$
4	3,5	0,002	0,000584	-	0,968
3	3,5	0,0021	0,000603	1,033	1,061
2	3,5	0,002	0,000568	0,942	1,225
1	3,5	0,0016	0,000464	0,817	1,791
Zemin	3,5	0,0009	0,000259	0,558	-

Ex- yüklemesi için hesaplanan η_{ki} değerleri çizelge 5.117.'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.117. Ex- yüklemesi sonucu hesaplanan η_{ki} değerleri

Kat	h_i (m)	$(\Delta_i)_{ort}$	$(\Delta_i/h_i)_{ort}$	$\eta_{ki}=(\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort}$	$\eta_{ki}=(\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}$
4	3,5	0,002	0,000584	-	0,968
3	3,5	0,0021	0,000603	1,033	1,061
2	3,5	0,002	0,000568	0,942	1,225
1	3,5	0,0016	0,000464	0,817	1,791
Zemin	3,5	0,0009	0,000259	0,558	-

Ey+ yüklemesi için hesaplanan η_{ki} değerleri çizelge 5.118.'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.118. Ey+ yüklemesi sonucu hesaplanan η_{ki} değerleri

Kat	h_i (m)	$(\Delta_i)_{ort}$	$(\Delta_i/h_i)_{ort}$	$\eta_{ki}=(\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort}$	$\eta_{ki}=(\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}$
4	3,5	0,002	0,000584	-	0,968
3	3,5	0,0021	0,000603	1,033	1,061
2	3,5	0,002	0,000568	0,942	1,225
1	3,5	0,0016	0,000464	0,817	1,791
Zemin	3,5	0,0009	0,000259	0,558	-

Ey- yüklemesi için hesaplanan η_{ki} değerleri çizelge 5.119.'da gösterilmiştir.

Çizelge 5.119. Ey- yüklemesi sonucu hesaplanan η_{ki} değerleri

Kat	h_i (m)	$(\Delta_i)_{ort}$	$(\Delta_i/h_i)_{ort}$	$\eta_{ki}=(\Delta_i/ h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}/ h_{i+1})_{ort}$	$\eta_{ki}=(\Delta_i/ h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}/ h_{i-1})_{ort}$
4	3,5	0,002	0,000584	-	0,968
3	3,5	0,0021	0,000603	1,033	1,061
2	3,5	0,002	0,000568	0,942	1,225
1	3,5	0,0016	0,000464	0,817	1,791
Zemin	3,5	0,0009	0,000259	0,558	-

Görüldüğü gibi η_{ki} değerleri X ve Y doğrultusunda da 2,0 değerinden küçük olduğundan modelde komşu katlar arası rijitsizlik düzensizliği bulunmamaktadır.

5.7.5. Düşey eleman süreksizliği kontrolü

Modelde düşey taşıyıcı elemanlarda herhangi bir süreksizlik bulunmamaktadır.

5.7.6. Statik eşdeğer deprem yükü ile mod birleştirme toplamının karşılaştırılması

TBDY-2018'e göre azaltılmış iç kuvvetlerin ve yer değiştirmelerin eşdeğer taban kesme kuvvetine göre büyütülüp büyütülmeyeceği kontrol edilmiştir. (Çizelge 5.120. ve Çizelge 5.121.)

TBDY-2018'de tanımlanan düzensizliklerden hiçbirinin modelde bulunmaması sebebiyle $\gamma_E = 0.80$ alınmıştır.

Çizelge 5.120. X yönündeki taban kesme kuvvetleri

	V_{tx-X} (t)	V_{tx-Y} (t)	V_{tx} (t)
Ex-	464,282	0,008	464,282
Ex+	464,282	0,008	464,282
Vt-statik	552,994	0,000	552,994

X yönünde bina toplam deprem yükü mod birleştirme yöntemine göre 464,282 t, eşdeğer statik deprem yükü yöntemine göre ise 552,994 t bulunmuştur. Dolayısıyla;

$$V_{tx} > \gamma_E V_{tE} \rightarrow 464,282 > 0,8 * 552,994 = 442,40$$

olduğundan dinamik analiz sonuçları arttırılmayacaktır.

Çizelge 5.121. Y yönündeki taban kesme kuvvetleri

	V_{tx-X} (t)	V_{tx-Y} (t)	V_{tx} (t)
Ey-	0,008	464,282	464,282

Ey+	0,008	464,282	464,282
Vt-statik	0,000	552,993	552,993

Y yönünde bina toplam deprem yükü mod birleştirme yöntemine göre 464,282 t, eşdeğer statik deprem yükü yöntemine göre ise 552,993 t bulunmuştur. Dolayısıyla;

$$V_{tx} > \gamma_E V_{tE} \rightarrow 464,282 > 0,8 * 552,993 = 442,39$$

olduğundan dinamik analiz sonuçları arttırılmayacaktır.

5.7.7. Etkin görelî kat ötelemeleri kontrolü

Ex+ yüklemesi için hesaplanan etkin görelî kat ötelemesi değerleri çizelge 5.122.'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.122. Ex+ yüklemesi sonucu hesaplanan etkin görelî kat ötelemesi değerleri

Kat	h_i (m)	Δ_{max} (m)	δ_{etkin} (m)	$(\delta/h)_{etkin}$	$\lambda (\delta/h)_{etkin}$
4	3,5	0,00212	0,014825	0,004236	0,001512
3	3,5	0,00219	0,015315	0,004376	0,001562
2	3,5	0,00206	0,014424	0,004121	0,001471
1	3,5	0,00168	0,011784	0,003367	0,001202
Zemin	3,5	0,00094	0,006598	0,001885	0,000673

Ex- yüklemesi için hesaplanan etkin görelî kat ötelemesi değerleri çizelge 5.123.'te gösterilmiştir.

Çizelge 5.123. Ex- yüklemesi sonucu hesaplanan etkin görelî kat ötelemesi değerleri

Kat	h_i (m)	Δ_{max} (m)	δ_{etkin} (m)	$(\delta/h)_{etkin}$	$\lambda (\delta/h)_{etkin}$
4	3,5	0,00212	0,014825	0,004236	0,001512
3	3,5	0,00219	0,015315	0,004376	0,001562
2	3,5	0,00206	0,014424	0,004121	0,001471
1	3,5	0,00168	0,011784	0,003367	0,001202
Zemin	3,5	0,00094	0,006598	0,001885	0,000673

Ey+ yüklemesi için hesaplanan etkin görelî kat ötelemesi değerleri çizelge 5.124.'te gösterilmiştir.

Çizelge 5.124. Ey+ yüklemesi sonucu hesaplanan etkin görelî kat ötelemesi değerleri

Kat	h_i (m)	Δ_{max} (m)	δ_{etkin} (m)	$(\delta/h)_{etkin}$	$\lambda (\delta/h)_{etkin}$
4	3,5	0,00212	0,014825	0,004236	0,001512
3	3,5	0,00219	0,015315	0,004376	0,001562
2	3,5	0,00206	0,014424	0,004121	0,001471
1	3,5	0,00168	0,011784	0,003367	0,001202

Zemin	3,5	0,00094	0,006598	0,001885	0,000673
-------	-----	---------	----------	----------	----------

Ey- yüklemesi için hesaplanan etkin görelî kat ötelemesi değêrleri çizelge 5.125.'te gösterilmiştir.

Çizelge 5.125. Ey- yüklemesi sonucu hesaplanan etkin görelî kat ötelemesi değêrleri

Kat	h_i (m)	Δ_{max} (m)	δ_{etkin} (m)	$(\delta/h)_{etkin}$	$\lambda (\delta/h)_{etkin}$
4	3,5	0,00212	0,014825	0,004236	0,001512
3	3,5	0,00219	0,015315	0,004376	0,001562
2	3,5	0,00206	0,014424	0,004121	0,001471
1	3,5	0,00168	0,011784	0,003367	0,001202
Zemin	3,5	0,00094	0,006598	0,001885	0,000673

Görüldüğü gibi etkin görelî kat ötelemesi değêrleri X ve Y doğrultusunda 0,008 değêrinden küçük olduğundan modelde görelî kat ötelemeleri sınır değêrleri sağlanmaktadır.

5.7.8. Kolon ve perdelerdeki normal kuvvet değêrleri

Tüm düşey taşıyıcı elemanlarda en elverişsiz yükleme durumu için yük kombinasyonlardan elde edilen zarf diyagramlarından okunan zemin kattaki kolonların ve perdelerin alt ucunda oluşan eksenel kuvvet (N) değêrleri Çizelge 5.126.'da gösterilmiştir.

Çizelge 5.126. Zemin kattaki kolonlarda/perdelerde oluşan normal kuvvet

Kolon/perde adı (bulunduğu aks)	Eksenel Kuvvet (N) (t)
S1 (1-C)	131,751
S2 (2-B)	243,144
S3 (2-C)	240,275
S4 (2-D)	243,130
S5 (3-A)	131,748
S6 (3-B)	240,281
S7 (3-C)	241,325
S8 (3-D)	240,263
S9 (3-E)	131,763
S10 (4-B)	243,110
S11 (4-C)	240,249
S12 (4-D)	243,106
S13 (5-C)	131,770
P2 Poligon	468,913
P4 Poligon	468,926
P5 Poligon	468,934
P6 Poligon	468,914

Dış akslardaki köşedeki poligon perdelerde en büyük, bina dış aksların ortasındaki kolonlarda (S1, S5, S9, S13) ise en düşük normal kuvvet değerleri elde edilmiştir.

5.7.8. Perde Çerçeve Sistem Kontrolü

Betonarme perdelerin tabanında deprem yüklerinden meydana gelen devrilme momenti ile binanın tümü için deprem yüklerinden tabanda meydana gelen toplam devrilme momenti hesaplanarak TBDY-2018’de verilen sınırlar ve R, D katsayıları kontrol edildi. (Çizelge 5.127. ve Çizelge 5.128.)

Çizelge 5.127. Ex yüklemesi sonucu hesaplanan moment değerleri

Eleman	M ₃₃ (+) (tm)	M ₂₂ (+) (tm)	M _{dev} (+) (tm)	M ₃₃ (-) (tm)	M ₂₂ (-) (tm)	M _{dev} (-) (tm)	M _{dev} / M ₀
P5	1151,46	554,96	1151,46	1031,34	435,35	1031,34	0,23
P2	1151,45	554,96	1151,45	1031,33	435,35	1031,33	0,23
P6	1031,32	435,34	1031,32	1151,45	554,95	1151,45	0,23
P4	1031,33	435,34	1031,33	1151,45	554,95	1151,45	0,23
Perde Devrilme Momenti (M _{Dev}):			4365,56			4365,56	
Taban Devrilme Momenti (M ₀):			5111,69			5111,69	

$M_{Dev} / M_0 = 0,85 > 0,75$ olduğundan TBDY-2018’e göre tasarım etkileri X yönünde deprem etkilerinin tamamının süneklik düzeyi yüksek perdelerle karşılandığı binalar (A13) için tanımlanan R ve D katsayıları (R=6 D=2,5) kullanılmıştır.

P5, P2, P6 ve P4 poligon betonarme perdelerin X yönünde aldığı taban devrilme momenti (M_{dev}) binanın tümü için deprem yüklerinden meydana gelen toplam taban devrilme momentinin (M₀) 1/6’sından fazla 1/3’ünden az (0,23) olarak bulunmuştur.

Çizelge 5.128. Ey yüklemesi sonucu hesaplanan moment değerleri

Eleman	M ₃₃ (+) (tm)	M ₂₂ (+) (tm)	M _{dev} (+) (tm)	M ₃₃ (-) (tm)	M ₂₂ (-) (tm)	M _{dev} (-) (tm)	M _{dev} / M ₀
P5	1031,33	435,35	1031,33	1151,45	554,96	1151,45	0,23
P2	1151,45	554,95	1151,45	1031,33	435,34	1031,33	0,23
P6	1031,33	435,35	1031,33	1151,45	554,96	1151,45	0,23
P4	1151,45	554,95	1151,45	1031,33	435,34	1031,33	0,23
Perde Devrilme Momenti (M _{Dev}):			4365,56			4365,56	
Taban Devrilme Momenti (M ₀):			5111,69			5111,69	

$M_{Dev} / M_o = 0,85 > 0,75$ olduğundan TBDY-2018'e göre tasarım etkileri Y yönünde deprem etkilerinin tamamının süneklik düzeyi yüksek perdelerle karşılandığı binalar (A13) için tanımlanan R ve D katsayıları ($R=6$ $D=2,5$) kullanılmıştır.

P5, P2, P6 ve P4 poligon betonarme perdelerin Y yönünde aldığı taban devrilme momenti (M_{dev}) binanın tümü için deprem yüklerinden meydana gelen toplam taban devrilme momentinin (M_o) $1/6$ 'sından fazla $1/3$ 'ünden az ($0,23$) olarak bulunmuştur.

5.7.9. Donatı tasarımı

7. modele ait her kolon ve perde için en kritik yüklemeye göre hesaplanan gerekli kolon ve perde boyuna donatı alanları çizelge 5.129.'da gösterilmiştir.

Çizelge 5.129. Kolon ve perdelerde gerekli boyuna donatı alanları (cm^2)

Kolon/perde adı (bulunduğu aks)	ZEMİN KAT	1. KAT	2. KAT	3. KAT	4. KAT
S1 (1-C)	25	25	25	25	25
S2 (2-B)	25	25	25	25	25
S3 (2-C)	25	25	25	25	25
S4 (2-D)	25	25	25	25	25
S5 (3-A)	25	25	25	25	25
S6 (3-B)	25	25	25	25	25
S7 (3-C)	25	25	25	25	25
S8 (3-D)	25	25	25	25	25
S9 (3-E)	25	25	25	25	25
S10 (4-B)	25	25	25	25	25
S11 (4-C)	25	25	25	25	25
S12 (4-D)	25	25	25	25	25
S13 (5-C)	25	25	25	25	25
P2 Poligon	542,25	375,26	210,06	101,07	77,25
P4 Poligon	261,59	192,06	122,16	77,25	77,25
P5 Poligon	260,10	182,33	114,20	77,25	77,25
P6 Poligon	566,35	378,05	219,47	109,75	77,25

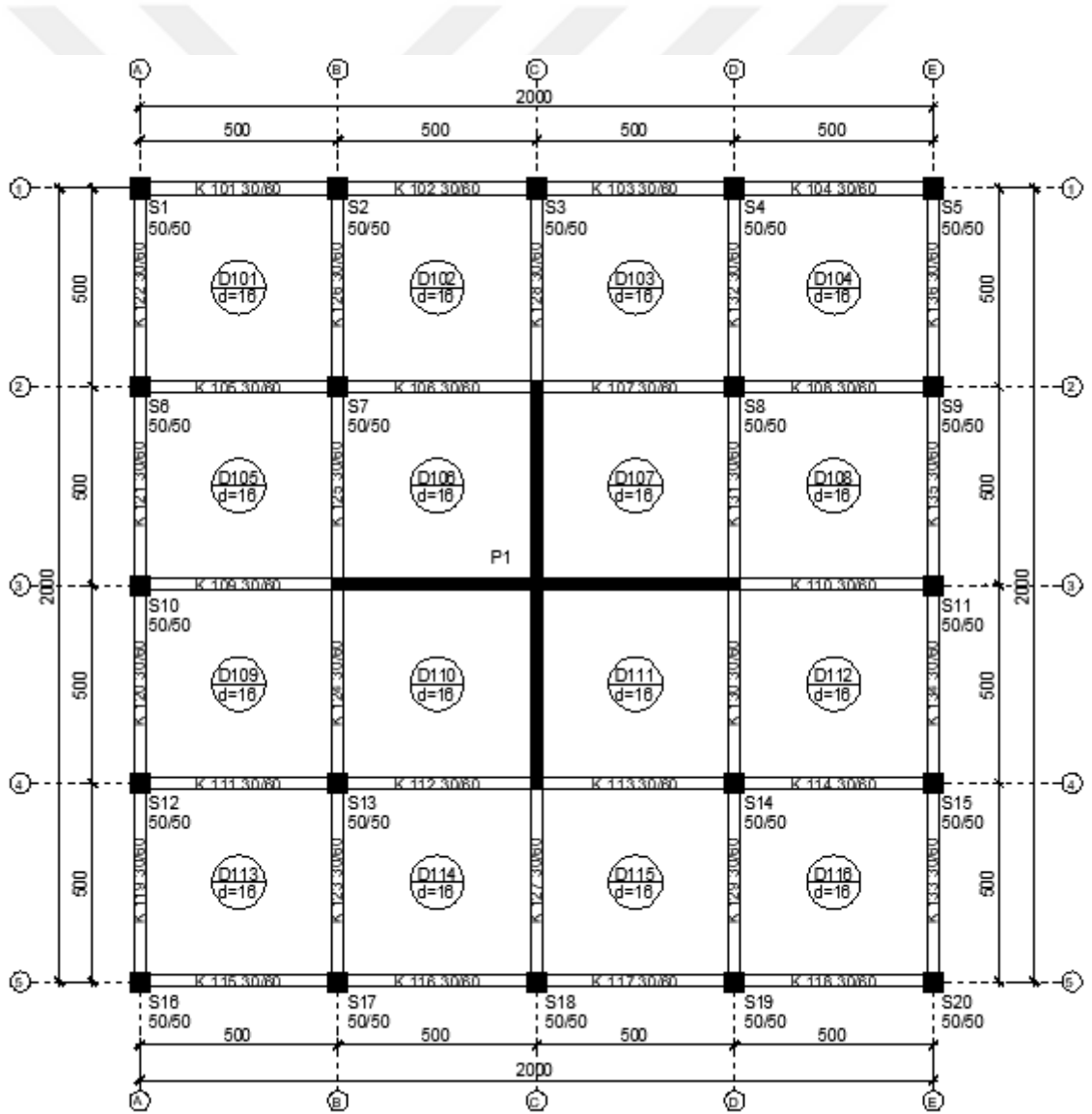
7. modele ait zemin katta hesaplanan gerekli kiriş boyuna donatı alanları çizelge 5.130.'da gösterilmiştir.

Çizelge 5.130. Zemin kat kirişlerinde gerekli boyuna donatı alanları (cm²)

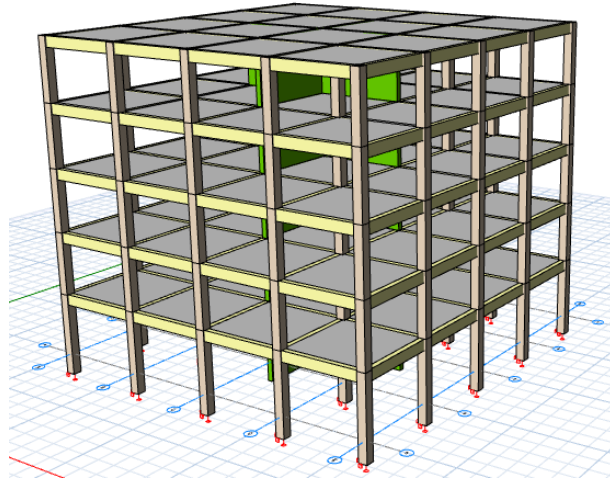
Aks 1	P5			K101			K102			P2		
Üst kenar				5,11	1,28	4,59	4,54	1,26	5,05			
Alt kenar				2,55	1,84	2,30	2,27	1,83	2,53			
Aks 2	K103			K104			K105			K106		
Üst kenar	2,77	1,54	6,15	5,81	1,45	5,66	5,64	1,45	5,79	6,16	1,54	2,77
Alt kenar	1,39	4,23	3,08	2,90	2,71	2,83	2,82	2,71	2,89	3,08	4,24	1,39
Aks 3	K107			K108			K109			K110		
Üst kenar	5,87	1,47	5,83	5,58	1,40	5,52	5,52	1,40	5,58	5,83	1,47	5,87
Alt kenar	2,93	3,43	2,92	2,79	2,67	2,76	2,76	2,67	2,79	2,91	3,42	2,94
Aks 4	K111			K112			K113			K114		
Üst kenar	2,77	1,54	6,16	5,79	1,45	5,65	5,67	1,45	5,81	6,15	1,54	2,77
Alt kenar	1,39	4,24	3,08	2,90	2,69	2,83	2,83	2,69	2,91	3,07	4,22	1,38
Aks 5	P6			K115			K116			P4		
Üst kenar				5,06	1,26	4,55	4,60	1,28	5,11			
Alt kenar				2,53	1,83	2,27	2,30	1,84	2,56			
Aks A	P6			K118			K117			P5		
Üst kenar				5,05	1,26	4,54	4,59	1,28	5,11			
Alt kenar				2,53	1,83	2,27	2,30	1,84	2,55			
Aks B	K122			K121			K120			K119		
Üst kenar	2,77	1,54	6,16	5,79	1,45	5,64	5,66	1,45	5,81	6,15	1,54	2,77
Alt kenar	1,39	4,24	3,08	2,89	2,71	2,82	2,83	2,70	2,90	3,08	4,24	1,39
Aks C	K126			K125			K124			K123		
Üst kenar	5,87	1,47	5,82	5,58	1,39	5,52	5,53	1,40	5,59	5,83	1,47	5,87
Alt kenar	2,93	3,41	2,91	2,79	2,68	2,76	2,76	2,66	2,79	2,92	3,43	2,94
Aks D	K130			K129			K128			K127		
Üst kenar	2,77	1,54	6,15	5,81	1,45	5,66	5,65	1,45	5,79	6,16	1,54	2,77
Alt kenar	1,39	4,23	3,07	2,90	2,70	2,83	2,82	2,69	2,90	3,08	4,23	1,39
Aks E	P4			K132			K131			P2		
Üst kenar				5,11	1,28	4,60	4,54	1,26	5,05			
Alt kenar				2,56	1,84	2,30	2,27	1,83	2,53			

5.8. Sekizinci Model

Sekizinci modelde; X doğrultusunda 5 metre aralıklarla 1, 2, 3, 4 ve 5 aksı, Y doğrultusunda ise 5 metre aralıklarla A, B, C, D ve E aksları tanımlanmıştır. Ardından 3/B-D ve C/2-4 akslarına iki adet 1030/30 cm boyutlarında poligon betonarme perde, diğer aks kesişimlerinde 20 adet 50/50 cm boyutlarında kolonlar, bu kolonları birbirine bağlayan 30/60 cm boyutlarında kirişler ve 16 cm kalınlığında döşemeler modellenmiştir. (Şekil 5.24. ve Şekil 5.25.)



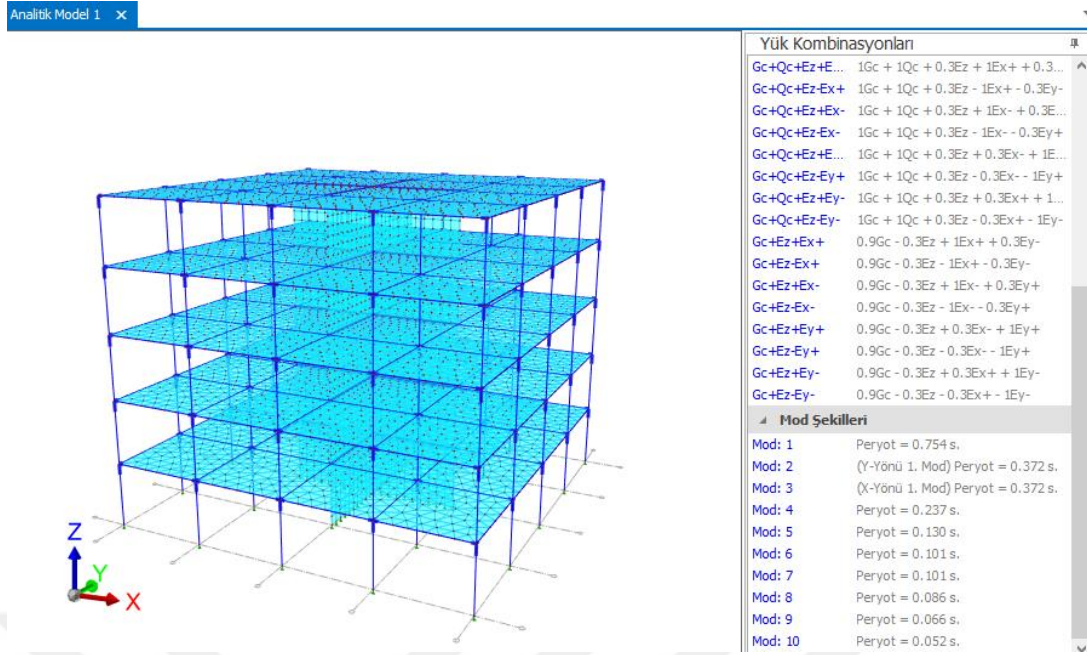
Şekil 5.24. Model - 8 planı



Şekil 5.25. Model - 8 Üç boyutlu görünüm

X ve Y doğrultusunda betonarme perdeler bulunduğu ve uzun kenar doğrultusundaki atalet momentleri çok daha büyük olup deprem etkilerini bu yönde etkin şekilde taşıdıklarından TBDY-2018'den deprem etkilerinin moment aktaran süneklik düzeyi yüksek betonarme çerçeveler ile süneklik düzeyi yüksek boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (A15) için $R = 7$ ve $D = 2,5$ değerleri seçilmiştir. Hesaba katılacak mod sayısı 10 olarak belirlenmiş, model seçenekleri menüsünden sonlu elemanlar kabuk modeli seçilmiş, sonlu elemanlar ağından döşemeler modele dahil edilmiş ve analiz yapılmıştır.

Yapılan modal analiz sonucunda binanın X ve Y yönündeki hakim doğal titreşim periyodu $T_p^{(X,Y)} = 0,372$ s olarak bulunmuştur. (Şekil 5.26.)



Şekil 5.26. Model - 8 analitik görünüm

Analiz sonrası katkısı %3'ten büyük olan bütün modlar için (X) ve (Y) deprem doğrultularında her bir mod için hesaplanan taban kesme kuvveti modal etkin kütlelerinin toplamının bina toplam kütlelerinin %95'inden daha az olmadığı kontrol edilmiştir.

TBDY-2018'e göre gerekli kontroller yapılmıştır.

5.8.1. Burulma düzensizliği kontrolü

Ex+ yüklemesi için her katta okunan yer değiştirme değerleri ve hesaplanan η_{bi} değerleri Çizelge 5.131.'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.131. Ex+ yüklemesi sonucu oluşan yer değiştirmeler ve hesaplanan η_{bi} değerleri

Kat	$\delta_{i,max}(m)$	$\delta_{i,min}(m)$	$(\Delta_i)_{max}$	$(\Delta_i)_{min}$	$(\Delta_i)_{ort}$	η_{bi}
4	0,007409	0,002497	0,001315	0,00081	0,00106	1,23881
3	0,006094	0,001689	0,001569	0,00071	0,00114	1,37632
2	0,004525	0,000978	0,001698	0,00053	0,00112	1,52151
1	0,002827	0,000444	0,001676	0,00031	0,00099	1,69122
Zemin	0,001151	0,000138	0,001151	0,00014	0,00064	1,78588

Ex- yüklemesi için her katta okunan yer değiştirme değerleri ve hesaplanan η_{bi} değerleri çizelge 5.132.'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.132. Ex- yüklemeleri sonucu oluşan yer değiştirmeler ve hesaplanan η_{bi} değerleri

Kat	$\delta_{i,max}(m)$	$\delta_{i,min}(m)$	$(\Delta_i)_{max}$	$(\Delta_i)_{min}$	$(\Delta_i)_{ort}$	η_{bi}
4	0,007409	0,002497	0,001315	0,00081	0,00106	1,23881
3	0,006094	0,001689	0,001569	0,00071	0,00114	1,37632
2	0,004525	0,000978	0,001698	0,00053	0,00112	1,52151
1	0,002827	0,000444	0,001676	0,00031	0,00099	1,69122
Zemin	0,001151	0,000138	0,001151	0,00014	0,00064	1,78588

Ey+ yüklemesi için her katta okunan yer değiştirme değerleri ve hesaplanan η_{bi} değerleri çizelge 5.133.'te gösterilmiştir.

Çizelge 5.133. Ey+ yüklemesi sonucu oluşan yer değiştirmeler ve hesaplanan η_{bi} değerleri

Kat	$\delta_{i,max}(m)$	$\delta_{i,min}(m)$	$(\Delta_i)_{max}$	$(\Delta_i)_{min}$	$(\Delta_i)_{ort}$	η_{bi}
4	0,007409	0,002497	0,001315	0,00081	0,00106	1,23881
3	0,006094	0,001689	0,001569	0,00071	0,00114	1,37632
2	0,004525	0,000978	0,001698	0,00053	0,00112	1,52151
1	0,002827	0,000444	0,001676	0,00031	0,00099	1,69122
Zemin	0,001151	0,000138	0,001151	0,00014	0,00064	1,78588

Ey- yüklemesi için her katta okunan yer değiştirme değerleri ve hesaplanan η_{bi} değerleri çizelge 5.134.'te gösterilmiştir.

Çizelge 5.134. Ey- yüklemeleri sonucu oluşan yer değiştirmeler ve hesaplanan η_{bi} değerleri

Kat	$\delta_{i,max}(m)$	$\delta_{i,min}(m)$	$(\Delta_i)_{max}$	$(\Delta_i)_{min}$	$(\Delta_i)_{ort}$	η_{bi}
4	0,007409	0,002497	0,001315	0,00081	0,00106	1,23881
3	0,006094	0,001689	0,001569	0,00071	0,00114	1,37632
2	0,004525	0,000978	0,001698	0,00053	0,00112	1,52151
1	0,002827	0,000444	0,001676	0,00031	0,00099	1,69122
Zemin	0,001151	0,000138	0,001151	0,00014	0,00064	1,78588

Görüldüğü gibi η_{bi} değerleri X ve Y yönünde 1,2'den büyük olduğundan modelde burulma düzensizliği bulunmaktadır.

Modeldeki maksimum burulma düzensizliği katsayısı $\eta_{bi} = 1,786 \leq 2$ ve DTS=1 BYS=6 $\geq$ BYS=4 olduğundan Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi uygulanabilmektedir.

5.8.2. Döşeme süreksizliği kontrolü

Modelde döşeme boşluğu, merdiven, asansör ve döşemelerde düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani azalmalar bulunmadığından dolayı döşeme süreksizliği bulunmamaktadır.

5.8.3. Planda çıkıntılar bulunması ve komşu katlar arası dayanım düzensizliği

Modeldeki planda herhangi bir çıkıntı bulunmadığından ve etkili kesme alanları her katta aynı olduğundan bu tür düzensizlikler bulunmamaktadır.

5.8.4. Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (yumuşak kat)

Ex+ yüklemesi için hesaplanan η_{ki} değerleri çizelge 5.135.'te gösterilmiştir.

Çizelge 5.135. Ex+ yüklemesi sonucu hesaplanan η_{ki} değerleri

Kat	h_i (m)	$(\Delta_i)_{ort}$	$(\Delta_i/h_i)_{ort}$	$\eta_{ki}=(\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort}$	$\eta_{ki}=(\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}$
4	3,5	0,0011	0,000303	-	0,931
3	3,5	0,0011	0,000326	1,074	1,022
2	3,5	0,0011	0,000319	0,979	1,126
1	3,5	0,001	0,000283	0,888	1,538
Zemin	3,5	0,0006	0,000184	0,650	-

Ex- yüklemesi için hesaplanan η_{ki} değerleri çizelge 5.136.'da gösterilmiştir.

Çizelge 5.136. Ex- yüklemesi sonucu hesaplanan η_{ki} değerleri

Kat	h_i (m)	$(\Delta_i)_{ort}$	$(\Delta_i/h_i)_{ort}$	$\eta_{ki}=(\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort}$	$\eta_{ki}=(\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}$
4	3,5	0,0011	0,000303	-	0,931
3	3,5	0,0011	0,000326	1,074	1,022
2	3,5	0,0011	0,000319	0,979	1,126
1	3,5	0,001	0,000283	0,888	1,538
Zemin	3,5	0,0006	0,000184	0,650	-

Ey+ yüklemesi için hesaplanan η_{ki} değerleri çizelge 5.137.'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.137. Ey+ yüklemesi sonucu hesaplanan η_{ki} değerleri

Kat	h_i (m)	$(\Delta_i)_{ort}$	$(\Delta_i/h_i)_{ort}$	$\eta_{ki}=(\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort}$	$\eta_{ki}=(\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}$
4	3,5	0,0011	0,000303	-	0,931
3	3,5	0,0011	0,000326	1,074	1,022
2	3,5	0,0011	0,000319	0,979	1,126
1	3,5	0,001	0,000283	0,888	1,538
Zemin	3,5	0,0006	0,000184	0,650	-

Ey- yüklemesi için hesaplanan η_{ki} değerleri çizelge 5.138.'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.138. Ey- yüklemesi sonucu hesaplanan η_{ki} değerleri

Kat	h_i (m)	$(\Delta_i)_{ort}$	$(\Delta_i/h_i)_{ort}$	$\eta_{ki}=(\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort}$	$\eta_{ki}=(\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}$
4	3,5	0,0011	0,000303	-	0,931
3	3,5	0,0011	0,000326	1,074	1,022
2	3,5	0,0011	0,000319	0,979	1,126
1	3,5	0,001	0,000283	0,888	1,538
Zemin	3,5	0,0006	0,000184	0,650	-

Görüldüğü gibi η_{ki} değerleri X ve Y doğrultusunda da 2,0 değerinden küçük olduğundan modelde komşu katlar arası rijitsizlik düzensizliği bulunmamaktadır.

5.8.5. Düşey eleman süreksizliği kontrolü

Modelde düşey taşıyıcı elemanlarda herhangi bir süreksizlik bulunmamaktadır.

5.8.6. Statik eşdeğer deprem yükü ile mod birleştirme toplamının karşılaştırılması

TBDY-2018'e göre azaltılmış iç kuvvetlerin ve yer değiştirmelerin eşdeğer taban kesme kuvvetine göre büyütülüp büyütülmeyeceği kontrol edilmiştir. (Çizelge 5.139. ve Çizelge 5.140.)

TBDY-2018'de tanımlanan A1 burulma düzensizliğinin modelde her iki yönde de bulunması sebebiyle $\gamma_E = 0.90$ alınmıştır.

Çizelge 5.139. X yönündeki taban kesme kuvvetleri

	$V_{tx-X}(t)$	$V_{tx-Y}(t)$	$V_{tx}(t)$
Ex-	233,091	17,063	233,714
Ex+	233,091	17,063	233,714
Vt-statik	261,632	0,000	261,632

X yönünde bina toplam deprem yükü mod birleştirme yöntemine göre 233,714 t, eşdeğer statik deprem yükü yöntemine göre ise 261,632 t bulunmuştur. Dolayısıyla;

$$V_{tx} < \gamma_E V_{tE} \rightarrow 233,714 > 0,9 * 261,632 = 235,47$$

olduğundan dinamik analiz sonuçları $235,47 / 233,714 = 1,008$ kadar arttırılacaktır.

Çizelge 5.140. Y yönündeki taban kesme kuvvetleri

	V_{tx-X} (t)	V_{tx-Y} (t)	V_{tx} (t)
Ey-	17,063	233,368	233,991
Ey+	17,063	233,368	233,991
Vt-statik	0,000	261,629	261,629

Y yönünde bina toplam deprem yükü mod birleştirme yöntemine göre 233,991 t, eşdeğer statik deprem yükü yöntemine göre ise 261,629 t bulunmuştur. Dolayısıyla;

$$V_{tx} < \gamma_E V_{tE} \rightarrow 233,991 > 0,9 * 261,629 = 235,47$$

olduğundan dinamik analiz sonuçları $235,47 / 233,991 = 1,006$ kadar arttırılacaktır.

5.8.7. Etkin görel kat ötelemeleri kontrolü

Ex+ yüklemesi için hesaplanan etkin görel kat ötelemesi değerleri çizelge 5.141.'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.141. Ex+ yüklemesi sonucu hesaplanan etkin görel kat ötelemesi değerleri

Kat	h_i (m)	Δ_{max} (m)	δ_{etkin} (m)	$(\delta/h)_{etkin}$	$\lambda (\delta/h)_{etkin}$
4	3,5	0,00132	0,009276	0,002650	0,000951
3	3,5	0,00157	0,011065	0,003161	0,001135
2	3,5	0,0017	0,011969	0,003420	0,001228
1	3,5	0,00168	0,011825	0,003379	0,001213
Zemin	3,5	0,00115	0,008116	0,002319	0,000832

Ex- yüklemesi için hesaplanan etkin görel kat ötelemesi değerleri çizelge 5.142.'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.142. Ex- yüklemesi sonucu hesaplanan etkin görel kat ötelemesi değerleri

Kat	h_i (m)	Δ_{max} (m)	δ_{etkin} (m)	$(\delta/h)_{etkin}$	$\lambda (\delta/h)_{etkin}$
4	3,5	0,00132	0,009276	0,002650	0,000951
3	3,5	0,00157	0,011065	0,003161	0,001135
2	3,5	0,0017	0,011969	0,003420	0,001228
1	3,5	0,00168	0,011825	0,003379	0,001213
Zemin	3,5	0,00115	0,008116	0,002319	0,000832

Ey+ yüklemesi için hesaplanan etkin görel kat ötelemesi değerleri çizelge 5.143.'te gösterilmiştir.

Çizelge 5.143. Ey+ yüklemesi sonucu hesaplanan etkin görelî kat ötelemesi değerleri

Kat	h_i (m)	$\Delta_{\max}$ (m)	δ_{etkin} (m)	$(\delta/h)_{\text{etkin}}$	$\lambda (\delta/h)_{\text{etkin}}$
4	3,5	0,00132	0,009275	0,002650	0,000951
3	3,5	0,00157	0,011052	0,003158	0,001134
2	3,5	0,0017	0,011955	0,003416	0,001226
1	3,5	0,00168	0,011807	0,003373	0,001211
Zemin	3,5	0,00115	0,00811	0,002317	0,000832

Ey- yüklemesi için hesaplanan etkin görelî kat ötelemesi değerleri çizelge 5.144.'te gösterilmiştir.

Çizelge 5.144. Ey- yüklemesi sonucu hesaplanan etkin görelî kat ötelemesi değerleri

Kat	h_i (m)	$\Delta_{\max}$ (m)	δ_{etkin} (m)	$(\delta/h)_{\text{etkin}}$	$\lambda (\delta/h)_{\text{etkin}}$
4	3,5	0,00132	0,009275	0,002650	0,000951
3	3,5	0,00157	0,011052	0,003158	0,001134
2	3,5	0,0017	0,011955	0,003416	0,001226
1	3,5	0,00168	0,011807	0,003373	0,001211
Zemin	3,5	0,00115	0,00811	0,002317	0,000832

Görüldüğü gibi etkin görelî kat ötelemesi değerleri X ve Y doğrultusunda 0,008 değerinden küçük olduğundan modelde görelî kat ötelemeleri sınır değerleri sağlanmaktadır.

5.8.8. Kolon ve perdelerdeki normal kuvvet değerleri

Tüm düşey taşıyıcı elemanlarda en elverişsiz yükleme durumu için yük kombinasyonlardan elde edilen zarf diyagramlarından okunan zemin kattaki kolonların ve perdelerin alt ucunda oluşan eksenel kuvvet (N) değerleri Çizelge 5.145.'te gösterilmiştir.

Çizelge 5.145. Zemin kattaki kolonlarda/perdelerde oluşan normal kuvvet

Kolon/perde adı (bulunduğu aks)	Eksenel Kuvvet (N) (t)
S1 (1-A)	85,984
S2 (1-B)	140,743
S3 (1-C)	135,026
S4 (1-D)	140,717
S5 (1-E)	86,000
S6 (2-A)	140,755
S7 (2-B)	217,974
S8 (2-D)	218,025
S9 (2-E)	140,726
S10 (3-A)	135,043
S11 (3-E)	135,075
S12 (4-A)	140,744
S13 (4-B)	217,975
S14 (4-D)	217,937
S15 (4-E)	140,750
S16 (5-A)	85,993
S17 (5-B)	140,756
S18 (5-C)	135,073
S19 (5-D)	140,784
S20 (5-E)	85,994
P1 Poligon (3/B-D, C/2-4)	1512,460

Dış akslardaki köşe kolonlarda (S1, S5, S16, S20) en düşük, bina ortasındaki poligon perdede en yüksek normal kuvvet değerleri elde edilmiştir.

5.8.9. Perde Çerçeve Sistem Kontrolü

Betonarme perdelerin tabanında deprem yüklerinden meydana gelen devrilme momenti ile binanın tümü için deprem yüklerinden tabanda meydana gelen toplam devrilme momenti hesaplanarak TBDY-2018’de verilen sınırlar ve R, D katsayıları kontrol edildi. (Çizelge 5.146. ve Çizelge 5.147.)

Çizelge 5.146. Ex yüklemesi sonucu hesaplanan moment değerleri

Eleman	M_{33} (+) (tm)	M_{22} (+) (tm)	M_{dev} (+) (tm)	M_{33} (-) (tm)	M_{22} (-) (tm)	M_{dev} (-) (tm)	M_{dev} / M_o
P1	1912,70	-23,40	1912,70	1912,72	-23,40	1912,72	0,76
Perde Devrilme Momenti (M_{Dev}):			1912,70			1912,72	
Taban Devrilme Momenti (M_o):			2529,18			2529,18	

$M_{Dev} / M_o = 0,76 > 0,75$ olduğundan TBDY-2018'e göre tasarım etkileri X yönünde deprem etkilerinin tamamının süneklik düzeyi yüksek perdelerle karşılandığı binalar (A13) için tanımlanan R ve D katsayıları ($R=6$ $D=2,5$) dikkate alınmıştır.

P1 poligon betonarme perdenin X yönünde aldığı taban devrilme momenti (M_{dev}) binanın tümü için deprem yüklerinden meydana gelen toplam taban devrilme momentinin (M_o) 1/3 ünü aşmaktadır. Bu yüzden X yönünde Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı $(4/5)R$ dikkate alınarak tasarım sonuçlarının hesabında $R=4,8$ ve $D=2,5$ kullanılmıştır.

Çizelge 5.147. Ey yüklemesi sonucu hesaplanan moment değerleri

Eleman	$M_{33} (+)$ (tm)	$M_{22} (+)$ (tm)	$M_{dev} (+)$ (tm)	$M_{33} (-)$ (tm)	$M_{22} (-)$ (tm)	$M_{dev} (-)$ (tm)	$M_{dev} /$ M_o
P1	1912,78	-23,40	1912,78	1912,79	-23,40	1912,79	0,76
Perde Devrilme Momenti (M_{Dev}):			1912,78			1912,79	
Taban Devrilme Momenti (M_o):			2525,24			2525,24	

$M_{Dev} / M_o = 0,76 > 0,75$ olduğundan TBDY-2018'e göre tasarım etkileri Y yönünde deprem etkilerinin tamamının süneklik düzeyi yüksek perdelerle karşılandığı binalar (A13) için tanımlanan R ve D katsayıları ($R=6$ $D=2,5$) dikkate alınmıştır.

P1 poligon betonarme perdenin Y yönünde aldığı taban devrilme momenti (M_{dev}) binanın tümü için deprem yüklerinden meydana gelen toplam taban devrilme momentinin (M_o) 1/3 ünü aşmaktadır. Bu yüzden Y yönünde Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı $(4/5)R$ dikkate alınarak tasarım sonuçlarının hesabında $R=4,8$ ve $D=2,5$ kullanılmıştır.

5.8.10. Donatı tasarımı

8. modele ait her kolon ve perde için en kritik yüklemeye göre hesaplanan gerekli kolon ve perde boyuna donatı alanları çizelge 5.148.'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.148. Kolon ve perdelerde gerekli boyuna donatı alanları (cm²)

Kolon/perde adı (bulunduğu aks)	ZEMİN KAT	1. KAT	2. KAT	3. KAT	4. KAT
S1 (1-A)	25	25	25	25	25
S2 (1-B)	25	25	25	25	25
S3 (1-C)	25	25	25	25	25
S4 (1-D)	25	25	25	25	25
S5 (1-E)	25	25	25	25	25
S6 (2-A)	25	25	25	25	25
S7 (2-B)	25	25	25	25	25
S8 (2-D)	25	25	25	25	25
S9 (2-E)	25	25	25	25	25
S10 (3-A)	25	25	25	25	25
S11 (3-E)	25	25	25	25	25
S12 (4-A)	25	25	25	25	25
S13 (4-B)	25	25	25	25	25
S14 (4-D)	25	25	25	25	25
S15 (4-E)	25	25	25	25	25
S16 (5-A)	25	25	25	25	25
S17 (5-B)	25	25	25	25	25
S18 (5-C)	25	25	25	25	25
S19 (5-D)	25	25	25	25	25
S20 (5-E)	25	25	25	25	25
P1 Poligon (3/B-D, C/2-4)	152,25	152,25	152,25	152,25	152,25

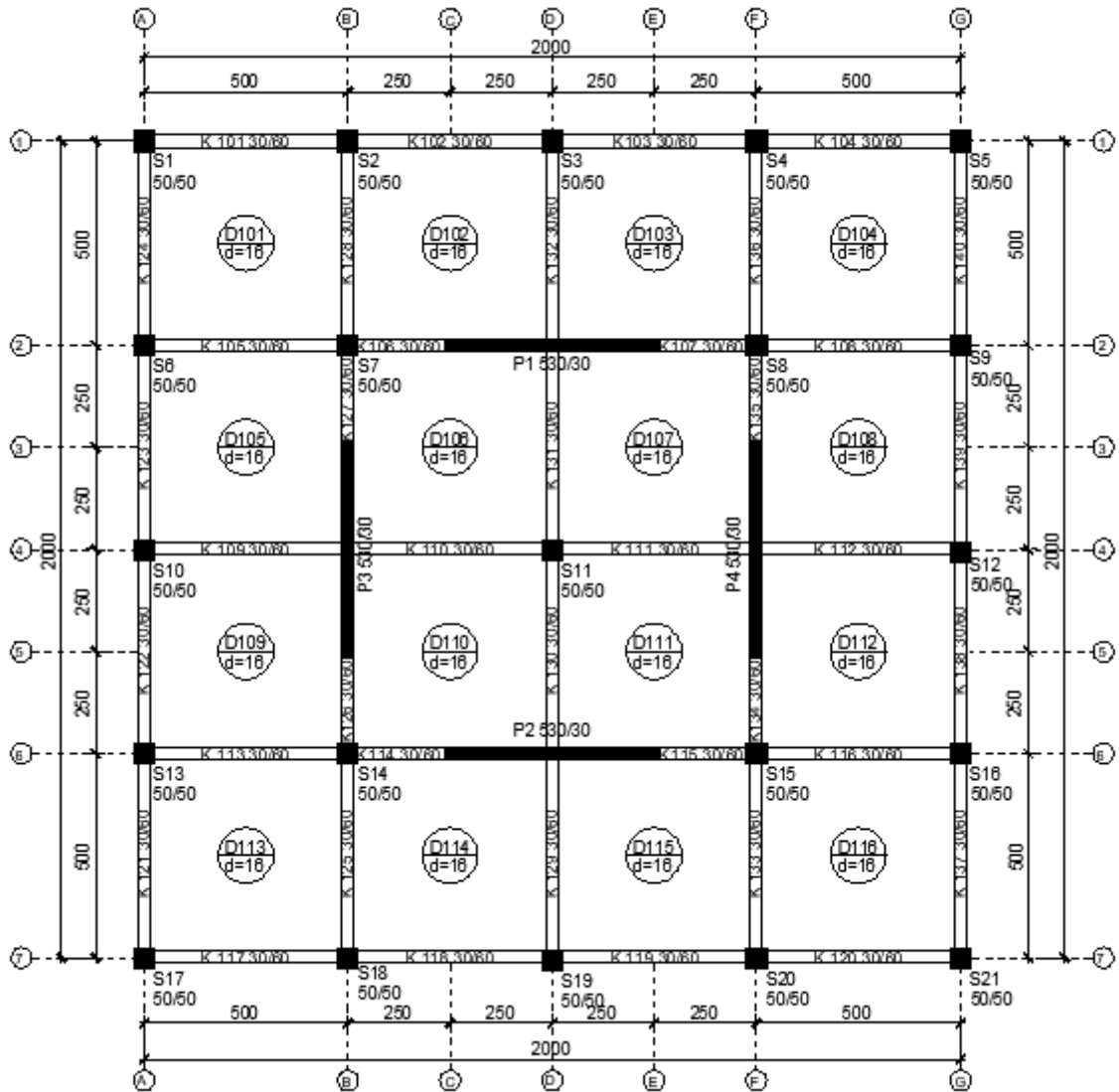
8. modele ait zemin katta hesaplanan gerekli kiriş boyuna donatı alanları çizelge 5.149.'da gösterilmiştir.

Çizelge 5.149. Zemin kat kirişlerinde gerekli boyuna donatı alanları (cm²)

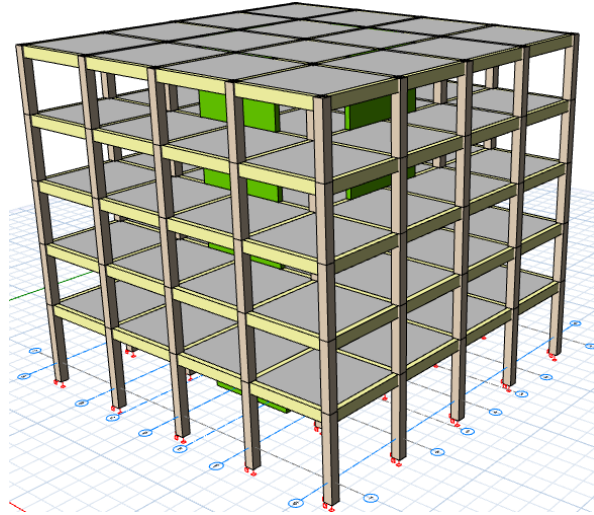
Aks 1	K101			K102			K103			K104		
Üst kenar	4,87	1,22	4,81	4,60	1,16	4,64	4,64	1,16	4,60	4,81	1,22	4,87
Alt kenar	2,44	2,00	2,41	2,30	1,62	2,32	2,32	1,63	2,30	2,41	2,00	2,44
Aks 2	K105			K106			K107			K108		
Üst kenar	6,09	1,54	6,18	5,16	1,60	6,39	6,39	1,60	5,36	6,15	1,54	6,07
Alt kenar	3,05	3,75	3,09	2,58	3,01	3,19	3,19	3,01	2,68	3,07	3,75	3,04
Aks 3	K109			P1						K110		
Üst kenar	5,97	1,62	6,49							6,49	1,62	5,96
Alt kenar	2,98	3,89	3,24							3,24	3,89	2,98
Aks 4	K111			K112			K113			K114		
Üst kenar	6,07	1,54	6,15	5,36	1,60	6,39	6,39	1,60	5,16	6,18	1,54	6,09
Alt kenar	3,04	3,75	3,07	2,68	3,01	3,20	3,20	3,01	2,58	3,09	3,75	3,04
Aks 5	K115			K116			K117			K118		
Üst kenar	4,87	1,22	4,81	4,60	1,16	4,65	4,63	1,16	4,59	4,81	1,22	4,87
Alt kenar	2,44	2,00	2,40	2,30	1,62	2,32	2,32	1,62	2,30	2,40	2,00	2,44
Aks A	K119			K120			K121			K122		
Üst kenar	4,87	1,22	4,81	4,60	1,16	4,64	4,63	1,16	4,59	4,81	1,22	4,87
Alt kenar	2,43	2,00	2,41	2,30	1,63	2,32	2,32	1,62	2,30	2,40	2,00	2,44
Aks B	K123			K124			K125			K126		
Üst kenar	6,07	1,54	6,14	5,36	1,60	6,39	6,39	1,60	5,16	6,18	1,54	6,09
Alt kenar	3,03	3,75	3,07	2,68	3,01	3,19	3,19	3,01	2,58	3,09	3,76	3,04
Aks C	K127			P1						K128		
Üst kenar	5,96	1,62	6,48							6,49	1,62	5,97
Alt kenar	2,98	3,89	3,24							3,24	3,89	2,98
Aks D	K129			K130			K131			K132		
Üst kenar	6,09	1,54	6,17	5,16	1,60	6,39	6,39	1,60	5,36	6,14	1,54	6,07
Alt kenar	3,04	3,75	3,09	2,58	3,01	3,20	3,20	3,01	2,68	3,07	3,75	3,03
Aks E	K133			K134			K135			K136		
Üst kenar	4,87	1,22	4,81	4,59	1,16	4,63	4,64	1,16	4,60	4,81	1,22	4,87
Alt kenar	2,44	2,00	2,40	2,30	1,62	2,32	2,32	1,62	2,30	2,40	2,00	2,44

5.9. Dokuzuncu Model

Dokuzuncu modelde; X doğrultusunda 5 metre aralıklarla 1, 2, 4, 6, 7 aksı, 2 ile 4 ve 4 ile 6 aksı arasına da 2,5 m mesafede 3 ve 5 aksı, Y doğrultusunda ise 5 metre aralıklarla A, B, D, F, G aksı, B ile D ve D ile F aksı arasına da 2,5 m mesafede C ve E aksı tanımlanmıştır. Ardından 2/C-E, 6/C-E, B/3-5, F/3-5 akslarına dört adet 530/30 cm boyutlarında betonarme perde, diğer aks kesişimlerinde 21 adet 50/50 cm boyutlarında kolonlar, bu kolonları birbirine bağlayan 30/60 cm boyutlarında kirişler ve 16 cm kalınlığında döşemeler modellenmiştir. (Şekil 5.27. ve Şekil 5.28.)



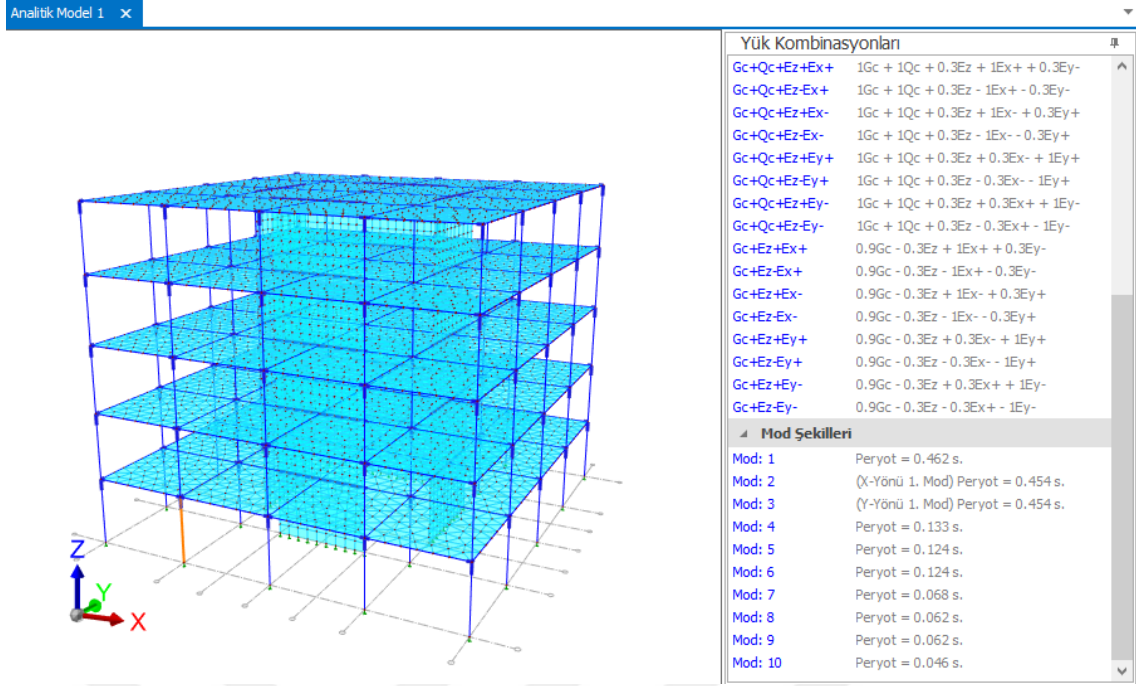
Şekil 5.27. Model - 9 kat planı



Şekil 5.28. Model - 9 Üç boyutlu görünüm

X ve Y doğrultusunda betonarme perdeler bulunduğu ve uzun kenar doğrultusundaki atalet momentleri çok daha büyük olup deprem etkilerini bu yönde etkin şekilde taşıdıklarından TBDY-2018'den deprem etkilerinin moment aktaran süneklik düzeyi yüksek betonarme çerçeveler ile süneklik düzeyi yüksek boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (A15) için $R = 7$ ve $D = 2,5$ değerleri seçilmiştir. Hesaba katılacak mod sayısı 10 olarak belirlenmiş, model seçenekleri menüsünden sonlu elemanlar kabuk modeli seçilmiş, sonlu elemanlar ağından döşemeler modele dahil edilmiş ve analiz yapılmıştır.

Yapılan modal analiz sonucunda binanın X ve Y yönündeki hakim doğal titreşim periyodu $T_p^{(X,Y)} = 0,454$ s olarak bulunmuştur. (Şekil 5.29.)



Şekil 5.29. Model - 9 analitik görünüm

Analiz sonrası katkısı %3'ten büyük olan bütün modlar için (X) ve (Y) deprem doğrultularında her bir mod için hesaplanan taban kesme kuvveti modal etkin kütlelerinin toplamının bina toplam kütlelerinin %95'inden daha az olmadığı kontrol edilmiştir.

TBDY-2018'e göre gerekli kontroller yapılmıştır.

5.9.1. Burulma düzensizliği kontrolü

Ex+ yüklemesi için her katta okunan yer değiştirme değerleri ve hesaplanan η_{bi} değerleri Çizelge 5.150.'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.150. Ex+ yüklemesi sonucu oluşan yer değiştirmeler ve hesaplanan η_{bi} değerleri

Kat	$\delta_{i,max}(m)$	$\delta_{i,min}(m)$	$(\Delta_i)_{max}$	$(\Delta_i)_{min}$	$(\Delta_i)_{ort}$	η_{bi}
4	0,006822	0,005133	0,001323	0,00103	0,00118	1,12357
3	0,005499	0,004101	0,001528	0,00117	0,00135	1,13395
2	0,003971	0,002934	0,001607	0,00121	0,00141	1,14255
1	0,002364	0,001728	0,001469	0,00108	0,00128	1,15171
Zemin	0,000895	0,000646	0,000895	0,00065	0,00077	1,16158

Ex- yüklemesi için her katta okunan yer değiştirme değerleri ve hesaplanan η_{bi} değerleri çizelge 5.151.'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.151. Ex- yüklemeleri sonucu oluşan yer değiştirmeler ve hesaplanan η_{bi} değerleri

Kat	$\delta_{i,max}(m)$	$\delta_{i,min}(m)$	$(\Delta_i)_{max}$	$(\Delta_i)_{min}$	$(\Delta_i)_{ort}$	η_{bi}
4	0,006822	0,005133	0,001323	0,00103	0,00118	1,12357
3	0,005499	0,004101	0,001528	0,00117	0,00135	1,13395
2	0,003971	0,002934	0,001607	0,00121	0,00141	1,14255
1	0,002364	0,001728	0,001469	0,00108	0,00128	1,15171
Zemin	0,000895	0,000646	0,000895	0,00065	0,00077	1,16158

Ey+ yüklemesi için her katta okunan yer değiştirme değerleri ve hesaplanan η_{bi} değerleri çizelge 5.152.'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.152. Ey+ yüklemesi sonucu oluşan yer değiştirmeler ve hesaplanan η_{bi} değerleri

Kat	$\delta_{i,max}(m)$	$\delta_{i,min}(m)$	$(\Delta_i)_{max}$	$(\Delta_i)_{min}$	$(\Delta_i)_{ort}$	η_{bi}
4	0,00682	0,005131	0,001324	0,00103	0,00118	1,12394
3	0,005496	0,004099	0,001527	0,00117	0,00135	1,13321
2	0,003969	0,002931	0,001607	0,00121	0,00141	1,14296
1	0,002362	0,001726	0,001468	0,00108	0,00127	1,15182
Zemin	0,000894	0,000645	0,000894	0,00065	0,00077	1,16179

Ey- yüklemesi için her katta okunan yer değiştirme değerleri ve hesaplanan η_{bi} değerleri çizelge 5.153.'te gösterilmiştir.

Çizelge 5.153. Ey- yüklemeleri sonucu oluşan yer değiştirmeler ve hesaplanan η_{bi} değerleri

Kat	$\delta_{i,max}(m)$	$\delta_{i,min}(m)$	$(\Delta_i)_{max}$	$(\Delta_i)_{min}$	$(\Delta_i)_{ort}$	η_{bi}
4	0,00682	0,005131	0,001324	0,00103	0,00118	1,12394
3	0,005496	0,004099	0,001527	0,00117	0,00135	1,13321
2	0,003969	0,002931	0,001607	0,00121	0,00141	1,14296
1	0,002362	0,001726	0,001468	0,00108	0,00127	1,15182
Zemin	0,000894	0,000645	0,000894	0,00065	0,00077	1,16179

Görüldüğü gibi η_{bi} değerleri X ve Y yönünde 1,2'den küçük olduğundan modelde burulma düzensizliği bulunmamaktadır.

5.9.2. Döşeme süreksizliği kontrolü

Modelde döşeme boşluğu, merdiven, asansör ve döşemelerde düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani azalmalar bulunmadığından dolayı döşeme süreksizliği bulunmamaktadır.

5.9.3. Planda çıkıntılar bulunması ve komşu katlar arası dayanım düzensizliği

Modeldeki planda herhangi bir çıkıntı bulunmadığından ve etkili kesme alanları her katta aynı olduğundan bu tür düzensizlikler bulunmamaktadır.

5.9.4. Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (yumuşak kat)

Ex+ yüklemesi için hesaplanan η_{ki} değerleri çizelge 5.154.'te gösterilmiştir.

Çizelge 5.154. Ex+ yüklemesi sonucu hesaplanan η_{ki} değerleri

Kat	h_i (m)	$(\Delta_i)_{ort}$	$(\Delta_i/h_i)_{ort}$	$\eta_{ki}=(\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort}$	$\eta_{ki}=(\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}$
4	3,5	0,0012	0,000336	-	0,874
3	3,5	0,0013	0,000385	1,144	0,958
2	3,5	0,0014	0,000402	1,044	1,103
1	3,5	0,0013	0,000364	0,907	1,655
Zemin	3,5	0,0008	0,000220	0,604	-

Ex- yüklemesi için hesaplanan η_{ki} değerleri çizelge 5.155.'te gösterilmiştir.

Çizelge 5.155. Ex- yüklemesi sonucu hesaplanan η_{ki} değerleri

Kat	h_i (m)	$(\Delta_i)_{ort}$	$(\Delta_i/h_i)_{ort}$	$\eta_{ki}=(\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort}$	$\eta_{ki}=(\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}$
4	3,5	0,0012	0,000336	-	0,874
3	3,5	0,0013	0,000385	1,144	0,958
2	3,5	0,0014	0,000402	1,044	1,103
1	3,5	0,0013	0,000364	0,907	1,655
Zemin	3,5	0,0008	0,000220	0,604	-

Ey+ yüklemesi için hesaplanan η_{ki} değerleri çizelge 5.156.'da gösterilmiştir.

Çizelge 5.156. Ey+ yüklemesi sonucu hesaplanan η_{ki} değerleri

Kat	h_i (m)	$(\Delta_i)_{ort}$	$(\Delta_i/h_i)_{ort}$	$\eta_{ki}=(\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort}$	$\eta_{ki}=(\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}$
4	3,5	0,0012	0,000337	-	0,874
3	3,5	0,0013	0,000385	1,144	0,958
2	3,5	0,0014	0,000402	1,043	1,103
1	3,5	0,0013	0,000364	0,906	1,656
Zemin	3,5	0,0008	0,000220	0,604	-

Ey- yüklemesi için hesaplanan η_{ki} değerleri çizelge 5.157.'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.157. Ey- yüklemesi sonucu hesaplanan η_{ki} değerleri

Kat	h_i (m)	$(\Delta_i)_{ort}$	$(\Delta_i/h_i)_{ort}$	$\eta_{ki}=(\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort}$	$\eta_{ki}=(\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}$
4	3,5	0,0012	0,000337	-	0,874
3	3,5	0,0013	0,000385	1,144	0,958
2	3,5	0,0014	0,000402	1,043	1,103
1	3,5	0,0013	0,000364	0,906	1,656
Zemin	3,5	0,0008	0,000220	0,604	-

Görüldüğü gibi η_{ki} değerleri X ve Y doğrultusunda da 2,0 değerinden küçük olduğundan modelde komşu katlar arası rijitsizlik düzensizliği bulunmamaktadır.

5.9.5. Düşey eleman süreksizliği kontrolü

Modelde düşey taşıyıcı elemanlarda herhangi bir süreksizlik bulunmamaktadır.

5.9.6. Statik eşdeğer deprem yükü ile mod birleştirme toplamının karşılaştırılması

TBDY-2018'e göre azaltılmış iç kuvvetlerin ve yer değiştirmelerin eşdeğer taban kesme kuvvetine göre büyütülüp büyütülmeyeceği kontrol edilmiştir. (Çizelge 5.158. ve Çizelge 5.159.)

TBDY-2018'de tanımlanan düzensizliklerden hiçbirinin modelde bulunmaması sebebiyle $\gamma_E = 0.80$ alınmıştır.

Çizelge 5.158. X yönündeki taban kesme kuvvetleri

	V_{tx-X} (t)	V_{tx-Y} (t)	V_{tx} (t)
Ex-	196,972	0,007	196,972
Ex+	196,972	0,007	196,972
Vt-statik	216,588	0,000	216,588

X yönünde bina toplam deprem yükü mod birleştirme yöntemine göre 196,972 t, eşdeğer statik deprem yükü yöntemine göre ise 216,588 t bulunmuştur. Dolayısıyla;

$$V_{tx} > \gamma_E V_{tE} \rightarrow 196,972 > 0,8 * 216,588 = 173,27$$

olduğundan dinamik analiz sonuçları arttırılmayacaktır.

Çizelge 5.159. Y yönündeki taban kesme kuvvetleri

	V_{tx-X} (t)	V_{tx-Y} (t)	V_{tx} (t)
Ey-	0,007	197,071	197,071

Ey+	0,007	197,071	197,071
Vt-statik	0,000	216,674	216,674

Y yönünde bina toplam deprem yükü mod birleştirme yöntemine göre 197,071 t, eşdeğer statik deprem yükü yöntemine göre ise 216,674 t bulunmuştur. Dolayısıyla;

$$V_{tx} > \gamma_E V_{tE} \rightarrow 197,071 > 0,8 * 216,674 = 173,34$$

olduğundan dinamik analiz sonuçları arttırılmayacaktır.

5.9.7. Etkin görelî kat ötelemeleri kontrolü

Ex+ yüklemesi için hesaplanan etkin görelî kat ötelemesi değerleri çizelge 5.160.'ta gösterilmiştir.

Çizelge 5.160. Ex+ yüklemesi sonucu hesaplanan etkin görelî kat ötelemesi değerleri

Kat	h_i (m)	Δ_{max} (m)	δ_{etkin} (m)	$(\delta/h)_{etkin}$	$\lambda (\delta/h)_{etkin}$
4	3,5	0,00132	0,009264	0,002647	0,000948
3	3,5	0,00153	0,010694	0,003055	0,001094
2	3,5	0,00161	0,011246	0,003213	0,001150
1	3,5	0,00147	0,010285	0,002939	0,001052
Zemin	3,5	0,0009	0,006265	0,001790	0,000641

Ex- yüklemesi için hesaplanan etkin görelî kat ötelemesi değerleri çizelge 5.161.'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.161. Ex- yüklemesi sonucu hesaplanan etkin görelî kat ötelemesi değerleri

Kat	h_i (m)	Δ_{max} (m)	δ_{etkin} (m)	$(\delta/h)_{etkin}$	$\lambda (\delta/h)_{etkin}$
4	3,5	0,00132	0,009264	0,002647	0,000948
3	3,5	0,00153	0,010694	0,003055	0,001094
2	3,5	0,00161	0,011246	0,003213	0,001150
1	3,5	0,00147	0,010285	0,002939	0,001052
Zemin	3,5	0,0009	0,006265	0,001790	0,000641

Ey+ yüklemesi için hesaplanan etkin görelî kat ötelemesi değerleri çizelge 5.162.'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.162. Ey+ yüklemesi sonucu hesaplanan etkin görelî kat ötelemesi değerleri

Kat	h_i (m)	Δ_{max} (m)	δ_{etkin} (m)	$(\delta/h)_{etkin}$	$\lambda (\delta/h)_{etkin}$
4	3,5	0,00132	0,009268	0,002648	0,000948
3	3,5	0,00153	0,01069	0,003054	0,001093
2	3,5	0,00161	0,011243	0,003212	0,001150
1	3,5	0,00147	0,010281	0,002937	0,001052
Zemin	3,5	0,00089	0,006256	0,001787	0,000640

Ey- yüklemesi için hesaplanan etkin görelî kat ötelemesi değêrleri çizelge 5.163.'te gösterilmiştir.

Çizelge 5.163. Ey- yüklemesi sonucu hesaplanan etkin görelî kat ötelemesi değêrleri

Kat	h_i (m)	$\Delta_{\max}$ (m)	δ_{etkin} (m)	$(\delta/h)_{\text{etkin}}$	$\lambda (\delta/h)_{\text{etkin}}$
4	3,5	0,00132	0,009266	0,002647	0,000948
3	3,5	0,00153	0,010691	0,003055	0,001094
2	3,5	0,00161	0,011244	0,003213	0,001150
1	3,5	0,00147	0,010281	0,002937	0,001052
Zemin	3,5	0,00089	0,006257	0,001788	0,000640

Göröldüğü gibi etkin görelî kat ötelemesi değêrleri X ve Y doğrultusunda 0,008 değêrinden küçük olduğından modelde görelî kat ötelemeleri sınır değêrleri sağlanmaktadır.

5.9.8. Kolon ve perdelerdeki normal kuvvet değêrleri

Tüm düşey taşıyıcı elemanlarda en elverişsiz yükleme durumu için yük kombinasyonlardan elde edilen zarf diyagramlarından okunan zemin kattaki kolonların ve perdelerin alt ucunda oluşan aksenal kuvvet (N) değêrleri Çizelge 5.164.'te gösterilmiştir.

Çizelge 5.164. Zemin kattaki kolonlarda/perdelerde oluşan normal kuvvet

Kolon/perde adı (bulunduğu aks)	Eksenel Kuvvet (N) (t)
S1 (1-A)	85,599
S2 (1-B)	137,258
S3 (1-D)	131,640
S4 (1-F)	137,266
S5 (1-G)	85,619
S6 (2-A)	137,244
S7 (2-B)	158,070
S8 (2-F)	158,109
S9 (2-G)	137,228
S10 (4-A)	131,568
S11 (4-D)	198,307
S12 (4-G)	131,569
S13 (6-A)	137,260
S14 (6-B)	157,878
S15 (6-F)	157,964
S16 (6-G)	137,255
S17 (7-A)	85,610
S18 (7-B)	137,281
S19 (7-D)	131,606
S20 (7-F)	137,290
S21 (7-G)	85,604
P1 (2/C-E)	427,160
P2 (6/C-E)	427,335
P3 (B/3-5)	427,768
P4 (F/3-5)	427,902

Dış akslardaki köşe kolonlarda (S1, S5, S17, S21) en düşük, X ve Y yönündeki orta akslardaki perdelerde en yüksek normal kuvvet değerleri elde edilmiştir.

5.9.9. Perde Çerçeve Sistem Kontrolü

Betonarme perdelerin tabanında deprem yüklerinden meydana gelen devrilme momenti ile binanın tümü için deprem yüklerinden tabanda meydana gelen toplam devrilme momenti hesaplanarak TBDY-2018’de verilen sınırlar ve R, D katsayıları kontrol edildi. (Çizelge 5.165. ve Çizelge 5.166.)

Çizelge 5.165. Ex yüklemesi sonucu hesaplanan moment değerleri

Eleman	M ₃₃ (+) (tm)	M ₂₂ (+) (tm)	M _{dev} (+) (tm)	M ₃₃ (-) (tm)	M ₂₂ (-) (tm)	M _{dev} (-) (tm)	M _{dev} / M ₀
P1	509,43	0,00	509,43	434,91	0,00	434,91	0,24
P2	434,89	0,00	434,89	509,41	0,00	509,41	0,24
Perde Devrilme Momenti (M _{Dev}):			944,32			944,32	

Taban Devrilme Momenti (M_o):	2094,21			2094,21	
-----------------------------------	---------	--	--	---------	--

$M_{Dev} / M_o = 0,45 < 0,75$ olduğundan X yönündeki mevcut bina taşıyıcı sistemi (A15) kabul edilebilir. (R=7 ve D=2,5)

P1 ve P2 betonarme perdelerin X yönünde aldığı taban devrilme momenti (M_{dev}) binanın tümü için deprem yüklerinden meydana gelen toplam taban devrilme momentinin (M_o) 1/6'sından fazla 1/3'ünden az (0,24) olarak bulunmuştur.

Çizelge 5.166. Ey yüklemesi sonucu hesaplanan moment değerleri

Eleman	$M_{33} (+)$ (tm)	$M_{22} (+)$ (tm)	$M_{dev} (+)$ (tm)	$M_{33} (-)$ (tm)	$M_{22} (-)$ (tm)	$M_{dev} (-)$ (tm)	$M_{dev} /$ M_o
P3	435,15	0,00	435,15	509,86	0,00	509,86	0,24
P4	509,84	0,00	509,84	435,13	0,00	435,13	0,24
Perde Devrilme Momenti (M_{Dev}):			945,00			944,99	
Taban Devrilme Momenti (M_o):			2095,10			2095,10	

$M_{Dev} / M_o = 0,45 < 0,75$ olduğundan Y yönündeki mevcut bina taşıyıcı sistemi (A15) kabul edilebilir. (R=7 ve D=2,5)

P3 ve P4 betonarme perdelerin Y yönünde aldığı taban devrilme momenti (M_{dev}) binanın tümü için deprem yüklerinden meydana gelen toplam taban devrilme momentinin (M_o) 1/6'sından fazla 1/3'ünden az (0,24) olarak bulunmuştur.

5.9.10. Donatı tasarımı

9. modele ait her kolon ve perde için en kritik yüklemeye göre hesaplanan gerekli kolon ve perde boyuna donatı alanları çizelge 5.167.'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.167. Kolon ve perdelerde gerekli boyuna donatı alanları (cm²)

Kolon/perde adı (bulunduğu aks)	ZEMİN KAT	1. KAT	2. KAT	3. KAT	4. KAT
S1 (1-A)	25	25	25	25	25
S2 (1-B)	25	25	25	25	25
S3 (1-D)	25	25	25	25	25
S4 (1-F)	25	25	25	25	25
S5 (1-G)	25	25	25	25	25
S6 (2-A)	25	25	25	25	25
S7 (2-B)	25	25	25	25	25
S8 (2-F)	25	25	25	25	25
S9 (2-G)	25	25	25	25	25
S10 (4-A)	25	25	25	25	25
S11 (4-D)	25	25	25	25	25
S12 (4-G)	25	25	25	25	25
S13 (6-A)	25	25	25	25	25
S14 (6-B)	25	25	25	25	25
S15 (6-F)	25	25	25	25	25
S16 (6-G)	25	25	25	25	25
S17 (7-A)	25	25	25	25	25
S18 (7-B)	25	25	25	25	25
S19 (7-D)	25	25	25	25	25
S20 (7-F)	25	25	25	25	25
S21 (7-G)	25	25	25	25	25
P1 (2/C-E)	39,75	39,75	39,75	39,75	39,75
P2 (6/C-E)	39,75	39,75	39,75	39,75	39,75
P3 (B/3-5)	39,75	39,75	39,75	39,75	39,75
P4 (F/3-5)	39,75	39,75	39,75	39,75	39,75

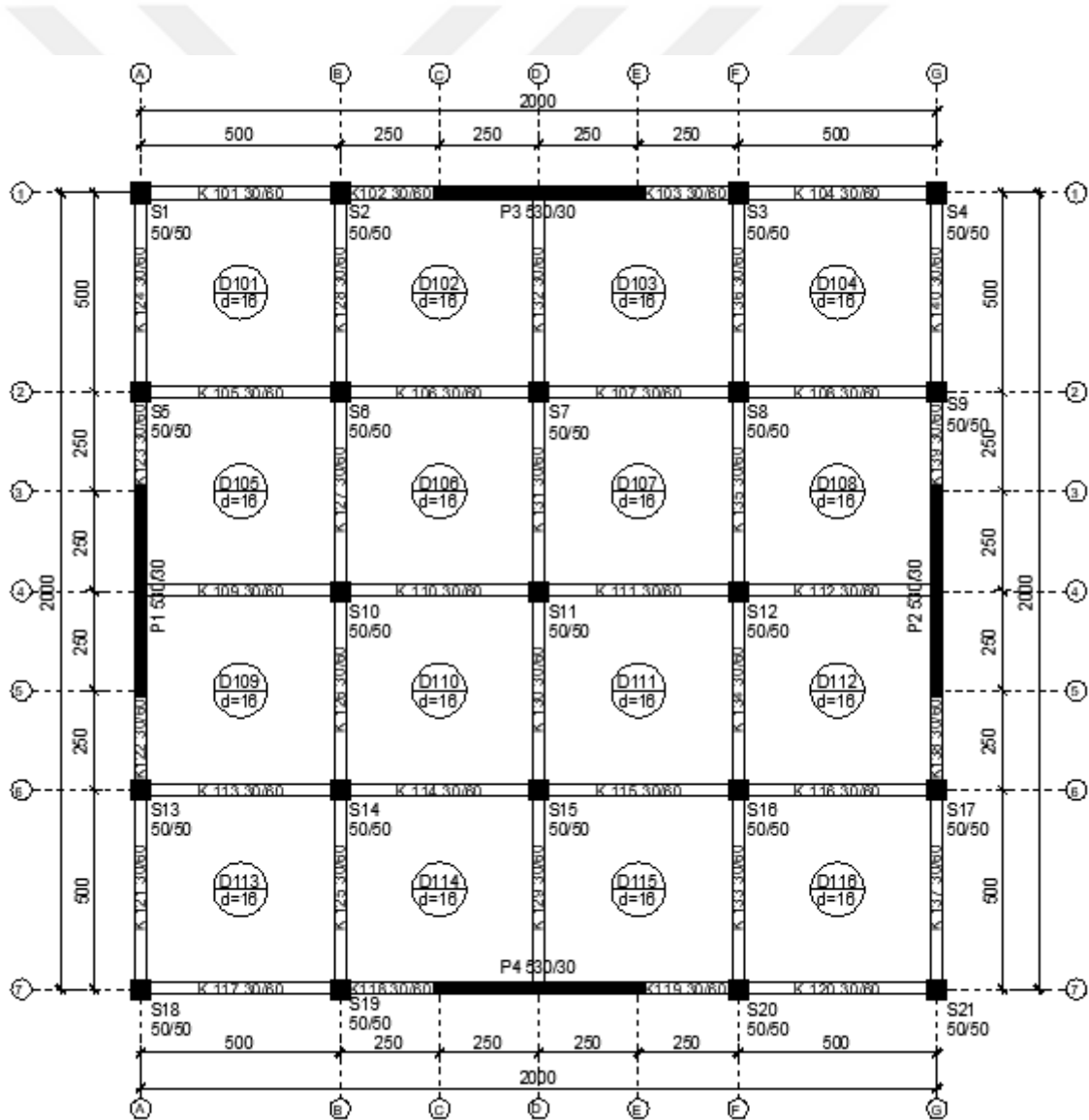
9. modele ait zemin katta hesaplanan gerekli kiriş boyuna donatı alanları çizelge 5.168.'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.168. Zemin kat kirişlerinde gerekli boyuna donatı alanları (cm²)

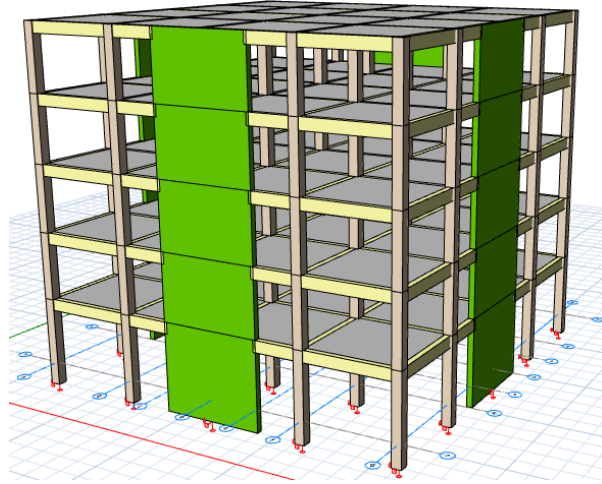
Aks 1	K101			K102			K103			K104		
Üst kenar	3,57	0,90	3,61	3,43	0,86	3,34	3,34	0,86	3,43	3,62	0,90	3,57
Alt kenar	1,78	1,90	1,81	1,72	1,53	1,67	1,67	1,53	1,72	1,81	1,90	1,78
Aks 2	K105			K106 (l=2,5 m)			K107 (l=2,5 m)			K108		
Üst kenar	5,11	1,28	4,96	4,43	1,11	4,36	4,21	1,08	4,31	4,96	1,29	5,15
Alt kenar	2,56	3,93	2,48	2,63	2,54	3,46	3,31	2,44	2,51	2,48	3,93	2,57
Aks 4	K109			K110			K111			K112		
Üst kenar	4,66	1,65	6,61	6,48	1,62	4,31	4,32	1,62	6,48	6,61	1,65	4,66
Alt kenar	2,33	3,64	3,30	3,24	3,02	2,16	2,16	3,02	3,24	3,31	3,65	2,33
Aks 6	K113			K114 (l=2,5 m)			K115 (l=2,5 m)			K116		
Üst kenar	5,15	1,29	4,98	4,31	1,08	4,23	4,34	1,10	4,42	4,97	1,28	5,11
Alt kenar	2,58	3,93	2,49	2,52	2,45	3,33	3,42	2,54	2,63	2,48	3,94	2,56
Aks 7	K117			K118			K119			K120		
Üst kenar	3,57	0,90	3,61	3,43	0,86	3,34	3,34	0,86	3,43	3,61	0,90	3,57
Alt kenar	1,78	1,90	1,81	1,71	1,53	1,67	1,67	1,53	1,71	1,80	1,90	1,78
Aks A	K121			K122			K123			K124		
Üst kenar	3,57	0,90	3,61	3,43	0,86	3,34	3,34	0,86	3,43	3,61	0,90	3,57
Alt kenar	1,78	1,90	1,81	1,71	1,53	1,67	1,67	1,54	1,72	1,81	1,90	1,78
Aks B	K125			K126 (l=2,5 m)			K127 (l=2,5 m)			K128		
Üst kenar	5,15	1,29	4,97	4,30	1,08	4,23	4,36	1,10	4,41	4,95	1,28	5,11
Alt kenar	2,58	3,93	2,49	2,52	2,44	3,32	3,45	2,55	2,63	2,48	3,93	2,55
Aks D	K129			K130			K131			K132		
Üst kenar	4,66	1,65	6,62	6,50	1,62	4,32	4,32	1,62	6,50	6,62	1,65	4,67
Alt kenar	2,33	3,66	3,31	3,25	3,03	2,16	2,16	3,03	3,25	3,31	3,67	2,33
Aks F	K133			K134 (l=2,5 m)			K135 (l=2,5 m)			K136		
Üst kenar	5,11	1,28	4,97	4,41	1,10	4,37	4,22	1,07	4,30	4,95	1,29	5,15
Alt kenar	2,56	3,94	2,49	2,63	2,54	3,45	3,32	2,46	2,52	2,48	3,95	2,58
Aks G	K137			K138			K139			K140		
Üst kenar	3,57	0,90	3,61	3,43	0,86	3,34	3,34	0,86	3,43	3,61	0,90	3,57
Alt kenar	1,78	1,90	1,80	1,71	1,53	1,67	1,67	1,54	1,71	1,80	1,90	1,78

5.10. Onuncu Model

Onuncu modelde; X doğrultusunda 5 metre aralıklarla 1, 2, 4, 6, 7 aksı, 2 ile 4 ve 4 ile 6 askı arasına da 2,5 m mesafede 3 ve 5 aksı, Y doğrultusunda ise 5 metre aralıklarla A, B, D, F, G aksı, B ile D ve D ile F aksı arasına da 2,5 m mesafede C ve E aksı tanımlanmıştır. Ardından 1/C-E, 7/C-E, A/3-5, G/3-5 akslarına dört adet 530/30 cm boyutlarında betonarme perde, diğer aks kesişimlerinde 21 adet 50/50 cm boyutlarında kolonlar, bu kolonları birbirine bağlayan 30/60 cm boyutlarında kirişler ve 16 cm kalınlığında döşemeler modellenmiştir. (Şekil 5.30. ve Şekil 5.31.)



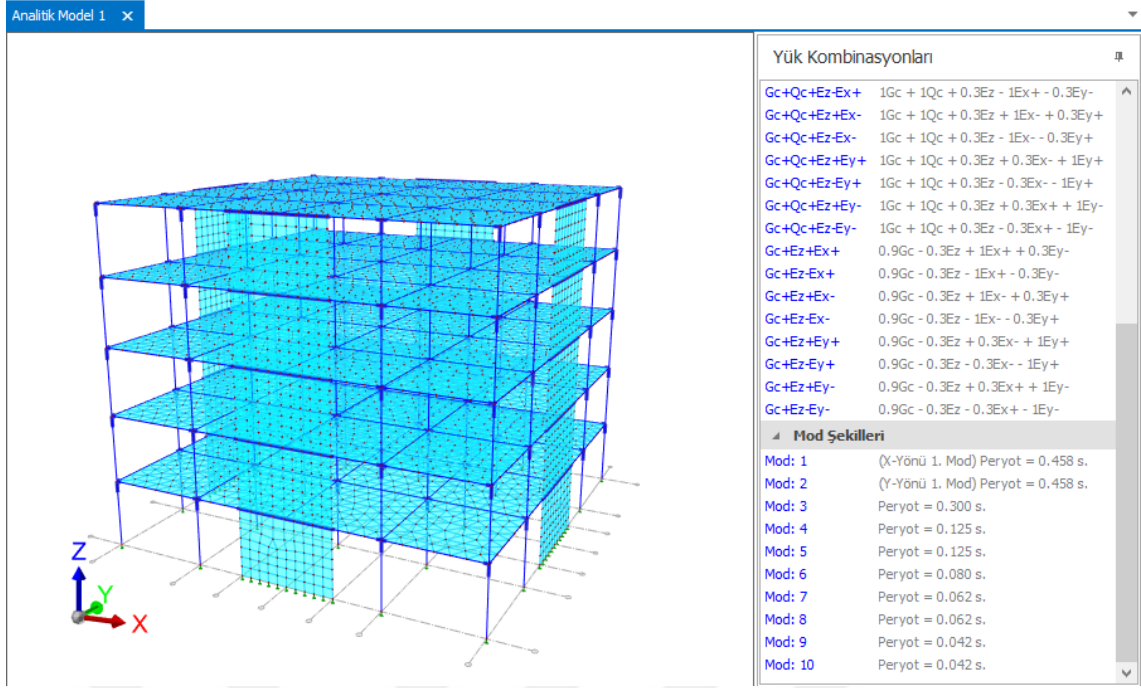
Şekil 5.30. Model - 10 kat planı



Şekil 5.31. Model - 10 Üç boyutlu görünüm

X ve Y doğrultusunda betonarme perdeler bulunduğu ve uzun kenar doğrultusundaki atalet momentleri çok daha büyük olup deprem etkilerini bu yönde etkin şekilde taşıdıklarından TBDY-2018'den deprem etkilerinin moment aktaran süneklik düzeyi yüksek betonarme çerçeveler ile süneklik düzeyi yüksek boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (A15) için $R = 7$ ve $D = 2,5$ değerleri seçilmiştir. Hesaba katılacak mod sayısı 10 olarak belirlenmiş, model seçenekleri menüsünden sonlu elemanlar kabuk modeli seçilmiş, sonlu elemanlar ağından döşemeler modele dahil edilmiş ve analiz yapılmıştır.

Yapılan modal analiz sonucunda binanın X ve Y yönündeki hakim doğal titreşim periyodu $T_p^{(X,Y)} = 0,458$ s olarak bulunmuştur. (Şekil 5.32.)



Şekil 5.32. Model - 10 analitik görünüm

Analiz sonrası katkısı %3'ten büyük olan bütün modlar için (X) ve (Y) deprem doğrultularında her bir mod için hesaplanan taban kesme kuvveti modal etkin kütlelerinin toplamının bina toplam kütlelerinin %95'inden daha az olmadığı kontrol edilmiştir.

TBDY-2018'e göre gerekli kontroller yapılmıştır.

5.10.1. Burulma düzensizliği kontrolü

Ex+ yüklemesi için her katta okunan yer değiştirme değerleri ve hesaplanan η_{bi} değerleri Çizelge 5.169.'da gösterilmiştir.

Çizelge 5.169. Ex+ yüklemesi sonucu oluşan yer değiştirmeler ve hesaplanan η_{bi} değerleri

Kat	$\delta_{i,max}(m)$	$\delta_{i,min}(m)$	$(\Delta_i)_{max}$	$(\Delta_i)_{min}$	$(\Delta_i)_{ort}$	η_{bi}
4	0,011881	0,010578	0,002363	0,00209	0,00223	1,06059
3	0,009518	0,008485	0,002708	0,00241	0,00256	1,05885
2	0,00681	0,006078	0,002816	0,00251	0,00266	1,05785
1	0,003994	0,00357	0,002515	0,00225	0,00238	1,0565
Zemin	0,001479	0,001324	0,001479	0,00132	0,0014	1,0553

Ex- yüklemesi için her katta okunan yer değiştirme değerleri ve hesaplanan η_{bi} değerleri çizelge 5.170.'te gösterilmiştir.

Çizelge 5.170. Ex- yüklemeleri sonucu oluşan yer değiştirmeler ve hesaplanan η_{bi} değerleri

Kat	$\delta_{i,max}(m)$	$\delta_{i,min}(m)$	$(\Delta_i)_{max}$	$(\Delta_i)_{min}$	$(\Delta_i)_{ort}$	η_{bi}
4	0,011882	0,010577	0,002363	0,00209	0,00223	1,06059
3	0,009519	0,008484	0,002709	0,00241	0,00256	1,05924
2	0,00681	0,006078	0,002815	0,00251	0,00266	1,05767
1	0,003995	0,00357	0,002516	0,00225	0,00238	1,0567
Zemin	0,001479	0,001324	0,001479	0,00132	0,0014	1,0553

Ey+ yüklemesi için her katta okunan yer değiştirme değerleri ve hesaplanan η_{bi} değerleri çizelge 5.171.'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.171. Ey+ yüklemesi sonucu oluşan yer değiştirmeler ve hesaplanan η_{bi} değerleri

Kat	$\delta_{i,max}(m)$	$\delta_{i,min}(m)$	$(\Delta_i)_{max}$	$(\Delta_i)_{min}$	$(\Delta_i)_{ort}$	η_{bi}
4	0,011881	0,010576	0,002364	0,00209	0,00223	1,0608
3	0,009517	0,008483	0,002708	0,00241	0,00256	1,05885
2	0,006809	0,006076	0,002816	0,00251	0,00266	1,05805
1	0,003993	0,003569	0,002516	0,00225	0,00238	1,05648
Zemin	0,001477	0,001322	0,001477	0,00132	0,0014	1,05538

Ey- yüklemesi için her katta okunan yer değiştirme değerleri ve hesaplanan η_{bi} değerleri çizelge 5.172.'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.172. Ey- yüklemeleri sonucu oluşan yer değiştirmeler ve hesaplanan η_{bi} değerleri

Kat	$\delta_{i,max}(m)$	$\delta_{i,min}(m)$	$(\Delta_i)_{max}$	$(\Delta_i)_{min}$	$(\Delta_i)_{ort}$	η_{bi}
4	0,01188	0,010577	0,002363	0,00209	0,00223	1,06035
3	0,009517	0,008483	0,002709	0,00241	0,00256	1,05924
2	0,006808	0,006077	0,002815	0,00251	0,00266	1,05767
1	0,003993	0,003569	0,002516	0,00225	0,00238	1,0567
Zemin	0,001477	0,001323	0,001477	0,00132	0,0014	1,055

Görüldüğü gibi η_{bi} değerleri X ve Y yönünde 1,2'den küçük olduğundan modelde burulma düzensizliği bulunmamaktadır.

5.10.2. Döşeme süreksizliği kontrolü

Modelde döşeme boşluğu, merdiven, asansör ve döşemelerde düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani azalmalar bulunmadığından dolayı döşeme süreksizliği bulunmamaktadır.

5.10.3. Planda çıkıntılar bulunması ve komşu katlar arası dayanım düzensizliği

Modeldeki planda herhangi bir çıkıntı bulunmadığından ve etkili kesme alanları her katta aynı olduğundan bu tür düzensizlikler bulunmamaktadır.

5.10.4. Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (yumuşak kat)

Ex+ yüklemesi için hesaplanan η_{ki} değerleri çizelge 5.173.'te gösterilmiştir.

Çizelge 5.173. Ex+ yüklemesi sonucu hesaplanan η_{ki} değerleri

Kat	h_i (m)	$(\Delta_i)_{ort}$	$(\Delta_i/h_i)_{ort}$	$\eta_{ki}=(\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort}$	$\eta_{ki}=(\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}$
4	3,5	0,0022	0,000637	-	0,871
3	3,5	0,0026	0,000731	1,148	0,961
2	3,5	0,0027	0,000761	1,041	1,118
1	3,5	0,0024	0,000680	0,894	1,699
Zemin	3,5	0,0014	0,000400	0,589	-

Ex- yüklemesi için hesaplanan η_{ki} değerleri çizelge 5.174.'te gösterilmiştir.

Çizelge 5.174. Ex- yüklemesi sonucu hesaplanan η_{ki} değerleri

Kat	h_i (m)	$(\Delta_i)_{ort}$	$(\Delta_i/h_i)_{ort}$	$\eta_{ki}=(\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort}$	$\eta_{ki}=(\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}$
4	3,5	0,0022	0,000637	-	0,871
3	3,5	0,0026	0,000731	1,148	0,961
2	3,5	0,0027	0,000760	1,041	1,118
1	3,5	0,0024	0,000680	0,895	1,699
Zemin	3,5	0,0014	0,000400	0,589	-

Ey+ yüklemesi için hesaplanan η_{ki} değerleri çizelge 5.175.'te gösterilmiştir.

Çizelge 5.175. Ey+ yüklemesi sonucu hesaplanan η_{ki} değerleri

Kat	h_i (m)	$(\Delta_i)_{ort}$	$(\Delta_i/h_i)_{ort}$	$\eta_{ki}=(\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort}$	$\eta_{ki}=(\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}$
4	3,5	0,0022	0,000637	-	0,871
3	3,5	0,0026	0,000731	1,148	0,961
2	3,5	0,0027	0,000760	1,041	1,118
1	3,5	0,0024	0,000680	0,895	1,702
Zemin	3,5	0,0014	0,000400	0,588	-

Ey- yüklemesi için hesaplanan η_{ki} değerleri çizelge 5.176.'da gösterilmiştir.

Çizelge 5.176. Ey- yüklemesi sonucu hesaplanan η_{ki} değerleri

Kat	h_i (m)	$(\Delta_i)_{ort}$	$(\Delta_i/h_i)_{ort}$	$\eta_{ki}=(\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort}$	$\eta_{ki}=(\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}$
4	3,5	0,0022	0,000637	-	0,871
3	3,5	0,0026	0,000731	1,148	0,961
2	3,5	0,0027	0,000760	1,041	1,118
1	3,5	0,0024	0,000680	0,895	1,701
Zemin	3,5	0,0014	0,000400	0,588	-

Görüldüğü gibi η_{ki} değerleri X ve Y doğrultusunda da 2,0 değerinden küçük olduğundan modelde komşu katlar arası rijitsizlik düzensizliği bulunmamaktadır.

5.10.5. Düşey eleman süreksizliği kontrolü

Modelde düşey taşıyıcı elemanlarda herhangi bir süreksizlik bulunmamaktadır.

5.10.6. Statik eşdeğer deprem yükü ile mod birleştirme toplamının karşılaştırılması

TBDY-2018'e göre azaltılmış iç kuvvetlerin ve yer değiştirmelerin eşdeğer taban kesme kuvvetine göre büyütülüp büyütülmeyeceği kontrol edilmiştir. (Çizelge 5.177. ve Çizelge 5.178.)

TBDY-2018'de tanımlanan düzensizliklerden hiçbirinin modelde bulunmaması sebebiyle $\gamma_E = 0.80$ alınmıştır.

Çizelge 5.177. X yönündeki taban kesme kuvvetleri

	V_{tx-X} (t)	V_{tx-Y} (t)	V_{tx} (t)
Ex-	346,491	0,034	346,491
Ex+	346,491	0,034	346,491
Vt-statik	400,469	0,000	400,469

X yönünde bina toplam deprem yükü mod birleştirme yöntemine göre 346,491 t, eşdeğer statik deprem yükü yöntemine göre ise 400,469 t bulunmuştur. Dolayısıyla;

$$V_{tx} > \gamma_E V_{tE} \rightarrow 346,491 > 0,8 * 400,469 = 320,38$$

olduğundan dinamik analiz sonuçları arttırılmayacaktır.

Çizelge 5.178. Y yönündeki taban kesme kuvvetleri

	V_{tx-X} (t)	V_{tx-Y} (t)	V_{tx} (t)
Ey-	0,034	346,520	346,520

Ey+	0,034	346,520	346,520
Vt-statik	0,000	400,530	400,530

Y yönünde bina toplam deprem yükü mod birleştirme yöntemine göre 346,52 t, eşdeğer statik deprem yükü yöntemine göre ise 400,53 t bulunmuştur. Dolayısıyla;

$$V_{tx} > \gamma_E V_{tE} \rightarrow 346,52 > 0,8 * 400,53 = 320,42$$

olduğundan dinamik analiz sonuçları arttırılmayacaktır.

5.10.7. Etkin görelî kat ötelemeleri kontrolü

Ex+ yüklemesi için hesaplanan etkin görelî kat ötelemesi değerleri çizelge 5.179.'da gösterilmiştir.

Çizelge 5.179. Ex+ yüklemesi sonucu hesaplanan etkin görelî kat ötelemesi değerleri

Kat	h_i (m)	Δ_{max} (m)	δ_{etkin} (m)	$(\delta/h)_{etkin}$	$\lambda (\delta/h)_{etkin}$
4	3,5	0,00236	0,016543	0,004727	0,001697
3	3,5	0,00271	0,018957	0,005416	0,001944
2	3,5	0,00282	0,019707	0,005631	0,002021
1	3,5	0,00252	0,017611	0,005032	0,001806
Zemin	3,5	0,00148	0,01035	0,002957	0,001062

Ex- yüklemesi için hesaplanan etkin görelî kat ötelemesi değerleri çizelge 5.180.'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.180. Ex- yüklemesi sonucu hesaplanan etkin görelî kat ötelemesi değerleri

Kat	h_i (m)	Δ_{max} (m)	δ_{etkin} (m)	$(\delta/h)_{etkin}$	$\lambda (\delta/h)_{etkin}$
4	3,5	0,00236	0,016545	0,004727	0,001697
3	3,5	0,00271	0,018959	0,005417	0,001945
2	3,5	0,00282	0,019709	0,005631	0,002022
1	3,5	0,00252	0,017612	0,005032	0,001806
Zemin	3,5	0,00148	0,01035	0,002957	0,001062

Ey+ yüklemesi için hesaplanan etkin görelî kat ötelemesi değerleri çizelge 5.181.'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.181. Ey+ yüklemesi sonucu hesaplanan etkin görelî kat ötelemesi değerleri

Kat	h_i (m)	Δ_{max} (m)	δ_{etkin} (m)	$(\delta/h)_{etkin}$	$\lambda (\delta/h)_{etkin}$
4	3,5	0,00236	0,016545	0,004727	0,001697
3	3,5	0,00271	0,018959	0,005417	0,001945
2	3,5	0,00282	0,019708	0,005631	0,002021
1	3,5	0,00252	0,017611	0,005032	0,001806

Zemin	3,5	0,00148	0,010342	0,002955	0,001061
-------	-----	---------	----------	----------	----------

Ey- yüklemesi için hesaplanan etkin görelî kat ötelemesi değeri Çizelge 5.182.'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.182. Ey- yüklemesi sonucu hesaplanan etkin görelî kat ötelemesi değeri

Kat	h_i (m)	$\Delta_{\max}$ (m)	δ_{etkin} (m)	$(\delta/h)_{\text{etkin}}$	$\lambda (\delta/h)_{\text{etkin}}$
4	3,5	0,00236	0,016544	0,004727	0,001697
3	3,5	0,00271	0,018958	0,005417	0,001945
2	3,5	0,00282	0,019707	0,005631	0,002021
1	3,5	0,00252	0,01761	0,005031	0,001806
Zemin	3,5	0,00148	0,010342	0,002955	0,001061

Görüldüğü gibi etkin görelî kat ötelemesi değeri X ve Y doğrultusunda 0,008 değerinden küçük olduğundan modelde görelî kat ötelemeleri sınır değeri sağlanmaktadır.

5.10.8. Kolon ve perdelerdeki normal kuvvet değeri

Tüm düşey taşıyıcı elemanlarda en elverişsiz yükleme durumu için yük kombinasyonlardan elde edilen zarf diyagramlarından okunan zemin kattaki kolonların ve perdelerin alt ucunda oluşan aksel kuvvet (N) değeri Çizelge 5.183.'te gösterilmiştir.

Çizelge 5.183. Zemin kattaki kolonlarda/perdelerde oluşan normal kuvvet

Kolon/perde adı (bulunduğu aks)	Eksenel Kuvvet (N) (t)
S1 (1-A)	86,093
S2 (1-B)	154,529
S3 (1-F)	156,208
S4 (1-G)	86,100
S5 (2-A)	154,431
S6 (2-B)	231,589
S7 (2-D)	235,633
S8 (2-F)	231,602
S9 (2-G)	156,153
S10 (4-B)	235,597
S11 (4-D)	242,419
S12 (4-F)	235,592
S13 (6-A)	156,207
S14 (6-B)	231,621
S15 (6-D)	235,634
S16 (6-F)	231,576
S17 (6-G)	154,488
S18 (7-A)	86,093
S19 (7-B)	156,154
S20 (7-F)	154,501
S21 (7-G)	86,080
P1 (A/3-5)	285,167
P2 (G/3-5)	285,146
P3 (1/C-E)	285,101
P4 (7/C-E)	285,112

Dış akslardaki köşe kolonlarda (S1, S4, S18, S21) en düşük, X ve Y yönündeki dış akslardaki perdelerde en yüksek normal kuvvet değerleri elde edilmiştir.

5.10.9. Perde Çerçeve Sistem Kontrolü

Betonarme perdelerin tabanında deprem yüklerinden meydana gelen devrilme momenti ile binanın tümü için deprem yüklerinden tabanda meydana gelen toplam devrilme momenti hesaplanarak TBDY-2018'de verilen sınırlar ve R, D katsayıları kontrol edildi. (Çizelge 5.184. ve Çizelge 5.185.)

Çizelge 5.184. Ex yüklemesi sonucu hesaplanan moment değerleri

Eleman	M_{33} (+) (tm)	M_{22} (+) (tm)	M_{dev} (+) (tm)	M_{33} (-) (tm)	M_{22} (-) (tm)	M_{dev} (-) (tm)	M_{dev} / M_o
P3	917,65	0,00	917,65	820,79	0,00	820,79	0,25

P4	820,85	0,00	820,85	917,72	0,00	917,72	0,25
Perde Devrilme Momenti (M_{Dev}):			1738,51			1738,51	
Taban Devrilme Momenti (M_o):			3736,28			3736,28	

$M_{Dev} / M_o = 0,47 < 0,75$ olduğundan X yönündeki mevcut bina taşıyıcı sistemi (A15) kabul edilebilir. (R=7 ve D=2,5)

P3 ve P4 betonarme perdelerin X yönünde aldığı taban devrilme momenti (M_{dev}) binanın tümü için deprem yüklerinden meydana gelen toplam taban devrilme momentinin (M_o) 1/6'sından fazla 1/3'ünden az (0,25) olarak bulunmuştur.

Çizelge 5.185. Ey yüklemesi sonucu hesaplanan moment değerleri

Eleman	M_{33} (+) (tm)	M_{22} (+) (tm)	M_{dev} (+) (tm)	M_{33} (-) (tm)	M_{22} (-) (tm)	M_{dev} (-) (tm)	M_{dev} / M_o
P1	821,04	0,00	821,04	918,00	0,00	918,00	0,25
P2	918,05	0,00	918,05	821,08	0,00	821,08	0,25
Perde Devrilme Momenti (M_{Dev}):			1739,09			1739,09	
Taban Devrilme Momenti (M_o):			3736,70			3736,70	

$M_{Dev} / M_o = 0,47 < 0,75$ olduğundan Y yönündeki mevcut bina taşıyıcı sistemi (A15) kabul edilebilir. (R=7 ve D=2,5)

P1 ve P2 betonarme perdelerin Y yönünde aldığı taban devrilme momenti (M_{dev}) binanın tümü için deprem yüklerinden meydana gelen toplam taban devrilme momentinin (M_o) 1/6'sından fazla 1/3'ünden az (0,25) olarak bulunmuştur.

5.10.10. Donatı tasarımı

10. modele ait her kolon ve perde için en kritik yüklemeye göre hesaplanan gerekli kolon ve perde boyuna donatı alanları çizelge 5.186.'da gösterilmiştir.

Çizelge 5.186. Kolon ve perdelerde gerekli boyuna donatı alanları (cm²)

Kolon/perde adı (bulunduğu aks)	ZEMİN KAT	1. KAT	2. KAT	3. KAT	4. KAT
S1 (1-A)	25	25	25	25	25
S2 (1-B)	25	25	25	25	25
S3 (1-F)	25	25	25	25	25
S4 (1-G)	25	25	25	25	25
S5 (2-A)	25	25	25	25	25
S6 (2-B)	25	25	25	25	25
S7 (2-D)	25	25	25	25	25
S8 (2-F)	25	25	25	25	25
S9 (2-G)	25	25	25	25	25
S10 (4-B)	25	25	25	25	25
S11 (4-D)	25	25	25	25	25
S12 (4-F)	25	25	25	25	25
S13 (6-A)	25	25	25	25	25
S14 (6-B)	25	25	25	25	25
S15 (6-D)	25	25	25	25	25
S16 (6-F)	25	25	25	25	25
S17 (6-G)	25	25	25	25	25
S18 (7-A)	25	25	25	25	25
S19 (7-B)	25	25	25	25	25
S20 (7-F)	25	25	25	25	25
S21 (7-G)	25	25	25	25	25
P1 (A/3-5)	89,18	93,52	95,31	83,13	62,55
P2 (G/3-5)	89,18	93,52	95,32	83,13	62,56
P3 (1/C-E)	89,12	93,47	95,27	83,13	62,53
P4 (7/C-E)	89,11	93,47	95,27	83,13	62,54

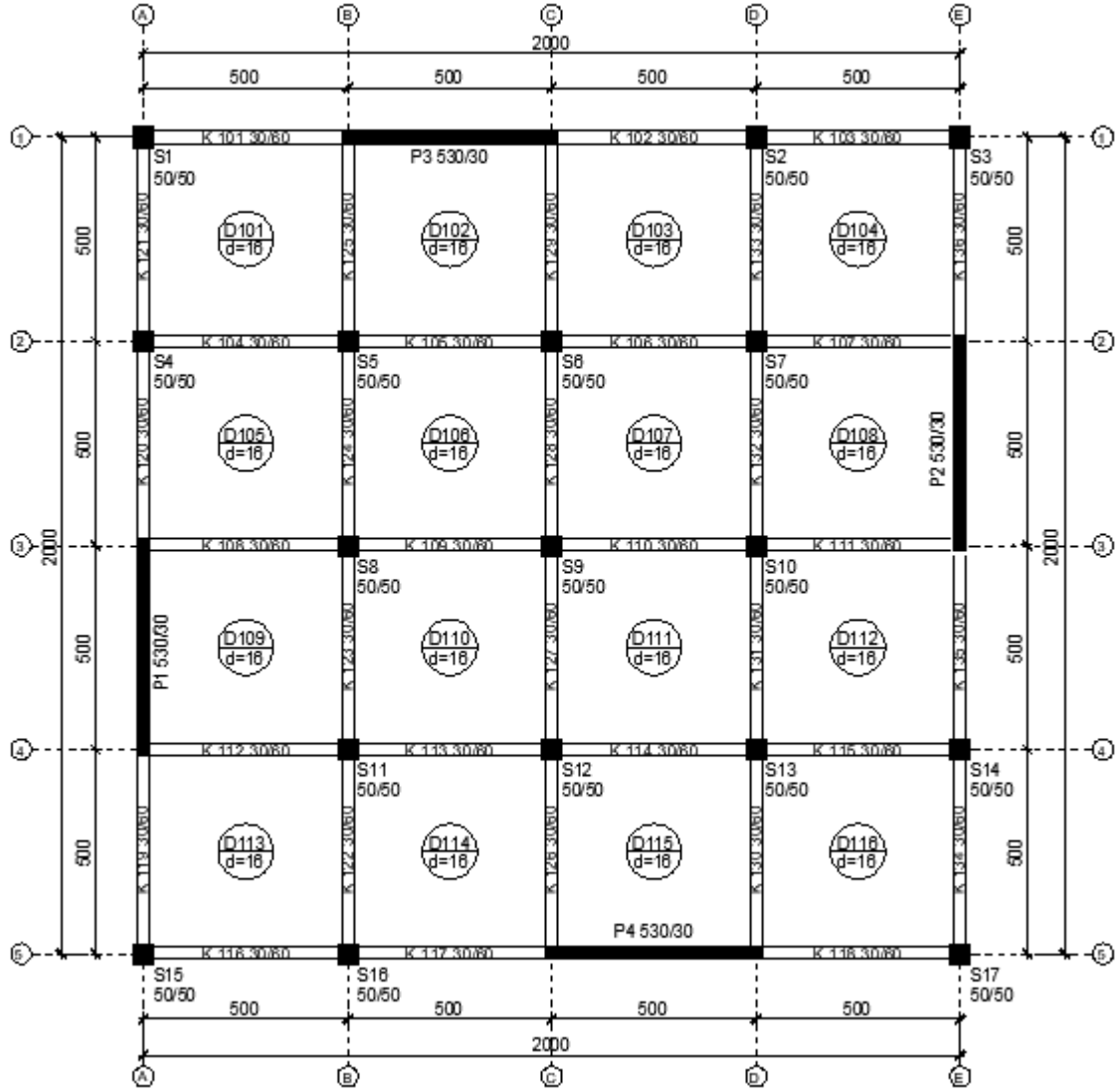
10. modele ait zemin katta hesaplanan gerekli giriş boyuna donatı alanları çizelge 5.187.'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.187. Zemin kat kirişlerinde gerekli boyuna donatı alanları (cm²)

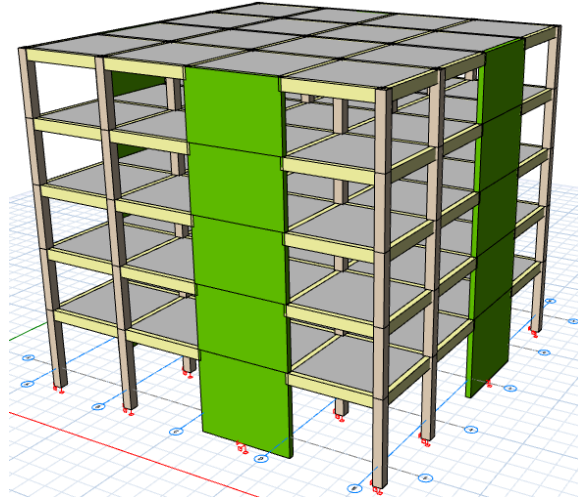
Aks 1	K101			K102 (l=2,5 m)			K103 (l=2,5 m)			K104		
Üst kenar	4,48	1,12	3,98	6,25	1,77	7,08	7,05	1,76	6,22	3,99	1,12	4,47
Alt kenar	2,24	2,07	1,99	5,32	4,46	6,26	6,21	4,43	5,29	1,99	2,06	2,24
Aks 2	K105			K106			K107			K108		
Üst kenar	6,39	1,60	6,38	6,17	1,54	5,95	5,96	1,54	6,17	6,34	1,59	6,35
Alt kenar	3,19	3,61	3,19	3,09	2,97	2,98	2,98	2,97	3,09	3,17	3,60	3,18
Aks 4	K109			K110			K111			K112		
Üst kenar	4,00	1,57	6,27	6,12	1,53	6,01	6,01	1,53	6,12	6,27	1,57	3,99
Alt kenar	2,00	3,68	3,13	3,06	3,01	3,01	3,01	3,00	3,06	3,14	3,68	2,00
Aks 6	K113			K114			K115			K116		
Üst kenar	6,33	1,58	6,33	6,17	1,54	5,96	5,95	1,54	6,17	6,37	1,59	6,37
Alt kenar	3,17	3,60	3,17	3,08	2,97	2,98	2,98	2,98	3,09	3,19	3,60	3,19
Aks 7	K117			K118 (l=2,5 m)			K119 (l=2,5 m)			K120		
Üst kenar	4,48	1,12	3,98	6,21	1,76	7,05	7,09	1,77	6,25	3,98	1,12	4,48
Alt kenar	2,24	2,07	1,99	5,31	4,43	6,22	6,24	4,46	5,32	1,99	2,07	2,24
Aks A	K121			K122 (l=2,5 m)			K123 (l=2,5 m)			K124		
Üst kenar	4,47	1,12	3,99	6,22	1,76	7,04	7,09	1,77	6,25	3,97	1,12	4,48
Alt kenar	2,24	2,06	1,99	5,28	4,43	6,20	6,25	4,46	5,35	1,99	2,07	2,24
Aks B	K125			K126			K127			K128		
Üst kenar	6,35	1,59	6,34	6,18	1,54	5,96	5,95	1,54	6,17	6,37	1,59	6,38
Alt kenar	3,18	3,61	3,17	3,09	2,98	2,98	2,97	2,97	3,08	3,19	3,61	3,19
Aks D	K129			K130			K131			K132		
Üst kenar	3,99	1,57	6,27	6,12	1,53	6,01	6,01	1,53	6,12	6,27	1,57	4,00
Alt kenar	2,00	3,68	3,14	3,06	3,00	3,00	3,00	3,00	3,06	3,13	3,68	2,00
Aks F	K133			K134			K135			K136		
Üst kenar	6,37	1,59	6,37	6,17	1,54	5,95	5,96	1,54	6,17	6,33	1,58	6,33
Alt kenar	3,19	3,60	3,19	3,09	2,98	2,97	2,98	2,98	3,08	3,17	3,60	3,17
Aks G	K137			K138 (l=2,5 m)			K139 (l=2,5 m)			K140		
Üst kenar	4,47	1,12	3,98	6,25	1,77	7,09	7,05	1,76	6,21	3,98	1,12	4,48
Alt kenar	2,24	2,06	1,99	5,32	4,45	6,24	6,22	4,44	5,31	1,99	2,07	2,24

5.11. On birinci Model

On birinci modelde; X doğrultusunda 5 metre aralıklarla 1, 2, 3, 4 ve 5 aksı, Y doğrultusunda ise 5 metre aralıklarla A, B, C, D ve E aksları tanımlanmıştır. Ardından 1/B-C, 5/C-D, A/3-4, E/2-3 akslarına dört adet 530/30 cm boyutlarında betonarme perde, diğer aks kesişimlerinde 17 adet 50/50 cm boyutlarında kolonlar, bu kolonları birbirine bağlayan 30/60 cm boyutlarında kirişler ve 16 cm kalınlığında döşemeler modellenmiştir. (Şekil 5.33. ve Şekil 5.34.)



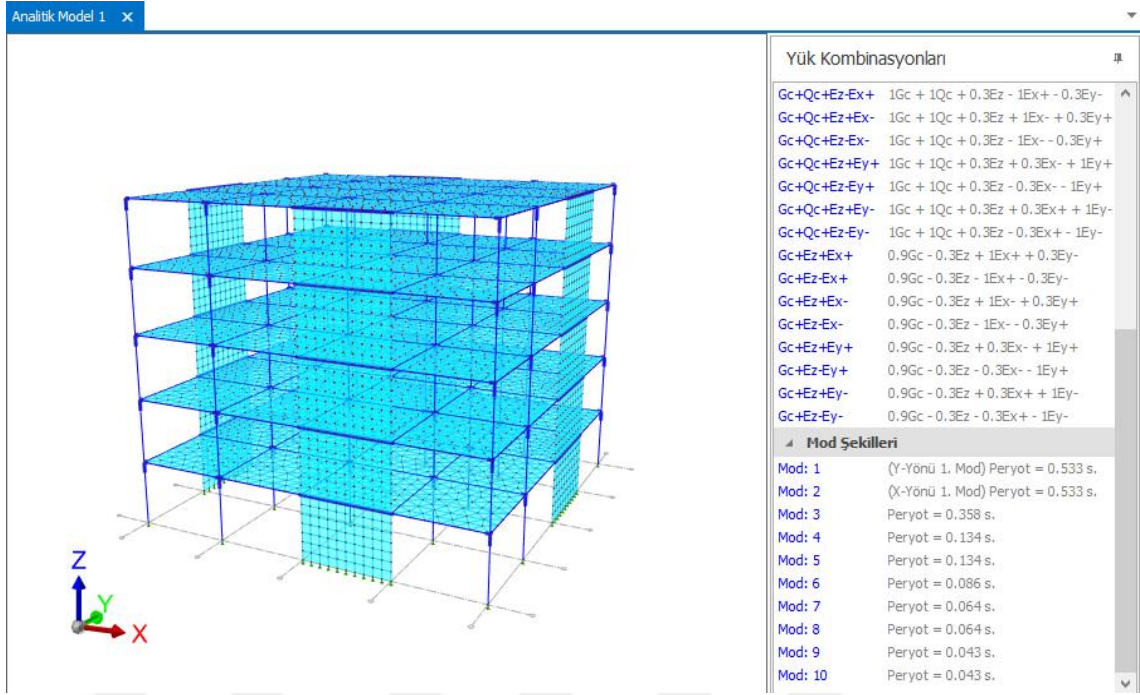
Şekil 5.33. Model - 11 kat planı



Şekil 5.34. Model - 11 Üç boyutlu görünüm

X ve Y doğrultusunda betonarme perdeler bulunduğu ve uzun kenar doğrultusundaki atalet momentleri çok daha büyük olup deprem etkilerini bu yönde etkin şekilde taşıdıklarından TBDY-2018'den deprem etkilerinin moment aktaran süneklik düzeyi yüksek betonarme çerçeveler ile süneklik düzeyi yüksek boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (A15) için $R = 7$ ve $D = 2,5$ değerleri seçilmiştir. Hesaba katılacak mod sayısı 10 olarak belirlenmiş, model seçenekleri menüsünden sonlu elemanlar kabuk modeli seçilmiş, sonlu elemanlar ağından döşemeler modele dahil edilmiş ve analiz yapılmıştır.

Yapılan modal analiz sonucunda binanın X ve Y yönündeki hakim doğal titreşim periyodu $T_p^{(X,Y)} = 0,533$ s olarak bulunmuştur. (Şekil 5.35.)



Şekil 5.35. Model - 11 analitik görünüm

Analiz sonrası katkısı %3'ten büyük olan bütün modlar için (X) ve (Y) deprem doğrultularında her bir mod için hesaplanan taban kesme kuvveti modal etkin kütlelerinin toplamının bina toplam kütlelerinin %95'inden daha az olmadığı kontrol edilmiştir.

TBDY-2018'e göre gerekli kontroller yapılmıştır.

5.11.1. Burulma düzensizliği kontrolü

Ex+ yüklemesi için her katta okunan yer değiştirme değerleri ve hesaplanan η_{bi} değerleri Çizelge 5.188.'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.188. Ex+ yüklemesi sonucu oluşan yer değiştirmeler ve hesaplanan η_{bi} değerleri

Kat	$\delta_{i,max}(m)$	$\delta_{i,min}(m)$	$(\Delta_i)_{max}$	$(\Delta_i)_{min}$	$(\Delta_i)_{ort}$	η_{bi}
4	0,014131	0,012493	0,003170	0,00278	0,00298	1,06483
3	0,010961	0,009709	0,003383	0,00298	0,00318	1,063
2	0,007578	0,006727	0,003297	0,00292	0,00311	1,06115
1	0,004281	0,00381	0,002771	0,00246	0,00262	1,05885
Zemin	0,00151	0,001347	0,00151	0,00135	0,00143	1,05705

Ex- yüklemesi için her katta okunan yer değiştirme değerleri ve hesaplanan η_{bi} değerleri çizelge 5.189.'da gösterilmiştir.

Çizelge 5.189. Ex- yüklemeleri sonucu oluşan yer değiştirmeler ve hesaplanan η_{bi} değerleri

Kat	$\delta_{i,max}(m)$	$\delta_{i,min}(m)$	$(\Delta_i)_{max}$	$(\Delta_i)_{min}$	$(\Delta_i)_{ort}$	η_{bi}
4	0,014131	0,012493	0,003170	0,00278	0,00298	1,06483
3	0,010961	0,009709	0,003383	0,00298	0,00318	1,063
2	0,007578	0,006727	0,003297	0,00292	0,00311	1,06115
1	0,004281	0,00381	0,002771	0,00246	0,00262	1,05885
Zemin	0,00151	0,001347	0,00151	0,00135	0,00143	1,05705

Ey+ yüklemesi için her katta okunan yer değiştirme değerleri ve hesaplanan η_{bi} değerleri çizelge 5.190.'da gösterilmiştir.

Çizelge 5.190. Ey+ yüklemesi sonucu oluşan yer değiştirmeler ve hesaplanan η_{bi} değerleri

Kat	$\delta_{i,max}(m)$	$\delta_{i,min}(m)$	$(\Delta_i)_{max}$	$(\Delta_i)_{min}$	$(\Delta_i)_{ort}$	η_{bi}
4	0,014131	0,012493	0,003170	0,00278	0,00298	1,06483
3	0,010961	0,009709	0,003383	0,00298	0,00318	1,063
2	0,007578	0,006727	0,003297	0,00292	0,00311	1,06115
1	0,004281	0,00381	0,002771	0,00246	0,00262	1,05885
Zemin	0,00151	0,001347	0,00151	0,00135	0,00143	1,05705

Ey- yüklemesi için her katta okunan yer değiştirme değerleri ve hesaplanan η_{bi} değerleri çizelge 5.191.'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.191. Ey- yüklemeleri sonucu oluşan yer değiştirmeler ve hesaplanan η_{bi} değerleri

Kat	$\delta_{i,max}(m)$	$\delta_{i,min}(m)$	$(\Delta_i)_{max}$	$(\Delta_i)_{min}$	$(\Delta_i)_{ort}$	η_{bi}
4	0,014131	0,012493	0,003170	0,00278	0,00298	1,06483
3	0,010961	0,009709	0,003383	0,00298	0,00318	1,063
2	0,007578	0,006727	0,003297	0,00292	0,00311	1,06115
1	0,004281	0,00381	0,002771	0,00246	0,00262	1,05885
Zemin	0,00151	0,001347	0,00151	0,00135	0,00143	1,05705

Görüldüğü gibi η_{bi} değerleri X ve Y yönünde 1,2'den küçük olduğundan modelde burulma düzensizliği bulunmamaktadır.

5.11.2. Döşeme süreksizliği kontrolü

Modelde döşeme boşluğu, merdiven, asansör ve döşemelerde düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani azalmalar bulunmadığından dolayı döşeme süreksizliği bulunmamaktadır.

5.11.3. Planda çıkıntılar bulunması ve komşu katlar arası dayanım düzensizliği

Modeldeki planda herhangi bir çıkıntı bulunmadığından ve etkili kesme alanları her katta aynı olduğundan bu tür düzensizlikler bulunmamaktadır.

5.11.4. Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (yumuşak kat)

Ex+ yüklemesi için hesaplanan η_{ki} değerleri çizelge 5.192.'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.192. Ex+ yüklemesi sonucu hesaplanan η_{ki} değerleri

Kat	h_i (m)	$(\Delta_i)_{ort}$	$(\Delta_i/h_i)_{ort}$	$\eta_{ki}=(\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort}$	$\eta_{ki}=(\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}$
4	3,5	0,003	0,000851	-	0,935
3	3,5	0,0032	0,000909	1,069	1,024
2	3,5	0,0031	0,000888	0,976	1,187
1	3,5	0,0026	0,000748	0,842	1,832
Zemin	3,5	0,0014	0,000408	0,546	-

Ex- yüklemesi için hesaplanan η_{ki} değerleri çizelge 5.193.'te gösterilmiştir.

Çizelge 5.193. Ex- yüklemesi sonucu hesaplanan η_{ki} değerleri

Kat	h_i (m)	$(\Delta_i)_{ort}$	$(\Delta_i/h_i)_{ort}$	$\eta_{ki}=(\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort}$	$\eta_{ki}=(\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}$
4	3,5	0,003	0,000851	-	0,935
3	3,5	0,0032	0,000909	1,069	1,024
2	3,5	0,0031	0,000888	0,976	1,187
1	3,5	0,0026	0,000748	0,842	1,832
Zemin	3,5	0,0014	0,000408	0,546	-

Ey+ yüklemesi için hesaplanan η_{ki} değerleri çizelge 5.194.'te gösterilmiştir.

Çizelge 5.194. Ey+ yüklemesi sonucu hesaplanan η_{ki} değerleri

Kat	h_i (m)	$(\Delta_i)_{ort}$	$(\Delta_i/h_i)_{ort}$	$\eta_{ki}=(\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort}$	$\eta_{ki}=(\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}$
4	3,5	0,003	0,000851	-	0,935
3	3,5	0,0032	0,000909	1,069	1,024
2	3,5	0,0031	0,000888	0,976	1,187
1	3,5	0,0026	0,000748	0,842	1,832
Zemin	3,5	0,0014	0,000408	0,546	-

Ey- yüklemesi için hesaplanan η_{ki} değerleri çizelge 5.195.'te gösterilmiştir.

Çizelge 5.195. Ey- yüklemesi sonucu hesaplanan η_{ki} değerleri

Kat	h_i (m)	$(\Delta_i)_{ort}$	$(\Delta_i/h_i)_{ort}$	$\eta_{ki}=(\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort}$	$\eta_{ki}=(\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}$
4	3,5	0,003	0,000851	-	0,935
3	3,5	0,0032	0,000909	1,069	1,024
2	3,5	0,0031	0,000888	0,976	1,187
1	3,5	0,0026	0,000748	0,842	1,832
Zemin	3,5	0,0014	0,000408	0,546	-

Görüldüğü gibi η_{ki} değerleri X ve Y doğrultusunda da 2,0 değerinden küçük olduğundan modelde komşu katlar arası rijitsizlik düzensizliği bulunmamaktadır.

5.11.5. Düşey eleman süreksizliği kontrolü

Modelde düşey taşıyıcı elemanlarda herhangi bir süreksizlik bulunmamaktadır.

5.11.6. Statik eşdeğer deprem yükü ile mod birleştirme toplamının karşılaştırılması

TBDY-2018'e göre azaltılmış iç kuvvetlerin ve yer değiştirmelerin eşdeğer taban kesme kuvvetine göre büyütülüp büyütülmeyeceği kontrol edilmiştir. (Çizelge 5.196. ve Çizelge 5.197.)

TBDY-2018'de tanımlanan düzensizliklerden hiçbirinin modelde bulunmaması sebebiyle $\gamma_E = 0.80$ alınmıştır.

Çizelge 5.196. X yönündeki taban kesme kuvvetleri

	V_{tx-X} (t)	V_{tx-Y} (t)	V_{tx} (t)
Ex-	305,707	0,060	305,707
Ex+	305,707	0,060	305,707
Vt-statik	339,748	0,000	339,748

X yönünde bina toplam deprem yükü mod birleştirme yöntemine göre 305,707 t, eşdeğer statik deprem yükü yöntemine göre ise 339,748 t bulunmuştur. Dolayısıyla;

$$V_{tx} > \gamma_E V_{tE} \rightarrow 305,707 > 0,8 * 339,748 = 271,80$$

olduğundan dinamik analiz sonuçları arttırılmayacaktır.

Çizelge 5.197. Y yönündeki taban kesme kuvvetleri

	V_{tx-X} (t)	V_{tx-Y} (t)	V_{tx} (t)
Ey-	0,060	305,707	305,707
Ey+	0,060	305,707	305,707

Vt-statik	0,000	339,737	339,737
-----------	-------	---------	---------

Y yönünde bina toplam deprem yükü mod birleştirme yöntemine göre 305,707 t, eşdeğer statik deprem yükü yöntemine göre ise 339,737 t bulunmuştur. Dolayısıyla;

$$V_{tx} > \gamma_E V_{tE} \rightarrow 305,707 > 0,8 * 339,737 = 271,79$$

olduğundan dinamik analiz sonuçları arttırılmayacaktır.

5.11.7. Etkin görelî kat ötelemeleri kontrolü

Ex+ yüklemesi için hesaplanan etkin görelî kat ötelemesi değerleri çizelge 5.198.'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.198. Ex+ yüklemesi sonucu hesaplanan etkin görelî kat ötelemesi değerleri

Kat	h_i (m)	Δ_{max} (m)	δ_{etkin} (m)	$(\delta/h)_{etkin}$	$\lambda (\delta/h)_{etkin}$
4	3,5	0,00317	0,022194	0,006341	0,002270
3	3,5	0,00338	0,023676	0,006765	0,002422
2	3,5	0,0033	0,02308	0,006594	0,002361
1	3,5	0,00277	0,019402	0,005543	0,001985
Zemin	3,5	0,00151	0,010567	0,003019	0,001081

Ex- yüklemesi için hesaplanan etkin görelî kat ötelemesi değerleri çizelge 5.199.'da gösterilmiştir.

Çizelge 5.199. Ex- yüklemesi sonucu hesaplanan etkin görelî kat ötelemesi değerleri

Kat	h_i (m)	Δ_{max} (m)	δ_{etkin} (m)	$(\delta/h)_{etkin}$	$\lambda (\delta/h)_{etkin}$
4	3,5	0,00317	0,022194	0,006341	0,002270
3	3,5	0,00338	0,023676	0,006765	0,002422
2	3,5	0,0033	0,02308	0,006594	0,002361
1	3,5	0,00277	0,019402	0,005543	0,001985
Zemin	3,5	0,00151	0,010567	0,003019	0,001081

Ey+ yüklemesi için hesaplanan etkin görelî kat ötelemesi değerleri çizelge 5.200.'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.200. Ey+ yüklemesi sonucu hesaplanan etkin görelî kat ötelemesi değerleri

Kat	h_i (m)	Δ_{max} (m)	δ_{etkin} (m)	$(\delta/h)_{etkin}$	$\lambda (\delta/h)_{etkin}$
4	3,5	0,00317	0,022194	0,006341	0,002270
3	3,5	0,00338	0,023676	0,006765	0,002422
2	3,5	0,0033	0,02308	0,006594	0,002361
1	3,5	0,00277	0,019402	0,005543	0,001985
Zemin	3,5	0,00151	0,010567	0,003019	0,001081

Ey- yüklemesi için hesaplanan etkin görelî kat ötelemesi değeri Çizelge 5.201.'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.201. Ey- yüklemesi sonucu hesaplanan etkin görelî kat ötelemesi değeri

Kat	h_i (m)	$\Delta_{\max}$ (m)	δ_{etkin} (m)	$(\delta/h)_{\text{etkin}}$	$\lambda (\delta/h)_{\text{etkin}}$
4	3,5	0,00317	0,022194	0,006341	0,002270
3	3,5	0,00338	0,023676	0,006765	0,002422
2	3,5	0,0033	0,02308	0,006594	0,002361
1	3,5	0,00277	0,019402	0,005543	0,001985
Zemin	3,5	0,00151	0,010567	0,003019	0,001081

Göröldüğü gibi etkin görelî kat ötelemesi değeri X ve Y doğrultusunda 0,008 değeri küçüğü olduğundan modelde görelî kat ötelemeleri sınır değeri sağlanmaktadır.

5.11.8. Kolon ve perdelerdeki normal kuvvet değeri

Tüm düşey taşıyıcı elemanlarda en elverişsiz yükleme durumu için yük kombinasyonlardan elde edilen zarf diyagramlardan okunan zemin kattaki kolonların ve perdelerin alt ucunda oluşmuş eksenel kuvvet (N) değeri Çizelge 5.202.'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.202. Zemin kattaki kolonlarda/perdelerde oluşan normal kuvvet

Kolon/perde adı (bulunduğu aks)	Eksenel Kuvvet (N) (t)
S1 (1-A)	95,586
S2 (1-D)	137,576
S3 (1-E)	95,859
S4 (2-A)	137,570
S5 (2-B)	242,770
S6 (2-C)	243,360
S7 (2-D)	242,812
S8 (3-B)	243,387
S9 (3-C)	241,918
S10 (3-D)	243,407
S11 (4-B)	242,768
S12 (4-C)	243,425
S13 (4-D)	242,780
S14 (4-E)	137,577
S15 (5-A)	95,848
S16 (5-B)	137,578
S17 (5-E)	95,596
P1 (A/3-4)	323,653
P2 (E/2-3)	323,612
P3 (1/B-C)	323,636
P4 (5/C-D)	323,649

Dış akslardaki köşe kolonlarda (S1, S3, S15, S17) en düşük, X ve Y yönündeki dış akslardaki perdelerde en yüksek normal kuvvet değerleri elde edilmiştir.

5.11.9. Perde Çerçeve Sistem Kontrolü

Betonarme perdelerin tabanında deprem yüklerinden meydana gelen devrilme momenti ile binanın tümü için deprem yüklerinden tabanda meydana gelen toplam devrilme momenti hesaplanarak TBDY-2018’de verilen sınırlar ve R, D katsayıları kontrol edildi. (Çizelge 5.203. ve Çizelge 5.204)

Çizelge 5.203. Ex yüklemesi sonucu hesaplanan moment değerleri

Eleman	M ₃₃ (+) (tm)	M ₂₂ (+) (tm)	M _{dev} (+) (tm)	M ₃₃ (-) (tm)	M ₂₂ (-) (tm)	M _{dev} (-) (tm)	M _{dev} / M ₀
P3	974,54	0,00	974,54	868,38	0,00	868,38	0,30
P4	868,38	0,00	868,38	974,54	0,00	974,54	0,30
Perde Devrilme Momenti (M _{Dev}):			1842,91			1842,91	
Taban Devrilme Momenti (M ₀):			3244,64			3244,64	

$M_{Dev} / M_0 = 0,57 < 0,75$ olduğundan X yönündeki mevcut bina taşıyıcı sistemi (A15) kabul edilebilir. (R=7 ve D=2,5)

P3 ve P4 betonarme perdelerin X yönünde aldığı taban devrilme momenti (M_{dev}) binanın tümü için deprem yüklerinden meydana gelen toplam taban devrilme momentinin (M_o) 1/6'sından fazla 1/3'ünden az (0,30) olarak bulunmuştur.

Çizelge 5.204. Ey yüklemesi sonucu hesaplanan moment değerleri

Eleman	M_{33} (+) (tm)	M_{22} (+) (tm)	M_{dev} (+) (tm)	M_{33} (-) (tm)	M_{22} (-) (tm)	M_{dev} (-) (tm)	M_{dev} / M_o
P1	868,37	0,00	868,37	974,53	0,00	974,53	0,30
P2	974,54	0,00	974,54	868,38	0,00	868,38	0,30
Perde Devrilme Momenti (M_{Dev}):			1842,91			1842,91	
Taban Devrilme Momenti (M_o):			3244,63			3244,63	

$M_{Dev} / M_o = 0,57 < 0,75$ olduğundan X yönündeki mevcut bina taşıyıcı sistemi (A15) kabul edilebilir. (R=7 ve D=2,5)

P1 ve P2 betonarme perdelerin X yönünde aldığı taban devrilme momenti (M_{dev}) binanın tümü için deprem yüklerinden meydana gelen toplam taban devrilme momentinin (M_o) 1/6'sından fazla 1/3'ünden az (0,30) olarak bulunmuştur.

5.11.10. Donatı tasarımı

11. modele ait her kolon ve perde için en kritik yüklemeye göre hesaplanan gerekli kolon ve perde boyuna donatı alanları çizelge 5.205.'te gösterilmiştir.

Çizelge 5.205. Kolon ve perdelerde gerekli boyuna donatı alanları (cm²)

Kolon/perde adı (bulunduğu aks)	ZEMİN KAT	1. KAT	2. KAT	3. KAT	4. KAT
S1 (1-A)	25	25	25	25	25
S2 (1-D)	25	25	25	25	25
S3 (1-E)	25	25	25	25	25
S4 (2-A)	25	25	25	25	25
S5 (2-B)	25	25	25	25	25
S6 (2-C)	25	25	25	25	25
S7 (2-D)	25	25	25	25	25
S8 (3-B)	25	25	25	25	25
S9 (3-C)	25	25	25	25	25
S10 (3-D)	25	25	25	25	25
S11 (4-B)	25	25	25	25	25
S12 (4-C)	25	25	25	25	25
S13 (4-D)	25	25	25	25	25
S14 (4-E)	25	25	25	25	25
S15 (5-A)	25	25	25	25	25
S16 (5-B)	25	25	25	25	25
S17 (5-E)	25	25	25	25	25
P1 (A/3-4)	91,73	104,18	100,04	83,13	64,09
P2 (E/2-3)	91,07	104,18	99,48	83,13	63,86
P3 (1/B-C)	91,77	104,18	100,07	83,13	64,10
P4 (5/C-D)	91,10	104,18	99,50	83,13	63,86

11. modele ait zemin katta gerekli kiriş boyuna donatı alanları çizelge 5.206.'da gösterilmiştir.

Çizelge 5.206. Zemin kat girişlerinde gerekli boyuna donatı alanları (cm²)

Aks 1	K101			P3			K102			K103		
Üst kenar	5,54	1,49	5,97				5,67	1,42	5,41	4,50	1,17	4,68
Alt kenar	2,77	2,30	2,99				2,84	2,01	2,70	2,25	1,97	2,34
Aks 2	K104			K105			K106			K107		
Üst kenar	6,63	1,66	6,57	6,15	1,54	6,09	6,21	1,63	6,50	7,14	1,78	3,08
Alt kenar	3,31	3,74	3,29	3,08	2,93	3,05	3,10	2,99	3,25	3,57	4,36	1,54
Aks 3	K108			K109			K110			K111		
Üst kenar	3,09	1,77	7,08	6,30	1,58	6,09	6,09	1,58	6,31	7,08	1,77	3,09
Alt kenar	1,55	4,28	3,54	3,15	2,94	3,04	3,04	2,94	3,15	3,54	4,28	1,55
Aks 4	K112			K113			K114			K115		
Üst kenar	3,13	1,78	7,13	6,49	1,62	6,20	6,09	1,54	6,15	6,57	1,66	6,63
Alt kenar	1,57	4,37	3,56	3,25	2,99	3,10	3,05	2,93	3,07	3,29	3,75	3,31
Aks 5	K116			K117			P4			K118		
Üst kenar	4,68	1,17	4,50	5,40	1,42	5,66				5,97	1,49	5,54
Alt kenar	2,34	1,96	2,25	2,70	2,01	2,83				2,98	2,29	2,77
Aks A	K119			P1			K120			K121		
Üst kenar	5,53	1,49	5,96				5,70	1,43	5,42	4,50	1,17	4,69
Alt kenar	2,77	2,30	2,98				2,84	2,01	2,71	2,25	1,97	2,35
Aks B	K122			K123			K124			K125		
Üst kenar	6,62	1,65	6,57	6,14	1,54	6,10	6,19	1,62	6,46	7,18	1,80	3,17
Alt kenar	3,31	3,75	3,28	3,07	2,93	3,05	3,10	3,00	3,23	3,59	4,35	1,58
Aks C	K126			K127			K128			K129		
Üst kenar	3,02	1,76	7,05	6,31	1,58	6,08	6,09	1,58	6,31	7,05	1,76	3,08
Alt kenar	1,51	4,27	3,53	3,15	2,94	3,04	3,04	2,94	3,15	3,52	4,27	1,54
Aks D	K130			K131			K132			K133		
Üst kenar	3,17	1,80	7,18	6,46	1,62	6,19	6,10	1,53	6,14	6,56	1,66	6,62
Alt kenar	1,59	4,36	3,59	3,23	2,99	3,10	3,05	2,93	3,07	3,28	3,74	3,31
Aks E	K134			K135			P2			K136		
Üst kenar	4,69	1,17	4,50	5,42	1,42	5,69				5,94	1,49	5,53
Alt kenar	2,35	1,97	2,25	2,71	2,01	2,84				2,97	2,29	2,77

6. ANALİZ SONUÇLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

6.1. Üç Açıklıklı Modellerin Sonuçları

Üç açıklıklı modellerde X ve Y yönlerinde elde edilen hakim doğal titreşim periyotları ($T_p^{(X,Y)}$) Çizelge 6.1.'de gösterilmiştir. X ve Y yönünde simetrik olan 1. ve 3. modellerde $T_p^{(X)}$ ve $T_p^{(Y)}$ değerleri aynı çıkmıştır. Çerçeve sistem olan 1. modelde periyot en yüksek, orta aksta H tipi poligon perde bulunan 4. modelin X yönünde ise periyot en düşük olarak bulunmuştur. 4. modelde X yönündeki perde alanı Y yönündeki perde alanından az olmasına rağmen X yönündeki periyot Y yönüne göre düşük çıkmıştır. Sadece X yönünde perde bulunan 2. modelde X yönündeki periyot çerçeve sisteme göre yaklaşık yarıya düşerken Y yönünde ise artmıştır. Her iki yönde perde bulunan 3. modelde ise çerçeve sisteme göre periyot her iki yönde yaklaşık yarıya düşmüştür.

Çizelge 6.1. Periyotlar (s)

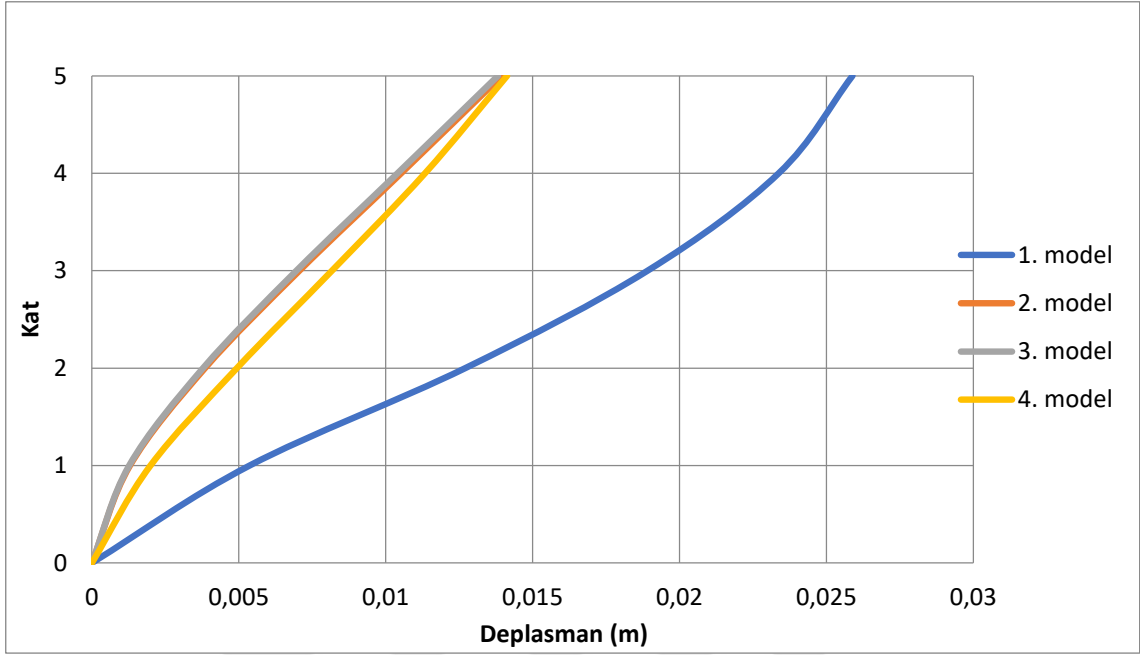
Model no	$T_p^{(X)}$	$T_p^{(Y)}$
Model 1	1,181	1,181
Model 2	0,503	1,261
Model 3	0,521	0,521
Model 4	0,368	0,495

Üç açıklıklı modellerde TBDY-2018'e göre düzensizliklerle ilgili elde edilen veriler Çizelge 6.2.'de gösterilmiştir. Sadece merkez aksta perde bulunan 4. modelde A1 burulma düzensizliği bulunmuştur.

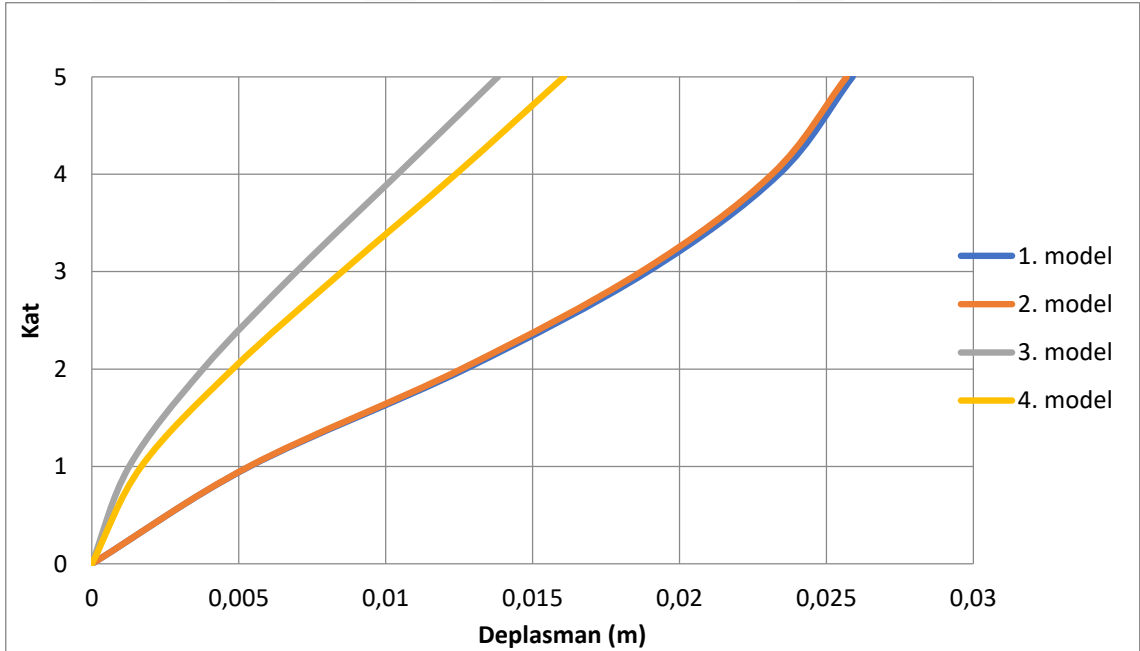
Çizelge 6.2. Düzensizlikler

Model no	Burulma Düzensizliği	Döşeme Süreksizlikleri	Planda çıkıntılar Bulunması	Zayıf Kat	Yumuşak Kat	Düşey Eleman Süreksizliği
Model 1	Yok	Yok	Yok	Yok	Yok	Yok
Model 2	Yok	Yok	Yok	Yok	Yok	Yok
Model 3	Yok	Yok	Yok	Yok	Yok	Yok
Model 4	Var	Yok	Yok	Yok	Yok	Yok

Üç açıklıklı modellerde her kattaki maksimum X ve Y yönündeki yer değiştirmeler Şekil 6.1. ve Şekil 6.2.'de gösterilmiştir.



Şekil 6.1. Yer Değiştirmeler (Ex yükleme)

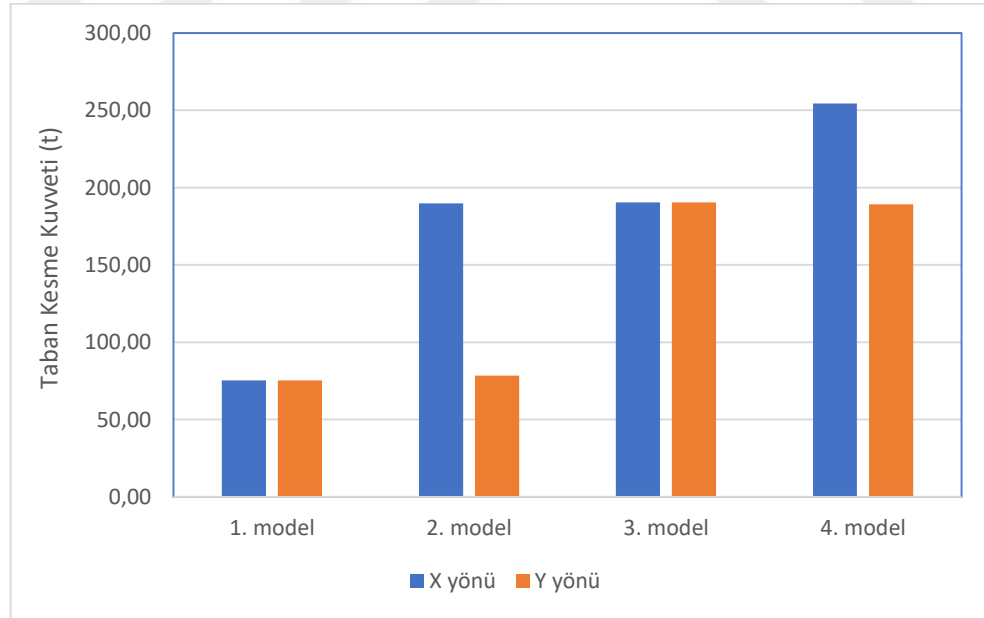


Şekil 6.2. Yer Değiştirmeler (Ey yükleme)

Görüldüğü gibi 1. ve 3. modelde her iki yöndeki yüklemde yer değiştirme değerleri aynı bulunmuş olup 2. modelde Ey yüklemesinde yer değiştirme miktarları o yönde perde bulunmadığından oldukça artmıştır. H tipi poligon perde bulunan 4. modelde ise Y yönündeki perde alanı X yönüne göre fazla olduğundan Ey yüklemesindeki yer değiştirme miktarının Ex yüklemesine göre daha az çıkması beklenirken az da olsa daha fazla bulunmuştur. Bunun sebebinin, modelin merkezindeki döşeme bulunmayan alanda kullanılan H tipi asansör poligon perdesinin X yönündeki deplasmanı Y yönündeki deplasmandan daha çok engelleyebilmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çerçeve sistem olan 1. modelde beklenildiği gibi her iki yükleme durumunda da en fazla yer değiştirme oluşan model olmuştur. Sadece X yönünde perde bulunan 2. modelde, her iki yönde perde bulunan 3. modelde ve H tipi poligon perde bulunan 4. modelde Ex yüklemesinde yer değiştirme miktarları birbirine yakın değerler ve çerçeve sistem olan 1. modelden az çıkmıştır.

Üç açıklıklı modellerde binanın tümüne etkiyen taban kesme kuvvetleri (eşdeğer deprem yükü) Şekil 6.3.'te gösterilmiştir.



Şekil 6.3. Taban Kesme Kuvvetleri

2. modelde Y yönündeki yüklemde 4. modelde ise X yönündeki yüklemde $V_{tx} < \gamma_E V_{te}$ olduğundan modal hesap yöntemi ile elde edilen tüm azaltılmış iç kuvvet

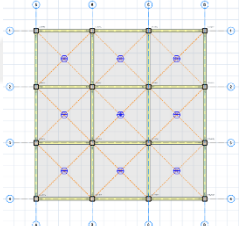
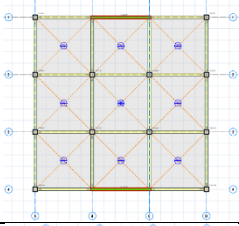
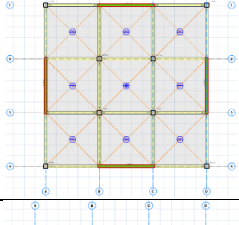
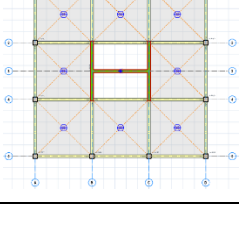
ve yer değiştirme büyüklükleri, Denk.(4.26) ile verilen eşdeğer taban kesme kuvveti büyütme katsayısı β_{IE} ile çarpılarak b y t lm ştir.

Simetrik olan 1. ve 3. modelde X ve Y yönünde taban kesme kuvvetleri eşit çıkmıştır. 4 model arasında  er eve sistem olan 1. modelde en düşük taban kesme kuvveti, poligon H tipi betonarme perde bulunan 4. modelin X yönünde ise en yüksek taban kesme kuvveti değeri elde edilmiştir.

Taban kesme kuvveti, kütleye ve azaltılmış tasarım spektral ivmesine bağlı bir değer olduğundan ilgili yöndeki kütle ve azaltılmış tasarım spektral ivme arttığında artması beklenen bir durumdur.     a ıklıklı modellerde perde konulan yönde taban kesme kuvveti artmış sadece H tipi betonarme perde bulunan 4. modelde X yönünde taban kesme kuvveti beklenenden fazla bulunmuştur.

    a ıklıklı modellerde yapılan tasarım sonucu kolon ve perdelerdeki toplam gerekli boyuna donatı alanları  izelge 6.3.'te gösterilmiştir.

Çizelge 6.3. Kolon ve perdelerdeki toplam gerekli boyuna donatı alanları (cm²)

	Model	ZEMİN KAT	1.KAT	2. KAT	3. KAT	4. KAT	TOPLAM
1. MODEL		257,4	256	256	256	256	1281,40
2. MODEL		384,36	374,72	378,93	358,26	310,34	1806,61
3. MODEL		493,44	493,44	494,61	460,52	361,1	2303,11
4. MODEL		464,52	377,46	304,78	287,31	287,31	1721,38

Üç açıklıklı modellerde yapılan tasarım sonucu zemin kattaki kirişlerdeki toplam gerekli donatı alanları Çizelge 6.4.'te gösterilmiştir.

Çizelge 6.4. Zemin kat kirişlerinde toplam gerekli boyuna donatı alanları (cm²)

		Model 1	Model 2	Model 3	Model 4
Aks 1	Üst kenar	46,44	23,44	23,66	35,47
	Alt kenar	28,16	14,97	15,11	21,99
Aks 2	Üst kenar	61,13	43,10	39,53	39,07
	Alt kenar	39,56	31,51	30,34	28,40
Aks 3	Üst kenar	61,14	43,07	39,51	39,15
	Alt kenar	39,57	31,50	30,32	28,40
Aks 4	Üst kenar	46,46	23,40	23,63	35,47
	Alt kenar	28,11	14,97	15,09	21,98
Aks A	Üst kenar	46,46	50,86	23,64	31,83
	Alt kenar	28,15	30,66	15,11	20,28
Aks B	Üst kenar	61,14	58,16	39,50	36,79
	Alt kenar	39,56	38,45	30,30	25,77
Aks C	Üst kenar	61,16	58,23	39,52	36,78
	Alt kenar	39,58	38,46	30,31	25,78
Aks D	Üst kenar	46,46	50,87	23,65	31,83
	Alt kenar	28,12	30,67	15,10	20,27
Toplam		701,2	582,32	434,32	479,26

Üç açıklıklı modellerde perde eklenen modellerde gerekli toplam boyuna donatı miktarı artmıştır. Binanın merkezinde, döşeme bulunmayan alanda kullanılan H tipi asansör poligon perde bulunan 4. modelde kolon ve perdeler için gerekli boyuna donatı alanı 2. ve 3. modele göre daha az bulunmuştur. Perdeli-çerçeve taşıyıcı sistemi olan 2., 3. ve 4. modellerde kiriş sayıları ve genel olarak kesit etkileri azaldığı için kirişlerdeki gerekli donatı alanları çerçeve taşıyıcı sistemi olan 1. modele göre azalmıştır.

6.2. Dört Açıklı Modellerin Sonuçları

Dört açıklıklı modellerde X ve Y yönlerinde elde edilen hakim doğal titreşim periyotları ($T_p^{(X,Y)}$) Çizelge 6.5.'te gösterilmiştir. Çerçeve sistem olan 5. modelde en

büyük değer, dış akslarda her iki yönde 1030*30 cm boyutlarında 4 adet perde bulunan 6. modelde en küçük değer elde edilmiştir.

Çizelge 6.5. Periyotlar (s)

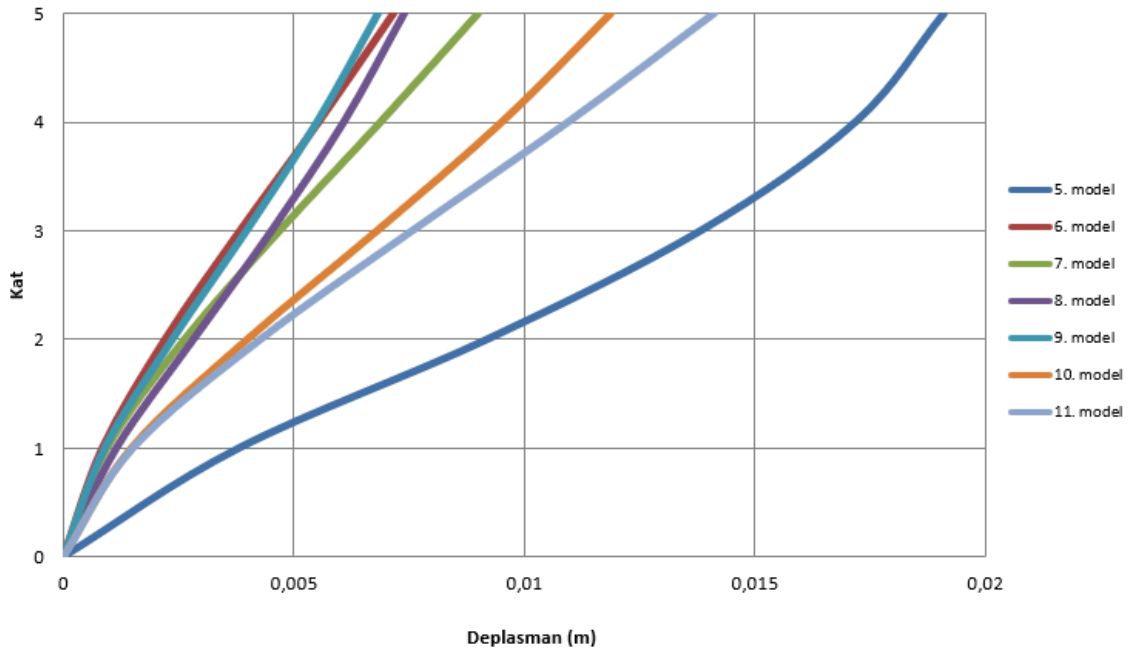
Model No	$T_p^{(X,Y)}$
Model 5	0,863
Model 6	0,290
Model 7	0,347
Model 8	0,372
Model 9	0,454
Model 10	0,458
Model 11	0,533

Dört açıklıklı modellerde TBDY-2018'e göre düzensizliklerle ilgili elde edilen veriler Çizelge 6.6.'da gösterilmiştir. Sadece merkez akslarda perde bulunan 8. modelde A1 burulma düzensizliği bulunmuştur.

Çizelge 6.6. Düzensizlikler

Model no	Burulma Düzensizliği	Döşeme Süreksizlikleri	Planda çıkıntılar Bulunması	Zayıf Kat	Yumuşak Kat	Düşey Eleman Süreksizliği
Model 5	Yok	Yok	Yok	Yok	Yok	Yok
Model 6	Yok	Yok	Yok	Yok	Yok	Yok
Model 7	Yok	Yok	Yok	Yok	Yok	Yok
Model 8	Var	Yok	Yok	Yok	Yok	Yok
Model 9	Yok	Yok	Yok	Yok	Yok	Yok
Model 10	Yok	Yok	Yok	Yok	Yok	Yok
Model 11	Yok	Yok	Yok	Yok	Yok	Yok

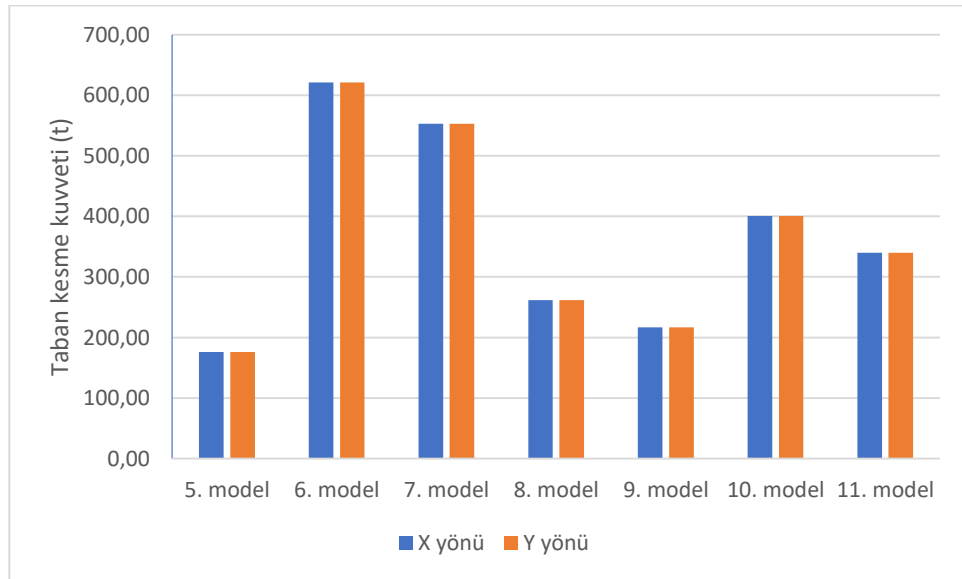
Dört açıklıklı modellerde her kattaki maksimum X ve Y yönündeki yer değiştirmeler Şekil 6.4.'te gösterilmiştir.



Şekil 6.4. Deplasmanlar (Ex ve Ey yüklemesi)

Çerçeve sistem olan 5. modelde en büyük yer değiştirme olduğu, 6., 8. ve 9. modelde ise en az yer değiştirmelerin olduğu görülmüştür.

Dört açıklıklı modellerde binanın tümüne etkileyen taban kesme kuvvetleri (eşdeğer deprem yükü) Şekil 6.5.'te gösterilmiştir.



Şekil 6.5. Taban Kesme Kuvvetleri

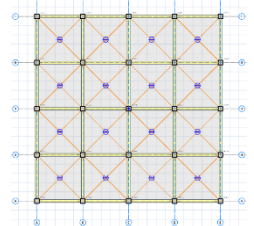
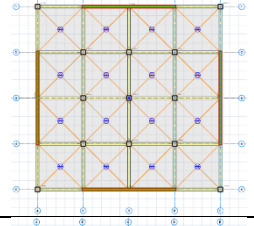
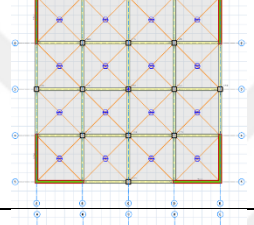
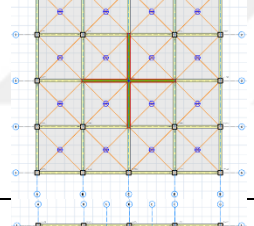
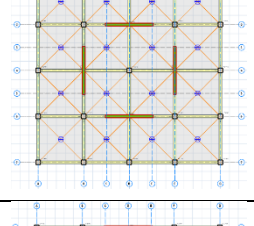
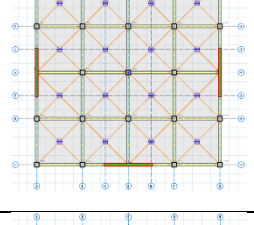
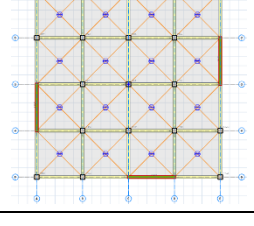
8. modelde X ve Y yönündeki yüklemede $V_{tx} < \gamma_E V_{tE}$ olduğundan modal hesap yöntemi ile elde edilen tüm azaltılmış iç kuvvet ve yer değiştirme büyüklükleri, Denk.(4.26) ile verilen eşdeğer taban kesme kuvveti büyütme katsayısı β_{tE} ile çarpılarak büyütülmüştür.

Simetrik olan 5., 6., 7., 8., 9., 10. ve 11. modelde X ve Y yönünde taban kesme kuvvetleri birbirine yakın değerler çıkmıştır. 7 model arasında çerçeve sistem olan 5. modelde en düşük taban kesme kuvveti, 1030*30 cm boyutlarında dış akslarda 4 adet perde bulunan 6. modelde ise en yüksek taban kesme kuvveti değeri elde edilmiştir.

Taban kesme kuvveti, kütle ve azaltılmış tasarım spektral ivmesine bağlı bir değer olduğundan ilgili yöndeki kütle ve azaltılmış tasarım spektral ivme arttığında artması beklenen bir durumdur. 6. ve 7. modellerde 8., 9., 10. ve 11. modellere göre yaklaşık 2 kat fazla kesit alanına sahip perde kullanılmış olduğundan 6. ve 7. modellerdeki taban kesme kuvveti daha fazla bulunmuştur. Bunun yanı sıra birbirine çok yakın kesit alanına sahip perde kullanılan 8., 9., 10. ve 11. modellerde ise her iki doğrultuda dış aksa perde yerleştirilen 10. modelde en fazla taban kesme kuvveti, merkezdeki akslara perde yerleştirilen 9. modelde en az taban kesme kuvveti elde edilmiştir.

Dört açıklıklı modellerde yapılan tasarım sonucu kolon ve perdelerdeki toplam gerekli boyuna donatı alanları Çizelge 6.7.'de gösterilmiştir.

Çizelge 6.7. Kolon ve perdelerdeki toplam gerekli boyuna donatı alanları (cm²)

	Model	ZEMİN KAT	1. KAT	2. KAT	3. KAT	4. KAT	TOPLAM
5. MODEL		625	625	625	625	625	3125
6. MODEL		1212,63	1037,28	674,67	634	634	4192,58
7. MODEL		1955,29	1452,70	990,89	690,32	634	5723,20
8. MODEL		652,25	652,25	652,25	652,25	652,25	3261,25
9. MODEL		684	684	684	684	684	3420
10. MODEL		881,59	898,98	906,17	857,52	775,18	4319,44
11. MODEL		790,67	841,72	824,09	757,52	680,91	3894,91

Dört açıklıklı modellerde yapılan tasarım sonucu zemin kattaki kirişlerdeki toplam gerekli donatı alanları Çizelge 6.8.'de gösterilmiştir.

Çizelge 6.8. Zemin kat kirişlerinde toplam gerekli boyuna donatı alanları (cm²)

		Model 5	Model 6	Model 7	Model 8	Model 9	Model 10	Model 11
Aks 1	Üst	67,22	24,09	21,83	42,60	31,43	49,29	35,85
	Alt	43,37	15,09	13,32	26,19	20,82	44,56	22,17
Aks 2	Üst	83	48,66	46,73	54,07	42,25	55,98	54,98
	Alt	50,28	35,84	34,27	37,41	34,84	38,02	38,21
Aks 3 (4)	Üst	79,82	48,48	51,34	28,15	50,67	50,99	51,83
	Alt	48,64	34,65	34,99	20,22	35,40	35,78	37,00
Aks 4 (6)	Üst	83,01	48,65	46,75	54,07	42,26	55,90	54,99
	Alt	50,27	35,83	34,23	37,42	34,87	38,00	38,24
Aks 5 (7)	Üst	67,19	24,09	21,86	42,59	31,42	49,29	35,83
	Alt	43,38	15,05	13,33	26,16	20,79	44,58	22,13
Aks A	Üst	67,20	24,10	21,83	42,58	31,42	49,28	35,89
	Alt	43,35	15,07	13,32	26,17	20,82	44,56	22,18
Aks B	Üst	83	48,61	46,73	54,06	42,23	55,96	55,04
	Alt	50,29	35,81	34,27	37,40	34,87	38,02	38,24
Aks C (D)	Üst	79,81	48,46	51,34	28,14	50,75	50,99	51,67
	Alt	48,66	34,65	34,98	20,22	35,49	35,75	36,90
Aks D (F)	Üst	82,98	48,66	46,74	54,05	42,22	55,90	55,03
	Alt	50,27	35,84	34,23	37,41	34,92	38,00	38,24
Aks E (G)	Üst	67,20	24,09	21,84	42,58	31,42	49,28	35,85
	Alt	43,33	15,06	13,33	26,16	20,79	44,57	22,16
Toplam		1232,32	660,78	637,26	737,65	689,68	924,70	782,43

Dört açıklıklı modellerde perde eklenen her modelde gerekli toplam boyuna donatı miktarı artmıştır. Merkez aksta poligon perde bulunan 8. modelde kolon ve perdeler için gerekli boyuna donatı alanı diğer perdeli-çerçeve taşıyıcı sistem olan dört açıklıklı modellere göre daha az bulunmuştur. Perdeli-çerçeve taşıyıcı sistemi olan modellerde kiriş sayıları ve genel olarak kesit etkileri azaldığı için 6., 7., 8., 9., 10. ve 11. modellerdeki kirişlerdeki gerekli donatı alanları çerçeve taşıyıcı sistemi olan 5. modele göre azalmıştır.

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada zemin+4 katlı 233,02 m² kat alanına sahip üç açıklıklı 4 adet model ve 412,95 m² kat alanına sahip dört açıklıklı 7 model oluşturulmuş ve bu modellerin analiz sonuçları (periyotlar, düzensizlikler, yer değiştirmeler, taban kesme kuvvetleri, gerekli donatı alanları) karşılaştırılmıştır.

Çerçeve taşıyıcı sisteme sahip 1. ve 5. modellerde en büyük hakim doğal titreşim periyot değerleri ve en büyük yer değiştirme değerleri elde edilmiştir. Betonarme sistemi daha rijit hale getiren perde-çerçeve modellerde en düşük hakim doğal titreşim periyot değerleri ve en düşük yer değiştirme değerleri elde edilmiştir. Perde-çerçeve betonarme sistemde uzun kenarı doğrultusunda ataletleri çok yüksek olan perdeler maruz kaldıkları yanal deprem kuvvetlerine kolonlardan daha iyi direnebilmektedir. Bu yüzden perde-çerçeve sistemde perdeler uzun kenarı doğrultusundaki deplasmanları kolaylıkla sınırlandırabilmektedir. Üç açıklıklı modellerden X yönünde perde bulunan Y yönünde perde bulunmayan 2. modeldeki Y yönündeki yer değiştirme değeri çerçeve sistem olan 1. modeldeki Y yönündeki yer değiştirme değerine çok yakın bulunmuştur. Dört açıklıklı modellerden ise 6., 7., 8. ve 9. modellerde perde kullanılan yönlerde deplasmanlar çerçeve sistem olan 5. modele göre yaklaşık %50 oranında azalmıştır. Yatay yükler altında konsol davranış gösteren perdeler, kolonlarla birlikte planda her iki yönde simetrik olarak kullanıldığında perde çerçeve sistemin sünekliğini ve rijitliğini dengeli tutarak yer değiştirmeleri sınırlandırmaktadır.

Taban kesme kuvveti, kütle ve azaltılmış tasarım spektral ivmesine bağlı bir değer olduğundan ilgili yöndeki kütle arttığında kesme kuvvetleri de artmaktadır. Bu doğrultuda kütlesi en az olan ve en büyük periyot değerlerine sahip üç açıklıklı modellerde 1. modelde ve dört açıklıklı modellerde ise 5. modelde en küçük taban kesme kuvveti değerleri görülmüştür. Perde en kesit alanları birbirine çok yakın olan 6. ve 7. model karşılaştırıldığında binanın köşesine L tipi poligon perde yerleştirilen 7. modelde taban kesme kuvveti daha az bulunmuştur. Perde en kesit alanları birbirine çok yakın olan 8., 9., 10. ve 11. modeller karşılaştırıldığında binanın merkezi ile dış kenarı ortasında her iki yönde perdeler bulunan 9. modelde en düşük taban kesme kuvveti, ondan sonra ise merkez aksta poligon perde bulunan 8. modelde en düşük taban kesme kuvveti elde edilmiştir. Dış akslarda perde bulunan 10 ve 11. modellerde taban kesme kuvvetleri 8. ve 9. modele göre yaklaşık %50 daha fazla bulunmuştur. Sonuç olarak dış akslarda betonarme perde bulunması binadaki taban kesme kuvvetini artırmaktadır.

Merkez aksta H tipi poligon asansör perdesi bulunan 4. modelde ve merkez aksta poligon perde bulunan 8. modelde, TBDY-2018’de tanımlanan planda ve düşeyde düzensizliklerden sadece A1 burulma düzensizliği tespit edilmiştir. Modellerdeki maksimum burulma düzensizliği katsayısı $\eta_{bi} \leq 2$ ve $DTS=1$ $BYS=6 \geq$ $BYS=4$ olduğundan Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi uygulanabilmiştir. Modellerin merkez akslarına yakın kısımlarında perde konumlandırıldığında burulma dayanımı ve rijitliği yeteri kadar arttırılamadığından düzensizlik oluşabilmektedir.

233,02 m² kat alanına sahip üç açıklıklı modellerde 1. modelde çerçeve sistem, 2. modelde sadece X yönüne dış akslarda toplam 2,63 m² perde, 3. modelde X ve Y yönüne simetrik şekilde dış akslarda toplam 5,25 m² perde, 4. modelde ise 3,81 m² merkezde H tipi poligon asansör perdesi kullanılmıştır.

412,95 m² kat alanına sahip dört açıklıklı modellerde 5. modelde çerçeve sistem, 6. modelde dış akslarda toplam 12,36 m² perde, 7. modelde toplam 12,36 m² L tipi poligon perde, 8. modelde merkez akslarda toplam 6,09 m² poligon perde, 9. modelde orta akslarda toplam 6,36 m² perde, 10. ve 11. modellerde ise dış akslarda toplam 6,36 m² perde kullanılmıştır.

Üç açıklıklı modellerde, kat alanının 2. modelde % 1,13’ü, 3. modelde 2,25’i, 4. modelde ise 1,64’ü kadar en kesit alanına sahip betonarme perdeler kullanılmıştır.

Dört açıklıklı modellerde, kat alanının 6. ve 7. modelde % 2,99’u, 8. modelde 1,47’si, 9., 10. ve 11. modelde ise 1,54’ü kadar en kesit alanına sahip betonarme perdeler kullanılmıştır.

Üç açıklıklı modellerde perde bulunan 2., 3. ve 4. modellerde toplam düşey taşıyıcı elemanların gerekli boyuna donatı alanları çerçeve sistem olan 1. modele göre artarken zemin kattaki kirişlerdeki gerekli boyuna donatı alanları azalmıştır. Düşey taşıyıcı elemanlarda boyuna donatılardaki bu artış kirişlerdeki boyuna donatılardaki azalıştan daha fazla olduğundan 0-5 katlı 200-300 m² arası kat alanına sahip binalarda çerçeve taşıyıcı sistem kullanmanın daha doğru olabileceği düşünülmektedir. Ancak kat sayısı arttıkça perde-çerçeve taşıyıcı sistem kullanılması gerekliliği kontrol edilmelidir.

Dört açıklıklı modellerde perde bulunan 6., 7., 8., 9., 10. ve 11. modellerde toplam düşey taşıyıcı elemanların gerekli boyuna donatı alanları çerçeve sistem olan 5. modele göre artmıştır. Merkez aksta poligon perde kullanılan 8. modelde ve yine merkeze yakın akslarda perde kullanılan 9. modelde bu artışın sırasıyla % 4 ve % 9 olduğu yani çerçeve sistemdeki miktara çok yakın olduğu görülmüştür. Perde-çerçeve taşıyıcı sisteme sahip tüm dört açıklıklı modellerde zemin kattaki kirişlerdeki gerekli

boyuna donatı alanları % 25 - 48 arasındaki oranlarda azalmıştır. 8. ve 9. modelde düşey taşıyıcı elemanlardaki gerekli boyuna donatı miktarı artışı kirişlerdeki gerekli boyuna donatı miktarındaki azalıştan oldukça az olduğundan 4-5 katlı 400-500 m² arası kat alanına sahip binalarda merkeze yakın akslarda kat alanının % 1,45-1,50 kesit alanına sahip betonarme perde kullanılarak taşıyıcı sistem tasarımı yapılmasının yapı maliyeti açısından ekonomik olacağı düşünülmektedir.

TBDY-2018'de taşıyıcı sistemde olumsuz davranışlara neden olan burulma düzensizliğini ortadan kaldırmak ve tehlikeli burulma titreşimlerini önlemek amacı ile yeterli burulma dayanımının ve rijitliğin sağlanmasının esas olduğu, bu doğrultuda uygun bir çözümün, rijitliği ve dayanımı yüksek taşıyıcı sistem elemanlarının olabildiğince binanın çevresinde düzenlenmesinin gerekliliği belirtilmesine rağmen merkez akslara yakın perde kullanılarak oluşturulan perdeli-çerçeve taşıyıcı sisteme sahip 4-5 katlı 400-500 m² arası kat alanı olan binalarda ekonomik çözümler tasarlanabileceği görülmüştür.

Bu çalışma gelecekte aşağıda belirtilen adımlar ile genişletilebilir. Yapının burulma rijitliğini olabildiğince azaltmadan merkeze yakın akslarda perde kullanılarak perdeli çerçeve taşıyıcı sistemli 6 ve daha yüksek katlı yapı modellemeleri ve tasarımı yapılarak ekonomik çözümler araştırılabilir. Ayrıca şekil değiştirmeye göre tasarım yaklaşımına göre zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi ve itme yöntemleri ile bu çalışmadaki modellerin analiz ve tasarım sonuçları incelenebilir.

KAYNAKLAR

- Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, 2018, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, Ankara.
- Ali, M. K. A. 2021, Betonarme perde konumunun yapı taşıyıcı sistem davranışına etkilerinin incelenmesi, Doktora tezi, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kayseri.
- Çetin, İ. 2021, Farklı Yöntemlerle Modellenen Betonarme Perde Davranışının İrdelenmesi, Yüksek lisans tezi, *Eskişehir Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü*, Eskişehir.
- Celep, Z., 2020, Betonarme yapılar, *Beta Basım Yayın Dağıtım A.Ş.*, İstanbul.
- Celep, Z., 2019, Deprem mühendisliğine giriş ve depreme dayanıklı yapı tasarımı, *Beta Basım Yayın Dağıtım A.Ş.*, İstanbul.
- Doğan, O., Genç, Y., Odacıoğlu, O. G., 2021, Betonarme taşıyıcı sistemlerin depreme dayanıklı tasarımında uyumlu perde-çerçeve davranışı için minimum perde oranının belirlenmesi, [online], Gazi Üniversitesi, Ankara, <https://dergipark.org.tr/tr/pub/politeknik/issue/33364/871889>, [Ziyaret Tarihi: 9 Mart 2022].
- Döndüren, M., Hava, Ş., Ecemiş, A. S., 2021, Betonarme bir binanın eşdeğer deprem yükü yöntemi ile DBYBHY 2007 ve TBDY 2018 yönetmeliklerine göre analizi, *Konya Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 9 (2), 507-521.
- Hasnالبانت, M. 2011, Farklı geometrik en kesit şekillerine sahip betonarme perdelerin dayanım ve stabilitelerinin araştırılması, Yüksek lisans tezi, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kayseri.
- Kaya, G. 2018, Betonarme perde ve çerçevesel yapılarda perde boyutlandırması ve yerleşiminin deprem davranışına etkisi, Yüksek lisans tezi, *Beykent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- Öztürk, B. 2018, Betonarme çerçeve ve perdeli binaların deprem davranışlarının belirlenmesinde perdelerin eşdeğer kolon yaklaşımının örneklerle karşılaştırmalı incelenmesi, Yüksek lisans tezi, *Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- Prota Structure 2021, Versiyon 5.1.255, Student Version, Prota Yazılım Bilişim ve Mühendislik Hizmetleri Anonim Şirketi, Ankara.
- Rahmaty, M. A. 2020, Betonarme perdeli çerçevesel yapılarda değişik ölçülerde başlıklı perde uç bölgesi tasarımının yapıların davranışlarına etkisinin incelenmesi, Yüksek lisans tezi, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Sakarya.

- Susam, N. H. 2019, Betonarme perde duvarlı çerçevede tasarım donatı oranlarının belirlenmesi, Yüksek lisans tezi, *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Samsun.
- Türk Standartları Enstitüsü, 2000, TS 500 : Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, Ankara.
- Yaman, S., Tekeli, H., Demir, F., 2019, Betonarme Binalarda Perde Yeri Değişiminin Bina Performansına Etkisi, *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 16, 194-204.
- Yıldırım, A. 2021, TBDY 2018'e göre betonarme binalardaki deprem perdeleri boyutlarının belirlenmesi için bir yöntem, Yüksek lisans tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü*, İstanbul.
- Yüksel, M., Çağlar, N., Dok, G. ve Demir, A., 2017, Betonarme Yüksek Yapıların Deprem Performansına Betonarme Perde Oranın Etkisi, *Uluslararası Mühendislik ve Bilim Alanında Yenilikçi Teknolojiler Sempozyumu (ISITES2017)*, Bakü.