

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**TBDY 2018'E GÖRE BETONARME BİNALARDAKİ DEPREM PERDELERİ
BOYUTLARININ BELİRLENMESİ İÇİN BİR YÖNTEM**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ahmet YILDIRIM

Deprem Mühendisliği Anabilim Dalı

Deprem Mühendisliği Programı

ŞUBAT 2021

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**TBDY 2018'E GÖRE BETONARME BİNALARDAKİ DEPREM PERDELERİ
BOYUTLARININ BELİRLENMESİ İÇİN BİR YÖNTEM**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Ahmet YILDIRIM
(501111202)**

Deprem Mühendisliği Anabilim Dalı

Deprem Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Turgut ÖZTÜRK

ŞUBAT 2021

İTÜ, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün 501111202 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Ahmet YILDIRIM, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “TBDY 2018'E GÖRE BETONARME BİNALARDAKİ DEPREM PERDELERİ BOYUTLARININ BELİRLENMESİ İÇİN BİR YÖNTEM” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Turgut ÖZTÜRK**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Doç. Dr. Reşat Atalay OYGUÇ**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Ali KOÇAK
Yıldız Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : 11 Ocak 2021
Savunma Tarihi : 01 Şubat 2021





Anneanneme,



ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimim ve tez hazırlama sürecim boyunca engin bilgileri ve tecrübeleri ile her zaman yanımda olan, ihtiyaç duyduğum her an kıymetli zamanlarını benden esirgemeyen, sorularımı sabır ve anlayışla dinleyerek beni her zaman en doğru olana yönlendiren değerli tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Turgut ÖZTÜRK'e teşekkürü borç bilirim.

Eğitim-öğretim hayatım boyunca üzerimde emeği olan ve bu günlere gelmemi sağlayan tüm kıymetli hocalarımı saygıyla anıyorum. Ayrıca mesleki açıdan gelişmeye büyük katkı sağlayan değerli hocam Sayın Prof. Dr. Ahmet TOPÇU'yu rahmetle anıyorum.

Bugüne kadar yaşadığım mutlulukların ve elde ettiğim başarıların ana kaynağı olan fedakar anne ve babama ve sevgili kardeşlerime teşekkürü borç bilirim. Ayrıca kıymetli yardımlarından dolayı sevgili kuzenim Gizem BİLİR'e teşekkür ederim.

Yaşadığım bu süre zarfında gösterdiği anlayış ve sağladığı imkanlardan ötürü değerli müdürüm Sayın Sertaç YAVUZ'a teşekkürü borç bilirim. Ayrıca bu süreçte kıymetli yardımlarını benden esirgemeyen ve her zaman yanımda olan değerli dostum Utku KUZ başta olmak üzere tüm mesai arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

Şubat 2021

Ahmet YILDIRIM
(İnşaat Mühendisi)



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xiii
SEMBOLLER	xv
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xxi
ŞEKİL LİSTESİ.....	xxiii
ÖZET.....	xxvii
SUMMARY	xxix
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	3
2. TAŞIYICI SİSTEM TÜRLERİ VE YAPISAL PERDELER	5
2.1. Taşıyıcı Sistem Türleri	6
2.1.1. Çerçeve taşıyıcı sistemler	6
2.1.2. Perdeli-çerçeve taşıyıcı sistemler	8
2.1.2.1. Perde ve çerçeve karşılıklı etkileşimi.....	9
2.1.3. Perdeli taşıyıcı sistemler	10
2.1.4. Çekirdek sistemler	11
2.2. Yapısal Perdeler	12
2.3. Perdelerde Güç Tükenme Şekilleri.....	14
2.4. Perdelerin Planda Yerleşimi	15
2.5. Perdelerin Enkesit Şekilleri	18
3. DEPREM YER HAREKETİ VE YAPISAL DÜZENSİZLİKLER	21
3.1. Deprem Yer Hareketi Düzeyleri.....	21
3.2. Deprem Yer Hareketi Spektrumları	21
3.2.1. Harita spektral ivme katsayıları ve tasarım spektral ivme katsayıları	22
3.2.2. Yerel zemin etki katsayıları	23
3.2.3. Yatay elastik tasarım spektrumu	23
3.2.4. Düşey elastik tasarım spektrumu	25
3.3. Yapısal Düzensizlikler	25
3.3.1. Planda düzensizlik durumları.....	26
3.3.1.1. A1-Burulma düzensizliği	26
3.3.1.2. A2-Döşeme süreksizliği	28
3.3.1.3. A3-Planda çıkıntılar bulunması.....	29
3.3.2. Düşeyde düzensizlik durumları	29
3.3.2.1. B1-Komşu katlar arası dayanım düzensizliği (Zayıf kat)	29
3.3.2.2. B2-Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (Yumuşak kat)	30
3.3.2.3. B3-Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği.....	31
4. DEPREM ve DİĞER ETKİLER ALTINDA TAŞIYICI SİSTEMDEN BEKLENEN ÖZELLİKLER	33
4.1. Yeterli Dayanım	34

4.2. Yeterli Rijitlik.....	34
4.3. Yeterli Süneklik.....	35
4.4. Taşıyıcı Sistemin Sade ve Basit Düzenlenmesi.....	37
4.5. Taşıyıcı Sistem Elemanlarının Düzenli ve Simetrik Düzenlenmesi.....	38
4.6. Taşıyıcı Sistemin Fazla Bağlılık Özelliği Göstermesi.....	38
4.7. Döşemelerin Yeterli Rijitliğe ve Dayanıma Sahip Olması.....	39
5. DEPREM ETKİSİ ALTINDA BİNALARIN DAYANIMA GÖRE TASARIMI İÇİN HESAP ESASLARI	41
5.1. Deprem Yüğü Katsayıları	42
5.1.1. Deprem yüğü azaltma katsayısı	42
5.1.2. Dayanım fazlalığı katsayısı	42
5.1.3. Taşıyıcı sistem türüne göre R ve D katsayıları	43
5.2. Taşıyıcı Sistemlerin Süneklik Düzeylerine İlişkin Koşullar	44
5.3. Deprem Etkisinin Tanımlanması ve Diğer Etkilerle Birleştirilmesi	45
5.3.1. Yatay-düşey deprem etkileri ve diğer etkilerle birleştirilmesi.....	45
5.4. Doğrusal Hesap İçin Taşıyıcı Sistem Elemanlarının Modellenmesi	46
5.4.1. Etkin kesit rijitlikleri	47
5.4.2. Kütlelerin modellenmesi.....	47
5.4.3. Ek dışmerkezlik etkisinin modellenmesi	48
5.5. Doğrusal Hesap Yönteminin Seçilmesi	48
5.6. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi.....	49
5.6.1. Toplam eşdeğer deprem yükünün belirlenmesi	49
5.6.2. Eşdeğer deprem yüğü yöntemi ile bodrumlu binaların hesabı.....	51
5.7. Modal Hesap Yöntemleri.....	52
5.7.1. Mod birleştirme yöntemi ile deprem hesabı	53
5.7.2. Zaman tanım alanında mod toplama yöntemi ile deprem hesabı	53
5.8. Göreli Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması, İkinci Mertebe Etkileri ve Deprem Derzleri	54
5.8.1. Etkin göreli kat ötelemelerinin hesaplanması ve sınırlandırılması	54
5.8.2. İkinci mertebe etkileri	55
5.8.3. Deprem derzleri	56
6. DEPREM ETKİSİ ALTINDA BETONARME BİNALARDAKİ SÜNEKLİK DÜZEYİ YÜKSEK PERDELERİN TASARIMI İÇİN KURALLAR	57
6.1. Enkesit Koşulları	58
6.2. Perde Uç Bölgeleri Oluşturulması ve Kritik Perde Yüksekliğinin Belirlenmesi.....	59
6.3. Gövde Donatısı Koşulları	60
6.4. Gövde Donatılarının Düzenlenmesi	60
6.5. Perde Uç Bölgeleri Donatı Koşulları.....	60
6.6. Tasarımda Kullanılacak Eğilme Momentleri ve Kesme Kuvvetleri	61
6.7. Kesme Etkilerine Karşı Güvenlik.....	62
7. DEPREM PERDELERİNİN BOYUTLANDIRILMASI	65
7.1. Perde Boyutlandırma Hesabında Kullanılan Ortalama Düşey ve Yatay Yüğüler	66
7.1.1. Düşey yüğülerin hesaplanması	66
7.1.2. Yatay yüğülerin hesaplanması	67
7.2. Perde Boylarının Belirlenmesi ve Grafiklerin Oluşturulması	68
8. SAYISAL UYGULAMALAR VE TBDY 2018'E GÖRE GEREKLİ KONTROLLER	73
8.1. Yapıların Üç Boyutlu Analiz Modellerinin Oluşturulması	73

8.2. Yapı-1'in Modellenmesi ve Gerekli Kontrollerin Yapılması	75
8.3. Yapı-2'nin Modellenmesi ve Gerekli Kontrollerin Yapılması	83
8.4. Yapı-3'ün Modellenmesi ve Gerekli Kontrollerin Yapılması	90
8.5. Yapı-4'ün Modellenmesi ve Gerekli Kontrollerin Yapılması	95
8.6. Yapı-5'in Modellenmesi ve Gerekli Kontrollerin Yapılması	100
8.7. Yapı-6'nın Modellenmesi ve Gerekli Kontrollerin Yapılması	105
8.8. Yapı-7'nin Modellenmesi ve Gerekli Kontrollerin Yapılması	110
9. SONUÇLAR	117
KAYNAKLAR	123
EKLER.....	125
ÖZGEÇMİŞ.....	157





KISALTMALAR

TBDY	: Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği
TS	: Türk Standardı
SAP	: Structural Analysis Program for Engineers
TDTH	: Türkiye Deprem Tehlike Haritası
DGT	: Dayanıma Göre Tasarım
DTS	: Deprem Tasarım Sınıfı
BYS	: Bina Yükseklik Sınıfı
DD	: Deprem Yer Hareketi Düzeyi
KH	: Kontrollü Hasar
CQC	: Complete Quadratic Combination
SRSS	: Square Root of the Sum of the Squares



SEMBOLLER

A_c	: Kolonun veya perde uç bölgesinin brüt enkesit alanı
A_{ch}	: Boşluksuz perdenin, bağ kirişli perdede her bir perde parçasının, döşemenin veya boşluklu döşemede her bir döşeme parçasının brüt enkesit alanı
$\sum A_e$	: Herhangi bir katta, gözönüne alınan deprem doğrultusunda etkili kesme alanı (m^2)
$\sum A_g$	: Herhangi bir katta, gözönüne alınan deprem doğrultusuna paralel doğrultuda perde olarak çalışan taşıyıcı sistem elemanlarının enkesit alanlarının toplamı (m^2)
$\sum A_k$	: Herhangi bir katta, gözönüne alınan deprem doğrultusuna paralel kargir dolgu duvar alanlarının (kapı ve pencere boşlukları hariç) toplamı (m^2)
A_p	: Perde boyu hesabında kullanılan kat alanı
$\sum A_p$	: Binanın tüm katlarının plan alanlarının toplamı
A_s	: Perdelerdeki eğilme momentine karşı gelen donatı miktarı
A_{sh}	: s enine donatı aralığına karşı gelen yükseklik boyunca, kolonda veya perde uç bölgesindeki tüm etriye kollarının ve çirozların enkesit alanı değerlerinin göz önüne alınan b_k 'ya dik doğrultudaki izdüşümlerinin toplamı
$A_{s,uç}$	: Perde uç bölgesindeki düşey donatıların toplam alanı
A_t (m^2)	: Ampirik doğal titreşim periyodu hesabında kullanılan eşdeğer alan
$\sum A_w$ (m^2)	: Herhangi bir katta, kolon enkesiti etkin gövde alanlarının toplamı
A_{wj}	: j'inci perdenin gövde enkesit alanı (m^2)
a	: Kolonda veya perde uç bölgesinde etriye kollarının ve/veya çirozların arasındaki yatay mesafe
b_w	: Kirişin gövde genişliği, perdenin gövde kalınlığı
C_h	: İkinci mertebe hesabında kullanılan ampirik katsayı
C_t	: Ampirik doğal titreşim periyodu hesabında kullanılan katsayı
D	: Dayanım fazlalığı katsayısı
D_{alt}	: Binanın alt bölümüne uygulanan Dayanım Fazlalığı Katsayısı
D_{bi}	: i'inci katta ek dışmerkezlik büyütme katsayısı
$D_{üst}$	: Binanın üst bölümüne uygulanan Dayanım Fazlalığı Katsayısı

$d_{fi}^{(X,Y)}$	: X veya Y deprem doğrultusunda binanın hakim doğal titreşim periyodunun hesabında i'inci kata etki ettirilen fiktif yükten oluşan yerdeğiştirme (m)
$E_d^{(H)}$	: Doğrultu birleştirmesi uygulanmış tasarıma esas yatay deprem etkisi
$E_d^{(X)}$	: (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
EI_b	: Eğilme Rijitliği
EX	: X doğrultusunda binaya etki ettirilen yükleme (deprem etkisiyle oluşan)
EY	: Y doğrultusunda binaya etki ettirilen yükleme (deprem etkisiyle oluşan)
e_x	: X doğrultusundaki dışmerkezlik
e_y	: Y doğrultusundaki dışmerkezlik
$F_{fi}^{(X,Y)}$	: X veya Y deprem doğrultusunda binanın hakim doğal titreşim periyodunun hesabında i'inci kata etki ettirilen fiktif yük (kN)
$F_{iE}^{(X,Y)}$	: X veya Y deprem doğrultusunda i'inci kat kütle merkezine etkileyen eşdeğer deprem yükü (kN)
F_s	: Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayısı
F_1	: 1.0 saniye periyot için yerel zemin etki katsayısı
f_{ctd}	: Betonun tasarım çekme dayanımı
f_{ck}	: Betonun karakteristik silindir basınç dayanımı
f_{ywd}	: Enine donatının tasarım akma dayanımı
G	: Sabit yük etkisi
g	: Yerçekimi ivmesi ($g = 9.81 \text{ m/s}^2$)
H_{cr}	: Perde kritik yüksekliği
H_i	: Binanın bodrum katlarının üstündeki üst bölüm'de i'inci katın üst bölümün tabanından itibaren ölçülen yüksekliği (m)
H_N	: Binanın bodrum katlarının üstündeki üst bölüm'ünün toplam yüksekliği (m)
H_w	: Temel üstünden veya zemin kat döşemesinden itibaren ölçülen toplam perde yüksekliği
h	: Perde gövde bölgesi uzunluğu
h_i	: i'inci katın yüksekliği (m)
I	: Bina Önem Katsayısı I_b

I_b	: Perde boyu hesabında tek bir perdenin sahip olması gereken atalet momenti
K	: Binanın kütle merkezi
L_b	: Perde boyu hesabında tek bir perdenin sahip olması gereken uzunluk
ℓ_b	: TS 500'de çekme donatısı için verilen kenetlenme boyu
ℓ_u	: Perde uç bölgesi uzunluğu
ℓ_w	: Perdenin veya bağ kirişli perde parçasının plandaki uzunluğu
ℓ_{wj}	: j'inci perdenin planda uzunluğu (m)
M_d	: Her bir perdede oluşan ve programdan alınan moment
$(M_d)_t$	: Perdenin taban kesitinde yük katsayıları ile çarpılmış düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında hesaplanan moment
M_{DEV}	: Betonarme perdenin veya çaprazlı çerçevenin tabanında deprem yüklerinden meydana gelen devrilme momenti (kNm)
M_o	: Binanın tümü için deprem yüklerinden tabanda meydana gelen toplam devrilme momenti (kNm)
$(M_p)_t$	: Perdenin taban kesitinde f_{ck} , f_{yk} ve çeliğin dayanım artışı göz önüne alınarak hesaplanan moment kapasitesi
$(M_r)_t$	: Perdenin taban kesitinde f_{cd} ve f_{yd} 'ye göre hesaplanan taşıma gücü momenti
M_s	: Deprem moment büyüklüğü
M_w	: Deprem yüzey dalgası büyüklüğü
m	: Perde boyu hesabında göz önüne alınan üniform düşey yük (12 kN/m ²)
m_i	: i'inci katın toplam kütlesi (t)
m_t	: Binanın bodrum katlarının üstündeki üst bölüm'ünün toplam kütlesi (t)
$\bar{M}$	: Virtüel kuvvet etkisiyle oluşan moment
N	: Binanın bodrum katlarının üstündeki üst bölüm'deki toplam kat sayısı
N_{dm}	: Düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında (TS 498'de hareketli yükler için tanımlanmış olan hareketli yük azaltma katsayıları da dikkate alınarak) hesaplanan eksenel basınç kuvvetlerinin en büyüğü
N_d	: Her bir perdede oluşan ve programdan alınan eksenel kuvvet
n	: Hareketli yük katılım katsayısı
n_b	: Binada x veya y doğrultusunda bulunan perde sayısı
Q	: Hareketli yük etkisi
R	: Taşıyıcı sistem davranış katsayısı

$R_a(T)$	: Öngörülen süneklik kapasitesi ve periyoda bağlı deprem yükü azaltma katsayısı
$(R_a)_{alt}$	: Binanın alt bölümüne uygulanan Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı
$R_{üst}$	: Binanın üst bölümüne uygulanan Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı
$(R_a)_{üst}$	: Binanın üst bölümüne uygulanan Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı
S	: Kar yükü etkisi
$S_{ae}(T)$	: Yatay elastik tasarım spektral ivmesi (g)
$S_{aeD}(T)$	: Düşey elastik tasarım spektral ivmesi (g)
$S_{aR}(T)$	: Azaltılmış tasarım spektral ivmesi (g)
$S_{de}(T)$	: Yatay elastik tasarım spektral yerdeğiştirmesi (m)
S_{DS}	: Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı (boyutsuz)
S_{D1}	: 1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı (boyutsuz)
SPECX	: X doğrultusu için tanımlanan davranış spektrumu
SPECXN	: X doğrultusu için negatif yönde %5 dış merkezlikle tanımlanan davranış spektrumu
SPECXP	: X doğrultusu için pozitif yönde %5 dış merkezlikle tanımlanan davranış spektrumu
SPECY	: Y doğrultusu için tanımlanan davranış spektrumu
SPECYN	: Y doğrultusu için negatif yönde %5 dış merkezlikle tanımlanan davranış spektrumu
SPECYP	: Y doğrultusu için pozitif yönde %5 dış merkezlikle tanımlanan davranış spektrumu
SPECZ	: Düşey doğrultuda tanımlanan davranış spektrumu
S_s	: Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı (boyutsuz)
S_1	: 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı (boyutsuz)
s	: Enine donatı aralığı, spiral/sargı donatı adımı
T_A	: Yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu (s)
T_{AD}	: Düşey elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu (s)
T_B	: Yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu (s)
T_{BD}	: Düşey elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu (s)
T_L	: Yatay elastik tasarım spektrumunda sabit yerdeğiştirme bölgesine geçiş periyodu (s)
T_{LD}	: Düşey elastik tasarım spektrumunda sabit yerdeğiştirme bölgesine geçiş periyodu (s)
$T_p^{(X,Y)}$	: X veya Y deprem doğrultusunda binanın hakim doğal titreşim periyodu (s)
T_{pA}	: Amprik olarak hesaplanan hakim doğal titreşim periyodu (s)

$u_i^{(X,Y)}$	: X veya Y deprem doğrultusunda herhangi bir kolon veya perde için, i'inci kattaki azaltılmış yerdeğiştirme (m)
V_d	: Yük katsayıları ile çarpılmış düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında hesaplanan kesme kuvveti
V_e	: Kolon, kiriş, birleşim bölgesi ve perdede enine donatı hesabında esas alınan kesme kuvveti
$V_i^{(X,Y)}$	: X veya Y deprem doğrultusunda i'inci kattaki azaltılmış kat kesme kuvveti (kN)
V_r	: Kolon, kiriş veya perde kesitinin kesme kuvveti dayanımı
$(V_s)_{30}$	: Üst 30 metredeki ortalama kayma dalgası hızı (m/s)
V_t	: Binaya etkiyen toplam deprem yükü (taban kesme kuvveti)
$V_{t(x,y)}^{(X,Y)}$	: Modal hesap yöntemlerinden biri ile x veya y doğrultusunda elde edilen en büyük toplam deprem yükü (kN)
$V_{tE}^{(X,Y)}$	: X veya Y deprem doğrultusunda binanın tümüne etkiyen toplam eşdeğer deprem yükü (taban kesme kuvveti) (kN)
W	: Perde boyu hesabındaki toplam yapı ağırlığı
W_p	: Perde boyu hesabındaki perdelerin üzerindeki toplam düşey yük
$w_{Gj}^{(S)}$ (kN)	: Tipik sonlu eleman düğüm noktası j'ye etkiyen tekil sabit ağırlık (kN)
$w_j^{(S)}$	: Tipik sonlu eleman düğüm noktası j'ye etkiyen tekil ağırlık (kN)
w_k	: k'inci kata etkiyen toplam ağırlık (kN)
$w_{Qj}^{(S)}$	: Tipik sonlu eleman düğüm noktası j'ye etkiyen tekil ek (hareketli) ağırlık (kN)
$\beta_{tE}^{(X,Y)}$	: Eşdeğer taban kesme kuvveti büyütme katsayısı
β_v	: Perdede kesme kuvveti dinamik büyütme katsayısı
$\beta_{II}^{(X,Y)}$	: X veya Y deprem doğrultusunda ikinci mertebe büyütme katsayısı
γ_E	: Eşdeğer taban kesme kuvveti büyütme katsayısının belirlenmesinde kullanılan ampirik katsayı
$\Delta F_{NE}^{(X,Y)}$	: X ve Y deprem doğrultusunda binanın N'inci katına (tepesine) etkiyen ek eşdeğer deprem yükü (kN)
Δ_i	: Göz önüne alınan deprem doğrultusunda herhangi bir kolon veya perde için, ardışık iki kat arasındaki yerdeğiştirme farkını ifade eden azaltılmış görelî kat ötelemesi (m)
$\Delta_i^{(X,Y)}$	: X veya Y deprem doğrultusunda herhangi bir kolon veya perde için, ardışık iki kat arasındaki yerdeğiştirme farkını ifade eden azaltılmış görelî kat ötelemesi (m)

$(\Delta_i^{(X,Y)})_{ort}$	: X veya Y deprem doğrultusunda ardışık iki kat arasındaki yerdeğiştirme farkını ifade eden ortalama azaltılmış görelî kat ötelemesi (m)
$(\Delta_i)_{maks. (m)}$	: Binanın i'inci katındaki maksimum azaltılmış görelî kat ötelemesi
$(\Delta_i)_{min.}$	: Binanın i'inci katındaki minimum azaltılmış görelî kat ötelemesi (m)
$\delta_i^{(X,Y)}$	: X veya Y deprem doğrultusu için, binanın i'inci katındaki kolon veya perdeler için etkin görelî kat ötelemesi (m)
$\delta_{i,maks.}^{(X,Y)}$	: X veya Y deprem doğrultusu için, binanın i'inci katındaki etkin görelî kat ötelemelerinin kat içindeki en büyük değeri (m)
ϵ_u	: Betondaki en büyük birim kısalma
η_{bi}	: i'inci katta tanımlanan burulma düzensizliği katsayısı
η_{ci}	: i'inci katta tanımlanan dayanım düzensizliği katsayısı
η_{ki}	: i'inci katta tanımlanan rijitlik düzensizliği katsayısı
$\theta_{II,i}^{(X,Y)}$	: X veya Y deprem doğrultusunda her bir i'inci kat için tanımlanan ikinci mertebe gösterge değeri
$\theta_{II,max}^{(X,Y)}$	: X veya Y deprem doğrultusunda tanımlanan maksimum ikinci mertebe gösterge değeri
κ	: İzin verilen görelî kat ötelemelerinin tanımında betonarme ve çelik taşıyıcı sistemler için farklı olarak kullanılan katsayı
λ	: Görelî kat ötelemelerinin sınırlandırılmasında kullanılan ampirik katsayı
ρ_{min}	: Perde gövde bölgesinde bulunan düşey donatıların toplam enkesit alanının perde gövde bölgesi alanına oranının minimum değeri (0.0025)
ρ_{sh}	: Perdede yatay gövde donatılarının hacimsel oranı $((\rho_{sh})_{min.} = 0.0025)$
$\phi_{etr.}$	: Perde uç bölgelerinde kullanılan etriye donatısının çapı
$\phi_{çiroz}$	: Perde uç bölgelerinde kullanılan çiroz donatısının çapı
$\phi_{uç, düşey}$	: Perde uç bölgelerinde kullanılan düşey donatıların çapı

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 1. 1 : Yurdumuzda meydana gelen önemli depremler.....	1
Çizelge 3. 1 : Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayıları.	23
Çizelge 3. 2 : 1.0 saniye periyot için yerel zemin etki katsayıları.	23
Çizelge 5. 1 : Bina taşıyıcı sistemleri için taşıyıcı sistem davranış katsayısı, dayanım fazlalığı katsayısı ve izin verilen bina yükseklik sınıfları.....	44
Çizelge 5. 2 : Betonarme taşıyıcı sistem elemanlarının etkin kesit rijitliği çarpanları.	47
Çizelge 5. 3 : Hareketli yük kütle katılım katsayısı.	48
Çizelge 5. 4 : Eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulanabileceği binalar.	49
Çizelge 8. 1 : Üç boyutlu yapı modellerinde kullanılan yük kombinasyonları.	74
Çizelge 8. 2 : X ve y doğrultuları deprem etkilerinde etkin görelî kat ötelemeleri hesabı.	77
Çizelge 8. 3 : X ve y doğrultuları deprem etkilerinde ikinci mertebe gösterge değeri hesabı.	78
Çizelge 8. 4 : X ve y doğrultuları A1 tipi burulma düzensizliği kontrolü.	79
Çizelge 8. 5 : X ve y doğrultuları komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü (yumuşak kat).	79
Çizelge 8. 6 : X ve y doğrultuları deprem etkilerinde etkin görelî kat ötelemeleri hesabı.	85
Çizelge 8. 7 : X ve y doğrultuları deprem etkilerinde ikinci mertebe gösterge değeri hesabı.	86
Çizelge 8. 8 : X ve y doğrultuları A1 tipi burulma düzensizliği kontrolü.	86
Çizelge 8. 9 : X ve y doğrultuları komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü. .	87
Çizelge 8. 10 : X ve y doğrultuları deprem etkilerinde, yapılacak kontroller için hesaplanan değerler.	91
Çizelge 8. 11 : X ve y doğrultuları deprem etkilerinde, yapılacak kontroller için hesaplanan değerler.	96
Çizelge 8. 12 : X ve y doğrultuları deprem etkilerinde, yapılacak kontroller için hesaplanan değerler.	101
Çizelge 8. 13 : X ve y doğrultuları deprem etkilerinde, yapılacak kontroller için hesaplanan değerler.	106
Çizelge 8. 14 : X ve y doğrultuları deprem etkilerinde, yapılacak kontroller için hesaplanan değerler.	111



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2. 1 : Kat adedine göre betonarme taşıyıcı sistem türleri.	6
Şekil 2. 2 : Çerçeveli taşıyıcı sistem örneği.	7
Şekil 2. 3 : Çerçeve ve çekirdek taşıyıcı sistem örneği.	8
Şekil 2. 4 : Perdeli-çerçeveli taşıyıcı sistem örneği.	9
Şekil 2. 5 : Perde-çerçeve karşılıklı etkileşimi.	10
Şekil 2. 6 : Perdeli taşıyıcı sistem örneği.	11
Şekil 2. 7 : Çekirdek sistem örneği.	12
Şekil 2. 8 : Yatay yük altında konsol perde davranışı.	13
Şekil 2. 9 : Nihai yüklemde düşey donatıların miktarının ve dağılımının etkisi.	14
Şekil 2. 10 : Perdelerde güç tükenme şekilleri.	15
Şekil 2. 11 : Deprem yükü etkisi altında yapı davranışı.	17
Şekil 2. 12 : Planda farklı şekilde yerleştirilmiş perde örnekleri.	18
Şekil 2. 13 : Karşılıklı etki diyagramı.	18
Şekil 2. 14 : Yaygın kullanılan perde enkesit şekilleri.	19
Şekil 2. 15 : U tipi poligon perde enkesit-boykesit ve donatı düzeni örneği.	20
Şekil 3. 1 : Yatay elastik tasarım ivme spektrumu.	24
Şekil 3. 2 : Yatay elastik tasarım yerdeğiştirme spektrumu.	24
Şekil 3. 3 : Düşey elastik tasarım spektrumu.	25
Şekil 3. 4 : A1 - Burulma düzensizliği.	27
Şekil 3. 5 : A2 - Döşeme süreksizliği düzensizliği örnekleri.	28
Şekil 3. 6 : A3 - Planda çıkıntılar bulunması düzensizliği örnekleri.	29
Şekil 3. 7 : Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği.	32
Şekil 4. 1 : Plastik mafsal, giriş ve kat mekanizmaları.	36
Şekil 4. 2 : Betonarme bir eleman için tipik yükleme-yerdeğiştirme eğrisi.	36
Şekil 5. 1 : Dayanıma göre tasarım (DGT).	41
Şekil 5. 2 : Eşdeğer deprem yüklerinin binaya etki ettirilmesi.	52
Şekil 6. 1 : Perde donatılarının düzenlenme şekilleri ve şartları.	61
Şekil 6. 2 : Tasarım eğilme momenti ve kesme kuvvetinin perde yüksekliğince değişimi [18].	62
Şekil 7. 1 : Perdenin virtüel kuvvet ve yatay kuvvetler altındaki davranışı.	70
Şekil 8. 1 : Yapı-1'in üç boyutlu analiz modeli.	76
Şekil 8. 2 : X ve y doğrultılarındaki deprem etkileri altında yapıda oluşan şekildeğiştirme.	76
Şekil 8. 3 : Yapı-1'in plan görünümü.	80
Şekil 8. 4 : Örnek perde donatı planı.	82
Şekil 8. 5 : Perde karşılıklı etki diyagramı.	82
Şekil 8. 6 : Yapı-2'nin üç boyutlu analiz modeli.	84
Şekil 8. 7 : X ve y doğrultılarındaki deprem etkileri altında yapıda oluşan şekildeğiştirme.	84

Şekil 8. 8 : Yapı-2'nin plan görünümü.....	88
Şekil 8. 9 : Yapı-3'ün üç boyutlu analiz modeli.....	90
Şekil 8. 10 : X ve y doğrultılarındaki deprem etkileri altında yapıda oluşan şekildeğiştirme.	91
Şekil 8. 11 : Yapı-3'ün plan görünümü.....	93
Şekil 8. 12 : Yapı-4'ün üç boyutlu analiz modeli.....	96
Şekil 8. 13 : X ve y doğrultılarındaki deprem etkileri altında yapıda oluşan şekildeğiştirme.	97
Şekil 8. 14 : Yapı-4'ün plan görünümü.....	98
Şekil 8. 15 : Yapı-5'in üç boyutlu analiz modeli.....	101
Şekil 8. 16 : X ve y doğrultılarındaki deprem etkileri altında yapıda oluşan şekildeğiştirme.	102
Şekil 8. 17 : Yapı-5'in plan görünümü.....	103
Şekil 8. 18 : Yapı-6'nın üç boyutlu analiz modeli.....	106
Şekil 8. 19 : X ve y doğrultılarındaki deprem etkileri altında yapıda oluşan şekildeğiştirme.	107
Şekil 8. 20 : Yapı-6'nın plan görünümü.....	108
Şekil 8. 21 : Yapı-7'nin üç boyutlu analiz modeli.....	111
Şekil 8. 22 : X ve y doğrultılarındaki deprem etkileri altında yapıda oluşan şekildeğiştirme.	112
Şekil 8. 23 : Yapı-7'nin plan görünümü.....	113
Şekil A. 1 : $W_p = W$ durumuna göre perde boyları grafikleri (İstanbul, ZA ve C30).	126
Şekil A. 2 : $W_p = W$ durumuna göre perde boyları grafikleri (Zonguldak, ZA ve C30).....	126
Şekil A. 3 : $W_p = W$ durumuna göre perde boyları grafikleri (Sivas, ZA ve C30). 127	
Şekil A. 4 : $W_p = W$ durumuna göre perde boyları grafikleri (İstanbul, ZA ve C25).	127
Şekil A. 5 : $W_p = W$ durumuna göre perde boyları grafikleri (Zonguldak, ZA ve C25).....	128
Şekil A. 6 : $W_p = W$ durumuna göre perde boyları grafikleri (Sivas, ZA ve C25). 128	
Şekil A. 7 : $W_p = W$ durumuna göre perde boyları grafikleri (İstanbul, ZA ve C40).	129
Şekil A. 8 : $W_p = W$ durumuna göre perde boyları grafikleri (Zonguldak, ZA ve C40).....	129
Şekil A. 9 : $W_p = W$ durumuna göre perde boyları grafikleri (Sivas, ZA ve C40). 130	
Şekil A. 10 : $W_p = W$ durumuna göre perde boyları grafikleri (İstanbul, ZC ve C30).	130
Şekil A. 11 : $W_p = W$ durumuna göre perde boyları grafikleri (Zonguldak, ZC ve C30).....	131
Şekil A. 12 : $W_p = W$ durumuna göre perde boyları grafikleri (Sivas, ZC ve C30).	131
Şekil A. 13 : $W_p = W$ durumuna göre perde boyları grafikleri (İstanbul, ZC ve C25).	132
Şekil A. 14 : $W_p = W$ durumuna göre perde boyları grafikleri (Zonguldak, ZC ve C25).....	132
Şekil A. 15 : $W_p = W$ durumuna göre perde boyları grafikleri (Sivas, ZC ve C25).	133
Şekil A. 16 : $W_p = W$ durumuna göre perde boyları grafikleri (İstanbul, ZC ve C40).	133

Şekil A. 17 : $W_p = W$ durumuna göre perde boyları grafikleri (Zonguldak, ZC ve C40).	134
Şekil A. 18 : $W_p = W$ durumuna göre perde boyları grafikleri (Sivas, ZC ve C40).	134
Şekil A. 19 : $W_p = W$ durumuna göre perde boyları grafikleri (İstanbul, ZE ve C30).	135
Şekil A. 20 : $W_p = W$ durumuna göre perde boyları grafikleri (Eskişehir, ZE ve C30).	135
Şekil A. 21 : $W_p = W$ durumuna göre perde boyları grafikleri (İstanbul, ZE ve C25).	135
Şekil A. 22 : $W_p = W$ durumuna göre perde boyları grafikleri (Eskişehir, ZE ve C25).	136
Şekil A. 23 : $W_p = W$ durumuna göre perde boyları grafikleri (İstanbul, ZE ve C40).	136
Şekil A. 24 : $W_p = W$ durumuna göre perde boyları grafikleri (Eskişehir, ZE ve C40).	137
Şekil A. 25 : $W_p = 0.75 W$ durumuna göre perde boyları grafikleri (İstanbul, ZA ve C30).	137
Şekil A. 26 : $W_p = 0.75 W$ durumuna göre perde boyları grafikleri (Zonguldak, ZA ve C30).	137
Şekil A. 27 : $W_p = 0.75 W$ durumuna göre perde boyları grafikleri (Sivas, ZA ve C30).	138
Şekil A. 28 : $W_p = 0.75 W$ durumuna göre perde boyları grafikleri (İstanbul, ZA ve C25).	138
Şekil A. 29 : $W_p = 0.75 W$ durumuna göre perde boyları grafikleri (Zonguldak, ZA ve C25).	139
Şekil A. 30 : $W_p = 0.75 W$ durumuna göre perde boyları grafikleri (Sivas, ZA ve C25).	139
Şekil A. 31 : $W_p = 0.75 W$ durumuna göre perde boyları grafikleri (İstanbul, ZA ve C40).	140
Şekil A. 32 : $W_p = 0.75 W$ durumuna göre perde boyları grafikleri (Zonguldak, ZA ve C40).	140
Şekil A. 33 : $W_p = 0.75 W$ durumuna göre perde boyları grafikleri (Sivas, ZA ve C40).	141
Şekil A. 34 : $W_p = 0.75 W$ durumuna göre perde boyları grafikleri (İstanbul, ZC ve C30).	141
Şekil A. 35 : $W_p = 0.75 W$ durumuna göre perde boyları grafikleri (Zonguldak, ZC ve C30).	142
Şekil A. 36 : $W_p = 0.75 W$ durumuna göre perde boyları grafikleri (Sivas, ZC ve C30).	142
Şekil A. 37 : $W_p = 0.75 W$ durumuna göre perde boyları grafikleri (İstanbul, ZC ve C25).	143
Şekil A. 38 : $W_p = 0.75 W$ durumuna göre perde boyları grafikleri (Zonguldak, ZC ve C25).	143
Şekil A. 39 : $W_p = 0.75 W$ durumuna göre perde boyları grafikleri (Sivas, ZC ve C25).	144
Şekil A. 40 : $W_p = 0.75 W$ durumuna göre perde boyları grafikleri (İstanbul, ZC ve C40).	144
Şekil A. 41 : $W_p = 0.75 W$ durumuna göre perde boyları grafikleri (Zonguldak, ZC ve C40).	145

Şekil A. 42 : $W_p = 0.75 W$ durumuna göre perde boyları grafikleri (Sivas, ZC ve C40).....	145
Şekil A. 43 : $W_p = 0.75 W$ durumuna göre perde boyları grafikleri (İstanbul, ZE ve C30).....	146
Şekil A. 44 : $W_p = 0.75 W$ durumuna göre perde boyları grafikleri (Eskişehir, ZE ve C30).....	146
Şekil A. 45 : $W_p = 0.75 W$ durumuna göre perde boyları grafikleri (İstanbul, ZE ve C25).....	147
Şekil A. 46 : $W_p = 0.75 W$ durumuna göre perde boyları grafikleri (Eskişehir, ZE ve C25).....	147
Şekil A. 47 : $W_p = 0.75 W$ durumuna göre perde boyları grafikleri (İstanbul, ZE ve C40).....	147
Şekil A. 48 : $W_p = 0.75 W$ durumuna göre perde boyları grafikleri (Eskişehir, ZE ve C40).....	148
Şekil A. 49 : $W_p = 0.50 W$ durumuna göre perde boyları grafikleri (İstanbul, ZA ve C30).....	148
Şekil A. 50 : $W_p = 0.50 W$ durumuna göre perde boyları grafikleri (Zonguldak, ZA ve C30).....	149
Şekil A. 51 : $W_p = 0.50 W$ durumuna göre perde boyları grafikleri (Sivas, ZA ve C30).....	149
Şekil A. 52 : $W_p = 0.50 W$ durumuna göre perde boyları grafikleri (İstanbul, ZA ve C25).....	150
Şekil A. 53 : $W_p = 0.50 W$ durumuna göre perde boyları grafikleri (Zonguldak, ZA ve C25).....	150
Şekil A. 54 : $W_p = 0.50 W$ durumuna göre perde boyları grafikleri (Sivas, ZA ve C25).....	151
Şekil A. 55 : $W_p = 0.50 W$ durumuna göre perde boyları grafikleri (İstanbul, ZA ve C40).....	151
Şekil A. 56 : $W_p = 0.50 W$ durumuna göre perde boyları grafikleri (Zonguldak, ZA ve C40).....	152
Şekil A. 57 : $W_p = 0.50 W$ durumuna göre perde boyları grafikleri (Sivas, ZA ve C40).....	152
Şekil A. 58 : $W_p = 0.50 W$ durumuna göre perde boyları grafikleri (İstanbul, ZE ve C30).....	153
Şekil A. 59 : $W_p = 0.50 W$ durumuna göre perde boyları grafikleri (Eskişehir, ZE ve C30).....	153
Şekil A. 60 : $W_p = 0.50 W$ durumuna göre perde boyları grafikleri (İstanbul, ZE ve C25).....	153
Şekil A. 61 : $W_p = 0.50 W$ durumuna göre perde boyları grafikleri (Eskişehir, ZE ve C25).....	154
Şekil A. 62 : $W_p = 0.50 W$ durumuna göre perde boyları grafikleri (İstanbul, ZE ve C40).....	154
Şekil A. 63 : $W_p = 0.50 W$ durumuna göre perde boyları grafikleri (Eskişehir, ZE ve C40).....	155

TBDY 2018'E GÖRE BETONARME BİNALARDAKİ DEPREM PERDELERİ BOYUTLARININ BELİRLENMESİ İÇİN BİR YÖNTEM

ÖZET

Bu yüksek lisans tezinde, belirlenen koşullarda, yapıya etkiyebilecek yatay ve düşey yükler altında, yüksek süneklikli perdeli ve perdeli-çerçeve taşıyıcı sistemlere sahip yapılardaki betonarme perde boyutlarının, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018 şartları ve esasları göz önünde bulundurularak belirlenmesi yapılmıştır.

Özellikle yatay deprem kuvvetleri altındaki yapılarda, düğüm noktalarında meydana gelen aşırı ötelenmeler ve taşıyıcı sistem elemanlarında oluşan ciddi zorlanmalar büyük hasarlara ve hatta göçmeye yol açabilmektedir. Bunlar gibi istenmeyen durumların önüne geçebilmek için, yüksek yatay rijitliğe sahip perdelerin kullanımı oldukça faydalıdır. Bu sayede yanal ötelenmeler sınırlanır ve yatay kuvvetlerin büyük bir kısmı perdeler tarafından alınarak, diğer taşıyıcı sistem elemanları rahatlatılmış olur.

Farklı zemin koşullarına, malzeme özelliklerine, kat adetlerine, kat alanlarına ve perde sayılarına sahip yapılar ele alınmış ve hesaplamalar yapılarak Ek'te verilen grafikler oluşturulmuştur. Belirlenen bu değişkenlere bağlı olarak yapıya etkiyen yatay kuvvetler, Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi kullanılarak el ile hesaplanmıştır. 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. Hem eşdeğer deprem yüğü yöntemi ile karşılaştırmak hem de çalışmada çeşitliliği artırabilmek için modellenen yapıların çözümleri, mod birleştirme yöntemi ile gerçekleştirilmiştir.

Yapılan tez çalışması yedi bölümden oluşmaktadır. Çalışmanın birinci bölümünü oluşturan giriş bölümünde çalışmanın içeriği ve amaçlarından bahsedilmiştir.

İkinci bölümde, ülkemizde de sıkça kullanılan taşıyıcı sistem türlerinden ve bu sistemlerin yatay ve düşey yükler altındaki davranışlarından bahsedilmiştir. Yine bu bölümde deprem etkileri altındaki betonarme perdelerin; davranışlarından, yapıya sağladığı katkılardan, güç tükenme şekillerinden, yapı içerisindeki konumlarının yapı davranışına etkilerinden bahsedilmiş ve yaygın kullanılan perde enkesit şekilleri gösterilmiştir. Üçüncü bölümde, TBDY 2018'de tanımlanan deprem düzeylerine, yatay ve düşey tasarım spektrumlarına, bu spektrumların elde edilmesinde kullanılan katsayılara ve yapısal düzensizliklere değinilmiştir.

Çalışmanın dördüncü bölümünde, deprem ve diğer yüklemelerin etkisi altındaki taşıyıcı sistemlerden beklenen özelliklerden ve yapının istenen davranış biçimini gösterebilmesi için taşıyıcı sistem elemanlarının düzenlenme şekillerinden bahsedilmiştir. Beşinci bölümde, perde boyu hesabında kullanılan eşdeğer deprem

yükü yöntemine, sayısal uygulamalar yapılırken SAP 2000 Programında kullanılan mod birleştirme yöntemine, bu hesaplamalarda izlenilecek yollara ve uyulması gereken kurallara ve analiz sonucunda yapılması gereken kontrollere değinilmiştir. Yine bu bölümde, taşıyıcı sistem türlerine ve süreklilik düzeylerine bağlı olarak değişkenlik gösteren R ve D katsayıları açıklanmaya çalışılmıştır. Altıncı bölümde ise, çalışmada ele alınan süreklilik düzeyi yüksek perdelerin tasarımı aşamasında göz önüne alınması gereken kurallar anlatılmıştır.

Yedinci bölümde, yapıya gerekli dayanımı vererek istenen davranış şeklini göstermesini sağlayabilecek perde boyutlarının ve adetlerinin belirlenmesinde; kullanılan yüklerden, yapılan kabullerden ve göz önüne alınan kriterden bahsedilmiştir. Sekizinci bölümde ise, sayısal uygulamalardaki yapı modellerinin, SAP 2000 programında nasıl tasarlandığı hakkında bilgiler verilmiştir. Bu bölümün devamında, programdan alınan veriler ile perde elemanların donatıları TBDY 2018 kural ve esaslarına göre tayin edilmiş ve yönetmeliğin bu elemanlar için belirlediği sınır şartların kontrolleri yapılmıştır.

Dokuzuncu ve son bölümde ise, yapılan hesaplamalardan ve uygulamalardan elde edilen sonuçlara ve bu sonuçların yorumlanmasına yer verilmiştir.

A METHOD FOR DETERMINATION OF THE DIMENSIONS OF SEISMIC SHEAR-WALLS IN BUILDINGS ACCORDING TO TBEC 2018

SUMMARY

In this master's thesis, in determined circumstances, under vertical and horizontal loads that can affect a structure, reinforced concrete shear walls' dimensions which have high ductility shear wall system and shear wall-framed systems are specified by taking conditions and essentials of Turkish Building Earthquake Code released in 2018 into consideration.

To define the dimensions of shear walls, horizontal excessive drift which is one of the reasons of high damages or failure happened in buildings is taken into the consideration. The dimensions of shear walls are calculated according to the highest relative storey drift value which is found and allowed by the code by taking the place of a building and the types of building such as reinforced concrete or steel into the consideration. In this work, the buildings of which areas are 400,600,800 m² and have 5, 7,10,12,15 and 18 storeys are dealt with. Besides this, the situations in which there are 3, 4, 6 and 8 shear walls in each direction (x and y) are considered in buildings worked on. The graphics in appendix are created with the help of this shear wall's dimensions that are found and the values that are considered. Except for the characteristics defined in the graphics, the dimensions of shear walls in buildings which have different storey areas and numbers of shear walls can be found by making linear interpolation between the valued that are given.

To check the efficiency of the dimensions of shear walls, the needed shear walls' dimensions in buildings which the storey areas and numbers of shear walls are determined beforehand are obtained by utilizing the graphics that are created and also, three dimensional analyze models of the buildings are created by SAP 2000 Program. Shear walls reinforcements are determined according to the essentials identified in a Turkish Building Earthquake Code released in 2018 for shear walls and the efficiency of shear walls' dimensions are controlled. Moreover, the values of storey drifts happened in a building and the structural irregularities are controlled. The efficiency of shear walls' dimensions are only made throughout a critical shear wall height where forces happen more and which is an important place for force transfer.

Excessive displacements happened in the joints that especially are located in a building under the horizontal earthquake forces and serious compulsions happened in the elements of bearing systems can cause substantial damages and even, collapse failures. To avoid unexpected situations like the ones mentioned above, using shear walls which have a high rigidity is quite beneficial. With the help of this, lateral displacements are restricted and the other elements of bearing systems are relieved by taking most of it with the help of shear walls. It is tried to be underlined that the shear walls in reinforce concrete buildings have advantages on the behavior of structural system that is under seismic load with the help of this work.

The structures which have different soil conditions, characteristics of materials, numbers of storey, storey areas and number of shear walls are considered and the graphics attached in the appendix are created by calculating. Lateral forces that affect a structure by depending on these determined factors are calculated by hand by using a method called “Equivalent Seismic Load Method “ . Dimensions of shear walls of which numbers are predetermined and which can display efficient strength against to the compulsions happened because of these forces are determined with the help of a method of virtual work by considering maximum relative storey drifts allowed by Turkish Building Earthquake Code released in 2018. Seven types of structures are modeled with the help of SAP 2000 Analyze Program to check the reliability of calculations by taking advantage of the graphics that are created and to control the efficiency of shear walls’ dimensions. To realize this, the essentials that the regulation supplies to model structural system are taken into the consideration. Analysis of modeled structures is conducted by Mode Superposition Method both to compare with Equivalent Seismic Load Method and to enhance diversity in working.

This master’s thesis is consisted of seven sections. The contents and aims of this work are mentioned in the introduction part which creates first section.

In the second section, types of structural systems that are commonly used in our country and behavior of these systems under horizontal and vertical loads are mentioned. Also, it is informed about using these structural systems can be advantageous or disadvantageous under which circumstances. Behaviors, benefits to a structure, failure of shear walls and effects of places in a structure to a structure behavior of reinforce concrete shear walls affected by an earthquake are mentioned and commonly used shear walls’ cross sections are displayed in the second section, too. Polygon shear walls which can increase the strength of a building in each direction (x and y) and be adjusted around the shaft in a building such as the elevator shaft are mentioned in this section, too. Also, the advantages of polygon shear walls such as enabling to make a large internal volume- building which is suitable for architecturally by taking little space are dealt in this section. Earthquake levels, horizontal and vertical design spectrums, how to achieve these spectrums, modulus that is used for achieving these spectrums and structural irregularity are mentioned in section three. It is mentioned about the meanings of the modulus and where and how to use the spectrums by creating them, too. Also, in this section, it is tried to be mentioned about how the unexpected irregularities affect the behavior of a building badly, what should be considered for not giving ways to the irregularities happen and what kind of precautions should be taken if there is an irregularity in a building.

The expected characteristics of structural systems affected by earthquakes and other loads and the arrangement types of structural systems’ elements to display expected behavior from a structure are indicated in the forth section. The concepts such as rigidity and ductility commonly encountered while designing a building are tried to be explained in this section, too. In the fifth section, it is mentioned about the equivalent seismic load method which is one of the linear calculation methods and is used for calculating length of shear walls, mod superposition method which is also one of the linear calculation methods and is used in SAP 2000 Program while conducting quantitative applications, the procedures followed in these calculations, the rules which should be obeyed and the controls that should be applied at the end of the analysis process. The types of structural systems and modulus of R and D varying depending on the level of ductility are tried to be explained in third section, too. The rules that should be considered in the process of designing shear walls with

high ductility levels in this work are indicated in section six. To have an efficient durability to the vertical and horizontal forces affecting this shear walls and to display expected behaviors, how many reinforcements that the shear walls need to have and also, where they need to have and the organization types of these reinforcements are mentioned in this section, too. In addition to this, what kinds of changes can be done in shear walls when the expected criteria could not be fulfilled are tried to be explained.

The loads that is used for determining the dimensions of shear walls which can guide to display expected behaviors by supplying necessary durability to a structure and quantities of them, achieving these loads, acceptances that are made and the criteria that are taken into the consideration are mentioned in the seventh section. Also, the method of virtual work that is used for determining the dimensions of shear walls is tried to be explained. It is informed in the eighth section about how to design structural models in quantitative applications by using SAP 2000 Program, what is taken into the consideration while modeling, which load combinations are used to analyze and the data that are received from this program. In the following parts of this section, the reinforcement of shear walls' elements and data received from this program are appointed according to the rules and essentials of Turkey Building Earthquake Code released in 2018 and also, the requirements of the limits that are set by this regulation for these elements are checked. Besides this, tables created with the values obtained from the calculations and the shapes showing the behaviors of modeled buildings under the seismic effects in x and y directions are displayed in this section.

As a conclusion, the results from applications and calculations, the results that are received from the calculations and also, the interpretation of these results are included in the ninth and last section.



1. GİRİŞ

Ülkemizin neredeyse tamamı deprem riski yüksek olan bölgelere sahiptir. Dolayısıyla yapı tasarımında, ciddi zorlamalara, hasarlara ve hatta göçmelere sebep olarak üzücü can ve mal kayıplarına yol açabilecek deprem etkisi göz ardı edilemez. Ülkemiz tarih boyunca bir çok yıkıcı deprem ile karşı karşıya kalmış ve ne yazık ki sonuçlarına bakıldığında gerekli dersi çıkaramadığımız açık bir şekilde görülmüştür. Bu durumların önüne geçebilmek için mevcut yönetmelik ve standartların gerekliliklerini yerine getirmek zorunluluklarımızın başında gelmektedir. Özellikle estetik ve ekonomik kaygılarla bu gereklilikleri sağlamayan projeler üretmenin, uygun bir proje olsa bile imalat esnasında yapım şartlarına uymamanın, imalat esnasında yeterli kalitede malzeme kullanmamanın ve yapıların sağlıklı bir şekilde kontrol edilmemesinin deprem yükleri ve diğer zorlamalar altında ayakta kalamamış yapıların en büyük eksiklikleri arasında olduğu görülmüştür.

Taşıyıcı sistemin depremden sonra onarım gerektirdiği durum hafif hasar ve güçlendirme gerektirdiği durum ise, orta hasar olarak ve güçlendirilemeyecek derecede hasar gören veya yıkılan binalar ağır hasarlı olarak tanımlanır. Bilindiği gibi, hasar oranları binanın yapım kalitesi yanında zemin şartlarına da bağlıdır. Şiddetli büyük depremlerde hafifi ve orta hasarlı bina sayısı birbirine yakınken, küçük şiddetteki depremlerde ağır ve orta hasarlı bina sayısı küçülmekte ve hafifi hasar sayısı artmaktadır. Çizelge 1.1'de 1970'den sonra yurdumuzda meydana gelen önemli depremler hakkında bilgi verilmiştir [3].

Çizelge 1. 1 : Yurdumuzda meydana gelen önemli depremler.

Tarih	Deprem	Büyükölük	Can Kaybı	Yıkılmış veya Ağır Hasarlı Bina
28.03.1970	Gediz depremi	$M=7.2 \sim 7.7$	1086	10000
12.05.1971	Burdur Depremi	$M=6.2$	57	1542
22.05.1971	Bingöl Depremi	$M_s=6.8$	881	10915
06.09.1975	Lice Depremi	$M=6.7$	2384	8149
24.11.1976	Çaldıran-Muradiye Depremi	$M=6.6 \sim 7.9$	3840	9200
30.10.1983	Erzurum-Kars Depremi	$M=6.5 \sim 7.1$	1155	~ 3000
13.03.1992	Erzincan Depremi	$M=6.8$	653	6702
01.10.1995	Dinar Depremi	$M=5.9$	90	4340
27.06.1998	Adana-Ceyhan Depremi	$M=6.3$	145	~ 12000
17.08.1999	Kocaeli Depremi	$M_w=7.4$	15851	77297
12.11.1999	Düzce Depremi	$M_s=7.3, M_w=7.1$	710	~ 15000
01.05.2003	Bingöl Depremi	$M_s=6.4$	168	2874
23.10.2011	Van Depremi	$M=7.2$	644	8001

Yapının maruz kalabileceği yatay ve düşey yükler altında taşıyıcı sistem elemanlarının, yapıyı güvenli bir şekilde ayakta tutabilecek yeterli dayanıma sahip ve optimum dolayısıyla en ekonomik kesitlerde tasarlanması ve aynı zamanda taşıyıcı sistemin, mimari gereksinimleri karşılayabilerek yapının kullanım amacına hizmet etmesi ve yapı estetiğini bozmayacak bir şekilde düzenlenmesi mühendisliğin ana prensiplerini oluşturmaktadır. Ayrıca her zaman; bilgi ve gelişmelere açık olmanın, öğrenilen bilgileri yorumlayabilmenin ve aralarında sebep-sonuç ilişkileri kurabilmenin, sahip olunan bilgileri ve tecrübeleri sağlıklı bir şekilde paylaşabilmenin, sürekli gelişen teknolojiyi en iyi şekilde takip etmenin ve kullanabilmenin bilincinde ve sorumluluğunda olmak gerekmektedir.

Tasarım aşamasında, yapının kullanım amacına uygun bir şekilde hizmet edebilmesi ve üzerine etkiyen yatay ve düşey zorlamalara karşı dayanım gösterebilerek can ve mal kayıpları meydana gelmemesi, en önemli amaçlardandır. Özellikle yapıların, kat sayıları arttıkça ve deprem gibi yatay zorlamalara daha şiddetli bir şekilde maruz kalabileceği konumlara inşa edilmesi durumlarında, betonarme perdelerin gerekliliği kaçınılmaz bir durumdur. Bu gerekliliğe bir çok araştırmada vurgu yapılmıştır.

Taşıyıcı sistemlerde bulunan perdeler, yüksek rijitlikleri sebebiyle, deprem ve diğer yatay kuvvetlerin etkisi altındaki yapılarda, ağır hasara ve hatta göçmelere sebep olan büyük yatay ötelenmeleri oldukça sınırlayan elemanlardır. Dolayısıyla perdeler, bu etkiler altındaki yapıda, ikinci mertbe etkileriyle oluşabilecek ek zorlanmaları da önleyebilme yeteneklerine sahiptirler. Bu sayede yapı elemanlarındaki şekil değiştirmelerin güvenli bir şekilde yapılması sağlanabilir ve yatay kuvvetlerden dolayı oluşan enerji sağlıklı bir şekilde tüketilebilir.

Betonarme yapıda, elastik sınırlar içinde kalan her şekil değiştirme, enerji tüketir. Ancak, elastik olarak tüketilen enerjinin miktarı, küçüktür. Oysa deprem etkisi ile yapıya intikal eden enerji miktarı, çok büyüktür. Elastik ötesi şekil değiştirmeler, beton çatlamlarının ötesinde, "plastik" görünüm de kazanmalıdır. Bunun anlamı, betonarme taşıyıcı sistemde, donatının akması ile hasarın oluşmasıdır. İşte, deprem mühendisinin en önemli görevi, taşıyıcı sistemde oluşan enerji tüketimini, güvenli ve maksimum yaparak, deprem enerjisini dengelemektir [11].

Ülkemizde deprem riski yüksek olan yerlerde, 6-7 kata kadar olan yapıların, çerçeveli taşıyıcı sistemler kullanılarak yapılması tercih edilmektedir. Çerçeveli

sistemlerde kat sayısı arttıkça, özellikle alt katlardaki kirişlerde ve kolonlarda daha büyük kesit alanlarına ihtiyaç duyulması veya katlar arasındaki görelî deplasmanların büyük çıkması, çerçeve yapısının perdeli inşa edilmesine yol açar. 6 veya daha fazla katlı binalarda asansör kullanma zorunluluğu, çekirdek kısmında bir asansör boşluğu ihtiyacına yol açmakta ve bu boşluk etrafında düzenlenen perde sistemi yapı dayanımına önemli katkılar sağlayabilmektedir. Genellikle 14 ve daha fazla kat adedine sahip yapılarda yatay yükler altında oluşan yanal ötelenmeleri sınırlandırmak zor ve ekonomik olmayan bir hal alır ve dolayısıyla bu katlardan sonra taşıyıcı sistemde perde elemanı kullanmak, neredeyse bir zorunluluk haline gelir ve yatay yüklerin sadece perdeler tarafından taşındığı perdeli taşıma sistemleri kullanılır. Ancak bu sistemlerde, döşeme kalınlığının sınırlandırılması için düşey yüklerin bir kısmı, gerekmediği takdirde yatay yük taşımayan kolonlar kullanılarak temellere aktarılabilir. Deprem bölgelerinde, deprem sonrası yapılan gözlemlerden, 4-8 katlı çerçeveli taşıyıcı sistem yapılarında, 7-13 katlı çerçeveli-perdeli (+ çekirdekli) taşıyıcı sistem yapılarında büyük hasarlar olduğu görülebilmektedir [12].

Deprem hasarlarının temel nedenlerini, yapıların tasarım ve uygulamasında; kiriş-kolon veya kiriş-perde duvar birleşimlerinde donatı yerleşimi için konstrüktif kurallara uyulmaması (montaj uzunluğu, etriyeler vb.) ve bu bölgelerdeki eğilme kapasitesinden daha az kesme kapasitesi olması, kirişlerden önce kolonlarda plastik mafsallaşma oluşması, hesaplamalarda burulma etkilerinin ihmal edilmesi, güvensiz sünek sisteme ve yapısal düzensizliklere sahip yapıların tasarlanması, tasarım dayanımına göre daha az beton dayanımı kullanılması, deprem kuvvetleri hesaplanırken temel zemininin özelliklerinin dikkate alınmaması, uygun olmayan temel sistemi seçilmesi ve yönetmelik kurallarına uyulmaması gibi konular oluşturmaktadır.

1.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Perdelerden veya perde-çekirdekten oluşan sistemlerde deprem etkilerinin çok küçük olduğu görülmektedir. Bu, Fintel tarafından detaylı bir şekilde incelenmiştir. Deprem sonrası, diyagonal çatlaklar oluşmuş perdelerin bulunduğu bu sistemlerin davranışı, incelenmesi gereken bazı noktalara sahip olsa da, perdeli sistemler, deprem dayanıklılığı için en iyi çözümlerdir [13]. Perdelerin bu özelliği Ersoy tarafından da görülmekte ve 2-10 katlı konut ve işyeri gibi binalarda, en az %1.5 kadar alana sahip

perde duvar oluşturulması önerilmektedir [14]. Maalesef bu öneride kat sayısı, yapı alanı, malzeme özellikleri gibi faktörler göz önünde bulundurulmamıştır.

Özellikle yapıların, kat sayıları arttıkça ve deprem gibi yatay zorlamalara daha şiddetli bir şekilde maruz kalabileceği konumlara inşa edilmesi durumlarında, betonarme perdelerin gerekliliği kaçınılmaz bir durumdur. Bu gerekliliğe bir çok araştırmada vurgu yapılmıştır. Bu çalışmada da yapı taşıyıcı sisteminde perde elamanının kullanılmasının önemi ve özellikle deprem gibi yatay yükler altında yapı davranışına sağladığı katkılar açıklanmaya çalışılmıştır.

Bu çalışmada; kat sayısı, katın plan alanı, deprem tehlike bölgeleri, malzeme özellikleri, yapıdaki perde adedi gibi faktörler göz önünde bulundurularak, deprem etkilerine karşı yeterli dayanımı gösterebilecek perdeli veya perdeli-çerçevesi sistemlerdeki perde boyutlarının hesabı yapılmıştır. Farklı kat alanlarına, kat yüksekliğine ve kat ağırlıklarına sahip, konut ve işyeri olarak kullanılan yapılar incelenerek ve TS 498 ve TBDY 2018 göz önünde bulundurularak bir katın metrekaare ağırlığı belirlenmiştir. Daha sonra kat sayısı (N) 5'ten 18'e kadar ve kat alanı (A_p) 400 m² den 800 m²'ye kadar olan yapılarda meydana gelen toplam kesme kuvvetleri ve devrilme momentleri hesaplanmış, yönetmelik kat öteleme sınır şartları göz önünde bulundurularak, oluşan bu zorlamalara karşı dayanım sağlayabilecek perde boyutları belirlenip, ekte bulunan grafikler oluşturulmuştur.

Yapılan bu çalışma, yüksek süneklikli perdeli ve perdeli-çerçevesi taşıyıcı sisteme sahip betonarme yapıların, yatay ve düşey yükler altında istenen dayanımı ve davranış şeklini gösterebilmesi için ihtiyaç duyduğu betonarme perdelerin, adetleri ve uzunlukları hakkında bir ön fikir vermeyi amaçlamaktadır. Dolayısıyla bu çalışma ile, öntasarım aşamasında, mimari projelerin daha uygun hazırlanmasına ve betonarme perde boyutlarının daha güvenli bir şekilde seçilmesine kolaylık sağlayabilmek amaçlanmıştır. Aynı zamanda betonarme perdelerin, deprem etkileri altındaki yapının davranışına kazandırdığı faydalar üzerinde durulmuştur. Bu ön fikir ile birlikte oluşturulan sistem elemanlarının boyutları ve diğer düzenlemeler için tabi ki de kesin hesap yapılması gerekmektedir.

2. TAŞIYICI SİSTEM TÜRLERİ VE YAPISAL PERDELER

Yapının üzerinde bulunan mevcut yükleri sağlıklı bir şekilde taşıması ve maruz kaldığı dış etkilere ve zorlamalara karşı istenilen dayanımı sağlayarak güvenli bir şekilde ayakta kalması veya tasarımcının istediği davranış şeklini gösterebilmesi amacıyla bir araya getirilen yapısal elemanların (perde, kolon, kiriş, döşeme, temel vb.) tümüne taşıyıcı sistem denir.

Taşıyıcı sistemin, yapı üzerindeki mevcut zati ve hareketli yükleri taşıyabilmesi ve rüzgar, deprem, sıcaklık değişimi gibi dış etkilere dolaylı meydana gelebilecek kuvvetleri, yapı elemanlarında ciddi hasarlar oluşmadan, en kısa yoldan ve en güvenilir şekilde zemine aktarabilmesi, tasarım esnasında göz önüne alınması gereken en önemli kriterlerden biri olmalıdır.

Yirminci yüzyılın başında inşa edilen yapılarda, yapısal elemanların öncelikli olarak yerçekimi kaynaklı yükleri taşıdığı varsayılmıştır. Bununla birlikte, yapısal mühendislik analizi ve tasarım yöntemlerindeki ilerlemelerle birlikte yüksek dayanımlı malzemelerin bulunması, ağırlığı azalmış ve narinliği artmış yüksek yapılar ile sonuçlanmıştır. Bu yapılar için rüzgar ve deprem gibi yanal yüklere etkili bir şekilde dayanım gösterecek sistemler geliştirmek daha önemli bir hale gelmiştir. Genel bir kural olarak, diğer tüm koşullar eşit olduğunda, yapı ne kadar yüksekte, yanal yüklere direnmek için uygun bir yapısal sistem belirlemek o kadar gereklidir [1].

Çoğu yapı, yapısal elemanlardan (kirişler ve kolonlar gibi yük taşıyan) ve yapısal olmayan elemanlardan (asma tavanlar gibi bölmeler, kapılar) oluşur. Yapısal elemanların bir araya getirilmesi ile yapısal sistem oluşturulur. İşlevi, yerçekimi ve çevresel yüklerin etkisine etkili bir şekilde dayanım gösterme ve ortaya çıkan kuvvetleri, yapının geometrisini, bütünlüğünü ve hizmete elverişliliğini önemli ölçüde bozmadan zemine iletmektir [2].

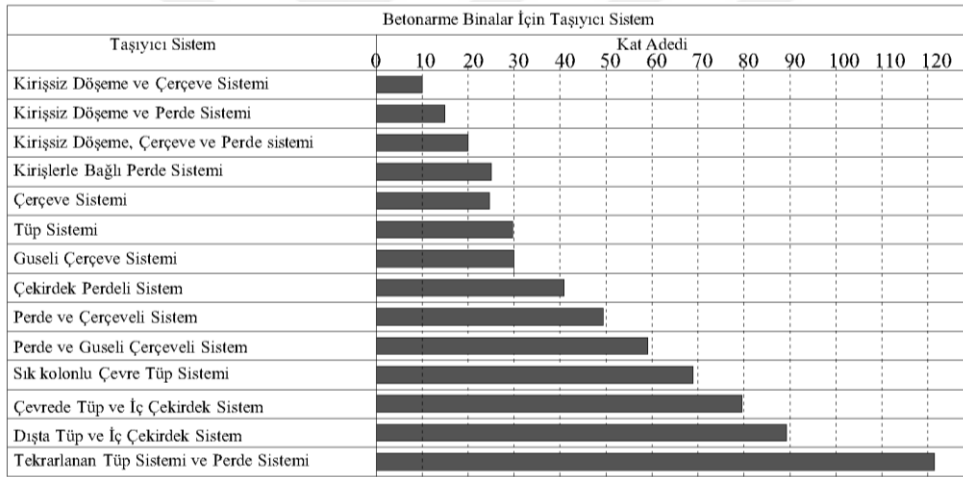
Taşıyıcı sistemde iki doğrultuda yeterli eğilme rijitliği yanında, düşey eksen etrafında yeterli burulma rijitliği bulunması da önemlidir. Uygun bir rijitlik düzenlenmesinde, ilk iki titreşim periyodu , iki doğrultuda eğilme titreşimi ve üçüncüsünün ise, burulma titreşimi olarak ortaya çıkması beklenir. Simetrik olmayan sistemlerde

eğilme titreşimlerinde burulma katkısı ve burulma titreşiminde eğilme etkisinin katkısı da bulunur [3].

Bir yüksek yapı taşıyıcısı seçilirken göz önüne alınması gereken ana kurallardan biri; düşey yükler yatay yüklerin taşınması için kullanılmalıdır. Rijit yapı kısımlarına mümkün olabildiği kadar büyük yük aktarımları sağlanmalıdır. Yüksek düşey yükler öngerilme etkisi yardımıyla genellikle rijit yapı kısımlarının moment taşıma kapasitelerini artırır.) [4].

2.1. Taşıyıcı Sistem Türleri

Bu çalışmada ülkemizde de yaygın olarak rastlanan çerçeve, perdeli-çerçeve, perdeli ve çekirdek taşıyıcı sistemlere yer verilmiş ve açıklanmaya çalışılmıştır. Kat adedi artışına göre yapılarda kullanılan betonarme taşıyıcı sistem türleri Şekil 2.1 ile aşağıda gösterilmiştir [3].



Şekil 2. 1 : Kat adedine göre betonarme taşıyıcı sistem türleri.

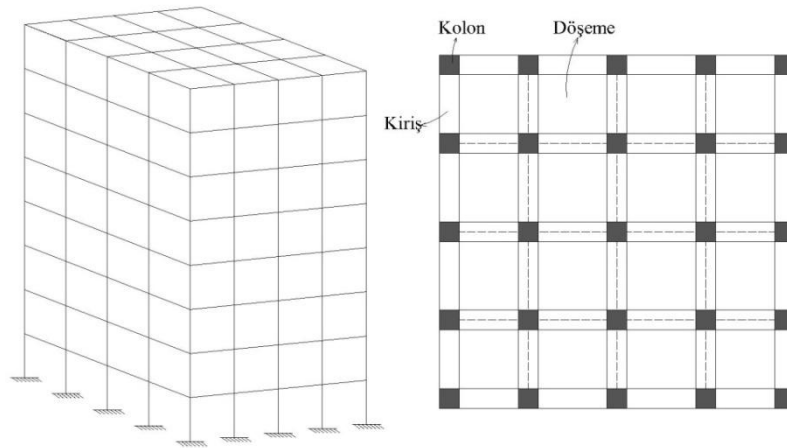
2.1.1. Çerçeve taşıyıcı sistemler

Çerçeve taşıyıcı sistemler düşeyde kolon ve yatayda kirişlerin rijit bir şekilde birleştirilmesi ile oluşturulur. Süneklik düzeyi oldukça yüksek olan bu sistemlerin tasarımında, kuvvetli kolon-zayıf kiriş prensibi en önemli hususlardan biridir. Sistem deprem gibi yatay kuvvetlerin etkisi altındayken, düğüm noktalarında oluşan plastik mafsallaşmalar ile enerji tüketimi gerçekleşir. Meydana gelebilecek bu ciddi zorlamalar altında toptan göçmenin önlenmesi için, plastik mafsallaşmaların kolonlardan ziyade kirişlerde gerçekleşmesi istenir. Bu sistemler daha çok yapı üzerindeki düşey yükleri taşımaya elverişlidir. Yüksek sünekliği sayesinde enerji

soğurma kapasitesi oldukça fazla olan bu sistemler (plastik şekildeğıştirmeler ile), yatay yüklerin etkisi altında ciddi yanal ötelenmeler yapmaya çalışabilir. Dolayısı ile sistem düğüm noktaları yeterli ötelenme rijitliğine sahip olmalı ve buradaki donatı düzenlemelerine tasarım ve uygulama aşamalarında çok dikkat edilmelidir.

Rijit çerçeveler döşeme üzerine etki eden yerçekimi yüklerini taşır. Döşemeler aynı zamanda yanal kuvvetleri kirişlere ve kolonlara aktaran yatay diyaframlar olarak da işlev görür. Ayrıca kirişler uç bölgelerinde büyük moment ve kesme kuvvetlerine karşı dirençlidirler ve bunlar da kolon sistemine aktarılırlar. . Rijit bir çerçeve için, dayanım ve rijitlik, kirişin ve kolonun boyutuyla doğru orantılı ve kolon ara mesafesi ile ters orantılıdır. Sonuç itibariyle, yapının yüksekliği arttıkça kolonlar ve kirişler oldukça büyük hale gelebilir. Ekili bir çerçeve davranışı elde etmek için, yapı dış kısmında birbirine yakın mesafeli kolonlar ve derin kirişler kullanılmalıdır. Özellikle sismik bölgelerdeki yapılar için, çelik takviyeli veya perde duvarlı yapılara kıyasla rijit çerçeveler daha sünek ve şiddetli depremlere karşı daha hassas olduğundan, düğüm noktalarının tasarımına ve detaylandırılmasına özellikle dikkat edilmelidir. Rijit çerçeve sistemler 20 kattan daha fazla yapılarda etkili değillerdir, çünkü kolonların eğilmesinden dolayı meydana gelen yanal deplasmanlar aşırı ötelenmelere neden olur [1].

Genel olarak bu tip çerçeveler kare ve dikdörtgen kolonlardan ve bunları iki doğrultuda birleştiren kirişlerden oluşur. Kolon açıklıkları 4.5 m ~ 9.0 m arasında değışir. Günümüzde merdiven ve asansör hacimleri çevresine perde yerleştirildiği için, bu tür sistemlerde de belirli ölçüde perde bulunur. Ancak, çok düşük katlı binalarda perdesiz çerçevelere rastlanabilir [3].

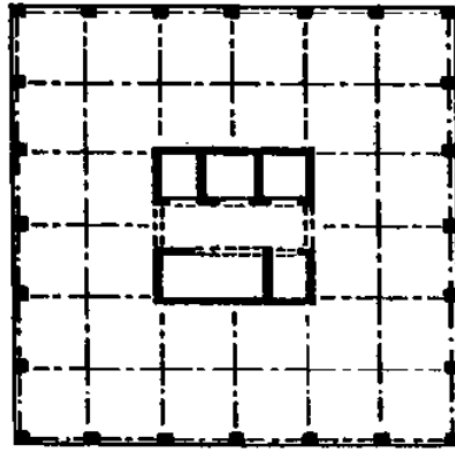


Şekil 2. 2 : Çerçevesel taşıyıcı sistem örneği.

2.1.2. Perdeli-çerçevesel taşıyıcı sistemler

Ülkemizde ve dünyada kullanımı oldukça yaygın olan bu sistemler, yüksek eğilme rijitliğine sahip perdeler ile çerçevesel sistemin bir arada kullanılması ile oluşur. Çerçevesel sistemlerde, yapı yüksekliği arttıkça yeterli dayanımı elde edebilmek için taşıyıcı sistem elemanlarının kesitleri çok büyük çıkmakta ve yatay deplasmanlar da sorun teşkil edecek düzeylere gelmektedir. Bu sorunları giderebilmek için, yüksek yatay ötelenme ve eğilme rijitliğine sahip perdeler kullanılarak perdeli-çerçevesel sistemler oluşturulur. Bu sayede kolon ve kiriş kesitlerindeki zorlamaların ve yatay ötelenmelerin kabul edilebilir düzeylere inmesi sağlanabilir. Bu sayede ikinci mertebe etkileri de azaltılmış olur. Yatay yüklerin çoğu perdeler tarafından taşınan bu sistemle çerçeve elemanları daha rahat bir hale getirilmiş olur. Özellikle üst katlarda, perdelerle etkileşim içinde bulunan çerçeve sistemler, yüksek sünekliği sayesinde önemli derecede enerji tüketebilir.

Asansör shaftları ve merdiven duvarları betonarme bir çekirdek oluşumuna katkıda bulunur. Geleneksel olarak, bunlar çok katlı ofis binalarında yanal kuvvet direncinin ana bileşenini sağlamak için kullanılmıştır. Gerekirse ek dayanım, Şekil 2.3'de gösterildiği gibi çevre çerçevelerinden elde edilebilir. Böyle bir merkezi olarak konumlandırılmış büyük bir çekirdek, aynı zamanda yeterli burulma direnci sağlayabilir [6].



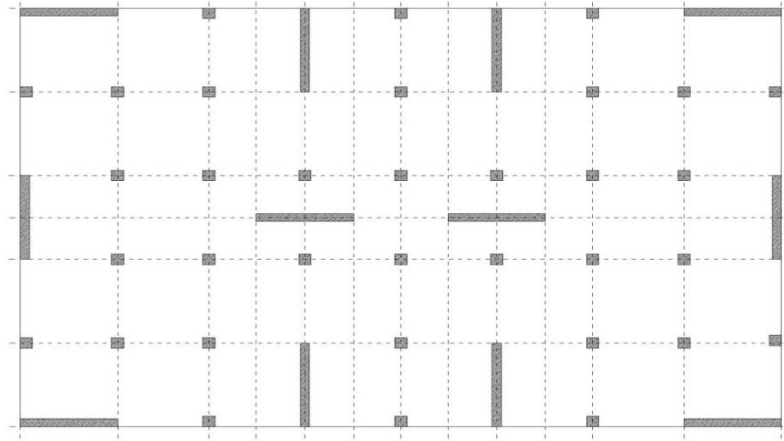
Şekil 2.3 : Çerçeve ve çekirdek taşıyıcı sistem örneği.

Orta bölüme merdiven ve asansör hacimleri yerleştirilir. Bazı durumlarda mimari taleplere uyularak çekirdek perde sistemi planda kenara yerleştirilebilir. Çekirdek bölümdeki perdeler birbirlerine kirişlerle birleştirilebildiği gibi, sadece döşeme şeritlerinin perdeleri birleştirdiği durumlar da mevcuttur. Kolon açıklıkları genellikle

8.0 m ~ 9.0 m arasında değişir. Rijitlikleri sebebiyle çekirdek perde sistemi deprem etkisinin önemli bir kısmını karşılar. İyi bir yaklaşımla, deprem etkisinin tamamının perdelerle karşılandığı kabul edilebilirse de, çerçeve sisteminin %15~25 civarında bir yatay etkinin karşılayacak şekilde tasarının yapılması önerilir. Kolon ve perdelerin uygun düzenlemesiyle düşey yüklerle beraber deprem etkisinde kesitlerde çekme kuvvetinin oluşmaması sağlanabilir [3].

Asansörler ve merdiven gibi yapı hizmet bölgeleri etrafına yerleştirilen perde duvarlar, yatay yükleri her iki yönde de iletebilen bir üç boyutlu sistem olarak düşünülebilir. Avantajı, üç boyutlu yapılar olarak, her iki doğrultuda kesme kuvvetlerine ve eğilme momentlerine ve ayrıca özellikle açıklıklar arası bağlantı kirişler ile sağlandığında, burulmaya karşı dayanım gösterebilmeleridir [5].

Perde-çerçeve sistemi olarak adlandırılan birleştirilmiş bir sistem ilk olarak Fazlur Khan tarafından düşünülmüştür. Bu sistemde, merkezi bir çekirdek veya dağınık perde duvarlar, rijit döşeme diyaframları vasıtası ile yapıdaki kiriş-kolon veya döşeme-kolon çerçevesiyle etkileşime girer. Kolonlar öncelikli olarak yerçekimi yüklerini taşımak üzere tasarlanmıştır ve perdeler yatay yükleri taşımak üzere tasarlanmıştır. Bu sistemler, çerçeve sisteme göre daha rijittir ve 50 kata kadar olan yapılarda kullanılabilir [1].

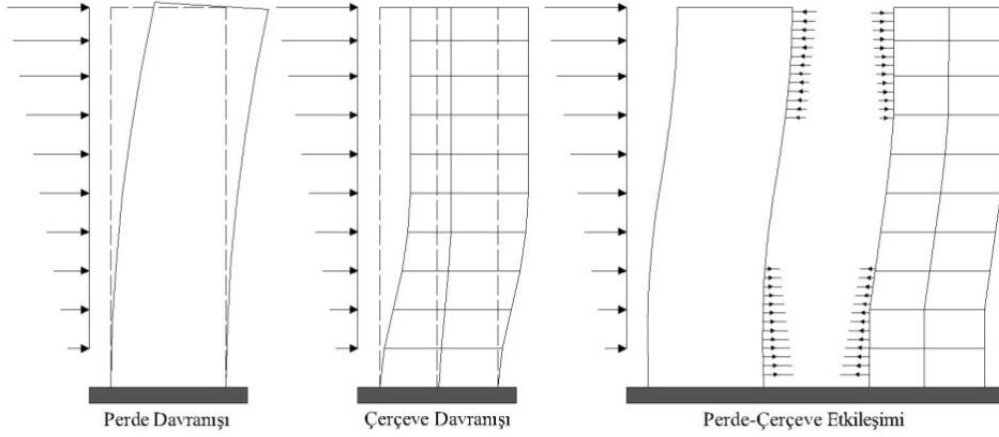


Şekil 2. 4 : Perdeli-çerçeve taşıyıcı sistem örneği.

2.1.2.1. Perde ve çerçeve karşılıklı etkileşimi

Yatay kuvvetler altında çerçeveler kayma şekildedıştirmesi, perdeler ise konsol kiriş davranış göstererek eğilme şekildedıştirmesi yapmaktadır. Deprem etkisi altında kat kesme kuvvetleri aşağıya gidildikçe artış gösterdiğinden, çerçeve sistemlerde en büyük yatay görelî ötelenmeler alt katlarda meydana gelmektedir. Konsol kiriş

davranışı gösteren perdelerde ise en büyük yatay yerdeşistirmeler yukarıya gidildikçe artmaktadır. şekil 2.5'de görüldüğü gibi, deprem etkisi altında, üst katlarda çerçeveler daha etkili olarak perdelerin yatay ötelenmelerini, alt katlarda ise perdeler daha etkili olarak çerçevelerin yatay ötelenmelerini kısıtlar.



Şekil 2. 5 : Perde-çerçeve karşılıklı etkileşimi.

Karma sistem olarak da adlandırılan bu sistemlerde perdeler ve çerçeveler, yatay zorlamalar altındayken birbirlerinden çok farklı davranış gösterme eğilimindedirler. Dolayısı ile tasarım, sistemin bir bütün olarak çalışabileceği şekilde yapılmalıdır. Perdelerde gevrek kırılmalar yaşanmaması için, kesme kuvvetlerinin bir kısmını kolonların alacağı şekilde tasarım yapılması daha uygundur. Böylelikle perde tabanlarında oluşan kesme zorlamaları azaltılarak sünek davranışa katkıda bulunulur.

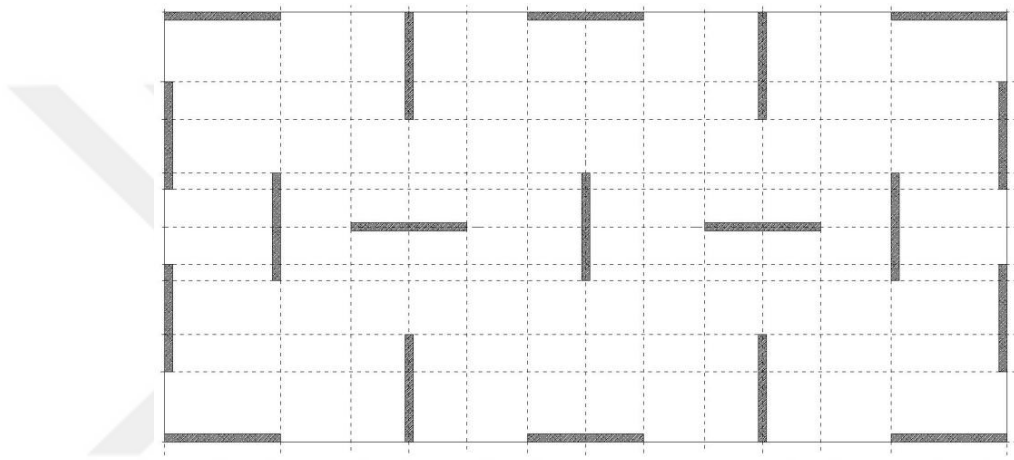
2.1.3. Perdeli taşıyıcı sistemler

Perdeli Taşıyıcı Sistemler, yapı temeline ankastre olarak bağlanmış, rijitliği yüksek, boşluksuz veya boşluklu perdelerin bir araya getirilmesi ile oluşturulur. Yatay kuvvetler altında gösterdiği konsol kiriş davranışı sebebiyle, katlar arası yatay ötelenmeler yukarıya gidildikçe artmakta ve yüksek rijitlik sebebiyle bu ötelenmeler oldukça sınırlı kalmaktadır. Çerçevesi sistemlere göre elastik güç tüketme kabiliyetleri çok daha fazla, süneklikleri ise daha azdır. Bu sistemler, daha çok hastane, okul gibi deprem etkileri altında oluşabilecek hasarın minimum düzeyde kalması istenilen yapılarda tercih edilirler.

Deprem etkileri altında oluşan kuvvetleri sağlıklı bir şekilde zemine aktarılabilme ve sönümleyebilmek için; zorlanmaların oldukça fazla olduğu temel-perde birleşim bölgelerinin ve kat seviyesinde etki eden kuvvetlerin perdelerle güvenli bir şekilde geçişini sağlayabilmek adına döşeme-perde kesişim noktalarının tasarımına özen

gösterilmelidir. Burulma etkilerinden kaçınmak da çok önemli olduğundan, perdeler, yapının rijitlik merkezi ve kütle merkezi birbirinden çok uzak olmayacak, mümkünse çakışacak şekilde konumlandırılmalıdır.

Yurdumuzda tünel kalıp sistemi ile inşa edilen binalarda sadece perde bulunur. Döşemeler perdelerle mesnetlenir. Bu tür sistemlerde perdelerin plandaki konumlarının belirlenmesinde mimari talepler yanında, tünel kalıbın dış çevreden dışarıya çekilmesi de etkili olur. Perdeler sebebiyle sistemin burulma rijitliği yüksektir. Genellikle perdeler planda dağınık olduğu için, bu sistemlerde depremin burulma etkisi minimum düzeyde kalır [3].



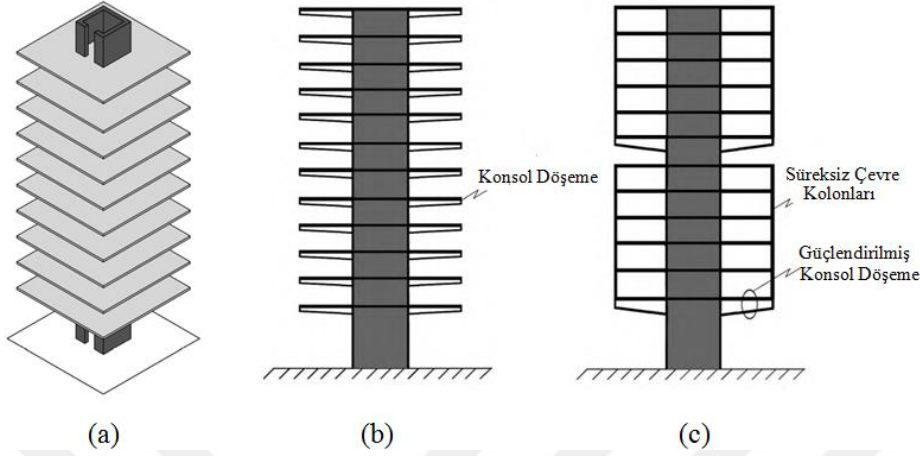
Şekil 2. 6 : Perdeli taşıyıcı sistem örneği.

2.1.4. Çekirdek sistemler

Çekirdek sistemler betonarme yapılarda kullanılır. Bu sistem bütün düşey ve yatay yüklere karşı dayanım gösteren bir betonarme çekirdek perde içerir (Şekil 2.7a). Genel olarak, bir çekirdek perde, yapının yanal ve burulma rijitliğini artırmak için döşeme kirişleri ve/veya döşemeler kullanılarak kısmen kapalı bir çekirdeğe dönüştürülen açık bir çekirdektir. Kapalı çekirdeklerin davranışı yatay yükler altında yapı burulmasına karşı ideal olsa da, mimari nedenlerden dolayı bu davranışı elde etmek için kısmen kapalı bir çekirdek kullanılır. Böylelikle, kısmen kapalı bir çekirdek , çekirdeğin açık kısmının kesme ve eğilmeye karşı yeterli dayanıma sahip kirişler ve/veya levhalar ile desteklenmesiyle inşa edilir. Çekirdek sistemlerde, kat döşemeleri çekirdek perdeye konsollarla (Şekil 2.7b), aksi takdirde kat döşemeleri konsollama modülleri kullanılabilir (Şekil 2.7c) [7].

Çekirdek sistemler, yaklaşık 20 kata kadar olan yapılarda rüzgar ve deprem kaynaklı yanal yüklere karşı dayanmak için yeterli rijitliği verimli ve ekonomik bir şekilde

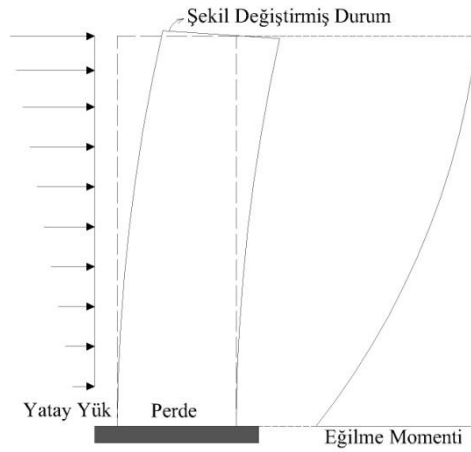
sağlar; ancak, normalden çok daha kalın çekirdek perdelerle yapılan " mega çekirdek sistemler" 40 kattan daha fazla yapılarda verimli ve ekonomik bir şekilde kullanılabilir [7].



Şekil 2.7 : Çekirdek sistem örneği.

2.2. Yapısal Perdeler

Perdeler, TBDY 2018'de plandaki uzun kenarının kısa kenarına oranı en az 6 olarak tanımlanan, yüksek rijitlikleri ile yapının dayanımını oldukça artıran, etki eden yatay kuvvetin çoğunu karşılayarak diğer taşıyıcı sistem elemanlarının rahatlatan, göçmeye sebep olan yanal ötelenmeleri önemli derecede kısıtlayarak yapının ayakta kalmasını ve arzu edilen davranış şeklini göstermesini sağlayan ve yapının burulma direncini artıran düşey taşıyıcı elemanlardır. Perdeler yatay zorlanmalar altında bir konsol giriş davranışı gösterirler (Şekil 2.8). Perdelerin düşey donatıları, basınç kuvvetleri altında burkulma oluşmaması ve aynı zamanda kesme kuvvetine karşı dayanım sağlayabilmek için yatay donatılarla sarılmalıdır. Mesnetlerde meydana gelen büyük zorlamalar karşısında sünek davranışı elde edebilmek için, enine donatıların bu bölgelerde sıklaştırılması uygun olmaktadır. Aynı zamanda kesme çatlaklarını önleyerek sünek davranışı sağlayabilmek ve kayma dayanımı elde edebilmek için gövdede düşey ve yatay donatılar teşkil edilmelidir. Eğilme momenti etkisindeyken perde boylarının uçları büyük zorlanmalara maruz kalacağından, buralarda kolon gibi düzenlenen perde uç bölgeleri oluşturulmalıdır.

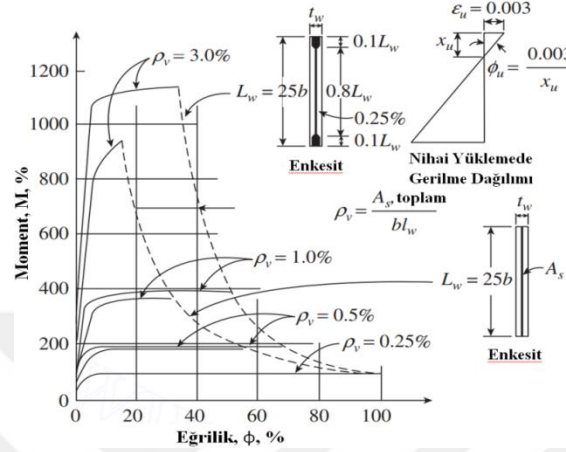


Şekil 2. 8 : Yatay yük altında konsol perde davranışı.

Yatay yükleri güvenli bir şekilde aktarabilmeleri için döşeme seviyesine yeterli yatay bağlantıları olmalı ve meydana gelen kuvvetlerin zemine güvenli bir şekilde aktarılabilmesi için uygun temel tasarımı yapılmalıdır. Ayrıca, düşey kuvvetlerin güvenli bir şekilde perdelerle aktarılabilmesi için perde-döşeme bağlantılarına özen gösterilmelidir. Perdeler, kat seviyelerinde, döşeme bağlantıları sayesinde genellikle yanal burkulmayla karşı karşıya kalmazlar.

Genellikle perdeler, her iki yüzünde yüzde 0.25 donatı ile düzenlenir. Haliyle, böyle bir düzenleme donatıyı etkili bir şekilde kullanmaz, çünkü çoğu donatı kısmen küçük kuvvet kolu üzerinde çalışır. Üstelik, Şekil 2.9'da gösterilen biçimde büyük miktarda eğilme donatısı kullanıldığında, nihai eğrilik, dolayısıyla eğrilik sünekliği önemli ölçüde azaltılır (Cardenas and Magura 1973). Bu şekilden, kesit boyunca üniform donatı dağılımının, sadece ekonomik olmadığı değil, aynı zamanda elastik ötesi aralıkta enerji soğurulmasının gerekli olduğu daha büyük donatı miktarı için oldukça istenmeyen bir durum olduğu açıkça görülmektedir. Yapısal perdeler ciddi momentlere maruz kaldığında, eğilme donatısının büyük kısmı, kolonlarda olduğu gibi çekme kenarına yakın yerleştirildiğinde daha fazla etkinlik sağlanır. Depremler veya rüzgar yükleri sırasında, tersinir momentler meydana gelir ve bu nedenle her iki uçta da eşit donatılar kullanılmalıdır. Şekil 2.9'de gösterildiği gibi üniform olmayan donatı dağılımlı kesitlerde, uzunluğun iç yüzde 80'i üzerine minimum yüzde 0.25 düşey donatı yerleştirilmiş ve donatının geri kalanı en kesitin dış kısmında (%10) kullanılmıştır. Bu düzenleme sayesinde artan dayanım ve süneklik, şekilden açıkça görülmektedir [1].

Daha büyük kesit alanı nedeniyle, yapısal perdedeki eksenel basınç yükü genellikle dengeli göçme durumuna sebep olandan çok daha küçüktür. Sonuç olarak, moment kapasitesi genellikle eksenel basınca neden olan yerçekimi kuvvetleri tarafından arttırılır. Ancak, eksenel basıncın sünekliği azalttığı unutulmamalıdır (Park ve Paulay 1975) [1].



Şekil 2.9 : Nihai yüklemde düşey donatıların miktarının ve dağılımının etkisi.

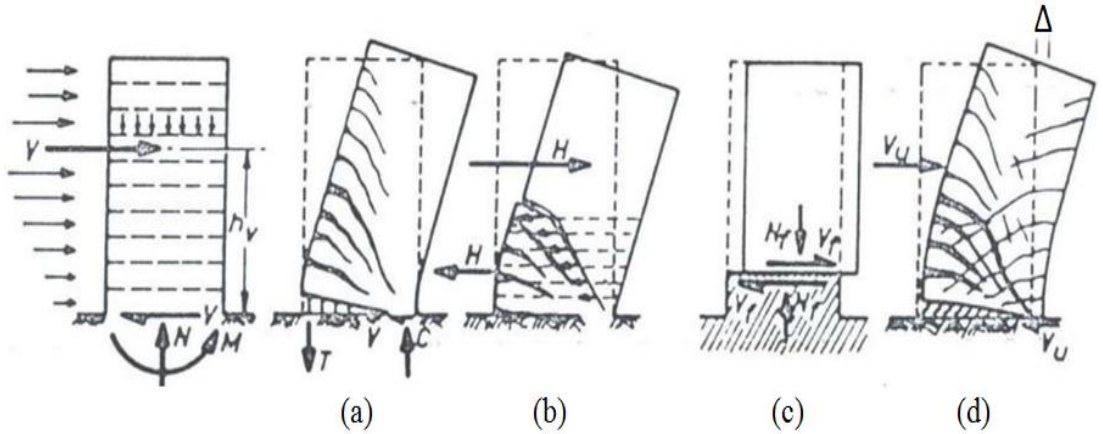
Kolonlarla kıyaslanırsa, perdeler rijitlikleri sebebiyle önemli bir eğilme momenti taşıdıkları halde, aynı oranda büyük normal kuvvet etkisi altında değildir. Bu sebeple kesitlerinde eğilme momenti etkilidir. Özellikle bu durum perdenin temellerinde bir problem olarak ortaya çıkar. Normal kuvvet küçük olduğu için, temelde çekme gerilmesini önlemek veya gerilmesiz alanı küçültmek amacıyla büyük perde temeli yapılması veya komşu kolonları da içine alan ve bu suretle normal kuvveti artırılmış bir temel yapılması gerekli olabilir. Perdelerin eleman olarak burkulmasını önlemek, başlık bilgelerinde beton basınç bölgesini büyütme ve zorlamayı hafifletmek için, özellikle binaların bodrum katlarında, genişletme yaparak perde başlık bölgesi düzenlenmesi tavsiye edilir [8].

2.3. Perdelerde Güç Tükenme Şekilleri

Sünek yapısal perde tasarımında önkoşul, açıkça tanımlanmış plastik mafsallık bölgelerindeki eğilme güç tükenmesinin, tüm yapısal sistemdeki dayanımı, elastik olmayan deformasyonu ve dolayısıyla enerji tüketimini kontrol etmesi gerektiğidir. Bu temel gerekliliğin bir sonucu olarak, gevrek güç tükenme mekanizmalarının hatta sınırlı sünekliğin bile meydana gelmesine izin verilmemelidir. Daha önce belirtildiği gibi, bu, kapasite tasarım yöntemlerini kullanarak göçme mekanizmalarında istenen

bir hiyerarşi kurarak ve potansiyel plastik bölgelerinin uygun bir şekilde detaylandırılmasıyla elde edilir [6].

Sünek olmayan kesme güç tükenmesinden kaçınmak için, perdeler, kesme dayanımı eğilme dayanımından daha fazla olacak şekilde tasarlanarak istenen sünek davranış sağlanmalıdır. Perdelerde oluşabilecek güç tükenme biçimleri Şekil 2.10'da verilmiştir. Perdenin, eğilme momenti etkisi altında elastik ötesi (plastik) şekildeğiştirmeler yaparak, eğilme dayanımına ulaşmasıyla meydana gelen eğilme güç tükenmesi durumu, Şekil 2.10a'da gösterilmiştir. Bu güç tükenme durumunda gösterilen davranış, perdenin halen kesme kuvveti taşıyabilme kabiliyetine sahip olması sebebiyle sünek ve arzu edilen türdedir. Yatay kesme kuvvetleri etkisi altında eğik asal çekme gerilmelerinden dolayı perdenin kesme dayanımına ulaşmasıyla meydana gelen ve gevrek türde olan kesme güç tükenmesi durumu, Şekil 2.10b'de gösterilmiştir. Perde-temel birleşiminde zayıflığa sebep olacak yetersiz miktarda düşey donatı bulunmamalıdır. Böyle bir durumda, yatay kuvvetler altında oluşan zorlamalarla perde, temel üzerinde rijit bir kütle hareketi yaparak yatay düzlemde kayar ve gevrek türde olan kayma göçmesi meydana gelir (Şekil 2.10c). Yatay kuvvet etkileri altında düşey donatıların birbirlerinden sıyrılmaması için donatı bindirme boylarının yeterli olmasına dikkat edilmelidir. Eğilme, kenetlenme yetersizliği ve taban kaymasının bir arada olduğu gevrek göçme biçimi de Şekil 2.10d'de gösterilmiştir.



Şekil 2. 10 : Perdelerde güç tükenme şekilleri.

2.4. Perdelerin Planda Yerleşimi

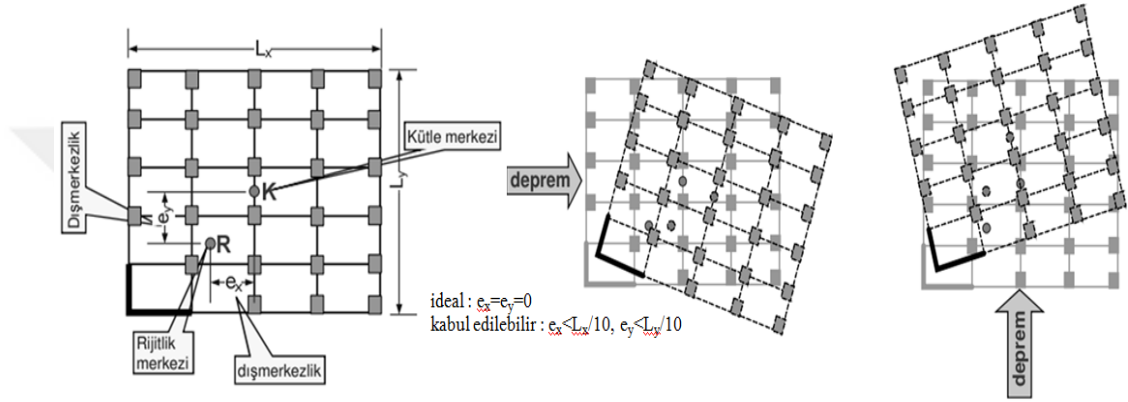
Perdeler aksenal, ötelenme ve burulma yer değiştirmelerine maruz kalabilir. Bir perdenin devrilme momentlerine, kat kesme kuvvetlerine ve kat burulma direncine

ne ölçüde katkıda bulunacağı, yapı planı içindeki geometrik şekline, yönüne ve konumuna bağlıdır. Yapısal perdelerin bir yapı içindeki konumu genellikle işlevsel gereksinimler tarafından belirlenir. Bir yapının amacı ve bunun sonucunda döşeme alanının paylaşılması, genellikle yanal kuvvet dayanımı için zorlanmadan kullanılabilen perdelerin düzenlemelerini belirleyebilir. Diğer yandan inşaat alanları, mimari ilgi veya müşterilerin istekleri, yapısal açıdan istenmeyen perde konumlarına yol açabilir. Perdeler için ana yapısal hususlar, rijitlikte simetri, burulma stabilitesi ve temelin mevcut devrilme kapasitesidir. Perdeler için planlama stratejisindeki kilit nokta, elastik olmayan deformasyonların sadece birkaç duvarda yoğunlaşmasına izin vermek yerine, yapının tüm planına makul bir şekilde eşit olarak dağıtılması isteğidir. İkinci durum, bazı perdelerin yetersiz kullanımına yol açarken, diğerleri aşırı süneklik taleplerine maruz kalabilir. Çoğunlukla, perdelerde yönetmelikle belirlenmiş minimum donatı düzeyleri, büyük depremlere bile elastik tepki göstermek için yeterli olacaktır [6].

Yapı davranışına etkisi oldukça fazla olan perdelerin planda yerleşimi, çok dikkat edilmesi gereken bir konudur. Uygun bir perde yerleşimi ile, yatay ve düşey zorlamalar altında yapı elemanlarının, üzerlerindeki iç kuvvetleri birbirlerine güvenli bir şekilde aktararak zemine iletebilmesi ve izin verilen sınırlar içinde şekil değiştirmeler yaparak enerjinin sağlıklı bir şekilde soğurulması sağlanabilir. Bu şekilde yapı, hasar oluşmadan veya çok az hasarla ayakta kalabilir. Perdeler, burulmayı önlemek için, kat planının merkezinden geçen eksenlere göre simetrik ve rijitlikleri mümkün mertebe eşit olacak şekilde, yapı kenarlarında veya kenarlara yakın kısımlarda düzenlenmelidir. Perdeler bir bölgede toplanmamalı ve perdelerin sistem çizgileri bir noktada kesişmemelidir. Yapı her iki yönde de zorlanmalara maruz kalır. Dolayısıyla yapının, her iki doğrultuda mümkün mertebe eşit rijitlik dayanımına sahip olacağı şekilde perdeler yerleştirilmelidir. Aksi takdirde yapı, yatay kuvvetlere karşı bir yönde zayıf diğer yönde güçlü olacaktır. Planda perde yerleşimi, yatay kuvvetlerin perdelerde mümkün mertebe eşit dağılacağı şekilde yapılmalıdır. Bunun sonucunda kuvvetlerin bir kaç perdede yoğunlaşması ve bu perdelerin altında olan temelin fazla zorlanması önlenmiş olur.

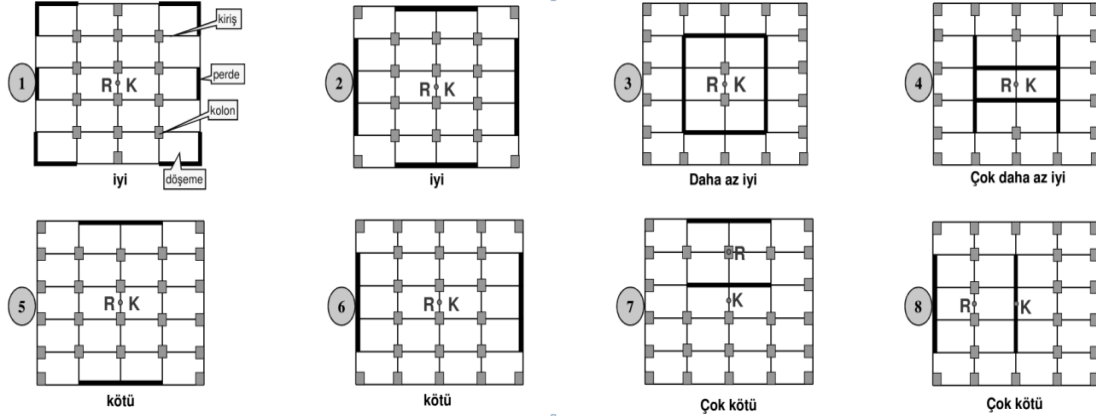
Perdelerin planda uygun konumlandırılmaması sebebiyle burulma gibi olumsuz durumlar meydana gelecek ve perdeler yapıya yarardan çok zarar vermiş olacaktır. Bu noktada kütle merkezi ve rijitlik merkezi kavramları burulma ile direk alakalı

olduğundan oldukça önem kazanmaktadır. Kütle merkezi yapının hemen hemen ağırlık merkezidir. Rijitlik merkezi ise düşey taşıyıcı elemanların üzerlerine aldığı kesme kuvvetinin bileşkesi olan noktadır. Tasarım esnasında bu iki noktanın üst üste gelmesine veya birbirlerine çok yakın olmasına dikkat edilmelidir. Aksi takdirde oluşan dışmerkezlilik ile, kütle merkezine etkiyen deprem kuvveti yapıyı rijitlik merkezi etrafında döndürmeye çalışır ve bunun sonucunda burulma momenti oluşur. Kütle merkezi ve rijitlik merkezi çakışık olmayan bir yapının, her iki doğrultuda deprem yükü etkisi altındaki davranışı Şekil 2.11'de gösterilmiştir [10].



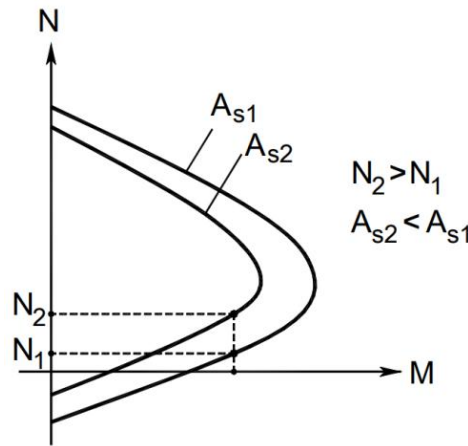
Şekil 2. 11 : Deprem yükü etkisi altında yapı davranışı.

Şekil 2.12 ile planda farklı şekillerde yerleştirilmiş perdelerin örnekleri verilmiştir. İlk 4 örnekte, perde miktarı aynıdır, aynı deprem kuvvetini alırlar ve yatay yer değiştirmeyi aynı miktarda sınırlarlar. Rijitlik ve kütle merkezleri çakışmaktadır. Ancak 3. ve 4. örneklerde perdeler yapı içine kaydırıldığından burulmaya karşı 1. ve 2. örnekteki kadar direnemezler. 5 ve 6. örneklerde rijitlik ve kütle merkezleri çakışmaktadır, fakat yapının kaderi depremin geliş yönüne bağlıdır. Deprem X yönünden gelirse 5 nolu yapıdaki perdeler direnir, 6 nolu yapı muhtemelen yıkılır. Deprem Y yönünden gelirse 6 nolu yapıdaki perdeler direnir, 5 nolu yapı muhtemelen yıkılır. 7 ve 8 örneklerde perdeler yapıya zarar verir. Çünkü yapının bir tarafına yerleştirilmişlerdir, rijitlik ve kütle merkezleri arasındaki kaçıklık çok büyüktür, bu yapılar burulur. Bir deprem yönünde iki büyük perde yerine daha küçük fakat daha fazla perde yerleştirilmesi daha iyi bir çözümdür. 2, 3 ve 4. örnekte her deprem yönünde iki perde vardır. Bunlardan biri hasar alırsa rijitlik merkezi hasar görmeyen perdeye doğru kayar. Bu nedenle bir yönde ne kadar çok perde konursa risk o denli azalır [10].



Şekil 2.12 : Planda farklı şekilde yerleştirilmiş perde örnekleri.

Düşey yüklerin perde elemanlarda oluşturacağı eksenel basınç gerilmeleri kolonlar ile karşılaştırıldığında daha düşük düzeylerde kalmakta ve sünek davranışı olumsuz yönde etkilememektedir. Eksenel basıncın perde dayanımına katkısı olacağından yapının tasarımı aşamasında perde elemana olabildiğince fazla düşey yük aktarılmasını sağlayan eleman yerleşimi tercih edilmeye çalışılmalıdır. Bu düzenleme sonucunda perdelerin tasarımında kullanılacak eğilme momentine karşı gelen donatı miktarı da azalacaktır. Bu durum Şekil 2.13’de gösterilen perde M-N karşılıklı etki diyagramından da görülebilmektedir [9]. Bu yaklaşımla sonucunda, perde tabanında oluşan devrilme momentini zemine güvenli bir şekilde aktarması gereken temel tasarımı da basitleşmiş olur.



Şekil 2.13 : Karşılıklı etki diyagramı.

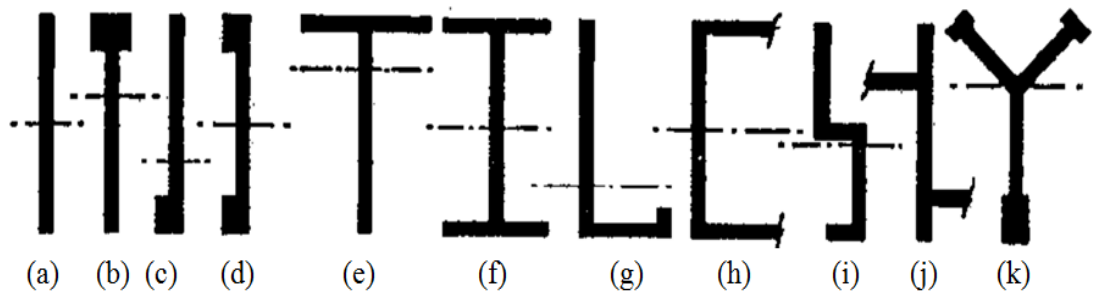
2.5. Perdelerin Enkesit Şekilleri

Genellikle yapısal perdeler dikdörtgen şeklinde enkesitlere sahiptirler. Tasarım esnasında, yapıya etkiyebilecek yüklere karşı yeterli dayanımı elde edebilmek için

çok sayıda dikdörtgen şeklinde perdeler ortaya çıkabilmekte ve bu durum mimari açıdan kullanıma elverişsiz, yeterli hacimleri bulunmayan bir yapı ortaya çıkarabilmektedir. Bu gibi problemleri ortadan kaldırabilmek ve mimari gereksinimleri karşılayabilmek için; U,T,L,H veya başka şekillerde çok kollu perdeler ortaya çıkabilmektedir. Bu şekildeki perde yapıları poligon perde olarak da adlandırılabilir.

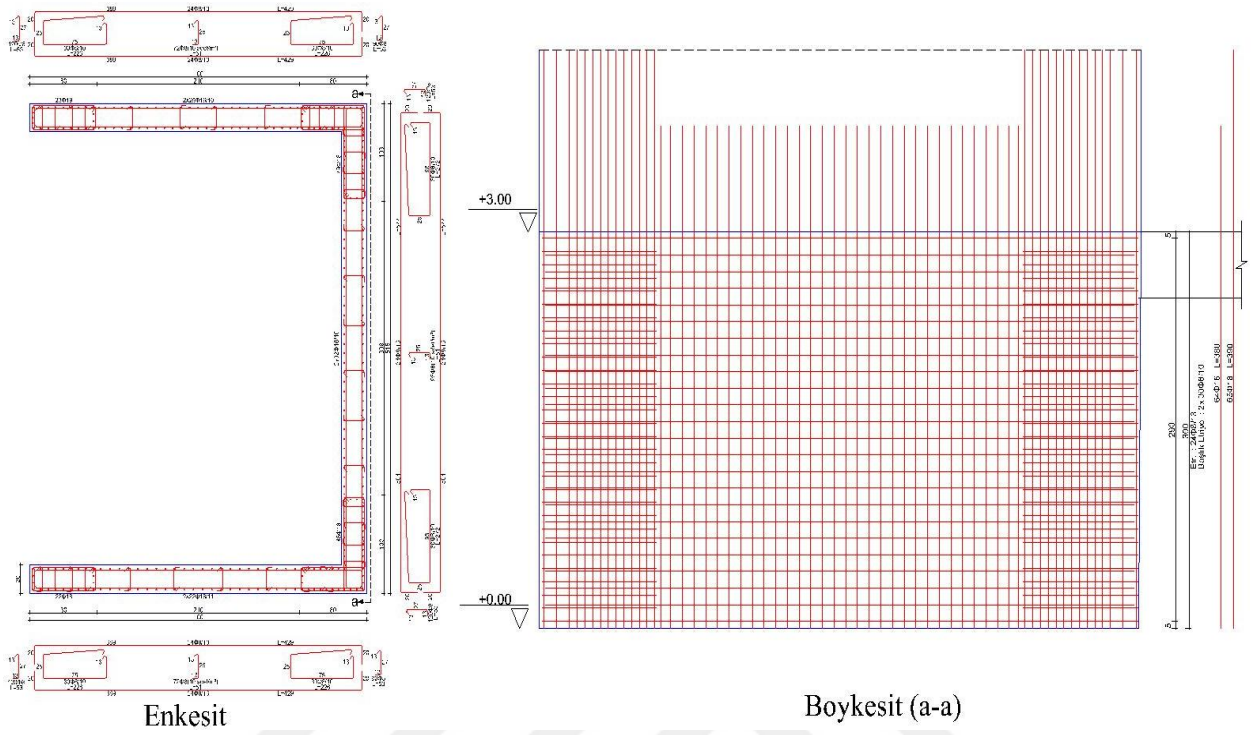
Bazı tipik perde enkesit şekilleri, Şekil 2.14'de gösterilmiştir [6]. Bu gibi perdelerin kalınlığı, genellikle taze betonun işlenebilirliğini sağlamak veya yangın karşı yeterli dayanımı elde etmek için yönetmelik sınır koşullarıyla belirlenir. Deprem etkileri altında yeterli dayanımı ve sünek davranışı elde edebilmek, perde uçlarında uç bölgeler oluşturulabilir. Uç bölgeler, perdenin kendi kalınlığı içinde veya perdeye birleşen diğer bir perdenin içinde oluşturulabilir. Ayrıca perde ucundaki genişlikler artırılarak da uç bölge düzenlemesi yapılabilir. Şekil 2.14 (b, c ve d) 'de perdelerin ucundaki genişlikler artırılarak uç bölgeleri oluşturulmuştur. Bu şekilde oluşturulan uç bölgeler ile, kirişlerin etkili bir şekilde mesnetlenmesi, perde uçlarında meydana gelebilecek yüksek eğilme momentini karşılayacak düşey donatıların kolay bir şekilde yerleştirilebilmesi ve perde ince kesitinin yanal burulmaya karşı dayanımı sağlanabilir. Ayrıca plastik mafsallık bölgelerinde oluşabilecek basınç kuvveti ile betonda meydana gelebilecek ezilmenin önüne geçebilmek için, beton basınç bölgesi alanı büyütülmüş olur.

Birbirleriyle dik açılarla birleşen perdeler başlık bölgelerinin oluşmasına neden olacaktır. Bu şekildeki perdelerin, yapının her iki doğrultusundaki deprem yüklerine karşı koyabilmeleri gerekir. Genellikle büyük potansiyel dayanıma sahiptirler. Başlık bölgeleri basınç etkisi altındayken oldukça sünek davranış gösterebilir, ancak Şekil 2.14 (e ve g) 'de gösterildiği gibi T ve L kesitli perdelerin başlık bölgeleri çekme kuvveti etkisindeyken oldukça sınırlı süneklığe sahip olurlar [6].



Şekil 2. 14 : Yaygın kullanılan perde enkesit şekilleri.

U tipi bir poligon perdenin enkesit, boykesit görünüşüne ve donatı düzenlemesine ait bir örnek Şekil 2.15'de verilmiştir.



Şekil 2. 15 : U tipi poligon perde enkesit-boykesit ve donatı düzeni örneği.

3. DEPREM YER HAREKETİ VE YAPISAL DÜZENSİZLİKLER

Çalışmanın bu bölümünde, TBDY 2018'de tanımlanan deprem yer hareketleri ve yapısal düzensizliklere yer verilmiş ve açıklanmaya çalışılmıştır.

3.1. Deprem Yer Hareketi Düzeyleri

TBDY 2018'de, deprem etkilerine karşı güvenli yapı tasarımının için dört adet deprem yer hareketi tanımlanmıştır. Bu yer hareketleri ve yönetmeliğin diğer bölümlerinde tanımlanan, yapının; konumu, zemin sınıfı, yüksekliği gibi parametrelerle belirlenen değerler ile tasarımda göz önünde bulundurulması gereken bina performans hedefleri belirlenecektir. Yönetmelikte belirtilen deprem yer hareketi düzeyleri aşağıda verilmiştir.

Deprem yer hareketi düzeyi-1, gözönüne alınan en büyük deprem yer hareketi olarak isimlendirilmektedir. Spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan, çok seyrek meydana gelen deprem yer hareketi düzeyidir. Deprem yer hareketi düzeyi-2, standart tasarım deprem yer hareketi düzeyi olarak da isimlendirilmektedir. Spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %10 olduğu, seyrek oluşan deprem yer hareketini nitelemektedir. Deprem yer hareketi-3, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %50 olduğu, sık meydana gelen deprem yer hareketi düzeyidir. Deprem yer hareketi-4 ise, servis deprem yer hareketi olarak da adlandırılan, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %68 olduğu, çok sık oluşan deprem yer hareketini nitelemektedir.

3.2. Deprem Yer Hareketi Spektrumları

TBDY 2018 ile eski yönetmelikte yer alan deprem bölgesi kavramı ortadan kalkmıştır. Meydana gelebilecek deprem etkileri artık, her yapının bulunduğu bölgenin koordinatlarına özel olarak, Türkiye Deprem Tehlike Haritası'ndan elde edilen katsayılarla (spektral ivme katsayıları, yerel zemin etki katsayıları vb.), daha gerçekçi olarak hesaplanabilecektir. Elde edilen bu katsayılar, bölgenin konumuna, önceden meydana gelen depremlerin özelliklerine, zemin sınıfına ve deprem yer

hareketi düzeylerine bağılı olarak hesaplanmıştır. Türkiye Deprem Tehlike Haritasına, <https://tdth.afad.gov.tr> internet adresinden ulaşılabilir.

Tepki spektrumu, göz önüne alınan belirli bir deprem yer hareketinin etkisi altında, aynı sönüm oranına ve farklı doğal titreşim periyotlarına sahip, doğrusal elastik davranış gösteren tek serbestlik dereceli sistemlerde meydana gelen en büyük tepkilerin (ivme, hız, yerdeğiştirme) sistemim doğal titreşim periyoduna (T) veya frekansına (f) göre değişimini gösteren bir eğri olarak tanımlanabilir. Davranış spektrumu olarak da adlandırılmaktadır.

Tasarım esnasında, yapıya etki edebilecek deprem yükünün, daha gerçekçi bir şekilde elde edilebilmesi için, tek bir deprem kaydından faydalanmak yerine, yapının bulunduğu bölgede daha önce meydana gelmiş veya bu bölgenin karakteristik özelliklerine uygun (fay uzaklığı, zemin özellikleri vb.) diğer bölgelerden alınmış, geçmiş deprem kayıtlarından faydalanarak ve bu kayıtların istatistiksel birleşimi ile oluşturulan tasarım spektrumlarından yararlanılır.

TBDY 2018'e göre, tasarlanan yapıda oluşabilecek deprem kuvvetlerinin hesabı için TDTH kullanılarak elde edilen deprem yer hareketi spektrumları (tasarım spektrumları), belirli bir deprem yer hareketi düzeyi ve %5 sönüm oranı için, ele alınan bölgenin zemin parametrelerine, harita spektral ivme katsayılarına ve yerel zemin etki katsayılarına bağılı olarak, standart biçimde veya sahaya özel deprem tehlikesi analizleri yapılarak oluşturulmaktadır. Ayrıca, yönetmeliğin, düşey deprem etkilerinin de hesaba katılmasını zorunlu kıldığı durumlarda (modal analizdeki yük kombinasyonları gibi) kullanılmak üzere, düşey tasarım ivme spektrumu oluşturulması, yönetmeliğin getirdiği yenilikler arasındadır.

3.2.1. Harita spektral ivme katsayıları ve tasarım spektral ivme katsayıları

Deprem etkileriyle yapıda oluşacak kuvvetlerin belirlenmesinde kullanılacak olan boyutsuz tasarım spektral ivme katsayılarının (S_{DS} ve S_{D1}) hesabı, TDTH'dan elde edilecek kısa periyot (0.2 saniye) harita spektral ivme katsayıları (S_S) ve 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayıları (S_1) ile TBDY 2018'de verilen yere zemin etki katsayıları kullanılarak denklem 3.1'e göre yapılacaktır.

$$\begin{aligned} S_{DS} &= S_S F_S \\ S_{D1} &= S_1 F_1 \end{aligned} \tag{3.1}$$

Denklem 3.1'de bulunan harita spektral ivme katsayıları, yönetmelikte belirtilen dört adet deprem yer hareketi düzeyi için, kayma dalgası hızının $(V_S)_{30} = 760$ m/s olduğu referans zemin koşulu esas alınarak %5 sönüm oranı için TDTH'da tanımlanmıştır.

3.2.2. Yerel zemin etki katsayıları

Yerel zemin etki katsayıları (F_S ve F_1) değerleri, yerel zemin sınıfları ve harita spektral ivme katsayılarına bağlı olarak Çizelge 3.1 ve 3.2' de verilmiştir. Çizelgelerde bulunan harita spektral ivme katsayılarının arasında kalan değerleri bulmak için, doğrusal enterpolasyon yapılabilir.

Çizelge 3. 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 3. 2 : 1.0 saniye periyot için yerel zemin etki katsayıları.

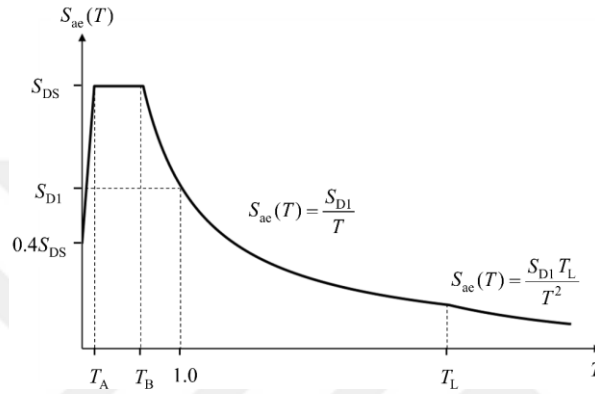
Yerel Zemin Sınıfı	1.0 saniye periyot için Yerel Zemin Etki Katsayısı F_1					
	$S_1 \leq 0.10$	$S_1 = 0.20$	$S_1 = 0.30$	$S_1 = 0.40$	$S_1 = 0.50$	$S_1 \geq 0.60$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZC	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4
ZD	2.4	2.2	2.0	1.9	1.8	1.7
ZE	4.2	3.3	2.8	2.4	2.2	2.0
ZF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

3.2.3. Yatay elastik tasarım spektrumu

TBDY 2018'de, ele alınan herhangi bir deprem yer hareketi düzeyi için, doğal titreşim periyoduna (T) karşılık gelen yatay elastik tasarım spektral ivme değerleri ($S_{ae}(T)$) ile standardize edilerek oluşturulan, yatay elastik tasarım spektrumu Şekil 3.1'de gösterilmiştir. Spektral ivme katsayıları S_{DS} ve S_{D1} , doğal titreşim periyodu T , köşe periyotları T_A ve T_B ve geçiş periyodu T_L kullanılarak S_{ae} değerlerinin elde etmek için, denklem 3.2'den yararlanılacaktır. Bu hesaplamalar sonucunda elde edilen S_{ae} değerleri, yerçekimi ivmesi ($g=9.81$ m/s²) cinsindendir. Ayrıca, T_A ve T_B köşe periyotlarını bulmak için, S_{DS} ve S_{D1} değerleri göz önünde bulundurularak, denklem 3.3 kullanılacaktır. Geçiş periyodu (T_L) 6 sn alınacaktır.

$$\begin{aligned}
S_{ae}(T) &= \left(0.4 + 0.6 \frac{T}{T_A}\right) S_{DS} & (0 \leq T \leq T_A) \\
S_{ae}(T) &= S_{DS} & (T_A \leq T \leq T_B) \\
S_{ae}(T) &= \frac{S_{D1}}{T} & (T_B \leq T \leq T_L) \\
S_{ae}(T) &= \frac{S_{D1} T_L}{T^2} & (T_L \leq T)
\end{aligned} \tag{3.2}$$

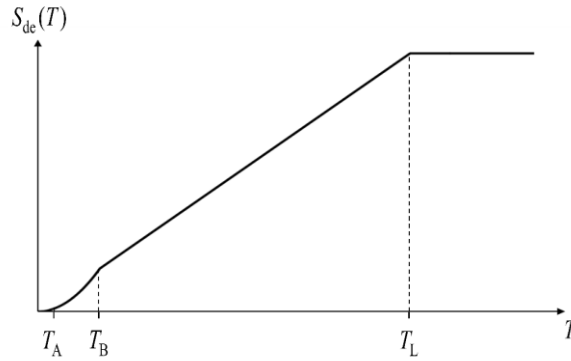
$$T_A = 0.2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad ; \quad T_B = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \tag{3.3}$$



Şekil 3. 1 : Yatay elastik tasarım ivme spektrumu.

TBDY 2018'de, göz önüne alınan herhangi bir deprem yer hareketi düzeyi için, doğal titreşim periyoduna (T) karşılık gelen tasarım spektral yerdeğiştirme ($S_{de}(T)$) değerleri ile oluşturulan yatay elastik tasarım yerdeğiştirme spektrumu Şekil 3.2'de gösterilmiştir. Denlem 3.4 ile elde edilen $S_{de}(T)$ değerleri, $S_{ae}(T)$ 'nin yer çekimi ivmesi cinsinden olmasından dolayı, metre birimiyle elde edilmektedir.

$$S_{de}(T) = \frac{T^2}{4\pi^2} g S_{ae}(T) \tag{3.4}$$



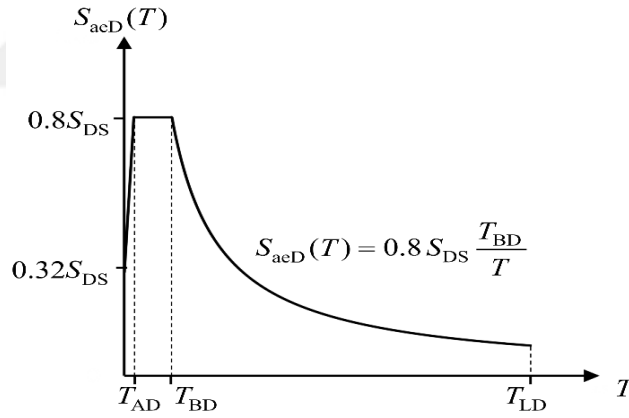
Şekil 3. 2 : Yatay elastik tasarım yerdeğiştirme spektrumu.

3.2.4. Düşey elastik tasarım spektrumu

TBDY 2018'e göre, belirli bir yer hareketi düzeyi için, doğal titreşim periyoduna (T) karşılık gelen düşey elastik tasarım spektral ivmeleri $S_{aeD}(T)$ ile oluşturulan düşey elastik tasarım spektrumu Şekil 3.3'de verilmiştir. Spektrumun ordinatında bulunan $S_{aeD}(T)$ değerlerinin hesabı, kısa periyot katsayısı (S_{DS}), düşey spektrum köşe periyotları (T_{AD} , T_{BD}), düşey geçiş periyodu (T_{LD}) ve doğal titreşim periyodu kullanılarak, denklem 3.5 ile hesaplanacaktır. Hesaplana değerin birimi yer çekimi ivmesi (g) cinsindendir. Ayrıca düşey spektrum köşe periyotları ve düşey geçiş periyodu hesabı, denklem 3.6'ya göre yapılacaktır.

$$\begin{aligned} S_{aeD}(T) &= \left(0.32 + 0.48 \frac{T}{T_{AD}}\right) S_{DS} & (0 \leq T \leq T_{AD}) \\ S_{aeD}(T) &= 0.8 S_{DS} & (T_{AD} \leq T \leq T_{BD}) \\ S_{aeD}(T) &= 0.8 S_{DS} \frac{T_{BD}}{T} & (T_{BD} \leq T \leq T_{LD}) \end{aligned} \quad (3.5)$$

$$T_{AD} = \frac{T_A}{3} ; \quad T_{BD} = \frac{T_B}{3} ; \quad T_{LD} = \frac{T_L}{2} \quad (3.6)$$



Şekil 3.3 : Düşey elastik tasarım spektrumu.

3.3. Yapısal Düzensizlikler

TBDY 2018'de planda ve düşey doğrultuda üçer adet olmak üzere, toplam altı adet düzensizlik tanımlanmıştır. Deprem ve diğer etkiler altında, yapı taşıyıcı sistem elemanlarında oluşacak zorlamalara ve yapı davranışına doğrudan etkisi olan bu düzensizlik tanımlarını, iyi kavramak ve tasarım esnasında elimizden geldiğince bu düzensizliklerden kaçınmak gerekmektedir. Eğer mimari ve arsa durumları gibi zorunlu hallerde bu düzensizliklerden kaçınılmıyorsa, yönetmelik esas ve şartlarına

riayet edilerek, taşıyıcı sistemin, bu olumsuz durumlarda oluşabilecek zorlamalara karşı yeterli dayanım ve davranışı gösterecek şekilde tasarlanması gerekmektedir.

Oluşabilecek bu düzensizlik durumlarının önüne geçilebilmesinde, dolayısıyla taşıyıcı sistem elemanlarının zorlanmadan üzerlerinde oluşan kuvvetleri birbirlerine güvenli bir şekilde aktararak enerji tüketiminin sağlanmasında, en önemli ve en kolay yollarından biri, yapı taşıyıcı sistem elemanlarının, düşeyde ve yatayda olabildiğince simetrik ve yapının her iki doğrultuda yeterli rijitliğe sahip olacak şekilde düzenlenmesidir.

3.3.1. Planda düzensizlik durumları

TBDY 2018'de tanımlanan planda düzensizlik durumlarına aşağıda yer verilmiştir.

3.3.1.1. A1-Burulma düzensizliği

Bu düzensizliğin olması durumunda, yatay deprem etkisiyle yapıda oluşan burulma ile, taşıyıcı sistem elemanlarında ilave zorlanmalar ve yer değiştirmeler meydana gelerek, sistem, gereğinden fazla zorlanacak ve hatta istenmeyen hasarlar alabilecektir.

Yapıya kütle merkezinden etkiyen deprem kuvveti, yapıyı rijitlik merkezi etrafında döndürmeye çalışacaktır. Eğer sistem, burulmaya karşı yeterli dayanımı gösterebilecek şekilde tasarlanmadıysa, yapıda burulma oluşacaktır. Bu olumsuz durumun önüne geçebilmek için, düşey taşıyıcı sistem elemanları mümkün mertebe simetrik yerleştirilmeli ve yatay ötelenme rijitliği oldukça fazla olan perdelerden olabildiğince yararlanmaya çalışılmalıdır. Perdelerin mümkün mertebe simetrik olarak, yapı kenarlarında veya kenarlara yakın yerlerde düzenlenmesi ile burulmanın meydana gelmesi önlenabilir.

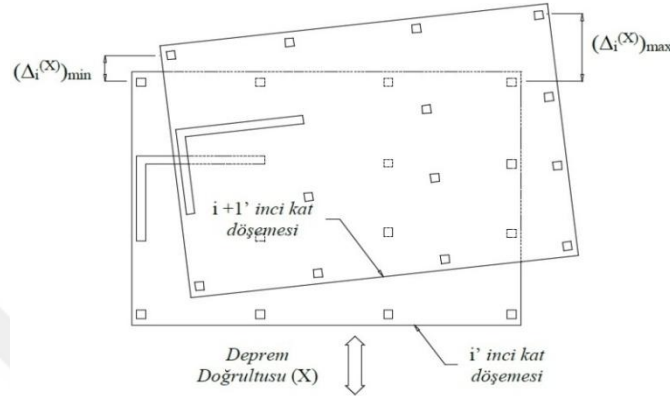
TBDY 2018'de burulma düzensizliği, birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için (x,y), herhangi bir katta en büyük görelî kat ötelemesinin o katta aynı doğrultudaki ortalama görelî ötelemeye oranını ifade eden Burulma Düzensizliği Katsayısı η_{bi} 'nin 1.2'den büyük olması durumu, olarak tarif edilmektedir.

Burulma Düzensizliği Katsayısı η_{bi} , denklem 3.7'ye göre hesaplanmaktadır. Bu denklemde bulunan ortalama azaltılmış görelî kat ötelemesi ($(\Delta_i)_{ort.}$), her bir deprem doğrultusu için, döşemelerin kendi içinde rijit diyafram olarak çalışması durumunda,

en büyük ve en küçük kat ötelemelerinin ortalaması olarak, denklem 3.8'e göre hesap edilecektir. Bu eşitlikteki kavramların daha iyi bir şekilde anlaşılabilmesi adına Şekil 3.4, aşağıda verilmiştir (x deprem doğrultusu için).

$$\eta_{bi} = (\Delta_i)_{maks.} / (\Delta_i)_{ort} \quad (3.7)$$

$$(\Delta_i)_{ort} = 1/2[(\Delta_i)_{maks.} + (\Delta_i)_{min.}] \quad (3.8)$$



Şekil 3. 4 : A1 - Burulma düzensizliği.

Deprem etkilerinin ve taşıyıcı sistem davranışının belirsizlikleri göz önünde bulundurularak, aynı zamanda elemanlarda oluşabilecek iç kuvvetlerin hesabında ve dolayısıyla taşıyıcı sistem boyutlandırılmasında güvenli tarafta kalabilmek amacıyla, burulma düzensizliği katsayısı hesabında kullanılan göreceli kat öteleme değerleri, $\pm\%5$ ek dışmerkezlilik etkileri ile hesaplanacaktır.

A1 türü düzensizlik, deprem kuvveti hesabında doğrusal hesap yönteminin seçiminde etken olan düzensizliklerdendir. Bina yüksekliğinin 28.00 metreden büyük ve 48.00 metreden küçük (48.00 metre dahil) olduğu durumlarda, herhangi bir kattaki burulma düzensizliği katsayısı 2.0'den büyük ve ayrıca B2 düzensizliği varsa, genellikle burulma modları birinci moddan sonra oluştuğu için, eşdeğer deprem yükü yöntemi kullanılamayacaktır. Bu şart, 28.00 metreden küçük (28.00 metre dahil) binalarda aranmayacaktır.

Eşdeğer deprem yükü yöntemi ile deprem kuvveti hesabı yapılırken, yapının herhangi bir katında A1 türü düzensizliğin bulunduğu ve aynı zamanda bu kattaki burulma düzensizliği katsayısının (η_{bi}) 1.2'den büyük ve 2.0'den küçük veya eşit olduğu durumlarda, ilgili katta bulunan $\pm\%5$ ek dışmerkezlilik, her iki deprem doğrultusu için, denklem 3.9'da verilen ek dışmerkezlilik büyütme katsayısı (D_{bi}) ile büyütülecektir.

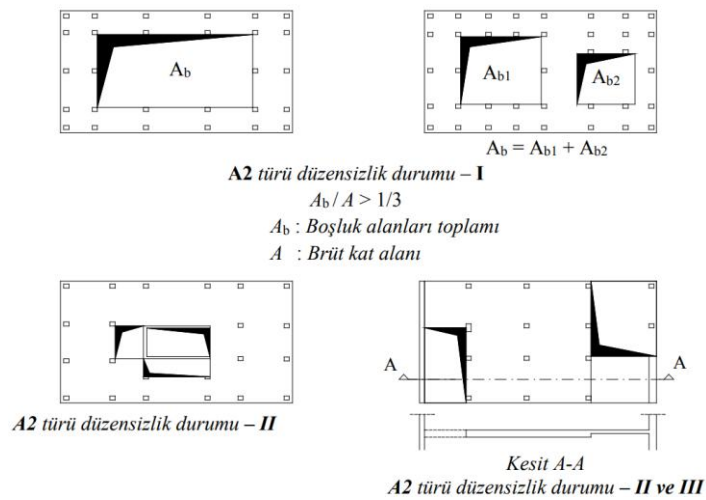
$$D_{bi} = \left(\frac{\eta_{bi}}{1.2} \right)^2 \quad (3.9)$$

3.3.1.2. A2-Döşeme süreksizliği

Döşemelerin, yatay ve düşey etkiler altında oluşan iç kuvvetleri, varsa kirişlerle birlikte düşey taşıyıcı elemanlara (kolon, perde) güvenli bir şekilde aktarabilmesi gerekmektedir. Bu durumda, döşemelerin rijit diyafram davranışı gösterebilecek şekilde tasarlanması önemli bir husustur. Döşeme tasarımında, ani dayanım ve rijitlik kayıplarına sebep olarak, kuvvetlerin diğer elemanlara güvenli bir şekilde aktarılmasını önleyebilecek büyük boşluklardan, olabildiğince kaçınmak gerekmektedir. Boşluk bırakılması zorunlu olan yerlerde (merdiven boşlukları, şaft boşlukları vb.) ise, o bölgelerde, kuvvet aktarımını kolaylaştıracak ve dayanımı artıracak ilave tedbirler alınması gerekmektedir (etrafında perde teşkili, bu bölgelerde döşeme kalınlığı artırılması vb.).

TBDY 2018'de , herhangi bir kattaki döşemede; merdiven ve asansör boşlukları dahil, boşluk alanları toplamının kat brüt alanının 1/3'ünden fazla olduğu, deprem yüklerinin düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle aktarılabilmesini güçleştiren yerel döşeme boşluklarının bulunduğu ve döşemenin düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani azalmaların olduğu durumlarda döşeme süreksizliği düzensizliğinin bulunduğu belirtilmiştir.

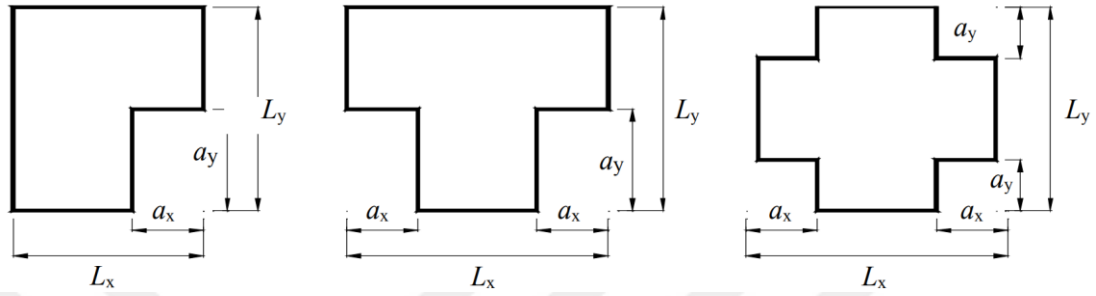
Şekil 3.5'de kuvvetlerin diğer taşıyıcı sistem elemanlarına güvenli bir şekilde aktarılamadığı A2 döşeme süreksizliği düzensizliklerine örnekler verilmiştir.



Şekil 3. 5 : A2 - Döşeme süreksizliği düzensizliği örnekleri.

3.3.1.3. A3-Planda çıkıntılar bulunması

TBDY 2018'de bu düzensizlik, 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 durumu olarak tanımlanmıştır. Şekil 3.6'da bu düzensizlikler için örnekler verilmiştir.



Şekil 3. 6 : A3 - Planda çıkıntılar bulunması düzensizliği örnekleri.

TBDY 2018'e göre; A2 ve A3 türü düzensizliğin bulunduğu yapılarda, döşemelerin, düzlemleri içinde deprem kuvvetlerini düşey taşıyıcı sistem elemanlarına sağlıklı bir şekilde aktarabildiğini göstermek gerekmektedir. Bunun için döşemeler, düzlem içi etkileri göz önüne alabilen kabuk sonlu eleman veya iki boyutlu (membran) olarak modellenenecektir.

3.3.2. Düşeyde düzensizlik durumları

TBDY 2018'de tanımlanan düşey doğrultudaki düzensizlik durumları aşağıda verilmiştir.

3.3.2.1. B1-Komşu katlar arası dayanım düzensizliği (Zayıf kat)

Bu düzensizlik, herhangi bir kattaki düşey taşıyıcı sistem elemanlarının toplam enkesit alanlarının, yani yatay kesme kuvvetine karşı dayanımlarının, bir üst katta önemli derecede azalması ile oluşan sorunu ifade etmektedir. Katlardaki dolgu duvarlarının da kesme etkilerine karşı ufak da olsa dayanımı olduğundan, bu hesaplamalarda dolgu duvarların kesitlerine de yer verilmektedir.

Genellikle bu düzensizlik, ticari kaygılarla, yapının alt katlarında daha fazla kullanım amacı elde etmek için, dolgu duvarların kullanılmamasıyla ortaya çıkmaktadır. Eğer böyle bir tasarım yapmak zorunda kalınacaksa, düşey taşıyıcı sistem elemanlarının kesitlerini artırmak, yeterli dayanımı elde etmeye fayda sağlayabilmektedir.

TBDY 2018'e göre, komşu katlar arası dayanım düzensizliği; betonarme binalarda, x ve y deprem doğrultularının ikisi için de, herhangi bir kattaki toplam etkili kesme alanının , bir üst kattaki toplam etkili kesme alanına oranı olarak tanımlanan dayanım düzensizliği katsayısı η_{ci} 'nin (denklem 3.10) 0.80'den küçük olması durumu olarak tanımlanmıştır.

$$\eta_{ci} = (\sum A_e)_i / (\sum A_e)_{i+1} < 0.80 \quad (3.10)$$

Göz önüne alınan deprem doğrultusu için, herhangi bir kattaki etkili kesme alanı ($\sum A_e$); kolon enkesiti etkin gövde alanlarının toplamı ($\sum A_w$), gözönüne alınan deprem doğrultusuna paralel doğrultuda perde olarak çalışan taşıyıcı sistem elemanlarının enkesit alanlarının toplamı ($\sum A_g$) ve gözönüne alınan deprem doğrultusuna paralel kargir dolgu duvar alanlarının (kapı ve pencere boşlukları hariç) toplamının ($\sum A_k$) %15'inin toplamı ile elde edilir (denklem 3.11). Bu değişkenlerin birimi metrekaredir. Dolgu duvar elemanlarının çerçeveden bağımsız olması durumunda $A_k = 0$ alınacaktır.

$$(\sum A_e)_i = (\sum A_w)_i + (\sum A_g)_i + (0.15 \sum A_k)_i \quad (3.11)$$

B1 türü düzensizliğinin bulunduğu binalarda, göz önüne alınan i'inci kattaki dolgu duvarı alanlarının toplamı bir üst kattakine göre fazla ise, η_{ci} 'nin hesabında dolgu duvarları göz önüne alınmamalıdır. η_{ci} 'nin en küçük olduğu kat dikkate alınarak $0.60 \leq (\eta_{ci})_{\min} \leq 0.80$ aralığında taşıyıcı sistem davranış katsayısı R, $1.25(\eta_{ci})_{\min}$ değeri ile çarpılarak her iki deprem doğrultusunda da binanın tümüne uygulanacaktır. $\eta_{ci} < 0.60$ olduğu durumda, zayıf katın dayanımı ve rijitliği artırılarak deprem hesabı tekrar yapılacaktır.

3.3.2.2. B2-Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (Yumuşak kat)

Bu düzensizlik, yapının herhangi bir katından, üst veya alt katlara geçişte, kat rijitlikleri ve dolayısıyla ortalama görelî ötelenmeleri arasındaki ciddi değişimden kaynaklanan sorunu ifade eder. Genellikle bu düzensizliğe, yapının alt katlarında, ticari amaçlarla daha fazla hacim elde edebilmek için, düşey taşıyıcı sistem elemanlarının boylarının artırılması veya dolgu duvarların kullanılmaması ile rastlanır. Bu durum, bu katlarda, yatay ötelenme rijitliklerinin azaltılmasına, dolayısıyla yatay kuvvetler altında ortalama görelî kat ötelenmelerinin daha fazla çıkmasına sebep olur ve yumuşak kat düzensizliği meydana gelir. Meydana gelen deprem sonrası yapılan incelemelerde, göçen veya ağır hasar almış yapıların büyük

bir kısmının, bu düzensizliğe sahip olduğu görülmüştür. Bu düzensizliğe karşı alınabilecek en güzel önlemlerden biri, yapının yatay ötelenmelerini önemli ölçüde sınırlandıran perdelerin kullanılmasıdır.

TBDY 2018'de, yumuşak kat düzensizliği, birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, bodrum katlar dışında, herhangi bir i 'inci kattaki ortalama görelî kat ötelemesinin, bir üst veya bir alt kattaki ortalama görelî kat ötelemesine oranı olarak tanımlanan rijitlik düzensizliği katsayısı η_{ki} 'nin (denklem 3.12) 2.0'den fazla olması durumu olarak tanımlanmıştır. Bu hesaplamalarda kullanılan görelî kat öteleme değerleri, $\pm \%5$ ek dışmerkezlilik etkileri de göz önüne alınarak bulunacaktır.

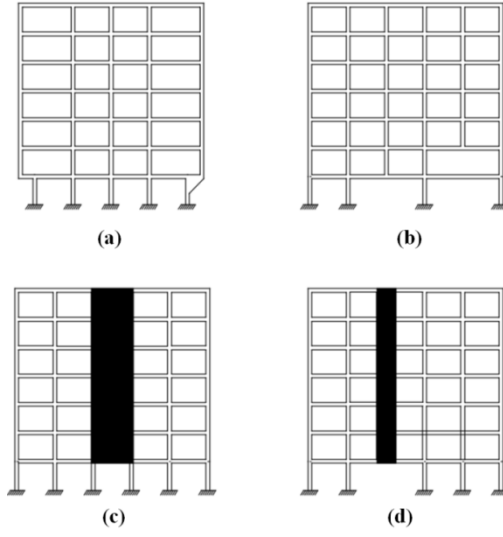
$$\eta_{ki} = (\Delta_i / h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1} / h_{i+1})_{ort} > 2.0 \text{ veya} \quad (3.12)$$
$$\eta_{ki} = (\Delta_i / h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1} / h_{i-1})_{ort} > 2.0$$

Tıpkı A1 düzensizliği gibi, B2 düzensizliği de deprem yükü hesabında, doğrusal hesap yöntemi seçiminde etken olan bir düzensizliktir. A1 ve B2 düzensizlikleri göz önünde bulundurularak, eşdeğer deprem yükünün kullanılabilmesi şartı, A1 düzensizliğinin açıklandığı bölümde verilmiştir.

3.3.2.3. B3-Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği

TBDY 2018'de bu düzensizlik, 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 durumu olarak tanımlanmaktadır.

Şekil 3.7 ile taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği durumları verilmiştir. Kolonların binanın herhangi bir katında konsol kirişlerin veya alttaki kolonlarda oluşturulan guselerin üstüne veya ucuna oturtulmasına (Şekil 3.7a), üst katlardaki perdenin altta kolonlara oturtulmasına (Şekil 3.7c) ve perdelerin binanın herhangi bir katında, kendi düzlemleri içinde kirişlerin üstüne açıklık ortasında oturtulmasına (Şekil 3.7d) hiçbir zaman izin verilmez. Ayrıca kolonun iki ucunda mesnetli bir kirişe oturması durumunda (Şekil 3.7b), deprem hesabında düşey deprem etkisi de göz önüne alınmalıdır.



Şekil 3. 7 : Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği.

4. DEPREM ve DİĞER ETKİLER ALTINDA TAŞIYICI SİSTEMDEN BEKLENEN ÖZELLİKLER

Yapının taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan elemanlarının ağırlıkları ve yapı üzerinde oluşabilecek hareketli yükler düşey yükleri oluşturmaktadır. Deprem ve rüzgar gibi etkiler ise yapıya etkiyebilecek yatay yükleri oluşturmaktadır. Tasarım esnasında, yapıya etkiyen ve etkiyebilecek bu kuvvetlerin hesabı dikkatli bir şekilde yapılmalı ve taşıyıcı sistem elemanları bu yüklere karşı istenen davranışı ve dayanımı gösterecek şekilde boyutlandırılmalıdır. Burada, yatay zorlamalara sebep olan etkenlerden biri olan deprem; aniden ortaya çıkması, değişkenlerinin ve bilinmeyenlerinin çok fazla olması sebebiyle kesin hesaplamalarının yapımının çok zor olması, ortaya çıkardığı büyük enerjinin güvenli bir şekilde tüketilebilmesi için, taşıyıcı sistem elemanlarının oldukça zorlaması gibi sebeplerden dolayı, yapı tasarımında göz önüne alınması gereken kriterlerin başında gelmektedir.

Taşıyıcı sistem elemanları, deprem yükleri ve diğer zorlamalardan dolayı üzerlerinde oluşan iç kuvvetleri birbirlerine güvenli bir şekilde aktarabilmeli ve yönetmeliğin izin verdiği doğrultuda davranış göstererek, ortaya çıkan enerjiyi, ciddi hasarlar almadan veya göçme oluşmadan zemine ileterek güvenli bir şekilde soğurabilmelidir.

Yapı içinde, deprem enerjisinin gerektirdiği kadar iş yapılmalı ve deprem enerjisi böyle tüketilmelidir. Deprem enerjisinin, yapı içinde iş yapılarak dengelenmesi, deprem enerjisinin tüketilmesi olarak tanımlanır. Deprem enerjisi tüketilmeye çalışılırken, yapının kolon, kiriş ve perde duvarlarında deprem hasarı oluşur. İşte, oluşan bu hasar, kesinlikle yapının çökmesine yol açmamalıdır [11].

Çoğu yönetmelik, aşağıda verilen üç ana hasar durumunu belirterek, deprem mühendisine, depreme dayanıklı yapı tasarımında izleyeceği yol hakkında fikir vermeyi amaçlamıştır.

- Yapılar, hafif şiddetli depremlere, yapısal ve yapısal olmayan elemanlarında hasar olmadan dayanabilmelidir.

- Yapılar, orta şiddetteki depremlere, yapısal elemanlarında ciddi hasarlar oluşmadan ve yapısal olmayan elemanlarında da bazı hasarlar meydana gelebilerek dayanabilmelidir (Oluşan bu hasarlar onarılabilir ve yapı kullanılabilir olmalı).

- Yapılar, şiddetli depremlere, göçme olmadan, yapısal ve yapısal olmayan elemanlarda hasarlar meydana gelebilerek dayanabilmelidir. (Oluşan hasarların onarılabilmesi beklenmez, önemli olan can güvenliğidir.)

Yukarıda verilen bilgiler göz önünde bulundurularak, taşıyıcı sistem elemanlarının, aşağıda verilen üç ana özelliği aynı anda sağlaması gerekmektedir.

4.1. Yeterli Dayanım

Yapıya etkiyen yatay ve düşey yükler altında, taşıyıcı sistem elemanları, üzerlerinde oluşan iç zorlanmaları (moment, kesme kuvveti, eksenel kuvvet vb.) güvenli bir şekilde taşıyabilmesi için yeterli kesitlere ve donatı miktarına sahip olmalıdır. Elemanların bu şekilde boyutlandırılmasıyla, yapının yeterli dayanıma sahip olabilmesi sağlanabilir. Burada en önemli hususlardan biri, deprem yükü altında istenmeyen gevrek güç tükenmesinin önlenmesidir. Bunun için elemanların çekme ve basınç bölgelerinde gerekli donatı miktarları bulunmalı ve eğilme etkisinde donatılarda sıyrılma olmaması için yeterli kenetlenme boyu sağlanmalıdır.

4.2. Yeterli Rijitlik

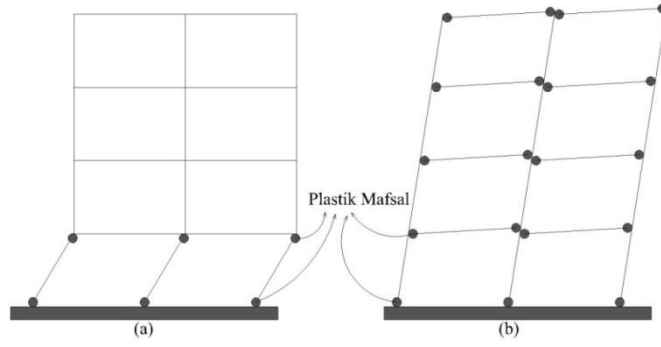
Üzerine etkiyen yatay ve düşey kuvvetler altında, elemanın yer değiştirmeye karşı gösterdiği direnç, rijitlik olarak adlandırılabilir. Özellikle yatay deprem yükü altında, yapıda ağır hasarlara veya göçmeye sebep olan, büyük miktarda görelî kat ötelenmeleri oluşabilmektedir. Bu ötelenmeleri, yönetmeliğin müsaade ettiği sınırlar dahilinde sınırlandırmak için, yapının, yeterli rijitliğe sahip olacak şekilde tasarlanması gerekmektedir. Bu sayede, taşıyıcı olmayan sistem elemanlarında oluşabilecek gevrek türden hasarların (kırılma, çatlama vb.) ve ikinci mertebe etkileriyle, elemanlarda oluşabilecek ilave zorlamaların (moment vb.) önüne geçilebilir. Yapı kullanımını olumsuz yönde etkilemeyecek ve mimari şartları yerine getirebilecek şekilde, taşıyıcı sistem elemanlarının kesitleri artırılarak veya özellikle sisteme yatay ötelenme rijitliği oldukça fazla olan perdeler ilave edilerek, yapının rijitliği artırılabilir.

Depremi yapıya her iki doğrultuda da etki edebileceği düşünülerek, yapı, her iki doğrultuda da mümkün mertebe eşit rijitliğe sahip olacak ve burulma oluşmayacak şekilde tasarlanmalıdır. Ancak, unutulmamalıdır ki, yapıda yer değiştirmeler yani elastik ötesi davranış olmadan, oluşan enerjiyi tüketme isteği, aşırı büyük eleman kesitleri gibi gereksinimler doğuracağından, ekonomik açıdan olumsuz olan bir durum ortaya çıkarır. Dolayısı ile, taşıyıcı sistem elemanları, yönetmelikte de önemle vurgulanan, sünek davranış gösterebilecek şekilde tasarlanmalıdır.

4.3. Yeterli Süneklik

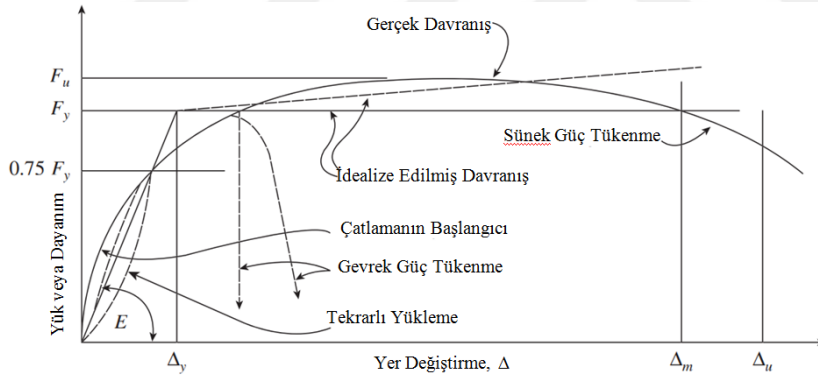
Taşıyıcı sistem elemanlarının ve dolayısıyla yapının, yatay deprem yükü ve diğer etkiler altında oluşan enerjiyi, dayanımında önemli derecede azalma olmadan, elastik ötesi şekil değiştirme ve yer değiştirme yaparak tüketebilmesine sünek davranış denir. Bu davranış ile, elemanların belirlenen noktalarında, donatının akmaya başlamasıyla meydana gelen plastik mafsalların, yani hasarların meydana gelmesine izin verilerek, oluşan enerjinin tüketilebilmesi sağlanabilmektedir. Bu davranış gösterilirken, sistem elemanları, halen üzerlerindeki yatay ve düşey yükleri taşıyabilme ve diğer taşıyıcı sistem elemanlarına kuvvet aktarımı yapabilme özelliğine sahip olmalıdır. Tasarım esnasında, toptan göçmenin yaşanmasını önlemek için, plastik mafsal yani güç tükenmesini sağlayacak bölgeler, iyi bir şekilde belirlenmelidir. Plastik mafsallaşmaların, kirişlerin sağ ve sol ucunda, kat mekanizmaları oluşmaması için kolonları temel ile birleştiği bölgelerde ve perdelerin tabanında oluşması sağlanmalıdır. Ayrıca bu bölgelerde gevrek güç tükenmelerinin önüne geçebilmek için etriye sıklaştırılması yapılmalıdır. Yeterli miktarda şekil değiştirme ve yer değiştirme yaparak enerji tüketimini sağlayabilmek ve sadece birkaç noktanın aşırı zorlanması önleyebilmek için, sistemi, yüksek derecede hiperstatik olarak tasarlamak da oldukça önemlidir.

Şekil 4.1a'da yumuşak kat veya güçlü kiriş-zayıf kolon tasarımı ile oluşan istenmeyen kat mekanizması gösterilmiştir. Şekil 4.1b'de ise kuvvetli kolon-zayıf kiriş tasarımıyla elde edilen, istenen bir durum olan ve kiriş mekanizması olarak adlandırılan davranış biçimi verilmiştir.



Şekil 4. 1 : Plastik mafsalsız, kiriş ve kat mekanizmaları.

Sünek malzemeler güç tükenmesinden önce büyük deformasyonlar gösterir. Bu nedenle, süneklik (μ), varsayılan bir güç tükenme noktasındaki nihai deformasyon Δ_{maks} 'ın, akma anındaki deformasyon Δ_y 'ye oranı olarak da tanımlanabilir (Şekil 4.2). Süneklik eksikliği genellikle gevreklik olarak adlandırılır. Yapının, kabul edilebilir deformasyonlarla ve göçme olmaksızın enerjiyi tüketebilmesi, depreme dayanıklı herhangi bir tasarımda oldukça arzu edilen bir özelliktir [1]. Burada, akma başladıktan sonra eğrinin güç tükenme noktasına kadar yatay bir şekilde devam etmesi, elemanın halen yük taşıyabildiği anlamına gelmektedir.



Şekil 4. 2 : Betonarme bir eleman için tipik yükleme-yerdeğiştirme eğrisi.

Taşıyıcı sistem elemanlarında sünek davranışı elde edebilmek için, bu elemanları oluşturan malzemelerin, yük altındaki davranış biçimlerini de iyi bilmek gerekmektedir. Beton, gevrek bir malzemedir ve basınç kuvvetlerine karşı daha iyi bir dayanım göstermektedir. Basınç kuvvetleri ile betonda gevrek türden çatlamların önüne geçebilmek için, beton, yeterli enine donatı (etriye) miktarıyla sarılmalıdır.

Yönetmelikte, yapının arzu edilen sünek davranışı gösterebilmesi için, taşıyıcı sistem elemanlarında kesme dayanımının eğilme dayanımından daha fazla olması istenmektedir. Çünkü eğilme (moment) etkisiyle oluşan güç tükenmeleri sünek, kesme kuvvetlerinin etkisiyle oluşabilecek güç tükenmeleri ise gevrek güç

tükenmeleridir. Örneğin, moment etkileri ile donatının akması sonucu oluşan güç tükenmesi sünek, betonun basınç kuvvetleri altında ezilmesi veya donatının yetersiz kenetlenme boyundan dolayı sıyrılması ise gevrek güç tükenmedir. Bu durumların önüne geçebilmek için, taşıyıcı sistem elemanlarının tasarımında, yönetmelik kriterlerinin yerine getirmek bir zorunluluktur. Aynı zamanda yapının imalatı, projesine ve yönetmelik şartlarına uygun bir şekilde yapılmalıdır. Akdi takdirde, iyi yapılmış bir tasarım hiçbir şey ifade etmeyecektir.

Deprem etkilerinin büyük olması ve meydana gelme ihtimallerinin düşük olması sebebiyle, bu etkiler altında sınırlı ve kontrollü hasara müsaade edilir. Kontrollü hasar taşıyıcı sistemin bütünlüğünü bozmayacak ve toptan göçmeye sebep olmayacak hasar olarak kabul edilir. Bu tür hasarlardan sonra yapının ekonomik olarak güçlendirilebileceği kabul edilir. Başka bir ifade ile kontrollü hasar, taşıyıcı sisteme elastik ötesi davranışının kabul edildiği durumdur. Bunun sonucu olarak taşıyıcı sistem elastik kapasitesine, sık rastlanan, büyüklüğü düşük depremlerde erişirken, büyük depremlerde elastik ötesi kapasitesine erişmesi kabul edilir [8].

Taşıyıcı sistemde yeterli dayanım, rijitlik ve süneklik, büyük depremlerde taşıyıcı sistemin davranışını belirleyen temel öğelerdir. Hem rijitlik, hem de dayanım gereğinden ne fazla ne de az olmalıdır. Fazla rijitlik yer değiştirmeleri azaltır, ancak taşıyıcı sisteme etkileyen deprem yüklerinde iç kuvvetlerde artışa neden olur. Bu da eleman dayanımlarının, artırılmasını gerektirir, ancak bu kez taşıyıcı sistemde süneklik sağlanması zorlaşır. Unutulmamalıdır ki sünek davranış, aslında çok büyük olan deprem yüklerinin azaltılarak makul düzeylere inebilmesini sağlayan hayati bir özelliktir. Ancak taşıyıcı sistem elemanlarında doğrusal olmayan (nonlinear) davranışa karşı gelen sünek davranışın sistem bazında sağlanabilmesi, gevrek davranış modlarında (örneğin kesme) yeterli dayanımın mevcut olmasına bağlıdır [18].

TBDY 2018'de, bahsedilen bu önemli özelliklere ilave olarak, taşıyıcı sistemlerden beklenen diğer özelliklere, aşağıda yer verilmiştir.

4.4. Taşıyıcı Sistemin Sade ve Basit Düzenlenmesi

Deprem, oldukça karmaşık ve çok fazla belirsizlikler sahip olmasından dolayı, yapıya nasıl etkiyeceği tam olarak bilinemez. Buna ilave olarak, yapının tasarımı ve modellenmesi esnasında yaptığımız kabuller, taşıyıcı sistemi oluşturan malzemelerin

davranışındaki belirsizlikler ile deprem etkisi altındaki taşıyıcı sistemin davranışını anlayabilmek oldukça zor bir hal alır. Tasarım esnasında, taşıyıcı sistem elemanlarının mümkün mertebe en sade ve en basit olarak düzenlenmesi ile, deprem etkisi altındaki taşıyıcı sistem davranışı tahmin edilebilir düzeye getirilebilir. Bu hususa mimari tasarımın da etkisi oldukça fazladır.

4.5. Taşıyıcı Sistem Elemanlarının Düzenli ve Simetrik Düzenlenmesi

Deprem etkisi ve diğer zorlamalar altında, taşıyıcı sistem elemanlarında, düzensizlik kaynaklı ilave zorlamaların olmaması ve oluşan iç kuvvetlerin düzgün bir şekilde birbirlerine aktararak temel zeminine güvenli bir şekilde iletilebilmesi istenmektedir. Taşıyıcı sistem düzenlenmesinde, döşemelerin, yatay ve düşey yük etkileri ile oluşan iç kuvvetleri, güvenli ve en uygun şekilde düşey taşıyıcı elemanlara aktarabilmesine özen gösterilmelidir. Aynı zamanda, yatay kuvvetler altında burulma oluşmasını ve dolayısıyla bazı elemanların aşırı zorlanmalara maruz kalmasını önlemek için, rijitlik ve kütle merkezlerinin mümkün mertebe yakın tutulması gerekmektedir. Bunun için düşey taşıyıcı sistem elemanları planda olabildiğince simetrik yerleştirilmelidir.

Yapıda, yumuşak kat (B2 Tipi) düzensizliğinin meydana gelmemesi için yatay yükler altında katlar arası göreceli ötelenmelerin sınırlandırılması gerekmektedir. Bunun için, düşey elemanlar, katlar arasında ciddi rijitlik farkı olmayacak şekilde düzenlenmeli ve kat yüksekliklerinde ciddi farklar olmamasına dikkat edilmelidir. Aynı zamanda yapıda, zayıf kat (B1 Tipi) düzensizliğinin oluşmasının önüne geçebilmek için, katlardaki perde, kolon ve dolgu duvarların etkili kesme alanları toplamı, yönetmelik sınır şartını sağlamalıdır.

4.6. Taşıyıcı Sistemin Fazla Bağlılık Özelliği Göstermesi

Yapının, deprem ve diğer zorlamalar altında oluşan enerjiyi, sünek davranış göstererek güvenli bir şekilde tüketebilmesi için, taşıyıcı sistemin fazla-bağılılık özelliğine sahip olarak tasarlanması, oldukça önemli bir husustur. Taşıyıcı sistemlerin bu özelliğe sahip olacak şekilde düzenlenmesi ile, deprem sırasında herhangi bir elemanın, oluşan iç kuvvetler sebebiyle, dayanımının önemli derecede azalması veya dayanımında tükenme yaşanması durumunda, üzerindeki fazla kuvvetleri diğer taşıyıcı sistem elemanlarına güvenli bir şekilde aktarabilmesi sağlanır ve oluşabilecek ağır hasar veya göçme durumları önlenmiş olur. Bu

sayede, yeterli sayıda yedek elemanın devreye girmesi ile, sistemin kararlı bir davranış göstermesi sağlanmış olur.

Bu bağlamda uygulamada sıklıkla yapılan bir yanlışlık, gereksiz yere genleşme derzi yapılarak taşıyıcı sistemin yeterince fazla-bağlı olmayan küçük parçalara ayrılmasıdır [18].

4.7. Döşemelerin Yeterli Rijitliğe ve Dayanıma Sahip Olması

Yapının, deprem etkilerine karşı yeterli dayanımı gösterebilmesinde, döşemelerin önemli rolü vardır. Deprem yükleri yapıya, ağırlığın yoğunlaştığı kat döşemeleri seviyesinde etki eder. Döşemelerin, etkiyen bu kuvvetlere karşı yeterli dayanıma ve düzlem içi rijitliğe sahip olacak şekilde tasarlanarak, oluşan bu kuvvetleri, güvenli bir şekilde taşıyıcı sistemin düşey elemanlarına aktarabilmesi ve elemanların rijitlikleri ile orantılı bir şekilde dağıtabilmesi gerekmektedir.

Döşemeler tasarlanırken, düzlem içi rijitliklerini önemli ölçüde azaltabilecek büyük boşluklar oluşturulmamaya mümkün mertebe dikkat edilmelidir. Bu boşlukları oluşturmak kaçınılmaz ise yönetmelik şartlarına uyarak, yeterli önlemler alınmalıdır.

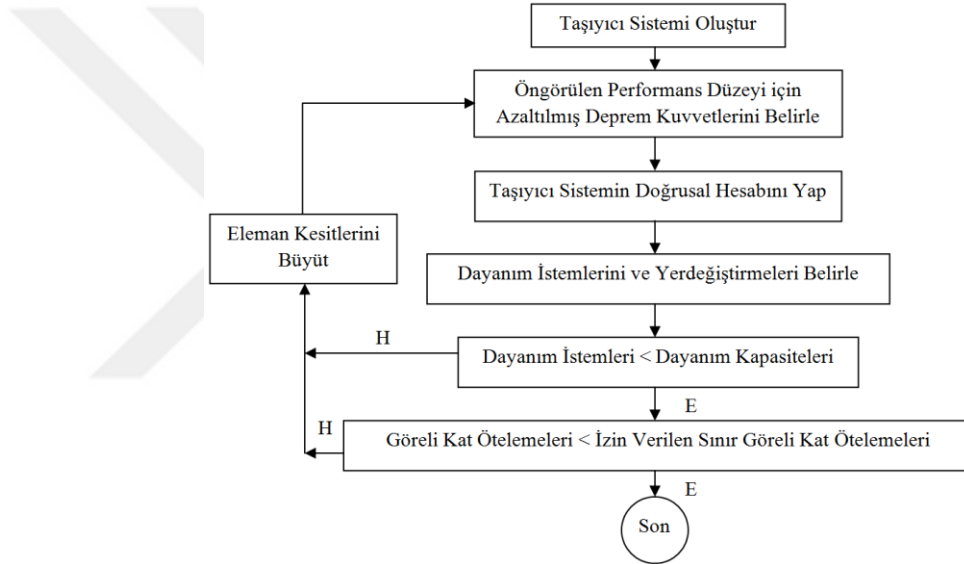
Aynı zamanda, normal rijitliğe sahip katlardan, rijitliği çok yüksek olan çevre perdeli bodrum katlarına geçişte yer alan ve deprem kuvvetlerinin büyük kısmını bu çevre perdelerine aktarmak durumunda olan geçiş döşemelerinin, yeterli dayanım ve düzlem içi rijitliğe sahip olacak şekilde tasarlanması gerekmektedir.



5. DEPREM ETKİSİ ALTINDA BİNALARIN DAYANIMA GÖRE TASARIMI İÇİN HESAP ESASLARI

Çalışmanın bu bölümünde, TBDY 2018 kural ve esaslarına göre, yapıların dayanıma göre tasarımı için hesap esasları açıklanmaya çalışılmıştır.

Dayanıma göre tasarım (DGT) yöntemi, bina taşıyıcı sistemlerinin yeterli dayanım, rijitlik ve süneklik koşullarını sağlayacak şekilde tasarımını öngören yaklaşımdır. Dayanıma göre tasarımda doğrusal hesap ilkeleri kullanılmaktadır. Dayanıma göre tasarım yaklaşımının akış şeması Şekil 5.1 ile verilmiştir [9].



Şekil 5. 1 : Dayanıma göre tasarım (DGT).

Dayanıma göre tasarım için, kullanılan hesap yönteminin esası, taşıyıcı sistemin sünek davranışına bağlı olarak deprem yüklerinin azaltılmasıdır [18].

Dayanıma göre tasarım yaklaşımı ile hesaplamaların yapılabileceği tüm binalarda, yeni yapılacak yerinde dökme betonarme, önüretimli betonarme ve çelik binalar için (yüksek binalar dışında ($BYS \geq 2$ (DTS 1a ve DTS 2a için $BYS > 3$)), normal performans hedefi olarak tanımlanan kontrollü hasar (KH) performans hedefini sağlamak üzere, DD-2 deprem yer hareketinin etkisi altında DGT hesap kuralları ile deprem hesabı yapılacaktır. Buna ek olarak, deprem tasarım sınıfı 1a ve 2a için bina yükseklik sınıfının 2 ve 3 olduğu durumlarda ise; binalarda, DD-2 deprem yer hareketinin etkisi altında $I = 1.5$ alınarak DGT hesap kuralları ile yapılan tasarım bir ön tasarım olarak göz önünde bulundurulacaktır.

5.1. Deprem Yüğü Katsayıları

Deprem yüğü altındaki tasarımlar, yapıların doğrusal davranış gösterdiği varsayılararak yapılsaydı, bu etkilere karşı yeterli dayanımı sağlayabilmek için, taşıyıcı sistem elemanlarının kesitlerinin ve donatı miktarlarının çok fazla olduğı, yani ekonomik olmayan sistemler ortaya çıkardı. Yapımızın doğrusal olmayan davranış göstererek enerjiyi tüketebilmesi (sünek davranış) daha ekonomik sonuçlar ortaya çıkaracaktır. Bu yaklaşımda, yapının istediğimiz bölgelerinde şekil ve yer değıştirmelerin oluşmasına (hasar almasına yani plastik mafsalların oluşmasına) müsaade edilerek, ortaya çıkan enerjinin bir kısmının bu şekil ve yer değıştirmeler ile tüketilebilmesi sağlanmaktadır. Bu yüzden tasarımda, yapıya etkiyen deprem kuvvetlerini, belirli bir katsayıya (R_a) bölerek azaltmak yoluna gidilmektedir. Yani, yapının sünek davranış gösterme kabiliyeti arttıkça, R_a katsayısı da artmaktadır.

5.1.1. Deprem yüğü azaltma katsayısı

TBDY 2018'de, doğrusal elastik deprem yüklerinin azaltılmasında esas alınacak Deprem Yüğü Azaltma Katsayısının ($R_a(T)$) hesabı, denklem 5.1'e göre yapılacaktır.

$$\begin{aligned} R_a(T) &= \frac{R}{I} & T > T_B \\ R_a(T) &= D + \left(\frac{R}{I} - D \right) \frac{T}{T_B} & T \leq T_B \end{aligned} \quad (5.1)$$

Bu denklemlerde, D dayanım fazlalığı katsayısı, R taşıyıcı sistem davranış katsayısı, R_a deprem yüğü azaltma katsayısı, T sistemin doğal titreşim periyodu ve T_B ise yatay elastik tasarım spektrumu köşe periyodudur.

5.1.2. Dayanım fazlalığı katsayısı

Dayanım fazlalığı katsayısı D, akma dayanımının (gerçek dayanım) tasarım dayanımına oranla fazlalığının ifade etmektedir. Dayanım fazlalığını oluşturan etkenler; kullanılan yük katsayıları ile yüklerin artırılması, hesaplarda kullanılan tasarım dayanımlarının karakteristik dayanımların malzeme güvenlik katsayılarına bölünerek (beton ve donatı çeliğı için 1.5 ve 1.15 gibi) azaltılması, karakteristik değğerlerin de ortalama değğerlerden küçük olması, taşıyıcı olmayan elemanların katkısı, minimum boyut ve donatı koşullarına uyulması, yüksek dereceden hiperstatiklik ve yeterli sünekliğin bulunması durumunda kesitlerin birbirine yardım

etmesi, sargı donatısı gibi sünekliği ve dayanımı artıran etmenlerin varlığı olarak değerlendirilebilir [9].

Dayanım fazlalığı katsayısı, taşıyıcı sistem elemanlarının sünek olmayan (gevrek) davranışına karşı gelen (betonarme elemanlarda kesme kuvveti gibi) iç kuvvetlerin, azaltılmış tasarım dayanımı düzeyinden gerçek dayanım düzeyine (akma dayanımı) çıkarmak amacıyla kullanılan bir değerdir ($D > 1$). Ancak, taşıyıcı sistem elemanlarının sünek davranışı ile alakalı azaltılmış iç kuvvetlerinin (eğilme momenti gibi) hesabında, bu katsayı kullanılmayacaktır ($D = 1$). Bu yaklaşımlarla, taşıyıcı sistem elemanlarında, kesme kuvvetleri etkisiyle gevrek türde hasarın oluşmaması amaçlanmıştır.

5.1.3. Taşıyıcı sistem türüne göre R ve D katsayıları

TBDY 2018'e göre, süneklik düzeyleri yüksek taşıyıcı sistemlere sahip yerinde dökme betonarme binalar için, izin verilen bina yükseklik sınıflarına (BYS) göre, kullanılacak olan taşıyıcı sistem davranış katsayıları (R) ve dayanım fazlalığı katsayıları (D), Çizelge 5.1'de verilmiştir. Dıştan rijit perdelerle çevrelenen bodrumların bulunduğu binalarda, bodrum katlarının bulunduğu alt bölümde ($R/I = 2.5$ ve $D = 1.5$ alınacaktır.

Deprem etkilerinin perdeler tarafından karşılandığı çerçeveli binalarda, deprem etkilerinin büyük olduğu ($DTS = 1, 1a, 2$ ve $2a$) durumlarında, aşağıdaki (a ve b) iki koşuldan birinin sağlanamaması durumunda, Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı R yerine $(4/5)R$ olarak alınacak ve Dayanım Fazlalığı Katsayısında bir değişiklik yapılmayacaktır.

a) Tek bir perdenin aldığı taban devrilme momenti (M_{DEV}) , ele alınan perde doğrultusunda, binanın tamamında oluşan toplam taban devrilme momentinin (M_o) $1/3$ 'ünden fazla olmayacaktır.

b) Her bir doğrultu için , binanın kenar aksında yer alan perde veya perdelerin aldığı taban devrilme momenti M_{DEV} (veya taban devrilme momentleri toplamı ($\sum M_{DEV}$)), göz önüne alınan aks doğrultusunda binanın tamamında oluşan toplam taban devrilme momentinin (M_o) $1/6$ 'sından az olmayacaktır. Bu koşulun, yapının burulmaya karşı dayanımını artırmak için konulduğu anlaşılmaktadır.

Çizelge 5. 1 : Bina taşıyıcı sistemleri için taşıyıcı sistem davranış katsayısı, dayanım fazlalığı katsayısı ve izin verilen bina yükseklik sınıfları.

Bina Taşıyıcı Sistemi	Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı R	Dayanım Fazlalığı Katsayısı D	İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfları BYS
A. YERİNDE DÖKME BETONARME BİNA TAŞIYICI SİSTEMLERİ			
A1. Süneklik Düzeyi Yüksek Taşıyıcı Sistemler			
A11. Deprem etkilerinin tamamının moment aktaran <i>süneklik düzeyi yüksek</i> betonarme çerçevelerle karşılandığı binalar	8	3	BYS ≥ 3
A12. Deprem etkilerinin tamamının <i>süneklik düzeyi yüksek</i> bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdelerle karşılandığı binalar	7	2.5	BYS ≥ 2
A13. Deprem etkilerinin tamamının <i>süneklik düzeyi yüksek</i> boşluksuz betonarme perdelerle karşılandığı binalar	6	2.5	BYS ≥ 2
A14. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>süneklik düzeyi yüksek</i> betonarme çerçeveler ile <i>süneklik düzeyi yüksek</i> bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz.4.3.4.5)	8	2.5	BYS ≥ 2
A15. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>süneklik düzeyi yüksek</i> betonarme çerçeveler ile <i>süneklik düzeyi yüksek</i> boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz.4.3.4.5)	7	2.5	BYS ≥ 2
A16. Deprem etkilerinin tamamının çatı düzeyindeki bağlantıları mafsallı olan ve yüksekliği 12 m'yi geçmeyen <i>süneklik düzeyi yüksek</i> betonarme kolonlar tarafından karşılandığı tek katlı binalar	3	2	–

5.2. Taşıyıcı Sistemlerin Süneklik Düzeylerine İlişkin Koşullar

Birbirine dik doğrultularda taşıyıcı sistemlerin süneklik düzeylerinin aynı olması zorunludur. Ancak birbirine dik doğrultularda farklı R katsayıları ve bunlara karşı gelen D katsayıları kullanılabilir. İzin verilen en üst bina yükseklik sınıfı, iki doğrultuya göre verilenlerin elverişsizi olarak belirlenmelidir.

Süneklik düzeyi yüksek boşluklu veya boşluksuz yerinde dökme veya önüretimli betonarme perdelerin moment aktaran süneklik düzeyi yüksek çerçevelerle birlikte kullanıldığı binalarda, deprem yüklerinden dolayı perdelerin tabanına oluşan devrilme momentlerinin toplamı, binanın tümü için deprem yüklerinden dolayı tabanda oluşan toplam devrilme momentinin %40'ından az, %75'inden fazla olmamalıdır (denklem 5.2).

$$0.40 M_o \leq \sum M_{DEV} \leq 0.75 M_o \quad (5.2)$$

Denklem 5.2'deki üst sınır şartının sağlanamaması durumunda, Çizelge 5.1'de deprem etkilerinin tamamının süneklik düzeyi yüksek perdelerle karşılandığı durumlar için tanımlanan R ve D katsayıları ile izin verilen en üst BYS dikkate alınmalıdır. Alt sınır koşulunun sağlanamaması durumunda ise Çizelge 5.1'de verilen R ve D katsayılarında değişiklik yapılmamalı, ancak izin verilen en üst BYS'nin bir fazlası dikkate alınmalıdır.

5.3. Deprem Etkisinin Tanımlanması ve Diğer Etkilerle Birleştirilmesi

Eşdeğer deprem yükü yöntemi ve mod birleştirme yönteminde yatay doğrultuda azaltılmış deprem yüklerinin hesabında kullanılacak olan, azaltılmış tasarım ivme spektrumunun belirli bir T doğal titreşim periyodu için ordinatı olan azaltılmış tasarım spektral ivmesi $S_{aR}(T)$, denklem 5.3 ile hesaplanacaktır.

$$S_{aR}(T) = \frac{S_{ae}(T)}{R_a(T)} \quad (5.3)$$

Burada, $S_{ae}(T)$ DD2 yer hareketi düzeyi için belirlenen yatay elastik tasarım spektral ivmesi, $R_a(T)$ ise deprem yükü azaltma katsayısıdır.

5.3.1. Yatay-düşey deprem etkileri ve diğer etkilerle birleştirilmesi

Yatay deprem etkisi altında deprem hesabının eşdeğer deprem yükü veya mod birleştirme yöntemi ile yapıldığı durumlarda, yatay x ve y doğrultularında etkiyen deprem ile meydana gelen deprem etkileri, denklem 5.4'e göre birleştirilecek ve doğrultu birleştirilmesi uygulanmış tasarıma esas yatay deprem etkisi ($E_d^{(H)}$) elde edilecektir.

$$\begin{aligned} E_d^{(H)} &= \pm E_d^{(X)} \pm 0.3E_d^{(Y)} \\ E_d^{(H)} &= \pm 0.3E_d^{(X)} \pm E_d^{(Y)} \end{aligned} \quad (5.4)$$

Taşıyıcı sistem elemanlarının tasarımında kullanılmak üzere, yatay ve düşey deprem etkilerini içeren yük kombinasyonları, denklem 5.5 ve 5.6'te verilmiştir.

$$G + Q + 0.2S + E_d^{(H)} + 0.3E_d^{(Z)} \quad (5.5)$$

$$0.9G + H + E_d^{(H)} - 0.3E_d^{(Z)} \quad (5.6)$$

Burada, Q hareketli yük etkisini, S kar yükü etkisini ve H yatay zemin etkisini belirtmektedir.

Açıklıklarının yataydaki izdüşümü 20 m veya daha fazla olan kirişlerin, açıklıklarının yataydaki izdüşümü 5 m veya daha fazla olan konsolların, kirişlere oturan kolonların olduğu ve düşeye göre eğimli kolonların olduğu ve aynı zamanda $DTS = 1, 1a, 2, 2a$ olan binalardaki düşey deprem etkileri hesabı, bu elemanların yerel düşey titreşim modları esas alınarak sadece bu elemanlar için, önceki bölümlerde tanımlanan düşey elastik ivme spektrumuna göre mod birleştirme yöntemi ile yapılacaktır. Bu şekilde yapılan hesaplamada, tüm taşıyıcı sistem için R/I

=1 ve $D = 1.5$ alınacaktır. Belirtilen bu elemanların olmadığı taşıyıcı sistem bölümlerinde ve tanımlanan bu durumların olmadığı binalarda düşey deprem etkisi, denklem 5.7'de gösterildiği gibi yaklaşık olarak yapılacaktır.

$$E_d^{(Z)} \approx +(2|3) S_{DS} G \quad (5.7)$$

Burada, G sabit yük etkisi ve S_{DS} ise kısa periyot (0.2 sn) tasarım spektral ivme katsayısıdır.

5.4. Doğrusal Hesap İçin Taşıyıcı Sistem Elemanlarının Modellenmesi

TBDY 2018'e göre, taşıyıcı sistemler her zaman üç boyutlu olarak modellenecek ve aksi verilmedikçe sönüm oranı %5 alınacaktır. Modellemede, birbirine dik yatay x ve y deprem doğrultularındaki deprem etkileri göz önüne alınacaktır.

Kolon ve kirişler, çerçeve (çubuk) sonlu elemanları olarak modelleneceklerdir.

Genellikle yatay yükler altında konsol davranış gösteren perdeler, TBDY 2018'de, plandaki uzun kenarının kısa kenarına oranı en az 6 olarak tanımlanan düşey taşıyıcı elemanlardır. I, T, L, U veya C şeklindeki enkesitlere sahip perdeler ve bodrum perdeleri kabuk sonlu elemanlarla modellenecektir. Aynı zamanda I, T, L, U veya C şeklindeki enkesitlere sahip perdeler, plandaki en büyük perde kolu uzunluğunun toplam perde yüksekliğine oranının $1/2$ 'yi geçmediği durumlarda, eşdeğer çubuk sonlu eleman olarak modellenebilirler. Betonarme bağ kirişli (boşluklu) perdeleri oluşturan perde parçaları da, az önce bahsedilen şart ($\leq 1/2$) göz önünde bulundurularak, boşluksuz perdeler gibi modellenecektir. Bağ kirişleri ise, çubuk eleman olarak modellenebilir.

Kat döşemeleri, deprem ivmelerinin etkisi ile katlardaki kütlelerin oluşturduğu eylemsizlik kuvvetlerini, varsa kirişlerle birlikte, yüksek düzlem içi rijitlikleri sayesinde düşey taşıyıcı sistem elemanlarına aktaran, aynı zamanda ve genellikle daha önemli olarak, binaya etkiyen deprem yüklerinin rijitliklerine göre düşey taşıyıcı sistem elemanları arasında dağıtılmasını sağlayan, yatay taşıyıcı sistem elemanlarıdır. Döşemelerin modellenmesinde A2 ve A3 türü düzensizliklerin rolü oldukça fazladır. Bu düzensizliklerin olduğu ve/veya döşemelerin *rijit diyafra*m olarak çalışmasının öngörülmediği binalarda ve döşemelerin kirişsiz tasarlandığı durumlarda, döşemeler, iki boyutlu sonlu elemanlarla modellenecektir. Geçiş

katlarındaki döşemeler ise, yeterli kalınlığa sahip olacak şekilde, herhangi bir şarta bakılmaksızın sonlu elemanlarla modellenenecektir.

Elemanlar modellenirken etkin kesit rijitliği çarpanları kullanılacaktır.

5.4.1. Etkin kesit rijitlikleri

Etkin kesit rijitliği çarpanlarının kullanılmasıyla, deprem etkisi altındayken oluşabilecek şekil ve yer değişimleri (izin verilen hasarlar) sonucunda, betondaki çatlama veya donatıdaki akmayla, taşıyıcı sistem elemanlarında meydana gelebilecek rijitlik azalmasının göz önünde bulundurulması amaçlanmıştır. Bu sebeplerden dolayı etkin kesit rijitliğine çatlamış kesit rijitliği de denilmektedir.

TBDY 2018'de, dayanıma göre tasarım kapsamında betonarme taşıyıcı sistem elemanları modellenirken, Çizelge 5.2'de verilen etkin kesit rijitliği çarpanlarının tanımlanmasının gerektiği belirtilmiştir.. Bu çarpanlar, sadece deprem etkili yük birleşimleri içinde yer alan ve bu birleşimlere giren yükler altındaki hesaplamalarda kullanılacaktır. Çizelgede verilen her iki çarpan da modellemede kullanılacaktır.

Çizelge 5. 2 : Betonarme taşıyıcı sistem elemanlarının etkin kesit rijitliği çarpanları.

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

5.4.2. Kütlelerin modellenmesi

Taşıyıcı sistem elemanlarının çubuk, levha (membran) veya kabuk sonlu eleman olarak modellenmeleri durumunda *tekil düğüm noktası kütleleri*, bağlı sonlu elemanların kapsama alanlarındaki yayılı kütlelerin bileşkeleri olarak atanırlar. Sonlu eleman düğüm noktası j'ye etkiyen tekil kütle $m_j^{(S)}$, denklem 5.8'e göre belirlenecektir.

$$w_j^{(S)} = w_{Gj}^{(S)} + n w_{Qj}^{(S)} \quad ; \quad m_j^{(S)} = \frac{w_j^{(S)}}{g} \quad (5.8)$$

Burada $w_{Gj}^{(S)}$ ve $w_{Qj}^{(S)}$ sonlu eleman düğüm noktası j 'ye etkiyen bileşke sabit yük ve hareketli yükü göstermektedir. Hareketli yük kütle katılım katsayısı n , Çizelge 5.3'de verilmiştir.

Çizelge 5. 3 : Hareketli yük kütle katılım katsayısı.

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

5.4.3. Ek dışmerkezlik etkisinin modellenmesi

Deprem yer hareketinin binaya etkisinde ve taşıyıcı sistemin rijitlik ve kütle dağılımındaki olası belirsizlikleri göz önüne alınarak, kat kütle merkezine etkiyen yatay deprem kuvvetleri, x ve y deprem doğrultularının her ikisi için de, kat boyutunun $\pm \%5$ 'i kadar kaydırılacaktır.

Modellemelerde göz önüne alınacak diğer detaylar için, TBDY 2018'in ilgili bölümünden yararlanılacaktır.

5.5. Doğrusal Hesap Yönteminin Seçilmesi

TBDY 2018 kapsamında binalara etki eden deprem yükü hesabı için tanımlanan doğrusal hesap yöntemleri (dayanıma göre tasarım) ve doğrusal olmayan hesap yöntemleri (şekil değiştirmeye göre tasarım) aşağıda belirtilmiştir.

1- Doğrusal hesap yöntemleri

- Eşdeğer deprem yükü ile deprem yükü hesabı
- Modal hesap yöntemleri ile deprem yükü hesabı; mod birleştirme yöntemi ve zaman tanım aralığında mod toplama yöntemi

2- Doğrusal olmayan hesap yöntemleri

- Doğrusal olmayan itme yöntemleri ile deprem yükü hesabı; tek modlu itme yöntemleri ve çok modlu itme yöntemleri
- Zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi ile deprem yükü hesabı

Bu tez çalışmasında dayanıma göre tasarım esasları kullanılmıştır. Bu sebeple, bu bölümde, doğrusal hesap yöntemlerinden olan ve çalışmada kullanılan eşdeğer deprem yükü yöntemi ve mod birleştirme yöntemine yer verilmiştir.

Eşdeğer deprem yükü yöntemi, binanın sadece birinci doğal titreşim modu (hakim doğal titreşim periyodu) esas alınarak deprem yükü hesabının yapıldığı bir dinamik analiz yöntemidir. Bu sebeple, bu yöntemde, bina ağırlığının neredeyse tamamının deprem yükü hesabına katıldığı varsayılır. Bu yöntem genellikle bina yüksekliklerinin az olduğu durumlarda kullanılabilir. Modal hesap yöntemlerinin herhangi biri ise, dayanıma göre tasarıma müsaade edilen bütün binalarda kullanılabilir.

Eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulanabileceği binalar Çizelge 5.4'de verilmiştir.

Çizelge 5. 4 : Eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulanabileceği binalar.

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

5.6. Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi

Bu yöntem, her iki deprem doğrultusu için de (x ve y) ayrı ayrı uygulanacak ve o doğrultuda etkiyen deprem yükü (toplam) bulunacaktır. Deprem kuvvetlerinin yapıya kat ağırlıklarının toplandığı döşeme seviyesinden etkidiği ve bu kuvvetlerin kat ağırlıkları ve döşemenin zeminden yüksekliği ile doğru orantılı (yukarıya doğru artarak) olduğu kabulü yapılır.

5.6.1. Toplam eşdeğer deprem yükünün belirlenmesi

Herhangi bir deprem doğrultusunda (x veya y), binanın tamamına etki eden toplam eşdeğer deprem yükü (taban kesme kuvveti) $V_{tE}^{(X,Y)}$, denklem 5.9 ile bulunacaktır.

$$V_{tE}^{(X,Y)} = m_t S_{aR}(T_p^{(X,Y)}) \geq 0.04m_t I S_{DS} g \quad (5.9)$$

Bu denklemde, $S_{aR}(T_p^{(X,Y)})$, binanın hakim doğal titreşim periyoduna ($T_p^{(X,Y)}$) göre hesaplanan Azaltılmış Tasarım Spektral İvmesi'ni, S_{DS} kısa periyot için tanımlanan

tasarım spektral ivme katsayısını, m_t ise tüm kat döşemelerinin toplam kütlelerinin toplanmasıyla elde edilen, binanın kütlelerini göstermektedir.

Hesaplanan toplam eşdeğer deprem yükü, binanın tepesine etki eden ek eşdeğer deprem yükü $\Delta F_{NE}^{(X,Y)}$ ve katlara etkiyen eşdeğer deprem yüklerinin toplamı olarak denklem 5.10 ile ifade edilir. $\Delta F_{NE}^{(X,Y)}$ değeri, denklem 5.11 ile hesap edilir.

$$V_{tE}^{(X,Y)} = \Delta F_{NE}^{(X,Y)} + \sum_{i=1}^N F_{iE}^{(X,Y)} \quad (5.10)$$

$$\Delta F_{NE}^{(X,Y)} = 0.0075 N V_{tE}^{(X,Y)} \quad (5.11)$$

Toplam eşdeğer deprem yükünden ek eşdeğer deprem yükü çıkarılarak elde edilen değer, tüm katlara (en üst kat da dahil) denklem 5.12'ye göre dağıtılacaktır (Şekil 5.2a).

$$F_{iE}^{(X,Y)} = (V_{tE}^{(X,Y)} - \Delta F_{NE}^{(X,Y)}) \frac{m_i H_i}{\sum_{j=1}^N m_j H_j} \quad (5.12)$$

Binanın tabanında deprem yüklerinden dolayı oluşan toplam devrilme momenti ($M_o^{(X,Y)}$), denklem 5.13'e göre hesaplanır. Burada H_i , binanın bodrum katlarının üstündeki üst bölümde, i 'inci katın, üst bölümün tabanından itibaren ölçülen yüksekliğidir. Birimi metredir.

$$M_o^{(X,Y)} = \sum_{i=1}^N F_{iE}^{(X,Y)} H_i \quad (5.13)$$

Bu yöntemin uygulandığı bütün binalarda, binanın hakim doğal titreşim periyodu, her iki doğrultu için de, daha kesin bir hesap yapılmadıkça denklem 5.14'e göre hesaplanabilir. $T_p^{(X,Y)}$ 'nin en büyük değeri, $1.4T_{pA}$ 'dan daha fazla olamaz.

$$T_p^{(X,Y)} = 2\pi \left(\frac{\sum_{i=1}^N m_i d_{fi}^{(X,Y)2}}{\sum_{i=1}^N F_{fi}^{(X,Y)} d_{fi}^{(X,Y)}} \right)^{1/2} \quad (5.14)$$

DTS = 1, 1a, 2, 2a ve $BYS \geq 6$ olan binalarda ve DTS = 3, 3a, 4, 4a olan tüm binalarda hakim doğal titreşim periyodu, denklem 5.11'e göre hesaplanmadan, T_{pA} ampirik hakim doğal titreşim periyoduna (denklem 5.15) eşit alınabilir. ($T_p^{(X,Y)} \cong T_{pA}$).

$$T_{pA} = C_t H_N^{3/4} \quad (5.15)$$

Burada C_t , yalnız çerçeve taşıyıcı sisteme sahip binalarda 0.1, perde-çerçeve taşıyıcı sisteme sahip binalarda ise 0.07 alınacaktır. Deprem etkilerinin tamamının betonarme perdeler tarafından karşılandığı binalarda C_t , denklem 5.16'ya göre hesaplanacaktır. Bu hesapta, A_t eşdeğer alanı hesabı, denklem 5.17'ye göre yapılacaktır.

$$C_t = \frac{0.1}{\sqrt{A_t}} \leq 0.07 \quad (5.16)$$

$$A_t = \sum_j A_{wj} \left[0.2 + \left(\frac{\ell_{wj}}{H_N} \right)^2 \right] \leq \sum_j A_{wj} \quad (5.17)$$

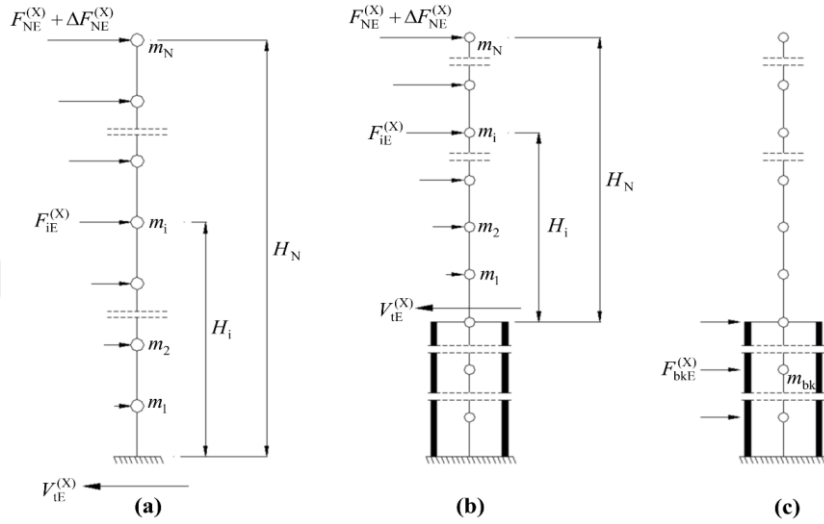
Eşdeğer deprem yükü yöntemi ile burulma hesabına önceki konularda (A1 türü düzensizlik açıklanırken) değinilmiştir.

5.6.2. Eşdeğer deprem yükü yöntemi ile bodrumlu binaların hesabı

Bodrum katlı binalarda, bodrum kat perdelerinden dolayı oluşan yatay rijitlik farkları sebebiyle, deprem yükü etkisinde bodrum katın (alt bölüm) ve bu bölümün üstünde kalan (üst bölüm) bina kısmının davranışı (titreşim vb.) birbirlerinden çok farklıdır. Bu yapılara etkiyen deprem yükünün eşdeğer deprem yükü yöntemi ile hesabında, üst bölüm ve alt bölüm tek bir sistem olarak modellenir. Bu tür binaların hesabında TBDY 2018 4.3.6'da açıklanan yöntem kullanılabilirse de, bodrumlu binalar için aşağıda açıklanan ve sadece bodrumlu binalar için geliştirilmiş bulunan iki yükleme durumlu hesap yönteminin kullanılması daha uygundur [18]. Tek bir sistem olarak modellenen yapıda deprem hesabı, üst ve alt bölümün farklı modlarda titreşmesi sebebiyle, farklı iki yükleme yapılarak hesaplanır. İki yükleme durumlu hesap şekli aşağıda açıklanmıştır.

İlk yükleme durumunda, üst bölüm için seçilen $R_{üst}$ ve $D_{üst}$ ile $T_p^{(X)}$ göz önüne bulundurularak $(R_a)_{üst}$ hesaplanır. Hesaplanan bu değerden yararlanarak bulunan eşdeğer deprem yükleri, sadece binanın üst bölümlerine etki ettirilir (Şekil 5.2b). Bu yükleme ile her iki bölüm için (üst ve alt) azaltılmış iç kuvvetler bulunur. İkinci yükleme durumunda ise, sadece bodrum katların ağırlığı ve $T=0$ durumundaki $S_{aR}(0)$ değeri ile çarpılarak bu katlara etkiyen eşdeğer deprem kuvvetleri bulunur (Şekil 5.2c). Bu hesaplamada alt bölümler için $(R_a)_{alt} = (D)_{alt} = 1.5$ alınacaktır. Bu hesaplama ile, bodrum katlarındaki azaltılmış iç kuvvetler bulunur. Alt bölümün

sünek davranışına karşı gelen tasarıma esas iç kuvvetleri, ikinci ve birinci yükleme durumunda alt bölüm için elde edilen iç kuvvetlerin toplanarak elde edilir. Alt bölümün sünek olmayan davranışına karşı gelen tasarıma esas iç kuvvetler ise, ikinci yükleme durumundan elde edilen iç kuvvetlerin D_{alt} ile çarpımının, birinci yükleme durumunda alt bölüm için elde edilen iç kuvvetlerin $0.6D_{üst}$ ile çarpımıyla toplanması ile elde edilir.



Şekil 5.2 : Eşdeğer deprem yüklerinin binaya etki ettirilmesi.

5.7. Modal Hesap Yöntemleri

Modal hesap yöntemleri, deprem etkisi altında taşıyıcı sistemin modal davranışını esas alır. TBDY 2018'de iki adet modal hesap yöntemi tanımlanmıştır. Bunlar; azaltılmış deprem tasarım spektrumu ile hesaba dayalı mod birleştirme yöntemi ve zaman tanım alanında hesaba dayalı mod toplama yöntemidir.

Deprem etkisi altındaki yapıda oluşacak kuvvetler, yapının deprem doğrultusundaki hareketine katılan kütlesi (modal etkin kütlesi) ile doğru orantılıdır. Bu yüzden, bu yöntemler ile daha gerçekçi sonuçlar elde edebilmek için, hesaba katılan kütlenin belirli bir değerden az olmaması gerekir. Modal hesap yöntemlerinde, hesaba katılması gereken yeterli titreşim modu sayısı, deprem doğrultularındaki (x ve y) her bir titreşim modu için hesaplanan taban kesme kuvveti modal etkin kuvvetlerinin toplamının, binanın toplam kütlesinin %95'inden daha az olmayacak şartına göre belirlenecektir.

5.7.1. Mod birleştirme yöntemi ile deprem hesabı

Bu yöntemde, verilen bir deprem doğrultusunda deprem tasarım spektrumundan faydalanarak, göz önüne alınan her bir titreşim modunda davranış büyüklüklerinin (iç kuvvetler, yer değiştirme vb.) maksimum değerleri modal hesap yöntemi ile hesaplanır. Yeteri kadar titreşim modu için hesaplanan ($\geq 95\%$ şartı), ancak eşzamanlı olmayan maksimum modal davranış büyüklükleri daha sonra istatistiksel olarak birleştirilerek (tam karesel birleştirme (CQC) veya karelerinin toplamının karekökü (SRSS)) maksimum davranış büyüklüklerinin yaklaşık değerleri elde edilir.

5.7.2. Zaman tanım alanında mod toplama yöntemi ile deprem hesabı

Bu yöntemde, her bir titreşim moduna ait modal davranış büyüklükleri (iç kuvvetler, yer değiştirmeler vb.), depremin birbirine dik iki yatay doğrultuda (x ve y) eşzamanlı olarak etki ettiği varsayılarak hesap edilir. Yeterli sayıda titreşim modu için hesaplanan bu büyüklükler, zaman tanım alanında doğrudan toplanarak, davranış büyüklüklerinin zamana göre değişimi ve tasarımda kullanılmak üzere maksimum değerler elde edilir.

Herhangi bir deprem doğrultusunda, bu yöntemler ile hesabı yapılan toplam deprem yükünün ($V_{t(x,y)}^{(X,Y)}$), eşdeğer deprem yüküne göre hesap edilen taban kesme kuvvetinin ($V_{tE}^{(X,Y)}$) γ_E ampirik katsayısı ile çarpımından küçük olması durumunda, bu yöntemler ile elde edilen tüm azaltılmış iç kuvvetler ve yer değiştirme büyüklükleri, denklem 5.18'de verilen eşdeğer taban kesme kuvveti büyütme katsayısı ($\beta_{tE}^{(X,Y)}$) ile çarpılarak büyütülmelidir.

$$\beta_{tE}^{(X,Y)} = \frac{\gamma_E V_{tE}^{(X,Y)}}{V_{t(x,y)}^{(X,Y)}} \geq 1 \quad (5.18)$$

γ_E değeri, binada A1, B2 veya B3 türü düzensizliklerden en az birinin olduğu durumlarda 0.90, binada herhangi bir düzensizliğin olmadığı durumlarda 0.80 alınacaktır.

Kısaca açıklanmaya çalışılan bu doğrusal hesap yöntemlerinin detaylarına ve doğrusal olmayan hesap yöntemlerinin usul ve esaslarına, TBDY 2018'in ilgili bölümlerinden bakılmalıdır.

5.8. Göreli Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması, İkinci Mertebe Etkileri ve Deprem Derzleri

5.8.1. Etkin göreli kat ötelemelerinin hesaplanması ve sınırlandırılması

Etkin göreli kat ötelenmelerinin sınırlandırılması ile, yatay deprem yükleri altından taşıyıcı sistem elemanlarının yapabileceği büyük yatay ötelenmeler azaltılarak, elemanlarda meydana gelebilecek istenmeyen hasarların önüne geçmek ve ikinci mertebe etkilerinin elemanlara zarar vermeyecek şekilde sınırlı kalması amaçlanmıştır. Aynı zamanda bu sınırlandırmalar ile, özellikle yatay yük dayanımları oldukça düşük olan gevrek dolgu duvarlarında ve taşıyıcı olmayan sistem elemanlarında oluşabilecek hasarların da önlenmesi amaçlanmıştır. Bu davranış şeklini elde etmenin en önemli yollarından bazıları; taşıyıcı sistemde yatay ötelenme rijitliğini artıracak perdelerin kullanılması ve taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının planda simetrik ve yapının her iki doğrultuda yeterli rijitliğe sahip olacağı şekilde düzenlenmesidir.

Herhangi bir deprem doğrultusunda (x veya y) için binanın herhangi bir i. katında perde veya kolonlarda oluşabilecek etkin göreli kat ötelemesi değeri $\delta_i^{(X,Y)}$, denklem 5.19'a göre hesaplanacaktır. Bu eşitlikte, azaltılmış göreli kat ötelemesi ($\Delta_i^{(X,Y)}$), herhangi bir deprem doğrultusu için (x veya y), binanın göz önüne alınan katlarındaki (i, i-1) düşey taşıyıcı sistem elemanlarının uçlarında hesaplanan yatay ötelenmelerin farkıdır ($u_i^{(X,Y)} - u_{i-1}^{(X,Y)}$).

$$\delta_i^{(X,Y)} = \frac{R}{I} \Delta_i^{(X,Y)} \quad (5.19)$$

Bu hesaplamalar yapılırken, önceden belirtilen $T_p^{(x,y)} \leq 1.4 T_{pA}$ ve $V_{tE}^{(X,Y)} \geq 0.04 m_t I S_{DS} g$ şartlarının sağlanıp sağlanmadığı dikkate alınmayacaktır.

Ayrıca her bir deprem doğrultusunda (x ve y), her bir katta düşey taşıyıcı sistem elemanları için hesap edilen göreli kat ötelenmelerinin maksimumu olan $\delta_{i,maks}^{(X,Y)}$ değeri, dolgu duvarların taşıyıcı sisteme tamamen bitişik olarak imal edildiği durumlarda denklem 5.20'yi, esnek bağlantılarla bağlanarak veya taşıyıcı sistemden ayrı olarak imal edildiği durumlarda ise denklem 5.21'i sağlayacaktır. Bu eşitliklerdeki λ , x ve y deprem doğrultuları için bulunan hakim doğal titreşim

periyoduna göre, DD-3 yer hareketi düzeyi için hesaplanan $S_{ae}(T)$ değerinin, DD-2 yer hareketi düzeyi için hesaplanan $S_{ae}(T)$ değerine bölünmesiyle elde edilen bir katsayıdır. Genelde yaklaşık 0.40 civarında hesap edilir. Eşitliklerdeki κ katsayısı, betonarme binalarda 1, çelik binalarda ise 0.5 alınacaktır.

$$\lambda \frac{\delta_{i,maks}^{(X,Y)}}{h_i} \leq 0.008 \kappa \quad (5.20)$$

$$\lambda \frac{\delta_{i,maks}^{(X,Y)}}{h_i} \leq 0.016 \kappa \quad (5.21)$$

Bu eşitliklerden açıkça görülüyor ki, dolgu duvarların bitişik olması durumunda, yatay yer değiştirmelerden dolayı hasar görme olasılığı daha fazla olduğu için, müsaade edilen yatay ötelenme değeri daha azdır.

5.8.2. İkinci mertebe etkileri

Deprem ve diğer yatay kuvvetlerin etkisi altında, şekil değiştirmelerin ve yatay ötelenmelerin olduğu düşey taşıyıcı sistem elemanlarında, düşey kuvvetlerin de etkisiyle meydana gelen ikinci mertebe etkileri; elemanların doğrusal olmayan davranış göstermesine ve dolayısıyla rijitliklerinde ve dayanımlarında kayıplarının meydana gelmesine sebep olurlar. Bu sebeple tasarım esnasında ikinci mertebe etkilerinin de hesaba katılması gerekmekte ve aşağıda verilen TBDY 2018 şartlarına uyulmalıdır.

Herhangi bir deprem doğrultusunda (x veya y), göz önüne alınan i. kattaki ikinci mertebe gösterge değeri $\theta_{II,i}^{(X,Y)}$, denklem 5.22'ye göre hesap edilecektir. Bu eşitlikteki $\left(\Delta_i^{(X,Y)}\right)_{ort}$ değeri, göz önüne alınan doğrultuda ve kattaki azaltılmış göreceli kat ötelemelerinin kat içindeki ortalamasıdır. Ayrıca, bütün katlar için hesaplanan ikinci mertebe gösterge değerlerinin en büyüğü olan $\theta_{II,max}^{(X,Y)}$ değerinin, denklem 5.23'de verilen şartı sağlaması durumunda, tasarımda ikinci mertebe etkilerinin göz önünde bulundurulmasına gerekli yoktur. Şartın sağlanmadığı durumlarda ise, göz önüne alınan doğrultu için (x veya y), hesap edilen iç kuvvetler denklem 5.24 ile bulunan ikinci mertebe büyütme katsayısı ile artırılacak veya daha yüksek rijitliğe ve dayanıma sahip taşıyıcı sistem tasarlanacaktır.

$$\theta_{II,i}^{(X,Y)} = \frac{\left(\Delta_i^{(X,Y)}\right)_{ort} \sum_{k=i}^N w_k}{V_i^{(X,Y)} h_i} \quad (5.22)$$

$$\theta_{II,max}^{(X,Y)} \leq 0.12 \frac{D}{C_h R} \quad (5.23)$$

$$\beta_{II}^{(X,Y)} = 0.88 + \frac{C_h R}{D} \theta_{II,max}^{(X,Y)} \geq 1 \quad (5.24)$$

5.8.3. Deprem derzleri

Bu konuda akılda tutulması gereken en önemli husus, deprem derzleri ile birbirinden ayrılmış bina bloklarının veya mevcut binalarla yeni yapılacak olanların depremde çarpışma riskidir. Özellikle döşeme seviyeleri aynı olmayan binalarda çarpışma etkisi ile düşey taşıyıcı sistem elemanlarının (kolonlar, perdeler) hasar görmesi, hatta yıkılması mümkündür [18].

Görelî kat ötelemeleri, ikinci mertebe etkileri ve deprem derzleri ile ilgili detaylı bilgilere ve açıklamalara TBDY 2018'in ilgili bölümlerinden bakılacaktır.

6. DEPREM ETKİSİ ALTINDA BETONARME BİNALARDAKİ SÜNEKLİK DÜZEYİ YÜKSEK PERDELERİN TASARIMI İÇİN KURALLAR

Perdeler, yüksek yatay ötelenme rijitlikleri ile, ağır hasarlara veya göçmeye yol açan yatay yer değiştirmeleri sınırlandırır. Aynı zamanda perdeler, sistemin yeterli dayanıma sahip olması için kullanılabilen etkili elemanlardır. Genellikle yüksek katlı yapıların davranışını iyileştirmek için kullanılan perdelerin plandaki yerleşimine, yapının her iki doğrultuda da yeterli rijitliğe sahip olması ve yatay yükler altında burulma olmaması için özen gösterilmelidir. Bu konuya çalışmanın diğer bölümlerinde detaylıca bahsedilmiştir.

Perde uç bölgelerinde, eğilme momenti ve normal kuvvetin de etkisiyle meydana gelen büyük zorlamaları karşılayabilmek, yeterli dayanımı ve sünek davranışı elde edilebilmek için, kolon gibi düzenlenen perde uç bölgeleri oluşturulmalıdır. Bu bölgelerdeki düşey basınç kuvvetlerinin etkisiyle, düşey donatıların burulmasını ve betonda oluşabilecek çatlakları önlemek için, düşey donatıların enine donatılarla (etriye) sarılması ve zorlamaların daha etkili olduğu yerlerde (kritik perde yüksekliği boyunca, kat geçişlerinde vb.) bu donatıların sıklaştırılması gerekmektedir.

Perdelerin eleman olarak burkulmasını önlemek, başlık bölgelerinde beton basınç bölgesini büyütmek ve zorlamayı hafifletmek için, özellikle binaların bodrum katlarında, genişletme yaparak perde başlık bölgesi düzenlenmesi tavsiye edilir. Bir perdenin dik doğrultuda başka bir perde ile birleşmesi durumunda başlık bölgesi doğrudan oluşturulmuş olur [8].

Yapıya etkiyen yatay kesme kuvvetlerinin büyük kısmı perdeler tarafından karşılanır. Perde gövde bölgesinde kesme kuvvetlerinin etkisiyle istenmeyen asal gerilme çatlaklarının oluşmasını veya oluşabilecek bu çatlakların genişliklerinin büyümesini önleyebilmek için, yeterli miktarda düşey ve yatay donatı düzenlenmelidir. Bu sayede, perdenin sünek davranış gösterebilmesine katkı sağlanmış olur. Aynı zamanda bu bölgede yeterli sayıda yatay donatı düzenlenmesi ile, düşey donatıların burulmasının da önüne geçilmiş olur.

Perdenin yatay ve düşey yükler altında arzu edilen sünek davranış gösterebilmesi için, kesme dayanımının moment dayanımından daha fazla olacak şekilde tasarlanması esastır. Yönetmelikte verilen şartlar, perdelerin bu özelliğe sahip olarak tasarlanabilmesini amaçlamaktadır.

Yüksekliği az olan yapılarda deprem kuvvetleri küçük olduğundan ve mimari plana uygun olarak genelde perdeler gereğinden büyük yerleştirildiğinden aşırı zorlanmazlar. Bu durumda iki doğrultuda %0.25 oranında bir konstrüktif donatı tavsiye edilir. Böylece perdenin moment taşıma özelliği sağlandığı gibi, sünekliği de önemli ölçüde artar [19].

Perdelerde boşluk olması veya perdelerin birbirlerine bağ kirişlerle birleştirilmesi ile boşluklu (bağ kirişli) perdeler elde edilir.

Bu tez çalışması, süneklik düzeyi yüksek boşluksuz perdeler göz önüne alınarak oluşturulmuştur. Bu sebeple çalışmanın bu bölümünde, süneklik düzeyi yüksek boşluksuz perdelerin tasarımı için belirtilen kurallara ve esaslara, TBDY 2018'in ilgili bölümü esas alınarak, aşağıda yer verilmiştir.

6.1. Enkesit Koşulları

TBDY 2018'e göre, yapısal perdeler, plandaki uzunluğunun kalınlığına oranı en az altı olan yapı sisteminin düşey elemanlarıdır. Perdeler, sabit (G) ve TS 498'de yer alan hareketli yük azaltma katsayıları da göz önüne alınarak hesap edilen hareketli (Q) yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında (G+Q+E) hesaplanan eksenel basınç kuvvetlerinin en büyüğü olan N_{dm} altında, $A_c \geq N_{dm} / (0.35 f_{ck})$ koşulunu sağlamalıdır. Bu koşu, eksenel normal kuvveti sınırlandırarak, sünek davranış gösterebilme yeteneğine katkı sağlar. Burada A_c , varsa perdedeki boşlular hariç net enkesit alanıdır.

Dikdörtgen veya farklı enkesit şekillerine sahip perdelerin gövde bölgelerinin kalınlığı, kat yüksekliğinin 1/16'sından ve 250 mm'den az olamaz. Aynı zamanda dikdörtgen perde ve perde kolunun kalınlığı, plandaki yanal doğrultuda tutulmamış uzunluğunun 1/30'undan az olmayacaktır. Ancak, perde kolu yatayda her iki ucundan tutuluysa, perde kolu kalınlığı en az, kat yüksekliğinin 1/20'si ve 250 mm olacaktır.

Ayrıca, denklem 6.1'de verilen şartların her ikisinin de sağlaması durumunda, perde kalınlığında, kat yüksekliğinin 1/20'sinden ve 200 mm'den küçük olmayacak şekilde

azaltma yapılabilir. Bu şartların her ikisi de sağlanırsa, gövde düşey ve yatay donatı oranı en az 0.002 olabilir. Fakat bu durumda maksimum donatı aralığı 300 mm olmalıdır.

$$\begin{aligned}\Sigma A_g / \Sigma A_p &\geq 0.002 \\ V_t / \Sigma A_g &\leq 0.5 f_{ctd}\end{aligned}\tag{6.1}$$

Bu denklemlerde ΣA_g , deprem doğrultusuna paralel doğrultuda çalışan perdelerin toplam alanı, ΣA_p , tüm kat alanlarının toplamı, V_t ise toplam taban kesme kuvvetidir.

6.2. Perde Uç Bölgeleri Oluşturulması ve Kritik Perde Yüksekliğinin Belirlenmesi

Toplam perde yüksekliğinin plandaki perde uzunluğuna oranı ikiden büyük ise, perdenin eğilme momentine karşı yeterli sünek davranışı gösterebilmesi için, perde uç bölgeleri oluşturulmalıdır.

Perdenin temel ile birleştiği ve düşeyde uzunluğunun yüzde yirmi azaldığı bölgeler, büyük zorlamalar meydana geldiği için, kritik perde yükseklikleri olarak tanımlanmaktadır. Bu yükseklik (H_{cr}) denklem 6.2'de verilen şartları sağlayacak şekilde belirlenecektir.

$$2\ell_w \geq H_{cr} \geq maks. [\ell_w; H_w/6]\tag{6.2}$$

Bu eşitlikteki H_w , perdenin temelden veya plandaki uzunluğunun yüzde yirmiden veya perde kalınlığının yarıdan daha fazla azaldığı yerden ölçülen yüksekliği, ℓ_w ise perdenin plandaki uzunluğudur.

Perde uç bölgelerin uzunluğu ℓ_u , kritik perde yüksekliğinde denklem 6.3'ü, bu bölgenin dışında ise denklem 6.4'ü sağlayacak şekilde belirlenmelidir. Ayrıca, perde uç bölgesi, birleştiği perdenin içinde düzenlenecekse denklem 6.5 ile verilen koşul sağlanmalıdır.

$$\ell_u \geq (0.2 \ell_w, 2 b_w)\tag{6.3}$$

$$\ell_u \geq (0.1 \ell_w, b_w)\tag{6.4}$$

$$\ell_u \geq (300 \text{ mm}, b_w)\tag{6.5}$$

6.3. Gövde Donatısı Koşulları

Perde gövdesinin her iki yüzündeki düşey ve yatay donatıların toplam enkesit alanı, en az perde gövde bölgesinin brüt alanının 0.0025'i kadar olacaktır.

Perde gövde bölgesinde, çapı en az buradaki yatay donatıların çapı kadar olan ve metrekarede en az dört adet olacak şekilde deprem irozu düzenlenecektir. Kritik perde yüksekliği boyunca bu gövde irozlarının sayısı en az on olacaktır.

6.4. Gövde Donatılarının Düzenlenmesi

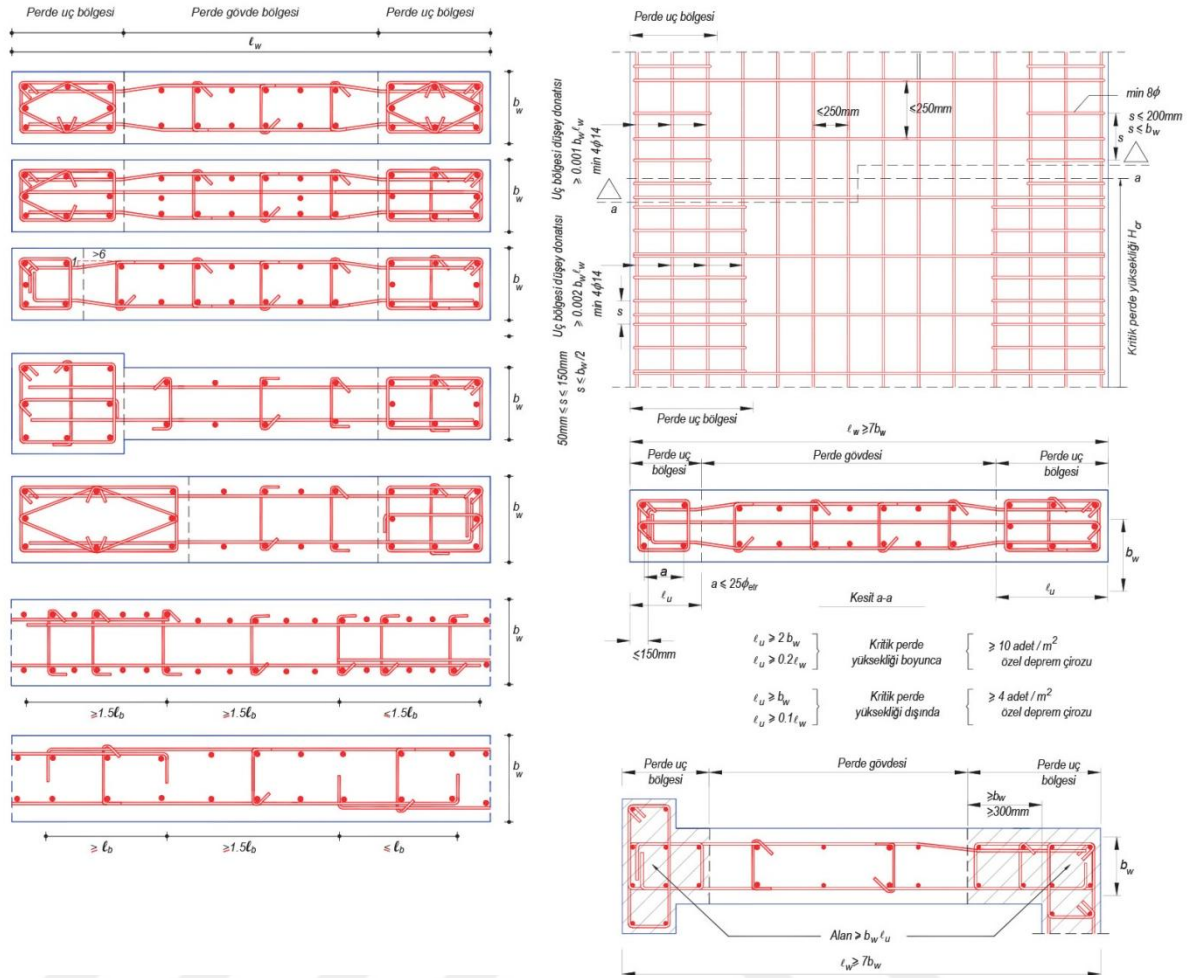
Gövde bölgesinde yatay donatıların bindirilmesi gereken durumlarda, bindirmeler en az $1.5\ell_b$ uzunluğunda (ℓ_b ; TS 500'de belirtilen kenetlenme boyu) olacak şekilde gövde boyunca şaşırtmalı yapılmalı ve bu donatıların uçlarında gönye yapılmalıdır. Gönye yapılmadığı durumda, bu donatılar boyuna gövde donatılarının i tarafına bağlanacak ve bindirme uzunluğu boyunca, ara mesafesi en fazla 200 mm olan, düşey gövde donatısı bulunmalıdır.

6.5. Perde Uç Bölgeleri Donatı Koşulları

H_{cr} dışındaki perde uç bölgelerinin her birinde, düşey donatı oranı en az 0.001, H_{cr} 'de ise en az 0.002 olmalıdır. Ayrıca bu bölgelerdeki düşey donatı miktarı en az $4\phi_{14}$ ve düşey donatı oranı en az 0.03 (bindirmeli bölgelerde 0.06) olmalıdır.

Bu bölgelerde, kolonlardaki gibi çapı en az 8 mm olan etriyeler ve/veya irozlar düzenlenmelidir (Etriye kolları ve/veya çirozların yataydaki ara mesafesi a için; $a \leq 25\phi_{etr.}$ (ve/veya $25\phi_{iroz}$)). H_{cr} boyunca düşey donatılar, kolonlar için tanımlanan enine donatının en az $2/3$ ' kadarıyla sarılmalı ve bu donatıların düşey ara mesafesi s , en az 50 mm, en fazla 150 mm olmalıdır. Ayrıca, $s \leq 6 \phi_{uç, düşey}$ ve $s \leq 1/3 b_w$ şartları sağlanmalıdır. H_{cr} dışında ise bu mesafe, en az perde kalınlığı kadar ve 200 mm olacaktır. Uç bölgedeki enine donatılar, etki eden basınç kuvvetlerinin daha güvenli bir şekilde aktarılabilmesi için, temelın içine, en az 300 mm ve perde kalınlığı kadar devam ettirilmelidir.

Perdelerdeki donatı düzenleme şekilleri ve kuralları Şekil 6.1'de verilmiştir [18].



Şekil 6.1 : Perde donatılarının düzenlenme şekilleri ve şartları.

6.6. Tasarımda Kullanılacak Eğilme Momentleri ve Kesme Kuvvetleri

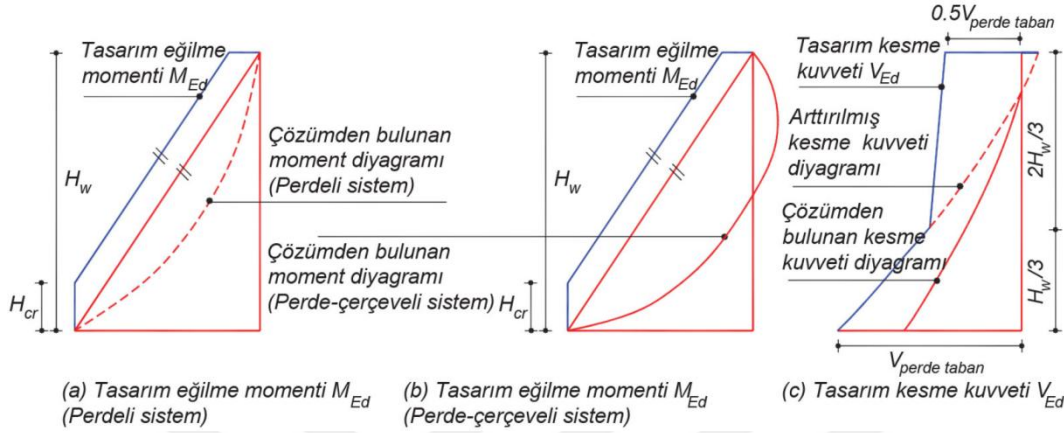
Toplam perde yüksekliğinin plandaki perde uzunluğuna oranının ikiden büyük olduğu perdelerde, H_{cr} boyunca tasarımda kullanılacak moment değeri, tabanda meydana gelen momente eşit alınmalıdır. H_{cr} dışında kalan bölgede ise, tasarımda, tabanda ve tepede oluşan momentlerin birleştirilmesi ile elde edilen doğruya paralel olan moment diyagramı esas alınmalıdır. Bu perdelerin tasarımında ve enine donatıyı belirlemede kullanılacak olan kesme kuvveti denklem 6.6'e göre hesaplanmalıdır.

$$V_e = \beta_V \frac{(M_P)_t}{(M_d)_t} V_d \approx \beta_V \frac{1.25(M_r)_t}{(M_d)_t} V_d \quad (6.6)$$

Burada, ileri modların kesme kuvvetinde meydana getireceği artışı göz önüne almak için kullanılan [18] dinamik büyütme katsayısı (β_V) 1.50 alınacaktır. Deprem yüklerinin tamamının perdeler tarafından karşılandığı durumlarda (tünel kalıp sistemleri gibi) bu değer 1.00 alınabilir. Düşey yükler ve deprem etkileriyle bulunan

kesme kuvvetinin, boşluksuz perdelerde $1.20D$ veya boşluklu perdelerde 1.40 katı ile büyütülmesi hesap edilen değerin, denklem 6.6 ile bulunandan V_e 'den daha az olması durumunda, tasarımda, V_e yerine bu kesme kuvveti kullanılır (Şekil 6.2).

$H_w / \ell_w \leq 2.0$ olan perdelerin tüm kesitlerinde, deprem yükleri etkisiyle hesaplanan moment ve kesme kuvveti değerleri kullanılacaktır.



Şekil 6. 2 : Tasarım eğilme momenti ve kesme kuvvetinin perde yüksekliğince değişimi [18].

6.7. Kesme Etkilerine Karşı Güvenlik

Perdelerin deprem ve diğer yükler altında sünek davranış göstermesi, dolayısıyla gevrek türde güç tükenmelerinin yaşanmaması için, aşağıda belirtilen koşullara uyulmalıdır.

Tasarlanan perdelerin kesmeye karşı dayanımı V_r , denklem 6.7'ye göre hesap edilmelidir. Denklem 6.6 ile elde edilen tasarım kesme kuvveti V_e , denklem 6.8'deki şartları sağlamalıdır.

$$V_r = A_{ch}(0.65f_{ctd} + \rho_{sh}f_{ywd}) \quad (6.7)$$

$$V_e \leq V_r$$

$$V_e \leq 0.85A_{ch}\sqrt{f_{ck}} \quad (\text{Boşluksuz perdeler}) \quad (6.8)$$

$$V_e \leq 0.65A_{ch}\sqrt{f_{ck}} \quad (\text{Bağ kirişli perdeler})$$

Ayrıca, temele bağlantı düzeyinde ve üst katlarda yapılacak yatay inşaat derzlerinde oluşan sürtünme kesmesine karşı dayanım kontrolü, kullanılan düşey donatılar ve malzeme özellikleri de göz önünde bulundurularak, denklem 6.9'a göre yapılmalıdır.

$$V_e \leq f_{ctd}A_c + \mu A_s f_{yd} \quad (6.9)$$

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

Bu eşitliklerde, A_{ch} perde brüt alanı, ρ_{sh} perde yatay donatılarının toplam donatı oranı, A_s perdede bulunan bütün düşey donatıların toplam alanıdır.

TBDY 2018'e göre, süneklik düzeyi yüksek perdelerin tasarımında göz önüne alınması gereken kurallara bu bölümde kısaca değinilmiştir. Bu konunun detaylarına TBDY 2018'in ilgili bölümünden bakılmalıdır.





7. DEPREM PERDELERİNİN BOYUTLANDIRILMASI

Önceki konularda da değinildiği gibi, fazla kat sayısına sahip ve özellikle deprem gibi yatay kuvvetlere maruz kalma ihtimali yüksek olan yerlere inşa edilmek istenen yapıların, sadece çerçeveli taşıyıcı sistemlerle tasarlanması, ileride olumsuz sonuçlar doğurabilir. Çünkü bu taşıyıcı sistemlere sahip yapılar, deprem gibi ciddi yatay kuvvetlere maruz kaldığında, oluşan enerjiyi tüketebilmek için, ciddi yatay ötelenmeler yapmak isteyecektir. Ayrıca bu durumda, ikinci mertbe etkilerinin de kendini göstermesiyle, taşıyıcı sistem elemanlarındaki moment zorlamaları artacaktır. Bu ötelenmeler ve zorlamalar ile, kuvvet ve moment kapasiteleri aşılarak, istenmeyen ağır hasar durumuyla veya toptan göçmeyle karşı karşıya kalınabilir.

Bahsedilen bu olumsuz durumların önüne geçebilmenin en önemli yollarından biri, yüksek yatay ötelenme ve eğilme rijitliklerine sahip perdelerin, çerçeveli taşıyıcı sistemlerle birlikte kullanılmasıdır. Bu sayede yapıda, yatay yükler altında aşırı yanal ötelenmeleri engellemek ve yeterli dayanımı sağlayabilmek için, aşırı büyük kolon ve kiriş kesitlerine gerek duyulması engellenebilir. Bunun sonucunda daha ekonomik ve mimari gereksinimleri daha iyi karşılayan yapılar elde edilebilir.

Yapılarda yeterli dayanımı elde edebilmek için kullanılması önerilen perde miktarı ile ilgili mevcut bir çok çalışma vardır. Fakat bu çalışmaların çoğu, artık güncel yönetmelik esaslarından uzak kalmış veya yapıdaki perde miktarına etki edebilecek parametreleri göz önünde bulundurmamıştır. Yapılan bu çalışmada taşıyıcı sistemlerdeki perde boyları, TBDY 2018 usul ve esaslarına göre belirlenmiştir. Ayrıca hesaplamalarda, yapıdaki perde miktarına doğrudan etki edebilecek parametrelerin (kat adedi, kat alanı, malzeme özellikleri vb.), çeşitliliği artırılarak, yapıdaki gerekli perde miktarına etkileri hesaba katılmıştır.. Bu sayede bu çalışma ile, mevcut diğer çalışmalara bir yenilik getirebilmek ve katkı sağlayabilmek, ayrıca taşıyıcı sistem davranışına perde elemanlarının faydaları vurgulanmak istenmiştir.

Çalışmada hesap yükünü mümkün mertebe azaltabilmek ve fazla grafik çıkmasını önlemek için, bazı yapı özellikleri sabit tutulmuştur. Yapıların, konut tipinde oldukları ve kat yüksekliklerinin 3.00 m olduğu kabul edilmiştir. Perde kalınlıkları

tüm yapılarda 30 cm alınmıştır. Yapıların ZA, ZC ve ZE sınıflarındaki zeminlerde inşa edileceği ve yapılarda kullanılan beton sınıflarının C25, C30 ve C40 olduğu durumlarda hesaplamalar yapılmıştır. Kat adetleri değişken olarak 5, 7, 10, 12, 15 ve 18 alınmıştır. Yapılarda, her iki yönde 3, 4, 6 ve 8 adet perde olduğu durumlar varsayılarak, perde boyları belirlenmiş ve ekte bulunan grafikler oluşturulmuştur. Verilen bu değerlerin dışındaki farklı özelliklere sahip yapılardaki yeterli perde boylarını belirleyebilmek için, grafiklerdeki değerler arasında enterpolasyon yapmak yeterli olacaktır.

Bulunan bu grafiklerden yararlanarak oluşturan sayısal uygulamalar aşağıda verilmiştir. Perdelerin kesit yeterlilikleri, sadece, kesit zorlamalarının daha fazla olduğu ve kuvvet aktarımı için önemli bir bölge olan kritik perde yüksekliği boyunca yapılmıştır. Üst kısımlara çıkıldıkça perde kesiti üzerindeki zorlamalar azalabileceğinden, hesabı yapılan donatılarda ve kesitlerinde azaltma yapılabileceği düşünülmüştür. Ayrıca yukarıya doğru gidildikçe perde genişliğinde yapılan azaltma, %20'nin üzerinde ise, bu değişim bölgeleri de kritik bölge olarak ele alınmalı ve hesaplamalar bu duruma göre yapılmalıdır.

7.1. Perde Boyutlandırma Hesabında Kullanılan Ortalama Düşey ve Yatay Yükler

7.1.1. Düşey yüklerin hesaplanması

Farklı kat adetlerine ve yüksekliklerine, kat alanlarına ve kullanım amaçlarına (konut, ofis vb.) göre inşa edilen yapılar üzerinde yapılan incelemeler, bir katın ortalama üniform düşey yükünün $m=12 \text{ kN/m}^2$ olarak kabul edilebileceğini göstermektedir [15,16]. Bu çalışmada, perde taşıyıcı elemanlarla inşa edilen yapıların döşemeleri, 250 mm kalınlığında ve kirişsiz olarak ele alınmıştır. N'nin yapının kat adedi ve A_p 'nin de yapının kat alanı olduğu düşünüldüğünde, yapının temel üstündeki toplam ağırlığı denklem 7.1 ile hesaplanmıştır.

$$W = N \times m \times A_p \quad (7.1)$$

Taşıyıcı sistemi yalnız perdeler ile düzenlenen yapılarda, düşey yüklerin tamamı perdeler tarafından taşınır. Perdelerin yapı alanı içindeki konumuna göre alabilecekleri düşey yük miktarına önceki konularda da değinilmiştir. Yatay yüklerin etkisiyle oluşabilecek burulmayı önlemek için, perdelerin kenarlarda veya kenarlara yakın konumlarda düzenlenmesi ile perdelerin alacağı düşey yüklerde azalma

olacaktır. Aynı zamanda yapının, kullanım amacına ve mimari gereksinimlere hizmet edebilmesi için; perdelerin sayılarında ve uzunluklarında azaltma yapılması ve taşıyıcı sisteme kolon ilave edilmesiyle de, perdelerin taşıdığı düşey yüklerde azalma olacaktır.

Bu gibi durumlar göz önünde bulundurularak, bu çalışmada, perdelerin, toplam yapı ağırlığının %100'ünü, %75'ini ve %50'sini aldığı üç durum göz önüne alınmıştır. Aşağıda verilen denklemlerle, perdelerdeki toplam düşey yük miktarı W_p hesaplanmıştır. Denklem 7.2 ile, toplam yapı ağırlığının %75'inin alındığı durumdaki toplam düşey yük, denklem 7.3 ile de toplam yapı ağırlığının %50'sinin alındığı durumdaki toplam düşey yük hesabı yapılmıştır.

$$W_p=0.75W=0.90NA_p \quad , \quad W_p=1.00W=1.20NA_p \quad (7.2)$$

$$W_p=0.50W=0.60NA_p \quad , \quad W_p=0.75W=0.90NA_p \quad (7.3)$$

7.1.2. Yatay yüklerin hesaplanması

Yapıya x ve y yönlerinde etkiyen toplam yatay kuvvetin (taban kesme kuvveti) hesabında TBDY 2018 4.7'de yer alan Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi kullanılmıştır. Temelin hemen üzerindeki toplam yatay kesme kuvveti $V_{TE}^{(X,Y)}$, denklem 7.4 ile hesaplanmıştır.

$$V_{TE}^{(X,Y)} = m_t \times S_{aR}(T_p^{(X,Y)}) \geq 0.04 \times m_t \times I \times S_{DS} \times g \quad (7.4)$$

Bu eşitlikte; m_t , yapının toplam ağırlığını göstermektedir ve Denklem 7.1 ile hesaplanan değerin 9.81 m/sn^2 'ye bölünmesi ile elde edilir. S_{DS} , kısa periyot için tanımlanan tasarım spektral ivme katsayısıdır ve bu değer, Türkiye Deprem Tehlike Haritaları internet sitesi uygulamasından alınarak hesaplamalarda kullanılmıştır. Bu çalışmada yapıların konut tipinde oldukları varsayıldığı için, bina önem katsayısı (I) 1.0 alınmıştır.

$S_{aR}(T_p^{(X,Y)})$, x ve y deprem doğrultuları için hesaplanan hakim doğal titreşim periyodu ($T_p^{(X,Y)}$) göz önüne alınarak bulunan azaltılmış tasarım spektral ivmesidir ve yatay elastik tasarım spektral ivmesinin ($S_{ae}(T_p^{(X,Y)})$) deprem yükü azaltma katsayısına ($R_a(T_p^{(X,Y)})$) bölünmesiyle elde edilir. Hakim doğal titreşim periyodunun ($T_p^{(X,Y)}$) hesabında, TBDY 2018 4.7.3.4'de verilen ampirik hakim doğal titreşim periyodu ($T_{pA}^{(X,Y)} = C_t \times H_N^{3/4}$) denklemi kullanılmıştır. C_t katsayısı, çalışılan

yapıların tamamı perdeli veya perdeli-çerçeve taşıyıcı sistemlere sahip olduğu için, 0.07 alınmıştır. H_N yapının toplam yüksekliğidir.

7.2. Perde Boylarının Belirlenmesi ve Grafiklerin Oluşturulması

Ekte bulunan grafikleri oluşturmak için hesap edilen perde boylarının bulunmasında, TBDY 2018 ve TS 500-2000 esasları ve şartları göz önünde bulundurulmuştur.

Deprem etkisi altındaki yapılarda meydana gelen ciddi hasarların veya göçmelerin en büyük sebeplerinden biri, taşıyıcı sistem elemanlarında meydana gelen aşırı yatay ötelenmelerdir. Dolayısıyla, yapıda meydana gelen görece kat ötelemelerinin sınırlandırılması, dayanıma göre tasarım yaklaşımında da belirtildiği gibi oldukça önemli bir husustur. Bu sebepten dolayı, yatay yükler altındaki yapıların aşırı yanal ötelenmelere karşı yeterli dayanıma sahip olabilmek için ihtiyaç duyduğu perde sayısı ve bu perdelerin boyutları, yönetmelikte müsaade edilen en büyük görece kat ötelemesi değerlerine göre belirlenmiştir. Aynı zamanda bu yaklaşımın, ikinci mertbe etkilerinin de ihmal edilebilir düzeyde kalmasını sağlayabileceği düşünülmüştür. Perdelerin yatay yük etkisi altında konsol giriş davranışı göstermesi de göz önüne alınarak, perde boyu hesabında ilk önce, TBDY 2018 4.9.1'de müsaade edilen en büyük görece kat ötelemeleri değerleri, yani perdelerin tepe noktasında oluşmasına izin verilen maksimum yer değiştirmeler bulunmuş ve diğer hesap aşamalarına geçilmiştir. Perdeli-çerçeve sistemlerde de, yüksek rijitlikleri sebebiyle, yatay yüklerin tamamına yakın kısmını perdelerin alacağı düşünülerek, aynı mantıkla hareket edilmiştir.

Hesaplamalar, TBDY 2018 4.9.1'de belirtilen esaslara göre yapılmıştır. Buna göre ilk önce, göz önüne alınan tüm yapıların konum ve zemin koşulları göz önüne alınarak, görece kat ötelemelerinin sınırlandırılmasında kullanılan ampirik katsayı (λ) belirlenmiştir. Elde edilen bu katsayı ile, denklem 7.6 ve 7.7'den yararlanılarak, herhangi bir kattaki etkin görece kat ötelemelerinin kat içindeki en büyük değeri ($\delta_{i,max}$) elde edilmiştir. Bu çalışmada, dolgu duvarlarının ve cephe elemanlarının yapı çerçeve elemanlarına, aralarında herhangi bir esnek derz veya bağlantı olmaksızın, tamamen bitişik olması durumu göz önünde bulundurulmuş ve $\delta_{i,max}$ değeri, denklem 7.6 ile hesaplanmıştır. Bu hesaplamada, kat yükseklikleri 3.00 m, κ katsayısı ise çalışmadaki yapılar betonarme olduğu için 1 alınmıştır.

Perde boylarının belirlenmesinde virtüel iş metodundan yararlanılmıştır. Bu metod

ile yapılan hesapta kullanılacak olan, ardışık iki kat arasında yer değiştirme farkını ifade eden en büyük azaltılmış görelî kat öteleme değeri ($\Delta_{i,maks.}$), denklem 7.5 ile elde edilmiştir.

$$\delta_{i,maks.} = \frac{R}{I} \Delta_{i,mals.} \quad (7.5)$$

$$\lambda \frac{\delta_{i,maks.}}{h_i} \leq 0.008 \kappa \quad (7.6)$$

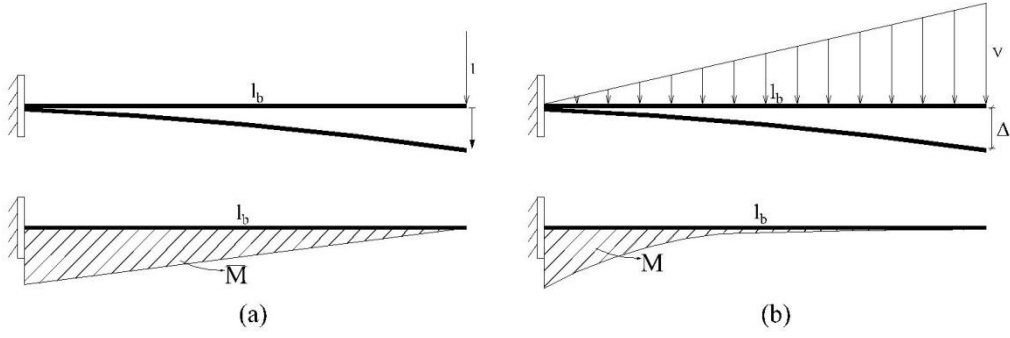
$$\lambda \frac{\delta_{i,maks.}}{h_i} \leq 0.016 \kappa \quad (7.7)$$

Virtüel iş teoremine göre, dengede olan bir sistemde, geometrik uygunluk şartlarını sağlayan herhangi bir küçük virtüel şekil değiştirmede dış kuvvetlerin yaptığı iş, iç kuvvetlerin yaptığı şekil değiştirme işine eşittir. Dış etkenlerden meydana gelen kesit tesirleri (iç kuvvetleri) ve şekil değiştirmeleri bilinen bir sistemin herhangi bir noktasındaki yer değiştirmenin herhangi bir x doğrultusu üzerindeki izdüşümünü tayin etmek için, sistemin bu noktasına aynı doğrultu ve yönde, bir birim kuvvet uygulanır ve bu yüklemeye birim yükleme denir[17].

Bu doğrultuda, yukarıda belirlenen şekilde, perde tepe noktasında meydana gelmesine izin verilen en büyük yatay ötelenme değeri bulunmuştur. Daha sonra, perde tepe noktasına etki ettirilen birim kuvvet ve deprem etkisiyle oluşan yatay kuvvetler altında oluşan moment denklemleri çıkarılmıştır. Bu denklemler kullanılarak, denklem 7.8 ile perde elemanının göstermesi gereken eğilme rijitliği (EI_b) hesap edilmiştir. Bulunan bu değer ile, kullanılan malzeme özellikleri de göz önünde bulundurularak perdedeki gerekli atalet momenti I_b elde edilmiştir. Bu hesaplamalar yapılırken, eğilme etkisindeki elemanlarda diğer tesirlerin etkisi ihmal edilecek kadar az olduğu için, sadece moment etkileri göz önünde bulundurulmuştur.

$$\Delta = \int_0^{l_b} \frac{M(x)\bar{M}(x)}{EI_b} dx \quad (7.8)$$

Hesaplamalarda göz önüne alınan modeller Şekil 7.1'de verilmiştir. Şekil 7.1a ile, uygulanan virtüel kuvvet altındaki davranış, 7.1b ile de yatay kuvvet etkileri altındaki davranış gösterilmiştir. Buradaki $\bar{M}$ uygulanan virtüel kuvvet etkisiyle oluşan momenti, M ise yatay kuvvetlerin etkisiyle oluşan momenti göstermektedir.



Şekil 7. 1 : Perdenin virtüel kuvvet ve yatay kuvvetler altındaki davranışı.

Bulunan bu atalet momenti değeri ile, denklem 7.9'dan yararlanılarak, yapıya etki edebilecek yatay kuvvetlere karşı yeterli dayanımı gösterebilecek tek bir perde boyu (L_b) elde edilmiştir. Burada b_w perde genişliğini göstermektedir ve bütün yapılarda 30 cm alınmıştır. Mimari ve sistem davranışı açısından yapıda tek bir perde kullanılması uygun olamayacağından, yapı planında her bir doğrultuda 3, 4, 6 ve 8 adet perde bulunacağı varsayılmıştır. Bu perdelerin boyları l_w , tek bir perde için bulunan eğilme dayanımına eşit olacak şekilde hesap edilmiştir.

$$I_b = \frac{b_w L_b^3}{12} \quad (7.9)$$

Bu hesaplamalar sonucunda, farklı değişkenler göz önünde bulundurularak perdelerin boyları bulunmuştur. Bu değerler ile oluşturulan grafikler Ek'te verilmiştir. Bu çalışmadaki amaç, tasarımcıya, TBDY 2018 esasları göz önünde bulundurularak oluşturulan bu grafiklerden yararlanarak, yapıda kullanmak isteyeceği perde adetlerine karşı gelen perde boyları hakkında, tasarım aşamasında bir ön fikir sağlayabilmektir. Ayrıca, sayısal uygulamalar kısmında yapılan perde donatı tayini ve buna bağlı olarak gerçekleştirilen kesit yeterliliği kontrolleriyle de, sünelik düzeyi yüksek perdelerin, TBDY 2018 şartlarına göre nasıl tasarlandığı hakkında bilgi verilmek istenilmiştir. Bu çalışma, tasarıma başlarken bir ön fikir vermeyi amaçladığından, elbette tasarım sonuçlandırılmadan, yönetmeliğin diğer usul ve esasları göz önünde bulundurularak, daha detaylı ve kesin hesaplamaların yapılması gerekmektedir.

Çalışmada, farklı parametreler (yapının konumu, kat adedi, kat sayısı, kat alanı, zemin sınıfı, malzeme kalitesi, yapıdaki perde sayısı vb.) ve perdelerin, toplam düşey yükün %100'ünü, %75'ini ve %50'sini aldığı durumlar göz önünde bulundurularak oluşturulan grafikler Ek'te verilmiştir. Hesaplamaların tamamında

perde kalınlıkları (b_w) 30cm alınmıştır. Aynı zamanda, kat alanının (A_p) 400, 600 ve 800 m² olduğu ve yapı planında her iki yönde 3, 4, 6 ve 8 adet (n_b) perde bulunduğu durumlar göz önüne alınarak grafikler oluşturulmuştur.

Yapı taşıyıcı sisteminin yalnız perdelerle düzenlendiği, yani düşey yükün tamamının perdeler tarafından taşındığı durumlar ($W_p=W$) için oluşturulan grafikler, Şekil A.1 ve Şekil A.24 arasında (A.1 ve A.24 dahil) verilmiştir. Perdeli-çerçeve taşıyıcı sisteme sahip, toplam düşey yükün %75'inin perdeler tarafından taşındığı ($W_p=0.75W$) yapılara ait grafikler, Şekil A.25 ve Şekil A.48 arasında (A.25 ve A.48 dahil) verilmiştir. Yine taşıyıcı sistemi perdeli-çerçeve olarak teşkil edilen ve toplam düşey yükün %50'sinin perdeler tarafından taşındığı ($W_p=0.50W$) yapılara ait grafikler Şekil A.49 ve Şekil A.63 arasında (A.49 ve A.63 dahil) verilmiştir.

Ek'te verilen grafiklerin özelliklerine ait bilgiler, (yapı koordinatı, zemin sınıfı, kat adedi, beton sınıfı vb.) çalışmanın devamında, Ekler başlığı altında detaylı bir şekilde verilmiştir. Oluşturulan grafiklerin x ekseninde yapı kat alanları (A_p), y ekseninde ise bu alanlar için hesap edilen perde boyları (l_w) tanımlanmıştır. Grafiklerde tanımlanmış özellikler dışında, farklı kat alanına veya perde sayısına sahip yapılardaki perde boyları, verilen değerler arasında doğrusal enterpolasyon yapılarak bulunabilir.



8. SAYISAL UYGULAMALAR VE TBDY 2018'E GÖRE GEREKLİ KONTROLLER

8.1. Yapıların Üç Boyutlu Analiz Modellerinin Oluşturulması

Çalışmada belirlenen perde boylarının yeterliliğini ve çalışmanın güvenilirliğini kontrol etmek amacıyla; birbirinden farklı kat alanına, kat adedine, zemin sınıfına, malzeme kalitesine ve perde sayısına sahip toplama 7 adet yapı, SAP 2000 V20.2.0 yapısal analiz ve tasarım programında modellenmiştir. Modellemeler yapılırken TBDY 2018 Bölüm 4'de yer alan Dayanıma Göre Tasarım yaklaşımı ve TS 500 esasları göz önünde bulundurulmuştur. Ek'te verilen grafikler oluşturulurken ; belirli varsayımların kabulü yapılarak TBDY 2018-4.7'de açıklanan Eşdeğer Deprem Yüğü Yönteminden yararlanılmıştır. Aşağıda planları verilen yapıların SAP 2000 programındaki analizi, hem çeşitliliği artırmak hem de iki yöntem arasındaki farkları inceleyebilmek amacıyla TBDY 2018-4.8.2'de açıklanan Mod Birleştirme Yöntemi ile yapılmıştır. Analiz gerçekleştirildikten sonra, program verileri ile betonarme perde elemanların donatı düzenlemeleri yapılmış ve yönetmelik şartlarına göre kontroller gerçekleştirilmiştir.

Modellemelerin daha kolay ve hızlı bir şekilde yapılabilmesi için, döşemelerin ve kolonların boyutları tüm yapılarda aynı alınmıştır. Döşemeler 25 cm kalınlığında kirişsiz olarak, perdeli-çerçevesiz örneklerdeki kolonların enkesit uzunlukları ise 40 cm olarak tanımlanmıştır. Tanımlanan bu boyutlar; döşeme ve kolonların, yapı üzerindeki yatay ve düşey yüklere yeterli dayanımı gösterebileceği şekilde, mevcut yönetmelik ve standartların esasları göz önünde bulundurularak, yaklaşık hesaplamalarla belirlenmiştir.

Yapı modelleri TBDY 2018 esaslarına uygun olarak programa tanıtılmıştır. İlk önce önceden oluşturulan yapı planlarındaki aks mesafeleri girilmiştir. Sonra, yapıda kullanılan malzemelerin özellikleri tanımlanmıştır. Kolonlar çubuk sonlu eleman, perde ve döşemeler ise kabuk sonlu elemanlar olarak modellenmiş ve bu elemanların malzeme özellikleri tanımlanmıştır. Döşemelerin, kolonların ve perdelerin etkin kesit

rijitlik çarpanları, TBDY 218-Tablo 4.2'den yararlanılarak tanımlanmıştır. TBDY 2018-4.5.1'deki genel modelleme kurallarına göre, sönüm oranı tüm yapılarda %5 alınmış ve bütün hesaplamalarda düşey deprem etkisi hesaba katılmıştır. Tüm yapı modellemelerinde, dayanım fazlalığı katsayısı (D) 2.5 ve taşıyıcı sistem davranış katsayıları (R) 6 olarak hesaba katılmıştır. Yapıların kütle kaynağı olarak G+0.3Q yük birleşimi, ortalama bir değer olarak önceden hesap edilen 12 kN/m²'ye eşit olarak tanımlanmıştır.

Doğrusal hesap yöntemleri için kullanılacak olan tasarım değerleri (S_S , S_1 , S_{DS} , S_{D1} vb.), Afet ve Acil Durum Başkanlığı tarafından hazırlanan, Türkiye Deprem Tehlike Haritaları internet sitesi uygulamasından alınmıştır. Bu değerlerle birlikte, $\pm\%5$ ek dış merkezlik etkileri de göz önünde bulundurularak her iki yönde yatay EX ve EY yüklemeleri tanımlanmıştır ve bu sayede, Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile yapıların görelî kat ötelemelerinin hesabı ve buna bağlı diğer kontrollerin (düzensizlikler vb.) yapılabilir.

Mod Birleştirme Yöntemi hesabı için gerekli olan yatay ve düşey tepki spektrumlar, Türkiye Deprem Tehlike Haritalarından alınan değerler kullanılarak tanıtılmış ve TBDY 2018 ve TS 500'de taşıyıcı sistem elemanlarının tasarımında kullanılacak yük kombinasyonları oluşturulmuştur. Oluşturulan yük kombinasyonları çizelge 8.1 ile aşağıda verilmiştir.

Çizelge 8. 1 : Üç boyutlu yapı modellerinde kullanılan yük kombinasyonları.

G+Q	1.4G+1.6Q
G+Q $\pm$ SPECXP $\pm$ 0.3SPECYP+0.3SPECZ	0.9G $\pm$ SPECXP $\pm$ 0.3SPECYP-0.3SPECZ
G+Q $\pm$ SPECXN $\pm$ 0.3SPECYP+0.3SPECZ	0.9G $\pm$ SPECXN $\pm$ 0.3SPECYP-0.3SPECZ
G+Q $\pm$ SPECXP $\pm$ 0.3SPECYN+0.3SPECZ	0.9G $\pm$ SPECXP $\pm$ 0.3SPECYN-0.3SPECZ
G+Q $\pm$ SPECXN $\pm$ 0.3SPECYN+0.3SPECZ	0.9G $\pm$ SPECXN $\pm$ 0.3SPECYN-0.3SPECZ
G+Q $\pm$ SPECYP $\pm$ 0.3SPECXP+0.3SPECZ	0.9G $\pm$ SPECYP $\pm$ 0.3SPECXP-0.3SPECZ
G+Q $\pm$ SPECYN $\pm$ 0.3SPECXP+0.3SPECZ	0.9G $\pm$ SPECYN $\pm$ 0.3SPECXP-0.3SPECZ
G+Q $\pm$ SPECYP $\pm$ 0.3SPECXN+0.3SPECZ	0.9G $\pm$ SPECYP $\pm$ 0.3SPECXN-0.3SPECZ
G+Q $\pm$ SPECYN $\pm$ 0.3SPECXN+0.3SPECZ	0.9G $\pm$ SPECYN $\pm$ 0.3SPECXN-0.3SPECZ

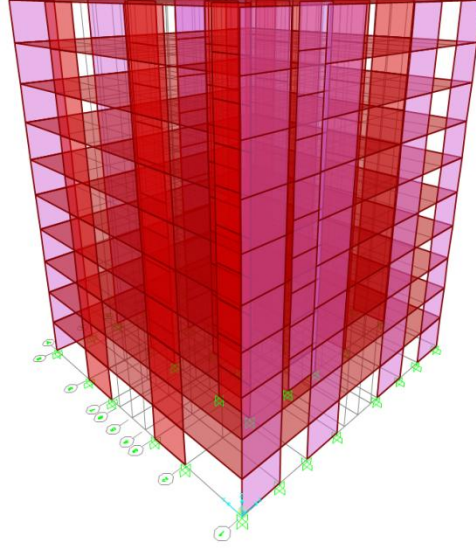
Deprem ve diğer yükler altında oluşan kuvvetleri, taşıyıcı sistem elemanlarının birbirlerine düzgün bir şekilde aktarabilmesini sağlayabilmek ve sonlu eleman olarak modellenen elemanların her bir noktasındaki zorlamayı görebilmek için programdaki mesh komutundan yararlanılmıştır. Bu sayede elemanlar sağlıklı bir sonuç alınabilecek çok sayıda küçük parçalara bölünmüştür. Modellemelerde konumuzun dışında olduğu için temel sistemi modellenmemiş ve dolayısıyla perde ve kolonların

temele bağlandığı alt kısımları ankastre mesnet olarak tanımlanmıştır. Tanıtılan bu yatay ve düşey yük kombinasyonları ile yapının analizi gerçekleştirilmiştir. Analiz sonucunda, yapıların taşıyıcı sistem elemanlarında oluşan kuvvet ve moment değerleri elde edilmiştir. Bu değerler ile elemanların donatıları belirlenmiş ve TBDY 2018 esaslarına göre gerekli kontroller yapılmıştır.

Çalışmanın bu bölümünde, farklı koordinasyonlarda, çeşitli zemin sınıflarına, kat adetlerine, bina alanlarına, beton sınıflarına ve perde sayılarına sahip toplam 7 adet bina, perde genişlikleri sabit tutularak modellenmiştir. Kat yükseklikleri bütün modellerde 3,00 m alınmıştır. Modellemelerde perdelerin düşey yüklerin %100'ünü, %75'ini ve %50'sini aldığı farklı durumlar ele alınmıştır. Ekte bulunan grafikler kullanılarak perde boylarının tayini yapılmıştır.

8.2. Yapı-1'in Modellenmesi ve Gerekli Kontrollerin Yapılması

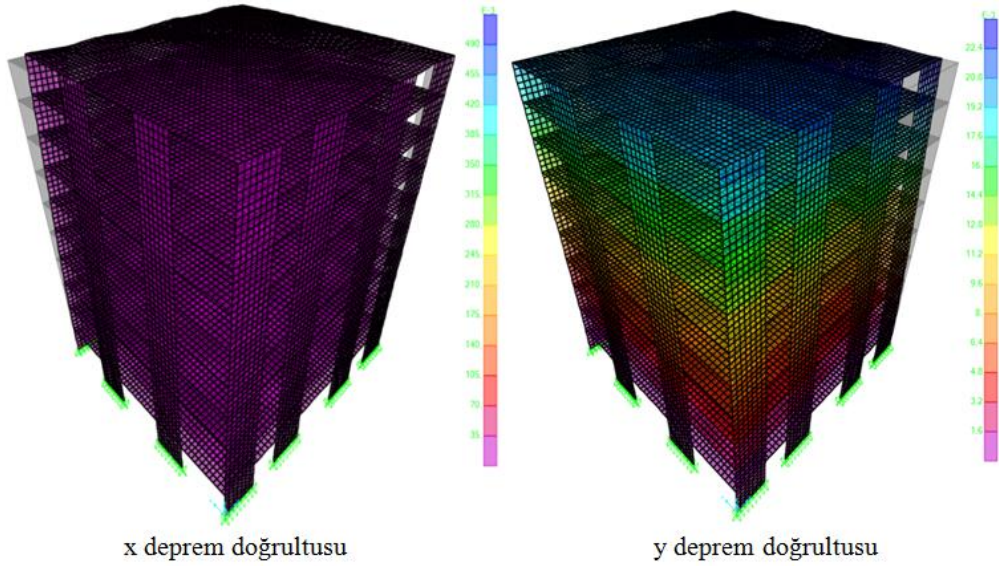
Söz konusu yapının Zonguldak ili sınırları içinde (E: 41.452834°, B: 31.787382°) bulunduğu varsayılacaktır. Yapının yerel zemin sınıfının ZA, kullanım amacının konut, kat adedinin 10 ve alanının 600 m² olacağı kabul edilecektir. Yapıda C25 sınıfında beton ve S420 beton çeliği kullanılacaktır. Düşey yüklerinin tamamının perdeler tarafından alındığı durum göz önüne alınarak modellenen yapıda, her iki doğrultuda perde sayısı (n_b) 10 adet seçilmiş ve perde boyları (l_w) ekte verilen Şekil A.5'deki grafiklerden yararlanılarak 3.50 m olarak belirlenmiştir. SAP 2000 Programı ile TBDY 2018 Yönetmeliğine uygun olarak modellenen yapının deprem etkileri altındaki hesabı Mod Birleştirme Yöntemi ile yapılmıştır. Yapının üç boyutlu analiz modeli Şekil 8.1'de verilmiştir. Bu hesaplamalar sonucunda programdan alınan değerler ile kontroller gerçekleştirilmiştir.



Şekil 8. 1 : Yapı-1'in üç boyutlu analiz modeli.

Etkin görel kat ötelemeleri kontrolü :

X ve Y deprem doğrultuları için katlardaki azaltılmış yerdeğiştirme değerleri $u_i^{(x)}$ ve $u_i^{(y)}$, modelleme ve analizlerinin yapıldığı SAP 2000 Programında alınmış ve kontroller yapılmıştır. Hesap edilen değerler ile etkin görel kat ötelemeleri kontrolü Çizelge 8.2'de verilmiştir.



Şekil 8. 2 : X ve y doğrultılarındaki deprem etkileri altında yapıda oluşan şekildeğiştirme.

Yapının x ve y yönleri hakim doğal titreşim periyotları, $T_p^{(x)} = 1.409$ sn ve $T_p^{(y)} = 1.383$ sn olarak elde edilmiştir.

Tasarım spektral ivme katsayıları Deprem Tehlike Haritasından,

DD2 Yer Hareketi için; $S_{DS}=0.422$, $S_{D1}=0.125$

DD3 Yer Hareketi için; $S_{DS} = 0.139$, $S_{D1}=0.049$

Yatay elastik spektral ivmeleri,

X doğrultusu için; $S_{ae}(T_p^{(X)})_{DD2} = 0.125/1.409=0.0887$

$$S_{ae}(T_p^{(X)})_{DD3} = 0.049/1.409=0.0348$$

Y doğrultusu için, $S_{ae}(T_p^{(Y)})_{DD2} = 0.125/1.383=0.0904$

$$S_{ae}(T_p^{(Y)})_{DD3} = 0.049/1.383=0.0354$$

Yapıda dolgu duvarlarının ve cephe elemanlarının çerçeve elemanlarına, aralarında herhangi bir esnek derz veya bağlantı olmaksızın, tamamen bitişik olması durumu göz önüne alınmıştır. Buna göre TBDY 2018'deki $\lambda \delta_{i,max}^{(X,Y)} / h_i \leq 0.008$ κ şartının sağlanması gerekmektedir. Yapımız betonarme olduğu için κ katsayısı 1 alınmıştır.

x ve y doğrultuları için λ ampirik katsayı değerleri;

$$\lambda_x = S_{ae}(T_p^{(X)})_{DD3} / S_{ae}(T_p^{(X)})_{DD2} = 0.0348 / 0.0887 = 0.39233$$

$$\lambda_y = S_{ae}(T_p^{(Y)})_{DD3} / S_{ae}(T_p^{(Y)})_{DD2} = 0.0354 / 0.0904 = 0.39159$$

Çizelge 8. 2 : X ve y doğrultuları deprem etkilerinde etkin görece kat ötelemeleri hesabı.

Kat	h_i	X				Y			
		$u_i^{(x)}$	$\Delta_i^{(x)}$	$\delta_i^{(x)} = R/I \Delta_i^{(x)}$	$\delta_i^{(x)} / h_i$	$u_i^{(y)}$	$\Delta_i^{(y)}$	$\delta_i^{(y)} = R/I \Delta_i^{(y)}$	$\delta_i^{(y)} / h_i$
		(mm)	(mm)	(mm)		(mm)	(mm)	(mm)	
10	3000	24.75	2.856	17.136	0.005712	23.94	2.727	16.362	0.00545
9	3000	21.90	2.948	17.688	0.005896	21.22	2.823	16.938	0.005646
8	3000	18.95	3.029	18.174	0.006058	18.39	2.913	17.478	0.005826
7	3000	15.92	3.072	18.432	0.006144	15.48	2.965	17.79	0.00593
6	3000	12.85	3.037	18.222	0.006074	12.52	2.941	17.646	0.005882
5	3000	9.81	2.894	17.364	0.005788	9.57	2.813	16.878	0.005626
4	3000	6.92	2.615	15.69	0.00523	6.76	2.548	15.288	0.005096
3	3000	4.30	2.164	12.984	0.004328	4.21	2.116	12.696	0.004232
2	3000	2.14	1.513	9.078	0.003026	2.10	1.484	8.904	0.002986
1	3000	0.62	0.623	3.738	0.001246	0.61	0.613	3.678	0.001226

$\delta_{i,max}^{(X)}$ ve $\delta_{i,max}^{(Y)}$ değerleri sırası ile 18.432 mm ve 17.79 mm olarak hesap edilmiştir.

Kontrol;

$$\lambda_x \delta_{i,max}^{(X)} / h_i = 0.39233 \times 18.432 / 3000 = 0.00214 < 0.008 \kappa = 0.008 \times 1 = 0.008$$

$$\lambda_y \delta_{i,\max}^{(y)} / h_i = 0.39159 \times 17.79 / 3000 = 0.002322 < 0.008 \kappa = 0.008 \times 1 = 0.008$$

Analiz sonuçları ile yapının x ve y doğrultuları için hesaplanan etkin görelî kat ötelemeleri değerlerinin, TBDY 2018’de belirtilen sınır değerin altında olduğu görülmüştür.

İkinci mertebe etkilerinin kontrolü :

Yapının ikinci mertebe etkileri kontrolü, x ve y doğrultuları için, TBDY 2018’de belirtilen şartlara göre yapılmış ve elde edilen değerler Çizelge 8.3’de verilmiştir. Hesaplamalarda C_h katsayısı, yapının betonarme olmasından dolayı 0.5 alınmıştır.

Çizelge 8. 3 : X ve y doğrultuları deprem etkilerinde ikinci mertebe gösterge değeri hesabı.

Kat	h_i	w_k	Σw_k	$(\Delta_i^{(x)})_{ort}$	F_{iEx}	$V_i^{(x)}$	$\theta_{II,i}^{(x)}$	$(\Delta_i^{(y)})_{ort}$	F_{iEy}	$V_i^{(y)}$	$\theta_{II,i}^{(y)}$
	(mm)	(kN)	(kN)	(mm)	(kN)	(kN)		(mm)	(kN)	(kN)	
10	3000	7200	7200	2.62	258.895	258.895	0.02429	2.48	263.697	263.697	0.02254
9	3000	7200	14400	2.71	161.144	420.039	0.03093	2.57	164.133	427.830	0.02881
8	3000	7200	21600	2.78	143.239	563.728	0.03559	2.65	145.896	573.727	0.03329
7	3000	7200	28800	2.83	125.334	688.612	0.03940	2.70	127.659	701.386	0.03700
6	3000	7200	36000	2.80	107.429	796.042	0.04216	2.69	109.422	810.808	0.03975
5	3000	7200	43200	2.67	89.524	885.566	0.04339	2.57	91.185	901.993	0.04106
4	3000	7200	50400	2.41	71.620	957.186	0.04235	2.33	72.948	974.941	0.04020
3	3000	7200	57600	2.00	53.715	1010.900	0.03798	1.94	54.711	1029.652	0.03618
2	3000	7200	64800	1.40	35.810	1046.710	0.02888	1.36	36.474	1066.126	0.02759
1	3000	7200	72000	0.58	17.905	1064.615	0.01301	0.56	18.237	1084.363	0.01248

$\theta_{II,\max}^{(x)}$ ve $\theta_{II,\max}^{(y)}$ değerleri sırası ile 0.04339 ve 0.04106 olarak hesaplanmıştır.

Kontrol;

$$\theta_{II,\max}^{(x)} = 0.04339 \leq (0.12 \times D_x) / (C_h \times R_x) = (0.12 \times 2.5) / (0.5 \times 6) = 0.1$$

$$\theta_{II,\max}^{(y)} = 0.04106 \leq (0.12 \times D_y) / (C_h \times R_y) = (0.12 \times 2.5) / (0.5 \times 6) = 0.1$$

Yapının x ve y doğrultuları için hesabı yapılan maksimum ikinci mertebe gösterge değerlerinin yönetmelikte belirtilen sınır değerin altında kaldığı görülmüştür. Dolayısı ile ikinci mertebe etkilerinin tasarımda kullanılan iç kuvvetlerin hesabında göz önüne alınması gerekli değildir.

A1 tipi burulma düzensizliği kontrolü :

SAP2000 Programında modellen yapının görelî kat ötelemelerinin hesabı, $\pm$ %5 ek dışmerkezlik etkileri de gözönüne alınarak Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemine göre yapılmıştır. Programdan elde edilen değerler ile hesabı yapılan burulma düzensizliği katsayıları Çizelge 8.4’de verilmiştir.

Çizelge 8. 4 : X ve y doğrultuları A1 tipi burulma düzensizliği kontrolü.

Kat	h_i	$(\Delta_i^x)_{\max}$	$(\Delta_i^x)_{\min}$	$(\Delta_i^x)_{\text{ort}}$	$\eta_{bi}^{(x)}$	$(\Delta_i^y)_{\max}$	$(\Delta_i^y)_{\min}$	$(\Delta_i^y)_{\text{ort}}$	$\eta_{bi}^{(y)}$
	(m)	(m)	(m)	(m)		(m)	(m)	(m)	
10	3,00	0.00286	0.00238	0.00262	1.090	0.00273	0.00223	0.00248	1.101
9	3,00	0.00295	0.00247	0.00271	1.089	0.00282	0.00231	0.00257	1.100
8	3,00	0.00303	0.00254	0.00278	1.088	0.00291	0.00239	0.00265	1.098
7	3,00	0.00307	0.00258	0.00283	1.087	0.00297	0.00244	0.00270	1.097
6	3,00	0.00304	0.00256	0.00280	1.086	0.00294	0.00243	0.00269	1.095
5	3,00	0.00289	0.00244	0.00267	1.085	0.00281	0.00233	0.00257	1.094
4	3,00	0.00262	0.00221	0.00241	1.084	0.00255	0.00212	0.00233	1.092
3	3,00	0.00216	0.00184	0.00200	1.082	0.00212	0.00176	0.00194	1.091
2	3,00	0.00151	0.00129	0.00140	1.081	0.00148	0.00124	0.00136	1.090
1	3,00	0.00062	0.00053	0.00058	1.080	0.00061	0.00052	0.00056	1.087

Çizelge 8.4’de x ve y doğrultularında hesaplanan Burulma Düzensizliği Katsayılarının 1.2 sınır değerini aşmadığı görülmüştür.

B2 tipi komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (yumuşak kat) kontrolü :

Program verileri ile hesaplanan rijitlik düzensizliği katsayıları Çizelge 8.5’de verilmiştir.

Çizelge 8. 5 : X ve y doğrultuları komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü (yumuşak kat).

Kat	h_i (m)	$(\Delta_i^x)_{\text{ort}}/h_i$	$\eta_{ki}^{(x)}$	$(\Delta_i^y)_{\text{ort}}/h_i$	$\eta_{ki}^{(y)}$
10	3,00	0.00087	-	0.00083	-
9	3,00	0.00090	1.033	0.00086	1.037
8	3,00	0.00093	1.029	0.00088	1.033
7	3,00	0.00094	1.015	0.00090	1.019
6	3,00	0.00093	0.990	0.00090	0.993
5	3,00	0.00089	0.954	0.00086	0.958
4	3,00	0.00080	0.904	0.00078	0.907
3	3,00	0.00067	0.829	0.00065	0.832
2	3,00	0.00047	0.700	0.00045	0.702
1	3,00	0.00019	0.412	0.00019	0.414

Çizelge 8.5’de görüldüğü üzere x ve y doğrultularında hesaplanan rijitlik düzensizliği katsayılarının 2.0 sınır değerini aşmadığı için B2 Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği bulunmamaktadır.

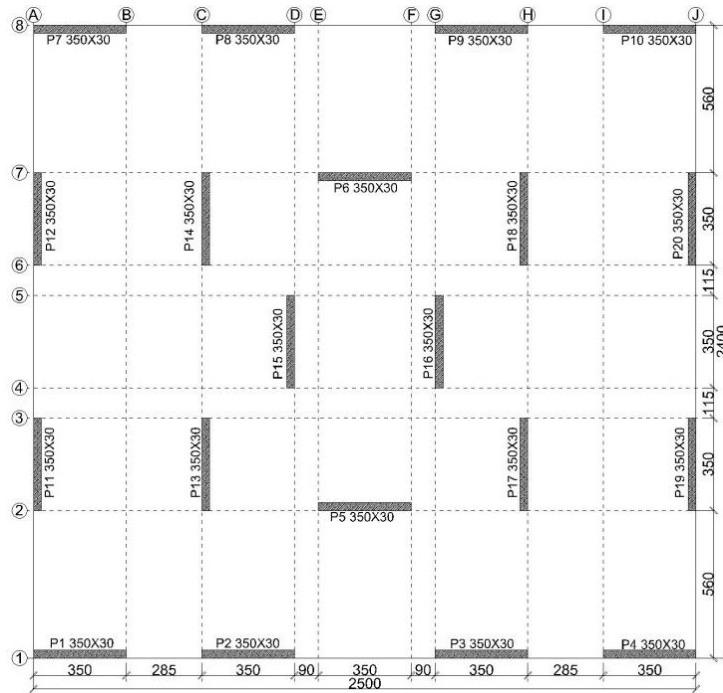
Kritik Perde Yüksekliği ve Uç Bölgeleri Uzunluklarının Belirlenmesi :

Yapının perde boyutları her iki doğrultuda da eşit olduğu için belirlenen uzunluklar bütün perdeler için aynıdır.

Kritik perde yüksekliği tayininde, $H_{cr} = \min. (l_w ; H_w / 6) ; 2 \times l_w = \min. (maks. (3.50 ; 5.00) ; 7.00)$ sınır şartlarına uyulmalıdır. Kritik perde yükseklikleri 5.00 m seçilmiştir.

$H_w / l_w > 2$ ise perde uç bölgesi oluşturulmalıdır. $30.00 / 3.50 = 8.57 > 2.00$ olduğundan perde uç bölgesi oluşturulmuştur. Uç bölgesi uzunluğu tayininde $l_u \geq 2 \times b_w = 0.60$ m ve $l_u \geq 0.20 \times l_w = 0.70$ m sınır şartlarına uyulmalıdır. Uç bölgesi uzunlukları 0.80 m seçilmiştir.

SAP2000 Programında modellenen binanın deprem etkileri altındaki hesabı TBDY 2018 4.8.2’de bulunan Mod Birleştirme Yöntemi ile yapılmıştır. X ve Y doğrultuları için Spektrumlar oluşturulmuş ve yönetmelik kriterlerine göre bu spektrumlar ve diğer yük bileşenlerinden oluşan yükleme kombinasyonları tanımlanmıştır. Perdelerin dayanım kontrolleri ve tasarımı, kesit zorlamalarının en fazla olduğu kritik perde yüksekliği boyunca, bu yük kombinasyonları altında oluşan en olumsuz durumlar göz önüne alınarak, TBDY 2018 ve TS500’de belirtilen sınır değerlere ve şartlara göre yapılmıştır. Her iki doğrultu için kesitleri aynı olan birer adet perde ele alınarak, bulunan en olumsuz zorlamalar ile kontroller gerçekleştirilmiştir. Yapı 1 plan görünümü Şekil 8.3’de verilmiştir.



Şekil 8.3 : Yapı-1'in plan görünümü.

Yapılan analizler sonucunda perde kesitlerinde oluşan en olumsuz zorlamalar, x doğrultusu için; $N_d = 7058.69$ kN, $V_d = 164.43$ kN, $M_d = 1298.56$ kNm, $N_{dm} = 8139.77$ kN ve y doğrultusu için; $N_d = 8131.684$ kN, $V_d = 149.988$ kN, $M_d = 1292.223$ kNm, $N_{dm} = 8139.77$ kN olarak elde edilmiştir.

Perde donatılarının belirlenmesi :

Perde uç bölgeleri düşey donatıları sınır şartları;

$$A_{s,u\check{c}} \geq 4\phi 14 = 615.75 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,u\check{c}} \geq 0.002 \times b_w \times l_w = 0.002 \times 300 \times 3500 = 2100.00 \text{ mm}^2 \text{ olmalıdır.}$$

Uç bölgeleri düşey donatıları bütün perdelerde 10 Ø 20 (3142,00 mm²) seçilmiştir.

Perde uç bölgeleri enine donatıları sınır şartları;

$$A_{sh} / s \geq (2 / 3) \times 0.0075 \times 230 \times (25 / 420) = 0.0685 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$s < b_w / 3 = 300 / 3 = 100 \text{ mm, } s < 150 \text{ mm, } s < 6 \times D = 6 \times 20 = 120 \text{ mm}$$

Minimum uç bölgesi enine donatı çapı 8 mm olmalıdır.

Uç bölgeleri enine donatıları bütün perdelerde Ø10/100 (çift kollu) seçilmiştir.

$$\text{Kontrol; } A_{sh} / s = 157.1 / 100 = 1.571 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Gövde düşey donatıları toplam enkesit alanı sınır şartı;

$$A_s = \rho_{\min} \times b_w \times h = 0.0025 \times 300 \times 1900 = 1425 \text{ mm}^2$$

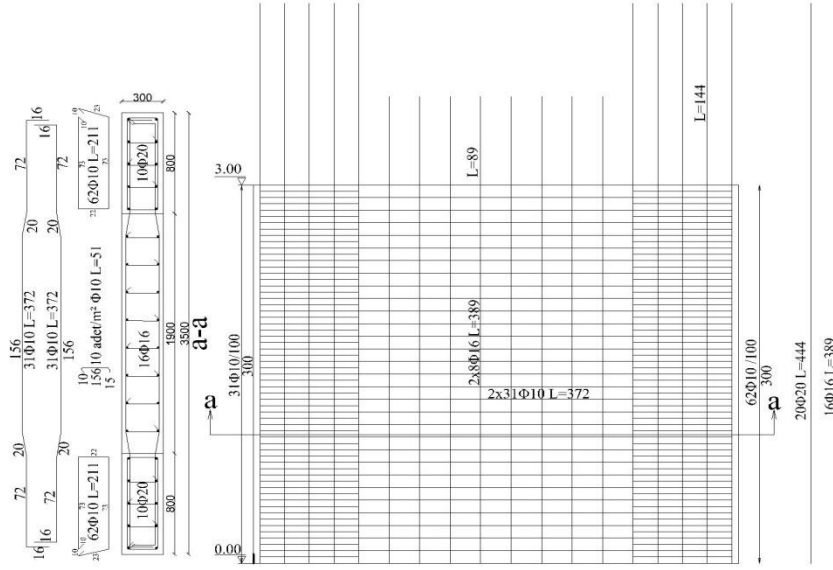
Gövde düşey donatıları bütün perdelerde 16 Ø16 (3217 mm²) seçilmiştir.

Gövde enine donatıların toplam enkesit alanı en az perde gövdesi brüt enkesit alanının 0.0025'i kadar olmalıdır.

Gövde enine donatıları bütün perdelerde 2Ø10/100 seçilmiştir.

$$\text{Kontrol; } \rho_{sh} = 157.1 / (300 \times 100) = 0.00524 > \rho_{sh,\min} = 0.0025$$

Perdelere ait tipik donatı planı, örnek amacıyla Şekil 8.4'de verilmiştir.

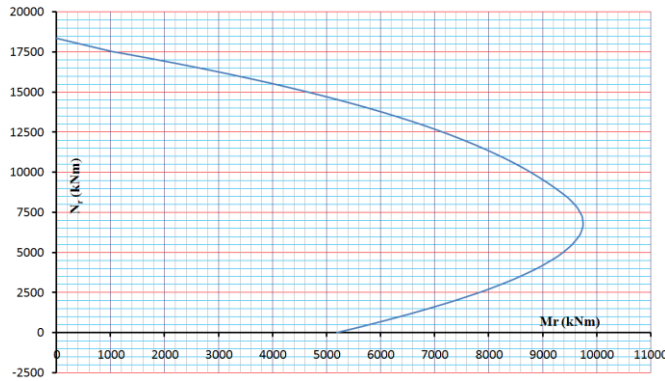


Şekil 8.4 : Örnek perde donatı planı.

Perdelerin kesme güvenliği ve kesit yeterliliği kontrolü :

Kesme güvenliği kontrolü :

Seçilen perde boyutları, donatı adetleri, donatı akma dayanımı ve beton dayanımı ile karşılıklı etki diyagramları oluşturulmuştur. Perdeye etkiyen eksenel kuvvete karşılık gelen taban kesitindeki taşıma gücü kapasitesi x doğrultusu için $(M_r)_x=9739.30$ kNm, y doğrultusu için $(M_r)_y=9548.41$ kNm olarak diyagramdan okunmuştur. X doğrultusu perdesi için karşılıklı etki diyagramı Şekil 8.5'de verilmiştir.



Şekil 8.5 : Perde karşılıklı etki diyagramı.

Buna göre enine donatı hesabında esas alınacak olan tasarım kesme kuvveti;

$$X \text{ doğrultusu için; } V_e^{(x)} = 1 \times 1.25 \times 9739.30 \times 164.43 / 1298.56 = 1541.55 \text{ kN}$$

$$Y \text{ doğrultusu için; } V_e^{(y)} = 1 \times 1.25 \times 9548.41 \times 149.99 / 1292.22 = 1385.37 \text{ kN}$$

Perdelerin kesme kuvveti dayanımı;

$$V_r = 300 \times 3500 \times (0.65 \times 1.17 + 0.00524 \times 365) / 1000 = 2806.76 \text{ kN'dur.}$$

Yönetmelik 7.18 şartlarına göre perde kesme güvenliği kontrolü;

$$V_e^{(x)} = 1541.55 \text{ kN}, V_e^{(y)} = 1385.37 \text{ kN} \leq V_r = 2806.76 \text{ kN}$$

$$V_e^{(x)} = 1541.55 \text{ kN}, V_e^{(y)} = 1385.37 \text{ kN} \leq 0.85 \times 300 \times 3500 \times \sqrt{25} / 1000 = 4462.50 \text{ kN}$$

(Boşluksuz perde)

TBDY 2018 7.19'a göre sürtünme kesmesi kontrolü;

$$V_e^{(x)} = 1541.55 \text{ kN} \leq (1.17 \times 800 \times 300 \times 2 + 0.6 \times 9500.18 \times 365) / 1000 = 2642.14 \text{ kN}$$

$$V_e^{(y)} = 1385.37 \text{ kN} \leq (1.17 \times 800 \times 300 \times 2 + 0.6 \times 9500.18 \times 365) / 1000 = 2642.14 \text{ kN}$$

$$V_e^{(x)} = 1541.55 \text{ kN}, V_e^{(y)} = 1385.37 \text{ kN} \leq \min[2400.00 \text{ kN} ; 2544.00 \text{ kN}] = 2400.00 \text{ kN}$$

TS500'e göre sürtünme kesmesi kontrolü;

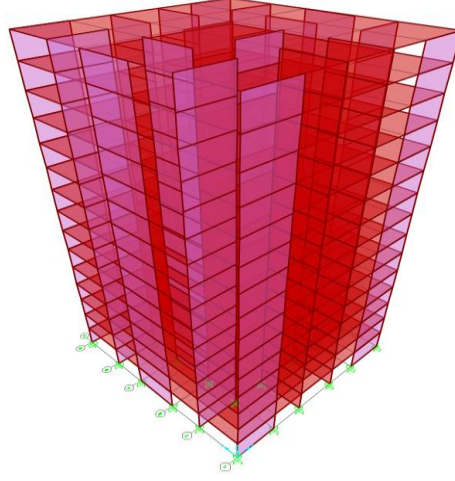
$$V_e^{(x)} = 1541.55 \text{ kN}, V_e^{(y)} = 1385.37 \text{ kN} \leq 0.0095 \times 365 \times 0.6 \times 1000 = 2080.50 \text{ kN}$$

Kesit yeterliliği kontrolü :

Yönetmelik 7.6.1.2'deki perde kalınlığı şartına göre, $b_w \geq (0.25 \text{ m} ; h_{kat}/16 = 0.19 \text{ m})$ kontrolü yapılmış ve tüm perdeler için seçilen 0.3 m kalınlığın şartı sağladığı görülmüştür. Yönetmelik 7.6.1.1'deki enkesit yeterliliği şartına göre; $A_c = 3.5 \times 0.3 = 1.05 \text{ m}^2 \geq 8139.77 / (0.35 \times 25000) = 0.93 \text{ m}^2$ kontrolü yapılmış ve iki doğrultudaki tüm perdeler için bu şartın da sağlandığı görülmüştür.

8.3. Yapı-2'nin Modellenmesi ve Gerekli Kontrollerin Yapılması

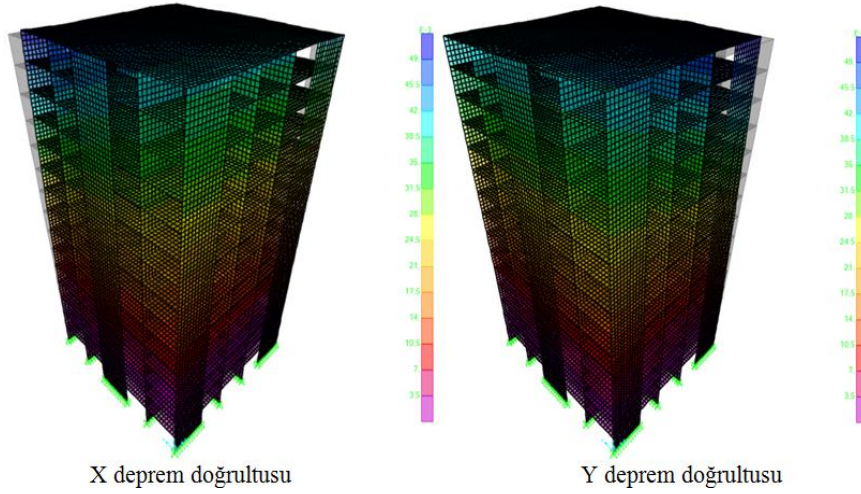
Söz konusu yapının, Zonguldak ili sınırları içinde (E: 41.452834°, B: 31.787382°), ZC yerel zemin sınıfında, kullanım amacının konut, kat adedinin 15 ve alanının 600 m² olduğu varsayılmıştır. Yapıda C40 sınıfında beton ve S420 beton çeliği kullanılmıştır. Düşey yüklerinin tamamının perdeler tarafından taşındığı durum göz önüne alınarak modellenen yapıda; x ve y doğrultularındaki perde sayıları (n_{bx} , n_{by}) sırasıyla 10 ve 8 seçilmiştir. Perde boyları ekte verilen Şekil A.17'deki grafiklerden yararlanılarak $l_{w,x} : 5.30 \text{ m}$, $l_{w,y} : 5.50 \text{ m}$ olarak belirlenmiştir. Yapının üç boyutlu analiz modeli Şekil 8.6'da verilmiştir. Programdan alınan değerler ile kontroller gerçekleştirilmiştir.



Şekil 8. 6 : Yapı-2'nin üç boyutlu analiz modeli.

Etkin görel kat ötelemeleri kontrolü :

Azaltılmış yerdeğiştirme değerleri $u_i^{(x)}$ ve $u_i^{(y)}$, SAP2000 Programında alınarak kontroller yapılmıştır. Hesap edilen değerler ile etkin görel kat ötelemeleri kontrolü Çizelge 8.6'da verilmiştir.



Şekil 8. 7 : X ve y doğrultılarındaki deprem etkileri altında yapıda oluşan şekildeğiştirme.

x ve y doğrultuları hakim doğal titreşim periyotları, $T_p^{(x)} = 1.668$ sn ve $T_p^{(y)} = 1.634$ sn olarak elde edilmiştir.

Tasarım spektral ivme katsayıları Deprem Tehlike Haritasından,

DD2 Yer Hareketi için; $S_{DS} = 0.680$, $S_{D1} = 0.234$

DD3 Yer Hareketi için; $S_{DS} = 0.226$, $S_{D1} = 0.091$

Yatay elastik spektral ivmeleri;

$$X \text{ doğrultusu için; } S_{ae}(T_p^{(X)})_{DD2} = 0.234 / 1.668 = 0.1403$$

$$S_{ae}(T_p^{(X)})_{DD3} = 0.091 / 1.668 = 0.0546$$

$$Y \text{ doğrultusu için, } S_{ae}(T_p^{(Y)})_{DD2} = 0.234 / 1.634 = 0.1432$$

$$S_{ae}(T_p^{(Y)})_{DD3} = 0.091 / 1.634 = 0.0557$$

X ve Y doğrultuları için λ ampirik katsayı değerleri;

$$\lambda_x = S_{ae}(T_p^{(X)})_{DD3} / S_{ae}(T_p^{(X)})_{DD2} = 0.0546 / 0.1403 = 0.38917$$

$$\lambda_y = S_{ae}(T_p^{(Y)})_{DD2} / S_{ae}(T_p^{(Y)})_{DD3} = 0.0557 / 0.1432 = 0.38897$$

Çizelge 8. 6 : X ve y doğrultuları deprem etkilerinde etkin görel kat ötelemeleri hesabı.

Kat	h_i	X				Y			
		$u_i^{(x)}$	$\Delta_i^{(x)}$	$\delta_i^{(x)} = R/I \Delta_i^{(x)}$	$\delta_i^{(x)} / h_i$	$u_i^{(y)}$	$\Delta_i^{(y)}$	$\delta_i^{(y)} = R/I \Delta_i^{(y)}$	$\delta_i^{(y)} / h_i$
		(mm)	(mm)	(mm)		(mm)	(mm)	(mm)	
15	3000	50.87	4.028	24.168	0.00806	52.04	4.038	24.228	0.00808
14	3000	46.84	4.089	24.534	0.00818	48.00	4.111	24.666	0.00822
13	3000	42.75	4.150	24.900	0.00830	43.89	4.185	25.110	0.00837
12	3000	38.60	4.203	25.218	0.00841	39.71	4.252	25.512	0.00850
11	3000	34.40	4.232	25.392	0.00846	35.46	4.298	25.788	0.00860
10	3000	30.17	4.227	25.362	0.00845	31.16	4.308	25.848	0.00862
9	3000	25.94	4.172	25.032	0.00834	26.85	4.269	25.614	0.00854
8	3000	21.77	4.058	24.348	0.00812	22.58	4.165	24.990	0.00833
7	3000	17.71	3.870	23.220	0.00774	18.42	3.989	23.934	0.00798
6	3000	13.84	3.601	21.606	0.00720	14.43	3.724	22.344	0.00745
5	3000	10.24	3.236	19.416	0.00647	10.70	3.360	20.160	0.00672
4	3000	7.00	2.766	16.596	0.00553	7.34	2.883	17.298	0.00577
3	3000	4.24	2.178	13.068	0.00436	4.46	2.281	13.686	0.00456
2	3000	2.06	1.461	8.766	0.00292	2.18	1.540	9.240	0.00308
1	3000	0.60	0.597	3.582	0.00119	0.64	0.639	3.834	0.00128

$\delta_{i,max}^{(X)}$ ve $\delta_{i,max}^{(Y)}$ değerleri sırası ile 25.392 mm ve 25.848 mm olarak hesap edilmiştir.

Kontrol;

$$\lambda_x \delta_{i,max}^{(X)} / h_i = 0.38917 \times 25.392 / 3000 = 0.0033 < 0.008 \kappa = 0.008 \times 1 = 0.008$$

$$\lambda_y \delta_{i,max}^{(Y)} / h_i = 0.38897 \times 25.848 / 3000 = 0.00335 < 0.008 \kappa = 0.008 \times 1 = 0.008$$

Görel kat ötelemesi değerleri her iki doğrultu için de sınır değerinin altındadır.

İkinci mertebe etkilerinin kontrolü :

Yapının her iki doğrultu için hesaplanan ikinci mertebe gösterge değerleri $\theta_{II,i}$, Çizelge 8.7’de verilmiş ve kontroller yapılmıştır.

Çizelge 8. 7 : X ve y doğrultuları deprem etkilerinde ikinci mertebe gösterge değeri hesabı.

Kat	h_i (mm)	w_k (kN)	Σw_k (kN)	(Δ_i) (mm)	F_{iEx} (kN)	$V_i^{(x)}$ (kN)	$\theta_{II,i}^{(x)}$	$(\Delta_i^{(y)})_{ort}$ (mm)	F_{iEy} (kN)	$V_i^{(y)}$ (kN)	$\theta_{II,i}^{(y)}$
15	3000	7200	7200	3.56	564,21	564,21	0,01514	3,607	576,08	576,08	0,01503
14	3000	7200	14400	3.62	261,46	825,67	0,02102	3,674	266,96	843,04	0,02092
13	3000	7200	21600	3.67	242,78	1068,45	0,02473	3,742	247,89	1090,93	0,02470
12	3000	7200	28800	3.72	224,11	1292,55	0,02761	3,805	228,82	1319,75	0,02768
11	3000	7200	36000	3.75	205,43	1497,98	0,03000	3,8485	209,75	1529,50	0,03019
10	3000	7200	43200	3.74	186,75	1684,74	0,03198	3,8605	190,68	1720,18	0,03232
9	3000	7200	50400	3.69	168,08	1852,82	0,03349	3,828	171,62	1891,80	0,03399
8	3000	7200	57600	3.59	149,40	2002,22	0,03446	3,7385	152,55	2044,35	0,03511
7	3000	7200	64800	3.43	130,73	2132,95	0,03473	3,582	133,48	2177,82	0,03553
6	3000	7200	72000	3.19	112,05	2245,00	0,03412	3,347	114,41	2292,23	0,03504
5	3000	7200	79200	2.87	93,38	2338,38	0,03239	3,0215	95,34	2387,58	0,03341
4	3000	7200	86400	2.45	74,70	2413,08	0,02928	2,595	76,27	2463,85	0,03033
3	3000	7200	93600	1.93	56,03	2469,11	0,02442	2,0545	57,21	2521,05	0,02543
2	3000	7200	100800	1.30	37,35	2506,46	0,01738	1,3885	38,14	2559,19	0,01823
1	3000	7200	108000	0.53	18,68	2525,13	0,00756	0,5775	19,07	2578,26	0,00806

$\theta_{II,max}^{(x)}$ ve $\theta_{II,max}^{(y)}$ değerleri sırası ile 0.03473 ve 0.03553 olarak hesaplanmıştır.

Kontrol;

$$\theta_{II,max}^{(x)} = 0.03473 \leq (0.12 \times D_x) / (C_h \times R_x) = (0.12 \times 2.5) / (0.5 \times 6) = 0.1$$

$$\theta_{II,max}^{(y)} = 0.03553 \leq (0.12 \times D_y) / (C_h \times R_y) = (0.12 \times 2.5) / (0.5 \times 6) = 0.1$$

İkinci mertebe etkilerinin tasarımda göz önüne alınması gerekli değildir.

A1 tipi burulma düzensizliği kontrolü :

Hesap edilen burulma düzensizliği katsayıları η_{bi} , Çizelge 8.8’de verilmiştir.

Çizelge 8. 8 : X ve y doğrultuları A1 tipi burulma düzensizliği kontrolü.

Kat	h_i (m)	$(\Delta_i^x)_{max}$ (m)	$(\Delta_i^x)_{min}$ (m)	$(\Delta_i^x)_{ort}$ (m)	$\eta_{bi}^{(x)}$	$(\Delta_i^y)_{max}$ (m)	$(\Delta_i^y)_{min}$ (m)	$(\Delta_i^y)_{ort}$ (m)	$\eta_{bi}^{(y)}$
15	3.00	0,00403	0,00309	0,00356	1,131	0,00404	0,00318	0,00361	1,119
14	3.00	0,00409	0,00314	0,00362	1,131	0,00411	0,00324	0,00367	1,119
13	3.00	0,00415	0,00319	0,00367	1,131	0,00419	0,00330	0,00374	1,118
12	3.00	0,00420	0,00323	0,00372	1,131	0,00425	0,00336	0,00381	1,117
11	3.00	0,00423	0,00326	0,00375	1,130	0,00430	0,00340	0,00385	1,117
10	3.00	0,00423	0,00326	0,00374	1,130	0,00431	0,00341	0,00386	1,116
9	3.00	0,00417	0,00322	0,00369	1,129	0,00427	0,00339	0,00383	1,115
8	3.00	0,00406	0,00313	0,00359	1,129	0,00417	0,00331	0,00374	1,114
7	3.00	0,00387	0,00299	0,00343	1,128	0,00399	0,00318	0,00358	1,114
6	3.00	0,00360	0,00278	0,00319	1,128	0,00372	0,00297	0,00335	1,113
5	3.00	0,00324	0,00250	0,00287	1,128	0,00336	0,00268	0,00302	1,112
4	3.00	0,00277	0,00214	0,00245	1,127	0,00288	0,00231	0,00260	1,111
3	3.00	0,00218	0,00169	0,00193	1,127	0,00228	0,00183	0,00205	1,110
2	3.00	0,00146	0,00113	0,00130	1,127	0,00154	0,00124	0,00139	1,109
1	3.00	0,00060	0,00046	0,00053	1,126	0,00064	0,00052	0,00058	1,106

İki doğrultu için de hesaplanan Burulma Düzensizliği Katsayılarının 1.2 sınır değerini aşmadığı görülmüştür.

B2 tipi komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (yumuşak kat) kontrolü :

Program verileri ile hesaplanan rijitlik düzensizliği katsayıları Çizelge 8.9'da verilmiştir.

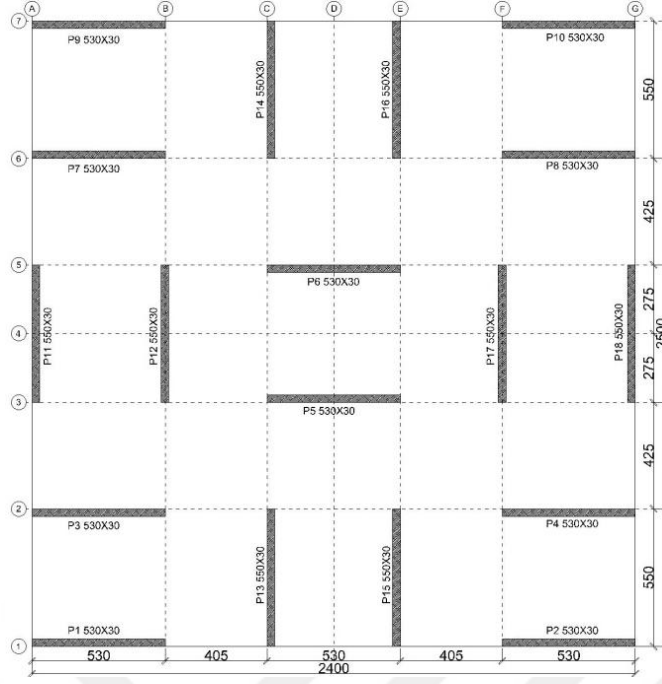
Çizelge 8. 9 : X ve y doğrultuları komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü.

Kat	h_i (m)	$(\Delta_i^x)_{ort}/h_i$	$\eta_{ki}^{(x)}$	$(\Delta_i^y)_{ort}/h_i$	$\eta_{ki}^{(y)}$
15	3.00	0,00119	-	0,00120	-
14	3.0	0,00121	1,015	0,00122	1,019
13	3.00	0,00122	1,015	0,00125	1,019
12	3.00	0,00124	1,013	0,00127	1,017
11	3.00	0,00125	1,007	0,00128	1,011
10	3.00	0,00125	0,999	0,00129	1,003
9	3.00	0,00123	0,987	0,00128	0,992
8	3.00	0,00120	0,973	0,00125	0,977
7	3.00	0,00114	0,954	0,00119	0,958
6	3.00	0,00106	0,931	0,00112	0,934
5	3.00	0,00096	0,899	0,00101	0,903
4	3.00	0,00082	0,855	0,00087	0,859
3	3.00	0,00064	0,788	0,00068	0,792
2	3.00	0,00043	0,671	0,00046	0,676
1	3.00	0,00018	0,409	0,00019	0,416

Görüldüğü üzere x ve y doğrultularında hesaplanan rijitlik düzensizliği katsayılarının 2.0 sınır değerini aşmamıştır. Rijitlik düzensizliği bulunmamaktadır.

Kritik perde yüksekliği ve uç bölgeleri uzunluklarının belirlenmesi :

Her iki doğrultu perdeleri için sınır şartlara uygun olarak; kritik perde yüksekliği, $H_{cr} = 7.50$ m, uç bölge uzunlukları $l_u = 1.10$ m seçilmiştir. Yapı 2 plan görünümü Şekil 8.8'de verilmiştir.



Şekil 8.8 : Yapı-2'nin plan görünümü.

Yapılan analizler sonucunda perde kesitlerinde oluşan en olumsuz zorlamalar, x doğrultusu için; $N_d = 11156.67$ kN, $V_d = 405.20$ kN, $M_d = 5471.60$ kNm, $N_{dm} = 11437.90$ kN ve y doğrultusu için; $N_d = 11339.95$, $V_d = 439.71$ kN, $M_d = 6118.48$ kNm, $N_{dm} = 11437.90$ kN olarak elde edilmiştir.

Perde donatılarının belirlenmesi :

Her iki doğrultu perdeleri için eşit donatı seçilmiştir.

Perde uç bölgeleri düşey donatıları sınır şartları;

$$A_{s,u\check{c},(x,y)} \geq 4\phi 14 = 615.75 \text{ mm}^2 \text{ olmalıdır.}$$

$$A_{s,u\check{c},(x)} \geq 0.002 \times b_w \times l_w = 0.002 \times 300 \times 5300 = 3180.00 \text{ mm}^2 \text{ olmalıdır.}$$

$$A_{s,u\check{c},(y)} \geq 0.002 \times b_w \times l_w = 0.002 \times 300 \times 5500 = 3300.00 \text{ mm}^2 \text{ olmalıdır.}$$

Uç bölgeleri düşey donatıları bütün perdelerde 18 Ø 16 (3619,11 mm²) seçilmiştir.

Perde uç bölgeleri enine donatıları sınır şartları;

$$A_{sh,(x,y)} / s \geq (2 / 3) \times 0.0075 \times 230 \times (40 / 420) = 0.110 \text{ mm}^2/\text{m} \text{ olmalıdır.}$$

$$s < b_w / 3 = 300 / 3 = 100 \text{ mm, } s < 150 \text{ mm, } s < 6 \times D = 6 \times 16 = 96 \text{ mm olmalıdır.}$$

Minimum uç bölgesi enine donatı çapı 8 mm olmalıdır.

Uç bölgeleri enine donatıları bütün perdelerde Ø10/90 (çift kollu) seçilmiştir.

Kontrol; $A_{sh,(x,y)} / s = 157.1 / 90 = 1.745 \text{ mm}^2/\text{m}$

Gövde düşey donatıları toplam enkesit alanı sınır şartı;

$A_{s,(x)} \geq \rho_{\min} \times b_w \times h = 0.0025 \times 300 \times 3100 = 2325.00 \text{ mm}^2$ olmalıdır.

$A_{s,(x)} \geq \rho_{\min} \times b_w \times h = 0.0025 \times 300 \times 3300 = 2475.00 \text{ mm}^2$ olmalıdır.

Gövde düşey donatıları bütün perdelerde 40 Ø16 (8042.48 mm²) seçilmiştir.

Gövde enine donatıları bütün perdelerde 2Ø10/100 seçilmiştir.

Kontrol; $\rho_{sh} = 157.1 / (300 \times 100) = 0.00524 > \rho_{sh,\min} = 0.0025$

Perdelerin kesme kuvveti dayanımları da seçilen bu donatılarla yapılacaktır.

Perdelerin Kesme Güvenliği ve Kesit Yeterliliği Kontrolü :

Kesme güvenliği kontrolü :

Perdelere etkiye eksenel kuvvete karşılık gelen moment taşıma gücü kapasiteleri karşılıklı etki diyagramlarında; x doğrultusu için $(M_r)_t = 28107.07 \text{ kNm}$, y doğrultusu için $(M_r)_t = 29917.42 \text{ kNm}$ olarak okunmuştur.

Buna göre enine donatı hesabında esas alınacak olan tasarım kesme kuvveti;

$$V_e^{(x)} = 1 \times 1.25 \times 28107.07 \times 405.20 / 5471.60 = 2601.84 \text{ kN}$$

$$V_e^{(y)} = 1 \times 1.25 \times 29917.42 \times 439.71 / 6118.48 = 2687.55 \text{ kN}$$

Perdelerin kesme kuvveti dayanımı;

$$V_{r,x} = 300 \times 5300 \times (0.65 \times 1.48 + 0.00524 \times 365) / 1000 = 4570.61 \text{ kN}$$

$$V_{r,y} = 300 \times 5500 \times (0.65 \times 1.48 + 0.00524 \times 365) / 1000 = 4743.09 \text{ kN}$$

Yönetmelik 7.18 şartlarına göre perde kesme güvenliği kontrolü;

$$V_e^{(x)} = 2601.84 \text{ kN} \leq V_{r,x} = 4570.61 \text{ kN}, V_e^{(y)} = 2687.55 \text{ kN} \leq V_{r,y} = 4743.09 \text{ kN}$$

Boşluksuz perdeler için;

$$V_e^{(x)} = 2601.84 \text{ kN} \leq 0.85 \times 300 \times 5300 \times \sqrt{40} / 1000 = 8547.64 \text{ kN}$$

$$V_e^{(y)} = 2687.55 \text{ kN} \leq 0.85 \times 300 \times 5500 \times \sqrt{40} / 1000 = 8870.19 \text{ kN}$$

TBDY 2018 7.19'a göre sürtünme kesmesi kontrolü;

$$V_e^{(x)} = 2601.84 \text{ kN}, V_e^{(y)} = 2687.55 \text{ kN} \leq$$

$$(1.48 \times 1100 \times 300 \times 2 + 0.6 \times 15280.71 \times 365) / 1000 = 4323.28 \text{ kN}$$

$$V_e^{(x)} = 2601.84 \text{ kN}, V_e^{(y)} = 2687.55 \text{ kN} \leq \min [5280.00 \text{ kN} ; 4290.00 \text{ kN}] = 5280.00 \text{ kN}$$

TS500'e göre sürtünme kesmesi kontrolü;

$$V_e^{(x)} = 2601.84 \text{ kN}, V_e^{(y)} = 2687.55 \text{ kN} \leq 0.01528 \times 365 \times 0.6 \times 1000 = 3346.32 \text{ kN}$$

Kesit yeterliliği kontrolü :

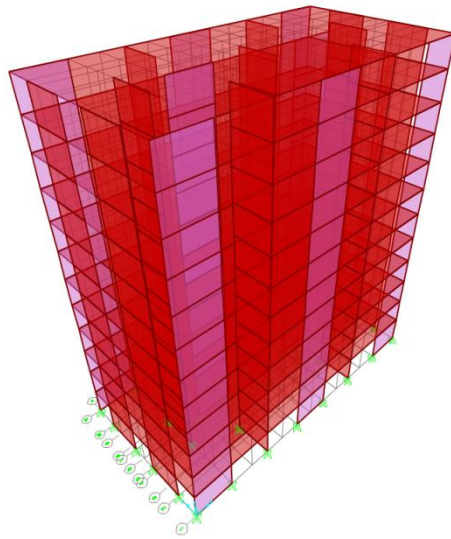
$$x \text{ doğrultusu perdeleri için}; A_c = 5.3 \times 0.3 = 1.59 \text{ m}^2 \geq 11437.90 / (0.35 \times 40000) = 0.817 \text{ m}^2$$

$$y \text{ doğrultusu perdeleri için}; A_c = 5.5 \times 0.3 = 1.65 \text{ m}^2 \geq 11437.90 / (0.35 \times 40000) = 0.817 \text{ m}^2$$

$$x \text{ ve } y \text{ doğrultuları perdeleri için } b_w = 0.3 \text{ m} \geq (0.25 \text{ m} ; h_{kat}/16 = 0.19 \text{ m})$$

8.4. Yapı-3'n Modellenmesi ve Gerekli Kontrollerin Yapılması

Yapının, Sivas ili sınırları içinde (E: 39.7222426°, B:37.340019°), ZC yerel zemin sınıfında, kat adedinin 12 ve alanının 500 m² olduğu varsayılmıştır. Yapıda C30 sınıfında beton kullanılmıştır. Yapı yükünün tamamının perdeler tarafından taşındığı durum göz önüne alınarak modellenen yapıda; x ve y doğrultularındaki perde sayıları n_{bx} : 8, n_{by} : 11 seçilmiştir. Perde boyları ekte verilen şekil A.12'deki grafiklerden yararlanılarak l_{w,x} : 4.30 m, l_{w,y} : 4.00 m olarak belirlenmiştir.. Yapının  boyutlu analiz modeli şekil 8.9'da verilmiştir. Programdan alınan değerler ile kontroller gerçekleştirilmiştir.



şekil 8. 9 : Yapı-3'n  boyutlu analiz modeli.

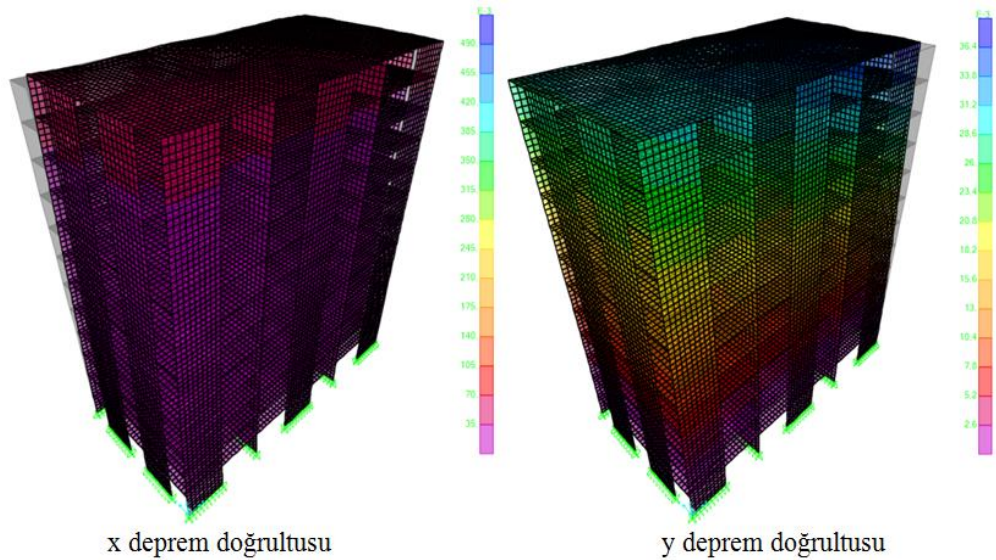
SAP 2000'den alınan değerler ile hesap edilen göreceli kat öteleme, ikinci mertbe gösterge değerleri $\theta_{II,i}$, burulma düzensizliği katsayıları η_{bi} , rijitlik düzensizliği katsayıları η_{ki} Çizelge 8.10'da verilmiştir.

Çizelge 8. 10 : X ve y doğrultuları deprem etkilerinde, yapılacak kontroller için hesaplanan değerler.

Kat	h_i (mm)	x					y				
		$(\Delta_i^{(x)})_{ort}$	$\delta_i^{(x)} / h_i$	$\theta_{II,i}^{(x)}$	$\eta_{bi}^{(x)}$	$\eta_{ki}^{(x)}$	$(\Delta_i^{(y)})_{ort}$	$\delta_i^{(y)} / h_i$	$\theta_{II,i}^{(y)}$	$\eta_{bi}^{(y)}$	$\eta_{ki}^{(y)}$
12	3000	0,00398	0,00820	0,01729	1,03080	-	0,00308	0,00708	0,01201	1,15168	-
11	3000	0,00408	0,00841	0,02276	1,03089	1,02552	0,00317	0,00731	0,01591	1,15141	1,03186
10	3000	0,00418	0,00862	0,02640	1,03097	1,02513	0,00328	0,00755	0,01861	1,15087	1,03387
9	3000	0,00426	0,00879	0,02938	1,03133	1,01913	0,00337	0,00775	0,02088	1,15045	1,02713
8	3000	0,00429	0,00884	0,03183	1,03125	1,00622	0,00342	0,00786	0,02281	1,15004	1,01454
7	3000	0,00423	0,00874	0,03364	1,03153	0,98752	0,00340	0,00782	0,02429	1,14957	0,99532
6	3000	0,00408	0,00841	0,03456	1,03166	0,96233	0,00330	0,00758	0,02515	1,14914	0,96944
5	3000	0,00378	0,00781	0,03424	1,03186	0,92822	0,00308	0,00709	0,02509	1,14883	0,93483
4	3000	0,00333	0,00688	0,03225	1,03179	0,88143	0,00274	0,00628	0,02379	1,14818	0,88732
3	3000	0,00270	0,00558	0,02798	1,03202	0,81029	0,00223	0,00512	0,02077	1,14811	0,81546
2	3000	0,00186	0,00383	0,02066	1,03203	0,68758	0,00154	0,00354	0,01542	1,14749	0,69124
1	3000	0,00077	0,00159	0,00921	1,03255	0,41346	0,00064	0,00146	0,00688	1,14734	0,41361

Etkin göreceli kat ötelemeleri kontrolü :

%5 ek dışmerkezlikle etkiyen kuvvet altındaki modelin davranışı Şekil 8.10'da gösterilmiştir.



Şekil 8. 10 : X ve y doğrultularındaki deprem etkileri altında yapıda oluşan şekildeğiştirme.

x ve y doğrultuları hakim doğal titreşim periyotları, $T_p^{(x)} = 1.445$ sn ve $T_p^{(y)} = 1.299$ sn olarak elde edilmiştir.

Tasarım spektral ivme katsayıları Deprem Tehlike Haritasından,

DD2 Yer Hareketi için; $S_{DS} = 0.546$, $S_{D1} = 0.241$

DD3 Yer Hareketi için; $S_{DS} = 0.213$, $S_{D1} = 0.099$

Yatay elastik spektral ivmeleri;

X doğrultusu için; $S_{ae}(T_p^{(X)})_{DD2} = 0.241 / 1.445 = 0.1668$

$$S_{ae}(T_p^{(X)})_{DD3} = 0.099 / 1.445 = 0.0685$$

Y doğrultusu için; $S_{ae}(T_p^{(Y)})_{DD2} = 0.234 / 1.299 = 0.1855$

$$S_{ae}(T_p^{(Y)})_{DD3} = 0.099 / 1.299 = 0.0762$$

X ve Y doğrultuları için λ ampirik katsayı değerleri;

$$\lambda_x = S_{ae}(T_p^{(X)})_{DD3} / S_{ae}(T_p^{(X)})_{DD2} = 0.0685 / 0.1668 = 0.41067$$

$$\lambda_y = S_{ae}(T_p^{(Y)})_{DD2} / S_{ae}(T_p^{(Y)})_{DD3} = 0.0762 / 0.1855 = 0.41078$$

$\delta_{i,max}^{(X)} / h_i$ ve $\delta_{i,max}^{(Y)} / h_i$ değerleri sırası ile 0.00884 ve 0.00786 olarak hesap edilmiştir.

Kontrol;

$$\lambda_x \delta_{i,max}^{(X)} / h_i = 0.41067 \times 0.00884 = 0.0036 < 0.008 \kappa = 0.008 \times 1 = 0.008$$

$$\lambda_y \delta_{i,max}^{(Y)} / h_i = 0.41078 \times 0.00786 = 0.0032 < 0.008 \kappa = 0.008 \times 1 = 0.008$$

Görelî kat ötelemesi değerleri her iki doğrultu için de sınır değerîn altındadır.

İkinci mertebe etkilerinin kontrolü :

$\theta_{II,max}^{(x)}$ ve $\theta_{II,max}^{(y)}$ değerleri sırası ile 0.03456 ve 0.02515 olarak hesaplanmıştır.

Kontrol;

$$\theta_{II,max}^{(x)} = 0.03456 \leq (0.12 \times D_x) / (C_h \times R_x) = (0.12 \times 2.5) / (0.5 \times 6) = 0.1$$

$$\theta_{II,max}^{(y)} = 0.02515 \leq (0.12 \times D_y) / (C_h \times R_y) = (0.12 \times 2.5) / (0.5 \times 6) = 0.1$$

İkinci mertebe etkilerinin göz önüne alınması gerekli değildir.

A1 tipi burulma düzensizliğı kontrolü :

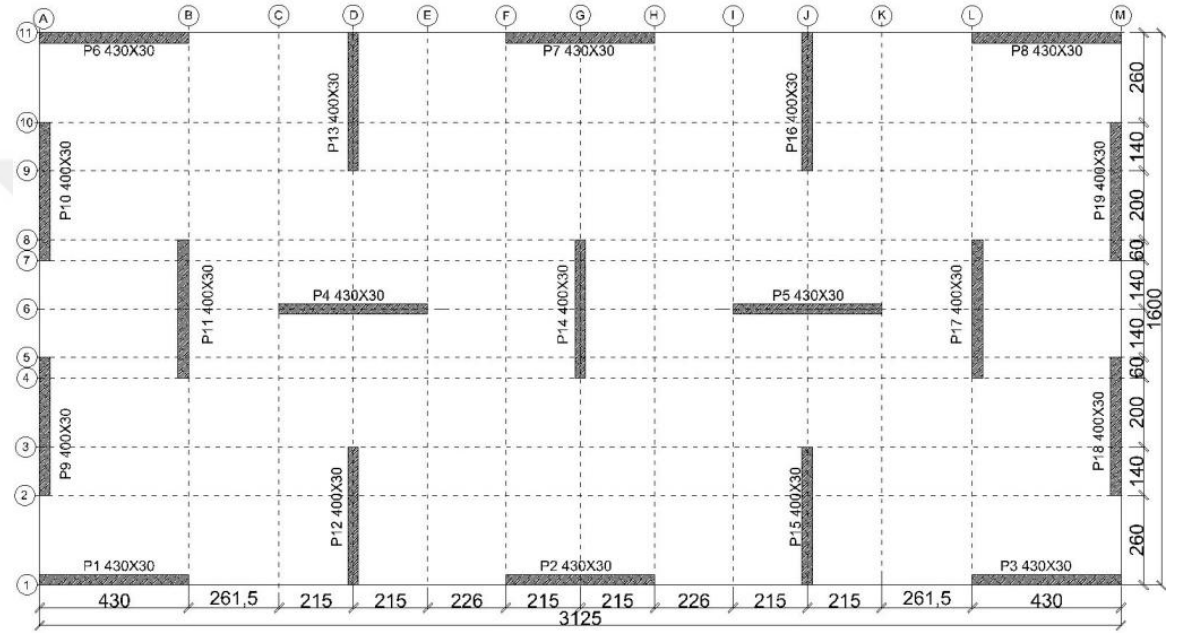
Hesaplanan Burulma Düzensizliğı Katsayıları (η_{bi}), iki doğrultu için de 1.20 sınır değerînin altındadır. Yapıda burulma düzensizliğı yoktur.

B2 tipi komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (yumuşak kat) kontrolü :

Görüldüğü üzere x ve y doğrultularında hesaplanan rijitlik düzensizliği katsayıları (η_{ki}), 2.00 sınır değerini aşmamıştır. Rijitlik düzensizliği bulunmamaktadır.

Kritik perde yüksekliği ve uç bölgeleri uzunluklarının belirlenmesi :

Kritik perde yüksekliği her iki doğrultu perdeleri için, $H_{cr} = 6.00$ m, uç bölge uzunlukları x doğrultusu perdeleri için; $L_{uç} = 0.90$ m, y doğrultusu perdeleri için; $l_u = 0.80$ m seçilmiştir. Yapı 3 plan görünümü Şekil 8.11’de verilmiştir.



Şekil 8. 11 : Yapı-3'ün plan görünümü.

Yapılan analizler sonucunda perde kesitlerinde oluşan en olumsuz zorlamalar, x doğrultusu için; $N_d = 7381.32$ kN, $V_d = 285.30$ kN, $M_d = 2970.21$ kNm, $N_{dm} = 9843.43$ kN ve y doğrultusu için; $N_d = 9843.43$, $V_d = 266.33$ kN, $M_d = 2625.57$ kNm, $N_{dm} = 9843.43$ kN olarak elde edilmiştir.

Perde donatılarının belirlenmesi :

Perde uç bölgeleri düşey donatıları sınır şartları;

$$A_{s,u\check{c},(x,y)} \geq 4\phi 14 = 615.75 \text{ mm}^2 \text{ olmalıdır.}$$

$$A_{s,u\check{c},(x)} \geq 0.002 \times b_w \times l_w = 0.002 \times 300 \times 4300 = 2580.00 \text{ mm}^2 \text{ olmalıdır.}$$

$$A_{s,u\check{c},(y)} \geq 0.002 \times b_w \times l_w = 0.002 \times 300 \times 4000 = 2400.00 \text{ mm}^2 \text{ olmalıdır.}$$

Uç bölgeleri düşey donatıları bütün perdelerde 10 ϕ 20 (3141.59 mm^2) seçilmiştir.

Perde uç bölgeleri enine donatıları sınır şartları;

$$A_{sh,(x,y)} / s \geq (2 / 3) \times 0.0075 \times 230 \times (30 / 420) = 0.0821 \text{ mm}^2/\text{m olmalıdır.}$$

$$s < b_w / 3 = 300 / 3 = 100 \text{ mm, } s < 150 \text{ mm, } s < 6 \times D = 6 \times 20 = 120 \text{ mm olmalıdır.}$$

Minimum uç bölgesi enine donatı çapı 8 mm olmalıdır.

Uç bölgeleri enine donatıları bütün perdelerde Ø10/100 (çift kollu) seçilmiştir.

$$\text{Kontrol; } A_{sh,(x,y)} / s = 157.1 / 100 = 1.571 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Gövde düşey donatıları toplam enkesit alanı sınır şartı;

$$A_{s,(x)} \geq \rho_{\min} \times b_w \times h = 0.0025 \times 300 \times 2500 = 1875.00 \text{ mm}^2 \text{ olmalıdır.}$$

$$A_{s,(y)} \geq \rho_{\min} \times b_w \times h = 0.0025 \times 300 \times 2400 = 1800.00 \text{ mm}^2 \text{ olmalıdır.}$$

Gövde düşey donatıları; x yönü perdelerinde 22 Ø16 (4423.36 mm²), y yönü perdelerinde 20 Ø16 (4021.24 mm²) seçilmiştir.

Gövde enine donatıları bütün perdelerde 2Ø10/100 seçilmiştir.

$$\text{Kontrol; } \rho_{sh} = 157.1 / (300 \times 100) = 0.00524 > \rho_{sh,\min} = 0.0025$$

Perdelerin kesme kuvveti dayanımları da seçilen bu donatılarla yapılacaktır.

Perdelerin kesme güvenliği ve kesit yeterliliği kontrolü :

Kesme güvenliği kontrolü :

Perdelere etkiye eksenel kuvvete karşılık gelen moment taşıma gücü kapasiteleri karşılıklı etki diyagramlarında; x doğrultusu için (M_r)_t = 15297.49 kNm, y doğrultusu için (M_r)_t = 14130.50 kNm olarak okunmuştur.

Buna göre enine donatı hesabında esas alınacak olan tasarım kesme kuvveti;

$$V_e^{(x)} = 1 \times 1.25 \times 15297.49 \times 285.30 / 2970.21 = 1836.72 \text{ kN}$$

$$V_e^{(y)} = 1 \times 1.25 \times 14130.50 \times 266.33 / 2625.57 = 1791.69 \text{ kN}$$

Perdelerin kesme kuvveti dayanımı;

$$V_{r,x} = 300 \times 4300 \times (0.65 \times 1.28 + 0.00524 \times 365) / 1000 = 3540.53 \text{ kN}$$

$$V_{r,y} = 300 \times 4000 \times (0.65 \times 1.28 + 0.00524 \times 365) / 1000 = 3270.12 \text{ kN}$$

Yönetmelik 7.18 şartlarına göre perde kesme güvenliği kontrolü;

$$V_e^{(x)} = 1836.72 \text{ kN} \leq V_{r,x} = 3540.53 \text{ kN, } V_e^{(y)} = 1791.69 \text{ kN} \leq V_{r,y} = 3270.12 \text{ kN}$$

Boşluksuz perdeler için;

$$V_e^{(x)} = 1836.72 \text{ kN} \leq 0.85 \times 300 \times 4300 \times \sqrt{30} / 1000 = 6005.78 \text{ kN}$$

$$V_e^{(y)} = 1791.69 \text{ kN} \leq 0.85 \times 300 \times 4000 \times \sqrt{30} / 1000 = 5586.77 \text{ kN}$$

TBDY 2018 7.19'a göre sürtünme kesmesi kontrolü;

$$V_e^{(x)} = 1836.72 \text{ kN} \leq (1.28 \times 900 \times 300 \times 2 + 0.6 \times 10706.55 \times 365) / 1000 = 3035.93 \text{ kN}$$

$$V_e^{(y)} = 1791.69 \text{ kN} \leq (1.28 \times 800 \times 300 \times 2 + 0.6 \times 10304.42 \times 365) / 1000 = 2871.07 \text{ kN}$$

$$V_e^{(x)} = 1836.72 \text{ kN} \leq \min [3240.00 \text{ kN} ; 3078.00 \text{ kN}] = 3078.00 \text{ kN}$$

$$V_e^{(y)} = 1791.69 \text{ kN} \leq \min [2880.00 \text{ kN} ; 2736.00 \text{ kN}] = 2736.00 \text{ kN}$$

TS500'e göre sürtünme kesmesi kontrolü;

$$V_e^{(x)} = 1836.72 \text{ kN} \leq 0.010706 \times 365 \times 0.6 \times 1000 = 2344.61 \text{ kN}$$

$$V_e^{(y)} = 1791.69 \text{ kN} \leq 0.010304 \times 365 \times 0.6 \times 1000 = 2256.58 \text{ kN}$$

Kesit yeterliliği kontrolü :

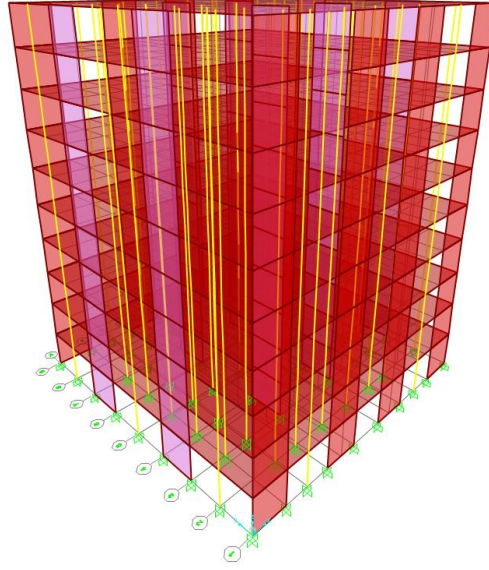
$$x \text{ doğrultusu perdeleri için; } A_c = 4.30 \times 0.3 = 1.59 \text{ m}^2 \geq 9843.43 / (0.35 \times 30000) = 0.937 \text{ m}^2$$

$$y \text{ doğrultusu perdeleri için; } A_c = 4.00 \times 0.3 = 1.20 \text{ m}^2 \geq 9843.43 / (0.35 \times 30000) = 0.937 \text{ m}^2$$

$$x \text{ ve } y \text{ doğrultuları perdeleri için } b_w = 0.3 \text{ m} \geq (0.25 \text{ m} ; h_{kat}/16 = 0.19 \text{ m})$$

8.5. Yapı-4'ün Modellenmesi ve Gerekli Kontrollerin Yapılması

Yapının, İstanbul ili sınırları içinde (E: 41.015872°, B:28.941747°), ZA yerel zemin sınıfında, kat adedinin 10 ve alanının 576 m² olduğu varsayılmıştır. Yapıda C25 sınıfında beton kullanılmıştır. Yapı ağırlığının %50'sinin perdeler tarafından taşındığı durum göz önüne alınarak modellenen yapıda; x ve y doğrultularındaki perde sayıları $n_{bx} : 8$, $n_{by} : 8$ seçilmiştir. Perde boyları ekte bulunan Şekil A.52'deki grafiklerden $l_{w,x,y} : 3.10 \text{ m}$ okunmuştur. Yapının üç boyutlu analiz modeli Şekil 8.12'de verilmiştir. Programdan alınan değerler ile kontroller gerçekleştirilmiştir.



Şekil 8. 12 : Yapı-4'ün üç boyutlu analiz modeli.

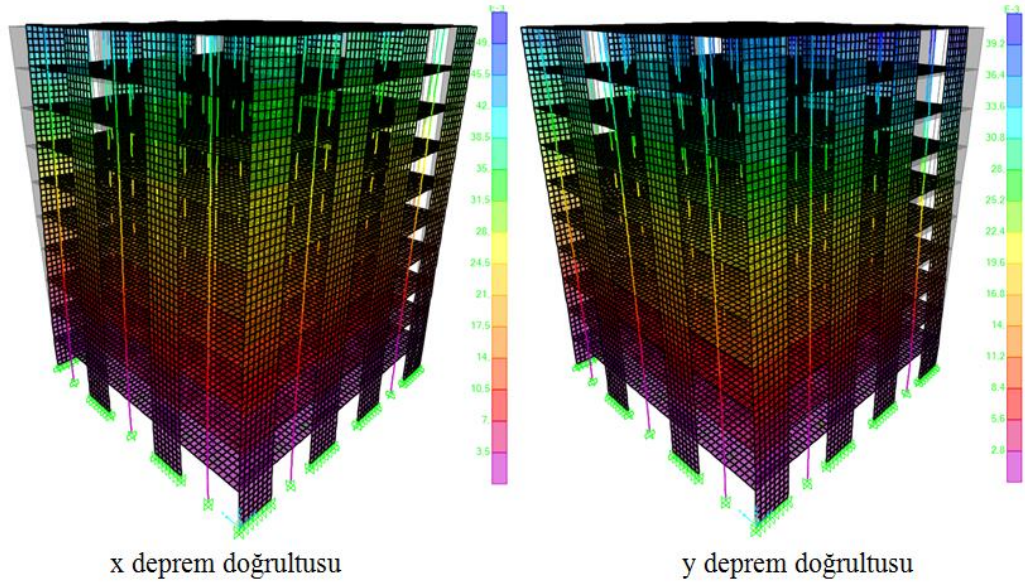
SAP 2000'den alınan değerler ile hesap edilen göreceli kat öteleme, ikinci mertebe gösterge değerleri $\theta_{II,i}$, burulma düzensizliği katsayıları η_{bi} , rijitlik düzensizliği katsayıları η_{ki} Çizelde 8.11'de verilmiştir.

Çizelge 8. 11 : X ve y doğrultuları deprem etkilerinde, yapılacak kontroller için hesaplanan değerler.

Kat	h_i (mm)	x					y				
		$(\Delta_i^x)_{ort}$	$\delta_i^{(x)}/h_i$	$\theta_{II,i}^{(x)}$	$\eta_{bi}^{(x)}$	$\eta_{ki}^{(x)}$	$(\Delta_i^y)_{ort}$	$\delta_i^{(y)}/h_i$	$\theta_{II,i}^{(y)}$	$\eta_{bi}^{(y)}$	$\eta_{ki}^{(y)}$
10	3000	0,00414	0,00907	0,02328	1,09536	-	0,00371	0,00821	0,02015	1,10656	-
9	3000	0,00443	0,00968	0,03067	1,09362	1,06893	0,00401	0,00884	0,02680	1,10323	1,07921
8	3000	0,00473	0,01032	0,03664	1,09126	1,06798	0,00432	0,00950	0,03231	1,09997	1,07764
7	3000	0,00499	0,01086	0,04214	1,08905	1,05446	0,00459	0,01007	0,03747	1,09683	1,06348
6	3000	0,00512	0,01113	0,04679	1,08711	1,02688	0,00475	0,01039	0,04192	1,09382	1,03442
5	3000	0,00506	0,01098	0,04987	1,08539	0,98809	0,00472	0,01031	0,04498	1,09135	0,99474
4	3000	0,00473	0,01025	0,05033	1,08361	0,93507	0,00445	0,00968	0,04568	1,08886	0,94104
3	3000	0,00405	0,00877	0,04667	1,08178	0,85689	0,00383	0,00833	0,04263	1,08662	0,86232
2	3000	0,00293	0,00634	0,03670	1,07994	0,72370	0,00279	0,00606	0,03376	1,08394	0,72880
1	3000	0,00125	0,00268	0,01702	1,07748	0,42458	0,00120	0,00259	0,01581	1,08058	0,42867

Etkin göreceli kat ötelemeleri kontrolü :

%5 ek dışmerkezlikle etkiyen kuvvet altındaki modelin davranışı Şekil 8.13'de gösterilmiştir.



Şekil 8. 13 : X ve y doğrultularındaki deprem etkileri altında yapıda oluşan şekildeğişirme.

x ve y doğrultuları hakim doğal titreşim periyotları, $T_p^{(X)} = 1.469$ sn ve $T_p^{(Y)} = 1.419$ sn olarak elde edilmiştir.

Tasarım spektral ivme katsayıları Deprem Tehlike Haritasından,

DD2 Yer Hareketi için; $S_{DS} = 0.776$, $S_{D1} = 0.215$

DD3 Yer Hareketi için; $S_{DS} = 0.303$, $S_{D1} = 0.084$

Yatay elastik spektral ivmeleri;

x doğrultusu için; $S_{ae}(T_p^{(X)})_{DD2} = 0.1464$, $S_{ae}(T_p^{(X)})_{DD3} = 0.0572$

y doğrultusu için, $S_{ae}(T_p^{(Y)})_{DD2} = 0.1515$, $S_{ae}(T_p^{(Y)})_{DD3} = 0.0592$

Ampirik katsayı değerleri; $\lambda_x = 0.3907$ ve $\lambda_y = 0.3908$ bulunmuştur.

$\delta_{i,max}^{(X)} / h_i$ ve $\delta_{i,max}^{(Y)} / h_i$ değerleri sırası ile 0.01113 ve 0.01039 olarak hesap edilmiştir.

Kontrol;

$$\lambda_x \delta_{i,max}^{(X)} / h_i = 0.3907 \times 0.01113 = 0.0043 < 0.008 \quad \kappa = 0.008 \times 1 = 0.008$$

$$\lambda_y \delta_{i,max}^{(Y)} / h_i = 0.3908 \times 0.01039 = 0.0041 < 0.008 \quad \kappa = 0.008 \times 1 = 0.008$$

Görelî kat ötelemesi değerleri her iki doğrultu için de sınır değerin altındadır.

İkinci mertebe etkilerinin kontrolü :

$\theta_{II,max}^{(x)}$ ve $\theta_{II,max}^{(y)}$ değerleri sırası ile 0.05033 ve 0.04568 olarak hesaplanmıştır.

Kontrol;

$$\theta_{II,max}^{(x)} = 0.05033 \leq (0.12 \times D_x) / (C_h \times R_x) = (0.12 \times 2.5) / (0.5 \times 6) = 0.1$$

$$\theta_{II,max}^{(y)} = 0.04568 \leq (0.12 \times D_y) / (C_h \times R_y) = (0.12 \times 2.5) / (0.5 \times 6) = 0.1$$

İkinci merteye etkilerinin göz önüne alınması gerekli değildir.

A1 tipi burulma düzensizliği kontrolü :

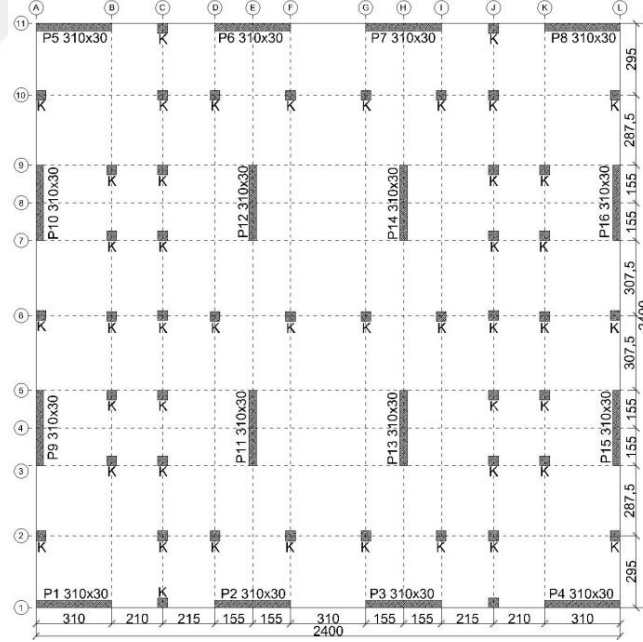
Hesaplanan Burulma Düzensizliği Katsayıları (η_{bi}), iki doğrultu için de 1.20 sınır değerinin altındadır. Yapıda burulma düzensizliği yoktur.

B2 tipi komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (yumuşak kat) kontrolü :

Görüldüğü üzere x ve y doğrultularında hesaplanan rijitlik düzensizliği katsayıları (η_{ki}), 2.00 sınır değerini aşmamıştır. Rijitlik düzensizliği bulunmamaktadır.

Kritik perde yüksekliği ve uç bölgeleri uzunluklarının belirlenmesi :

Her iki doğrultu perdeleri için sınır şartlara uygun olarak; kritik perde yüksekliği, $H_{cr} = 5.00$ m, uç bölge uzunlukları $l_u = 0.70$ m seçilmiştir. Yapı 4 plan görünümü Şekil 8.14'de verilmiştir.



Şekil 8.14 : Yapı-4'ün plan görünümü.

Yapılan analizler sonucunda perde kesitlerinde oluşan en olumsuz zorlamalar, x doğrultusu için; $N_d = 1564.81$ kN, $V_d = 248.74$ kN, $M_d = 1915.01$ kNm, $N_{dm} = 4753.72$ kN ve y doğrultusu için; $N_d = 4737.32$ kN, $V_d = 238.64$ kN, $M_d = 1896.91$ kNm, $N_{dm} = 4753.72$ kN olarak elde edilmiştir.

Perde donatılarının belirlenmesi :

Perde uç bölgeleri düşey donatıları sınır şartları;

$$A_{s,u\check{c},(x,y)} \geq 4\phi 14 = 615.75 \text{ mm}^2 \text{ olmalıdır.}$$

$$A_{s,u\check{c},(x,y)} \geq 0.002 \times b_w \times l_w = 0.002 \times 300 \times 3100 = 1860.00 \text{ mm}^2 \text{ olmalıdır.}$$

Uç bölgeleri düşey donatıları bütün perdelerde 10 Ø 20 (3141.59 mm²) seçilmiştir.

Perde uç bölgeleri enine donatıları sınır şartları;

$$A_{sh,(x,y)} / s \geq (2 / 3) \times 0.0075 \times 230 \times (25 / 420) = 0.0685 \text{ mm}^2/\text{m} \text{ olmalıdır.}$$

$s < b_w / 3 = 300 / 3 = 100 \text{ mm}$, $s < 150 \text{ mm}$, $s < 6 \times D = 6 \times 20 = 120 \text{ mm}$, $\phi_{u\check{c}} \geq 8 \text{ mm}$ olmalıdır.

Uç bölgeleri enine donatıları bütün perdelerde Ø10/100 (çift kollu) seçilmiştir.

$$\text{Kontrol; } A_{sh,(x,y)} / s = 157.1 / 100 = 1.571 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Gövde düşey donatıları toplam enkesit alanı sınır şartı;

$$A_{s,(x,y)} \geq \rho_{\min} \times b_w \times h = 0.0025 \times 300 \times 1700 = 1275.00 \text{ mm}^2 \text{ olmalıdır.}$$

Gövde düşey donatıları her iki doğrultu perdelerinde 20Ø16 (4021.24 mm²) seçilmiştir.

Gövde enine donatıları bütün perdelerde 2Ø10/100 seçilmiştir.

$$\text{Kontrol; } \rho_{sh} = 157.1 / (300 \times 100) = 0.00524 > \rho_{sh,\min} = 0.0025$$

Kesme kuvvetlerine karşı dayanımlar seçilen bu donatılarla yapılacaktır.

Perdelerin kesme güvenliği ve kesit yeterliliği kontrolü :

Kesme güvenliği kontrolü :

Perdelerin taşıma gücü kapasiteleri karşılıklı etki diyagramlarında; x doğrultusu için $(M_r)_t = 6273.19 \text{ kNm}$, y doğrultusu için $(M_r)_t = 7925.06 \text{ kNm}$ bulunmuştur.

Buna göre enine donatı hesabında esas alınacak olan tasarım kesme kuvveti;

$$V_e^{(x)} = 1 \times 1.25 \times 6273.19 \times 248.74 / 1915.01 = 1018.53 \text{ kN}$$

$$V_e^{(y)} = 1 \times 1.25 \times 7925.06 \times 238.64 / 1896.91 = 1246.26 \text{ kN}$$

Perdelerin kesme kuvveti dayanımı;

$$V_{r,(x,y)} = 300 \times 3100 \times (0.65 \times 1.17 + 0.00524 \times 365) / 1000 = 2485.98 \text{ kN}$$

Yönetmelik 7.18 şartlarına göre perde kesme güvenliği kontrolü;

$$V_e^{(x)} = 1018.53 \text{ kN}, V_e^{(y)} = 1246.26 \text{ kN} \leq V_{r,(x,y)} = 2485.98 \text{ kN}$$

Boşluksuz perdeler için;

$$V_e^{(x)} = 1018.53 \text{ kN}, V_e^{(y)} = 1246.26 \text{ kN} \leq 0.85 \times 300 \times 3100 \times \sqrt{25} / 1000 = 3952.50 \text{ kN}$$

TBDY 2018 7.19'a göre sürtünme kesmesi kontrolü;

$$V_e^{(x)} = 1018.53 \text{ kN} \leq (1.17 \times 700 \times 300 \times 2 + 0.6 \times 10304.42 \times 365) / 1000 = 2748.07 \text{ kN}$$

$$V_e^{(y)} = 1246.26 \text{ kN} \leq (1.17 \times 700 \times 300 \times 2 + 0.6 \times 10304.42 \times 365) / 1000 = 2748.07 \text{ kN}$$

$$V_e^{(x)} = 1018.53 \text{ kN}, V_e^{(y)} = 1246.26 \text{ kN} \leq \min [2100.00 \text{ kN} ; 2226.00 \text{ kN}] = 2100.00 \text{ kN}$$

TS500'e göre sürtünme kesmesi kontrolü;

$$V_e^{(x)} = 1018.53 \text{ kN}, V_e^{(y)} = 1246.26 \text{ kN} \leq 0.010304 \times 365 \times 0.6 \times 1000 = 2256.58 \text{ kN}$$

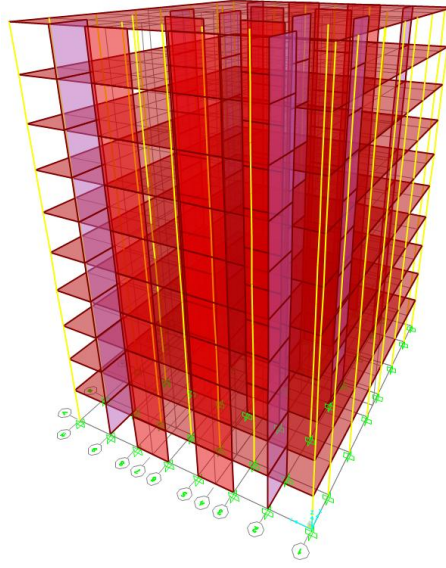
Kesit yeterliliği kontrolü :

$$A_{c,(x,y)} = 3.1 \times 0.3 = 0.93 \text{ m}^2 \geq 4753.72 / (0.35 \times 25000) = 0.543 \text{ m}^2$$

$$x \text{ ve } y \text{ doğrultuları perdeleri için } b_w = 0.3 \text{ m} \geq (0.25 \text{ m} ; h_{kat}/16 = 0.19 \text{ m})$$

8.6. Yapı-5'in Modellenmesi ve Gerekli Kontrollerin Yapılması

Yapının, İstanbul ili sınırları içinde (E: 41.015872°, B:28.941747°), ZA yerel zemin sınıfında, kat adedinin 10 ve alanının 500 m² olduğu varsayılmıştır. Yapıda C40 sınıfında beton kullanılmıştır. Yapı ağırlığının %50'sinin perdeler tarafından taşındığı durum göz önüne alınarak modellenen yapıda; x ve y doğrultularındaki perde sayıları $n_{bx} : 8, n_{by} : 8$ seçilmiştir. Perde boyları ekte sunulan Şekil A.55'deki grafiklerden $l_{w,(x,y)} : 2.90 \text{ m}$ okunmuştur. Yapının üç boyutlu analiz modeli şekil 8.15'de verilmiştir. Programdan alınan değerler ile kontroller gerçekleştirilmiştir.



Şekil 8. 15 : Yapı-5'in üç boyutlu analiz modeli.

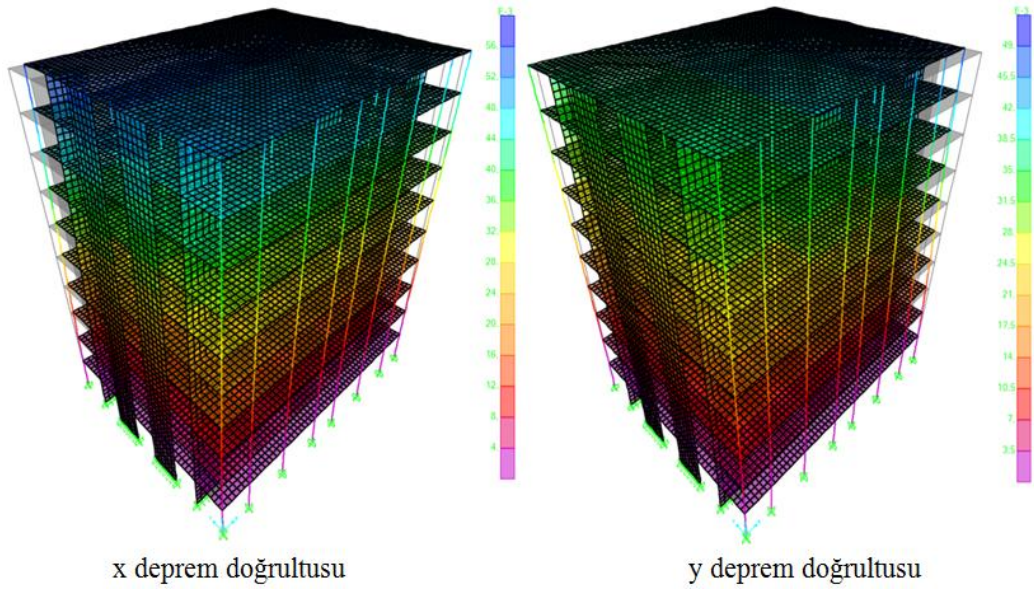
SAP 2000'den alınan değerler ile Yapı 5 için hesap edilen görelî kat öteleme, ikinci mertebe gösterge değerleri $\theta_{II,i}$, burulma düzensizliği katsayıları η_{bi} , rijitlik düzensizliği katsayıları η_{ki} Çizelde 8.12'de verilmiştir.

Çizelge 8. 12 : X ve y doğrultuları deprem etkilerinde, yapılacak kontroller için hesaplanan değerler.

Kat	h_i (mm)	x					y				
		$(\Delta_i^{(x)})_{ort}$	$\delta_i^{(x)}/h_i$	$\theta_{II,i}^{(x)}$	$\eta_{bi}^{(x)}$	$\eta_{ki}^{(x)}$	$(\Delta_i^{(y)})_{ort}$	$\delta_i^{(y)}/h_i$	$\theta_{II,i}^{(y)}$	$\eta_{bi}^{(y)}$	$\eta_{ki}^{(y)}$
10	3000	0,00476	0,01018	0,01190	1,06919	-	0,00333	0,00769	0,00742	1,15453	-
9	3000	0,00521	0,01116	0,01606	1,06981	1,09480	0,00376	0,00866	0,01033	1,15133	1,12930
8	3000	0,00573	0,01226	0,01972	1,07073	1,09820	0,00425	0,00977	0,01308	1,14870	1,13125
7	3000	0,00619	0,01327	0,02327	1,07136	1,08173	0,00472	0,01082	0,01583	1,14649	1,10979
6	3000	0,00651	0,01396	0,02645	1,07204	1,05102	0,00507	0,01161	0,01839	1,14441	1,07457
5	3000	0,00658	0,01411	0,02883	1,07258	1,01052	0,00523	0,01195	0,02045	1,14264	1,03105
4	3000	0,00629	0,01350	0,02975	1,07312	0,95630	0,00510	0,01164	0,02154	1,14081	0,97562
3	3000	0,00552	0,01185	0,02826	1,07354	0,87760	0,00458	0,01042	0,02090	1,13880	0,89662
2	3000	0,00410	0,00882	0,02283	1,07419	0,74343	0,00349	0,00792	0,01730	1,13642	0,76186
1	3000	0,00180	0,00387	0,01094	1,07470	0,43866	0,00158	0,00359	0,00859	1,13258	0,45445

Etkin görelî kat ötelemeleri kontrolü :

%5 ek dışmerkezlikle etkiyen kuvvet altındaki modelin davranışı Şekil 8.16'da gösterilmiştir.



Şekil 8. 16 : X ve y doğrultularındaki deprem etkileri altında yapıda oluşan şekildeğiştirme.

x ve y doğrultuları hakim doğal titreşim periyotları, $T_p^{(x)} = 1.224$ sn ve $T_p^{(y)} = 1.093$ sn olarak elde edilmiştir.

Tasarım spektral ivme katsayıları Deprem Tehlike Haritasından,

DD2 Yer Hareketi için; $S_{DS} = 1.164$, $S_{D1} = 0.403$

DD3 Yer Hareketi için; $S_{DS} = 0.493$, $S_{D1} = 0.157$

Yatay elastik spektral ivmeleri;

x doğrultusu için; $S_{ae}(T_p^{(x)})_{DD2} = 0.329$, $S_{ae}(T_p^{(x)})_{DD3} = 0.128$

y doğrultusu için, $S_{ae}(T_p^{(y)})_{DD2} = 0.369$, $S_{ae}(T_p^{(y)})_{DD3} = 0.144$

Ampirik katsayı değerleri; $\lambda_x = 0.3891$ ve $\lambda_y = 0.3902$ bulunmuştur.

$\delta_{i,max}^{(x)}/h_i$ ve $\delta_{i,max}^{(y)}/h_i$ değerleri sırası ile 0.01411 ve 0.01195 olarak hesap edilmiştir.

Kontrol;

$$\lambda_x \delta_{i,max}^{(x)}/h_i = 0.3891 \times 0.01411 = 0.0055 < 0.008 \quad \kappa = 0.008 \times 1 = 0.008$$

$$\lambda_y \delta_{i,max}^{(y)}/h_i = 0.3902 \times 0.01195 = 0.0047 < 0.008 \quad \kappa = 0.008 \times 1 = 0.008$$

Görelî kat ötelemesi değerleri her iki doğrultu için de sınır değerin altındadır.

İkinci mertebe etkilerinin kontrolü :

$\theta_{II,max}^{(x)}$ ve $\theta_{II,max}^{(y)}$ değerleri sırası ile 0.02975 ve 0.02154 olarak hesaplanmıştır.

5093.08 kN ve y doğrultusu için; $N_d = 4712.93$ kN, $V_d = 465.09$ kN, $M_d = 3140.39$ kNm, $N_{dm} = 5093.08$ kN olarak elde edilmiştir.

Perde donatılarının belirlenmesi :

Perde uç bölgeleri düşey donatıları sınır şartları;

$$A_{s,u\check{c},(x,y)} \geq 4\phi 14 = 615.75 \text{ mm}^2 \text{ olmalıdır.}$$

$$A_{s,u\check{c},(x,y)} \geq 0.002 \times b_w \times l_w = 0.002 \times 300 \times 2900 = 1740.00 \text{ mm}^2 \text{ olmalıdır.}$$

Uç bölgeleri düşey donatıları bütün perdelerde 10 Ø 20 (3141.59 mm²) seçilmiştir.

Perde uç bölgeleri enine donatıları sınır şartları;

$$A_{sh,(x,y)} / s \geq (2 / 3) \times 0.0075 \times 230 \times (40 / 420) = 0.1095 \text{ mm}^2/\text{m} \text{ olmalıdır.}$$

$s < b_w / 3 = 300 / 3 = 100$ mm, $s < 150$ mm, $s < 6 \times D = 6 \times 20 = 120$ mm, $\phi_{u\check{c}} \geq 8$ mm olmalıdır.

Uç bölgeleri enine donatıları bütün perdelerde Ø10/100 (çift kollu) seçilmiştir.

$$\text{Kontrol; } A_{sh,(x,y)} / s = 157.1 / 100 = 1.571 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Gövde düşey donatıları toplam enkesit alanı sınır şartı;

$$A_{s,(x,y)} \geq \rho_{\min} \times b_w \times h = 0.0025 \times 300 \times 1700 = 1275.00 \text{ mm}^2 \text{ olmalıdır.}$$

Gövde düşey donatıları her iki doğrultu perdelerinde 18 Ø16 (3619.12 mm²) seçilmiştir.

Gövde enine donatıları bütün perdelerde 2Ø10/100 seçilmiştir.

$$\text{Kontrol; } \rho_{sh} = 157.1 / (300 \times 100) = 0.00524 > \rho_{sh,\min} = 0.0025$$

Kesme kuvvetlerine karşı dayanımlar seçilen bu donatılarla yapılacaktır.

Perdelerin kesme güvenliği ve kesit yeterliliği kontrolü :

Kesme güvenliği kontrolü :

Perdelerin taşıma gücü kapasiteleri karşılıklı etki diyagramlarında; x doğrultusu için $(M_r)_t = 8793.74$ kNm, y doğrultusu için $(M_r)_t = 8589.88$ kNm bulunmuştur.

Buna göre enine donatı hesabında esas alınacak olan tasarım kesme kuvveti;

$$V_e^{(x)} = 1 \times 1.25 \times 8793.74 \times 425.27 / 2787.99 = 1676.71 \text{ kN}$$

$$V_e^{(y)} = 1 \times 1.25 \times 8589.88 \times 465.09 / 3140.39 = 1590.20 \text{ kN}$$

Perdelerin kesme kuvveti dayanımı;

$$V_{r,(x,y)} = 300 \times 2900 \times (0.65 \times 1.48 + 0.00524 \times 365) / 1000 = 2500.90 \text{ kN}$$

Yönetmelik 7.18 şartlarına göre perde kesme güvenliği kontrolü;

$$V_e^{(x)} = 1676.71 \text{ kN}, V_e^{(y)} = 1590.20 \text{ kN} \leq V_{r,(x,y)} = 2500.90 \text{ kN}$$

Boşluksuz perdeler için;

$$V_e^{(x)} = 1676.71 \text{ kN}, V_e^{(y)} = 1590.20 \text{ kN} \leq 0.85 \times 300 \times 2900 \times \sqrt{40} / 1000 = 4677.00 \text{ kN}$$

TBDY 2018 7.19'a göre sürtünme kesmesi kontrolü;

$$V_e^{(x)} = 1676.71 \text{ kN} \leq (1.48 \times 600 \times 300 \times 2 + 0.6 \times 9902.30 \times 365) / 1000 = 2701.40 \text{ kN}$$

$$V_e^{(y)} = 1590.20 \text{ kN} \leq (1.48 \times 600 \times 300 \times 2 + 0.6 \times 9902.30 \times 365) / 1000 = 2701.40 \text{ kN}$$

$$V_e^{(x)} = 1676.71 \text{ kN}, V_e^{(y)} = 1590.20 \text{ kN} \leq \min [2880.00 \text{ kN} ; 2340.00 \text{ kN}] = 2340.00 \text{ kN}$$

TS500'e göre sürtünme kesmesi kontrolü;

$$V_e^{(x)} = 1676.71 \text{ kN}, V_e^{(y)} = 1590.20 \text{ kN} \leq 0.009902 \times 365 \times 0.6 \times 1000 = 2168.54 \text{ kN}$$

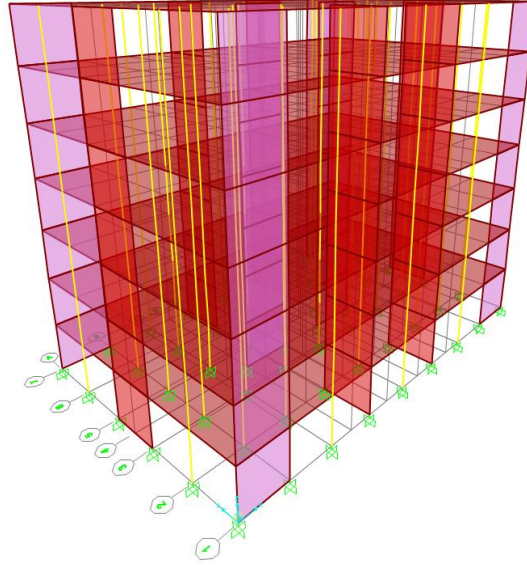
Kesit yeterliliği kontrolü :

$$A_{c,(x,y)} = 2.9 \times 0.3 = 0.87 \text{ m}^2 \geq 5093.08 / (0.35 \times 40000) = 0.364 \text{ m}^2$$

$$x \text{ ve } y \text{ doğrultuları perdeleri için } b_w = 0.3 \text{ m} \geq (0.25 \text{ m} ; h_{kat}/16 = 0.19 \text{ m})$$

8.7. Yapı-6'nın Modellenmesi ve Gerekli Kontrollerin Yapılması

Yapının, Eskişehir ili sınırları içinde (E: 39.981254°, B:32.025685°), ZE yerel zemin sınıfında, kat adedinin 7 ve alanının 400 m² olduğu varsayılmıştır. Yapıda C30 sınıfında beton kullanılmıştır. Yapı ağırlığının %50'sinin perdeler tarafından taşındığı durum göz önüne alınarak modellenen yapıda; x ve y doğrultularındaki perde sayıları $n_{bx} : 6$, $n_{by} : 6$ seçilmiştir. Perde boyları ekte verilen Şekil A.59'daki grafiklerden yararlanılarak $l_{w,(x,y)} : 3.20 \text{ m}$ olarak belirlenmiştir.. Yapının üç boyutlu analiz modeli Şekil 8.18'de verilmiştir. Programdan alınan değerler ile kontroller gerçekleştirilmiştir.



Şekil 8. 18 : Yapı-6'nın üç boyutlu analiz modeli.

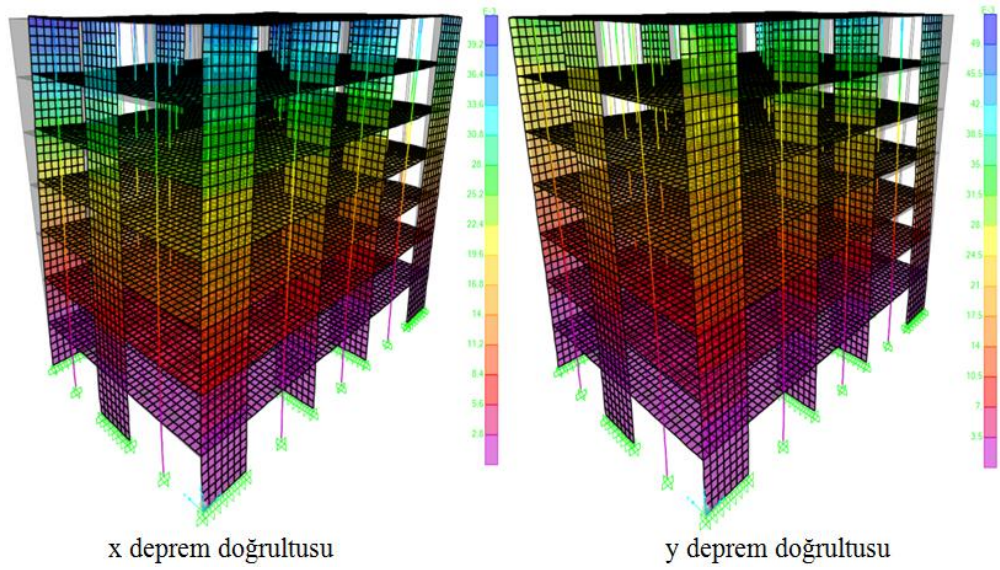
SAP 2000'den alınan değerler ile Yapı 6 için hesap edilen görel kat öteleme, ikinci mertebe gösterge değerleri $\theta_{II,i}$, burulma düzensizliği katsayıları η_{bi} , rijitlik düzensizliği katsayıları η_{ki} Çizelde 8.13'de verilmiştir.

Çizelge 8. 13 : X ve y doğrultuları deprem etkilerinde, yapılacak kontroller için hesaplanan değerler.

Kat	h_i (mm)	x					y				
		$(\Delta_i^x)_{ort}$	$\delta_i^{(x)}/h_i$	$\theta_{II,i}^{(x)}$	$\eta_{bi}^{(x)}$	$\eta_{ki}^{(x)}$	$(\Delta_i^y)_{ort}$	$\delta_i^{(y)}/h_i$	$\theta_{II,i}^{(y)}$	$\eta_{bi}^{(y)}$	$\eta_{ki}^{(y)}$
7	3000	0,00617	0,01330	0,01026	1,07795	-	0,00630	0,01490	0,01039	1,18361	-
6	3000	0,00651	0,01402	0,01272	1,07645	1,05558	0,00662	0,01564	0,01284	1,18106	1,05178
5	3000	0,00667	0,01435	0,01455	1,07524	1,02426	0,00677	0,01595	0,01465	1,17849	1,02205
4	3000	0,00647	0,01390	0,01562	1,07393	0,97010	0,00656	0,01544	0,01573	1,17596	0,96986
3	3000	0,00574	0,01231	0,01536	1,07293	0,88660	0,00581	0,01364	0,01544	1,17361	0,88544
2	3000	0,00428	0,00917	0,01278	1,07150	0,74584	0,00433	0,01014	0,01283	1,17108	0,74475
1	3000	0,00188	0,00402	0,00632	1,07000	0,43890	0,00190	0,00443	0,00633	1,16781	0,43780

Etkin Görel Kat Ötelemeleri Kontrolü :

%5 ek dışmerkezlilikle etkiyen kuvvet altındaki modelin davranışı Şekil 8.19'da gösterilmiştir.



Şekil 8. 19 : X ve y doğrultılarındaki deprem etkileri altında yapıda oluşan şekildeğiştirme.

x ve y doğrultuları hakim doğal titreşim periyotları, $T_p^{(X)} = 0.837$ sn ve $T_p^{(Y)} = 0.831$ sn olarak elde edilmiştir.

Tasarım spektral ivme katsayıları Deprem Tehlike Haritasından,

DD2 Yer Hareketi için; $S_{DS} = 0.668$, $S_{D1} = 0.497$

DD3 Yer Hareketi için; $S_{DS} = 0.290$, $S_{D1} = 0.227$

Yatay elastik spektral ivmeleri;

x doğrultusu için; $S_{ae}(T_p^{(X)})_{DD2} = 0.594$, $S_{ae}(T_p^{(X)})_{DD3} = 0.271$

y doğrultusu için, $S_{ae}(T_p^{(Y)})_{DD2} = 0.598$, $S_{ae}(T_p^{(Y)})_{DD3} = 0.273$

Ampirik katsayı değerleri; $\lambda_x = 0.4562$ ve $\lambda_y = 0.4565$ bulunmuştur.

$\delta_{i,max}^{(X)}/h_i$ ve $\delta_{i,max}^{(Y)}/h_i$ değerleri sırası ile 0.01435 ve 0.01595 olarak hesap edilmiştir.

Kontrol;

$$\lambda_x \delta_{i,max}^{(X)}/h_i = 0.4562 \times 0.01435 = 0.0065 < 0.008 \quad \kappa = 0.008 \times 1 = 0.008$$

$$\lambda_y \delta_{i,max}^{(Y)}/h_i = 0.4565 \times 0.01595 = 0.0072 < 0.008 \quad \kappa = 0.008 \times 1 = 0.008$$

Görelî kat ötelemesi değerleri her iki doğrultu için de sınır değerin altındadır.

İkinci mertebe etkilerinin kontrolü :

$\theta_{II,max}^{(x)}$ ve $\theta_{II,max}^{(y)}$ değerleri sırası ile 0.01562 ve 0.01573 olarak hesaplanmıştır.

Kontrol;

$$\theta_{II,max}^{(x)} = 0.01562 \leq (0.12 \times D_x) / (C_h \times R_x) = (0.12 \times 2.5) / (0.5 \times 6) = 0.1$$

$$\theta_{II,max}^{(y)} = 0.01573 \leq (0.12 \times D_y) / (C_h \times R_y) = (0.12 \times 2.5) / (0.5 \times 6) = 0.1$$

İkinci merteye etkilerinin göz önüne alınması gerekli değildir.

A1 tipi burulma düzensizliği kontrolü :

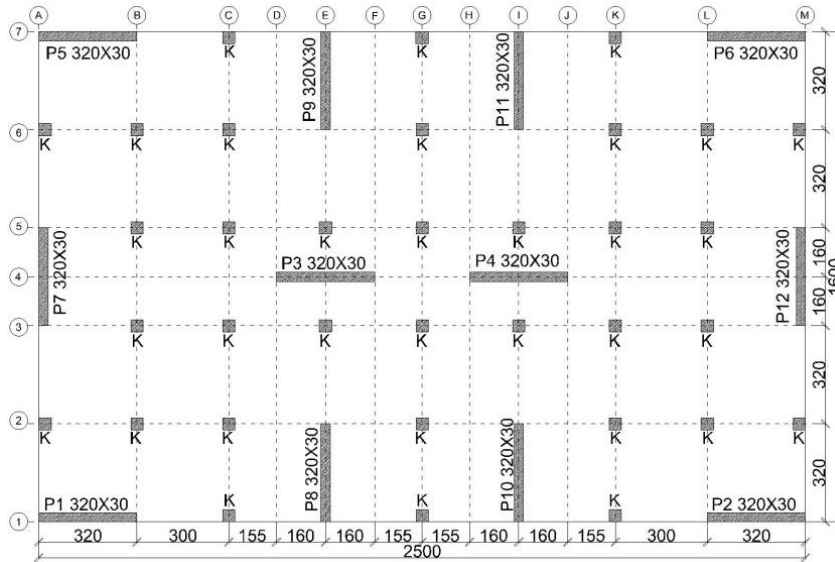
Her iki doğrultuda ve her kat için hesap edilen Burulma Düzensizliği Katsayılarının (η_{bi}), 1.20 sınırının altında olduğu görülmüştür. Yapıda burulma düzensizliği bulunmamaktadır.

B2 tipi komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (yumuşak kat) kontrolü :

Yapının x ve y doğrultularında ve her katı için hesabı yapılan Rijitlik Düzensizliği Katsayıları (η_{ki}), 2.00 sınır değerini aşmamaktadır. Yapıda rijitlik düzensizliği yoktur.

Kritik perde yüksekliği ve uç bölgeleri uzunluklarının belirlenmesi :

Yapıdaki tüm perdeler için; kritik perde yüksekliği, $H_{cr} = 5.00$ m, uç bölge uzunlukları $l_u = 0.60$ m seçilmiştir. Yapı 6 plan görünümü Şekil 8.20’de verilmiştir.



Şekil 8. 20 : Yapı-6'nın plan görünümü.

Yapılan analizler sonucunda perde kesitlerinde oluşan en olumsuz zorlamalar, x doğrultusu için; $N_d = 1560.47$ kN, $V_d = 666.31$ kN, $M_d = 6028.84$ kNm, $N_{dm} = 2444.58$ kN ve y doğrultusu için; $N_d = 2444.58$ kN, $V_d = 729.52$ kN, $M_d = 6694.46$ kNm, $N_{dm} = 2444.58$ kN olarak elde edilmiştir.

Perde donatılarının belirlenmesi :

Perde uç bölgeleri düşey donatıları sınır şartları;

$$A_{s,u\check{c},(x,y)} \geq 4\phi 14 = 615.75 \text{ mm}^2 \text{ olmalıdır.}$$

$$A_{s,u\check{c},(x,y)} \geq 0.002 \times b_w \times l_w = 0.002 \times 300 \times 3200 = 1920.00 \text{ mm}^2 \text{ olmalıdır.}$$

Uç bölgeleri düşey donatıları bütün perdelerde 10 Ø 20 (3141.59 mm²) seçilmiştir.

Perde uç bölgeleri enine donatıları sınır şartları;

$$A_{sh,(x,y)} / s \geq (2 / 3) \times 0.0075 \times 230 \times (30 / 420) = 0.0821 \text{ mm}^2/\text{m} \text{ olmalıdır.}$$

$s < b_w / 3 = 300 / 3 = 100 \text{ mm}$, $s < 150 \text{ mm}$, $s < 6 \times D = 6 \times 20 = 120 \text{ mm}$, $\phi_{u\check{c}} \geq 8 \text{ mm}$ olmalıdır.

Uç bölgeleri enine donatıları bütün perdelerde Ø10/100 (çift kollu) seçilmiştir.

$$\text{Kontrol; } A_{sh,(x,y)} / s = 157.1 / 100 = 1.571 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Gövde düşey donatıları toplam enkesit alanı sınır şartı;

$$A_{s,(x,y)} \geq \rho_{\min} \times b_w \times h = 0.0025 \times 300 \times 1800 = 1350.00 \text{ mm}^2 \text{ olmalıdır.}$$

Gövde düşey donatıları her iki doğrultu perdelerinde 24 Ø16 (4825.49 mm²) seçilmiştir.

Gövde enine donatıları bütün perdelerde 2Ø10/100 seçilmiştir.

$$\text{Kontrol; } \rho_{sh} = 157.1 / (300 \times 100) = 0.00524 > \rho_{sh,\min} = 0.0025$$

Kesme kuvvetlerine karşı dayanımlar seçilen bu donatılarla yapılacaktır.

Perdelerin kesme güvenliği ve kesit yeterliliği kontrolü :

Kesme güvenliği kontrolü :

Perdelerin taşıma gücü kapasiteleri karşılıklı etki diyagramlarında; x doğrultusu için $(M_r)_t = 7002.98 \text{ kNm}$, y doğrultusu için $(M_r)_t = 7732.78 \text{ kNm}$ bulunmuştur.

Buna göre enine donatı hesabında esas alınacak olan tasarım kesme kuvveti;

$$V_e^{(x)} = 1 \times 1.25 \times 7002.98 \times 666.31 / 6028.84 = 967.47 \text{ kN}$$

$$V_e^{(y)} = 1 \times 1.25 \times 7732.78 \times 729.52 / 6694.46 = 1053.34 \text{ kN}$$

Perdelerin kesme kuvveti dayanımı;

$$V_{r,(x,y)} = 300 \times 3200 \times (0.65 \times 1.28 + 0.00524 \times 365) / 1000 = 2634.82 \text{ kN}$$

Yönetmelik 7.18 şartlarına göre perde kesme güvenliği kontrolü;

$$V_e^{(x)} = 967.47 \text{ kN}, V_e^{(y)} = 1053.34 \text{ kN} \leq V_{r,(x,y)} = 2634.82 \text{ kN}$$

Boşluksuz perdeler için;

$$V_e^{(x)} = 967.47 \text{ kN}, V_e^{(y)} = 1053.34 \text{ kN} \leq 0.85 \times 300 \times 3200 \times \sqrt{30} / 1000 = 4469.42 \text{ kN}$$

TBDY 2018 7.19'a göre sürtünme kesmesi kontrolü;

$$V_e^{(x)} = 967.47 \text{ kN} \leq (1.28 \times 700 \times 300 \times 2 + 0.6 \times 11108.67 \times 365) / 1000 = 2970.40 \text{ kN}$$

$$V_e^{(y)} = 1053.34 \text{ kN} \leq (1.28 \times 700 \times 300 \times 2 + 0.6 \times 11108.67 \times 365) / 1000 = 2970.40 \text{ kN}$$

$$V_e^{(x)} = 967.47 \text{ kN}, V_e^{(y)} = 1053.34 \text{ kN} \leq \min [2520.00 \text{ kN} ; 2394.00 \text{ kN}] = 2394.00 \text{ kN}$$

TS500'e göre sürtünme kesmesi kontrolü;

$$V_e^{(x)} = 967.47 \text{ kN}, V_e^{(y)} = 1053.34 \text{ kN} \leq 0.011109 \times 365 \times 0.6 \times 1000 = 2432.87 \text{ kN}$$

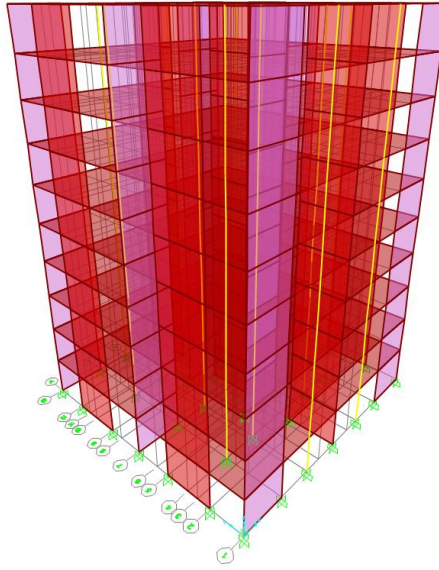
Kesit yeterliliği kontrolü

$$A_{c,(x,y)} = 3.2 \times 0.3 = 0.96 \text{ m}^2 \geq 2444.58 / (0.35 \times 30000) = 0.233 \text{ m}^2$$

$$x \text{ ve } y \text{ doğrultuları perdeleri için } b_w = 0.3 \text{ m} \geq (0.25 \text{ m} ; h_{kat}/16 = 0.19 \text{ m})$$

8.8. Yapı-7'nin Modellenmesi ve Gerekli Kontrollerin Yapılması

Yapının, İstanbul ili sınırları içinde (E: 41.015872°, B:28.941747°), ZC yerel zemin sınıfında, kat adedinin 10 ve alanının 400 m² olduğu varsayılmıştır. Yapıda C30 sınıfında beton kullanılmıştır. Yapı ağırlığının %75'inin perdeler tarafından taşındığı durum göz önüne alınarak modellenen yapıda; x ve y doğrultularındaki perde sayıları $n_{bx} : 8$, $n_{by} : 7$ seçilmiştir. Perde boyları ekte bulunan Şekil A.34'deki grafiklerden $l_{w,(x)} : 3.80 \text{ m}$ ve $l_{w,(y)} : 4.00 \text{ m}$ olarak okunmuştur. Yapının üç boyutlu analiz modeli Şekil 8.21'de verilmiştir. Program verileri ile gerekli kontroller gerçekleştirilmiştir.



Şekil 8. 21 : Yapı-7'nin üç boyutlu analiz modeli.

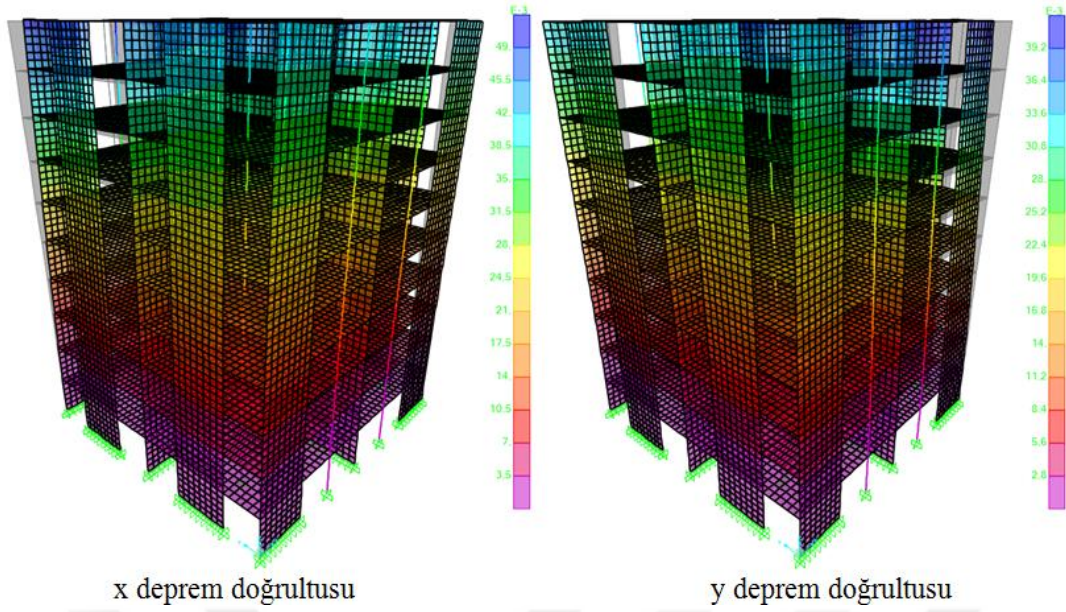
Program değerleri ile Yapı 7 için hesap edilen görel kat öteleme, ikinci mertebe gösterge değerleri $\theta_{II,i}$, burulma düzensizliği katsayıları η_{bi} , rijitlik düzensizliği katsayıları η_{ki} Çizelde 8.14'de verilmiştir.

Çizelge 8. 14 : X ve y doğrultuları deprem etkilerinde, yapılacak kontroller için hesaplanan değerler.

Kat	h_i (mm)	x					y				
		$(\Delta_i^{(x)})_{ort}$	$\delta_i^{(x)} / h_i$	$\theta_{II,i}^{(x)}$	$\eta_{bi}^{(x)}$	$\eta_{ki}^{(x)}$	$(\Delta_i^{(y)})_{ort}$	$\delta_i^{(y)} / h_i$	$\theta_{II,i}^{(y)}$	$\eta_{bi}^{(y)}$	$\eta_{ki}^{(y)}$
10	3000	0,00529	0,01162	0,01199	1,09892	-	0,00403	0,00910	0,00825	1,13005	-
9	3000	0,00546	0,01200	0,01528	1,09838	1,03338	0,00421	0,00950	0,01063	1,12792	1,04571
8	3000	0,00561	0,01233	0,01756	1,09787	1,02764	0,00439	0,00988	0,01240	1,12551	1,04288
7	3000	0,00569	0,01249	0,01940	1,09738	1,01327	0,00452	0,01014	0,01391	1,12277	1,02882
6	3000	0,00562	0,01233	0,02073	1,09696	0,98805	0,00453	0,01016	0,01510	1,12035	1,00354
5	3000	0,00536	0,01175	0,02131	1,09653	0,95286	0,00438	0,00980	0,01575	1,11816	0,96724
4	3000	0,00484	0,01060	0,02077	1,09615	0,90291	0,00402	0,00897	0,01559	1,11581	0,91686
3	3000	0,00401	0,00878	0,01862	1,09572	0,82847	0,00338	0,00754	0,01421	1,11331	0,84202
2	3000	0,00281	0,00615	0,01418	1,09541	0,70111	0,00242	0,00537	0,01103	1,11079	0,71473
1	3000	0,00117	0,00257	0,00646	1,09471	0,41723	0,00105	0,00232	0,00521	1,10655	0,43262

Etkin görel kat ötelemeleri kontrolü :

Her iki doğrultu için %5 ek dışmerkezlikle etkiyen kuvvet altındaki modelin davranışı Şekil 8.22'de gösterilmiştir.



Şekil 8. 22 : X ve y doğrultularındaki deprem etkileri altında yapıda oluşan şekildeğişirme.

x ve y doğrultuları hakim doğal titreşim periyotları, $T_p^{(x)} = 1.111$ sn ve $T_p^{(y)} = 1.004$ sn olarak elde edilmiştir.

Tasarım spektral ivme katsayıları Deprem Tehlike Haritasından,

DD2 Yer Hareketi için; $S_{DS} = 1.164$, $S_{D1} = 0.403$

DD3 Yer Hareketi için; $S_{DS} = 0.493$, $S_{D1} = 0.157$

Yatay elastik spektral ivmeleri;

x doğrultusu için; $S_{ae}(T_p^{(x)})_{DD2} = 0.363$, $S_{ae}(T_p^{(x)})_{DD3} = 0.141$

y doğrultusu için, $S_{ae}(T_p^{(y)})_{DD2} = 0.401$, $S_{ae}(T_p^{(y)})_{DD3} = 0.156$

Ampirik katsayı değerleri; $\lambda_x = 0.3884$ ve $\lambda_y = 0.3890$ bulunmuştur.

$\delta_{i,max}^{(x)} / h_i$ ve $\delta_{i,max}^{(y)} / h_i$ değerleri sırası ile 0.01249 ve 0.01016 olarak hesap edilmiştir.

Kontrol;

$$\lambda_x \delta_{i,max}^{(x)} / h_i = 0.3884 \times 0.01249 = 0.0049 < 0.008 \quad \kappa = 0.008 \times 1 = 0.008$$

$$\lambda_y \delta_{i,max}^{(y)} / h_i = 0.3890 \times 0.01016 = 0.0040 < 0.008 \quad \kappa = 0.008 \times 1 = 0.008$$

Görelî kat ötelemesi değerleri her iki doğrultu için de sınır değerin altındadır.

İkinci mertebe etkilerinin kontrolü :

$\theta_{II,max}^{(x)}$ ve $\theta_{II,max}^{(y)}$ değerleri sırası ile 0.02131 ve 0.01575 olarak hesaplanmıştır.

Kontrol;

$$\theta_{II,max}^{(x)} = 0.02131 \leq (0.12 \times D_x) / (C_h \times R_x) = (0.12 \times 2.5) / (0.5 \times 6) = 0.1$$

$$\theta_{II,max}^{(y)} = 0.01575 \leq (0.12 \times D_y) / (C_h \times R_y) = (0.12 \times 2.5) / (0.5 \times 6) = 0.1$$

İkinci merteye etkilerinin göz önüne alınması gerekli değildir.

A1 tipi burulma düzensizliği kontrolü :

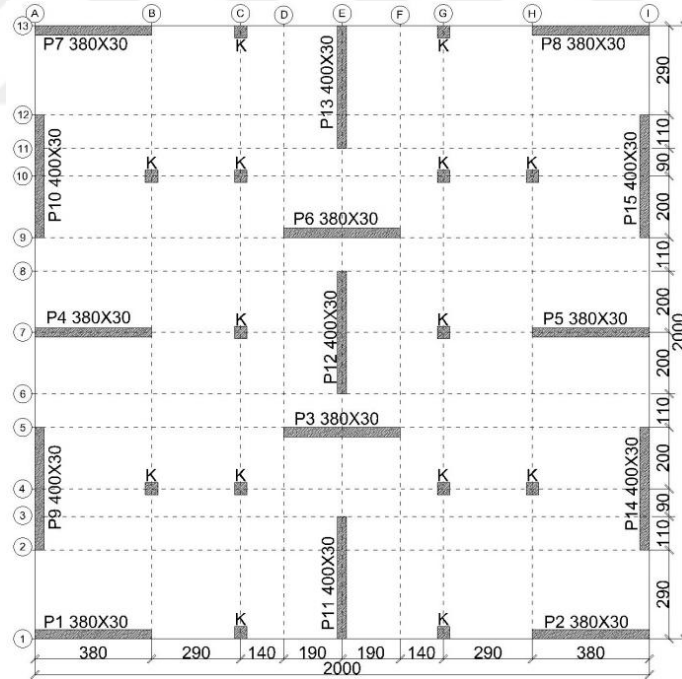
Bulunan Burulma Düzensizliği Katsayıları (η_{bi}), 1.20 sınır değerinin altında olduğundan yapıda burulma düzensizliği yoktur.

B2 tipi komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (yumuşak kat) kontrolü :

Rijitlik Düzensizliği Katsayıları (η_{ki}), 2.00 sınır değerini aşmamaktadır. Yapıda rijitlik düzensizliği yoktur.

Kritik perde yüksekliği ve uç bölgeleri uzunluklarının belirlenmesi :

Yapıdaki tüm perdeler için; kritik perde yüksekliği, $H_{cr} = 5.00$ m, uç bölge uzunlukları $l_u = 0.80$ m seçilmiştir. Yapı 7 plan görünümü Şekil 8.23’de verilmiştir.



Şekil 8. 23 : Yapı-7'nin plan görünümü.

Yapılan analizler sonucunda perde kesitlerinde oluşan en olumsuz zorlamalar, x doğrultusu için; $N_d = 4375.28$ kN, $V_d = 416.16$ kN, $M_d = 4113.37$ kNm, $N_{dm} = 4375.28$ kN ve y doğrultusu için; $N_d = 4109.44$ kN, $V_d = 465.80$ kN, $M_d = 4608.29$ kNm, $N_{dm} = 4375.28$ kN olarak elde edilmiştir.

Perde donatılarının belirlenmesi :

Perde uç bölgeleri düşey donatıları sınır şartları;

$$A_{s,u\check{c},(x,y)} \geq 4\phi 14 = 615.75 \text{ mm}^2 \text{ olmalıdır.}$$

$$A_{s,u\check{c},(x)} \geq 0.002 \times b_w \times l_w = 0.002 \times 300 \times 3800 = 2280.00 \text{ mm}^2 \text{ olmalıdır.}$$

$$A_{s,u\check{c},(y)} \geq 0.002 \times b_w \times l_w = 0.002 \times 300 \times 4000 = 2400.00 \text{ mm}^2 \text{ olmalıdır.}$$

Uç bölgeleri düşey donatıları bütün perdelerde 10 Ø 20 (3141.59 mm²) seçilmiştir.

Perde uç bölgeleri enine donatıları sınır şartları;

$$A_{sh,(x,y)} / s \geq (2 / 3) \times 0.0075 \times 230 \times (30 / 420) = 0.0821 \text{ mm}^2/\text{m} \text{ olmalıdır.}$$

$s < b_w / 3 = 300 / 3 = 100 \text{ mm}$, $s < 150 \text{ mm}$, $s < 6 \times D = 6 \times 20 = 120 \text{ mm}$, $\phi_{u\check{c}} \geq 8 \text{ mm}$ olmalıdır.

Uç bölgeleri enine donatıları bütün perdelerde Ø10/100 (çift kollu) seçilmiştir.

$$\text{Kontrol; } A_{sh,(x,y)} / s = 157.1 / 100 = 1.571 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Gövde düşey donatıları toplam enkesit alanı sınır şartı;

$$A_{s,(x)} \geq \rho_{\min} \times b_w \times h = 0.0025 \times 300 \times 2200 = 1650.00 \text{ mm}^2 \text{ olmalıdır.}$$

$$A_{s,(y)} \geq \rho_{\min} \times b_w \times h = 0.0025 \times 300 \times 2400 = 1800.00 \text{ mm}^2 \text{ olmalıdır.}$$

Gövde düşey donatıları x doğrultusu perdelerinde 28Ø16 (5629,73 mm²), y doğrultusu perdelerinde 30 Ø16 (6031.86 mm²) seçilmiştir.

Gövde enine donatıları bütün perdelerde 2Ø10/100 seçilmiştir.

$$\text{Kontrol; } \rho_{sh} = 157.1 / (300 \times 100) = 0.00524 > \rho_{sh,\min} = 0.0025$$

Kesme kuvvetlerine karşı dayanımlar seçilen bu donatılarla yapılacaktır.

Perdelerin kesme güvenliği ve kesit yeterliliği kontrolü :

Kesme güvenliği kontrolü :

Perdelerin taşıma gücü kapasiteleri karşılıklı etki diyagramlarında; x doğrultusu için $(M_r)_t = 11480.86 \text{ kNm}$, y doğrultusu için $(M_r)_t = 12255.05 \text{ kNm}$ bulunmuştur.

Buna göre enine donatı hesabında esas alınacak olan tasarım kesme kuvveti;

$$V_e^{(x)} = 1 \times 1.25 \times 11480.86 \times 416.16 / 4113.37 = 1451.93 \text{ kN}$$

$$V_e^{(y)} = 1 \times 1.25 \times 12255.05 \times 465.80 / 4608.29 = 1548.41 \text{ kN}$$

Perdelerin kesme kuvveti dayanımı;

$$V_{r,(x)} = 300 \times 3800 \times (0.65 \times 1.28 + 0.00524 \times 365) / 1000 = 3128.84 \text{ kN}$$

$$V_{r,(y)} = 300 \times 4000 \times (0.65 \times 1.28 + 0.00524 \times 365) / 1000 = 3293.52 \text{ kN}$$

Yönetmelik 7.18 şartlarına göre perde kesme güvenliği kontrolü;

$$V_e^{(x)} = 1451.93 \text{ kN} \leq V_{r,(x)} = 3128.84 \text{ kN}, V_e^{(y)} = 1548.41 \text{ kN} \leq V_{r,(y)} = 3293.52 \text{ kN}$$

Boşluksuz perdeler için;

$$V_e^{(x)} = 1451.93 \text{ kN} \leq 0.85 \times 300 \times 3800 \times \sqrt{30} / 1000 = 5307.43 \text{ kN}$$

$$V_e^{(y)} = 1548.41 \text{ kN} \leq 0.85 \times 300 \times 4000 \times \sqrt{30} / 1000 = 5586.77 \text{ kN}$$

TBDY 2018 7.19'a göre sürtünme kesmesi kontrolü;

$$V_e^{(x)} = 1451.93 \text{ kN} \leq (1.28 \times 800 \times 300 \times 2 + 0.6 \times 11912.92 \times 365) / 1000 = 3223.33 \text{ kN}$$

$$V_e^{(y)} = 1548.41 \text{ kN} \leq (1.28 \times 800 \times 300 \times 2 + 0.6 \times 12315.04 \times 365) / 1000 = 3311.39 \text{ kN}$$

$$V_e^{(x)} = 1451.93 \text{ kN}, V_e^{(y)} = 1548.41 \text{ kN} \leq \min [2880.00 \text{ kN} ; 2736.00 \text{ kN}] = 2736.00 \text{ kN}$$

TS500'e göre sürtünme kesmesi kontrolü;

$$V_e^{(x)} = 1451.93 \text{ kN} \leq 0.011912 \times 365 \times 0.6 \times 1000 = 2608.73 \text{ kN}$$

$$V_e^{(y)} = 1548.41 \text{ kN} \leq 0.012315 \times 365 \times 0.6 \times 1000 = 2696.99 \text{ kN}$$

Kesit yeterliliği kontrolü :

$$A_{c,(x)} = 3.80 \times 0.3 = 1.14 \text{ m}^2 \geq 4375.28 / (0.35 \times 30000) = 0.417 \text{ m}^2$$

$$A_{c,(y)} = 4.00 \times 0.3 = 1.20 \text{ m}^2 \geq 4375.28 / (0.35 \times 30000) = 0.417 \text{ m}^2$$

$$x \text{ ve } y \text{ doğrultuları perdeleri için } b_w = 0.3 \text{ m} \geq (0.25 \text{ m} ; h_{kat}/16 = 0.19 \text{ m})$$



9. SONUÇLAR

TBDY 2018'de, plandaki uzun kenarının kısa kenarına oranı en az 6 olan düşey taşıyıcı elemanlar, perde olarak adlandırılmaktadır. Şiddetli yatay yüklere maruz kalma olasılığı düşük olan ve kat adedi az olan yapılar, çerçeve taşıyıcı sisteme sahip olarak inşa edilebilmektedir. Ancak, kat adedinin ve yapı ağırlığının artması ile yapının maruz kalacağı yatay yüklerin (deprem, rüzgar vb.) şiddeti de artacağından, yalnız çerçeve taşıyıcı sistemlere sahip yapılar, bu zorlamalara karşı yeterli dayanımı ve istenen davranış şeklini göstermekte zorlanırlar. Bu gibi durumlarda, yapılar, sadece çerçeve taşıyıcı sisteme sahip olacak şekilde tasarlanmak istendiğinde, sistem elemanlarının kesitleri ve donatı miktarları oldukça büyük çıkacağından, yeterli dayanım ve güvenliği elde edebilme maliyeti de oldukça artmaktadır.

Çerçeve taşıyıcı sistemlerle teşkil edilen yapıların, ciddi yatay yükler altındayken, ağır hasar almasının veya tamamen göçmesinin en önemli sebeplerinden biri, oldukça büyük kat ötelenmelerinin oluşması ve bunun sonucunda yapı elemanlarının kapasitelerinin aşılmasıdır. Bu durumda yapının yatay yükler altındaki davranışını iyileştirmek için, yatay ötelenme ve eğilme rijitliği yüksek olan perdelerden yararlanılabilir. Aynı zamanda yatay kesme kuvvetlerinin büyük bir kısmı, perdeler tarafından karşılanarak diğer taşıyıcı sistem elemanlarındaki zorlamalar azaltılabilir. Özellikle yüksek yapılarda, yapının yatay ve düşey yüklere karşı yeterli dayanıma ve güvenliğe sahip olabilmesi ve dolayısıyla yönetmelik kriterlerini yerine getirebilmesi için, taşıyıcı sistemde perde kullanmak, neredeyse bir zorunluluk haline gelmektedir.

Yapılarda kullanılması gereken perde miktarı ile ilgili bir çok çalışma mevcuttur. Ancak, yapılan bu çalışmaların çoğu, perde miktarına etki eden değişken parametrelerin göz önünde bulundurulmamasında dolayı oldukça sınırlı kalmıştır. Ayrıca bu çalışmalarda eski yönetmelik kriterleri göz önüne alınarak hesaplamalar yapılmıştır. Bu çalışmada, TBDY 2018 esasları ve perde miktarına doğrudan etki edebilecek parametreler (zemin sınıfı, kar adedi, malzeme cinsi vb.) göz önünde bulundurularak, mevcut bu çalışmalara bir yenilik getirebilmek ve destek

sağlayabilmek amaçlanmıştır. Perde boylarının belirlenmesi ve değerlendirilmesi bu değişken kriterler çerçevesinde olmuştur.

Perde boyutlandırılması, kat alanlarının 400, 600 ve 800 m² olduğu ve planda her bir doğrultuda 3, 4, 6 ve 8 adet perde bulunduğu durumlara göre yapılmıştır. Bu durumlardan farklı bir yapı sistemi tasarlanmak istendiğinde, grafikteki değerler arasında enterpolasyon yapmak yeterli olabilecektir.

Yapılan araştırmalar ve ekteki grafiklerden yararlanılarak tasarımı yapılan sayısal uygulamalardan elde sonuçlar şu şekilde sıralanabilir;

Yapının kat adedi ve kat alanı perde boylarını ciddi bir şekilde etkilemektedir. Aynı kat adedine ve farklı kat alanlarına sahip yapılar veya aynı kat alanına ve farklı kat adedine sahip yapılardaki gerekli perde boyları ciddi şekilde farklılık göstermektedir. Dolayısıyla bu değişkenlerin, yapının davranışına etkisi dikkat edilmesi gereken bir durumdur.

Hesaplamalarda, yönetmeliğin izin verdiği minimum beton sınıfı olan C 25 ve uygulamada yaygın olarak kullanılan C 30 ve C 40 sınıfındaki betonlar göz önünde bulundurulmuş ve bu farklılığın, perde boylarına ve dolayısıyla yapı davranışına etkileri incelenmiştir. Yapılan incelemeler sonucunda, beton sınıfının artmasıyla, gerekli perde boylarında azalma olduğu için, özellikle yüksek yapılarda yeterli dayanımı sağlayabilmek veya yapıda daha geniş bir kullanım alanı elde edebilmek istendiğinde, beton sınıfının artırılması yoluna gidilebileceği görülmüştür.

Çalışmada, yapıda oluşabilecek deprem yüküne etkisi oldukça büyük olan, dolayısıyla gerekli perde boyunu önemli derecede etkileyecek, yapının bulunduğu zeminin sınıfı da hesaba katılmıştır. Bu hesaplamalarda fazla grafik oluşumunun önüne geçebilmek için, yönetmelikteki en elverişli zemin cinsi olan ZA, en elverişsiz zemin cinsi olan ZE ve bu ikisi arasındaki ZC zemin cinsi göz önünde bulundurulmuştur. Yapılan sayısal uygulama ve incelemelerden görülüyor ki, yapıların oturduğu zemininin, yapının davranışına ve dolayısıyla taşıyıcı sistem elemanlarının boyutlarına etkisi göz ardı edilmeyecek kadar fazladır. Örneğin, zemin hakim periyodu ve yapının doğal periyodu birbirine eşit veya çok yakınsa, deprem esnasında karşılaşılabilecek rezonans durumu ile, yapıya etki eden kuvvetlerde ciddi artışlar olabilir ve bu durum, yapının büyük hasarlar almasına sebep olabilir. Bu yüzden, tasarım yapılırken, yapının bulunduğu zeminin özellikleri iyi araştırılmalı

(yer altı su seviyesi, sıvılaşma durumu vb.) ve yapı ve zemin arasındaki ilişki sağlıklı bir şekilde kurulmalıdır.

Perde karşılıklı etki diyagramlarından da görüleceği gibi, perdeler etkiyen eksenel kuvvetlerin belli bir noktaya kadar artmasıyla, perdelerin eğilme momenti kapasitelerinde de artış olmaktadır. Ancak bu durum, perdenin, sünek davranış gösterme kabiliyetini de azaltabilmektedir. Normal kuvvetin, yatay kuvvet altındaki perde davranışına bu kadar etkili olması sebebiyle; çalışmada, toplam düşey yükün, %100'ünün, %75'inin ve %50'sinin perdeler tarafından taşındığı farklı durumlar göz önüne alınarak, perde boyları hesaplanmıştır. Elde edilen bu değerlerden yararlanılarak, her bir durum için yapılar modellenmiş ve çıkan sonuçlar sayısal uygulamalar kısmında verilmiştir. Yapılan incelemeler ve sayısal uygulamalar sonucunda; planda, merkezi kısımlarda konumlandırılan perdelerin, kenarlara yakın konumlandırılan perdelerle göre daha fazla eksenel kuvvete maruz kaldığı görülmüştür. Buna bağlı olarak, yeterli eğilme momenti kapasitesine sahip olabilmesi için, daha az donatı gerektiği anlaşılmıştır. Aynı zamanda, perdeler ve etrafındaki kolonlar arasındaki mesafelerin, müsaade edilen değerler içerisinde kalacak kadar artırılmasıyla da, perdeler üzerlerindeki eksenel kuvvet miktarı artırılabilir. Deprem etkilerinin oluşturduğu kesme kuvveti, perde duvarlarında çapraz kesme gerilmeleri (çatlaklar) oluşturur. Bu nedenle, oluşabilecek hasarları önlemek için, perdelerde yeterli sünek davranışı sağlamak gerekir. Bunun için, perdelerle, yönetmelik kriterleri göz önüne alınarak, yeterli donatı yerleştirilmelidir. Sayısal uygulamalarda incelenen perdelerle, yönetmelikte belirtilen minimum donatı miktarı (0.0025) koyulduğunda, genellikle istenen sünek davranışın ve yönetmelik kriterlerinin sağlandığı görülmüştür.

Bu çalışmada, planda dikdörtgen şeklindeki enkesitlere sahip perdeler incelenmiştir. Yapı yüksekliğinin arttığı veya yapının maruz kalacağı yatay ve düşey kuvvetlerin çok fazla olduğu durumlarda, bu kuvvetler karşı, her iki doğrultuda da yeterli rijitliği sağlayabilmek için, çok fazla sayıda dikdörtgen kesitli perdelerle ihtiyaç duyulmuştur. Bu durumlarda, mimari açıdan kullanıma uygun olmayan, küçük hacimlere sahip yapılar ortaya çıkmaktadır. Bu olumsuzlukların önüne geçebilmek için, her iki deprem doğrultusunda da dayanım gösterebilerek, yapının rijitliğini önemli derecede artıran poligon tipi perdelerin oluşturulması, iyi bir çözüm olarak görülmüştür. Perde elemanlarının birbirleriyle dik olarak kesişerek oluşturduğu sistemlere poligon tipi

perdeler denir. Genellikle planda U, T, L,H gibi enkesit şekillerine sahip olan bu perdelerin, birbirleriyle kesiştiği yerlerde oluşan başlık bölgeleri, perdelerin iidayanımını önemli ölçüde artırmaktadır. Ayrıca, kat sayısının artmasıyla beraber, yapının verimli bir kullanıma hizmet edebilmesi için, asansör ve merdiven kullanma zorunluluğunu ortaya çıkmaktadır. Ortaya çıkan asansör ve merdiven boşlukları etrafında poligon tipi perdelerin düzenlenmesi ile, bu zayıf bölgelerdeki gerekli dayanım elde edilebilmekte ve gerekli perde boylarının daha az olması sağlanabilmektedir.

Perdelerin planda yerleştirilmesinin de, tasarım esnasında dikkat edilmesi gereken bir diğer önemli husus olduğu görülmüştür. Çünkü, yapı, her ne kadar her iki doğrultuda eşit rijitliğe sahip olacak şekilde tasarlansa da, taşıyıcı sistem elemanları planda uygun bir şekilde konumlandırılmadığı takdirde, özellikle yatay yükler altında yapı burulmaya maruz kalabilmekte ve bunun sonucunda elemanlarda istenmeyen ağır hasarlar oluşabilmektedir. Bu durumun önüne geçebilmek için, sayısal uygulamalarda verilen yapı modellerinde de görüleceği gibi, perdeler, plan merkez akslarına göre mümkün mertebe simetrik ve kenarlarda veya kenarlara yakın kısımlarda konumlandırılmalıdır. Bu düzenleme sonucunda, rijilik merkezi ile kütle merkezi birbirine olabildiğince yaklaştırılmış ve yapılan kontrollerde de görüldüğü üzere, burulma etkileri ihmal edilebilecek düzeylere indirilmiştir.

Daha önce de belirtildiği gibi, perdelerin yatay yükler altında bir konsol kiriş davranışı göstermesi sebebiyle, perdelerin temele bağlandığı bölgeler en fazla eğilme momenti etkisinde olan, dolayısıyla en çok zorlanacak yerlerdir. Yönetmelikte temel seviyesinden belirli bir yüksekliğe kadar olan kısım kritik perde yüksekliği olarak tanımlanmıştır. Bu bölgelerde sağlanması istenen kriterler daha ağır olduğu için, perde boyları hesabı ve sayısal uygulamalar sadece kritik perde yüksekliği boyunca yapılmıştır. Üst katlara gidildikçe perdeye etkiyen zorlamaların azalması sebebiyle, bulunan perde boylarında ve hesaplanan donatı miktarlarında bir miktar azaltma yapılabilir.

Bu çalışmada, deprem etkilerine karşı çok iyi dayanım gösterebilen ve hızlı bir şekilde imal edilebilen perdeler ve bu perdeleri içeren taşıyıcı sistemler incelenmiş, gerekli perde boylarının hesabı yapılmıştır. Grafiklerde verilen perde boyları sadece öneri değerinde olup, ön tasarım aşamasında, tasarımcıya bir ön fikir sağlamak amaçlanmıştır. Tasarım mühendisinin bilgi ve deneyimlerini bir araya getirerek ve

diğer yönetmelik ve standartların kriterlerini de göz önünde bulundurarak, daha gerçekçi ve kesin hesaplamalar yapması kaçınılmazdır.





KAYNAKLAR

- [1] **Subramanian, N.** (2013). Design of Reinforced Concrete Structures, Oxford University Press, New Delhi, India
- [2] **Unnikrishna, Pillai, S. & Menon, D.** (2003). Reinforced Concrete Design, Tata McGraw--Hill, New Delhi
- [3] **Celep, Z.** (2018). Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, Beta Dağıtım, İstanbul
- [4] **Aka, İ. & Altan, M.** (1992). Betonarme Taşıyıcı Sistemler, İTÜ İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul.
- [5] **Taranath, B.S.** (2009). Reinforced Concrete Design of Tall Buildings, CRC Press, Boca Raton, Florida
- [6] **Paulay, T. & Priestly, M.J.N.** (1992). Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings, John Wiley&Sons, New York
- [7] **Günel, M. H. & Ilgın, H. E.** (2014). Tall Buildings: Structural Systems and Aerodynamic Form, Routledge, Oxon
- [8] **Celep, Z.** (2017). Betonarme Yapılar, Beta Dağıtım, İstanbul
- [9] **Darılmaz, K.** (2019). Depreme Dayanıklı Binaların Tasarımına Giriş, Birsen Yayınevi, İstanbul.
- [10] **Topçu, A.** (2019). Betonarme 2 Ders Notları, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir.
- [11] **Atımtay, E.** (2009). Depremde çökmeyen bina nedir? nasıl projelendirilir?, Teknik Yayınevi, Ankara
- [12] **Fintel, M.** (1991) Shearwalls-an answer for seismic resistance?, Concrete International
- [13] **Altın, S.** (1989) The Behaviour of R/C shear-walls subjected to cyclic loading, EB, Num. 67, 1989.
- [14] **Ersoy, U.** (1993) 1992 Erzincan Depreminden Alınması Gereken Dersler, 2. Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, sf. 395-403, İstanbul
- [15] **Atımtay, E.** (2000) Açıklamalar ve örneklerle afet bölgelerinde yapılacak yapılar hakkındaki yönetmelik (Betonarme yapılar) Cilt 1, 2, Bizim Büro, Ankara.
- [16] **TS 500** (2000) Betonarme yapıların tasarım ve yapım kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [17] **Çetmeli, E. & Çakıroğlu, A.** (1996) Yapı Statiği Cilt 1, Beta Yayınevi, İstanbul.

- [18] **Aydinoğlu, M.N., Celep, Z., Özer, E., Özaydın, K.** (2018) Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği Eğitim El Kitabı, Açıklamalar ve Uygulama Örnekleri Kısım-1: Genel Konular, İnşaat Mühendisleri Odası, İstanbul
- [19] **Öztürk T.** (2005) Betonarme Binalarda Deprem Perdelerinin Yerleşimi Ve Tasarımı, İlkbahar-Yaz Dönemi Mesleki Eğitim Kursları, İMO, İstanbul.
- [20] **SAP2000** (Version 20.2.0) [Computer Software] Integrated software for structural analysis and design program, Computers and Structures Inc., Berkeley, California.
- [21] **TBDY** (2018). Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, Deprem Etkisi Altında Binaların Tasarımı İçin Kurallar, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara.
- [22] **TS 498** (1997) Yapı elemanlarının boyutlandırılmasında alınacak yüklerin hesap değerleri, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

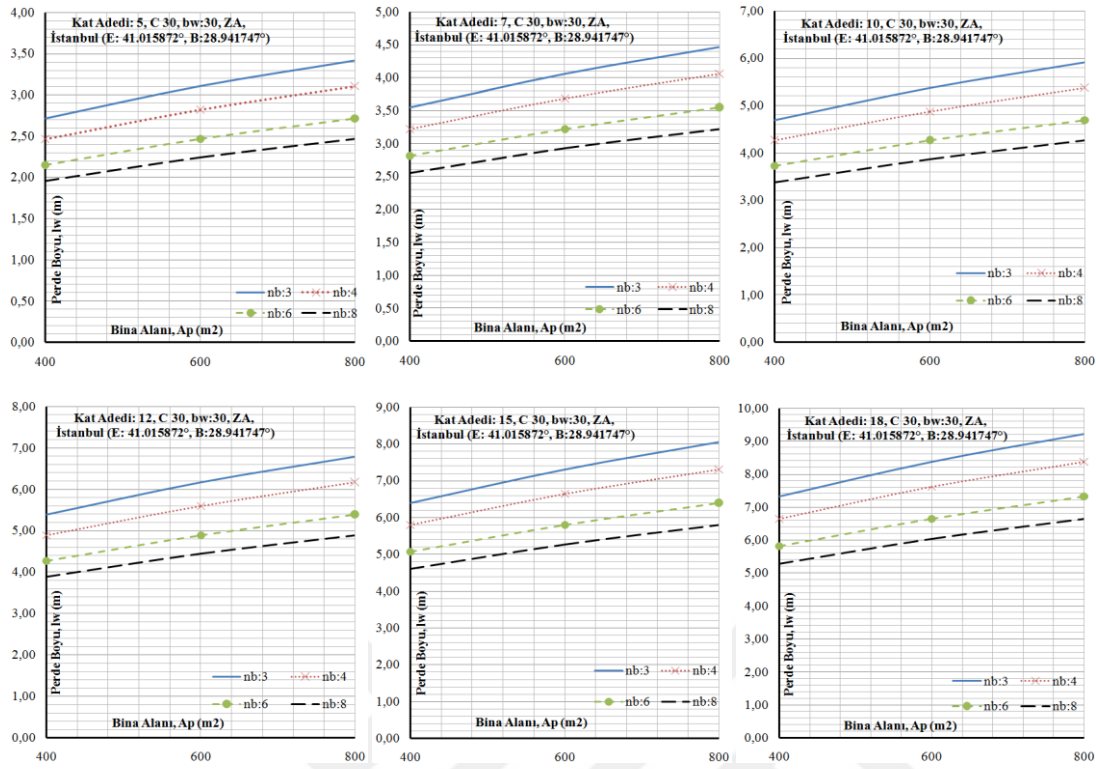


EKLER

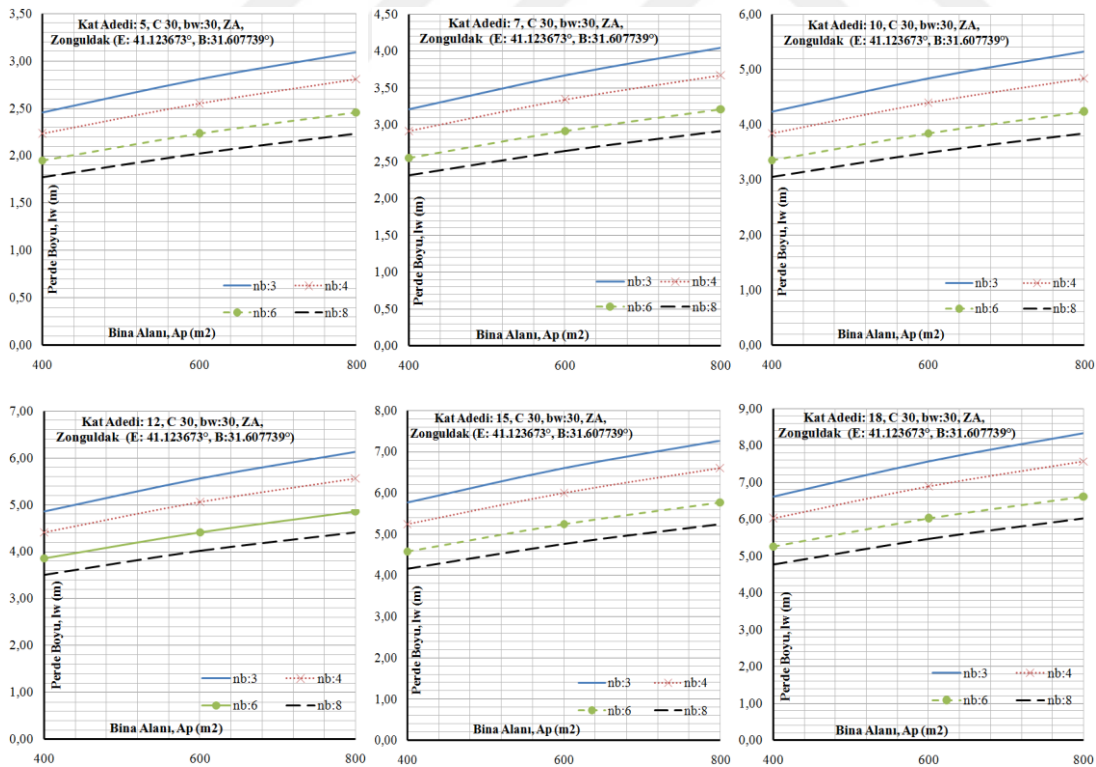
EK A: Farklı parametrelere (zemin sınıfı, kat adedi, kat alanı, beton kalitesi ve konum) ve perdelerle etkiyen düşey yük durumlarına ($W_p=W$, $W_p=0.75W$ ve $W_p=0.50W$) göre hesaplanan perde boylarına ait grafikler.



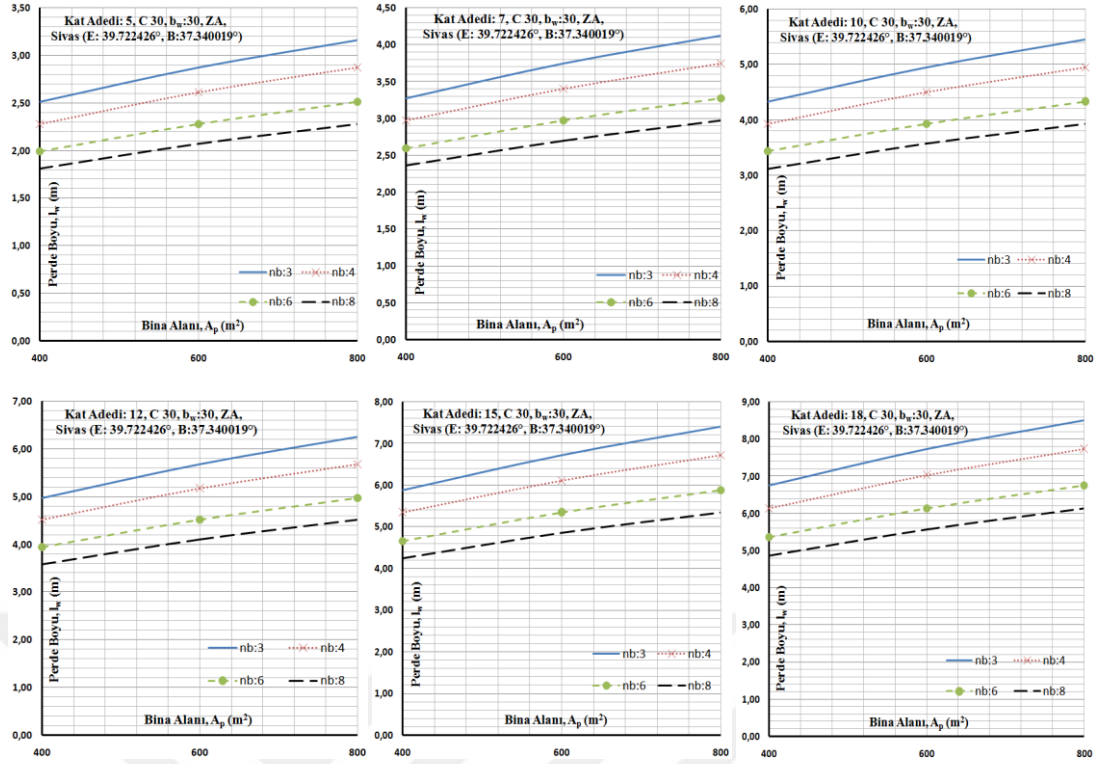
EKA



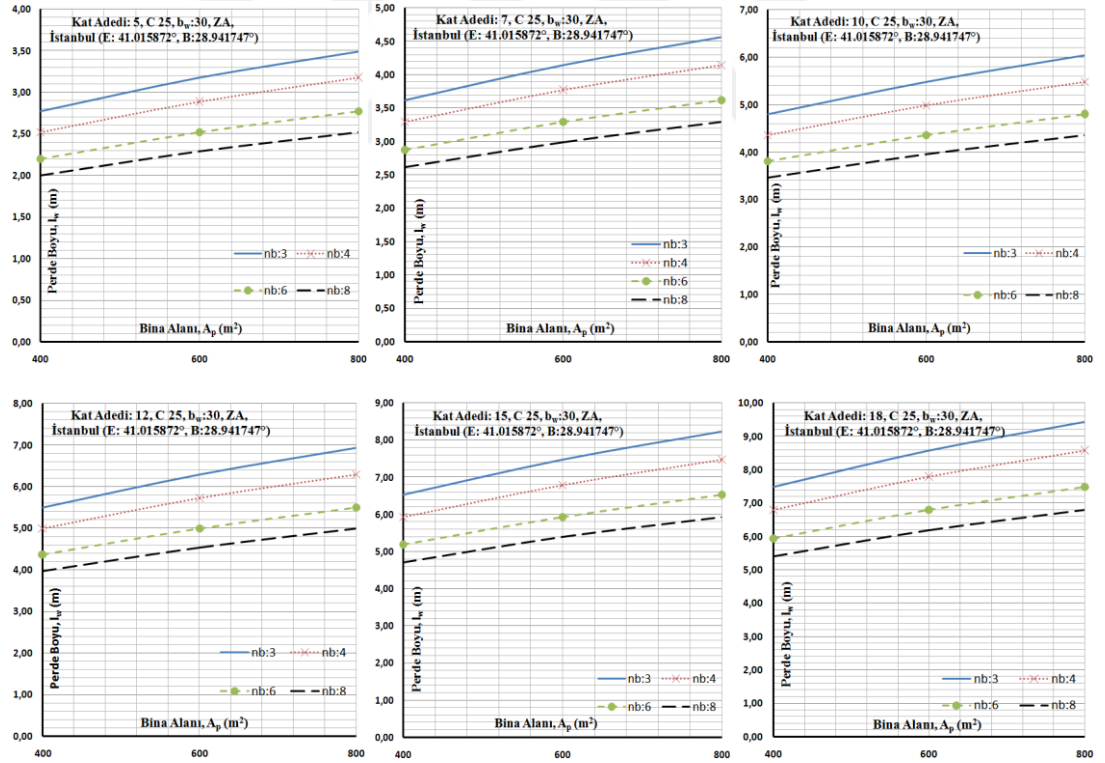
Şekil A. 1 : $W_p = W$ durumuna göre perde boyları grafikleri (İstanbul, ZA ve C30).



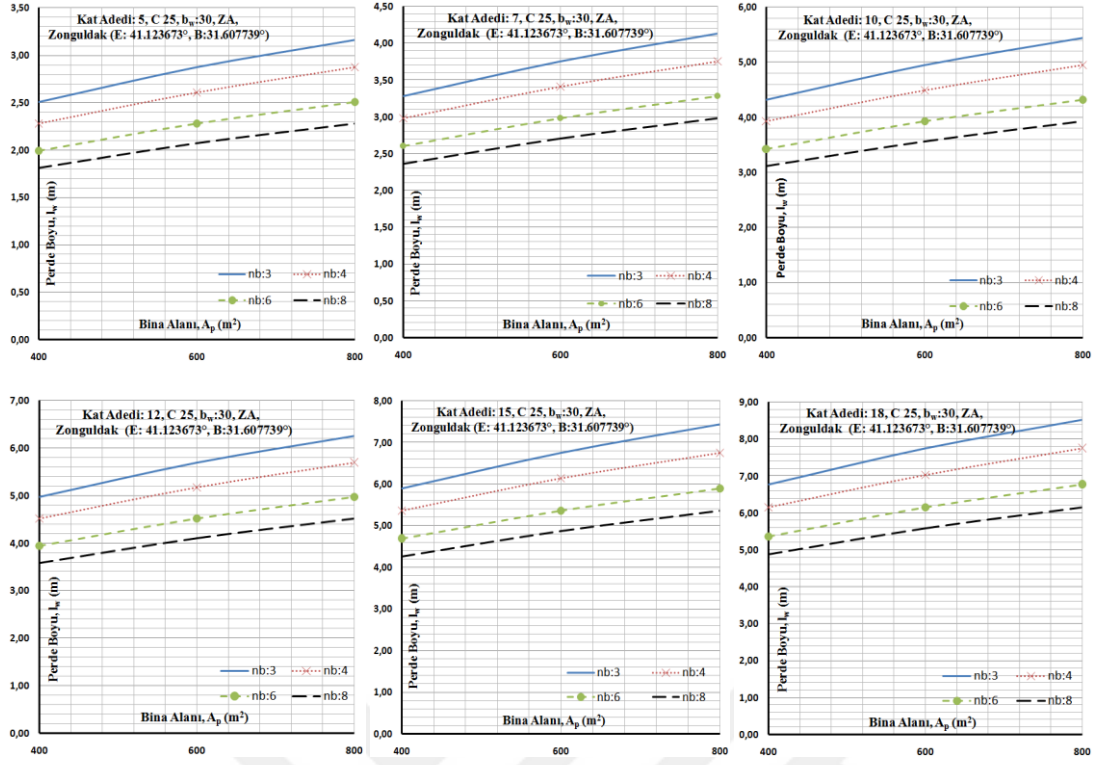
Şekil A. 2 : $W_p = W$ durumuna göre perde boyları grafikleri (Zonguldak, ZA ve C30).



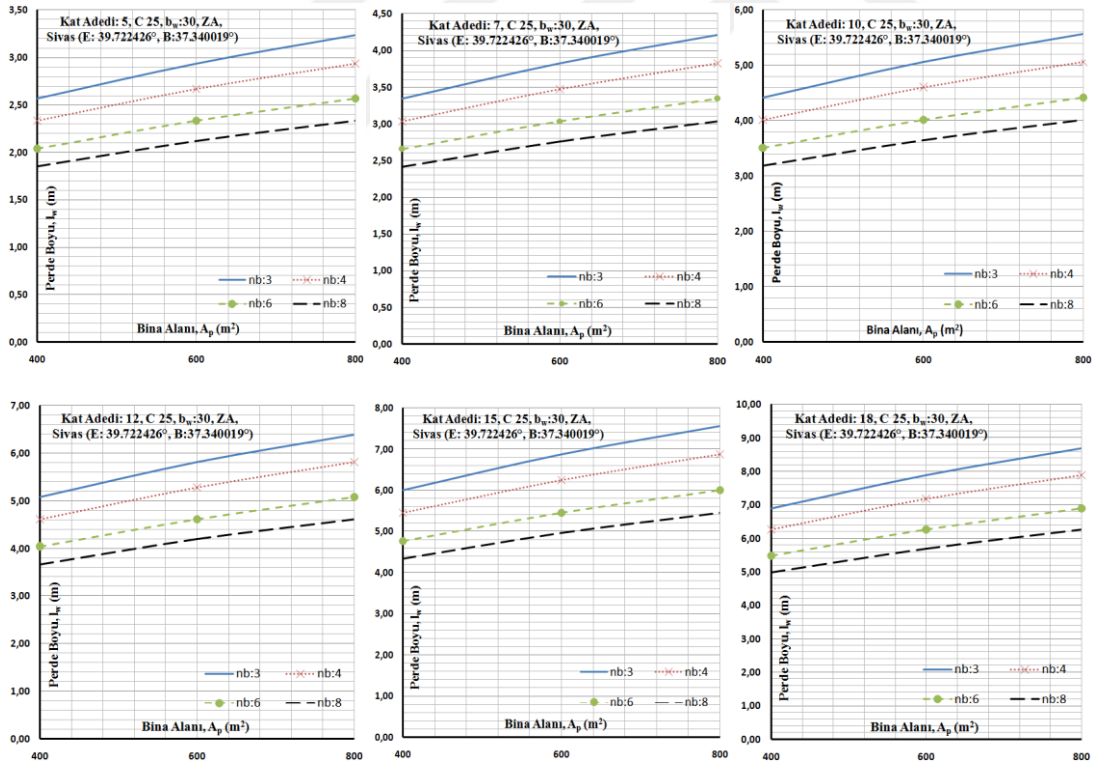
Şekil A. 3 : $W_p = W$ durumuna göre perde boyları grafikleri (Sivas, ZA ve C30).



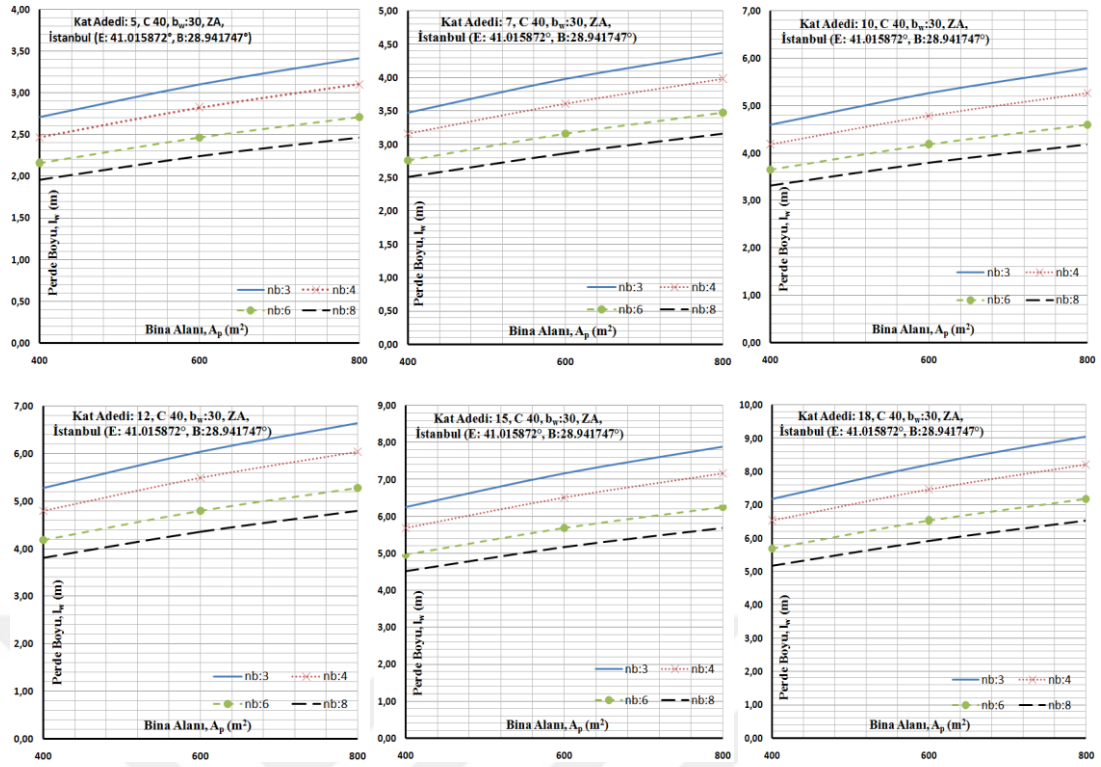
Şekil A. 4 : $W_p = W$ durumuna göre perde boyları grafikleri (İstanbul, ZA ve C25).



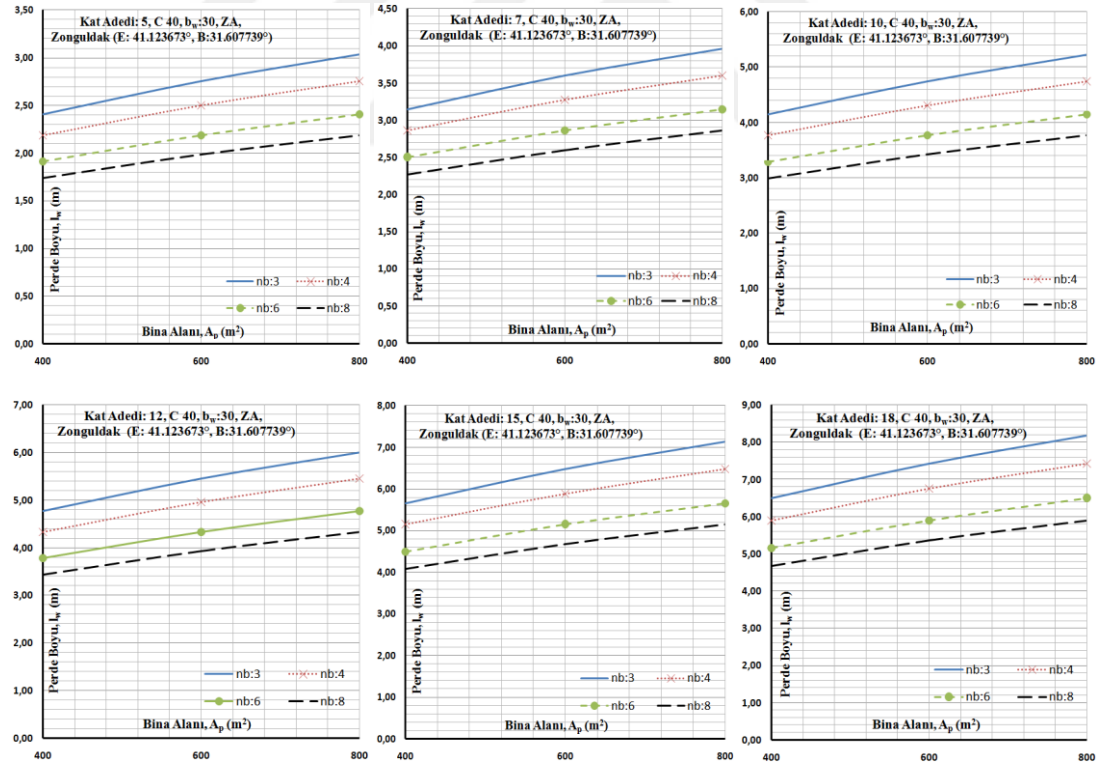
Şekil A. 5 : $W_p = W$ durumuna göre perde boyları grafikleri (Zonguldak, ZA ve C25).



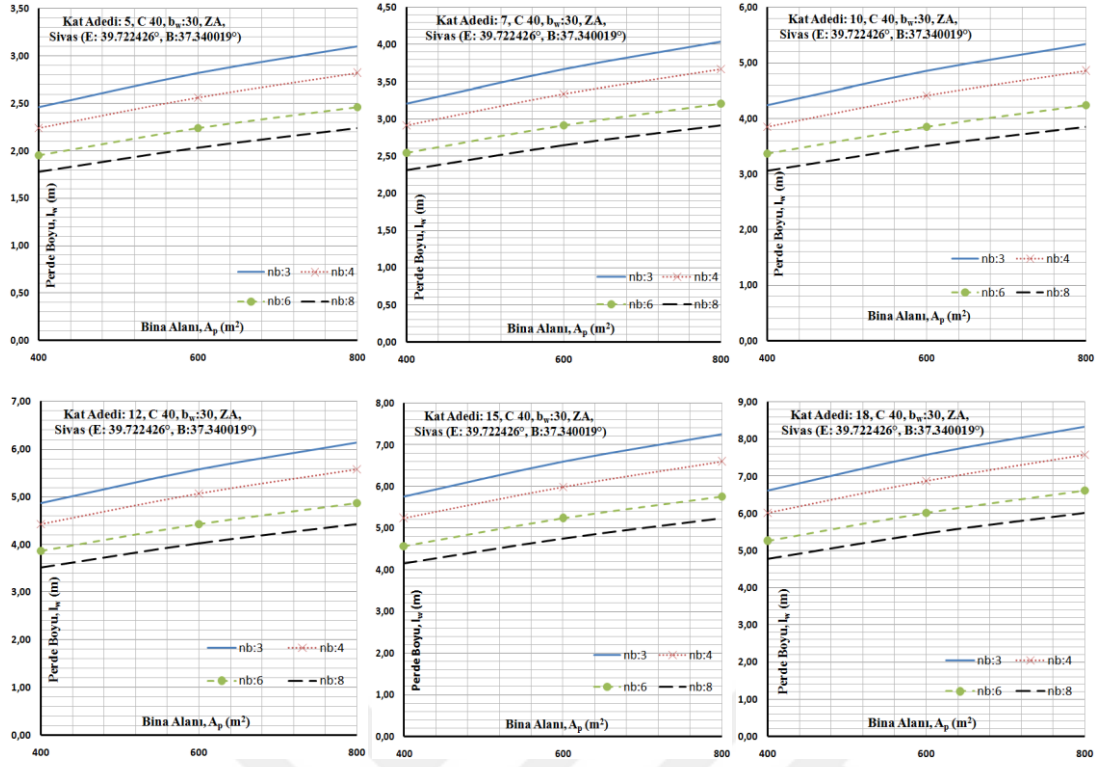
Şekil A. 6 : $W_p = W$ durumuna göre perde boyları grafikleri (Sivas, ZA ve C25).



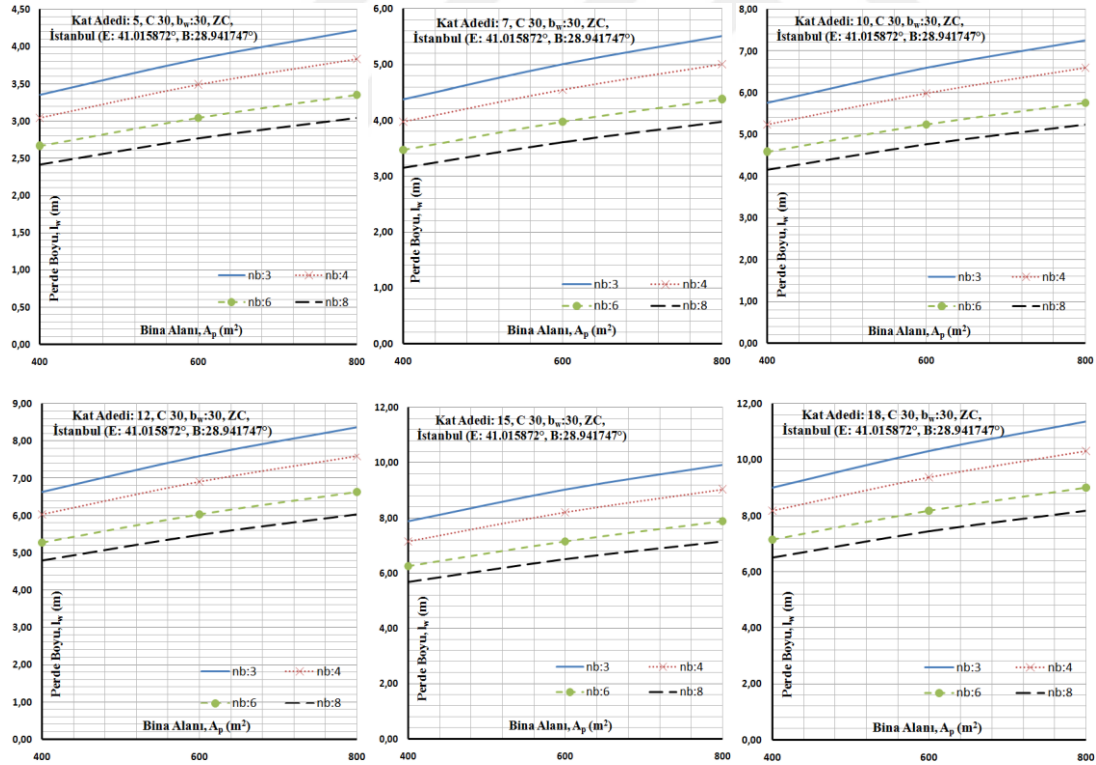
Şekil A. 7 : $W_p = W$ durumuna göre perde boyları grafikleri (İstanbul, ZA ve C40).



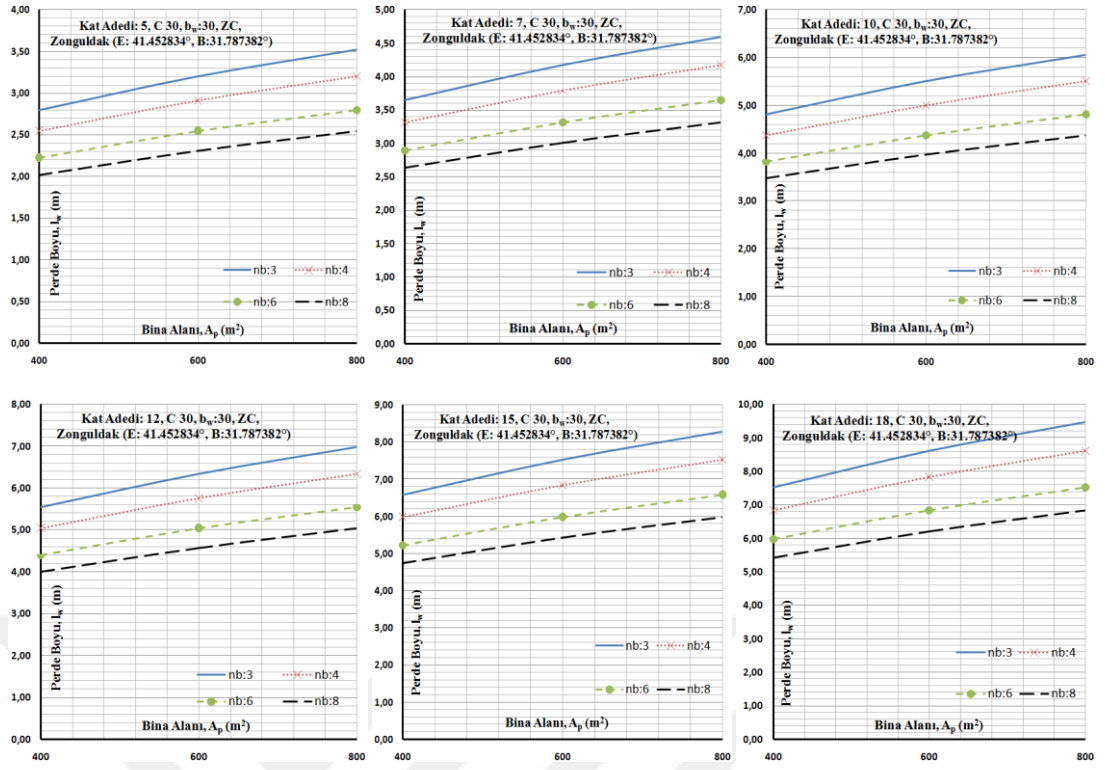
Şekil A. 8 : $W_p = W$ durumuna göre perde boyları grafikleri (Zonguldak, ZA ve C40).



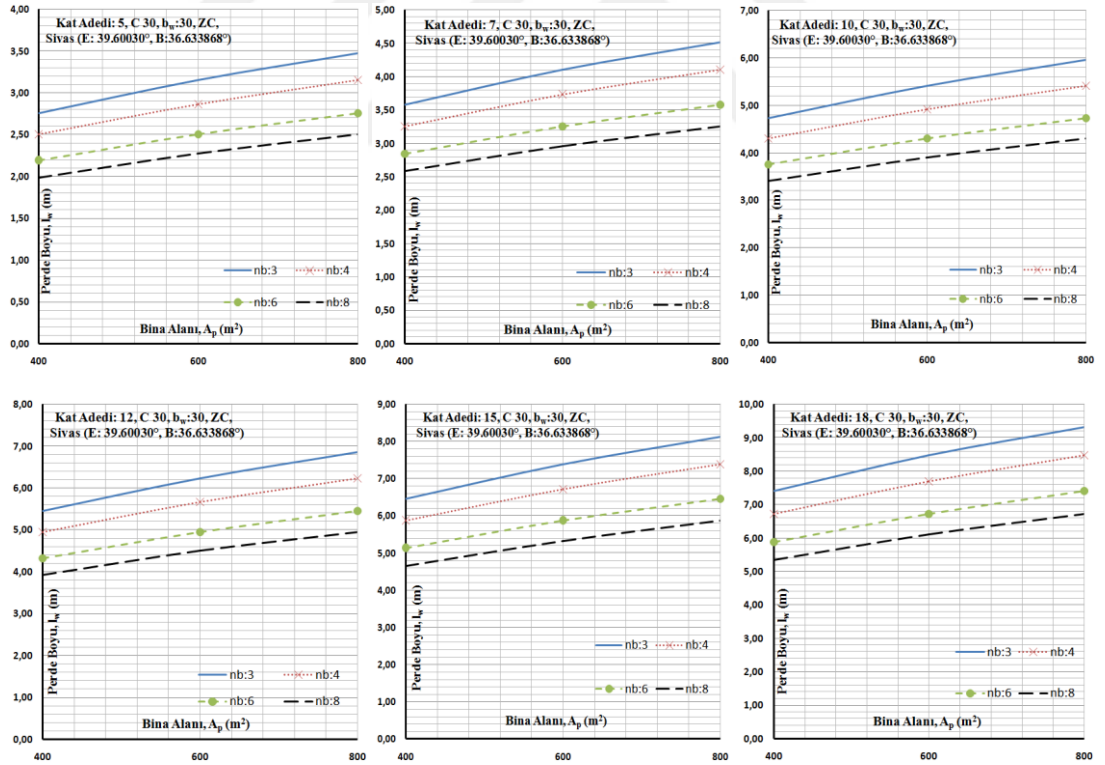
Şekil A. 9 : $W_p = W$ durumuna göre perde boyları grafikleri (Sivas, ZA ve C40).



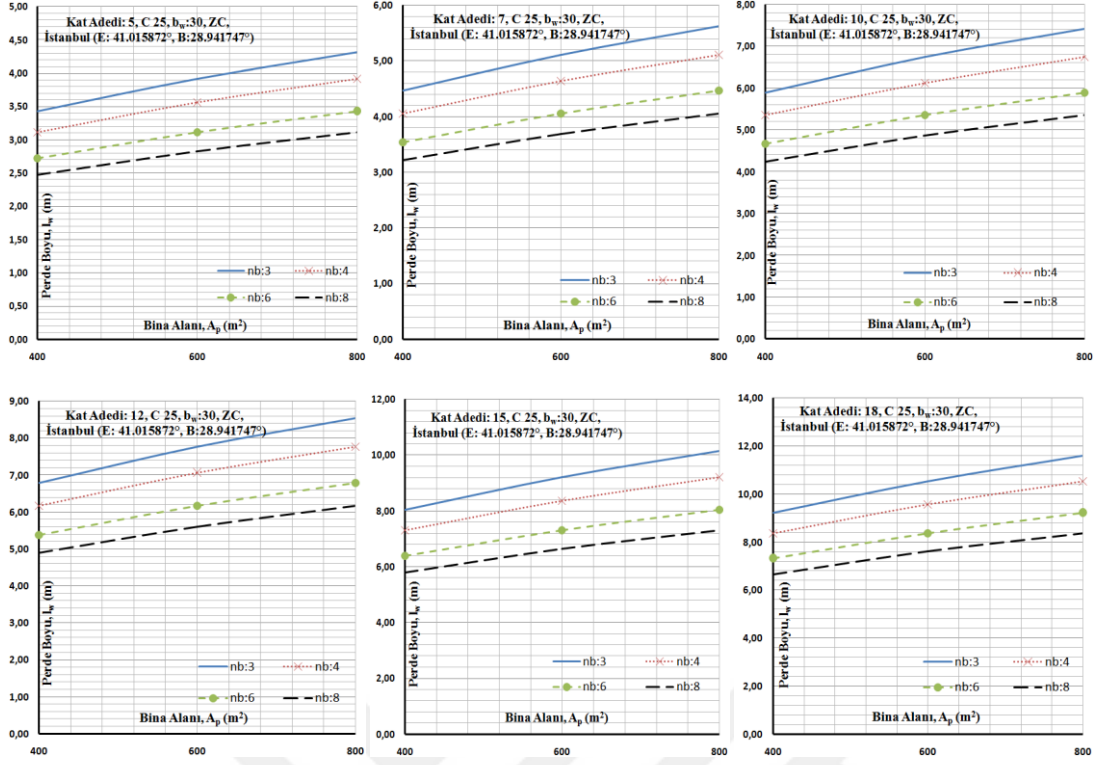
Şekil A. 10 : $W_p = W$ durumuna göre perde boyları grafikleri (İstanbul, ZC ve C30).



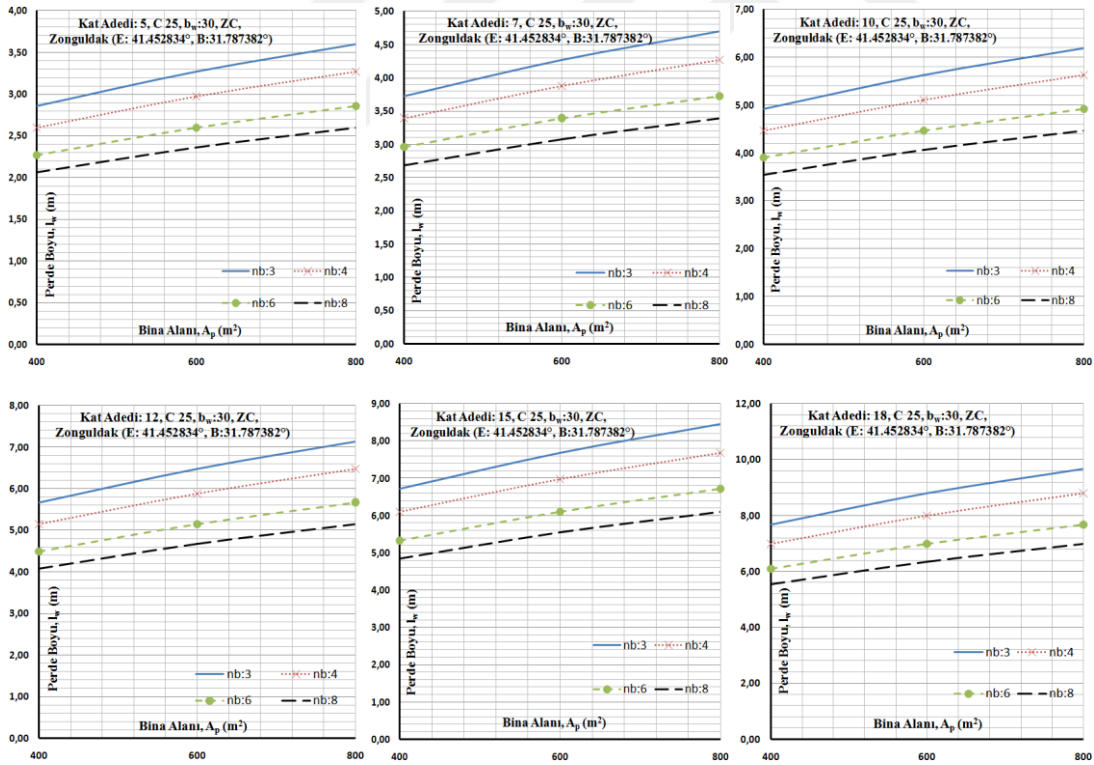
Şekil A. 11 : $W_p = W$ durumuna göre perde boyları grafikleri (Zonguldak, ZC ve C30).



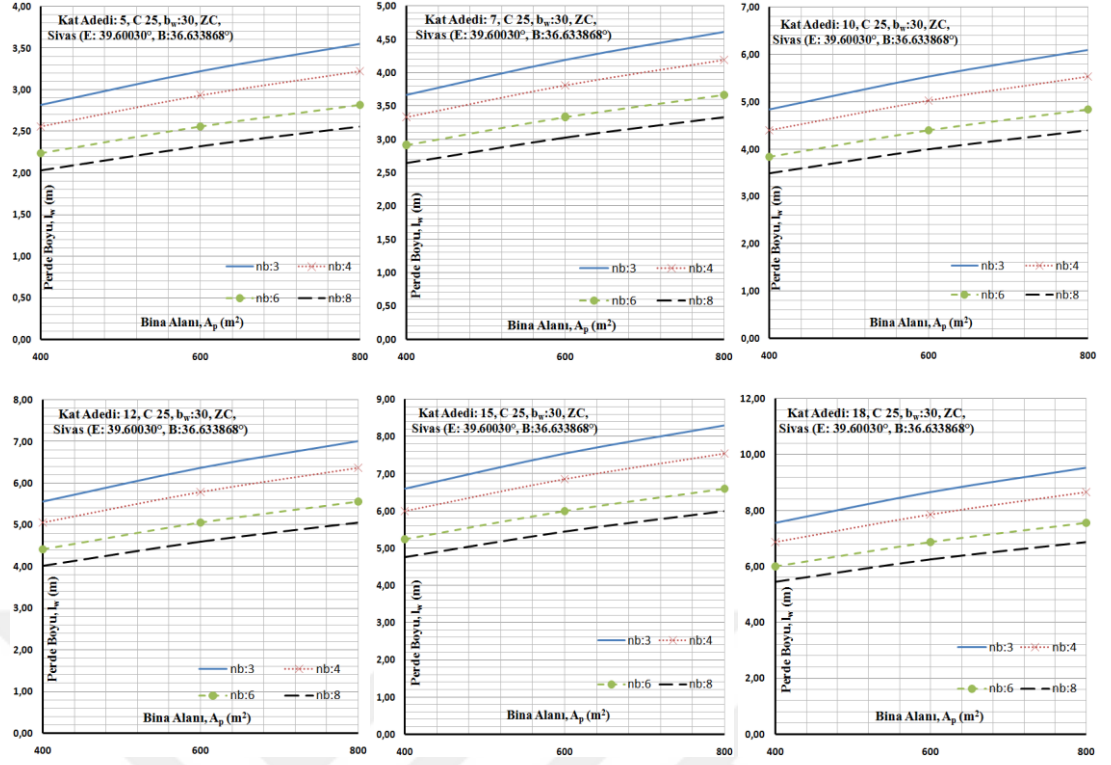
Şekil A. 12 : $W_p = W$ durumuna göre perde boyları grafikleri (Sivas, ZC ve C30).



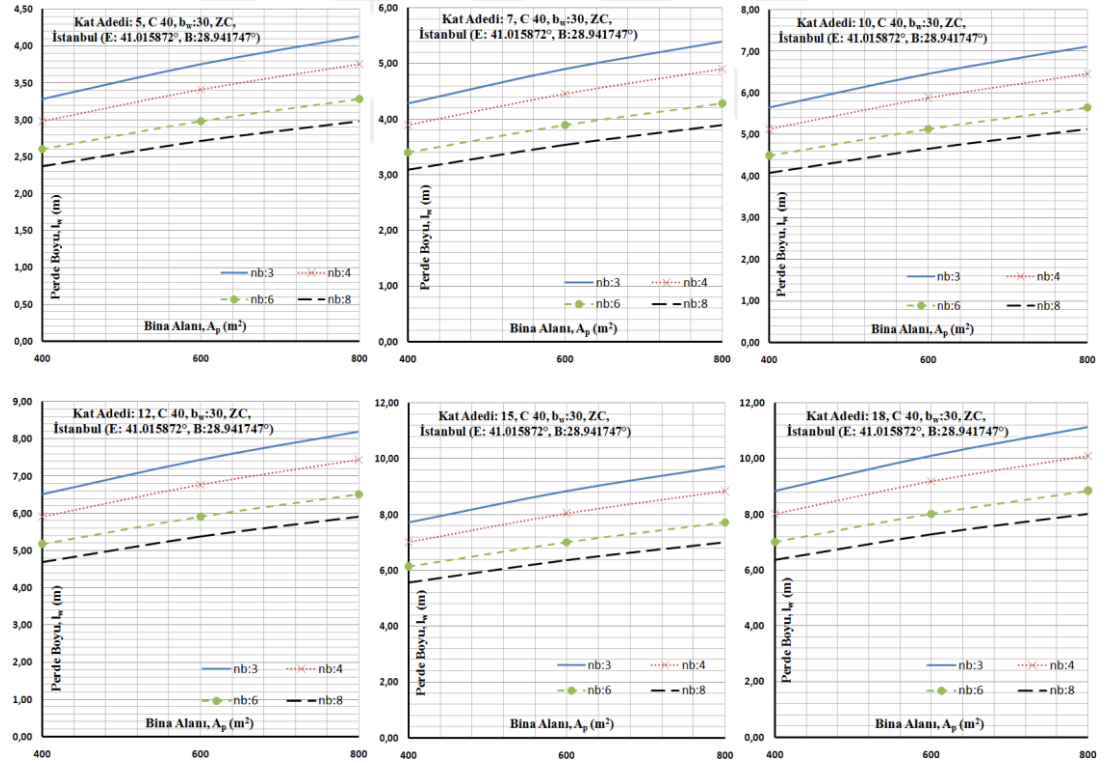
Şekil A. 13 : $W_p = W$ durumuna göre perde boyları grafikleri (İstanbul, ZC ve C25).



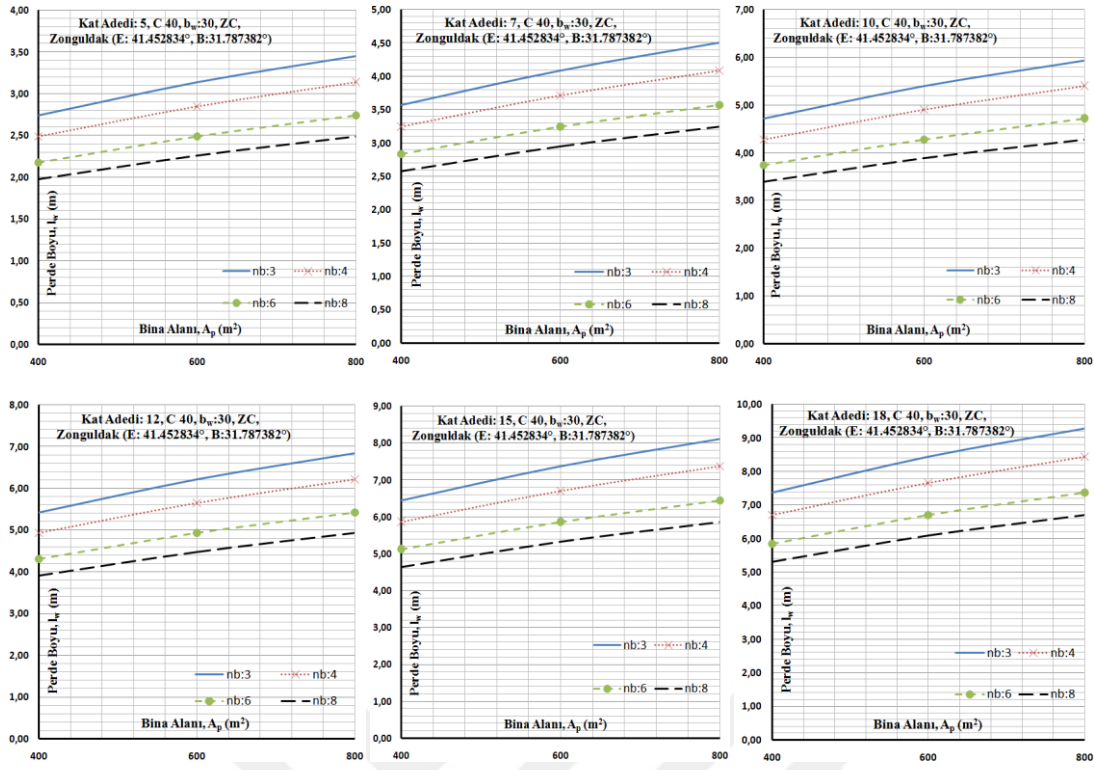
Şekil A. 14 : $W_p = W$ durumuna göre perde boyları grafikleri (Zonguldak, ZC ve C25).



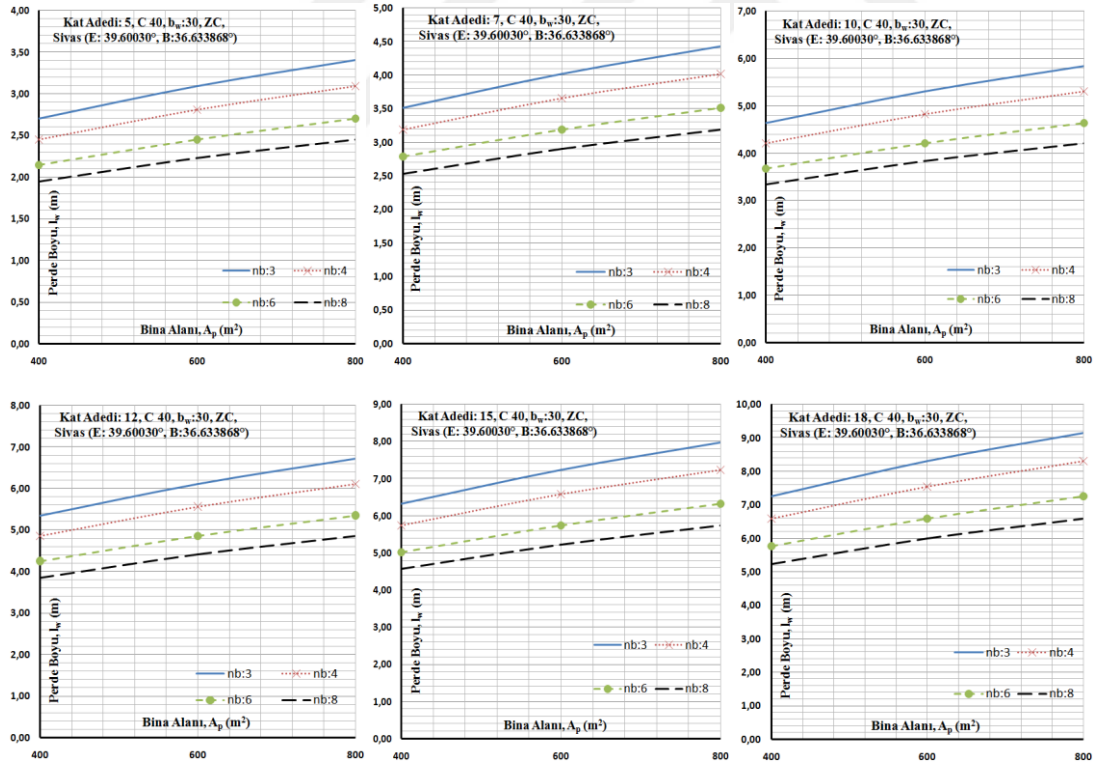
Şekil A. 15 : $W_p = W$ durumuna göre perde boyları grafikleri (Sivas, ZC ve C25).



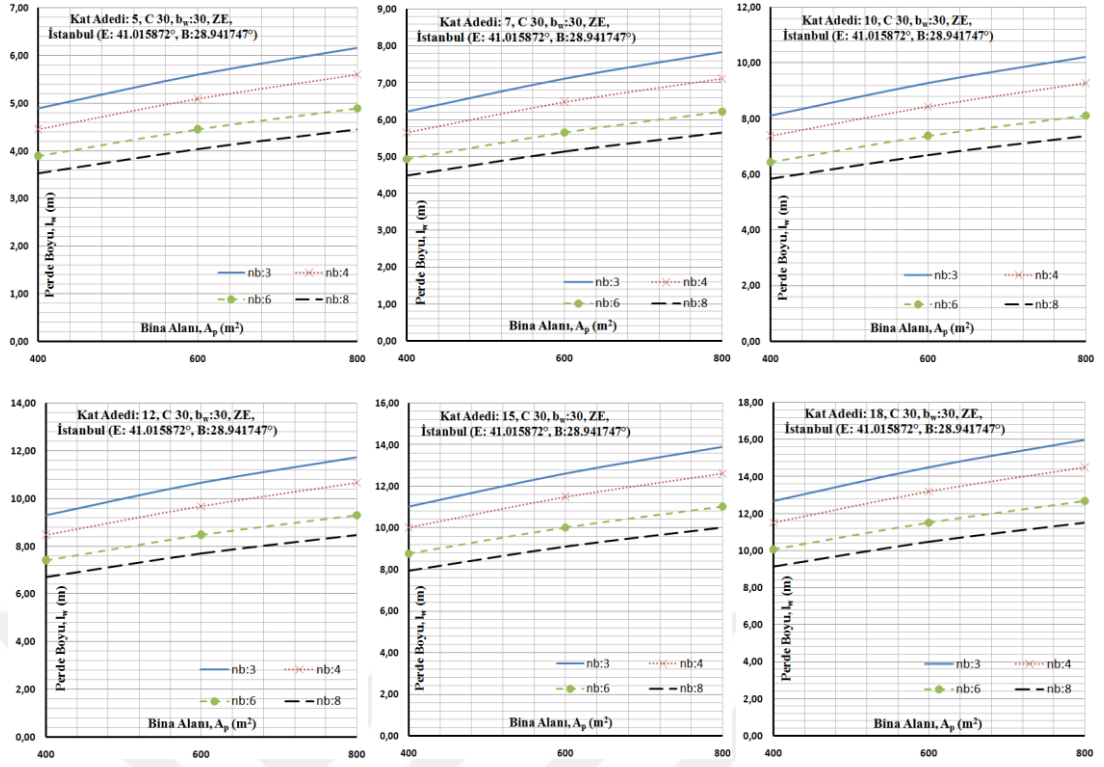
Şekil A. 16 : $W_p = W$ durumuna göre perde boyları grafikleri (İstanbul, ZC ve C40).



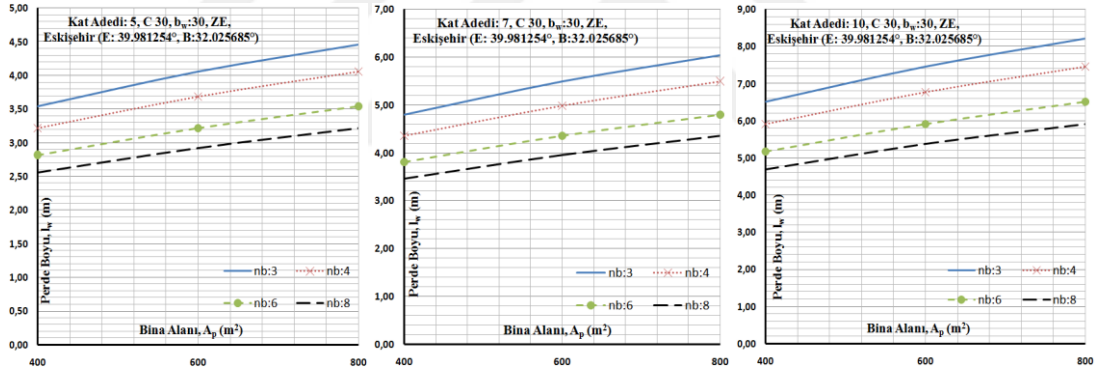
Şekil A. 17 : $W_p = W$ durumuna göre perde boyları grafikleri (Zonguldak, ZC ve C40).



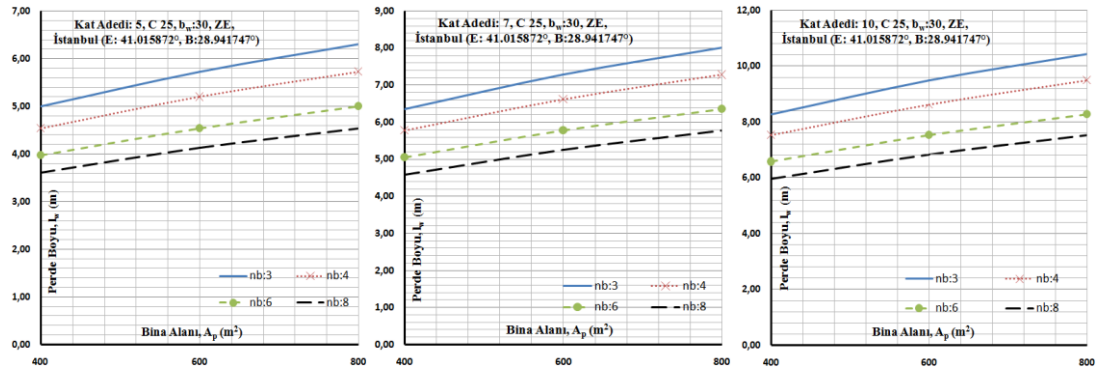
Şekil A. 18 : $W_p = W$ durumuna göre perde boyları grafikleri (Sivas, ZC ve C40).



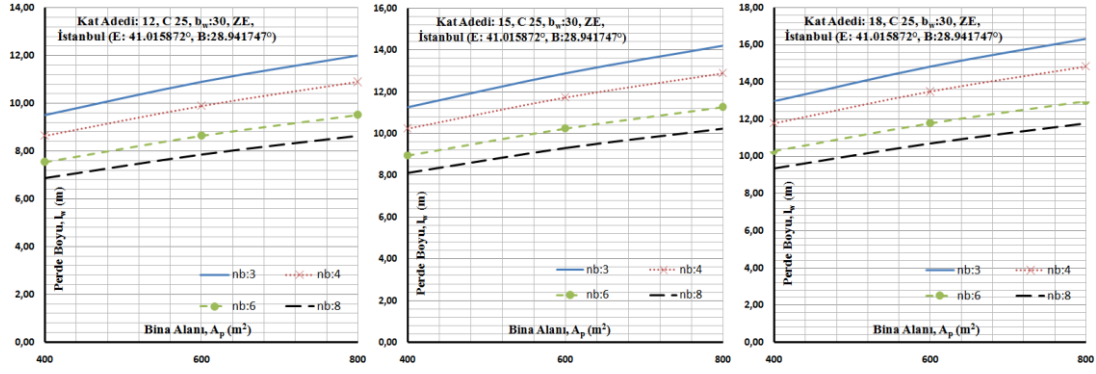
Şekil A. 19 : $W_p = W$ durumuna göre perde boyları grafikleri (İstanbul, ZE ve C30).



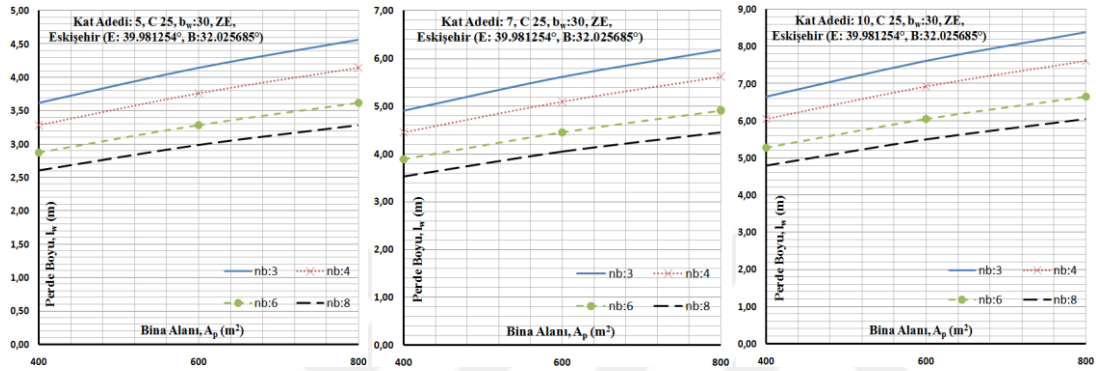
Şekil A. 20 : $W_p = W$ durumuna göre perde boyları grafikleri (Eskişehir, ZE ve C30).



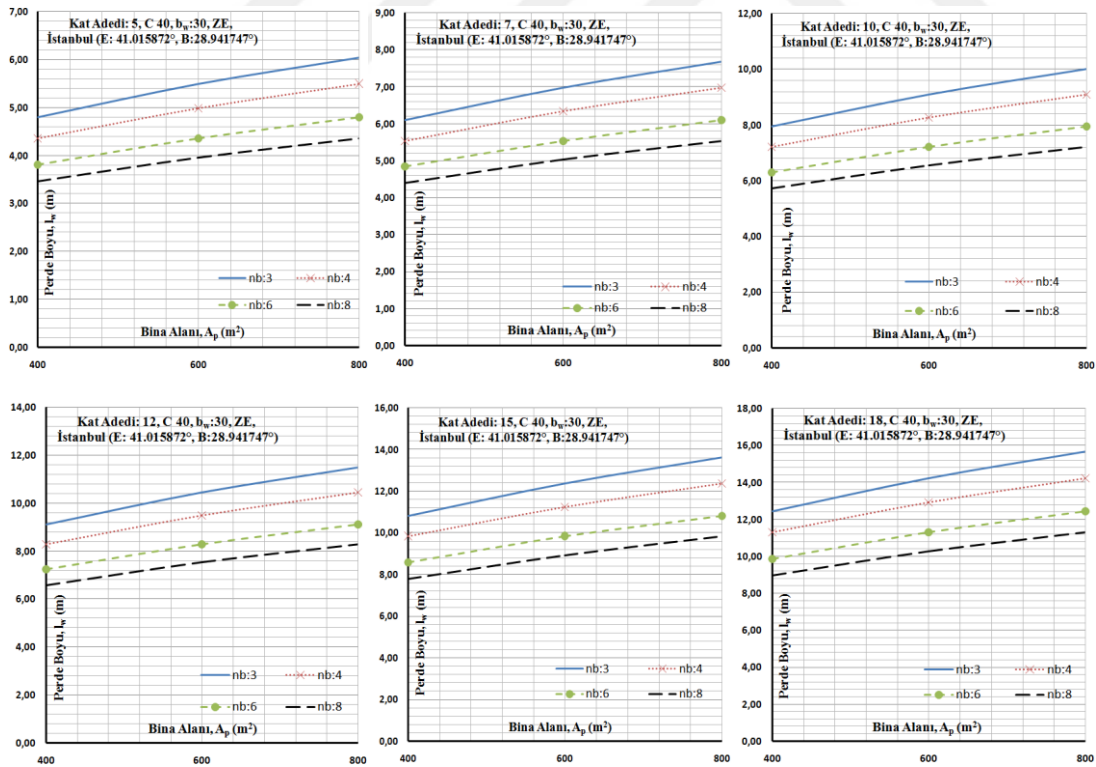
Şekil A. 21 : $W_p = W$ durumuna göre perde boyları grafikleri (İstanbul, ZE ve C25).



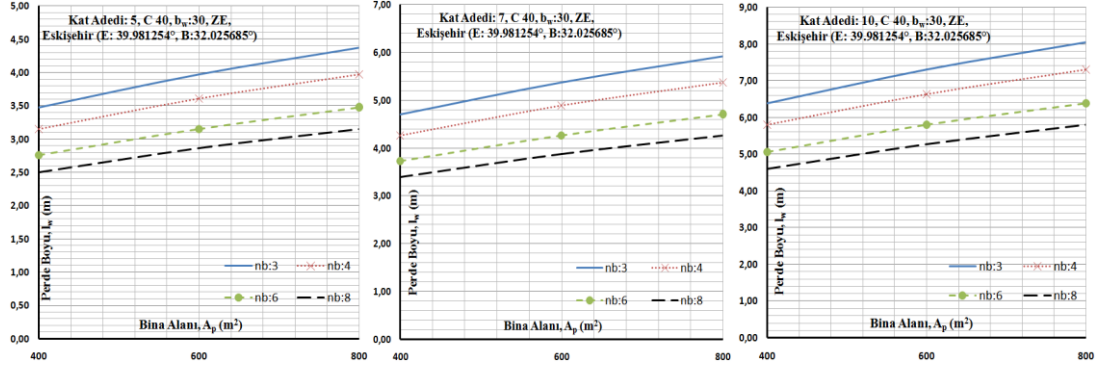
Şekil A.21 (devam) : $W_p = W$ durumuna göre perde boyları grafikleri (İstanbul, ZE ve C25).



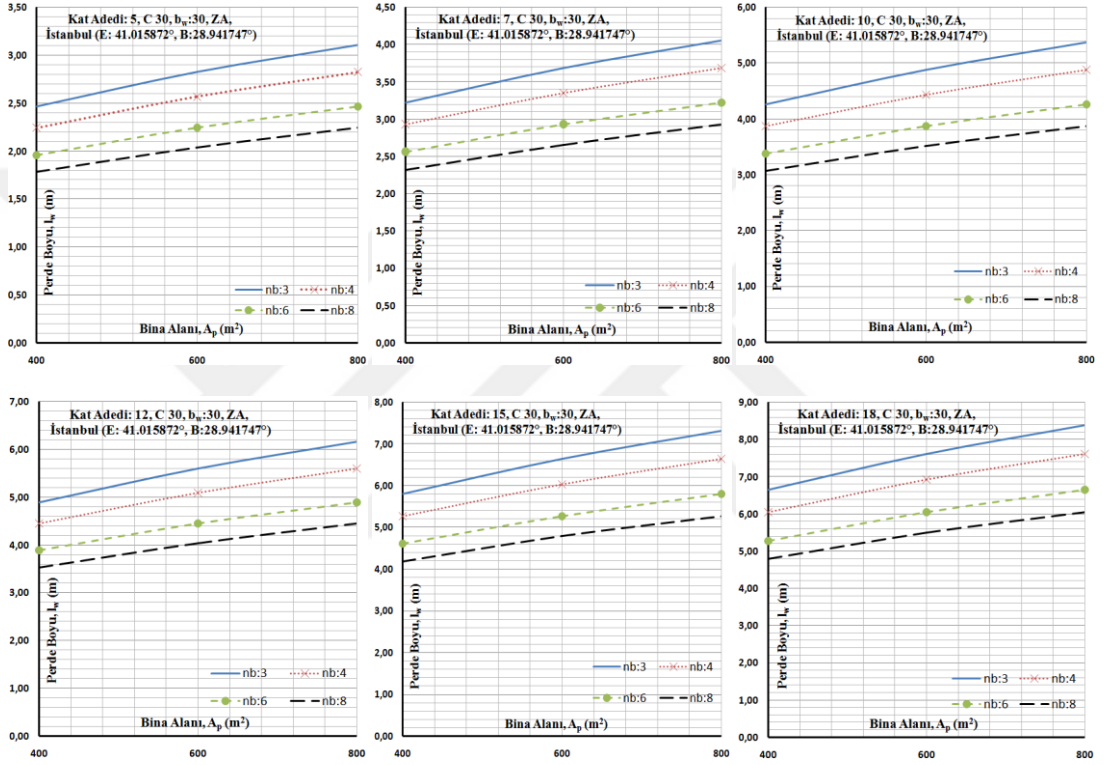
Şekil A. 22 : $W_p = W$ durumuna göre perde boyları grafikleri (Eskişehir, ZE ve C25).



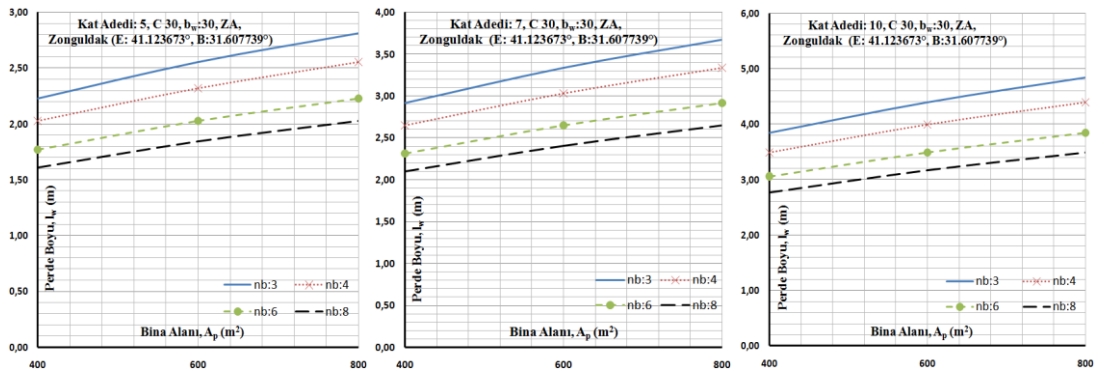
Şekil A. 23 : $W_p = W$ durumuna göre perde boyları grafikleri (İstanbul, ZE ve C40).



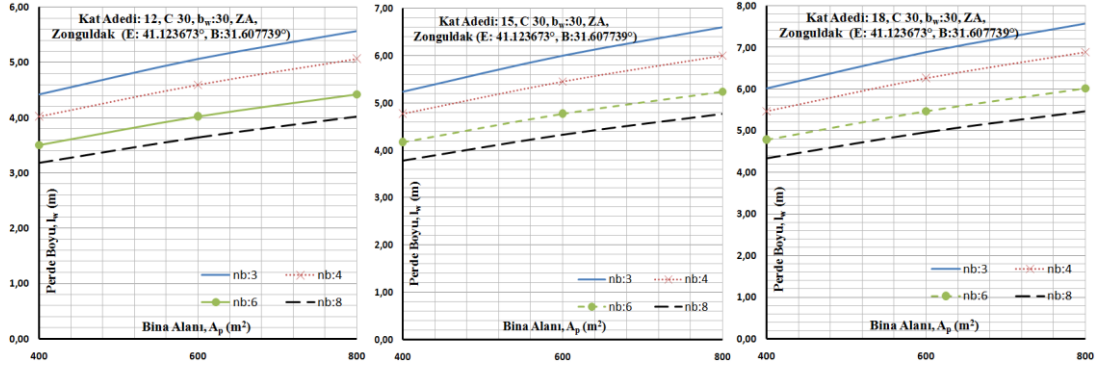
Şekil A. 24 : $W_p = W$ durumuna göre perde boyları grafikleri (Eskişehir, ZE ve C40).



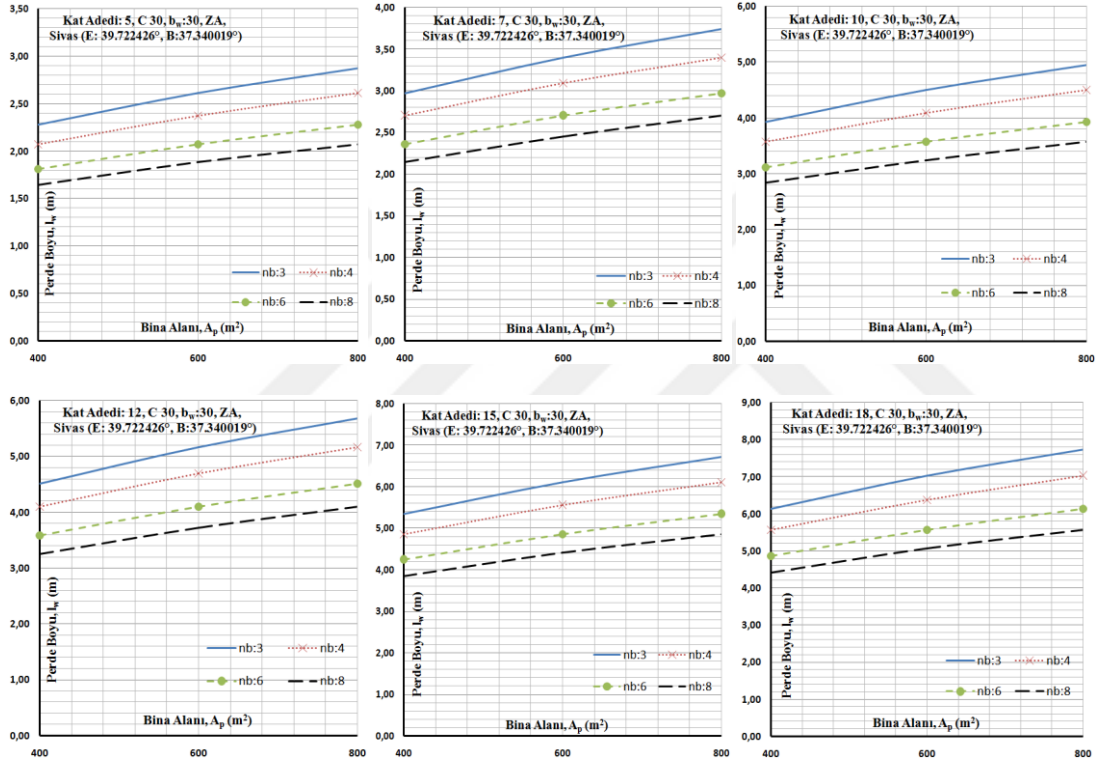
Şekil A. 25 : $W_p = 0.75 W$ durumuna göre perde boyları grafikleri (İstanbul, ZA ve C30).



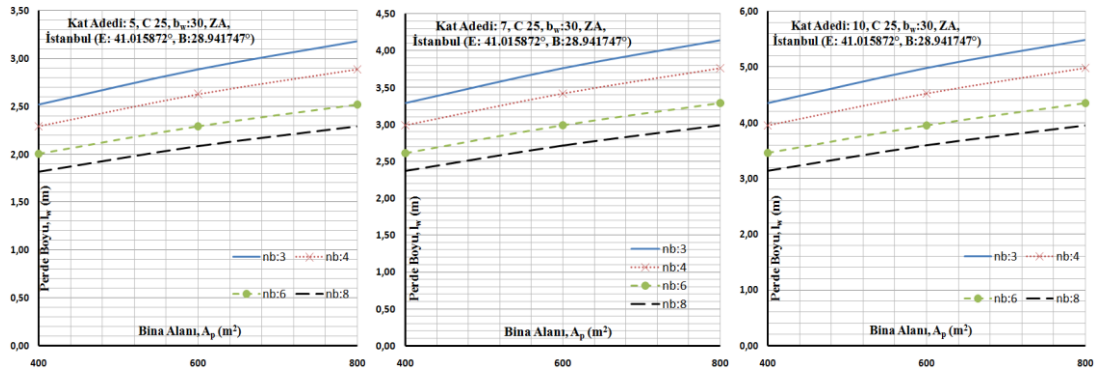
Şekil A. 26 : $W_p = 0.75 W$ durumuna göre perde boyları grafikleri (Zonguldak, ZA ve C30).



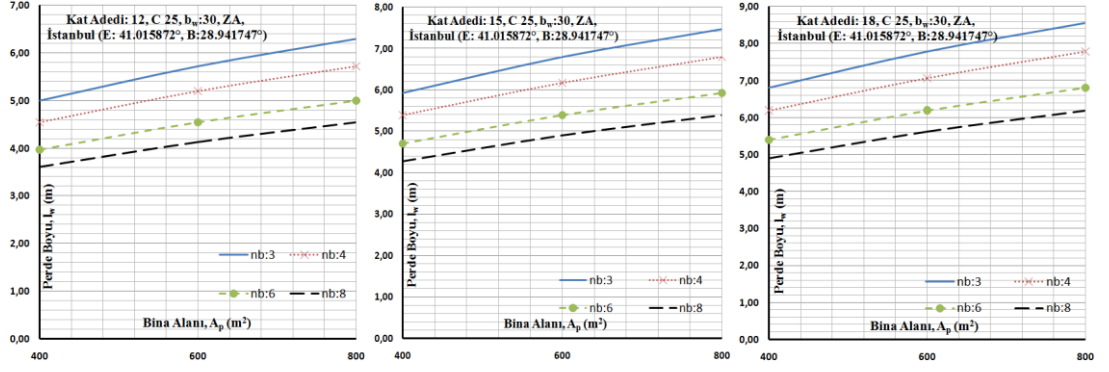
Şekil A.26 (devam) : $W_p = 0.75 W$ durumuna göre perde boyları grafikleri (Zonguldak, ZA ve C30).



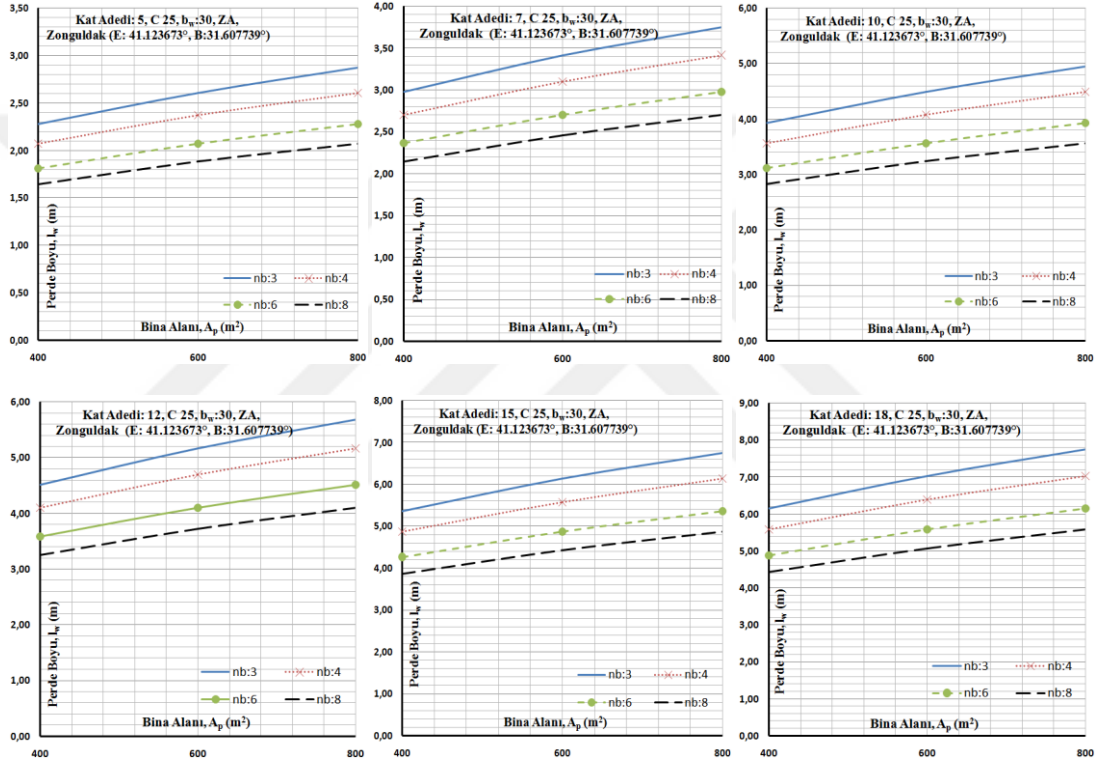
Şekil A. 27 : $W_p = 0.75 W$ durumuna göre perde boyları grafikleri (Sivas, ZA ve C30).



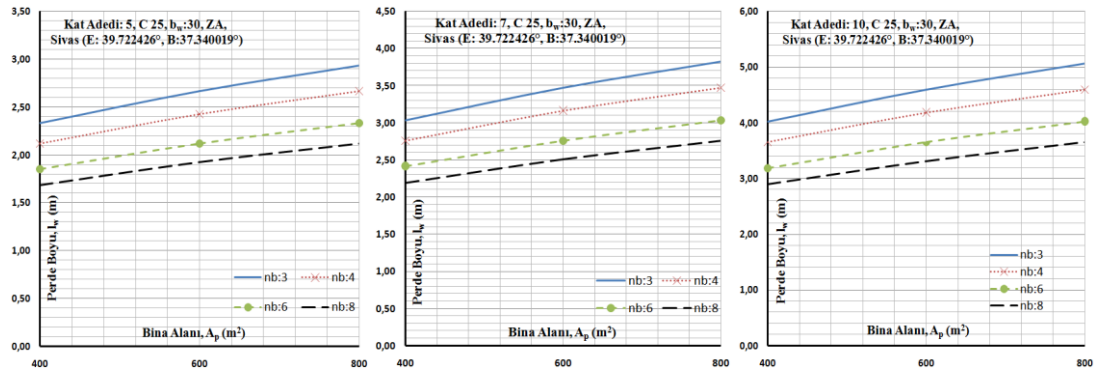
Şekil A. 28 : $W_p = 0.75 W$ durumuna göre perde boyları grafikleri (İstanbul, ZA ve C25).



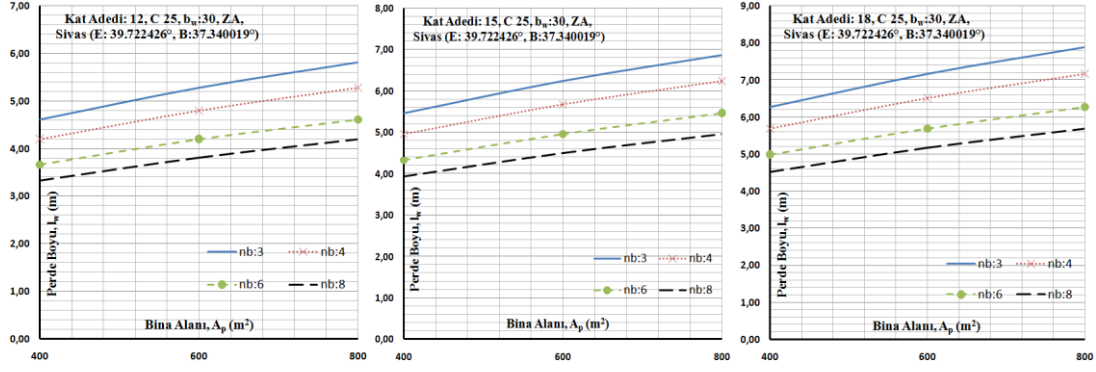
Şekil A.28 (devam) : $W_p = 0.75$ W durumuna göre perde boyları grafikleri (İstanbul, ZA ve C25).



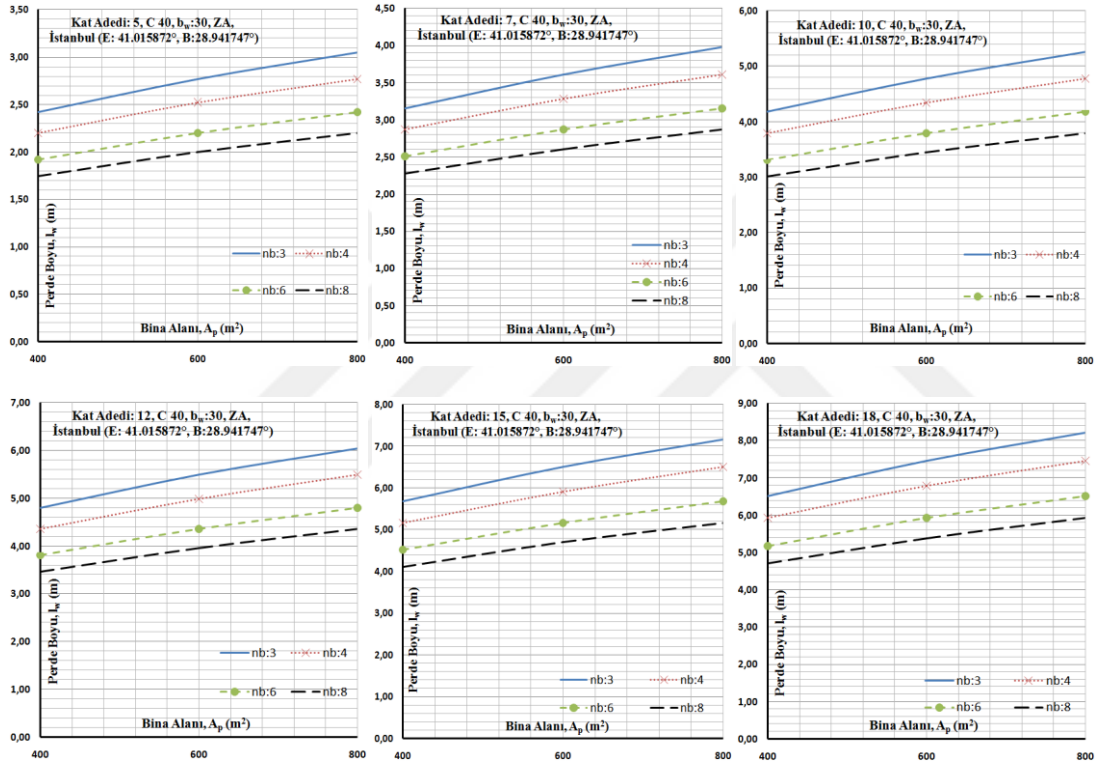
Şekil A. 29 : $W_p = 0.75$ W durumuna göre perde boyları grafikleri (Zonguldak, ZA ve C25).



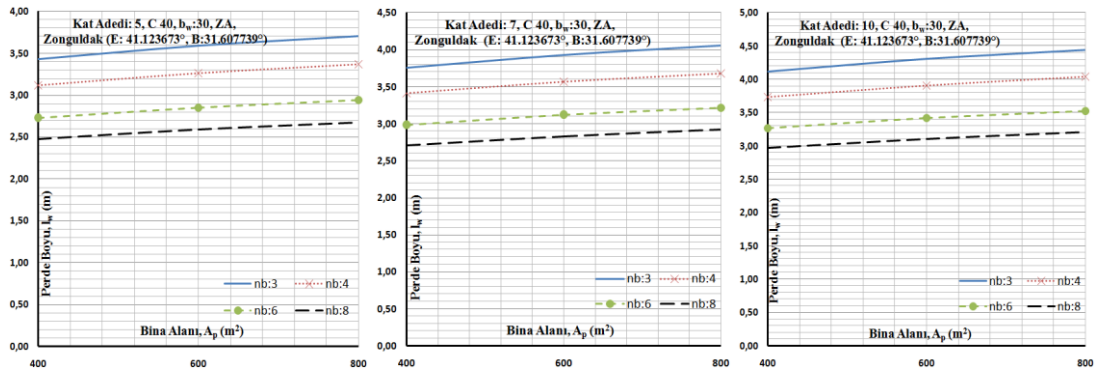
Şekil A. 30 : $W_p = 0.75$ W durumuna göre perde boyları grafikleri (Sivas, ZA ve C25).



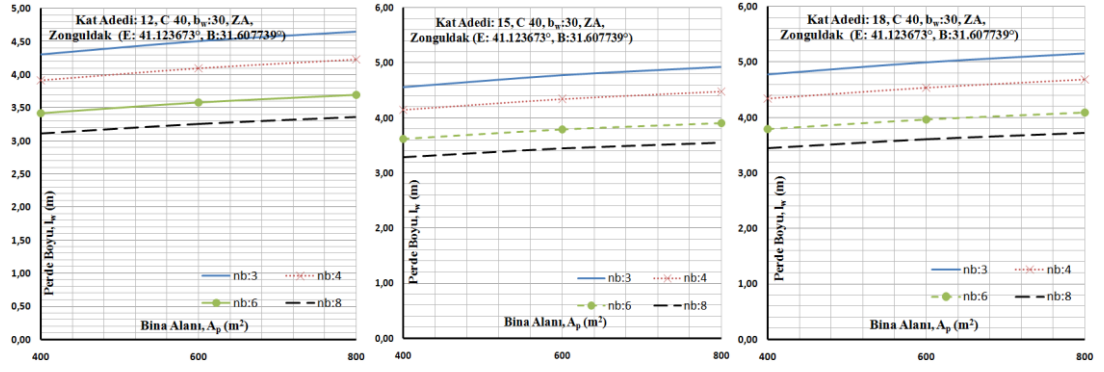
Şekil A.30 (devam) : $W_p = 0.75 W$ durumuna göre perde boyları grafikleri (Sivas, ZA ve C25).



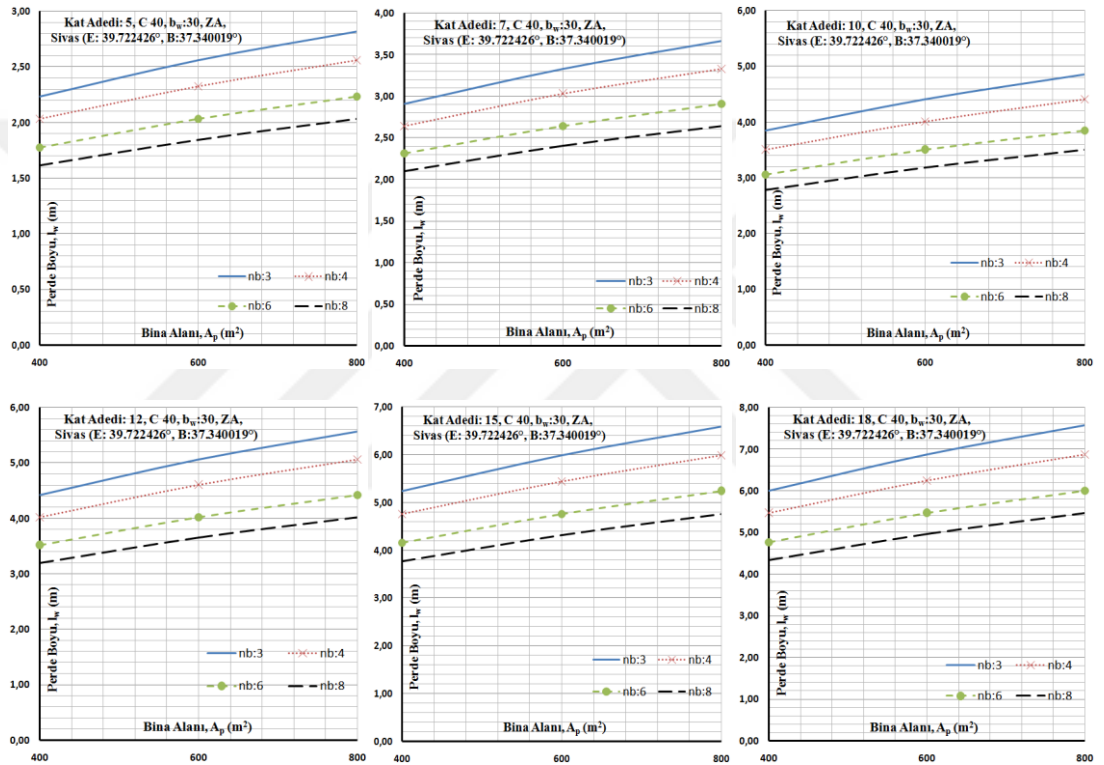
Şekil A. 31 : $W_p = 0.75 W$ durumuna göre perde boyları grafikleri (İstanbul, ZA ve C40).



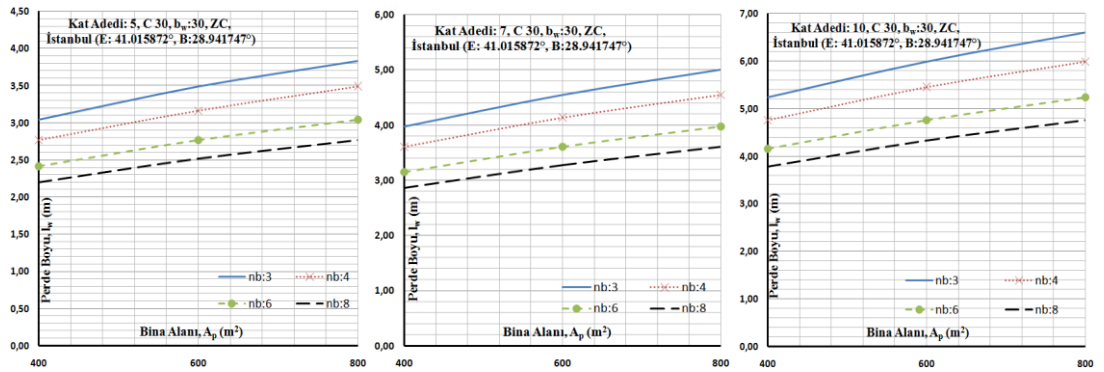
Şekil A. 32 : $W_p = 0.75 W$ durumuna göre perde boyları grafikleri (Zonguldak, ZA ve C40).



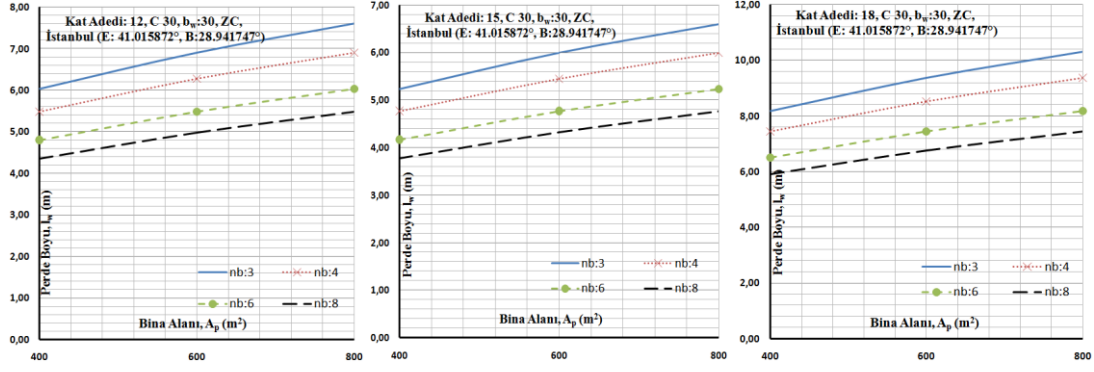
Şekil A.32 (devam) : $W_p = 0.75$ W durumuna göre perde boyları grafikleri (Zonguldak, ZA ve C40).



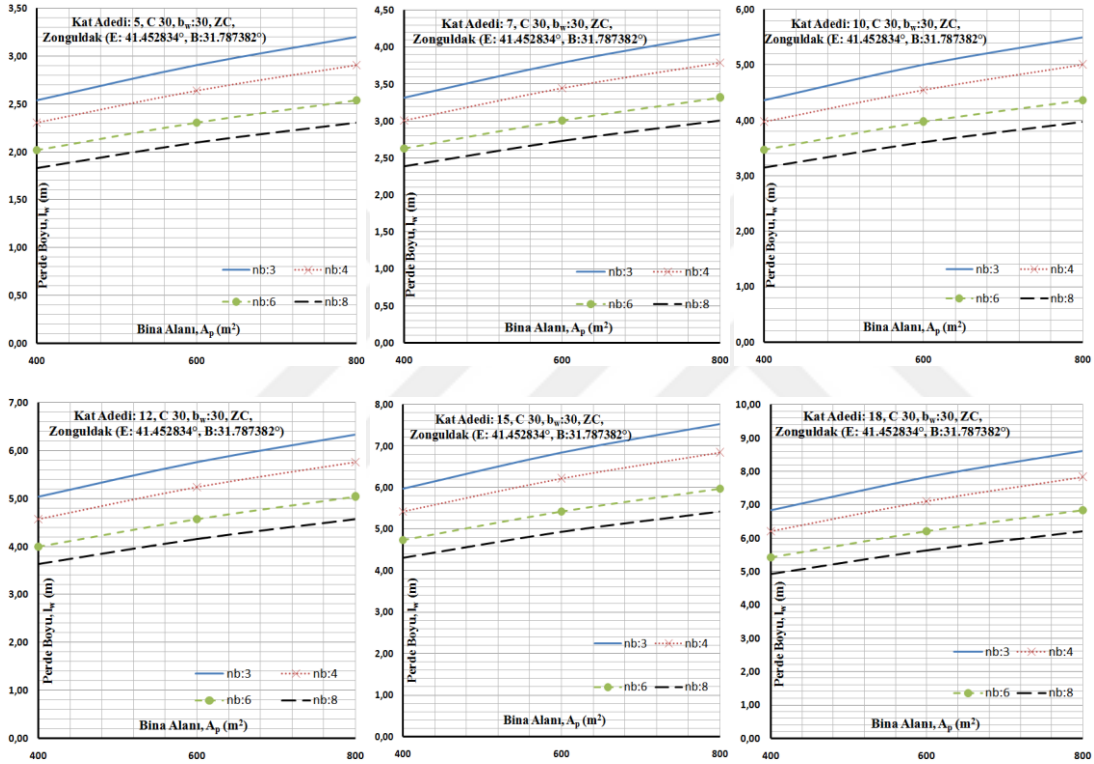
Şekil A. 33 : $W_p = 0.75$ W durumuna göre perde boyları grafikleri (Sivas, ZA ve C40).



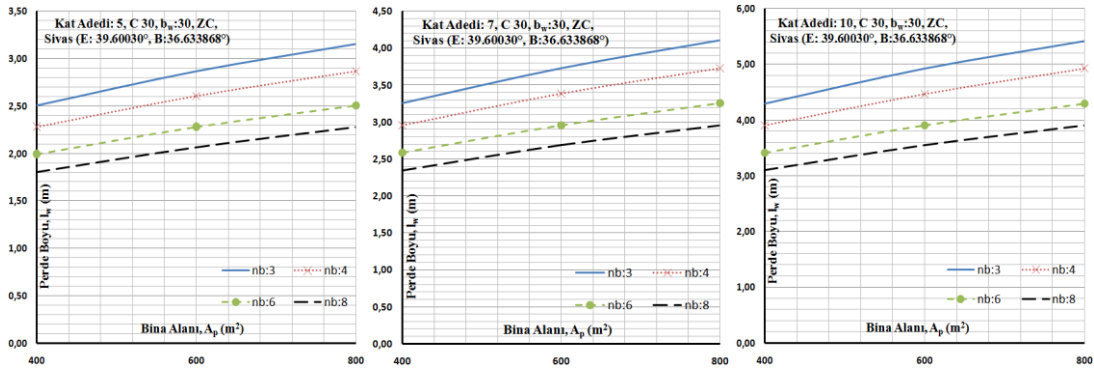
Şekil A. 34 : $W_p = 0.75$ W durumuna göre perde boyları grafikleri (İstanbul, ZC ve C30).



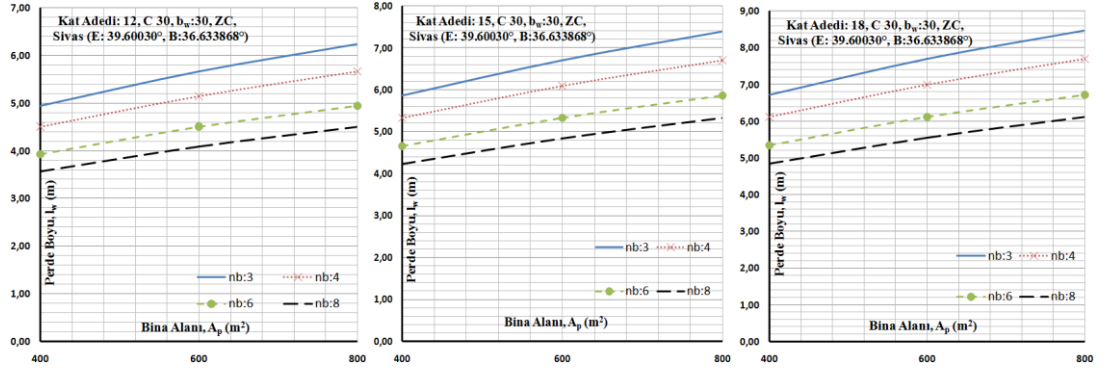
Şekil A.34 (devam) : $W_p = 0.75$ W durumuna göre perde boyları grafikleri (İstanbul, ZC ve C30).



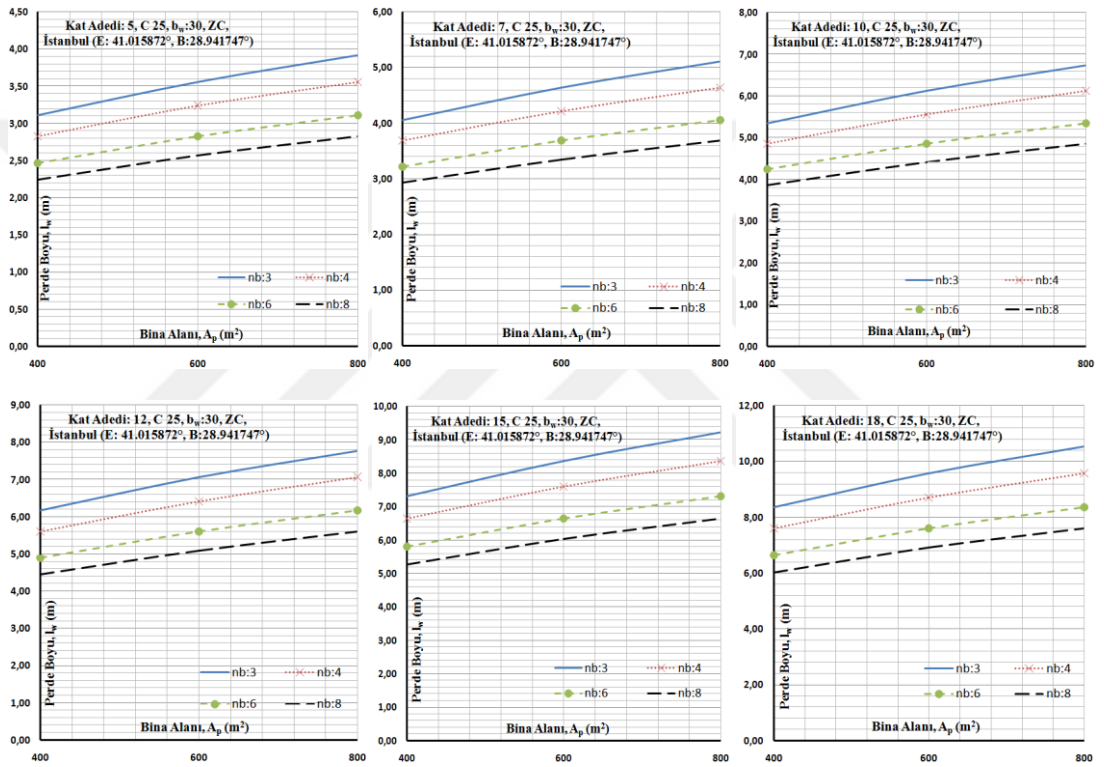
Şekil A. 35 : $W_p = 0.75$ W durumuna göre perde boyları grafikleri (Zonguldak, ZC ve C30).



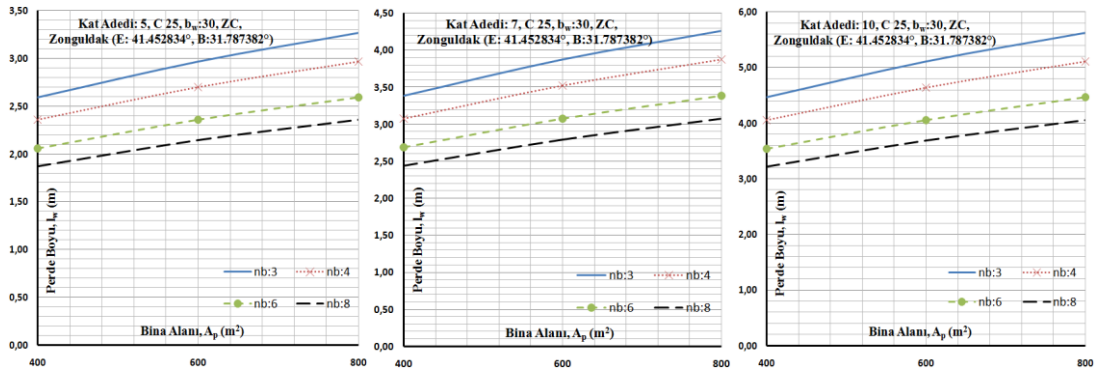
Şekil A. 36 : $W_p = 0.75$ W durumuna göre perde boyları grafikleri (Sivas, ZC ve C30).



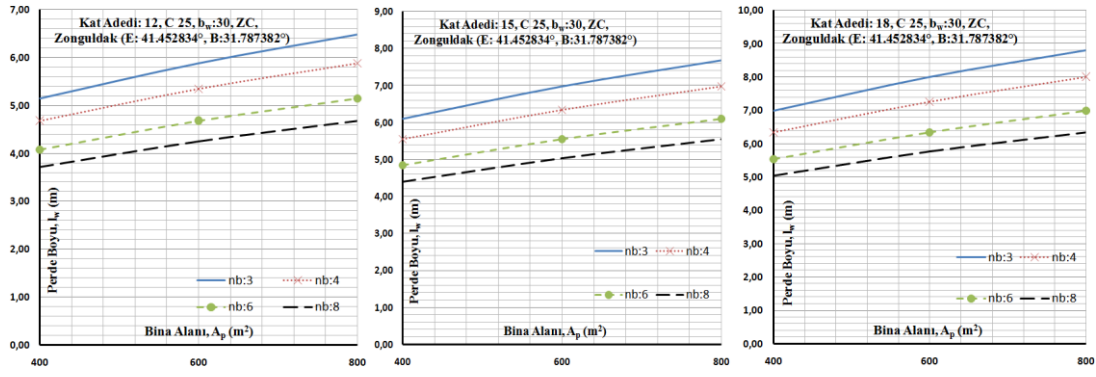
Şekil A.36 (devam) : $W_p = 0.75$ W durumuna göre perde boyları grafikleri (Sivas, ZC ve C30).



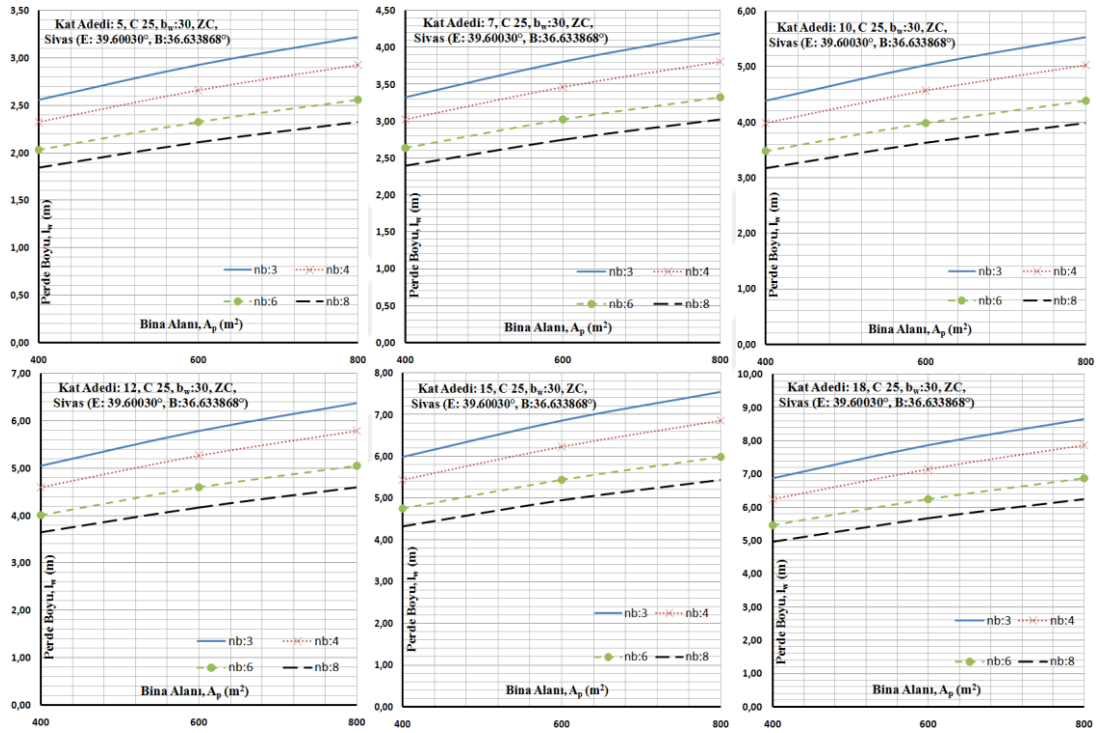
Şekil A. 37 : $W_p = 0.75$ W durumuna göre perde boyları grafikleri (İstanbul, ZC ve C25).



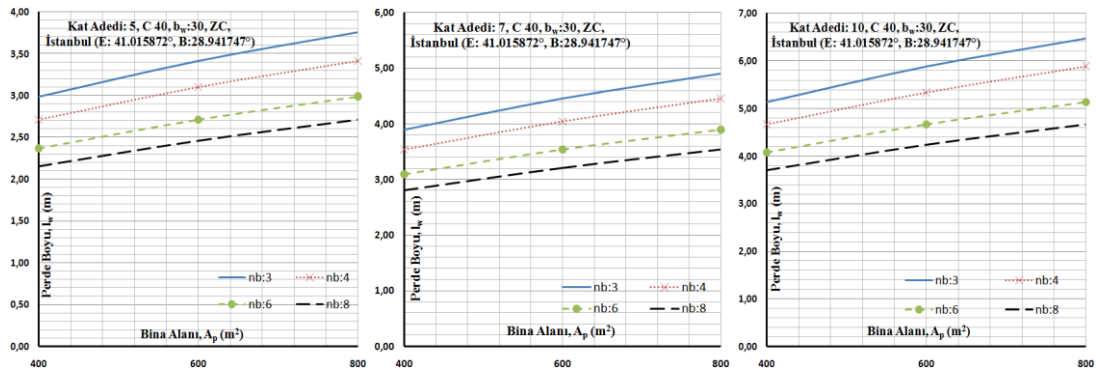
Şekil A. 38 : $W_p = 0.75$ W durumuna göre perde boyları grafikleri (Zonguldak, ZC ve C25).



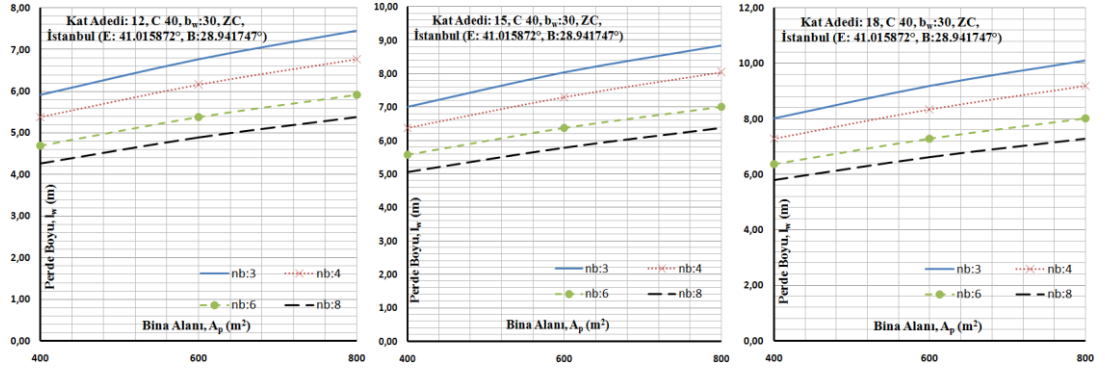
Şekil A.38 (devam) : $W_p = 0.75$ W durumuna göre perde boyları grafikleri (Zonguldak, ZC ve C25).



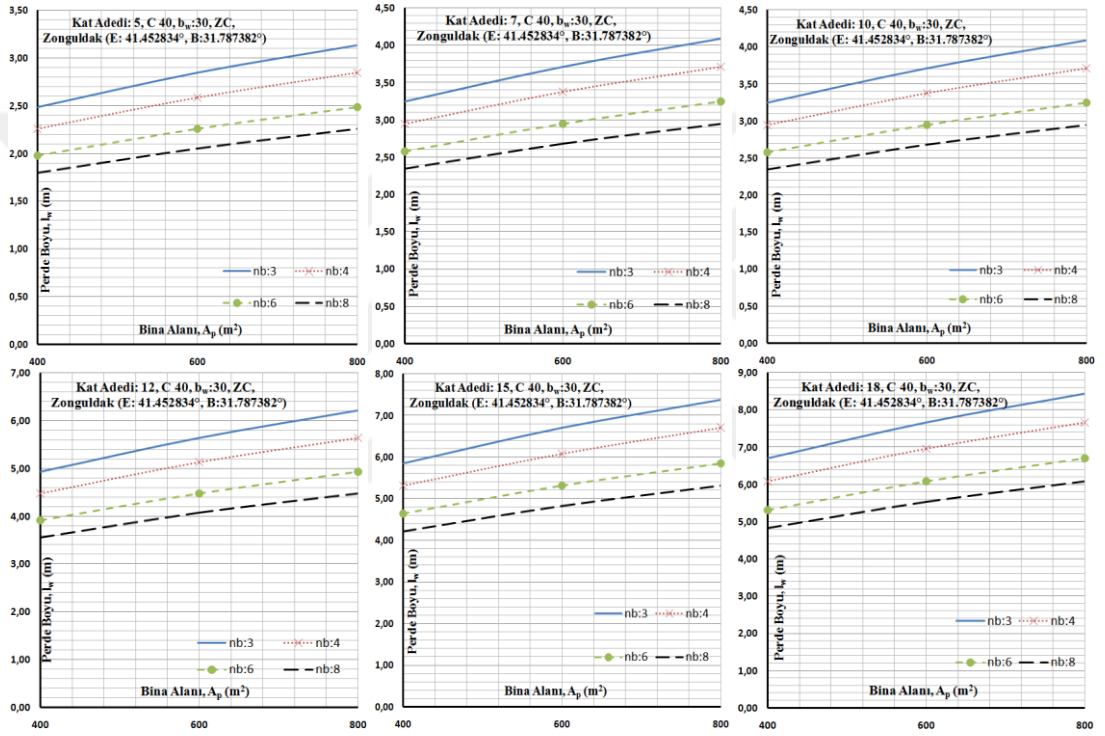
Şekil A. 39 : $W_p = 0.75$ W durumuna göre perde boyları grafikleri (Sivas, ZC ve C25).



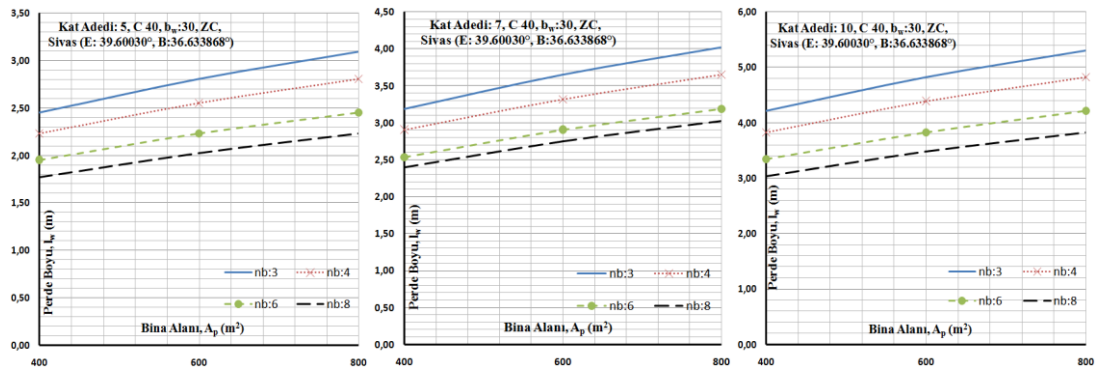
Şekil A. 40 : $W_p = 0.75$ W durumuna göre perde boyları grafikleri (İstanbul, ZC ve C40).



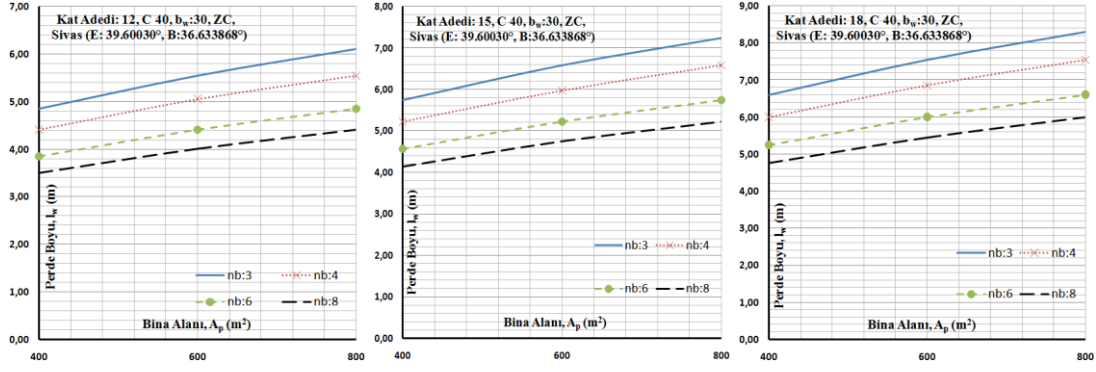
Şekil A.40 (devam) : $W_p = 0.75$ W durumuna göre perde boyları grafikleri (İstanbul, ZC ve C40).



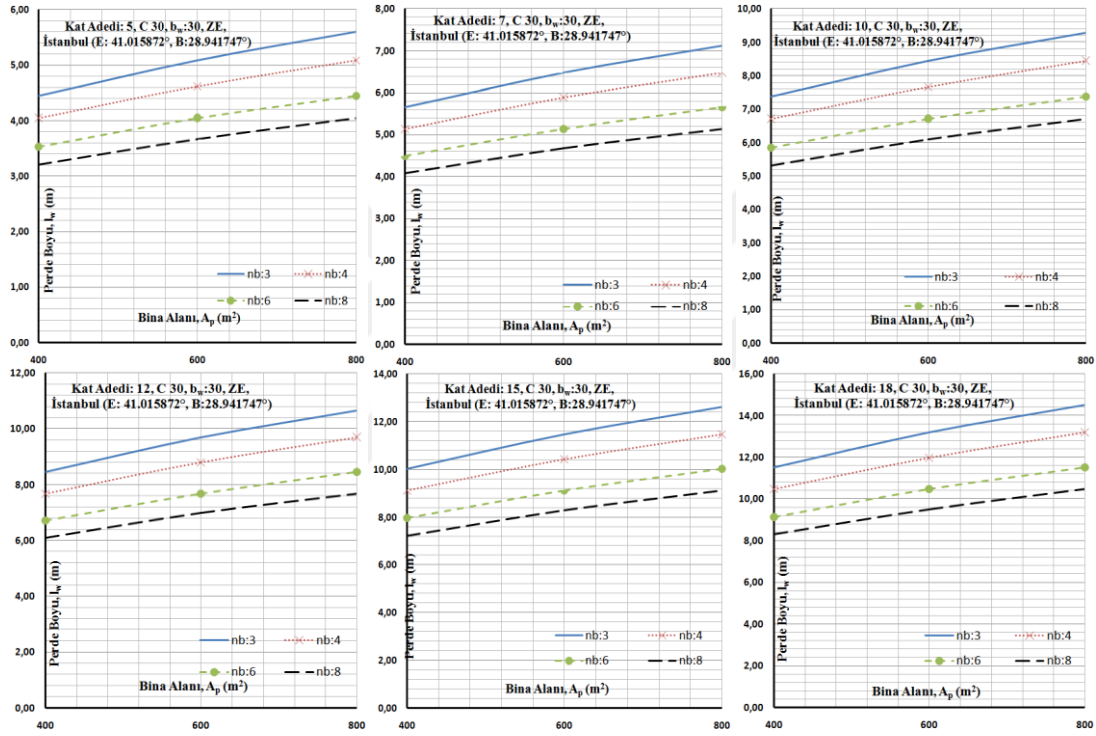
Şekil A. 41 : $W_p = 0.75$ W durumuna göre perde boyları grafikleri (Zonguldak, ZC ve C40).



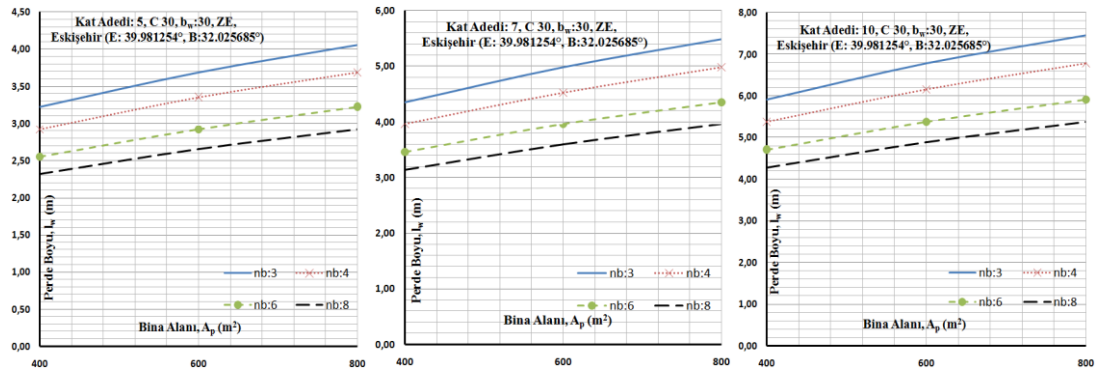
Şekil A. 42 : $W_p = 0.75$ W durumuna göre perde boyları grafikleri (Sivas, ZC ve C40).



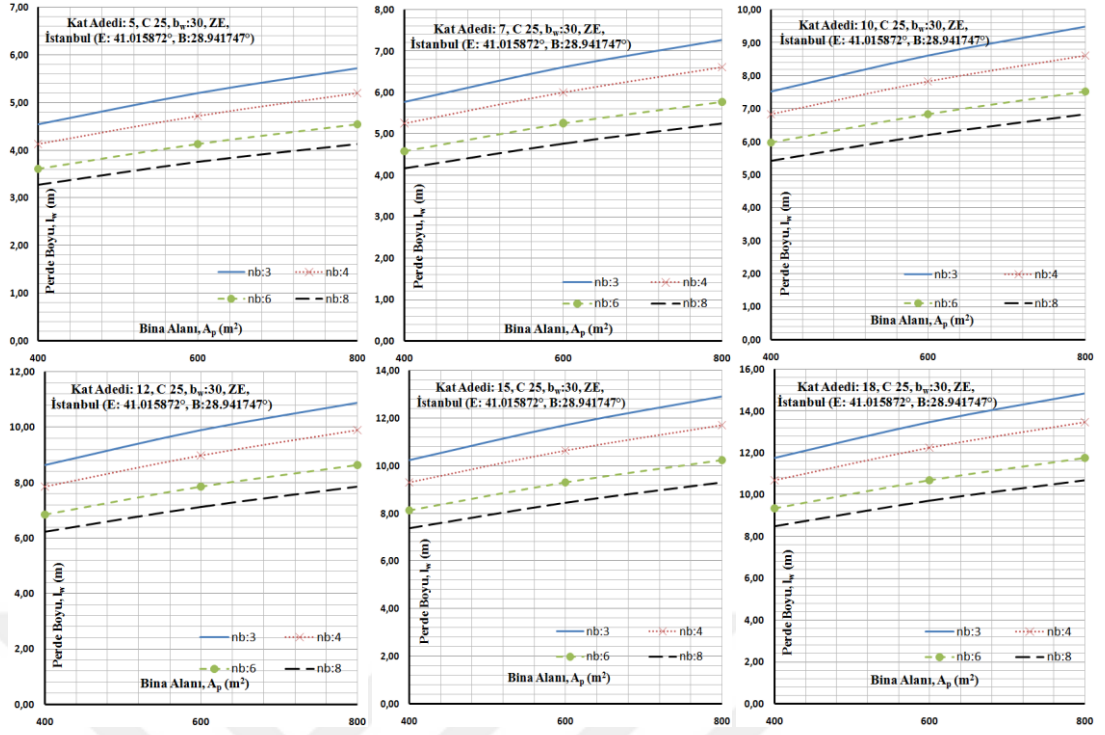
Şekil A.42 (devam) : $W_p = 0.75 W$ durumuna göre perde boyları grafikleri (Sivas, ZC ve C40).



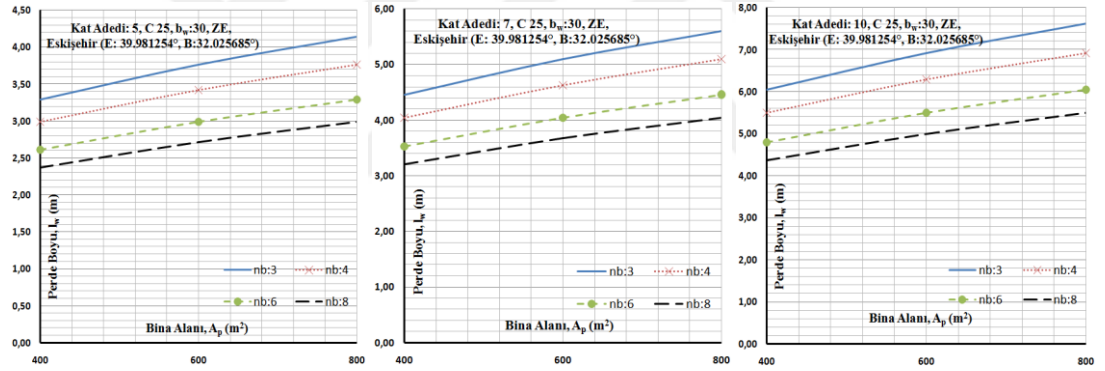
Şekil A. 43 : $W_p = 0.75 W$ durumuna göre perde boyları grafikleri (İstanbul, ZE ve C30).



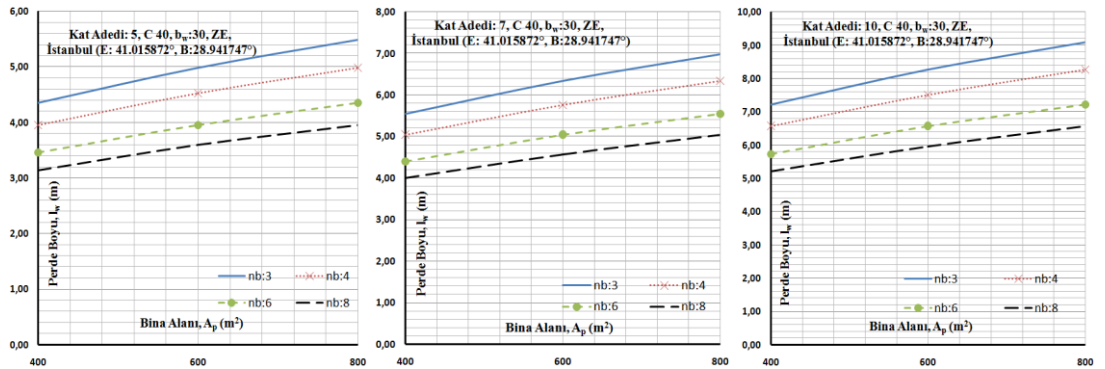
Şekil A. 44 : $W_p = 0.75 W$ durumuna göre perde boyları grafikleri (Eskişehir, ZE ve C30).



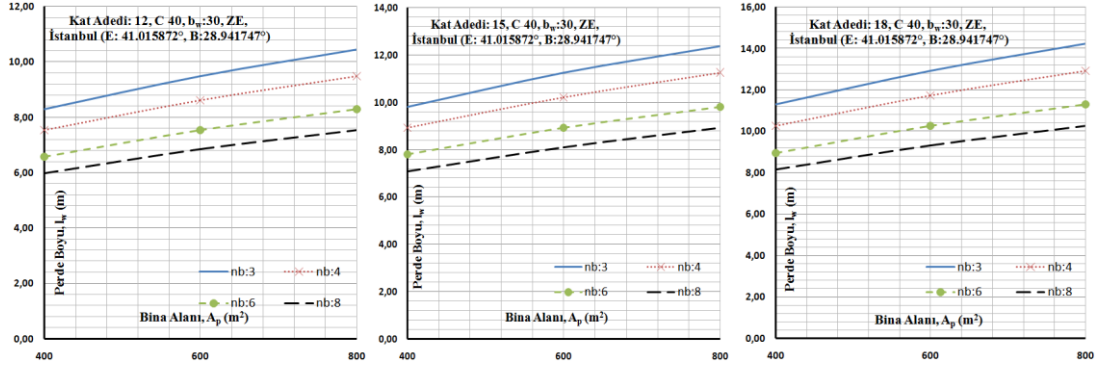
Şekil A. 45 : $W_p = 0.75$ W durumuna göre perde boyları grafikleri (İstanbul, ZE ve C25).



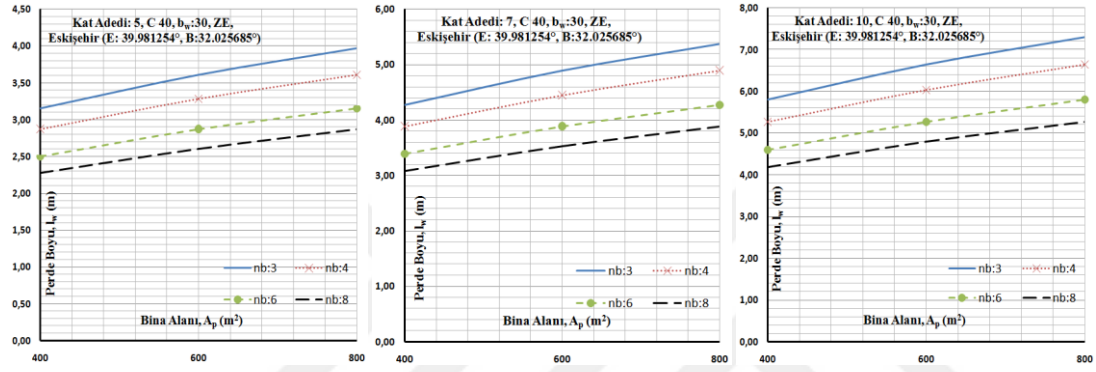
Şekil A. 46 : $W_p = 0.75$ W durumuna göre perde boyları grafikleri (Eskişehir, ZE ve C25).



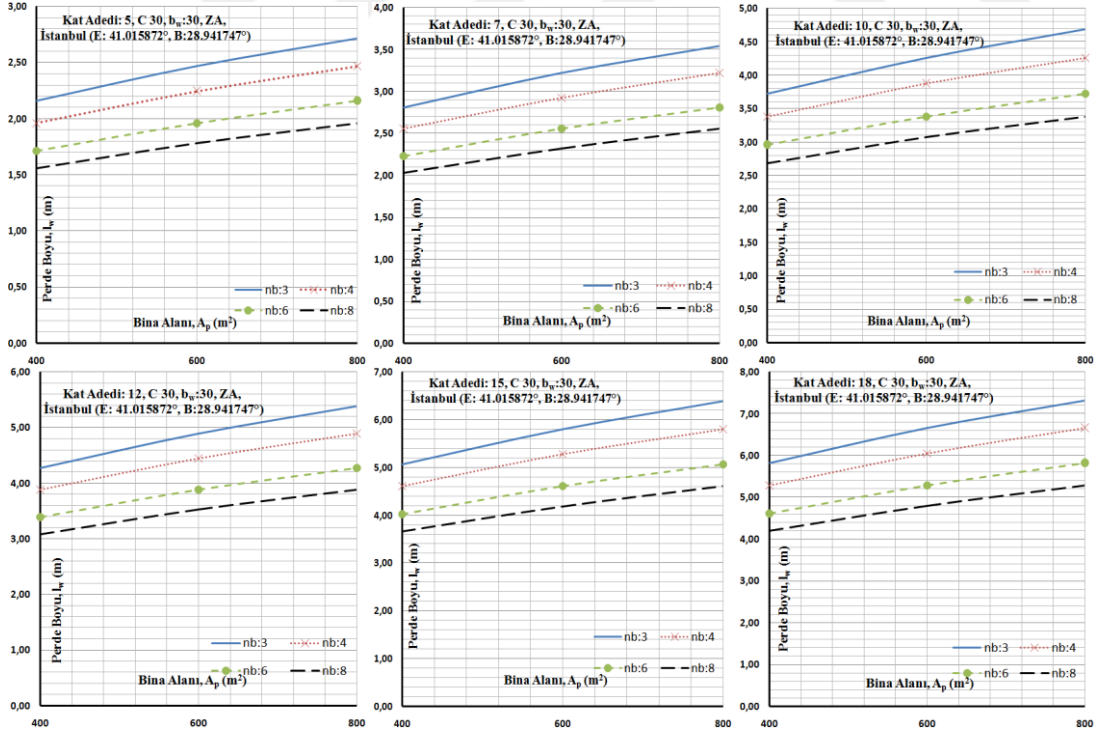
Şekil A. 47 : $W_p = 0.75$ W durumuna göre perde boyları grafikleri (İstanbul, ZE ve C40).



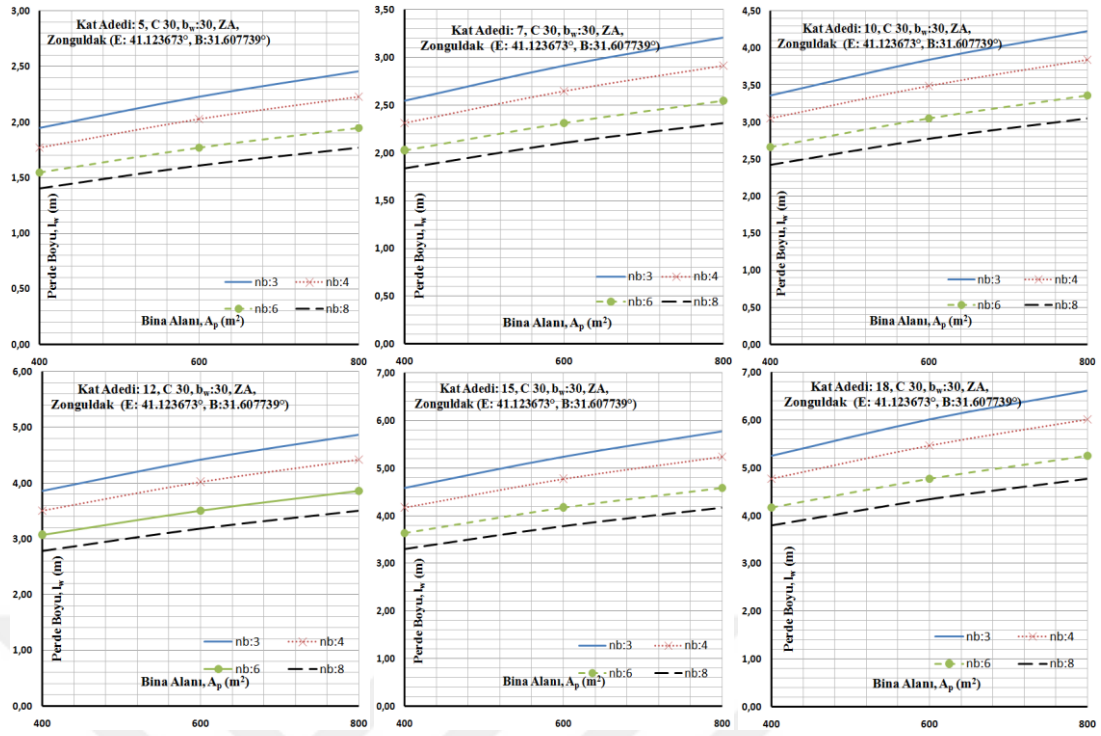
Şekil A.47 (devam) : $W_p = 0.75$ W durumuna göre perde boyları grafikleri (İstanbul, ZE ve C40).



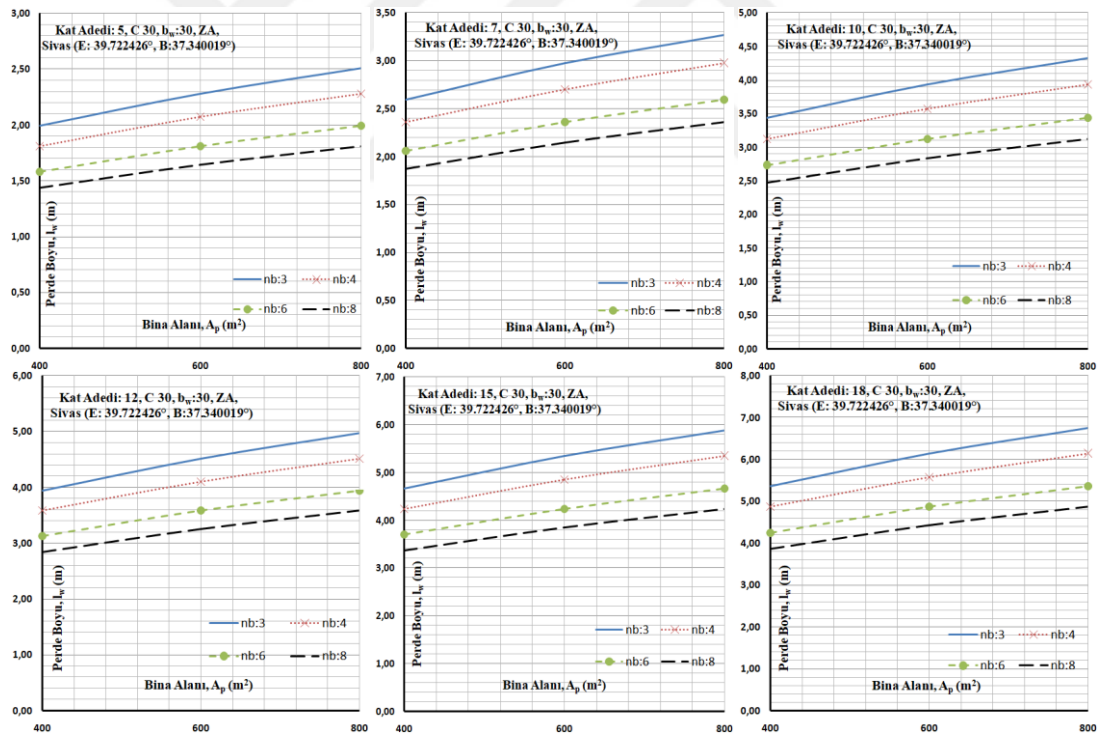
Şekil A. 48 : $W_p = 0.75$ W durumuna göre perde boyları grafikleri (Eskişehir, ZE ve C40).



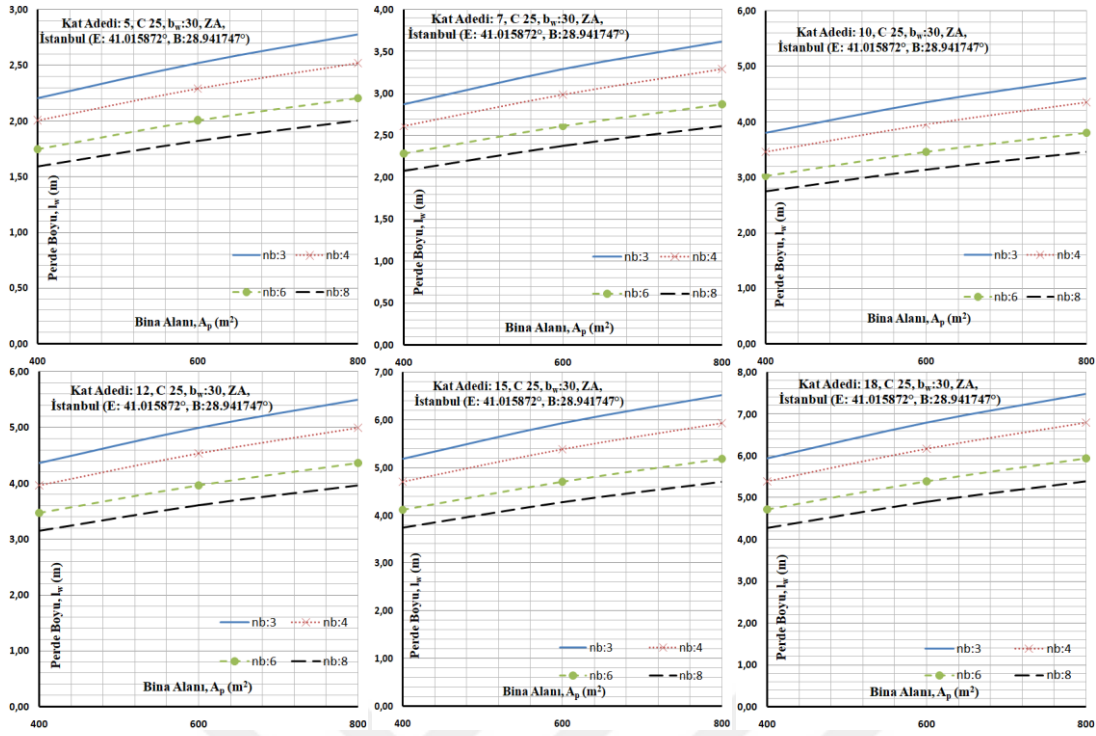
Şekil A. 49 : $W_p = 0.50$ W durumuna göre perde boyları grafikleri (İstanbul, ZA ve C30).



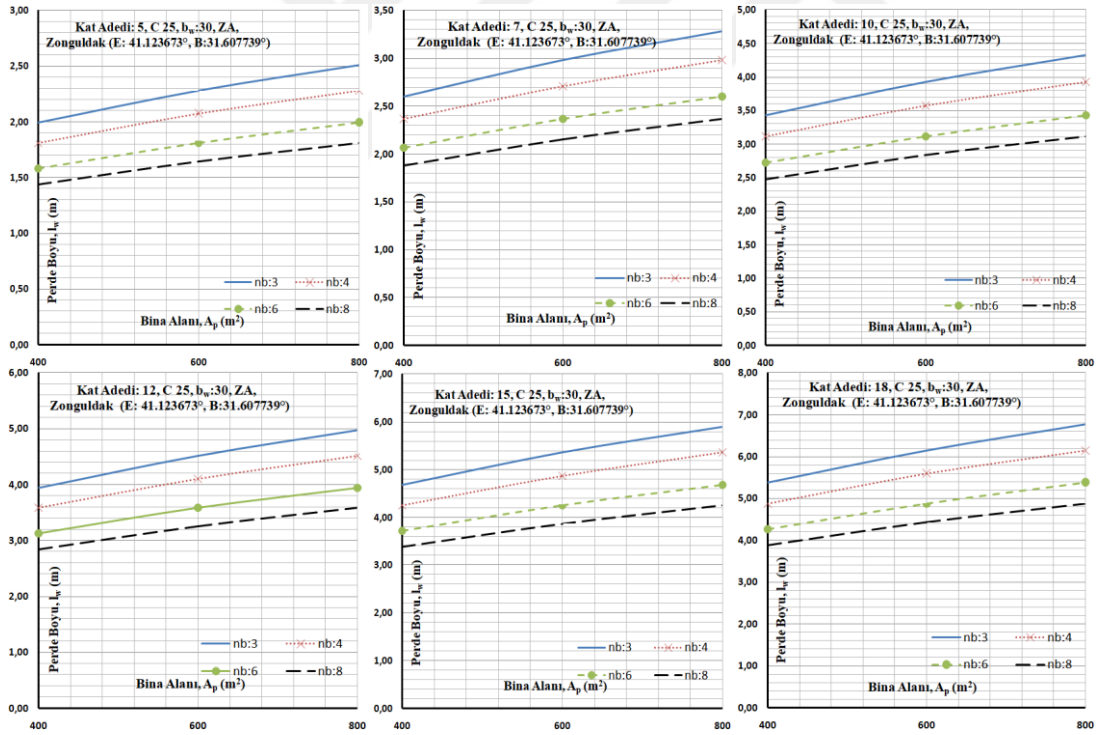
Şekil A. 50 : $W_p = 0.50$ W durumuna göre perde boyları grafikleri (Zonguldak, ZA ve C30).



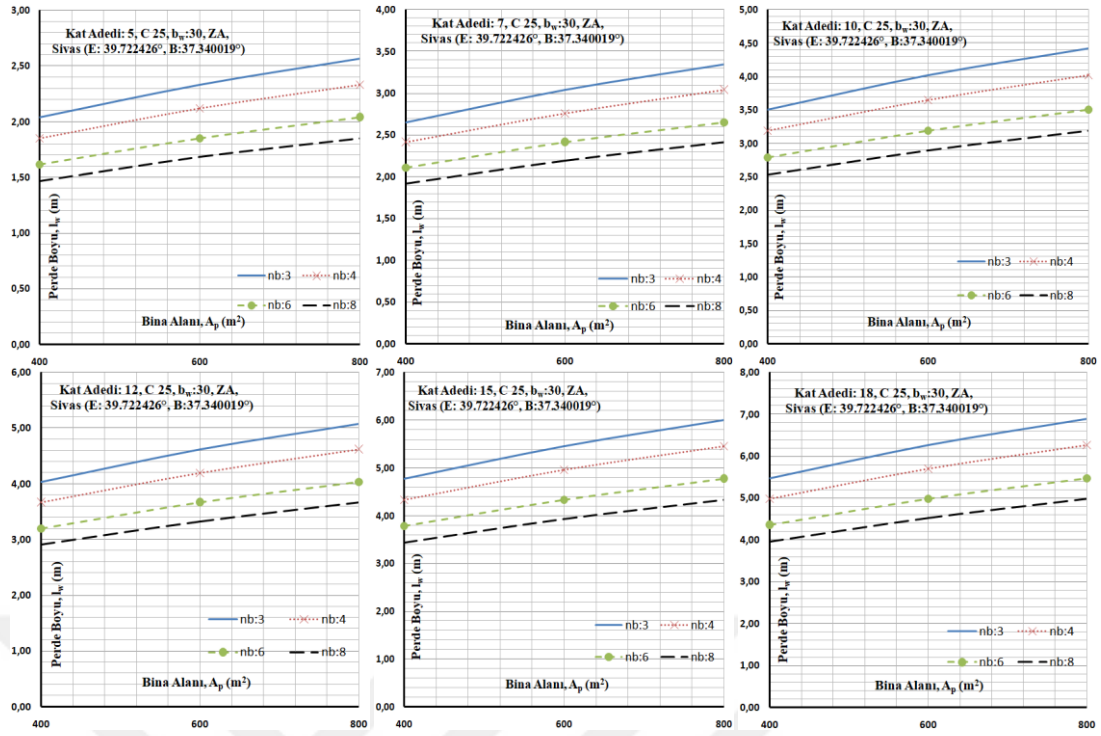
Şekil A. 51 : $W_p = 0.50$ W durumuna göre perde boyları grafikleri (Sivas, ZA ve C30).



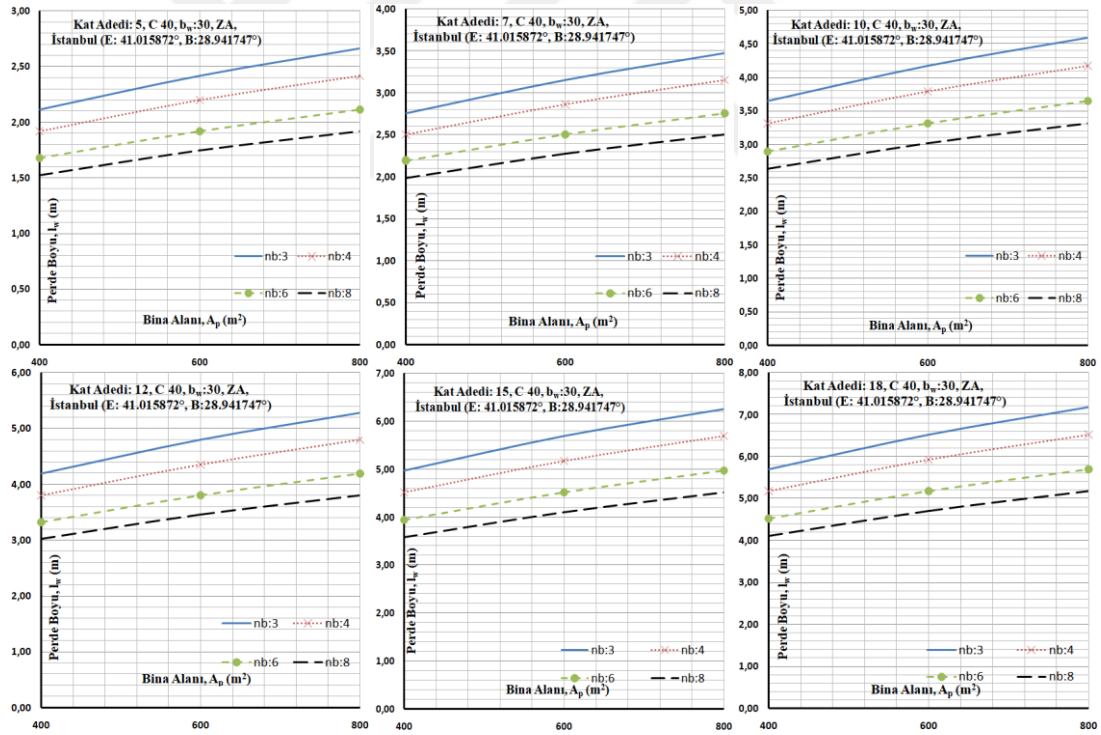
Şekil A. 52 : $W_p = 0.50$ W durumuna göre perde boyları grafikleri (İstanbul, ZA ve C25).



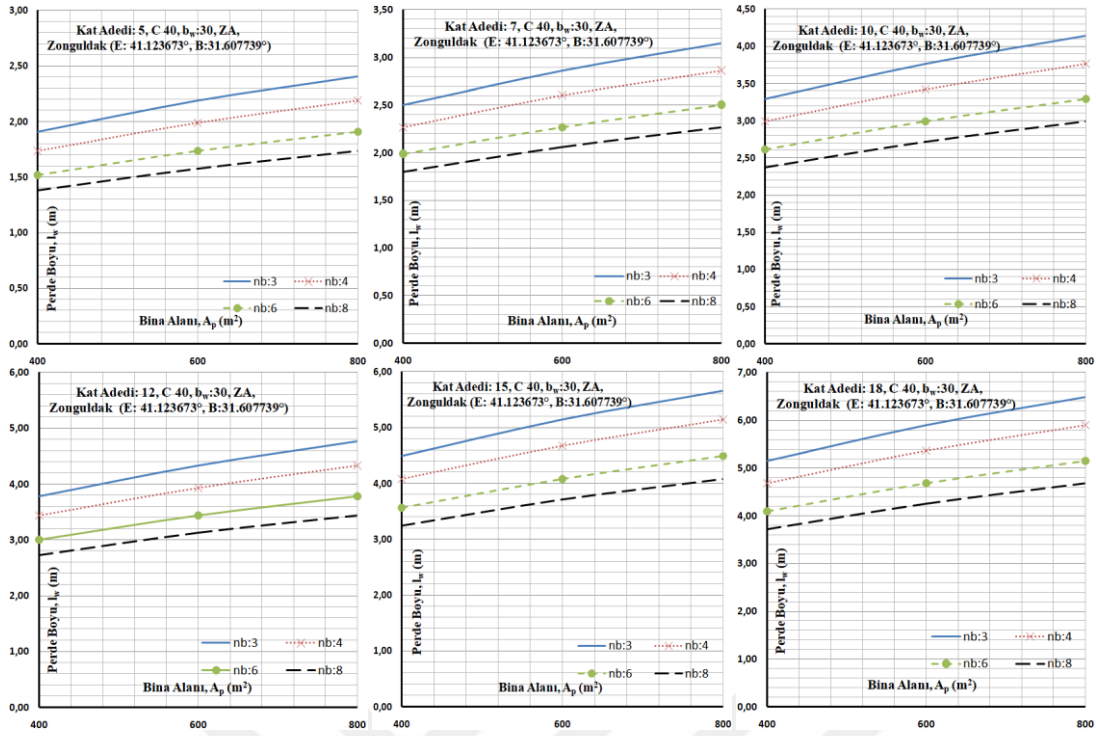
Şekil A. 53 : $W_p = 0.50$ W durumuna göre perde boyları grafikleri (Zonguldak, ZA ve C25).



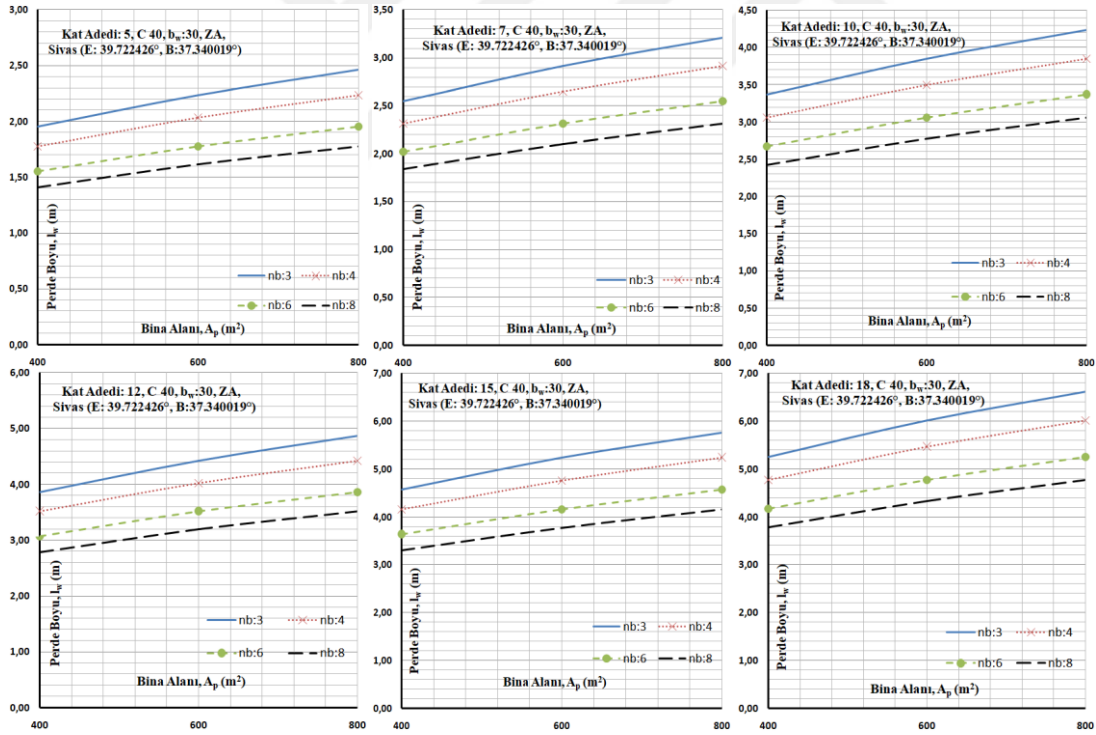
Şekil A. 54 : $W_p = 0.50 W$ durumuna göre perde boyları grafikleri (Sivas, ZA ve C25).



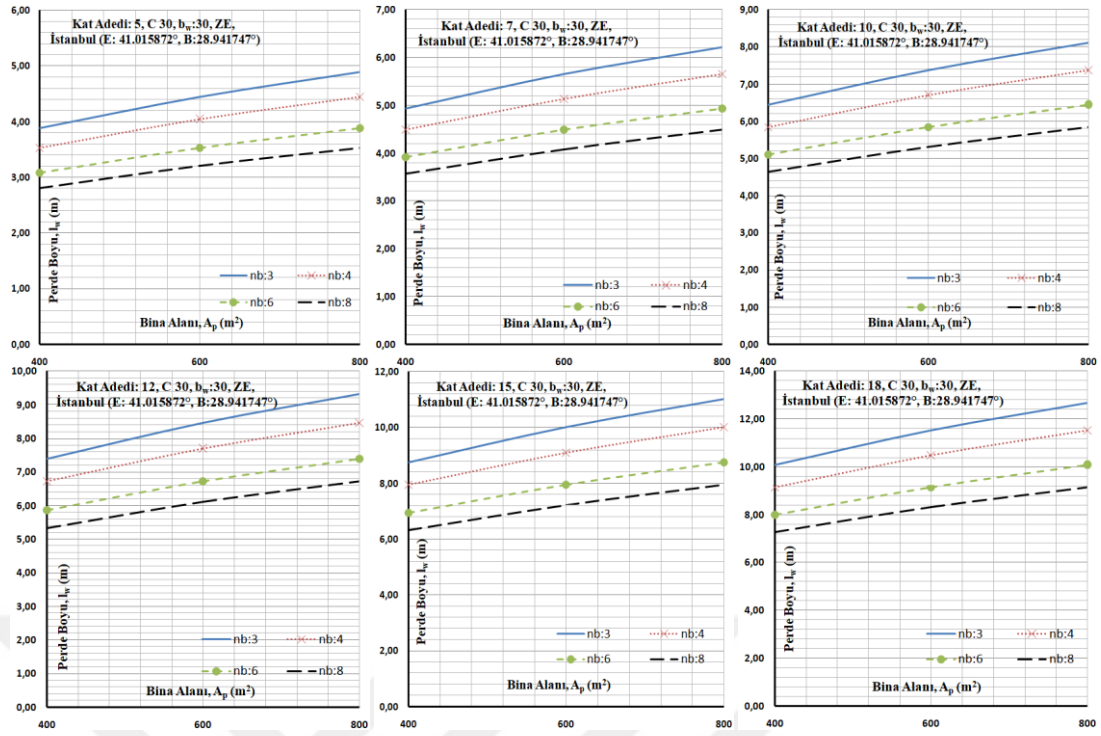
Şekil A. 55 : $W_p = 0.50 W$ durumuna göre perde boyları grafikleri (İstanbul, ZA ve C40).



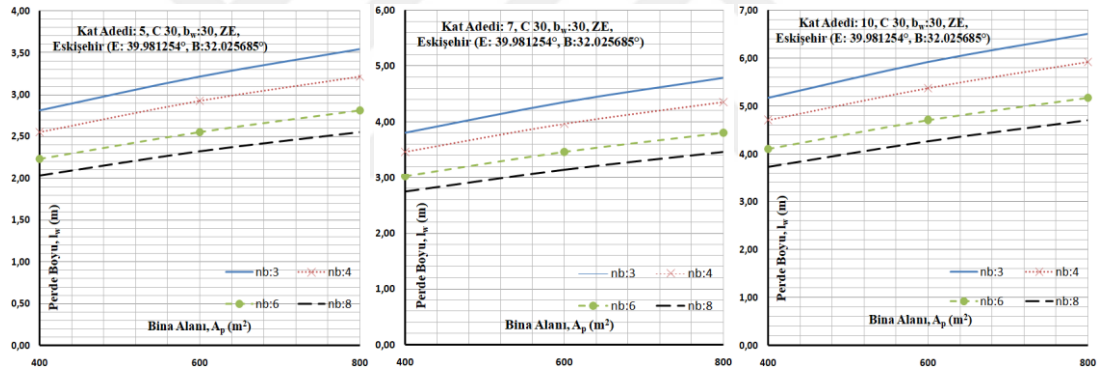
Şekil A. 56 : $W_p = 0.50$ W durumuna göre perde boyları grafikleri (Zonguldak, ZA ve C40).



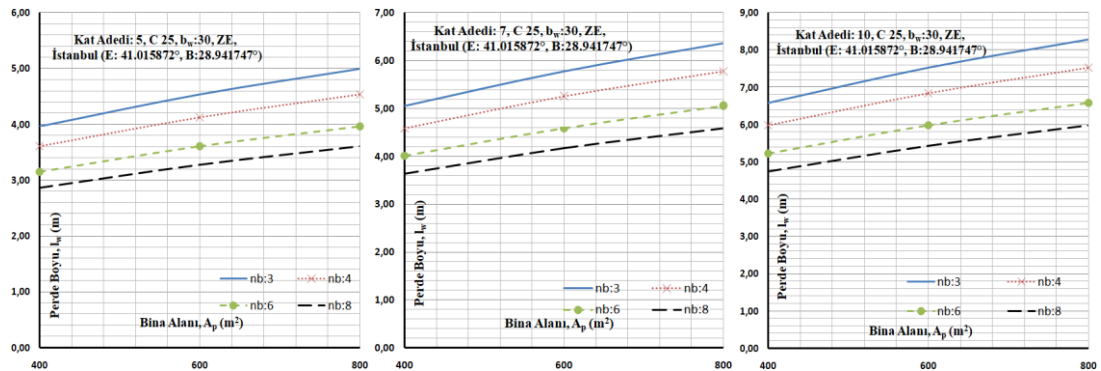
Şekil A. 57 : $W_p = 0.50$ W durumuna göre perde boyları grafikleri (Sivas, ZA ve C40).



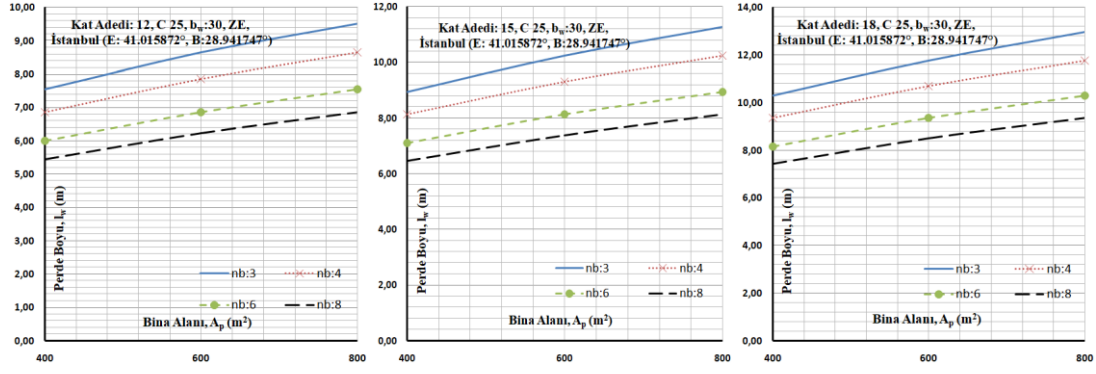
Şekil A. 58 : $W_p = 0.50$ W durumuna göre perde boyları grafikleri (İstanbul, ZE ve C30).



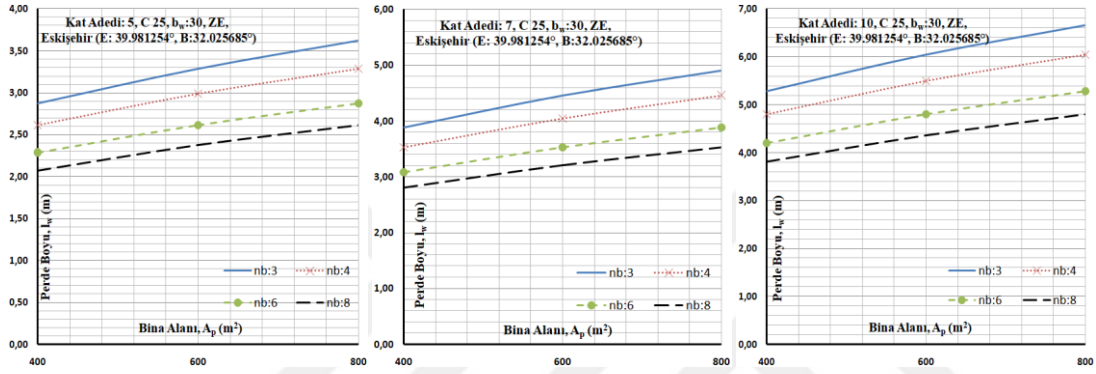
Şekil A. 59 : $W_p = 0.50$ W durumuna göre perde boyları grafikleri (Eskişehir, ZE ve C30).



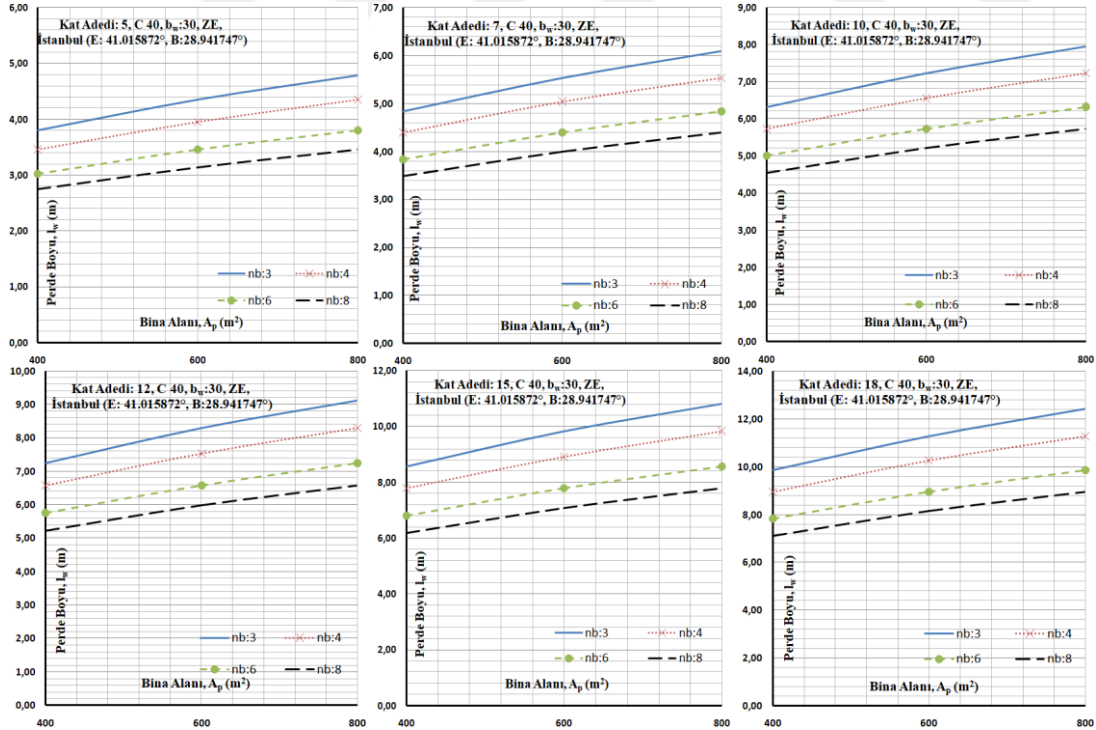
Şekil A. 60 : $W_p = 0.50$ W durumuna göre perde boyları grafikleri (İstanbul, ZE ve C25).



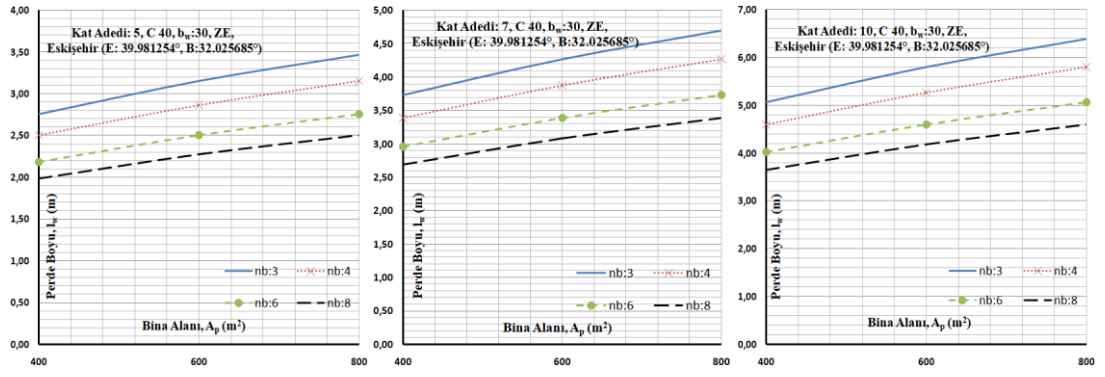
Şekil A.60 (devam) : $W_p = 0.50 W$ durumuna göre perde boyları grafikleri (İstanbul, ZE ve C25).



Şekil A. 61 : $W_p = 0.50 W$ durumuna göre perde boyları grafikleri (Eskişehir, ZE ve C25).



Şekil A. 62 : $W_p = 0.50 W$ durumuna göre perde boyları grafikleri (İstanbul, ZE ve C40).



Şekil A. 63 : $W_p = 0.50 W$ durumuna göre perde boyları grafikleri (Eskişehir, ZE ve C40).



ÖZGEÇMİŞ



Ad-Soyad : Ahmet YILDIRIM

Doğum Tarihi ve Yeri : 03.08.1987 Merkez/ZONGULDAK

E-posta :

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2010, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği