

142671

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BİR OKUL YAPISININ DEPREME KARŞI
GÜVENLİĞİNİN SAĞLANMASINDA İKİ AYRI
GÜÇLENDİRME SİSTEMİNİN İRDELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ
İnş. Müh. Başak ARSLAN
(501001239)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 24 Aralık 2002
Tezin Savunulduğu Tarih : 15 Ocak 2003

Tez Danışmanı : Prof.Dr. Zeki HASGÜR

Diğer Jüri Üyeleri Prof.Dr. Feridun ÇILI (İTÜ)

Yard.Doç.Dr. Beyza TAŞKIN (İTÜ)

**YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

OCAK 2003

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No :
ÖNSÖZ	ii
TABLO LİSTESİ	iii
ŞEKİL LİSTESİ	vi
SEMBOL LİSTESİ	vii
ÖZET	x
SUMMARY	xi
1. GİRİŞ	1
2. BİNANIN TANITIMI	2
3. MEVCUT YAPININ DEPREM GÜVENLİĞİNİN BELİRLENMESİ VE ANALİZİ	6
3.1. Güçlendirme Öncesi (AIJ' ye göre) Depreme Dayanıklılık İndislerinin Betonarme Perdeli-Çerçeve Yapılarda Belirlenmesi	6
3.1.1. Mevcut Yapının Deprem Dayanımının Belirlenmesinde S_{BG} İndislerinin Hesabı	6
3.1.2. Zemin Kat Düşey Taşıyıcı Elemanların σ Gerilme Hesabı	11
3.2. Mevcut Yapının 1997 Deprem Yönetmeliğine Göre Yatay Ve Düşey Yükler Altında İncelenmesi	12
3.2.1. Yapısal Analiz	14
3.2.1.1. Düşey Yüklerin Hesabı	14
3.2.1.2. Eşdeğer Deprem Yüklerinin Belirlenmesi	15
3.2.2. Yapının SAP2000' e Göre Modellenmesi, Düzensizlik Kontrolleri ve Kapasite Kontrolleri	18
3.2.2.1. Yapının Modellenmesi Hakkında Bilgi	18
3.2.2.2. Dinamik Analiz	20
3.2.2.3. Burulma Düzensizliği Kontrolü	22
3.2.2.4. Görelî Kat Ötelemeleri Kontrolü	24
3.2.2.5. Kolon Kapasite Kontrolleri	26
3.2.2.6. Kolonların Moment Kapasitelerinin Hesaplanması	27
3.2.2.7. Eğilme Momenti Kontrolleri	29
3.2.2.8. Kesme Kuvveti Kontrolleri	33
3.2.2.9. Normal Kuvvet Kontrolleri	35
3.2.2.10. Kolon Kapasite Tabloları	38
3.3. Mevcut Yapının 1997 Deprem Yönetmeliğine Göre İncelenmesiyle Elde Edilen Sonuçlar	41
4. GÜÇLENDİRİLMİŞ YAPININ DEPREM GÜVENLİĞİNİN BELİRLENMESİ VE ANALİZİ	42
4.1. Güçlendirilmiş Yapı Hakkında Genel Bilgi	42
4.2. Güçlendirme Sonrası (AIJ' ye göre) Depreme Dayanıklılık İndislerinin Betonarme Perdeli-Çerçeve Yapılarda Belirlenmesi	45

4.2.1. Güçlendirilmiş Yapının Deprem Dayanımının Belirlenmesinde S_{BG} İndislerinin Hesabı	45
4.2.2. Zemin Kat Düşey Taşıyıcı Elemanların σ Gerilme Hesabı	50
4.3. Güçlendirilmiş Yapının 1997 Deprem Yönetmeliğine Göre Yatay ve Düşey Yüklere İncelenmesi	50
4.3.1. Güçlendirilmiş Yapı Devrilme Momenti Kontrolü	53
5. MEVCUT YAPIDA YENİ GÜÇLENDİRME SİSTEMLERİNİN UYGULANMASI	54
5.1. Yeni Güçlendirme Sistemi Uygulaması : I. Güçlendirme Sistemi	55
5.1.1. I. Güçlendirme Sistemi Devrilme Momenti Kontrolü	58
5.2. Yeni Güçlendirme Sistemi Uygulaması : II. Güçlendirme Sistemi	59
5.2.1. II. Güçlendirme Sisteminin 1997 Deprem Yönetmeliğine Göre Yatay ve Düşey Yüklere Göre İncelenmesi	62
5.2.2. II. Güçlendirme Sistemi Devrilme Momenti Kontrolü	64
5.2.3. Güçlendirme Sonrası (AIJ' ye göre) Depreme Dayanıklılık İndislerinin Betonarme Perdeli-Çerçeve Yapılarda Belirlenmesi	65
5.2.3.1. Mevcut Yapının Deprem Dayanımının Belirlenmesinde S_{BG} İndislerinin Hesabı	65
5.2.3.2. Zemin Kat Düşey Taşıyıcı Elemanların σ Gerilme Hesabı	70
5.2.4. Düzensizlik Kontrolleri ve Kapasite Kontrolleri	70
5.2.4.1. Burulma Düzensizliği Kontrolü	70
5.2.4.2. Görelî Kat Ötelemeleri Kontrolü	73
5.2.4.3. Kolon Kapasite Kontrolleri	74
5.2.4.4. Kolonların Moment Kapasitelerinin Hesaplanması	75
5.2.4.5. Eğilme Momenti Kontrolleri	77
5.2.4.6. Kesme Kuvveti Kontrolleri	81
5.2.4.7. Normal Kuvvet Kontrolleri	82
5.2.4.8. Sonuçların Değerlendirilmesi	84
5.2.4.9. İlave Perdelerin Betonarme Hesabı	85
5.2.4.10. İlave Perdelerinin Karşılıklı Etki Diyagramı	93
5.2.4.11. Temel Hesabı	104
6. YAPININ GÜÇLENDİRİLMESİ KONUSUNDA DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR	107
KAYNAKLAR	110
EKLER	111
ÖZGEÇMİŞ	121

ÖNSÖZ

Yapılarda ani hasarlara yol açan en önemli etken depremdir. Ülkemizin büyük bir bölümü deprem kuşaklarının etkisi altında bulunmaktadır ; bu bilinç ile yaşamak, depreme dayanıklı yapılar inşa etmek ve yetersiz dayanıma sahip binalarımızı güçlendirmemiz gerekmektedir. Güçlendirme, yapıların mevcut durumunda tespit edilen eksikliklerin giderilerek daha sağlam ve emniyetli bir hale getirilmesidir. Güçlendirmenin hedefi, yapıyı yalnızca deprem öncesi sahip olduğu güvenliğe ulaştırmak değildir. Amaç, yapının şiddetli yer hareketlerine karşı koyabilecek rijitliğe ve dayanıma ulaştırılmasıdır. Unutulmaması gereken en önemli konu, bilinçsizce yapılan bir güçlendirmenin yarar yerine zarar getirebileceğidir. Bilinçli yapılan onarım ve güçlendirme, binaların gerçek anlamda depreme dayanıklı hale gelmesini sağlamaktadır ve güvenle kullanılabilirler. Hiçbir binanın şiddetli bir depremi hasarsız atlması garanti edilemez, ancak en önemli amaç göçmenin önlenmesidir. Bugüne kadar, çeşitli depremlerde hasar görmüş birçok yapıya onarım ve güçlendirme uygulanmıştır. Bu uygulamaların ana hedefi, yapıdaki hasarı onarmanın ötesinde, yapıyı gelebilecek en kuvvetli yer hareketlerine dayanabilecek şekilde güçlendirmektir.

Bu çalışmada incelenen yapı ; 'Arifiye Anadolu Öğretmen Lisesi' okul binası, 17 Ağustos 1999 depreminde orta derecede hasar görmüş, deprem sonrasında ise 2000 yılında güçlendirilmesi yapılmış bir yapıdır. İlk olarak binanın güçlendirilmeden önceki mevcut durumu incelenmiş, deprem güvenliğinin belirlenmesi için çalışmalar yapılmıştır. Sonrasında binaya uygulanan güçlendirme sistemi incelenmiş , yeterliliği araştırılmıştır. İki durum içinde deprem güvenliklerinin belirlenmesinde çeşitli yöntemlerden yararlanılmıştır. Son olarakda binaya yeni bir güçlendirme sistemi uygulanarak sonuçlar değerlendirilmiştir.

Çalışmalarımda desteklerinden dolayı değerli hocam Sayın Prof. Dr. Zeki Hasgür' e teşekkürlerimi sunarım. Sevgili anne ve babama sonsuz teşekkürler.

20/12/2002

Başak Arslan

TABLO LİSTESİ

	Sayfa No :
Tablo 2.1 : Binanın genel bilgileri	4
Tablo 3.1 : Mevcut Yapı Zemin Kat X Eksen S_{B1} indisi Hesapları	9
Tablo 3.2 : Mevcut Yapı Zemin Kat Y Eksen S_{B1} indisi Hesapları	10
Tablo 3.3 : Deprem Yüğü Hesabı İçin Gerekli Yapı ve Zemin Karakteristik Değerleri	16
Tablo 3.4 : Mevcut Yapı Eşdeğer Deprem Yüğülerinin Katlara Dağıtılması	17
Tablo 3.5 : İlk 9 Moda Göre Bulunan Periyodlar , Modların Katılım Payları	21
Tablo 3.6 : İlk 9 mod için spektral analiz sonucu oluşan kuvvetler	21
Tablo 3.7 : Mevcut Yapı X Doğrultusu Burulma Düzensizliği Kontrolü	22
Tablo 3.8 : Mevcut Yapı Y Doğrultusu Burulma Düzensizliği Kontrolü	23
Tablo 3.9 : Mevcut Yapı -X Doğrultusu Burulma Düzensizliği Kontrolü	23
Tablo 3.10 : Mevcut Yapı -Y Doğrultusu Burulma Düzensizliği Kontrolü	24
Tablo 3.11 : Mevcut Yapı X Doğrultusu Göreli Kat Ötelemeleri Kontrolü	25
Tablo 3.12 : Mevcut Yapı Y Doğrultusu Göreli Kat Ötelemeleri Kontrolü	25
Tablo 3.13 : Mevcut Yapı -X Doğrultusu Göreli Kat Ötelemeleri Kontrolü	26
Tablo 3.14 : Mevcut Yapı -Y Doğrultusu Göreli Kat Ötelemeleri Kontrolü	26
Tablo 3.15 : Zemin Kat Kolonları Moment Kapasiteleri Hesapları	28
Tablo 3.16 : Birinci Kat Kolonları Moment Kapasiteleri Hesapları	28
Tablo 3.17 : İkinci Kat Kolonları Moment Kapasiteleri Hesapları	29
Tablo 3.18 : Mevcut Yapı X Doğrultusu Zemin Kat Eğilme Momenti Kontrolleri	30
Tablo 3.19 : Mevcut Yapı X Doğrultusu Birinci Kat Eğilme Momenti Kontrolleri	30
Tablo 3.20 : Mevcut Yapı X Doğrultusu İkinci Kat Eğilme Momenti Kontrolleri	31
Tablo 3.21 : Mevcut Yapı Y Doğrultusu Zemin Kat Eğilme Momenti Kontrolleri	32
Tablo 3.22 : Mevcut Yapı Y Doğrultusu Birinci Kat Eğilme Momenti Kontrolleri	32
Tablo 3.23 : Mevcut Yapı Y Doğrultusu İkinci Kat Eğilme Momenti Kontrolleri	33
Tablo 3.24 : Mevcut Yapı Zemin Kat Kesme Kuvveti Kontrolleri	34
Tablo 3.25 : Mevcut Yapı Birinci Kat Kesme Kuvveti Kontrolleri	34
Tablo 3.26 : Mevcut Yapı İkinci Kat Kesme Kuvveti Kontrolleri	35
Tablo 3.27 : Mevcut Yapı Zemin Kat Normal Kuvvet Kontrolleri	36
Tablo 3.28 : Mevcut Yapı Birinci Kat Normal Kuvvet Kontrolleri	36
Tablo 3.29 : Mevcut Yapı İkinci Kat Normal Kuvvet Kontrolleri	37
Tablo 3.30 : Mevcut Yapı Zemin Kat Kolon Kapasite Tablosu	38
Tablo 3.31 : Mevcut Yapı Birinci Kat Kolon Kapasite Tablosu	39
Tablo 3.32 : Mevcut Yapı İkinci Kat Kolon Kapasite Tablosu	40
Tablo 4.1 : Güç. Yapı Zemin Kat X Eksen S_{B1} indisi Hesapları	47
Tablo 4.2 : Güç. Yapı Zemin Kat Y Eksen S_{B1} ve S_{B2} indisi Hesapları	48

Tablo 4.3 :	Deprem Yüğü Hesabı İçin Gerekli Yapı ve Zemin Karakteristik Değerleri	51
Tablo 4.4 :	Güçlendirilmiş Sistem Eşdeğer Deprem Yüğülerinin Katlara Dağıtılması	52
Tablo 4.5 :	X Eksenı Doğrultusundaki Perde Momentleri	54
Tablo 4.6 :	Y Eksenı Doğrultusundaki Perde Momentleri	54
Tablo 5.1 :	X Eksenı Doğrultusundaki Perde Momentleri	58
Tablo 5.2 :	Y Eksenı Doğrultusundaki Perde Momentleri	58
Tablo 5.3 :	Deprem Yüğü Hesabı İçin Gerekli Yapı ve Zemin Karakteristik Değerleri	62
Tablo 5.4 :	II. Güçlendirme Sistemi Eşdeğer Deprem Yüğülerinin Katlara Dağıtılması	63
Tablo 5.5 :	X Eksenı Doğrultusundaki Perde Momentleri	65
Tablo 5.6 :	Y Eksenı Doğrultusundaki Perde Momentleri	65
Tablo 5.7 :	II. Güçlendirme Sistemi Zemin Kat X Eksenı Doğrultusu S_{B1} indisi Hesapları	67
Tablo 5.8 :	II. Güçlendirme Sistemi Zemin Kat Y Eksenı Doğrultusu S_{B1} ve S_{B2} indisi Hesapları	68
Tablo 5.9 :	II. Güçlendirme Sistemi X Doğrultusu Burulma Düzensizliği Kontrolü	71
Tablo 5.10 :	II. Güçlendirme Sistemi Y Doğrultusu Burulma Düzensizliği Kontrolü	71
Tablo 5.11 :	II. Güçlendirme Sistemi -X Doğrultusu Burulma Düzensizliği Kontrolü	72
Tablo 5.12 :	II. Güçlendirme Sistemi -Y Doğrultusu Burulma Düzensizliği Kontrolü	72
Tablo 5.13 :	II. Güçlendirme Sistemi X Doğrultusu Görelı Kat Ötelemeleri Kontrolü	73
Tablo 5.14 :	II. Güçlendirme Sistemi Y Doğrultusu Görelı Kat Ötelemeleri Kontrolü	73
Tablo 5.15 :	II. Güçlendirme Sistemi -X Doğrultusu Görelı Kat Ötelemeleri Kontrolü	74
Tablo 5.16 :	II. Güçlendirme Sistemi -Y Doğrultusu Görelı Kat Ötelemeleri Kontrolü	74
Tablo 5.17 :	Zemin Kat Kolonları Moment Kapasiteleri Hesapları	76
Tablo 5.18 :	Birinci Kat Kolonları Moment Kapasiteleri Hesapları	76
Tablo 5.19 :	İkinci Kat Kolonları Moment Kapasiteleri Hesapları	77
Tablo 5.20 :	II. Güçlendirme Sistemi X Doğrultusu Zemin Kat Eğilme Momenti Kontrolleri	78
Tablo 5.21 :	II. Güçlendirme Sistemi X Doğrultusu Birinci Kat Eğilme Momenti Kontrolleri	78
Tablo 5.22 :	II. Güçlendirme Sistemi X Doğrultusu İkinci Kat Eğilme Momenti Kontrolleri	79
Tablo 5.23 :	II. Güçlendirme Sistemi Y Doğrultusu Zemin Kat Eğilme Momenti Kontroller	79

Tablo 5.24 : II. Güçlendirme Sistemi Y Doğrultusu Birinci Kat Eğilme Momenti Kontrolleri	80
Tablo 5.25 : II. Güçlendirme Sistemi Y Doğrultusu İkinci Kat Eğilme Momenti Kontrolleri	80
Tablo 5.26 : II. Güçlendirme Sistemi Zemin Kat Kesme Kuvveti Kontrolleri	81
Tablo 5.27 : II. Güçlendirme Sistemi Birinci Kat Kesme Kuvveti Kontrolleri	82
Tablo 5.28 : II. Güçlendirme Sistemi İkinci Kat Kesme Kuvveti Kontrolleri	82
Tablo 5.29 : II. Güçlendirme Sistemi Zemin Kat Normal Kuvvet Kontrolleri	83
Tablo 5.30 : II. Güçlendirme Sistemi Birinci Kat Normal Kuvvet Kontrolleri	83
Tablo 5.31 : II. Güçlendirme Sistemi İkinci Kat Normal Kuvvet Kontrolleri	84
Tablo 5.32 : Deprem x doğrultusunda bulunması ile perdelerde oluşan kesit tesirleri	104
Tablo 5.33 : Deprem y doğrultusunda bulunması ile perdelerde oluşan kesit tesirleri	105



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No :

Şekil 2.1	: Mevcut yapı zemin kat kalıp planı	5
Şekil 3.1	: Mevcut yapı geometrik modeli	19
Şekil 3.2	: Spektrum Eğrisi	20
Şekil 4.1	: Güçlendirilmiş yapı geometrik modeli	43
Şekil 4.2	: Güçlendirilmiş yapı zemin kat kalıp planı	44
Şekil 5.1	: I. Güçlendirme sistemi geometrik modeli	56
Şekil 5.2	: I. Güçlendirme sistemi zemin kat kalıp planı	57
Şekil 5.3	: I. Güçlendirme sisteminde deprem yüklerinin katlara dağıtılması	58
Şekil 5.4	: II. Güçlendirme sistemi geometrik modeli	60
Şekil 5.5	: II. Güçlendirme sistemi zemin kat kalıp planı	61
Şekil 5.6	: II. Güçlendirme sisteminde deprem yüklerinin katlara dağıtılması	64
Şekil 5.7	: PX160 Perdesi karşılıklı etki diyagramı	94
Şekil 5.8	: PX161 Perdesi karşılıklı etki diyagramı	95
Şekil 5.9	: PX162 Perdesi karşılıklı etki diyagramı	96
Şekil 5.10	: PX163 Perdesi karşılıklı etki diyagramı	97
Şekil 5.11	: PX164 Perdesi karşılıklı etki diyagramı	98
Şekil 5.12	: PX165 Perdesi karşılıklı etki diyagramı	99
Şekil 5.13	: PY166 Perdesi karşılıklı etki diyagramı	100
Şekil 5.14	: PY167 Perdesi karşılıklı etki diyagramı	101
Şekil 5.15	: PY168 Perdesi karşılıklı etki diyagramı	102
Şekil 5.15	: PY169 Perdesi karşılıklı etki diyagramı	103

SEMBOL LİSTESİ

A_t	: Temel alanı
$A(T)$	: Spektral ivme katsayısı
A_{C1}	: $R_H=h_o/h_s \geq 3.3$ olan kolonların (eğilme modu) enkesit alanlarının toplamı.
A_{C2}	: $R_H=h_o/h_s < 3.3$ olan kolonların (kayma modu) enkesit alanlarının toplamı.
A_{ca}	: Zemin kat betonarme kolonların toplam enkesit alanı.
A_o	: Etkin Yer İvmesi Katsayısı
A_c	: İncelenen doğrultuda çalışan donatı enkesit alanı.
A_{w1}	: Kolonlara bağlı olan perdelerin enkesit alanları.
A_{w2}	: Kolonlara bağlı olmayan perdelerin enkesit alanları.
A_{wa}	: Zemin kat betonarme perdelerin toplam enkesit alanı.
b	: Kolon genişliği.
b_w	: Perde enkesiti
C_1, C_2, C_{B1}, C_{B2}	: Amprik esaslı sismik dayanım katsayıları
E_x, E_y	: X ve y doğrultularında deprem yükü.
F_d	: Temele perdeden gelen yük
F_a	: Zımbalama çevresi içindeki alana gelen yük
f_{cd}	: Betonun tasarım basınç dayanımı
f_{ck}	: Betonun karakteristik silindirik basınç dayanımı
f_{ctd}	: Betonun tasarım çekme dayanımı
F_l	: Eşdeğer Deprem Yükü Yönteminde i'inci kata etkiyen eşdeğer deprem yükü
f_{yd}	: Boyuna donatının tasarım akma dayanımı
f_{yk}	: Boyuna donatının karakteristik akma dayanımı
f_{ywd}	: Enine donatının tasarım akma dayanımı
f_{ywk}	: Enine donatının karakteristik akma dayanımı
G	: Bina toplam sabit yükü
h	: Kolonun gözönüne alınan deprem doğrultusundaki enkesit boyutu
h_l	: Binanın i'inci katının kat yüksekliği
h_{max}	: En büyük kat yüksekliği.
h_o	: Kolon temiz yüksekliği.
h_s	: Kolon derinliği.
H_{cr}	: Kritik perde yüksekliği
I	: Bina Önem Katsayısı
l_w	: Perdenin plandaki uzunluğu.
M_o	: Basit Eğilme Momenti
M_b	: Dengeli duruma karşılık gelen moment
M_u	: Taşıma gücü momenti
M_y	: Donatının ilk akmaya başladığı andaki moment
M_d	: Hesaplanan moment
M_r	: Kapasite momenti

n	: Hareketli Yük Katılım Katsayısı
N	: kuvvet- moment etkileşim diyagramı normal kuvvet düzeyi
N_d	: Normal kuvvet
N_b	: Yük katsayıları ile çarpılmış düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisi
N_{dmax}	: Dengeli kesit eksenel kuvveti
N_{max}	: Yük katsayıları kullanılarak, sadece düşey yüklere göre veya düşey yükler ve deprem yüklerine göre hesaplanan eksenel basınç kuvvetlerinin en büyüğü
N_o	: Elemana etkiyen en yüksek eksenel kuvvet.
N_u	: Basit eksenel kuvvet değeri
Q	: Taşıma gücü eksenel kuvveti
R	: Bina toplam hareketli yükü.
$R_a(T)$	: Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı
R_H	: Deprem Yükü Azaltma Katsayısı
s	: Kolonlara ait eğilme veya kayma modu gösterge değeri
$S(T)$	: Enine donatı aralığı, spiral donatı adımı
S_{B1}, S_{B2}, S_{B3}	: Spektrum Katsayısı
S_{BG}	: Amprik esaslı sismik dayanım katsayıları
T	: Amprik esaslı sismik dayanım indeksi
T_1	: Bina doğal titreşim periyodu [s]
T_{1A}	: Binanın birinci doğal titreşim periyodu [s]
T_A, T_B	: Binanın amprik bağıntı ile hesaplanan birinci doğal titreşim periyodu [s]
T_o	: Spektrum Karakteristik Periyotları [s]
T_r, T_s	: Perde Bağ Kirişlerindeki Gelen Kesme Kuvveti Toplamı
U_p	: Binanın r'inci ve s'inci doğal titreşim periyotları [s]
V_d	: Zımbalama çevresi uzunluğu
V_l	: Yük katsayıları ile çarpılmış düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisi
V_{pd}	: Gözönüne alınan deprem doğrultusunda binanın l'inci katına etki eden kat
V_{pr}	: Tasarım zımbalama kesme kuvveti
V_{cr}	: Zımbalama kesme kuvveti kapasitesi
V_r	: eğik çatlamayı oluşturan kesme kuvveti
V_t	: Kolon, kiriş veya perde kesitinin kesme dayanımı
W	: Eşdeğer Deprem Yükü Yönteminde gözönüne alınan deprem doğrultusunda binaya etkiyen toplam eşdeğer deprem yükü (taban kesme kuvveti)
W_a	: Binanın, hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak bulunan toplam ağırlığı
W_l	: Zemin kat üzerindeki katların ağırlığı
w_l	: Binanın ikinci katındaki hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak bulunan toplam ağırlığı
W_s	: Binanın i'inci katının, hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak hesaplanan ağırlığı
$\emptyset$	: İncelenen katın üzerindeki katların toplam ağırlığı.
$\emptyset_h$	: Donatı çapı
σ	: Enine donatı çapı
q_{min}	: Zemin kat taşıyıcı elemanların analizi metodu amprik değeri
q_{zem-em}	: Temel tabanındaki en düşük gerilme değeri
δ_l	: Zemin emniyet gerilmesi.
Δ	: l'inci kat ötelemesi
Δ	: Göreli kat ötelemesi

$\bar{c}_1, \bar{c}_2$	: Amprik esaslı sismik dayanım katsayıları
ΣA_w	: Perde alanları toplamı
ΣA_{pl}	: Tüm katların plan alanları toplamı
ΣM_{1x}	: X doğrultusundaki Perdelerin Aldığı Toplam Moment
ΣM_{1y}	: Y doğrultusundaki Perdelerin Aldığı Toplam Moment
ΣM_o	: Toplam Taban Devrilme Momenti
γ	: Güvenlik katsayısı
σ	: Zemin kat düşey taşıyıcı elemanlarda hesaplanan gerilme değeri
ρ_{mt}	: Mekanik donatı oranı
ρ	: Basınç donatısı oranı

ÖZET

BİR OKUL YAPISININ DEPREME KARŞI GÜVENLİĞİNİN SAĞLANMASINDA İKİ AYRI GÜÇLENDİRME SİSTEMİNİN İRDELENMESİ

Bu çalışmada, 17 Ağustos 1999 Kocaeli depreminde orta derece hasar görmüş ve 2000 yılında Danimarka İnsani Yardım Kuruluşu tarafından güçlendirme çalışmaları yapılmış olan "Arifiye Anadolu Öğretmen Lisesi" okul binasının mevcut durumunun ve güçlendirilmiş durumunun deprem güvenlikleri belirlenmiştir. İki durum içinde deprem güvenliğinin yeterli olmaması üzerine binaya yeni güçlendirme sistemleri uygulanmıştır. Güçlendirme çalışmaları, yatay deprem kuvvetlerini karşılayacak şekilde ilave perdelerin yerleştirilmesi ile gerçekleştirilmiştir. Perde yanındaki kolonlarda mantoloma yapılarak perde başlıkları oluşturulmuştur. Deprem kuvvetlerinin hesabında eşdeğer deprem yükü yöntemi ve dinamik analiz kullanılmıştır. Yapının SAP2000 de analizi yapılmış elde edilen sonuçlar doğrultusunda yapıdaki düzensizlikler ve kolon kapasiteleri kontrol edilmiştir. Ayrıca deprem güvenliğinin belirlenmesinde, Japon Mimarlık Enstitüsü (AIJ) tarafından hazırlanan ve Japon atastırmacılar tarafından 1982 yılında ülkemizde de uygulanan depreme dayanıklılık (S_{BG}) indeksi yöntemi kullanılmıştır.

SUMMARY

ANALIZING TWO STRENGTHENING SYSTEMS FOR DETERMINING EARTHQUAKE RESISTANCE OF A SCHOOL BUILDING

In this thesis, earthquake resistance of the current and strengthened state of the "Arifiye Anadolu Öğretmen Lisesi", which was moderately damaged in Kocaeli Earthquake in 17th of August 1999 and strengthened in year 2000 by Danish Peoples' Aid, was studied. Since earthquake resistance is inadequate for both states, new strengthening methods were applied. Strengthening works were done through construction of additional shear walls, which counteract against seismic force. Shear heads were constructed by jacketing of the columns adjacent to shear walls. Equivalent seismic load method and dynamic analyzing method are used in calculation of seismic forces. Structure is analyzed with SAP2000 software program and with the help of the output, structural irregularities and column capacities were studied. Also S_{BG} index method was used for determining seismic stability of the structure concerned.

1.GİRİŞ

Ülkemizde meydana gelen depremlerin büyüklüklerine oranla çok daha fazla hasar, can ve mal kaybına neden olmaları, bu büyük kayıpların kırsal alanlarda olduğu kadar yoğun yerleşim bölgelerinde ve toplu konut alanlarında da meydana gelmiş olması dikkat çekicidir. Bu durum, deprem bölgelerinde inşa edilen yapıların önemli bir bölümünün yeterli deprem güvenliğine sahip olmadıklarını göstermektedir.

Yakın geçmişte ülkemizde meydana gelen depremlerin sonrasında yapılan yoğun incelemeler ve araştırmalar, depremde hasar gören yapıların deprem güvenliklerindeki yetersizliklerin,

- a) bilimsel esaslara ve yönetmeliklere uygun olmayan hatalı tasarımdan
- b) malzeme ve özellikle beton kalitesindeki yetersizlikten,
- c) projeye, yönetmeliklere ve temel mühendislik prensiplerine uygun olmayan kusurlu yapımdan

kaynaklandığını göstermektedir. [1]

Son Marmara depreminde bu üç nedene bir önemli neden daha eklenmiştir, zeminden kaynaklanan sorunlar. Bilindiği gibi özellikle Adapazarı'nda sivilaşma nedeniyle bazı binalarda önemli oturmalar, dönmeler ve göçmeler olmuştur.

Depreme dayanıklı yapı tasarımında sağlanması gerekli üç koşul vardır.

- a) Dayanım
- b) Süneklik
- c) Sınırlı yanal öteleme (rijitlik)

Sınırlı yanal ötelenmenin çok önemli olduğu özellikle son 10 yılda yapılan deneyler ve gözlemlerle kanıtlanmıştır. Bu nedenle tasarımda, özellikle düşey taşıyıcıların boyutlarında cömert davranılması gerekmektedir. Başka bir deyişle yapının yanal rijitliğinin yüksek tutulması gerekir. [2]

17 Ağustos 1999 Kocaeli depreminde yapılarda depreme dayanıklı yapı tasarım koşullarının sağlanamamasından dolayı çok büyük can ve mal kaybı meydana gelmiştir. Deprem sonrasında çeşitli kuruluşlar tarafından az ve orta hasarlı binalarda onarım ve güçlendirme çalışmaları yapılmış, bu şekilde özellikle okul ve hastahane binalarının yeniden kullanılması amaçlanmıştır.

Bu çalışmada, 17 Ağustos 1999 Kocaeli depreminde, orta derecede hasar görmüş, 2000 yılında ise Danimarka İnsani Yardım kuruluşunun desteğiyle güçlendirme çalışmaları yapılmış olan Adapazarı'nda bulunan 'Arifiye Anadolu Öğretmen Lisesi' nin mevcut yapısal sistemi ve güçlendirme sisteminin depreme karşı dayanımı değerlendirilerek, mevcut sistemin ve güçlendirilmiş sistemin deprem dayanımını sağlamadığı gösterilmiş sonrasında da yeni bir güçlendirme sistemi oluşturulmuştur. Yapılan çalışma 4 bölümden oluşmaktadır. İlk bölümde, mevcut sistemin 1997 deprem yönetmeliğine göre analizi ve kontrolleri yapılmıştır. İkinci bölümde ise güçlendirilmiş yapının 1997 deprem yönetmeliğine göre analizi yapılmıştır. Yatay deprem yükleri altında güçlendirilmiş sistemin yetersiz bulunması üzerine üçüncü bölümde, yapının deprem dayanımını sağlayacak şekilde çeşitli perde yerleşim sistemleri denenmiştir. Perde yerleşim sistemlerinin deprem kuvvetlerine karşı yeterliliğinin incelenmesinden sonra dördüncü bölümde, yeterli görülen güçlendirme sisteminin deprem yönetmeliğine göre analizi ve kontrollerine yer verilmiştir. Yapılan bu çalışmalarda, deprem yönetmeliğine göre analizi yapılan sistemler üzerinde amprik esaslı iki metod kullanılarak sistemlerin deprem güvenliklerinin yeterli olup olmadığı araştırılmıştır.

2.BİNANIN TANITIMI

İnceleme konusu bina ; 17 Ağustos 1999 Kocaeli depreminde orta derecede hasar görmüş olan Arifiye Anadolu Öğretmen Lisesi okul binasıdır. Binanın güçlendirilmesi 2000 yılında yapılmıştır. Yapılan güçlendirme projelerinden ve hazırlanan raporlardan yararlanılarak hesaplar yapılmıştır. Ayrıca binada uygulanan güçlendirme sistemi yerinde incelenmiştir. Binanın bulunduğu zeminle ilgili bilgiler geoteknik inceleme grubunun hazırladığı rapordan alınmıştır.

Bina, zemin ve 2 normal kattan oluşmaktadır. Zemin kat yemekhane olarak diğer katlarda yatakhane olarak kullanılmaktadır. Zemin kat üstü iki normal katta iki cephede 1,2 m.'lik çıkmalar vardır. Binanın taşıyıcı sistemi simetrik değildir. Bina ile ilgili olarak güçlendirme öncesi ve sonrası genel bilgileri Tablo 2.1. ile verilmiştir

Yapının taşıyıcı sistemi kolon, giriş ve normal döşemeden oluşmaktadır. Döşeme kalınlıkları 15 cm.'dir. Kolon boyutları her katta azalarak devam etmektedir. Giriş boyutları zemin katta 30/60 ve 60/60 olup diğer iki normal katta 25/60 olarak azalmaktadır. Binaya ait mevcut yapı kat kalıp planı Şekil 2.1 ile verilmiştir. Kat yükseklikleri döşeme üstünden döşeme üstüne , tüm katlarda 3 m'dir. Taşıyıcı sistemi oluşturan çerçeveler süreklilik göstermektedir. Yapının tüm katlarındaki çevre ve bölme duvarlarının tamamı boşluklu tuğla ile örülmüştür. Binada betonarme perde duvar bulunmamaktadır. Taşıyıcı sistem hesaplarında ; beton çeliği sınıfı olarak BÇI kullanılmıştır. Beton dayanımı için yapılan testlerden, hesaplarda mevcut beton dayanımının 12 Mpa olarak kullanılabileceği anlaşılmıştır.

Taşıyıcı sistemde yapı davranışını olumsuz yönde etkileyebilecek, hesap öncesi görülebilecek türden planda ve düşey düzlemde düzensizlik durumları bulunmamaktadır.

Güçlendirme çalışmaları için hazırlanan rapordan, binanın 17 Ağustos 1999 depremi sonrasında yerinde incelendiği ve 1975 deprem yönetmeliğine göre projelendirilen binada yapısal ve yapısal olmayan kılcal çatlakların mevcut bulunduğu anlaşılmıştır. Ayrıca, korozyona maruz kalmış kolon ve girişler mevcuttur. Binadaki beton kalitesi, deprem bölgelerinde kullanılabilecek olanın altındadır.

Zemin raporunda verilen bilgilere göre zeminde sıvılaşma potansiyeli mevcuttur. Binanın zeminiyle ilgili geoteknik raporda binanın temel zeminine ait, hesaplarda kullanılacak zemin karakteristikleri aşağıdaki gibidir;

Zemin sınıfı : Z4 ($T_A=0.20$ s , $T_B=0.40$ s)

Zemin emniyet gerilmesi : 70 KN/m²

Zemin yatak katsayısı : 3000 KN/m

Tablo 2.1. Binanın Genel Bilgileri

No	Açıklamalar	Birim	Bilgiler
1	Adresi		Arifiye Anadolu Öğretmen Lisesi A Blok
2	Kat Adedi		Zemin + 2 Normal Kat
3	Bina Toplam Alanı	m2	1784
4	Zemin Durumu		Z4
5	Beton Kalitesi Mevcut Beton Yeni Beton	Mpa Mpa	12 25
6	Elastisite Modülü Mevcut Beton Yeni Beton	Mpa Mpa	25260 30250
7	Birinci doğal Periyot	sn	Mevcut Yapı 0,36 Güçlendirilmiş Yapı 0,26
			Katlar
			Zemin 1 2
8	Kat Ağırlıkları (1,0G + 0,6Q)		
	Mevcut Yapı	kN	6720 6894 4826
	Güçlendirilmiş Yapı	kN	7025 7199 5131
9	Yatay Yükler		
	Mevcut Yapı (R=4)	kN	1240 2544 2671
	Güçlendirilmiş Yapı (R=6)	kN	862 1766 1888
10	Tabandan Yükseklikler	m	3,0 6,0 9,0
11	Kat yükseklikleri (h)	m	3,0 3,0 3,0

Malzeme Özellikleri:

i) Beton Malzeme

İncelenen binada kullanılan betonun kalitesini belirlemeye yönelik olarak, raporlarda belirtildiği üzere, hem binadan alınan numuneler üzerinde deneyler yapılmış, hem de sahada tahribatsız deney yöntemleri ile ölçümler alınmıştır. Betonun Elastisite Modülü TS 500 de verilen formül kullanılarak belirlenmiştir.

$$E = 3.250 (f_{ck})^{0,5} + 14.000 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

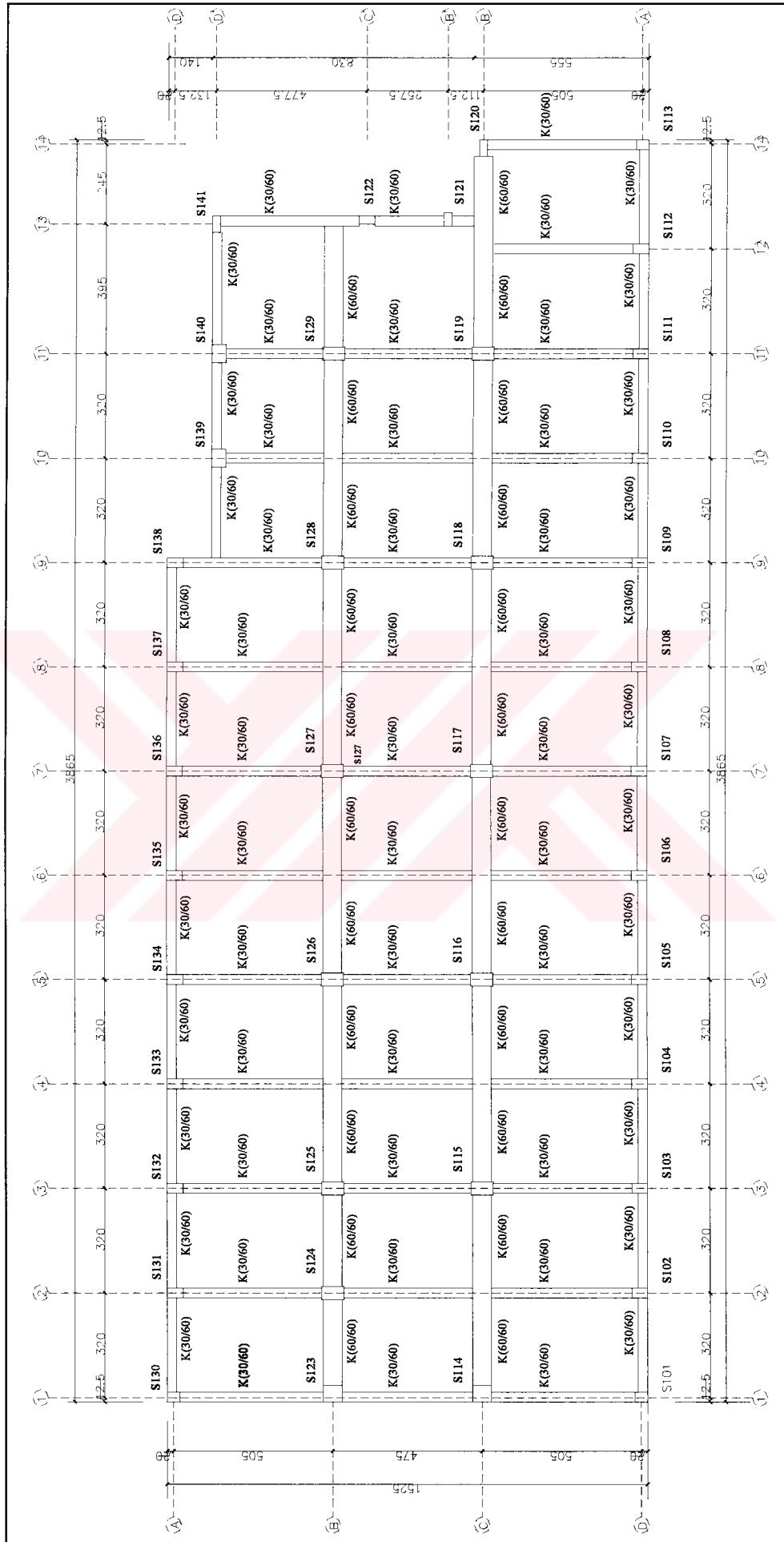
Mevcut sistem elemanları : BS12 (fck = 12 MPa , Ec = 25260 N/mm²)

Güçlendirme elemanları : BS25 (fck = 25 MPa , Ec = 30250 N/mm²)

ii) Donatı Çeliği

Mevcut sistem elemanları : S220 (fyk = 220 Mpa)

Güçlendirme elemanları : S420 (fyk = 420 Mpa)



3. MEVCUT YAPININ DEPREM GÜVENLİĞİNİN BELİRLENMESİ VE ANALİZİ

3.1. Güçlendirme Öncesi (AIJ' ye göre) Depreme Dayanıklılık İndislerinin Betonarme Perdeli-Çerçevesel Yapılarda Belirlenmesi

Mevcut yapıda deprem güvenliğinin belirlenmesi için 1997 Deprem Yönetmeliğinde uygulanan hesaplar dışında bu bölümde, depreme dayanıklılık indisleri (S_{BG}) metodu ve zemin kat düşey taşıyıcı sistemlerin analizi metodu kullanılarak çıkan sonuçlar çerçevesinde mevcut yapının depreme karşı dayanıklılığının ölçülmesine çalışılmıştır. Bu çalışmalarda güçlendirme öncesinde betonarme perdeli-çerçevesel yapıların farklı dayanım ve rijitlik özelliklerini doğrusal olmayan davranışlarla inceleyen ve yıkıcı depremler etkisinde oluşabilecek hasarın mertebesini tanımlayan bir hasar parametresini verecek bir model tanımlanmıştır.

3.1.1. Mevcut Yapının Deprem Dayanımının Belirlenmesinde S_{BG} İndislerinin Hesabı

1968 Tokachi-Oki depremi sonrasında okul binaları için yapılan araştırmaların sonucunda, elastik deprem yüklemesinin sonrasında kayma gerilmelerinin 2 Mpa' yı aşması ile, $h_o/h_s < 3.0$ durumu için kayma kırılmasının olduğu gözlenmiştir. 1978 Miyagiken-Oki depreminden sonra 1982' de Tokyo' da 90 adedi apartman yapısı olmak üzere toplam 362 binada depreme dayanıklılık araştırması yapılmış ve Japonya Mimarlık Enstitüsü AIJ' in ampirik olarak verdiği S_{BG} katsayıları hesaplanmıştır. 1982 yılında Japon araştırmacılar tarafından KAF üzerinde Bolu yöresinde yapılan araştırma sonuçlarında Türkiye' deki çerçevesel yapılar için $S_{BG} = 0,25 \sim 0,37$ arasında değiştiği ifade edilmiştir.

S_{BG} indisleri belirlenirken yapıda çerçeve içinde bulunan kolonlar X ve Y doğrultuları için kolon yüksekliklerinin derinliklerine oranına göre eğilmeye ve kaymaya çalışan elemanlar olmak üzere iki gruba ayrılmakta, eğilme ve kayma modları beton dayanımına göre farklı katsayılar kullanılarak hesaplanmaktadır. Perdelerin S_{BG} indisleri belirlenirken kolona bağlı olup olmadıklarına bakılmakta ve yine beton dayanımlarına göre farklı katsayılar kullanılarak hesap yapılmaktadır.

X ve Y eksenleri doğrultusunda S_{BG} indisleri belirlendikten sonra betonarme yapılarda depreme dayanıklılığın kabaca bir göstergesi olmak üzere, taşıma gücünün zayıf olduğu eksen doğrultusunda hesaplanan S_{BG} indisi kullanılarak yapının depreme karşı dayanımı aşağıda verilen dört grupta toplanmıştır.

- $S_{BG} \geq 1.0$ Depreme Karşı Çok Dayanıklı
 $0.6 \leq S_{BG} < 1.0$ Depreme Karşı Oldukça Dayanıklı
 $0.4 \leq S_{BG} < 0.6$ Depreme Karşı Yetersiz
 $S_{BG} < 0.4$ Depreme Karşı Dayanıksız

Bu indisi hesabında, deneysel verilerden yararlanılarak zeminin taşıma kapasitesini yitirmesi, sıvılaşma gibi durumlar dışında, betonun dayanımı BS20, çekme donatısı oranı %0.6 ve hacimsel enine donatı oranı %0.159 alınarak,

$$S_{BG} = [S_{B1}^2 / (S_{B1} + S_{B2} + S_{B3})] + S_{B2} + S_{B3} \dots\dots\dots(1)$$

$$S_{B1} = [\sum (A_{c1} \cdot \tau_1)] / W \rightarrow \text{Eğilme Modu} \dots\dots R_H \geq 3,3 \text{ olduğunda} \dots\dots\dots(2)$$

$$S_{B2} = [\sum (A_{c2} \cdot \tau_2)] / W \rightarrow \text{Kayma Modu} \dots\dots R_H < 3,3 \text{ olduğunda} \dots\dots\dots(3)$$

$$S_{B3} = [C_1 \sum A_{w1} + C_2 \sum A_{w2}] / W \dots\dots\dots(4)$$

şeklinde verilmiştir. Burada R_H değeri kolon yüksekliğinin kolon derinliğine oranı, A_{w1} ve A_{w2} kolonla birleşik ve kolonla birleşik olmayan perdeleri, A_{c1} ve A_{c2} sırasıyla eğilme davranışı ve kayma davranışını gösteren kolonları ve bunlar için alınacak C_1 ve C_2 katsayıları da BS20 için 30 ve 20 değerleri olmak kaydıyla tanımlanmıştır. Diğer yandan,

$$\tau_1 = C_{B1} / R_H \dots\dots\dots \rightarrow \text{Eğilme Modu} \dots\dots R_H \geq 3,3 \text{ olduğunda} \dots\dots\dots(5)$$

$$\tau_2 = [C_{B2} / (0.56 R_H + 0.12)] + 6,31 \rightarrow \text{Kayma Modu} \dots\dots R_H < 3,3 \text{ olduğunda} \dots\dots\dots(6)$$

olmak kaydıyla, C_{B1} ve C_{B2} BS20 beton kalitesi için sırasıyla 47.16 ve 15.50 olarak verilmiştir. [3]

Mevcut yapının beton sınıfı BS12 olduğundan yukarıda BS20 için verilen C_1 , C_2 , C_{B1} ve C_{B2} katsayıları BS12 için farklı olarak aşağıda hesaplanıp formüllerde yerine koyulmuştur.

BS12 Beton Sınıfı İçin Kolonlarda Kullanılacak Olan C_{B1} ve C_{B2} Katsayılarının Hesaplanması :

$$f_{ctk} = 1,1 \times (120 \times 0,85) = 11,1$$

$$C_{B1} = 3,3 \times 11,1 = 36,6$$

$$C_{B2} = (11,1 - 6,31) \times (0,56 \times 3,3 + 0,12) = 9,6$$

Katsayılar Formüllerde Yerine Konduğunda :

$$\tau_1 = 36,6 / R_H \quad \rightarrow \text{Eğilme Modu} \quad R_H \geq 3,3 \text{ olduğunda}$$

$$\tau_2 = [9,6 / (0,56 R_H + 0,12)] + 6,31 \quad \rightarrow \text{Kayma Modu} \quad R_H < 3,3 \text{ olduğunda}$$

BS12 Beton Sınıfı İçin Perdelerde Kullanılacak Olan C_1 ve C_2 Katsayılarının Hesaplanması :

$$C_1 = (11,1 \times 30) / 14,3 = 23$$

$$C_2 = (11,1 \times 20) / 14,3 = 16$$

Katsayılar Formülde Yerine Konduğunda :

$$S_{B3} = [23 \sum A_{w1} + 16 \sum A_{w2}] / W$$

Tablo 3.1.'de mevcut yapı X eksenı doğrultusunda çerçeve oluşturan kolonlar için S_{B1} indisinin hesaplanması, Tablo 3.2.'de ise Y doğrultusunda çerçeve oluşturan kolonlarda S_{B1} indisinin hesaplanması ve bu hesaplarda kullanılan veriler gösterilmiştir. Yapılan hesaplarda;

X , Y : Kolon boyutları,

A_{c1} : $R_h = h_o/H_c \geq 3,3$ olan kolonların (eğilme modu) enkesit alanı,

A_{c2} : $R_h = h_o/H_c < 3,3$ olan kolonların (kayma modu) enkesit alanı,

h_c : Kolon Yüksekliği,

H_c : Derinlik,

W : Bina Ağırlığı,

A_{w1} : Kolonlara bağlı olan perdelerin enkesit alanı,

A_{w2} : Kolonlara bağlı olmayan perdelerin enkesit alanı,

değerlerini göstermektedir.

Tablo 3.1 : Mevcut Yapı Zemin Kat X Eksenı Doğrultusu S_{B1} indisi Hesapları

Kolon Aksı	Kolon No	X (m)	Y (m)	A_c (m ²)	H_c (m)	H_e (m)	R_h H_c/H_e	Eğilme Modu	
								τ_1 (kg/cm ²)	$A_{c1} \cdot \tau_1$ (ton)
D-1	101	0,3	0,4	0,12	2,4	0,3	8	4,58	5,49
D-2	102	0,3	0,5	0,15	2,4	0,3	8	4,58	6,86
D-3	103	0,3	0,5	0,15	2,4	0,3	8	4,58	6,86
D-4	104	0,3	0,5	0,15	2,4	0,3	8	4,58	6,86
D-5	105	0,3	0,5	0,15	2,4	0,3	8	4,58	6,86
D-6	106	0,3	0,5	0,15	2,4	0,3	8	4,58	6,86
D-7	107	0,3	0,5	0,15	2,4	0,3	8	4,58	6,86
D-8	108	0,3	0,5	0,15	2,4	0,3	8	4,58	6,86
D-9	109	0,3	0,5	0,15	2,4	0,3	8	4,58	6,86
D-10	110	0,3	0,5	0,15	2,4	0,3	8	4,58	6,86
D-11	111	0,3	0,5	0,15	2,4	0,3	8	4,58	6,86
D-12	112	0,3	0,5	0,15	2,4	0,3	8	4,58	6,86
D-14	113	0,3	0,4	0,12	2,4	0,3	8	4,58	5,49
C-1	114	0,5	0,6	0,3	2,4	0,5	4,8	7,63	22,88
C-3	115	0,4	0,7	0,28	2,4	0,4	6	6,10	17,08
C-5	116	0,4	0,7	0,28	2,4	0,4	6	6,10	17,08
C-7	117	0,4	0,7	0,28	2,4	0,4	6	6,10	17,08
C-9	118	0,4	0,7	0,28	2,4	0,4	6	6,10	17,08
C-11	119	0,4	0,7	0,28	2,4	0,4	6	6,10	17,08
C-14	120	0,5	0,25	0,125	2,4	0,5	4,8	7,63	9,53
B'-13	121	0,4	0,25	0,1	2,4	0,4	6	6,10	6,10
C'-13	122	0,25	0,5	0,125	2,4	0,25	9,6	3,81	4,77
B-1	123	0,5	0,6	0,3	2,4	0,5	4,8	7,63	22,88
B-2	124	0,4	0,7	0,28	2,4	0,4	6	6,10	17,08
B-3	125	0,4	0,7	0,28	2,4	0,4	6	6,10	17,08
B-5	126	0,4	0,7	0,28	2,4	0,4	6	6,10	17,08
B-7	127	0,4	0,7	0,28	2,4	0,4	6	6,10	17,08
B-9	128	0,4	0,7	0,28	2,4	0,4	6	6,10	17,08
B-11	129	0,4	0,7	0,28	2,4	0,4	6	6,10	17,08
A-1	130	0,3	0,4	0,12	2,4	0,3	8	4,58	5,49
A-2	131	0,3	0,5	0,15	2,4	0,3	8	4,58	6,86
A-3	132	0,3	0,5	0,15	2,4	0,3	8	4,58	6,86
A-4	133	0,3	0,5	0,15	2,4	0,3	8	4,58	6,86
A-5	134	0,3	0,5	0,15	2,4	0,3	8	4,58	6,86
A-6	135	0,3	0,5	0,15	2,4	0,3	8	4,58	6,86
A-7	136	0,3	0,5	0,15	2,4	0,3	8	4,58	6,86
A-8	137	0,3	0,5	0,15	2,4	0,3	8	4,58	6,86
A-9	138	0,3	0,5	0,15	2,4	0,3	8	4,58	6,86
D'-10	139	0,55	0,45	0,2475	2,4	0,55	4,364	8,39	20,76
D'-11	140	0,55	0,45	0,2475	2,4	0,55	4,364	8,39	20,76
D'-13	141	0,5	0,25	0,125	2,4	0,5	4,8	7,63	9,53
Toplam $A_{c1} \cdot \tau_1 =$									451,93

Mevcut yapı X eksenı doğrultusunda zemin kat kolonlarında yapılan hesaplarda tüm kolonlarda $R_h = h_c/H_e \geq 3,3$ hesaplanarak eğilme modu için verilen formüller kullanılmıştır.

$$S_{B1} = [\Sigma (A_{c1} \cdot \tau_1)] / W \rightarrow \text{Eğilme Modu.....} R_H \geq 3,3 \text{ olduğunda}$$

$$S_{B1X} = 451,93 / 1844 = 0,24$$

$$S_{B2} = [\Sigma (A_{c2} \cdot \tau_2)] / W \rightarrow \text{Kayma Modu.....} R_H < 3,3 \text{ olduğunda}$$

$$S_{B2X} = 0$$

$$S_{B3} = [C_1 \Sigma A_{w1} + C_2 \Sigma A_{w2}] / W$$

Mevcut yapıda perde bulunmadığından,

$$S_{B3X} = 0$$

$$S_{BG} = [S_{B1}^2 / (S_{B1} + S_{B2} + S_{B3})] + S_{B2} + S_{B3}$$

$$S_{BGX} = [0,24^2 / (0,24)] = 0,24 \text{ olarak bulunmuştur.}$$

Tablo 3.2 : Mevcut Yapı Zemin Kat Y Eksenli Doğrultusu S_{B1} indisi Hesapları

Kolon Aksı	Kolon No	X (m)	Y (m)	A_c (m ²)	H_c (m)	H_c (m)	R_h H_c/H_c	Eğilme Modu	
								τ_1 (kg/cm ²)	$A_{c1} \cdot \tau_1$ (ton)
D-1	101	0,3	0,4	0,12	2,4	0,4	6,0	6,10	7,32
D-2	102	0,3	0,5	0,15	2,4	0,5	4,8	7,63	11,44
D-3	103	0,3	0,5	0,15	2,4	0,5	4,8	7,63	11,44
D-4	104	0,3	0,5	0,15	2,4	0,5	4,8	7,63	11,44
D-5	105	0,3	0,5	0,15	2,4	0,5	4,8	7,63	11,44
D-6	106	0,3	0,5	0,15	2,4	0,5	4,8	7,63	11,44
D-7	107	0,3	0,5	0,15	2,4	0,5	4,8	7,63	11,44
D-8	108	0,3	0,5	0,15	2,4	0,5	4,8	7,63	11,44
D-9	109	0,3	0,5	0,15	2,4	0,5	4,8	7,63	11,44
D-10	110	0,3	0,5	0,15	2,4	0,5	4,8	7,63	11,44
D-11	111	0,3	0,5	0,15	2,4	0,5	4,8	7,63	11,44
D-12	112	0,3	0,5	0,15	2,4	0,5	4,8	7,63	11,44
D-14	113	0,3	0,4	0,12	2,4	0,4	6,0	6,10	7,32
C-1	114	0,5	0,6	0,3	2,4	0,6	4,0	9,15	27,45
C-3	115	0,4	0,7	0,28	2,4	0,7	3,4	10,68	29,89
C-5	116	0,4	0,7	0,28	2,4	0,7	3,4	10,68	29,89
C-7	117	0,4	0,7	0,28	2,4	0,7	3,4	10,68	29,89
C-9	118	0,4	0,7	0,28	2,4	0,7	3,4	10,68	29,89
C-11	119	0,4	0,7	0,28	2,4	0,7	3,4	10,68	29,89
C-14	120	0,5	0,25	0,125	2,4	0,25	9,6	3,81	4,77
B'-13	121	0,4	0,25	0,1	2,4	0,25	9,6	3,81	3,81
C'-13	122	0,25	0,5	0,125	2,4	0,5	4,8	7,63	9,53
B-1	123	0,5	0,6	0,3	2,4	0,6	4,0	9,15	27,45
B-2	124	0,4	0,7	0,28	2,4	0,7	3,4	10,68	29,89
B-3	125	0,4	0,7	0,28	2,4	0,7	3,4	10,68	29,89
B-5	126	0,4	0,7	0,28	2,4	0,7	3,4	10,68	29,89
B-7	127	0,4	0,7	0,28	2,4	0,7	3,4	10,68	29,89

Tablo 3.2' nin devamı									
B-9	128	0,4	0,7	0,28	2,4	0,7	3,4	10,68	29,89
B-11	129	0,4	0,7	0,28	2,4	0,7	3,4	10,68	29,89
A-1	130	0,3	0,4	0,12	2,4	0,4	6,0	6,10	7,32
A-2	131	0,3	0,5	0,15	2,4	0,5	4,8	7,63	11,44
A-3	132	0,3	0,5	0,15	2,4	0,5	4,8	7,63	11,44
A-4	133	0,3	0,5	0,15	2,4	0,5	4,8	7,63	11,44
A-5	134	0,3	0,5	0,15	2,4	0,5	4,8	7,63	11,44
A-6	135	0,3	0,5	0,15	2,4	0,5	4,8	7,63	11,44
A-7	136	0,3	0,5	0,15	2,4	0,5	4,8	7,63	11,44
A-8	137	0,3	0,5	0,15	2,4	0,5	4,8	7,63	11,44
A-9	138	0,3	0,5	0,15	2,4	0,5	4,8	7,63	11,44
D'-10	139	0,55	0,45	0,2475	2,4	0,45	5,3	6,86	16,98
D'-11	140	0,55	0,45	0,2475	2,4	0,45	5,3	6,86	16,98
D'-13	141	0,5	0,25	0,125	2,4	0,25	9,6	3,81	4,77
Toplam $A_{c1} \cdot \tau_1 =$									679,81

$S_{B1} = [\Sigma (A_{c1} \cdot \tau_1)] / W \rightarrow$ Eğilme Modu..... $R_H \geq 3,3$ olduğunda

$$S_{B1Y} = 679,81 / 1844 = 0,37$$

$S_{B2} = [\Sigma (A_{c2} \cdot \tau_2)] / W \rightarrow$ Kayma Modu..... $R_H < 3,3$ olduğunda

$$S_{B2Y} = 0$$

$$S_{B3} = [C_1 \Sigma A_{w1} + C_2 \Sigma A_{w2}] / W$$

Mevcut yapıda perde bulunmadığından,

$$S_{B3Y} = 0$$

$$S_{BG} = [S_{B1}^2 / (S_{B1} + S_{B2} + S_{B3})] + S_{B2} + S_{B3}$$

$$S_{BGY} = [0,37^2 / (0,37)] = 0,37 \text{ olarak bulunmuştur.}$$

Depreme karşı mevcut yapının dayanımının belirlenmesinde X ve Y doğrultusu için bulunan S_{BGX} ve S_{BGY} indislerinden küçük olanı değerlendirmede kullanılmıştır. Bu çerçevede, $S_{BGX} = 0,24 < 0,4$ olduğundan mevcut yapının depreme karşı dayanıksız olduğu sonucuna varılmıştır.

3.1.2. Zemin Kat Düşey Taşıyıcı Elemanların σ Gerilme Hesabı

Mevcut yapıda ikinci olarak kullanılan metod binaların deprem yükleri altında en çok zorlanan zemin kat kolon ve perdelerinin analizi ile yapının sismik dayanımının belirlenmesidir. Bu metodla yapılan hesaplamalar binanın toplam ağırlığının zemin kat kolon ve perde enkesit alanlarına bölünmesi ile bir σ gerilmesinin

bulunması şeklinde yapılır. Bulunan bu gerilme daha önceden araştırmalar ile belirlenmiş $\sigma = 12 \text{ kg/cm}^2$ değeri ile karşılaştırılır. Hesaplanmış olan σ gerilmesinin 12 kg/cm^2 den küçük olması durumu yapının deprem kuvvetlerine karşı dayanıklı, büyük olması deprem kuvvetlerine karşı dayanıksız olduğu sonucuna varılmasını sağlar. Yapılan araştırmalarda, deprem kuvvetlerine maruz kalmış ve sözü edilen metodla hesaplanan σ gerilmesinin 12 kg/cm^2 'ye eşit olduğu bazı binaların hasarsız olduğu belirlenmiştir.

$$\sigma \text{ (kg/cm}^2 \text{)} = W / (A_{ca} + A_{wa}) \dots\dots\dots(1)$$

A_{ca} : Zemin kat betonarme kolonlarının enkesit alanı

A_{wa} : Zemin kat betonarme perdelerinin enkesit alanı

W : Bina toplam ağırlığı

A_{ca} değerinin hesaplanması nda 2.1.1' de verilen kolon boyutları kullanılmıştır.

$$A_{ca} = (3 \times 30 \times 40) + (19 \times 30 \times 50) + (2 \times 50 \times 60) + (11 \times 40 \times 70) + (3 \times 25 \times 50) \\ + (1 \times 25 \times 40) + (2 \times 45 \times 55) = 78600 \text{ cm}^2$$

Mevcut yapıda perde bulunmadığından,

$$A_{wa} = 0$$

$$W = 18440 \text{ ton} = 1844000 \text{ kg}$$

$$\sigma = 1844000 / 78600 = 23,461 \text{ kg / cm}^2 > 12 \text{ kg/cm}^2$$

Bu sonuç mevcut yapı için zemin kat düşey taşıyıcı elemanların analizi metodu ile yapılan hesaplamalarda yapının yatay deprem kuvvetlerine karşı dayanıksız olduğunu göstermiştir.

3.2. Mevcut Yapının 1997 Deprem Yönetmeliğine Göre Yatay Ve Düşey Yükler Altında İncelenmesi

Bina 1997 deprem yönetmeliğine göre 1. derece deprem bölgesindedir. X ve Y yönlerinde etki ettirilen yatay yüklere göre analizleri yaptırılmıştır. Bina taşıyıcı sistemi projesinden ve raporlardan yararlanılarak bilgisayar ortamında genel amaçlı bir analiz programı olan SAP2000 programı ile oluşturulmuştur. SAP2000, yapı sistemlerinin statik veya dinamik, lineer veya non-lineer analizini sonlu elemanları

kullanarak yapan bir programdır. SAP2000 programı kesit büyüklüklerinin yeniden düzenlenmesi gibi uygun değişikliklerin yapılabilirdiği ve yapıyı yeniden çözümlemeksizin boyutlamayı iyileştirebildiği etkileşimli bir çevre sağlar. Belirlenen yük kombinasyonlarıyla analiz imkanı sağlar. Binanın mevcut durumu için programda kolon ve kirişler çubuk eleman olarak oluşturulmuştur. Böylece yapının geometrik modeli meydana getirilmiştir. Statik analiz için malzemelerin ve elemanların özellikleri belirtilmiştir. Düşey yük olarak döşemeler üzerindeki ölü yükler girilmiştir. Döşeme ve duvar yükleri ilgili plandan faydalanılarak hesaplanmıştır. Döşeme hareketli ve zati yükleri akma çizgileri şeklinde üçgen ve trapez yayılı yükler olarak ilgili kirişlere aktarılmıştır. Hareketli yük olarak okul binası olduğu için $3,5 \text{ kN/m}^2$ alınmıştır. Kolon ve kiriş boyutları belirtilmiştir. Eşdeğer deprem yükü yöntemine göre belirlenen deprem yükleri X ve Y doğrultusunda yatay yük olarak verilmiştir. TS 500'de, yük yönetmeliklerinde öngörülen yüklerin , karakteristik değer olarak alınabileceği belirtilmektedir. Yükler türlerine uygun yük katsayıları ile çarpılmakta ve bu katsayılar çeşitli yük birleşimlerine göre değiştirilmektedir. Bu çerçevede binanın yapısal modellemesi ve yük durumları belirlendikten sonra, aşağıda belirtilen yükleme kombinasyonları uygulanmıştır , bunlardan en elverişsiz olanları hesaplara dahil edilmiştir. SAP2000 programı yapıyı birden fazla yükleme durumu için analiz edebilmektedir.

Yük Kombinasyonları

- (1) $1.4G + 1.6Q$
- (2) $1.0G + 1.0Q + 1.0(E_x + \%5e_y)$
- (3) $1.0G + 1.0Q + 1.0(E_x - \%5e_y)$
- (4) $1.0G + 1.0Q + 1.0(E_y + \%5e_x)$
- (5) $1.0G + 1.0Q + 1.0(E_y - \%5e_x)$
- (6) $1.0G + 1.0Q + 1.0(-E_x + \%5e_y)$
- (7) $1.0G + 1.0Q + 1.0(-E_x - \%5e_y)$
- (8) $1.0G + 1.0Q + 1.0(-E_y + \%5e_x)$
- (9) $1.0G + 1.0Q + 1.0(-E_y - \%5e_x)$
- (10) $0.9G + 1.0(E_x + \%5e_y)$
- (11) $0.9G + 1.0(E_x - \%5e_y)$
- (12) $0.9G + 1.0(E_y + \%5e_x)$
- (13) $0.9G + 1.0(E_y - \%5e_x)$
- (14) $0.9G + 1.0(-E_x + \%5e_y)$
- (15) $0.9G + 1.0(-E_x - \%5e_y)$
- (16) $0.9G + 1.0(-E_y + \%5e_x)$
- (17) $0.9G + 1.0(-E_y - \%5e_x)$

Bu yüklemelerde G = Sabit yük, Q = Hareketli yük, E = Eşdeğer deprem yükü, e = Binanın eksantrisitesini göstermektedir. Eksantrisite, 1997 deprem yönetmeli-ne göre, binanın X ve Y dik doğrultularının $\pm 0,05$ katı olarak alınmıştır.

Dinamik yükleme ise zemin ivmesi spektrumu şeklinde yapılmıştır. Binanın güçlendirilme öncesi mevcut durumunun SAP2000 modeli Şekil 3.1. ile verilmiştir. Tüm çözümlerde temellerin yeter rijitlikte olduğu varsayılarak sistemin kolon ve perdelerinin tabanda ankastre mesnetli olduğu kabul edilmiştir.

Hesap hacmini azaltmak ve döşeme davranışını yansıtmak üzere tüm çözümlerde kat seviyesinde üç serbestlik dereceli rijit diyafram kabulü yapılmıştır. Kullanılan SAP2000 analiz programı taşıyıcı sistemi oluşturan çubuk elemanların yayılı kütlelerini elemanların iki ucundaki düğüm noktalarına aktarmaktadır. Binanın periyotlarının hesaplanması için kat ağırlık merkezlerine kat kütleleri yerleştirilmiştir.

Mevcut yapı elemanları ve eleman özellikleri SAP2000 programına girildikten sonra sistemin çözümlenmesi 1997 Deprem Yönetmeliğine göre yapılmıştır. Yapısal çözümlerden sonra elemanların her iki doğrultuda eğilme momentleri, kesme kuvvetleri ve normal kuvvetleri yönünden kontrolleri yapılmış, mevcut yapıdaki eksenel kuvvetlerin izin verilen sınırların altında olup olmadığı kontrol edilmiştir. Mevcut yapıdaki burulma düzensizlikleri, görelî kat ötelemeleri yönetmelikte verilen sınırlarla karşılaştırılmıştır.

3.2.1. Yapısal Analiz

Bu bölümde, düşey yüklerin ve 1997 deprem yönetmeliğine göre hesaplanan yatay yüklerin hem eşdeğer statik deprem yükü yöntemi hem de dinamik analiz ile belirlenmesine; yapıdaki düzensizlik kontrollerine yer verilmiştir.

3.2.1.1. Düşey Yüklerin Hesabı

Bu aşamada tasarım yükleri belirtilmiştir. Döşemeden gelen yükler, köşelerin açısından 45° çizilen doğrularla döşemenin uzunkenarına paralel, plak orta çizgisinin ayırdığı alana göre hesaplanmıştır. Döşeme ve duvar yükleri ilgili plandan faydalanılarak hesaplanmıştır. Yapının mimari planında duvarlar kirişin üstüne yerleştirilmediği için duvar ağırlıkları döşeme ağırlığına dahil edilerek kirişlere aktarılmıştır. Döşeme hareketli ve zati yükleri akma çizgileri şeklinde üçgen ve trapez yayılı yükler olarak ilgili kirişlere aktarılmıştır. Hareketli yük olarak okul binası olduğu için $3,5 \text{ kN/m}^2$ alınmıştır.

Betonarme döşeme zati ağırlığı,

Döşeme ağırlığı (d=15 cm)	= 3,75 KN/m ²
Sıva+kaplama	= 1,15 KN/m ²
Duvar ağırlığı	= 1,50 KN/m ²
Toplam	= 6,4 KN/m²

Çatı zati ağırlığı,

Döşeme ağırlığı (d=15 cm)	= 3,75 KN/m ²
Sıva+şap	= 0,30 KN/m ²
Tesviye betonu	= 0,20 KN/m ²
Kaplama	= 0,35 KN/m ²
Toplam	= 4,6 KN/m²

Bina hareketli yükü **3,5 KN/m²** olarak alınmıştır.

3.2.1.2. Eşdeğer Deprem Yüklerinin Belirlenmesi

Eşdeğer deprem yükü (taban kesme kuvveti)nin hesaplanması

Arifiye Anadolu Öğretmen Lisesi 1. derece deprem bölgesi olan Adapazarı' ndadır. 1. derece deprem bölgesi için A_0 (Etkin yer ivmesi) katsayısı 0,40 olarak hesaba katılmıştır. Yapı önem katsayısı I , yapının kullanım amacına bağlıdır. İnsanların çok yığıldığı yapılarda binaların daha büyük depreme dayanması için bu katsayı yüksek tutulmuştur.Okul binası olan mevcut binada Yapı önem katsayısı $I = 1,4$ olarak alınmıştır.Yapılan incelemelerde yerel zemin sınıfı Z4 olarak belirlenmiştir. Z4 olan zeminler için 1997 deprem yönetmeliği zemin spektrum karakteristik periyotları, T_A ve T_B , sırası ile 0.20 ve 0.90 s. olarak alınmasını öngörmüştür. Eşdeğer deprem yükü hesabı için gerekli yapı ve zemin karakteristik değerleri Tablo 3.3. de verilmiştir. Kat ağırlıkları döşemelerden gelen yükler ile taşıyıcı sistem ağırlığı toplanarak bulunmuştur. Deprem yüklerinin tamamı çerçevelerle taşınan süneklik düzeyi normal bina olduğu için Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısının $R = 4$ olarak alınmıştır. Statik hesaplarda hareketli yük katılım katsayısı okul binası olduğu için $n = 0,6$ olarak alınmıştır.

Tablo 3.3 : Deprem Yüğü Hesabı İçin Gereklı Yapı ve Zemin Karakteristik Değerleri

Etkin Yer İvmesi Katsayısı (A_0)	0,4
Bina Önem Katsayısı (I)	1,4
Yerel Zemin Sınıfı	Z4
Spektrum Karakteristik Periyodları	$T_A = 0,20$ s $T_B = 0,90$ s
Zemin Kat Ağırlığı (W_1)	6720 kN
Birinci Kat Ağırlığı (W_2)	6894 kN
İkinci Kat Ağırlığı (W_3)	4826 kN
Toplam Bina Ağırlığı (W_T)	18440 kN
Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R)	4

Toplam Eşdeğer Deprem Yüğü

$$V_t = W \times A (T_1) / R_a (T_1) > 0,10 \times A_0 \times I \times W$$

Yapının Titreşim Periyodunun Hesaplanması

Mevcut binada $H_N = 9$ m < 25 m olduğu için Binanın Birinci Doğal Periyodu T_1 ,

$$T_1 = T_{1A} = C_t \times H_N^{0.75}$$

formülüyle hesaplanmıştır.

Taşıyıcı sistemi sadece betonarme çerçevelerden oluşan binalarda $C_t = 0.07$

$$T_1 = T_{1A} = 0.07 \times 9^{0.75} = 0,36$$
 s

olarak hesaplanmıştır.

Spektrum Katsayısı $S(T_1)$; zemin spektrum karakteristik periyotları, T_A ve T_B ile bina doğal periyodu T_1 ' e bağlı olarak aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$S(T_1) = 1 + 1,5 T_1 / T_A \quad (0 < T_1 < T_A)$$

$$S(T_1) = 2,5 \quad (T_A < T_1 < T_B)$$

$$S(T_1) = 2,5 \times (T_B / T_1)^{0.8} \quad (T_1 > T_B)$$

$$T_A = 0,20 < T_1 = 0,36 < T_B = 0,90 \text{ olduğundan } S(T_1) = 2,5$$

Şekil 3.2. 'de 1997 Deprem yönetmeliğindeki spektrum katsayısının periyoda göre değişimini gösteren eğri yer almaktadır.

Spektral İvme Katsayısı $A(T_1)$; A_0 Etkin yer ivmesi katsayısı, Yapı önem katsayısı I ve Spektrum Katsayısı $S(T_1)$ ' e bağlı olarak aşağıdaki gibi hesaplanır .

$$A(T_1) = A_0 \times I \times S(T_1)$$

$$A(T_1) = 0,40 \times 1,40 \times 2,5 = 1,4$$

Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı $R_a(T_1)$; Taşıyıcı sistem davranış katsayısı R , Binanın Birinci Doğal Periyodu T_1 , zemin spektrum karakteristik periyodu T_A ' ya bağlı olarak bulunur.

Mevcut yapı deprem yönetmeliğine göre deprem yüklerinin tamamının çerçeveler tarafından taşındığı binalar tanımına uymaktadır.

$$T_1 = 0,36 > T_A = 0,20 \text{ ise } R_a(T_1) = R = 4$$

Yukarıda açıklanan aşamalar sonucunda taşıyıcı sistemin hesabında Yapıya Etkiyen Toplam Eşdeğer Deprem Yüğü (taban kesme kuvveti) ilgili değerler yerine konarak her iki deprem doğrultusu için aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$V_{tx} = V_{ty} = W \times A(T_1) / R_a(T_1)$$

$$V_t = 18440 \times 1,4 / 4 = 6454 \text{ kN}$$

Bina yüksekliği $H_N = 9 \text{ m} < 25 \text{ m}$ olduğundan, ek tepe kuvveti $\Delta F_N = 0$ 'dır. Kat ağırlıkları ve katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri Tablo 3.4.'deki gibidir.

Tablo 3.4 : Mevcut Yapı Eşdeğer Deprem Yüklerinin Katlara Dağıtılması

Kat	W_i (kN)	h_i (m)	$W_i h_i$	$W_i h_i / \sum W_i h_i$	F_i (kN)	V_i (kN)
2	4826	9	43434	0,41	2671	2671
1	6894	6	41364	0,39	2544	2544
Zemin	6720	3	20160	0,19	1240	1240
Toplam	18440		104958	1	6454	6454

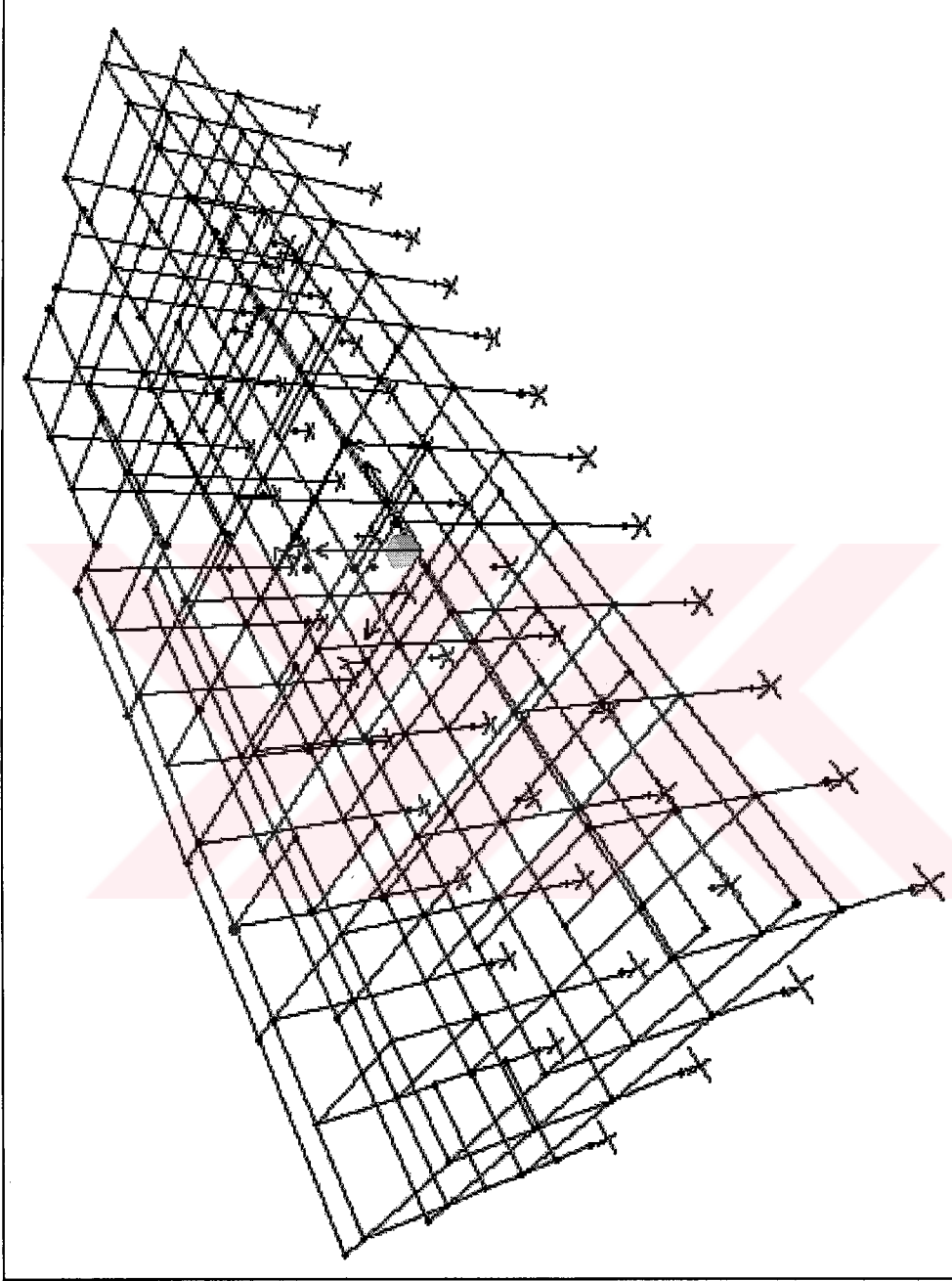
3.2.2. Yapının SAP2000'e Göre Modellenmesi, Düzensizlik Kontrolleri ve Kapasite Kontrolleri

3.2.2.1. Yapının Modellenmesi Hakkında Bilgi

Mevcut yapının taşıyıcı sistemi çerçeve elemanlardan oluşmaktadır ve yapının SAP2000 modellemesinde kolon ve kirişler sisteme çubuk eleman olarak girilmiştir. Böylece yapının geometrik modeli meydana getirilmiştir. Zemin kata ait kat kalıp planı Şekil 2.1. ile ve sistemin SAP2000 de oluşturulan üç boyutlu geometrik modeli Şekil 3.2. ile verilmiştir.

SAP2000 de kolon ve kiriş enkesit boyutları tanımlandıktan sonra yapıda ait oldukları elemanlara atanmıştır. Sabit ve hareketli düşey yükler trapezoidal ve üçgen yük olarak kirişlere etkilmiştir. Döşemelerin kendi düzlemleri içinde rijit diyafram davranışı gösterdiği kabul edilmiştir. Yapının yatay rijit döşeme özelliğinin modellenebilmesi için aynı katta bulunan yatay düzlemdeki düğüm noktalarının tümü bir diyafram oluşturacak şekilde modellenmiş böylece yatay düzlemde düğüm noktalarının farklı yer değiştirmeleri engellenmiştir.

Yapı simetrik bir bina değildir. Bundan dolayı kat kütle merkezleri her kat için hesaplanmıştır. Binanın periyodlarının hesaplanması ve dinamik analizi için ,her kat için, kat kütle merkezlerine kat kütleleri yerleştirilmiştir. Katlara etkiyen deprem yükleri, toplam deprem kuvvetinin kat ağırlıklarına ve katların zeminden yüksekliğine orantılı olarak katlara dağıtılması daha önceki bölümde hesaplanmıştı. Hesaplanan katlara ait deprem kuvvetleri X ve Y yönünde olmak üzere kat kütle merkezlerine etkilmiştir. SAP2000 de eşdeğer deprem yükleri belirtildikten sonra program çalıştırılmış ve çözümlenmesi yapıldıktan sonra dinamik analize geçilmiştir. Dinamik analiz için SAP2000 ile yapılan mod birleştirme yöntemi kullanılmıştır. Dinamik analiz için tanımlanması gereken spektrum eğrileri, spektrum katsayısının formülü ile periyoda bağlı olarak hesaplanmıştır. Spektrum katsayıları ve periyodlar girildikten sonra Bölüm 2.' de belirtilmiş olan yük kombinasyonları programa girilmiş ve program tekrar çalıştırılarak elemanlara ait kesit tesirleri ve deplasmanlar hem eşdeğer deprem yükü yöntemine göre hem de mod birleştirme yöntemine göre elde edilmiştir.



Şekil 3.1 : Mevcut Yapı Geometrik Modeli

3.2.2.2. Dinamik Analiz

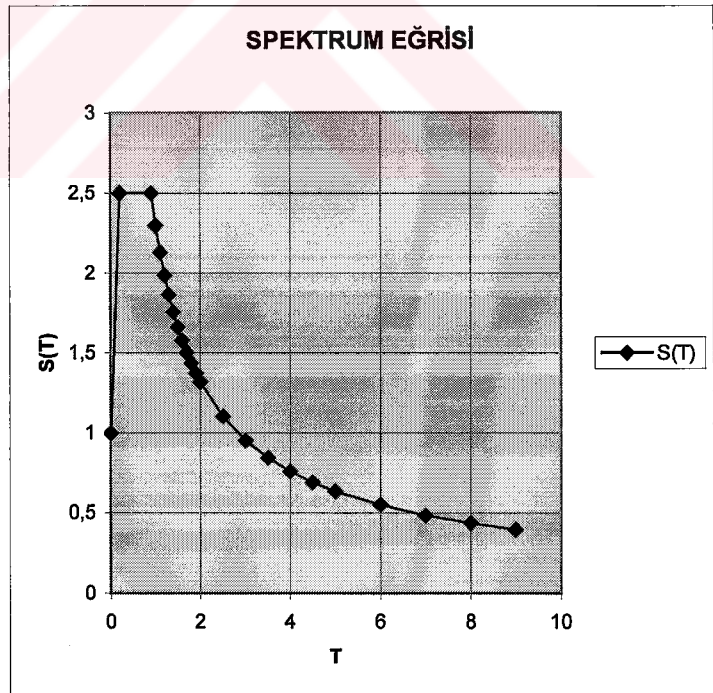
Mod Birleştirme Yönteminde maksimum iç kuvvetler ve yer değiştirmeler, binada yeterli sayıda doğal titreşim modunun her biri için hesaplanan maksimum katkıların istatistiksel olarak birleştirilmesi ile elde edilir. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nde yapının birinci modu esas alınır ve katlara etkiyen deprem kuvvetlerinin kat kütlesi ve katın temelden yüksekliği ile orantılı kabul edilir. Titreşim periyodunun hesabında ve deprem yükünün dağıtılmasında binanın kütlesi hesaba katıldığı için bu yöntem de yapının birinci serbestlik derecesini esas alan dinamik bir yöntem olarak kabul edilebilir. Mod Birleştirme Yönteminde toplam deprem kuvvetinin bulunmasında diğer titreşim periyodları ve mod şekilleri hesaba katılır ve bu toplam kesme kuvvetinin katlara dağıtılmasında ilgili mod şekilleri esas alınır. Bu yöntem çok serbestlik dereceli sistemlerin davranışını veren ifadelerin her mod şekli için ayrı ayrı değerlendirilmesi olarak da görülebilir. [4]

Mevcut yapıda Eşdeğer Deprem Yüklerinin etkilmesinden sonra SAP2000'de Mod Birleştirme Yöntemi ile dinamik analiz yapılabilmesi için spektrum eğrileri spektrum katsayısının formülü ile periyoda bağlı olarak hesaplanmıştır. Aşağıda Şekil 3.2 'de 1997 Deprem yönetmeliğindeki spektrum katsayısının periyoda göre değişimini gösteren eğri yer almaktadır.

$$S(T) = 2,5 \times (T_B / T_1)^{0,8}$$

$$T_A = 0,20 \quad T_B = 0,90$$

	T	S(T)
	0	1
T_A	0,2	2,5
T_B	0,9	2,5
	1	2,29792
	1,1	2,12922
	1,2	1,98604
	1,3	1,86286
	1,4	1,75562
	1,5	1,66135
	1,6	1,57775
	1,7	1,50306
	1,8	1,43587
	1,9	1,37509
	2	1,31981
	2,5	1,10403
	3	0,954195
	3,5	0,843489
	4	0,758029
	4,5	0,689865
	5	0,6341
	6	0,548041
	7	0,484457
	8	0,435374
	9	0,396223



Şekil 3.2 : Spektrum Katsayısının Periyoda Göre Değişimini Gösteren Spektrum Eğrileri

S(T) değerleri hesaplandıktan sonra SAP2000'de bu değerler dinamik analizin yapılabilmesi için Function bloğunda tanımlanmıştır. Daha sonra depremin X ve Y doğrultusu için Specx ve Specy tanımlanan Function için etkilmiştir. Sistemin bu şekilde ilk 9 moda göre çözümü yapıldıktan sonra mod birleştirme yöntemine göre SAP2000'in hesapladığı V_{tBx} ve V_{tBy} bina toplam deprem yükleri , Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemine göre hesaplanan bina toplam deprem yükleri V_{tx} ve V_{ty} ye oranlanmıştır.

MOD	PERİYOD	Modların Katılımı(Yüzde)			Kümülatif Toplamları(Yüzde)		
		UX	UY	UZ	UX	UY	UZ
1	0.449052	79.5623	0.0350	0.0000	79.5623	0.0350	0.0000
2	0.381540	0.0640	80.2517	0.0000	79.6263	80.2867	0.0000
3	0.345666	2.5101	0.1301	0.0000	82.1364	80.4168	0.0000
4	0.173676	11.4393	0.0003	0.0000	93.5757	80.4171	0.0000
5	0.145597	0.0113	11.9642	0.0000	93.5870	92.3813	0.0000
6	0.129571	0.3959	0.1364	0.0000	93.9829	92.5177	0.0000
7	0.115747	5.9151	0.0003	0.0000	99.8980	92.5179	0.0000
8	0.090737	0.0054	7.1386	0.0000	99.9034	99.6565	0.0000
9	0.082517	0.0966	0.3435	0.0000	100.0000	100.0000	0.0000

Tablo 3.5 : ilk 9 Moda Göre Bulunan Periyodlar , Modların Katılım Payları Gösterilmiştir.

Spectral analizde Spec bloğunda yer alan S katsayısı A_o , I , g , ve R_a ' ya bağlı olarak belirlenmiştir.

$$S = A_o \times I \times g / R_a = 0,40 \times 1,4 \times 9,81 / 4 = 1,37$$

(X Yönünde):

MODE	F1
1	5134,95185
2	4,12806
3	162,00195
4	738,28993
5	0,73099
6	25,55284
7	381,76162
8	0,32727
9	5,58031

(Y Yönünde):

MODE	F2
1	2,26103
2	5179,44368
3	08,39636
4	0,01873
5	772,16900
6	8,80013
7	0,01736
8	435,11644
9	19,84289

Tablo 3.5 : İlk 9 mod için spektral analiz sonucu oluşan kuvvetler

Mod Süperpozisyonu ile bulunan taban kesme kuvvetleri

$$V_{tBx} = F_1 = 5204,4 \text{ kN}$$

$$V_{tBy} = F_2 = 5254,9 \text{ kN}$$

1997 Deprem Yönetmeliğine göre

$$V_{tB} < \beta V_t \text{ ise } B_D = (\beta V_t / V_{tB}) B_B$$

formülüne göre tüm iç kuvvetler büyütülecektir

A_1 , B_2 veya B_3 türü düzensizliklerden en az birinin binada bulunması durumunda $\beta = 1$ değerini almaktadır. Yapıda 3.2.2.3. de belirtilen A_1 (Burulma Düzensizliği) bulunmaktadır.

Elde edilen V_{tBx} ve V_{tBy} bina toplam deprem yüklerinin Eşdeğer Deprem Yükleri V_{tx} ve V_{ty} 'ye oranlanması ile Spec bloğunda yer alan S katsayısı tekrar belirlenmiştir.

$$V_{tBx} / V_{tx} = 5204,4 / 6454 = 0,81 < \beta = 1 \text{ olduğundan X Yönü için } S \text{ katsayısı}$$

$$V_{tx} / V_{tBx} = 6454 / 5204,4 = 1,24 \text{ ile çarpılarak büyütülmüştür.}$$

$$V_{tBy} / V_{ty} = 5254,9 / 6454 = 0,81 < \beta = 1 \text{ olduğundan Y Yönü için } S \text{ katsayısı}$$

$$V_{ty} / V_{tBy} = 6454 / 5254,9 = 1,23 \text{ ile çarpılarak büyütülmüştür.}$$

3.2.2.3. Burulma Düzensizliği Kontrolü

Burulma düzensizliği, birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir katta en büyük görelî kat ötelemesinin o katta aynı doğrultudaki ortalama görelî ötelemeye oranını ifade eden Burulma Düzensizliği Katsayısı η_{bi} 'nin 1,20' den büyük olması durumunda oluşur. Eşdeğer statik deprem yöntemini kullanabilmek için bu değer 2' yi aşmamalıdır. η_{bi} değerinin 1,20' den büyük olması durumunda, binaya uygulanan eksantrisiteler

$$D_i = (\eta_{bi} / 1,2)^2$$

katsayısı ile çarpılarak büyütülmelidir. X ve Y yönündeki burulma düzensizliği kontrolleri $G + Q + E_x$ ve $G + Q + E_y$ yük kombinasyonlarına göre yapılmış ve bunlar Tablo 3.7 – 3.8 – 3.9 – 3.10 ile gösterilmiştir. Arttırılmış dışmerkezlilikler Tabloların son kolonunda gösterilmiştir. Deprem hesabı bu yeni dışmerkezliliklere göre tekrarlanmıştır.

Tablo 3.7 : Mevcut Yapı X Doğrultusu Burulma Düzensizliği Kontrolü

X Yönü Depremi

1.0G+1.0Q+1.0E Yükleme (%5 ey dış merkezlik)

KAT	Max depl.	Min depl.	Max gör.öte.	Min gör.öte.	Ort.gör.öte	η		
No	d max (m)	d min (m)	Δ max (m)	Δ min (m)	Δ ort (m)	$\eta = \Delta \text{ max} / \Delta \text{ ort}$	Di	Di ey
1	0,00791	0,00785	0,00791	0,00785	0,00788	1,00381	1	0,7
2	0,02002	0,01982	0,01211	0,01197	0,01204	1,00590	1	0,9
3	0,02826	0,02800	0,00824	0,00818	0,00821	1,00365	1	0,9

1.0G+1.0Q+1.0E Yükleme (-%5 ey dış merkezlik)

Kat	Max depl.	Min depl.	Max gör.öte.	Min gör.öte.	Ort.gör.öte	η		
No	d max (m)	d min (m)	Δ max (m)	Δ min (m)	Δ ort (m)	$\eta = \Delta \text{ max} / \Delta \text{ ort}$	Di	Di ey
1	0,00838	0,00744	0,00838	0,00744	0,00791	1,05975	1	0,7
2	0,02138	0,01861	0,01300	0,01117	0,01209	1,07569	1	0,9
3	0,03022	0,02629	0,00884	0,00768	0,00826	1,07015	1	0,9

Tablo 3.8 : Mevcut Yapı Y Doğrultusu Burulma Düzensizliği Kontrolü

Y Yönü Depremi

1.0G+1.0Q+1.0E Yükleme (%5 ex dış merkezlik)

Kat	Max depl.	Min depl.	Max gör.öte.	Min gör.öte.	Ort.gör.öte	η		
No	d max (m)	d min (m)	Δ max (m)	Δ min (m)	Δ ort (m)	$\eta = \Delta \text{ max} / \Delta \text{ ort}$	Di	Di ex
1	0,00719	0,00352	0,00719	0,00352	0,00536	1,34242	1,06	2
2	0,01787	0,01018	0,01068	0,00665	0,00866	1,23211	1,01	1,9
3	0,02517	0,01592	0,00731	0,00575	0,00653	1,11935	1	1,9

1.0G+1.0Q+1.0E Yükleme (-%5 ex dış merkezlik)

Kat	Max depl.	Min depl.	Max gör.öte.	Min gör.öte.	Ort.gör.öte	η		
No	d max (m)	d min (m)	Δ max (m)	Δ min (m)	Δ ort (m)	$\eta = \Delta \text{ max} / \Delta \text{ ort}$	Di	Di ex
1	0,00588	0,00432	0,00588	0,00432	0,00510	1,15333	1	1,9
2	0,01612	0,01088	0,01023	0,00656	0,00840	1,21865	1,01	2,3
3	0,02451	0,01536	0,00839	0,00448	0,00644	1,30397	1,04	2,5

Tablo 3.9 : Mevcut Yapı -X Doğrultusu Burulma Düzensizliği Kontrolü

(-X) Yönü Depremi

1.0G+1.0Q-1.0E Yükleme (%5 ey dış merkezlik)

Kat	Max depl.	Min depl.	Max gör.öte.	Min gör.öte.	Ort.gör.öte	η		
No	d max (m)	d min (m)	Δ max (m)	Δ min (m)	Δ ort (m)	$\eta = \Delta \text{ max} / \Delta \text{ ort}$	Di	Di ey
1	0,00784	0,00782	0,00784	0,00782	0,00783	1,00121	1	0,7
2	0,02001	0,01975	0,01217	0,01193	0,01205	1,00992	1	0,9
3	0,02850	0,02786	0,00849	0,00811	0,00830	1,02276	1	0,9

1.0G+1.0Q-1.0E Yükleme (-%5 ey dış merkezlik)

Kat	Max depl.	Min depl.	Max gör.öte.	Min gör.öte.	Ort.gör.öte	η		
No	d max (m)	d min (m)	Δ max (m)	Δ min (m)	Δ ort (m)	$\eta = \Delta \text{ max} / \Delta \text{ ort}$	Di	Di ey
1	0,00831	0,00741	0,00831	0,00741	0,00786	1,05758	1	0,7
2	0,02137	0,01854	0,01306	0,01114	0,01210	1,07956	1	0,9
3	0,03046	0,02615	0,00909	0,00761	0,00835	1,08850	1	0,9

Tablo 3.10 :Mevcut Yapı -Y Doğrultusu Burulma Düzensizliği Kontrolü

(-Y) Yönü Depremi

1.0G+1.0Q-1.0E Yükleme (%5 ex dış merkezlik)

Kat No	Max depl. d max (m)	Min depl. d min (m)	Max gör.öte. Δ max (m)	Min gör.öte. Δ min (m)	Ort.gör.öte Δ ort (m)	η $\eta = \Delta \text{ max} / \Delta \text{ ort}$	Di	Di ex
1	0,00711	0,00355	0,00711	0,00355	0,00533	1,33440	1,05	2
2	0,01789	0,01007	0,01077	0,00652	0,00865	1,24568	1,02	2
3	0,02567	0,01559	0,00779	0,00552	0,00665	1,17032	1	1,9

1.0G+1.0Q-1.0E Yükleme (-%5 ex dış merkezlik)

Kat No	Max depl. d max (m)	Min depl. d min (m)	Max gör.öte. Δ max (m)	Min gör.öte. Δ min (m)	Ort.gör.öte Δ ort (m)	η $\eta = \Delta \text{ max} / \Delta \text{ ort}$	Di	Di ex
1	0,00591	0,00424	0,00591	0,00424	0,00507	1,16451	1	1,9
2	0,01601	0,01090	0,01010	0,00666	0,00838	1,20539	1	1,9
3	0,02417	0,01586	0,00816	0,00496	0,00656	1,24426	1,02	2

3.2.2.4. Göreli Kat Ötelemeleri Kontrolü

Herhangi bir kolon veya perde için, ardışık iki kat arasındaki yerdeğiştirme farkını ifade eden göreli kat ötelemesi $\Delta_i = d_i - d_{i-1}$ denklemi ile elde edilir. Her kat için bunların maksimum olanının kat yüksekliğine oranı aşağıda belirtilen koşulları aşmamalıdır. Verilen koşulun binanın herhangi bir katında sağlanamaması durumunda, taşıyıcı sistemin rijitliği artırılarak deprem hesabı tekrarlanacaktır.

$$(\Delta_i)_{\max} / h_i < 0,0035$$

$$(\Delta_i)_{\max} / h_i < 0,02 / R$$

Bütün yük kombinasyonları ve depremin X ve Y doğrultuları için $R = 4$ olmak üzere

$$(\Delta_i)_{\max} / h_i < 0,02 / R = 0,005$$

koşulu bütün katlarda sağlanmaktadır.

Mevcut yapının taşıyıcı sistemi SAP2000 programına girilirken, kat döşemelerinin sonsuz rijit olduğu varsayılarak düğüm noktaları diyafram olarak kabul edilerek tümü yatay düzlemde birbirine bağlanmıştır. Tüm yatay yükler ve kat kütleleri bu diyaframlara dahil edilen ve katın kütle merkezinde bulunan düğüm noktalarına yüklenmiştir. Diyafram sayesinde yatay deprem yükleri altında herhangi bir kattaki düğüm noktalarının birbirlerine göre relatif yerdeğiştirmeleri engellenmiştir. Aşağıda

X ve Y yönleri için SAP2000 tarafından hesaplanan düğüm noktalarının max deplasmanları ve max görelî ötelemeleri verilmiş, deprem yönetmeliğine göre kontrolleri yapılmıştır. X ve Y yönündeki görelî kat ötelemeleri kontrolleri $G + Q + E_x$ ve $G + Q + E_y$ yük kombinasyonlarına göre yapılmış ve bunlar Tablo 3.11 – 3.12 – 3.13 – 3.14 ile gösterilmiştir. Görüldüğü üzere 2. katta sınır aşılmış veya sınıra yakın değerler elde edilmiştir. Mevcut yapının her iki yön içinde rijitliği yetersizdir. Rijitlik artırılıp, sistemin tekrar analiz edilmesi gerekmektedir.

Tablo 3.11 : Mevcut Yapı X Doğrultusu Görelî Kat Ötelemeleri Kontrolü

X Yönü Depremi							
1.0G+1.0Q+1.0E Yükleme (%5 ey dış merkezlik)							
Kat	Max depl.	Min depl.	Max gör.öte.	Kat yüks.	Δ_{max}/h	< veya >	Kontrol
No	d max (m)	d min (m)	Δ max (m)	h (m)			
1	0,0079	0,0079	0,0079	3,0	0,0026	<	0,0035
2	0,0200	0,0198	0,0121	3,0	0,0040	>	0,0035
3	0,0283	0,0280	0,0082	3,0	0,0027	<	0,0035
1.0G+1.0Q+1.0E Yükleme (-%5 ey dış merkezlik)							
Kat	Max depl.	Min depl.	Max gör.öte.	Kat yüks.	Δ_{max}/h	< veya >	Kontrol
No	d max (m)	d min (m)	Δ max (m)	h (m)			
1	0,0084	0,0074	0,0084	3,0	0,0028	<	0,0035
2	0,0214	0,0186	0,0130	3,0	0,0043	>	0,0035
3	0,0302	0,0263	0,0088	3,0	0,0029	<	0,0035

Tablo 3.12 : Mevcut Yapı Y Doğrultusu Görelî Kat Ötelemeleri Kontrolü

Y Yönü Depremi							
1.0G+1.0Q+1.0E Yükleme (%5 ex dış merkezlik)							
Kat	Max depl.	Min depl.	Max gör.öte.	Kat yüks.	Δ_{max}/h	< veya >	Kontrol
No	d max (m)	d min (m)	Δ max (m)	h (m)			
1	0,0072	0,0035	0,0072	3,0	0,0024	<	0,0035
2	0,0179	0,0102	0,0107	3,0	0,0036	>	0,0035
3	0,0252	0,0159	0,0073	3,0	0,0024	<	0,0035
1.0G+1.0Q+1.0E Yükleme (-%5 ex dış merkezlik)							
Kat	Max depl.	Min depl.	Max gör.öte.	Kat yüks.	Δ_{max}/h	< veya >	Kontrol
No	d max (m)	d min (m)	Δ max (m)	h (m)			
1	0,0059	0,0043	0,0059	3,0	0,0020	<	0,0035
2	0,0161	0,0109	0,0102	3,0	0,0034	<	0,0035
3	0,0245	0,0154	0,0084	3,0	0,0028	<	0,0035

Tablo 3.13 : Mevcut Yapı -X Doğrultusu Görelî Kat Ötelemeleri Kontrolü

(-X) Yönü Depremi							
1.0G+1.0Q-1.0E Yükleme (%5 ey dış merkezlik)							
Kat	Max depl.	Min depl.	Max gör.öte.	Kat yüks.	Δ_{max}/h	< veya >	Kontrol
No	d max (m)	d min (m)	Δ max (m)	h (m)			
1	0,0078	0,0078	0,0078	3,0	0,0026	<	0,0035
2	0,0200	0,0198	0,0122	3,0	0,0041	>	0,0035
3	0,0285	0,0279	0,0085	3,0	0,0028	<	0,0035
1.0G+1.0Q-1.0E Yükleme (-%5 ey dış merkezlik)							
Kat	Max depl.	Min depl.	Max gör.öte.	Kat yüks.	Δ_{max}/h	< veya >	Kontrol
No	d max (m)	d min (m)	Δ max (m)	h (m)			
1	0,0083	0,0074	0,0083	3,0	0,0028	<	0,0035
2	0,0214	0,0185	0,0131	3,0	0,0044	>	0,0035
3	0,0305	0,0262	0,0091	3,0	0,0030	<	0,0035

Tablo 3.14 : Mevcut Yapı -Y Doğrultusu Görelî Kat Ötelemeleri Kontrolü

(-Y) Yönü Depremi							
1.0G+1.0Q-1.0E Yükleme (%5 ex dış merkezlik)							
Kat	Max depl.	Min depl.	Max gör.öte.	Kat yüks.	Δ_{max}/h	< veya >	Kontrol
No	d max (m)	d min (m)	Δ max (m)	h (m)			
1	0,0071	0,0035	0,0071	3,0	0,0024	<	0,0035
2	0,0179	0,0101	0,0108	3,0	0,0036	>	0,0035
3	0,0257	0,0156	0,0078	3,0	0,0026	<	0,0035
1.0G+1.0Q-1.0E Yükleme (-%5 ex dış merkezlik)							
Kat	Max depl.	Min depl.	Max gör.öte.	Kat yüks.	Δ_{max}/h	< veya >	Kontrol
No	d max (m)	d min (m)	Δ max (m)	h (m)			
1	0,0059	0,0042	0,0059	3,0	0,0020	<	0,0035
2	0,0160	0,0109	0,0101	3,0	0,0034	<	0,0035
3	0,0242	0,0159	0,0082	3,0	0,0027	<	0,0035

3.2.2.5. Kolon Kapasite Kontrolleri

Mevcut yapının tüm kat kolonlarında düşey ve yatay yüklere göre dayanım kontrolleri X ve Y doğrultuları için yapılmıştır. Mevcut yapının kolonlarının donatı miktarları tam olarak belirlenemediği için kolonlarda minimum donatı kullanıldığı varsayılarak kolon kapasiteleri hesaplanmıştır. Öncelikle kolonlarda $M_{r,x}$ ve $M_{r,y}$ moment kapasiteleri, maximum kesme kuvvetleri $V_{r,max}$ ve maximum normal kuvvet $N_{r,max}$ hesaplanmış daha sonra yatay yükler altında bulunan kolonların eğilme momentleri ve kesme kuvvetleri, düşey yükler altında bulunan normal kuvvetleri

kolon kapasiteleri ile karşılaştırılmıştır. Kolonların $M_{r,x}$ ve $M_{r,y}$ kapasite momentleri 3.2.2.6' da verilen formüllerle hesaplanmıştır.

3.2.2.6. Kolonların Moment Kapasitelerinin Hesaplanması

Kolonların eğilme momenti kapasitelerinin hesaplanmasında mevcut kolonlarda kullanılan donatı miktarları tam olarak belirlenemediği için min. donatı kullanıldığı varsayılarak hesaplara dahil edilmiştir. Ayrıca beton örtüsünün $d' / h = b' / b = 0,10$ oranı ve donatının dört köşeye eşit yerleştirme durumu varsayılarak aşağıdaki formüller kullanılarak kolon kapasite eğilme momentleri hesaplanmıştır. Hesaplanan eğilme kapasite momentleri Tablo 3.15 – 3.16 – 3.17 ile gösterilmiştir. Formüllerde kullanılan ifadelerden ρ_{mt} toplam mekanik donatı oranı miktarını, b ve h kolon kesitlerini, f_{cd} beton tasarım basınç dayanımını göstermektedir. İfadelerde $n_r > 0$ çekme normal kuvvetine ve $n_r < 0$ basınç normal kuvvetine karşı gelmektedir. Eğilme momentleri ise, kesit ve donatı düzeninin iki eksene göre simetrik olması nedeniyle daima pozitif işaretle kullanılmıştır. [5]

$N_{d,x/y}$ = x/y yönünde en büyük momente ($M_{d,x/y}$) sahip kombinasyonun aksenal yükü

$M_{r,x/y}$ = x/y yönünde $N_{d,x/y}$ aksenal yük seviyesindeki kapasite momenti

$$m_{xr} = M_{xr} / (0,85 f_{cd} \times b \times h^2)$$

$$m_{yr} = M_{yr} / (0,85 f_{cd} \times b^2 \times h)$$

$$m = m_{xr} + k \cdot m_{yr}$$

$$n_r = N_r / (0,85 f_{cd} \times b \times h)$$

S 220 Donatısı ve $n_r > 0$ ise

S 220 Donatısı ve $0 > n_r > -0,35$ ise

$$k = 1,70 m_{yr} + 0,10$$

$$k = (1,70 + 2,14 n_r) m_{yr} - 1,50 n_r + 0,10$$

$$\rho_{mt} = 1,00 n_r + 2,49 m$$

$$\rho_{mt} = 2,490 m + 1,44 n_r^2 + 1,29 n_r$$

S 220 Donatısı ve $-0,35 > n_r > -0,53$ ise

S 220 Donatısı ve $-0,53 > n_r$ ise

$$k = (-0,75 - 4,82 n_r) m_{yr} + 0,79 n_r + 0,91$$

$$k = (2,08 + 0,54 n_r) m_{yr} + 0,68 n_r + 0,85$$

$$\rho_{mt} = 2,54 m - 0,295$$

$$\rho_{mt} = 2,54 m + 0,31 n_r^2 - 0,221 n_r - 0,506$$

Tablo 3.15 : Zemin Kat Kolonları Moment Kapasiteleri Hesapları

Kolon No	Kat	Normal Kuvvet (kN)		Boyutlar (m)		Kapasite (kNm)			
		Nx	Ny	b	h	nrx	nry	Mr,x	Mr,y
101	Z	-24,4	-449,4	0,4	0,3	-0,03	-0,55	29,62	78,68
102	Z	-486,9	-530,3	0,5	0,3	-0,48	-0,52	67,34	122,06
103	Z	-498,9	-675,7	0,5	0,3	-0,49	-0,66	67,34	121,09
104	Z	-406,3	-534,2	0,5	0,3	-0,40	-0,52	67,34	121,94
105	Z	-463,9	-658,8	0,5	0,3	-0,45	-0,65	67,34	109,96
106	Z	-400,5	-535	0,5	0,3	-0,39	-0,52	67,34	121,91
107	Z	-455,7	-663,3	0,5	0,3	-0,45	-0,65	67,34	121,37
108	Z	-392,7	-535,9	0,5	0,3	-0,39	-0,53	67,34	121,88
109	Z	-444,3	-662,3	0,5	0,3	-0,44	-0,65	67,34	121,39
110	Z	-391,3	-535,8	0,5	0,3	-0,38	-0,53	67,34	121,88
111	Z	-440,6	-682	0,5	0,3	-0,43	-0,67	67,34	120,94
112	Z	-310,8	-531,5	0,5	0,3	-0,30	-0,52	64,32	118,23
113	Z	-516,5	-419	0,4	0,3	-0,63	-0,51	48,76	78,26
114	Z	-302,9	-539,7	0,6	0,5	-0,15	-0,26	173,60	314,60
115	Z	-1109,9	-1002,4	0,6	0,5	-0,58	-0,53	160,67	318,46
116	Z	-1011,4	-947,3	0,6	0,5	-0,53	-0,50	169,45	313,02
117	Z	-1027,1	-949,8	0,6	0,5	-0,54	-0,50	168,08	313,26
118	Z	-1048,9	-956,7	0,6	0,5	-0,55	-0,50	166,16	313,93
119	Z	-893,9	-917,1	0,6	0,5	-0,47	-0,48	167,61	322,44
120	Z	-602,1	-118,7	0,25	0,5	-0,71	-0,14	76,62	53,58
121	Z	-104,7	-404	0,25	0,4	-0,15	-0,59	46,81	40,80
122	Z	-435,9	-173	0,5	0,25	-0,51	-0,20	46,77	109,16

Tablo 3.16 : Birinci Kat Kolonları Moment Kapasiteleri Hesapları

Kolon No	Kat	Normal Kuvvet (kN)		Boyutlar (m)		Kapasite (kNm)			
		Nx	Ny	b	h	nrx	nry	Mr,x	Mr,y
201	1	-65,7	-304,1	0,4	0,3	-0,08	-0,37	35,25	81,83
202	1	-304,5	-335,9	0,5	0,3	-0,37	-0,41	53,88	80,71
203	1	-390,3	-476,4	0,5	0,3	-0,48	-0,58	53,88	78,43
204	1	-277,3	-343	0,5	0,3	-0,34	-0,42	52,70	80,48
205	1	-358,5	-456,4	0,5	0,3	-0,44	-0,56	53,88	78,63
206	1	-274,2	-341,4	0,5	0,3	-0,34	-0,42	52,59	80,53
207	1	-355,9	-458,4	0,5	0,3	-0,44	-0,56	53,88	78,61
208	1	-270,8	-341,3	0,5	0,3	-0,33	-0,42	52,45	80,54
209	1	-350,2	-455,4	0,5	0,3	-0,43	-0,56	53,88	78,63
210	1	-270,7	-342,5	0,5	0,3	-0,33	-0,42	52,45	80,50
211	1	-350,8	-473,1	0,5	0,3	-0,43	-0,58	53,88	78,47
212	1	-222,9	-329,6	0,5	0,3	-0,27	-0,40	50,03	80,93
213	1	-340,6	-290,2	0,4	0,3	-0,42	-0,36	53,88	82,35
214	1	-233,8	-295,8	0,6	0,5	-0,21	-0,26	63,57	158,63
215	1	-647,8	-583,9	0,6	0,5	-0,58	-0,52	71,44	147,67
216	1	-599,7	-564,1	0,6	0,5	-0,53	-0,50	74,65	148,39
217	1	-608,1	-568,1	0,6	0,5	-0,54	-0,51	74,10	148,25
218	1	-616	-564,5	0,6	0,5	-0,55	-0,50	73,58	148,38
219	1	-529,1	-551,2	0,6	0,5	-0,47	-0,49	74,08	148,88
220	1	-321,4	-73,4	0,25	0,5	-0,38	-0,09	93,53	51,90
221	1	-85,1	-253,8	0,25	0,4	-0,13	-0,37	44,01	42,61
222	1	-237,2	-109,5	0,5	0,25	-0,28	-0,13	43,68	106,60

Tablo 3.17 : İkinci Kat Kolonları Moment Kapasiteleri Hesapları

Kolon No	Kat	Normal Kuvvet (kN)		Boyutlar (m)				Kapasite (kNm)	
		Nx	Ny	b	h	nrx	nry	Mr,x	Mr,y
301	2	-45,6	-111,2	0,4	0,3	-0,06	-0,14	32,60	82,17
302	2	-125,5	-143,2	0,5	0,3	-0,21	-0,23	34,51	47,27
303	2	-168,1	-186,2	0,5	0,3	-0,21	-0,23	46,07	84,02
304	2	-125	-147,1	0,5	0,3	-0,20	-0,24	34,46	47,27
305	2	-153,4	-177,4	0,5	0,3	-0,19	-0,22	44,79	83,96
306	2	-124,3	-146,1	0,5	0,3	-0,20	-0,24	34,40	47,27
307	2	-153,1	-177,9	0,5	0,3	-0,19	-0,22	44,77	83,97
308	2	-123,3	-145,9	0,5	0,3	-0,20	-0,24	34,32	47,27
309	2	-152	-176,5	0,5	0,3	-0,19	-0,22	44,67	83,96
310	2	-124,4	-146,7	0,5	0,3	-0,20	-0,24	34,41	47,27
311	2	-150,8	-182,8	0,5	0,3	-0,18	-0,22	44,56	84,00
312	2	-113,1	-139,4	0,5	0,3	-0,18	-0,23	33,42	47,26
313	2	-121,4	-110,3	0,4	0,3	-0,15	-0,14	41,69	82,13
314	2	-114,6	-123,8	0,6	0,5	-0,15	-0,16	32,64	87,55
315	2	-299,8	-277,5	0,6	0,5	-0,39	-0,36	42,09	86,62
316	2	-279,9	-265,2	0,6	0,5	-0,37	-0,35	42,09	86,45
317	2	-283,1	-267,9	0,6	0,5	-0,37	-0,35	42,09	87,03
318	2	-287,8	-267,5	0,6	0,5	-0,38	-0,35	42,09	86,33
319	2	-245,6	-262,5	0,6	0,5	-0,32	-0,34	40,69	86,59
320	2	-106,1	-41,7	0,25	0,5	-0,12	-0,05	68,71	50,21
321	2	-68,7	-93,8	0,25	0,4	-0,10	-0,14	41,47	42,83
322	2	-80,3	-57,3	0,5	0,25	-0,09	-0,07	31,83	102,20

3.2.2.7. Eğilme Momenti Kontrolleri

Mevcut yapı kolon kesitlerinde yatay ve düşey yükler altında hesaplanan eğilme momenti değerleri SAP2000 programından elde edilmiş, bu değerler 2.2.3.6 da hesaplanan kapasite eğilme momentleri ile X doğrultusu için Tablo 3.18 – 3.19 – 3.20 de Y doğrultusu için Tablo 3.21 – 3.22 – 3.23 .de karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmalar sonucunda; zemin ve birinci katlarda kolon kesitlerinin X doğrultusunda etkitilen deprem yükleri, sabit ve hareketli yükler altında kolon kesitlerinde oluşan maximum moment değerleri kolon kesitlerinin taşıyabileceği moment değerlerinden oldukça yüksek olduğu hesaplanmıştır. İkinci katta ise, kolonların %91'inde oluşan moment değerlerinin hesaplanan eğilme momenti kapasitesi değerlerinden yüksek olduğu görülmüştür. X doğrultusu için kolonlarda oluşan eğilme momentleri ve kolon kesitinin taşıyabileceği kapasite eğilme momentlerinin oranları tabloların son sütununda verilmiştir. Bu oranlar mevcut yapı kolonlarının yatay ve düşey yükler sonucu oluşan eğilme momentlerine karşı yetersiz olduğunu göstermektedir.

Md,x/y = x/y yönünde en büyük kombinasyon momenti

Mr,x/y = x/y yönünde Nd,x/y eksenel yük seviyesindeki kapasite momenti

Tablo 3.18 : Mevcut Yapı X Doğrultusu Zemin Kat Eğilme Momenti Kontrolleri

Kolon Aksı	Kolon No	Boyutlar (m)		Md,x (kNm)	Mr,x (kNm)	Md,x/Mr,x
		b	h			
D-1	101	0,4	0,3	100,7	29,62	3,40
D-2	102	0,5	0,3	139,1	67,34	2,07
D-3	103	0,5	0,3	137,9	67,34	2,05
D-4	104	0,5	0,3	138,3	67,34	2,05
D-5	105	0,5	0,3	137,8	67,34	2,05
D-6	106	0,5	0,3	138,3	67,34	2,05
D-7	107	0,5	0,3	137,8	67,34	2,05
D-8	108	0,5	0,3	138,3	67,34	2,05
D-9	109	0,5	0,3	137,8	67,34	2,05
D-10	110	0,5	0,3	138,3	67,34	2,05
D-11	111	0,5	0,3	137,9	67,34	2,05
D-12	112	0,5	0,3	139,3	64,32	2,17
D-14	113	0,4	0,3	102,9	48,76	2,11
C-1	114	0,6	0,5	534,3	173,60	3,08
C-3	115	0,6	0,5	413,7	160,67	2,57
C-5	116	0,6	0,5	404,7	169,45	2,39
C-7	117	0,6	0,5	405,8	168,08	2,41
C-9	118	0,6	0,5	404,3	166,16	2,43
C-11	119	0,6	0,5	415,3	167,61	2,48
C-14	120	0,25	0,5	263,6	76,62	3,44
B'-13	121	0,25	0,4	107,2	46,81	2,29
C'-13	122	0,5	0,25	56,5	46,77	1,21

Tablo 3.19 : Mevcut Yapı X Doğrultusu Birinci Kat Eğilme Momenti Kontrolleri

Kolon Aksı	Kolon No	Boyutlar (m)		Md,x (kNm)	Mr,x (kNm)	Md,x/Mr,x
		b	h			
D-1	201	0,4	0,3	128,4	35,25	3,64
D-2	202	0,4	0,3	159,2	53,88	2,95
D-3	203	0,4	0,3	156,7	53,88	2,91
D-4	204	0,4	0,3	158,2	52,70	3,00
D-5	205	0,4	0,3	156,2	53,88	2,90
D-6	206	0,4	0,3	158	52,59	3,00
D-7	207	0,4	0,3	156,3	53,88	2,90
D-8	208	0,4	0,3	158	52,45	3,01
D-9	209	0,4	0,3	156,2	53,88	2,90
D-10	210	0,4	0,3	157,9	52,45	3,01
D-11	211	0,4	0,3	156,5	53,88	2,90
D-12	212	0,4	0,3	160,5	50,03	3,21
D-14	213	0,4	0,3	135,7	53,88	2,52
C-1	214	0,55	0,3	110,4	63,57	1,74
C-3	215	0,55	0,3	199,4	71,44	2,79
C-5	216	0,55	0,3	188,9	74,65	2,53
C-7	217	0,55	0,3	190,2	74,10	2,57
C-9	218	0,55	0,3	188,9	73,58	2,57
C-11	219	0,55	0,3	202,5	74,08	2,73
C-14	220	0,25	0,5	278,8	93,53	2,98
B'-13	221	0,25	0,4	65,9	44,01	1,50
C'-13	222	0,5	0,25	44	43,68	1,01

Tablo 3.20 : Mevcut Yapı X Doğrultusu İkinci Kat Eğilme Momenti Kontrolleri

Kolon Aksı	Kolon No	Boyutlar (m)		Md,x (kNm)	Mr,x (kNm)	Md,x/Mr,x
		b	h			
D-1	301	0,4	0,3	83,5	32,60	2,56
D-2	302	0,3	0,3	85,6	34,51	2,48
D-3	303	0,4	0,3	111,7	46,07	2,42
D-4	304	0,3	0,3	86,9	34,46	2,52
D-5	305	0,4	0,3	110,5	44,79	2,47
D-6	306	0,3	0,3	86,7	34,40	2,52
D-7	307	0,4	0,3	110,6	44,77	2,47
D-8	308	0,3	0,3	86,7	34,32	2,53
D-9	309	0,4	0,3	110,6	44,67	2,48
D-10	310	0,3	0,3	86,6	34,41	2,52
D-11	311	0,4	0,3	111,2	44,56	2,50
D-12	312	0,3	0,3	88,3	33,42	2,64
D-14	313	0,4	0,3	92,9	41,69	2,23
C-1	314	0,45	0,25	30,2	32,64	0,93
C-3	315	0,45	0,25	70,7	42,09	1,68
C-5	316	0,45	0,25	65,1	42,09	1,55
C-7	317	0,45	0,25	65,9	42,09	1,57
C-9	318	0,45	0,25	65,4	42,09	1,55
C-11	319	0,45	0,25	74,1	40,69	1,82
C-14	320	0,25	0,5	123,6	68,71	1,80
B'-13	321	0,25	0,4	13,9	41,47	0,34
C'-13	322	0,5	0,25	15,6	31,83	0,49

Mevcut yapı, Y doğrultusu için 3.2.6.6' da hesaplanmış olan kolon kapasite eğilme momentleri ve kolonlarda yatay ve düşey yükler altında meydana gelen eğilme momentlerinin karşılaştırmaları Tablo 3.21 – 3.22 – 3.23 ile verilmiştir.

Mevcut yapı Y doğrultusu için yapılan eğilme momentleri kontrollerinde, zemin ve birinci katlardaki kolon kesitlerinde oluşan eğilme momentlerinin kapasite eğilme momentlerinden yüksek olduğu, kolonların yatay ve düşey yükler sonucu oluşan eğilme momentlerine karşı yetersiz olduğu görülmektedir.

İkinci kat kolonlarında ise; kolonlarda oluşan eğilme momentlerinin kolonların %91'inde kapasite momentlerinden yüksek, diğer kolonlarda ise kapasite momentlerine yakın değerler aldığı görülmüştür.

Y doğrultusu için kolonlarda oluşan eğilme momentleri ve kolon kesitinin taşıyabileceği kapasite eğilme momentlerinin oranları tabloların son sütununda verilmiştir.

Tablo 3.21 : Mevcut Yapı Y Doğrultusu Zemin Kat Eğilme Momenti Kontrolleri

Kolon Aksı	Kolon No	Boyutlar (m)		Md,y (kNm)	Mr,y (kNm)	Md,y/Mr,y
		b	h			
D-1	101	0,4	0,3	102,3	78,68	1,30
D-2	102	0,5	0,3	183,2	122,06	1,50
D-3	103	0,5	0,3	192,1	121,09	1,59
D-4	104	0,5	0,3	186,9	121,94	1,53
D-5	105	0,5	0,3	198,2	109,96	1,80
D-6	106	0,5	0,3	193,5	121,91	1,59
D-7	107	0,5	0,3	204,6	121,37	1,69
D-8	108	0,5	0,3	199,4	121,88	1,64
D-9	109	0,5	0,3	210,9	121,39	1,74
D-10	110	0,5	0,3	205,8	121,88	1,69
D-11	111	0,5	0,3	217,3	120,94	1,80
D-12	112	0,5	0,3	211,6	118,23	1,79
D-14	113	0,4	0,3	118,9	78,26	1,52
C-1	114	0,6	0,5	415,6	314,60	1,32
C-3	115	0,6	0,5	531,3	318,46	1,67
C-5	116	0,6	0,5	549,1	313,02	1,75
C-7	117	0,6	0,5	566,9	313,26	1,81
C-9	118	0,6	0,5	585,7	313,93	1,87
C-11	119	0,6	0,5	602,5	322,44	1,87
C-14	120	0,25	0,5	54,6	53,58	1,02
B'-13	121	0,25	0,4	46,5	40,80	1,14
C'-13	122	0,5	0,25	189,7	109,16	1,74

Tablo 3.22 : Mevcut Yapı Y Doğrultusu Birinci Kat Eğilme Momenti Kontrolleri

Kolon Aksı	Kolon No	Boyutlar (m)		Md,y (kNm)	Mr,y (kNm)	Md,y/Mr,y
		b	h			
D-1	201	0,4	0,3	140,6	81,83	1,72
D-2	202	0,4	0,3	146,6	80,71	1,82
D-3	203	0,4	0,3	140,8	78,43	1,80
D-4	204	0,4	0,3	143,5	80,48	1,78
D-5	205	0,4	0,3	142	78,63	1,81
D-6	206	0,4	0,3	144,4	80,53	1,79
D-7	207	0,4	0,3	142,6	78,61	1,81
D-8	208	0,4	0,3	144,5	80,54	1,79
D-9	209	0,4	0,3	143,4	78,63	1,82
D-10	210	0,4	0,3	144,9	80,50	1,80
D-11	211	0,4	0,3	143,1	78,47	1,82
D-12	212	0,4	0,3	144,2	80,93	1,78
D-14	213	0,4	0,3	133,3	82,35	1,62
C-1	214	0,55	0,3	290,2	158,63	1,83
C-3	215	0,55	0,3	320,4	147,67	2,17
C-5	216	0,55	0,3	321,7	148,39	2,17
C-7	217	0,55	0,3	322,5	148,25	2,18
C-9	218	0,55	0,3	324,8	148,38	2,19
C-11	219	0,55	0,3	323,3	148,88	2,17
C-14	220	0,25	0,5	73	51,90	1,41
B'-13	221	0,25	0,4	68,5	42,61	1,61
C'-13	222	0,5	0,25	236,8	106,60	2,22

Tablo 3.23 : Mevcut Yapı Y Doğrultusu İkinci Kat Eğilme Momenti Kontrolleri

Kolon Aksı	Kolon No	Boyutlar (m)		Md,y (kNm)	Mr,y (kNm)	Md,y/Mr,y
		b	h			
D-1	301	0,4	0,3	90,3	82,17	1,10
D-2	302	0,3	0,3	61,2	47,27	1,29
D-3	303	0,4	0,3	91,8	84,02	1,09
D-4	304	0,3	0,3	58,8	47,27	1,24
D-5	305	0,4	0,3	90,7	83,96	1,08
D-6	306	0,3	0,3	58,2	47,27	1,23
D-7	307	0,4	0,3	90,1	83,97	1,07
D-8	308	0,3	0,3	57,5	47,27	1,22
D-9	309	0,4	0,3	88,7	83,96	1,06
D-10	310	0,3	0,3	56,3	47,27	1,19
D-11	311	0,4	0,3	84,1	84,00	1,00
D-12	312	0,3	0,3	54,3	47,26	1,15
D-14	313	0,4	0,3	75,1	82,13	0,91
C-1	314	0,45	0,25	125,3	87,55	1,43
C-3	315	0,45	0,25	137,8	86,62	1,59
C-5	316	0,45	0,25	137,1	86,45	1,59
C-7	317	0,45	0,25	134,6	87,03	1,55
C-9	318	0,45	0,25	132,9	86,33	1,54
C-11	319	0,45	0,25	129,5	86,59	1,50
C-14	320	0,25	0,5	47	50,21	0,94
B'-13	321	0,25	0,4	46,8	42,83	1,09
C'-13	322	0,5	0,25	155,3	102,20	1,52

3.2.2.8. Kesme Kuvveti Kontrolleri

Tüm katlardaki kolonların deprem, hareketli ve sabit yükler altında oluşan maximum kesme kuvvetleri SAP2000 programıyla hesaplanmış ve bu değerler aşağıdaki formülle hesaplanan kolonların kapasite kesme kuvvetleriyle karşılaştırılmıştır. Tablo 3.24. ile verilen zemin kat kolonlarından %14'ünün ve Tablo 3.25. ile verilen birinci kat kolonlarından %36'sının hesaplanan kesme kuvvetinin kapasite kesme kuvvetini aşmakla birlikte yaklaşık değerler aldığı gösterilmiştir. Tablo 3.26. ile verilen ikinci kat kolonlarının tamamı kesme kuvvetlerine karşı yeterlidir. Tabloların son sütunlarında kolonlarda oluşan maximum kesme kuvvetleriyle kapasite kesme kuvvetlerinin oranları verilmiştir.

BS12 için $f_{ck} = 12000 \text{ kN/m}^2$ ve A_c kolon kesit alanı olmak üzere $V_{r,max}$ (kapasite kesme kuvveti) hesaplanmıştır.

$V_{d,max}$ = Tüm kombinasyonlar içinde oluşan en büyük kesme kuvveti

$V_{r,max}$ = $0,2 (f_{ck} \times A_c)^{0,5}$

Tablo 3.24 : Mevcut Yapı Zemin Kat Kesme Kuvveti Kotrolleri

Kolon Aksı	Kolon No	Boyutlar (m)		Vd,max (kN)	Vr,max (kN)	Vdmax/Vr,max
		b	h			
D-1	101	0,4	0,3	61,4	144	0,43
D-2	102	0,5	0,3	105,9	180	0,59
D-3	103	0,5	0,3	114	180	0,63
D-4	104	0,5	0,3	107	180	0,59
D-5	105	0,5	0,3	117,6	180	0,65
D-6	106	0,5	0,3	111,1	180	0,62
D-7	107	0,5	0,3	121,5	180	0,68
D-8	108	0,5	0,3	114,4	180	0,64
D-9	109	0,5	0,3	125,3	180	0,70
D-10	110	0,5	0,3	118,4	180	0,66
D-11	111	0,5	0,3	129,2	180	0,72
D-12	112	0,5	0,3	121,6	180	0,68
D-14	113	0,4	0,3	69,8	144	0,48
C-1	114	0,6	0,5	218,8	360	0,61
C-3	115	0,6	0,5	288,1	336	0,86
C-5	116	0,6	0,5	298,2	336	0,89
C-7	117	0,6	0,5	308,5	336	0,92
C-9	118	0,6	0,5	320	336	0,95
C-11	119	0,6	0,5	328,8	336	0,98
C-14	120	0,25	0,5	155,5	150	1,04
B'-13	121	0,25	0,4	45,3	120	0,38
C'-13	122	0,5	0,25	156,1	150	1,04

Tablo 3.25 : Mevcut Yapı Birinci Kat Kesme Kuvveti Kotrolleri

Kolon Aksı	Kolon No	Boyutlar (m)		Vd,max (kN)	Vr,max (kN)	Vdmax/Vr,max
		b	h			
D-1	201	0,4	0,3	88,9	144	0,62
D-2	202	0,4	0,3	99,4	144	0,69
D-3	203	0,4	0,3	89,7	144	0,62
D-4	204	0,4	0,3	97,8	144	0,68
D-5	205	0,4	0,3	91,1	144	0,63
D-6	206	0,4	0,3	98,5	144	0,68
D-7	207	0,4	0,3	91,6	144	0,64
D-8	208	0,4	0,3	98,9	144	0,69
D-9	209	0,4	0,3	92,4	144	0,64
D-10	210	0,4	0,3	99,3	144	0,69
D-11	211	0,4	0,3	92,1	144	0,64
D-12	212	0,4	0,3	98,8	144	0,69
D-14	213	0,4	0,3	86	144	0,60
C-1	214	0,55	0,3	195,2	198	0,99
C-3	215	0,55	0,3	217	198	1,10
C-5	216	0,55	0,3	218,7	198	1,10
C-7	217	0,55	0,3	219,8	198	1,11
C-9	218	0,55	0,3	221,7	198	1,12
C-11	219	0,55	0,3	221,1	198	1,12
C-14	220	0,25	0,5	175	150	1,17
B'-13	221	0,25	0,4	45,3	120	0,38
C'-13	222	0,5	0,25	156,1	150	1,04

Tablo 3.26 : Mevcut Yapı İkinci Kat Kesme Kuvveti Kotrolleri

Kolon Aksı	Kolon No	Boyutlar (m)		Vd,max (kN)	Vr,max (kN)	Vdmax/Vr,max
		b	h			
D-1	301	0,4	0,3	65,7	144	0,46
D-2	302	0,3	0,3	44,5	108	0,41
D-3	303	0,4	0,3	67	144	0,47
D-4	304	0,3	0,3	42,7	108	0,40
D-5	305	0,4	0,3	67	144	0,47
D-6	306	0,3	0,3	42,4	108	0,39
D-7	307	0,4	0,3	65,8	144	0,46
D-8	308	0,3	0,3	41,9	108	0,39
D-9	309	0,4	0,3	64,8	144	0,45
D-10	310	0,3	0,3	41,2	108	0,38
D-11	311	0,4	0,3	61,9	144	0,43
D-12	312	0,3	0,3	39,8	108	0,37
D-14	313	0,4	0,3	56,7	144	0,39
C-1	314	0,45	0,25	90,9	135	0,67
C-3	315	0,45	0,25	98,3	135	0,73
C-5	316	0,45	0,25	98,1	135	0,73
C-7	317	0,45	0,25	96,4	135	0,71
C-9	318	0,45	0,25	95,5	135	0,71
C-11	319	0,45	0,25	93,4	135	0,69
C-14	320	0,25	0,5	98,1	150	0,65
B'-13	321	0,25	0,4	31,1	120	0,26
C'-13	322	0,5	0,25	110,7	150	0,74

3.2.2.9. Normal Kuvvet Kontrolleri

Tüm kat kolonlarında deprem, hareketli ve düşey yükler altında tüm yük kombinasyonları gözönüne alınarak elde edilen kolon maximum normal kuvvetlerinin aşağıdaki formülle hesaplanan kolon maximum kapasite normal kuvvetlerine oranları zemin kat için Tablo 3.27 'nin, birinci kat için Tablo 3.28 'in, ikinci kat içinse Tablo3.29' un son sütunlarında gösterilmiştir. Bu oranlar mevcut yapı kolonlarının tüm yük kombinasyonları altında normal kuvvet için yeterli kapasitede olduklarını göstermektedir.

BS12 için $f_{ck} = 12000 \text{ kN/m}^2$ ve A_c kolon kesit alanı olmak üzere $N_{r,max}$ (kapasite normal kuvveti) hesaplanmıştır.

$$N_{r,max} = 0,5f_{ck}xAc$$

$N_{d,max}$ = Tüm yük kombinasyonları altında elde edilen en yüksek tasarım eksenel yükü

Tablo 3.27 : Mevcut Yapı Zemin Kat Normal Kuvvet Kontrolleri

Kolon Aksı	Kolon No	Boyutlar (m)		Nr,max (kN)	Nd,max (kN)	Nd max/Nr,max
		b	h			
D-1	101	0,4	0,3	720	449,4	0,62
D-2	102	0,5	0,3	900	586,0	0,65
D-3	103	0,5	0,3	900	689,3	0,77
D-4	104	0,5	0,3	900	581,4	0,65
D-5	105	0,5	0,3	900	662,7	0,74
D-6	106	0,5	0,3	900	580,3	0,64
D-7	107	0,5	0,3	900	666,6	0,74
D-8	108	0,5	0,3	900	580,4	0,64
D-9	109	0,5	0,3	900	665,4	0,74
D-10	110	0,5	0,3	900	585,8	0,65
D-11	111	0,5	0,3	900	688,6	0,77
D-12	112	0,5	0,3	900	584,2	0,65
D-14	113	0,4	0,3	720	516,5	0,72
C-1	114	0,6	0,5	1800	759,1	0,42
C-3	115	0,6	0,5	1680	1533,0	0,91
C-5	116	0,6	0,5	1680	1494,7	0,89
C-7	117	0,6	0,5	1680	1497,3	0,89
C-9	118	0,6	0,5	1680	1505,1	0,90
C-11	119	0,6	0,5	1680	1392,9	0,83
C-14	120	0,25	0,5	750	602,1	0,80
B'-13	121	0,25	0,4	600	422,0	0,70
C'-13	122	0,5	0,25	750	435,9	0,58

Tablo 3.28 : Mevcut Yapı Birinci Kat Normal Kuvvet Kontrolleri

Kolon Aksı	Kolon No	Boyutlar (m)		Nr,max (kN)	Nd,max (kN)	Nd max/Nr,max
		b	h			
D-1	201	0,4	0,3	720	304,1	0,42
D-2	202	0,4	0,3	720	392,7	0,55
D-3	203	0,4	0,3	720	541,9	0,75
D-4	204	0,4	0,3	720	399,8	0,56
D-5	205	0,4	0,3	720	515,5	0,72
D-6	206	0,4	0,3	720	398,7	0,55
D-7	207	0,4	0,3	720	519,3	0,72
D-8	208	0,4	0,3	720	399,4	0,55
D-9	209	0,4	0,3	720	518,4	0,72
D-10	210	0,4	0,3	720	402,1	0,56
D-11	211	0,4	0,3	720	541,8	0,75
D-12	212	0,4	0,3	720	390,3	0,54
D-14	213	0,4	0,3	720	340,6	0,47
C-1	214	0,55	0,3	990	453,7	0,46
C-3	215	0,55	0,3	990	923,7	0,93
C-5	216	0,55	0,3	990	884,7	0,89
C-7	217	0,55	0,3	990	891,3	0,90
C-9	218	0,55	0,3	990	885,2	0,89
C-11	219	0,55	0,3	990	832,3	0,84
C-14	220	0,25	0,5	750	321,4	0,43
B'-13	221	0,25	0,4	600	276,4	0,46
C'-13	222	0,5	0,25	750	237,2	0,32

Tablo 3.29 : Mevcut Yapı İkinci Kat Normal Kuvvet Kontrolleri

Kolon Aksı	Kolon No	Boyutlar (m)		Nr,max (kN)	Nd,max (kN)	Nd max/Nr,max
		b	h			
D-1	301	0,4	0,3	720	116,0	0,16
D-2	302	0,3	0,3	540	177,7	0,33
D-3	303	0,4	0,3	720	234,7	0,33
D-4	304	0,3	0,3	540	182,1	0,34
D-5	305	0,4	0,3	720	222,9	0,31
D-6	306	0,3	0,3	540	181,4	0,34
D-7	307	0,4	0,3	720	224,4	0,31
D-8	308	0,3	0,3	540	181,6	0,34
D-9	309	0,4	0,3	720	224,2	0,31
D-10	310	0,3	0,3	540	183,2	0,34
D-11	311	0,4	0,3	720	233,9	0,32
D-12	312	0,3	0,3	540	176,7	0,33
D-14	313	0,4	0,3	720	124,0	0,17
C-1	314	0,45	0,25	675	196,3	0,29
C-3	315	0,45	0,25	675	434,3	0,64
C-5	316	0,45	0,25	675	413,2	0,61
C-7	317	0,45	0,25	675	416,9	0,62
C-9	318	0,45	0,25	675	415,8	0,62
C-11	319	0,45	0,25	675	390,9	0,58
C-14	320	0,25	0,5	750	106,1	0,14
B'-13	321	0,25	0,4	600	125,7	0,21
C'-13	322	0,5	0,25	750	96,5	0,13

3.2.2.10. Kolon Kapasite Tabloları

$N_0 = f_{cd} \times b \times d + f_{yd} \times A_s$
 $N_{max} = 0,5 \times f_{ck} \times A_c$
 $N_{d,max} = \text{Tüm yük kombinasyonları altında elde edilen en yüksek tasarım eksenel yükü}$
 $N_{d,xy} = x/y \text{ yönünde en büyük momente } (M_{d,xy}) \text{ sahip kombinasyonun eksenel yükü}$
 $M_{d,xy} = x/y \text{ yönünde en büyük kombinasyon momenti}$
 $M_{t,xy} = x/y \text{ yönünde } N_{d,xy} \text{ eksenel yük seviyesindeki kapasite momenti}$
 $V_{d,max} = \text{Tüm kombinasyonlar içinde oluşan en büyük kesme kuvveti}$

$A_c = \text{Kolon kesit alanı}$
 $A_{s,g} = \text{Gerekli donatı alanı}$
 $A_{s,m} = \text{Mevcut donatı alanı}$
 $A_{s,w} (\phi/s) = \text{Etriye - çap / aralık}$
 $\rho_m = A_{s,m} / A_c = \text{Mevcut donatı oranı}$
 $(BS12 \text{ için } f_{cd} = 8000 \text{ k N/m}^2, f_{ck} = 12000 \text{ k N/m}^2)$
 $(BÇ 1 \text{ için } f_{yd} = 191000 \text{ kN/m}^2)$

Tablo 3.30 : Mevcut Yapı Zemin Kat Kolon Kapasite Tablosu

Kolon Aksı	Kolon No	B (m)	d (m)	Ac (m ²)	As,g (m ²)	As,m (m ²)	As,w (φ/s)	ρ m (%)	No (kN)	Nmax (kN)	Nd,max (kN)	Nd,x (kN)	Md,x (kNm)	Mr,x (kNm)	Nd,y (kN)	Md,y (kNm)	Mr,y (kNm)	Vd,max (kN)
D-1	101	0,4	0,3	0,12	0,0035	0,0012	φ 8/20-30	1	1189,20	720	449,4	24,4	100,7	29,62	449,4	102,3	78,68	61,7
D-2	102	0,5	0,3	0,15	0,0038	0,0015	φ 8/20-30	1	1486,50	900	586	486,9	139,1	67,34	530,3	183,2	122,06	105,9
D-3	103	0,5	0,3	0,15	0,0038	0,0015	φ 8/20-30	1	1486,50	900	581,4	406,3	137,9	67,34	675,7	192,1	121,09	114
D-4	104	0,5	0,3	0,15	0,0038	0,0015	φ 8/20-30	1	1486,50	900	581,4	406,3	138,3	67,34	534,2	186,9	121,94	107
D-5	105	0,5	0,3	0,15	0,0038	0,0015	φ 8/20-30	1	1486,50	900	580,3	400,5	138,3	67,34	658,8	198,2	109,96	117,6
D-6	106	0,5	0,3	0,15	0,0038	0,0015	φ 8/20-30	1	1486,50	900	580,3	400,5	138,3	67,34	535	193,5	121,91	111,1
D-7	107	0,5	0,3	0,15	0,0038	0,0015	φ 8/20-30	1	1486,50	900	580,3	400,5	137,8	67,34	663,3	204,6	121,37	121,5
D-8	108	0,5	0,3	0,15	0,0038	0,0015	φ 8/20-30	1	1486,50	900	580,4	392,7	138,3	67,34	535,9	199,4	121,88	114,4
D-9	109	0,5	0,3	0,15	0,0038	0,0015	φ 8/20-30	1	1486,50	900	585,4	444,3	137,8	67,34	662,3	210,9	121,39	125,3
D-10	110	0,5	0,3	0,15	0,0038	0,0015	φ 8/20-30	1	1486,50	900	585,8	391,3	138,3	67,34	535,8	205,8	121,88	118,4
D-11	111	0,5	0,3	0,15	0,0038	0,0015	φ 8/20-30	1	1486,50	900	588,6	440,6	137,9	67,34	682	217,3	120,94	129,2
D-12	112	0,5	0,3	0,15	0,0038	0,0015	φ 8/20-30	1	1486,50	900	584,2	310,8	139,3	64,32	531,5	211,6	118,23	121,6
D-14	113	0,4	0,3	0,12	0,0035	0,0012	φ 8/20-30	1	1189,20	720	516,5	516,5	102,9	48,76	419	118,9	78,26	69,8
C-1	114	0,6	0,5	0,3	0,0113	0,0030	φ 8/20-30	1	2973,00	1800	759,1	302,9	534,3	173,60	539,7	415,6	314,60	282,7
C-3	115	0,7	0,4	0,28	0,0082	0,0028	φ 8/20-30	1	2774,80	1680	1533	1110	413,7	160,67	1002,4	531,3	318,46	288,1
C-5	116	0,7	0,4	0,28	0,0082	0,0028	φ 8/20-30	1	2774,80	1680	1494,7	1011	404,7	169,45	947,3	549,1	313,02	298,2
C-7	117	0,7	0,4	0,28	0,0082	0,0028	φ 8/20-30	1	2774,80	1680	1497,3	1027	405,8	168,08	949,8	566,9	313,26	308,5
C-9	118	0,7	0,4	0,28	0,0082	0,0028	φ 8/20-30	1	2774,80	1680	1505,1	1049	404,3	166,16	956,7	585,7	313,93	320
C-11	119	0,7	0,4	0,28	0,0082	0,0028	φ 8/20-30	1	2774,80	1680	1392,9	893,9	415,3	167,61	917,1	602,5	322,44	328,8
C-14	120	0,25	0,5	0,125	0,0052	0,0013	φ 8/20-30	1	1238,75	750	602,1	602,1	263,6	76,62	118,7	54,6	53,58	155,5
B'-13	121	0,25	0,4	0,1	0,0025	0,0010	φ 8/20-30	1	991,00	600	422	104,7	107,2	46,81	404	46,5	40,80	50,8
C'-13	122	0,5	0,25	0,125	0,0010	0,0013	φ 8/20-30	1	1238,75	750	435,9	435,9	56,5	46,77	173	189,7	109,16	156,1

Tablo 3.31 : Mevcut Yapı Birinci Kat Kolon Kapasite Tablosu

Kolon Aksı	Kolon No	B (m)	d (m)	Ac (m ²)	As,g (m ²)	As,m (m ²)	As,w (φ/s)	p m (%)	No (kN)	Nmax (kN)	Nd,max (kN)	Nd,x (kN)	Md,x (kNm)	Mr,x (kNm)	Nd,y (kN)	Md,y (kNm)	Mr,y (kNm)	Vd,max (kN)
D-1	201	0,4	0,3	0,12	0,0045	0,0012	φ 8/20-30	1	1189,20	720	304,1	65,7	128,4	35,25	304,1	140,6	81,83	88,9
D-2	202	0,4	0,3	0,12	0,0050	0,0012	φ 8/20-30	1	1189,20	720	392,7	304,5	159,2	53,88	335,9	146,6	80,71	99,4
D-3	203	0,4	0,3	0,12	0,0050	0,0012	φ 8/20-30	1	1189,20	720	541,9	390,3	156,7	53,88	476,4	140,8	78,43	89,7
D-4	204	0,4	0,3	0,12	0,0050	0,0012	φ 8/20-30	1	1189,20	720	399,8	277,3	158,2	52,70	343	143,5	80,48	97,8
D-5	205	0,4	0,3	0,12	0,0050	0,0012	φ 8/20-30	1	1189,20	720	515,5	358,5	156,2	53,88	456,4	142	78,63	91,1
D-6	206	0,4	0,3	0,12	0,0050	0,0012	φ 8/20-30	1	1189,20	720	398,7	274,2	158	52,59	341,4	144,4	80,53	98,5
D-7	207	0,4	0,3	0,12	0,0050	0,0012	φ 8/20-30	1	1189,20	720	519,3	355,9	156,3	53,88	458,4	142,6	78,61	91,6
D-8	208	0,4	0,3	0,12	0,0050	0,0012	φ 8/20-30	1	1189,20	720	399,4	270,8	158	52,45	341,3	144,5	80,54	98,9
D-9	209	0,4	0,3	0,12	0,0050	0,0012	φ 8/20-30	1	1189,20	720	518,4	350,2	156,2	53,88	455,4	143,4	78,63	92,4
D-10	210	0,4	0,3	0,12	0,0050	0,0012	φ 8/20-30	1	1189,20	720	402,1	270,7	157,9	52,45	342,5	144,9	80,50	99,3
D-11	211	0,4	0,3	0,12	0,0050	0,0012	φ 8/20-30	1	1189,20	720	541,8	350,8	156,5	53,88	473,1	143,1	78,47	92,1
D-12	212	0,4	0,3	0,12	0,0055	0,0012	φ 8/20-30	1	1189,20	720	390,3	222,9	160,5	50,03	329,6	144,2	80,93	98,8
D-14	213	0,4	0,3	0,12	0,0040	0,0012	φ 8/20-30	1	1189,20	720	340,6	340,6	135,7	53,88	290,2	133,3	82,35	86
C-1	214	0,55	0,3	0,165	0,0028	0,0017	φ 8/20-30	1	1635,15	990	453,7	233,8	110,4	63,57	295,8	290,2	158,63	195,2
C-3	215	0,55	0,3	0,165	0,0062	0,0017	φ 8/20-30	1	1635,15	990	923,7	647,8	199,4	71,44	583,9	320,4	147,67	217
C-5	216	0,55	0,3	0,165	0,0055	0,0017	φ 8/20-30	1	1635,15	990	884,7	599,7	188,9	74,65	564,1	321,7	148,39	218,7
C-7	217	0,55	0,3	0,165	0,0055	0,0017	φ 8/20-30	1	1635,15	990	891,3	608,1	190,2	74,10	568,1	322,5	148,25	219,8
C-9	218	0,55	0,3	0,165	0,0055	0,0017	φ 8/20-30	1	1635,15	990	885,2	616	188,9	73,58	564,5	324,8	148,38	221,7
C-11	219	0,55	0,3	0,165	0,0062	0,0017	φ 8/20-30	1	1635,15	990	832,3	529,1	202,5	74,08	551,2	323,3	148,88	221,1
C-14	220	0,25	0,5	0,125	0,0058	0,0013	φ 8/20-30	1	1238,75	750	321,4	321,4	278,8	93,53	73,4	73	51,90	175
B-13	221	0,25	0,4	0,1	0,0013	0,0010	φ 8/20-30	1	991,00	600	276,4	85,1	65,9	44,01	253,8	68,5	42,61	45,3
C-13	222	0,5	0,25	0,125	0,0005	0,0013	φ 8/20-30	1	1238,75	750	237,2	237,2	44	43,68	109,5	236,8	106,60	156,1

Tablo 3.32 : Mevcut Yapı İkinci Kat Kolon Kapasite Tablosu

Kolon Aksl	Kolon No	B (m)	d (m)	Ac (m ²)	As,g (m ²)	As,m (m ²)	As,w (φ/s)	ρ m (%)	No (kN)	Nmax (kN)	Nd,max (kN)	Nd,x (kN)	Md,x (kNm)	Mr,x (kNm)	Nd,y (kN)	Md,y (kNm)	Mr,y (kNm)	Vd,max (kN)
D-1	301	0,4	0,3	0,12	0,0030	0,0012	φ 8/20-30	1	1189,20	720	116	45,6	83,5	32,60	111,2	90,3	82,17	65,7
D-2	302	0,3	0,3	0,09	0,0030	0,0009	φ 8/20-30	1	891,90	540	177,7	125,5	85,6	34,51	143,2	61,2	47,27	44,5
D-3	303	0,4	0,3	0,12	0,0035	0,0012	φ 8/20-30	1	1189,20	720	234,7	168,1	111,7	46,07	186,2	91,8	84,02	67
D-4	304	0,3	0,3	0,09	0,0030	0,0009	φ 8/20-30	1	891,90	540	182,1	125	86,9	34,46	147,1	58,8	47,27	42,7
D-5	305	0,4	0,3	0,12	0,0035	0,0012	φ 8/20-30	1	1189,20	720	222,9	153,4	110,5	44,79	177,4	90,7	83,96	67
D-6	306	0,3	0,3	0,09	0,0030	0,0009	φ 8/20-30	1	891,90	540	181,4	124,3	86,7	34,40	146,1	58,2	47,27	42,4
D-7	307	0,4	0,3	0,12	0,0035	0,0012	φ 8/20-30	1	1189,20	720	224,4	153,1	110,6	44,77	177,9	90,1	83,97	65,8
D-8	308	0,3	0,3	0,09	0,0030	0,0009	φ 8/20-30	1	891,90	540	181,6	123,3	86,7	34,32	145,9	57,5	47,27	41,9
D-9	309	0,4	0,3	0,12	0,0035	0,0012	φ 8/20-30	1	1189,20	720	224,2	152	110,6	44,67	176,5	88,7	83,96	64,8
D-10	310	0,3	0,3	0,09	0,0030	0,0009	φ 8/20-30	1	891,90	540	183,2	124,4	86,6	34,41	146,7	56,3	47,27	41,2
D-11	311	0,4	0,3	0,12	0,0035	0,0012	φ 8/20-30	1	1189,20	720	233,9	150,8	111,2	44,56	182,8	84,1	84,00	61,9
D-12	312	0,3	0,3	0,09	0,0030	0,0009	φ 8/20-30	1	891,90	540	176,7	113,1	88,3	33,42	139,4	54,3	47,26	39,8
D-14	313	0,4	0,3	0,12	0,0030	0,0012	φ 8/20-30	1	1189,20	720	124	121,4	92,9	41,69	110,3	75,1	82,13	56,7
C-1	314	0,45	0,25	0,113	0,0005	0,0011	φ 8/20-30	1	1114,88	675	196,3	114,6	30,2	32,64	123,8	125,3	87,55	90,9
C-3	315	0,45	0,25	0,113	0,0019	0,0011	φ 8/20-30	1	1114,88	675	434,3	299,8	70,7	42,09	277,5	137,8	86,62	98,3
C-5	316	0,45	0,25	0,113	0,0019	0,0011	φ 8/20-30	1	1114,88	675	413,2	279,9	65,1	42,09	265,2	137,1	86,45	98,1
C-7	317	0,45	0,25	0,113	0,0019	0,0011	φ 8/20-30	1	1114,88	675	416,9	283,1	65,9	42,09	267,9	134,6	87,03	96,4
C-9	318	0,45	0,25	0,113	0,0019	0,0011	φ 8/20-30	1	1114,88	675	415,8	287,8	65,4	42,09	267,5	132,9	86,33	95,5
C-11	319	0,45	0,25	0,113	0,0019	0,0011	φ 8/20-30	1	1114,88	675	390,9	245,6	74,1	40,69	262,5	129,5	86,59	93,4
C-14	320	0,25	0,5	0,125	0,0021	0,0013	φ 8/20-30	1	1238,75	750	106,1	106,1	123,6	68,71	41,7	47	50,21	98,1
B-13	321	0,25	0,4	0,1	0,0004	0,0010	φ 8/20-30	1	991,00	600	125,7	68,7	13,9	41,47	93,8	46,8	42,83	31,1
C-13	322	0,5	0,25	0,125	0,0005	0,0013	φ 8/20-30	1	1238,75	750	96,5	80,3	15,6	31,83	57,3	155,3	102,20	110,7

3.3. Mevcut Yapının 1997 Deprem Yönetmeliğine Göre İncelenmesiyle Elde Edilen Sonuçlar

- Binada Burulma Düzensizliği (A_1) mevcuttur. 1997 deprem yönetmeliğinde belirtilen diğer düzensizlikler bulunmamaktadır.
- Göreli kat ötelemeleri 2. katta sınır değeri aşmıştır.
- Binanın kolonlarında hesaplanan momentler X ve Y doğrultusu için moment kapasite değerlerinin oldukça üzerindedir. $M_{d,x} > M_{r,x}$; $M_{d,y} > M_{r,y}$
- Zemin kat kolonlarından %14'ü ve birinci kat kolonlarından %36'sı hesaplanan kesme kuvvetinin kapasite kesme kuvvetini aşmakla birlikte yaklaşık değerler almaktadır. İkinci kat kolonlarının tamamı kesme kuvvetlerine karşı yeterlidir.
- Mevcut yapı kolonları tüm yük kombinasyonları altında hesaplanan normal kuvvetleri normal kuvvet kapasitelerinin altındadır.
- Yapının X doğrultusunda hesaplanan deprem e dayanıklılık indeksi $S_{BGX} = 0,24$; Y doğrultusunda ise $S_{BGY} = 0,37$ değerine sahip olup mevcut yapı bu indekse göre 'depreme dayanıksız' grubundandır.
- Zemin kat düşey taşıyıcı elemanlarında hesaplanan σ gerilme değeri $23,5 \text{ kg/cm}^2 > 12 \text{ kg/cm}^2$ olarak bulunduğu için yapı bu yöntem sonuçlarına göre depreme karşı dayanıksızdır.

Sonuç olarak mevcut yapı hem rijitlik hemde dayanım bakımından yetersizdir. Sistemin rijitliği sağlanarak yanal ötelenmenin sınırlandırılması, taşıyıcı sistemin iyileştirilmesi gerekmektedir.

4. GÜÇLENDİRİLMİŞ YAPININ DEPREM GÜVENLİĞİNİN BELİRLENMESİ VE ANALİZİ

4.1. Güçlendirilmiş Yapı Hakkında Genel Bilgi

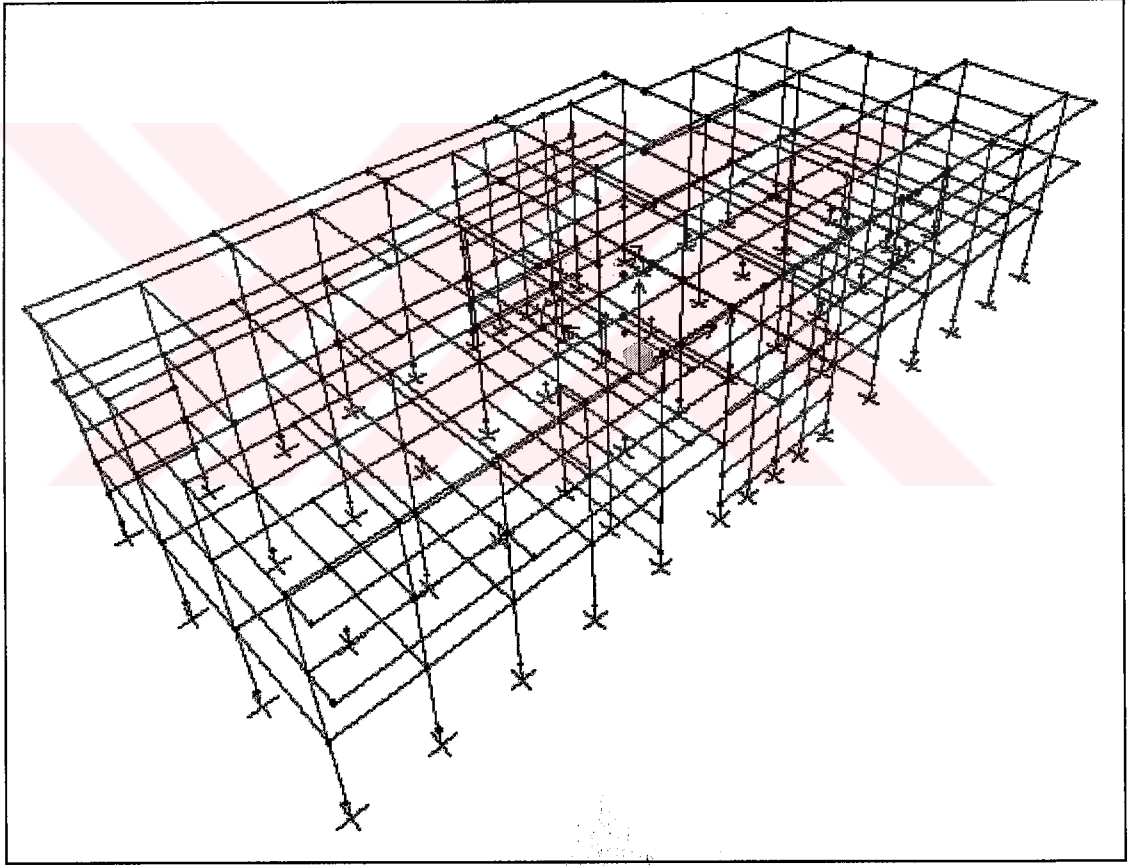
Bu bölümde 1999 Kocaeli depremi sonrasında hasar gören Arifiye Anadolu Öğretmen Lisesi okul binasına 2000 yılında uygulanan güçlendirme çalışmaları hakkında bilgi verilmiştir. Güçlendirme uygulama projelerinden alınan verilere göre mevcut yapının güçlendirilmesi SAP2000 programıyla yapılmış ve elde edilen sonuçlar doğrultusunda binanın güçlendirilmesinin yeterli olup olmadığı araştırılmıştır.

Güçlendirme uygulamalarında yapının yatay yük kapasitesini arttırmak için deprem perdeleri ilave edildiği ve perde uç kolonlarında perde başlıkları oluşturmak suretiyle mantolama yapıldığı görülmüştür. Perdeler ve kolon mantolanması her üç katta da aynı şekilde uygulanmış ancak perde kesitleri değiştirilmiştir. Perde kesiti zemin ve birinci katta 25cm, ikinci katta 20cm'dir.

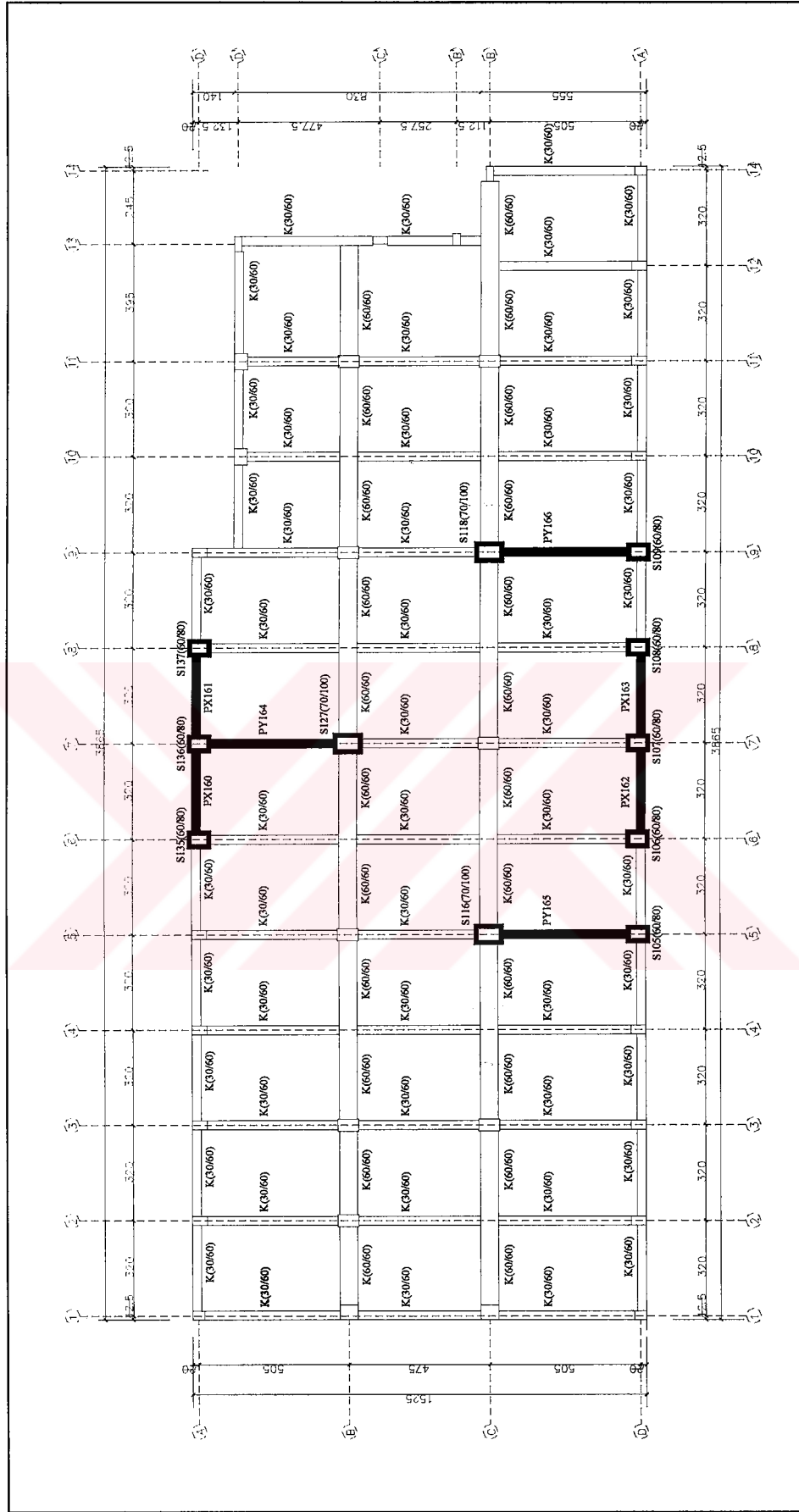
İlave betonarme perdeler mantolanan kolonlarla beraber dikkate alınmış ve eşit ataletli kesitleri hesaplanarak SAP2000 de shell elemanlar kullanılarak çözümlenmiş; perdelerde oluşan maximum eğilme momentleri, kesme kuvvetleri ve normal kuvvetleri elde edilmiştir. Bu veriler kullanılarak perde tabanındaki eğilme momentlerinin toplamı X ve Y deprem doğrultuları için deprem yüklerinin bina tabanında oluşturdukları devrilme momentiyle oranlanmıştır. Her iki doğrultu için yapılan bu oranlamanın herhangi bir doğrultu için %70' den küçük olması durumunda ilave edilen perdelerin deprem yüklerini karşılamakta yetersiz olduğu sonucuna varılmıştır. Güçlendirmede amaç meydana gelebilecek yatay deprem kuvvetlerinin büyük bir bölümünün yeni oluşturulan sistem tarafından karşılanmasıdır.

Uygulanan güçlendirilme projelerinden elde edilen bilgilere göre mevcut yapıya X yönünde 4 adet Y yönünde 3 adet perde duvar ilave edilmiş, ilave edilen perde duvarların uçlarında bulunan kolonlar dört kenarlarından 15cm. mantolanmıştır.

Güçlendirilmiş sistem zemin kat kalıp planı Şekil 4.2. ile verilmiştir. Bu bilgiler doğrultusunda yeni sistem SAP2000' e girilmiştir. Güçlendirilmiş sistemin SAP2000 de oluşturulan geometrik modeli Şekil 4.1 ile gösterilmiştir. Yapının ağırlığı eklenen perdelerden ve mantolanan kolonlardan dolayı değişmiştir. Yapının ağırlığı hesaplanmış ve eşdeğer deprem yüklerinin bulunmasında kullanılmıştır. Ayrıca yeni sistem artık çerçeve ve süneklik düzeyi yüksek perdelerden oluşan karma sistem şeklinde düşünülerek hesaplarda $R=6$ olarak kullanılmıştır. Eşdeğer Deprem Yükleri ve kat kütleleri SAP2000' de girildikten sonra sistem çözümlenmiş ve dinamik hesap tekrarlanmıştır.



Şekil 4.1 : Güçlendirilmiş Yapı Geometrik Modeli



Şekil 4.2 : Güçlendirilmiş Yapı Zemin Kat Kalıp Planı

4.2. Güçlendirme Sonrası (AIJ' ye göre) Depreme Dayanıklılık İndislerinin Betonarme Perdeli-Çerçevesel Yapılarda Tayini

4.2.1. Güçlendirilmiş Yapının Deprem Dayanımının Belirlenmesi S_{BG} İndislerinin Hesabı

S_{BG} indislerinin kullanılmasıyla deprem dayanımının belirlenmesi 3.1.1' de açıklanmıştır. Bu bölümde güçlendirilmiş yapı için değişen beton sınıfı gözönüne alınarak hesap yeniden yapılmış, perdelerin eklenmesiyle ve kolonların matolanmasıyla deprem dayanımının değiştiği gösterilmiştir

Mevcut yapı için hesaplanmış olan S_{BG} indislerinin belirlenmesinde kullanılan katsayıların, güçlendirilmiş yapının beton sınıfı BS25'e göre yeniden hesaplanarak formüllerde kullanılması aşağıda verilmiştir.

BS12 Beton Sınıfı İçin Kolonlarda Kullanılacak Olan C_{B1} ve C_{B2} Katsayılarının Hesaplanması :

$$f_{ctk} = 1,1 \times (120 \times 0,85)^{0,5} = 11,1$$

$$C_{B1} = 3,3 \times 11,1 = 36,6$$

$$C_{B2} = (11,1 - 6,31) \times (0,56 \times 3,3 + 0,12) = 9,6$$

Katsayılar Formüllerde Yerine Konduğunda :

$$\tau_1 = 36,6 / R_H \quad \rightarrow \text{Eğilme Modu} \quad R_H \geq 3,3 \text{ olduğunda}$$

$$\tau_2 = [9,6 / (0,56 R_H + 0,12)] + 6,31 \quad \rightarrow \text{Kayma Modu} \quad R_H < 3,3 \text{ olduğunda}$$

BS12 Beton Sınıfı İçin Perdelerde Kullanılacak Olan C_1 ve C_2 Katsayılarının Hesaplanması :

$$C_1 = (11,1 \times 30) / 14,3 = 23$$

$$C_2 = (11,1 \times 20) / 14,3 = 16$$

Katsayılar Formülde Yerine Konduğunda :

$$S_{B3} = [23 \sum A_{w1} + 16 \sum A_{w2}] / W$$

BS25 Beton Sınıfı İçin Kolonlarda Kullanılacak Olan C_{B1} ve C_{B2} Katsayılarının Hesaplanması :

$$f_{ctk} = 1,1 \times (250 \times 0,85)^{0,5} = 16$$

$$C_{B1} = 3,3 \times 16 = 52,8$$

$$C_{B2} = (16 - 6,31) \times (0,56 \times 3,3 + 0,12) = 19,07$$

Katsayılar Formüllerde Yerine Konduğunda :

$$\tau_1 = 52,8 / R_H \quad \rightarrow \text{Eğilme Modu} \quad R_H \geq 3,3 \text{ olduğunda}$$

$$\tau_2 = [19,07 / (0,56 R_H + 0,12)] + 6,31 \quad \rightarrow \text{Kayma Modu} \quad R_H < 3,3 \text{ olduğunda}$$

BS25 Beton Sınıfı İçin Perdelerde Kullanılacak Olan C_1 ve C_2 Katsayılarının Hesaplanması :

$$C_1 = (16 \times 30) / 14,3 = 34$$

$$C_2 = (16 \times 20) / 14,3 = 22$$

Katsayılar Formülde Yerine Konduğunda :

$$S_{B3} = [34 \sum A_{w1} + 22 \sum A_{w2}] / W$$

Tablo 4.1.'de güçlendirilmiş yapı X eksenı doğrultusunda çerçeve oluşturan kolonlar için S_{B1} indisinin hesaplanması, Tablo 4.2 'de ise Y doğrultusunda çerçeve oluşturan kolonlarda S_{B1} indisinin hesaplanması ve bu hesaplarda kullanılan veriler gösterilmiştir. Yapılan hesaplarda;

X , Y : Kolon boyutları,

A_{c1} : $R_h = h_c / H_c \geq 3,3$ olan kolonların (eğilme modu) enkesit alanı,

A_{c2} : $R_h = h_c / H_c < 3,3$ olan kolonların (kayma modu) enkesit alanı,

h_c : Kolon Yüksekliği,

H_c : Derinlik,

W : Bina Ağırlığı,

A_{w1} : Kolonlara bağlı olan perdelerin enkesit alanı,

A_{w2} : Kolonlara bağlı olmayan perdelerin enkesit alanı,

değerlerini göstermektedir.

Tablo 4.1 : Güçlendirilmiş Yapı Zemin Kat X Eksenı Doğrultusu S_{B1} indisi Hesapları

Kolon Aksı	Kolon No	X (m)	Y (m)	X _{mev} (m)	Y _{mev} (m)	A _c (m ²)	h _c (m)	H _c (m)	R _n h _c /H _c	Eğilme Modu	
										τ_1 (kg/cm ²)	A _{c1} · τ_1 (ton)
D-1	101	0,3	0,4	0,3	0,4	0,12	2,4	0,3	8	4,58	5,49
D-2	102	0,3	0,5	0,3	0,5	0,15	2,4	0,3	8	4,58	6,86
D-3	103	0,3	0,5	0,3	0,5	0,15	2,4	0,3	8	4,58	6,86
D-4	104	0,3	0,5	0,3	0,5	0,15	2,4	0,3	8	4,58	6,86
D-5	105	0,6	0,8	0,3	0,5	0,33	2,4	0,6	4	13,20	43,56
D-6	106	0,6	0,8	0,3	0,5	0,33	2,4	0,6	4	13,20	43,56
D-7	107	0,6	0,8	0,3	0,5	0,33	2,4	0,6	4	13,20	43,56
D-8	108	0,6	0,8	0,3	0,5	0,33	2,4	0,6	4	13,20	43,56
D-9	109	0,6	0,8	0,3	0,5	0,33	2,4	0,6	4	13,20	43,56
D-10	110	0,3	0,5	0,3	0,5	0,15	2,4	0,3	8	4,58	6,86
D-11	111	0,3	0,5	0,3	0,5	0,15	2,4	0,3	8	4,58	6,86
D-12	112	0,3	0,5	0,3	0,5	0,15	2,4	0,3	8	4,58	6,86
D-14	113	0,3	0,4	0,3	0,4	0,12	2,4	0,3	8	4,58	5,49
C-1	114	0,5	0,6	0,5	0,6	0,3	2,4	0,5	4,8	7,63	22,88
C-3	115	0,4	0,7	0,4	0,7	0,28	2,4	0,4	6	6,10	17,08
C-5	116	0,7	1,0	0,4	0,7	0,42	2,4	0,7	3,43	15,40	64,68
C-7	117	0,4	0,7	0,4	0,7	0,28	2,4	0,4	6	6,10	17,08
C-9	118	0,7	1,0	0,4	0,7	0,42	2,4	0,7	3,43	15,40	64,68
C-11	119	0,4	0,7	0,4	0,7	0,28	2,4	0,4	6	6,10	17,08
C-14	120	0,5	0,25	0,5	0,25	0,125	2,4	0,5	4,8	7,63	9,53
B'-13	121	0,4	0,25	0,4	0,25	0,1	2,4	0,4	6	6,10	6,10
C'-13	122	0,3	0,5	0,25	0,5	0,125	2,4	0,25	9,6	3,81	4,77
B-1	123	0,5	0,6	0,5	0,6	0,3	2,4	0,5	4,8	7,63	22,88
B-2	124	0,4	0,7	0,4	0,7	0,28	2,4	0,4	6	6,10	17,08
B-3	125	0,4	0,7	0,4	0,7	0,28	2,4	0,4	6	6,10	17,08
B-5	126	0,4	0,7	0,4	0,7	0,28	2,4	0,4	6	6,10	17,08
B-7	127	0,7	1,0	0,4	0,7	0,42	2,4	0,7	3,43	15,40	64,68
B-9	128	0,4	0,7	0,4	0,7	0,28	2,4	0,4	6	6,10	17,08
B-11	129	0,4	0,7	0,4	0,7	0,28	2,4	0,4	6	6,10	17,08
A-1	130	0,3	0,4	0,3	0,4	0,12	2,4	0,3	8	4,58	5,49
A-2	131	0,3	0,5	0,3	0,5	0,15	2,4	0,3	8	4,58	6,86
A-3	132	0,3	0,5	0,3	0,5	0,15	2,4	0,3	8	4,58	6,86
A-4	133	0,3	0,5	0,3	0,5	0,15	2,4	0,3	8	4,58	6,86
A-5	134	0,3	0,5	0,3	0,5	0,15	2,4	0,3	8	4,58	6,86
A-6	135	0,6	0,8	0,3	0,5	0,33	2,4	0,6	4	13,20	43,56
A-7	136	0,6	0,8	0,3	0,5	0,33	2,4	0,6	4	13,20	43,56
A-8	137	0,6	0,8	0,3	0,5	0,33	2,4	0,6	4	13,20	43,56
A-9	138	0,3	0,5	0,3	0,5	0,15	2,4	0,3	8	4,58	6,86
D'-10	139	0,6	0,45	0,55	0,45	0,2475	2,4	0,55	4,36	8,39	20,76
D'-11	140	0,6	0,45	0,55	0,45	0,2475	2,4	0,55	4,36	8,39	20,76
D'-13	141	0,5	0,25	0,5	0,25	0,125	2,4	0,5	4,8	7,63	9,53
$\Sigma A_{c1} \cdot \tau_1 =$										888,31	

Güçlendirilmiş yapı X eksenı doğrultusunda zemin kat kolonlarında yapılan hesaplarda tüm kolonlarda $R_n = h_c/H_c \geq 3,3$ hesaplanarak eğilme modu için verilen formüller kullanılmı ştır.

$$S_{B1} = [\Sigma (A_{c1} \cdot \tau_1)] / W \rightarrow \text{Eğilme Modu} \dots R_H \geq 3,3 \text{ olduğunda}$$

$$S_{B1X} = 888,31 / 1935,5 = 0,45$$

$$S_{B2} = [\Sigma (A_{c2} \cdot \tau_2)] / W \rightarrow \text{Kayma Modu} \dots R_H < 3,3 \text{ olduğunda}$$

$$S_{B2X} = 0$$

$$S_{B3} = [34 \Sigma A_{w1} + 22 \Sigma A_{w2}] / W$$

Güçlendirilmiş yapıda X yönünde 4 adet kolonla birleşik perde bulunmaktadır,

$$A_{w1x} = 4 \times 2,6 \times 0,25 = 2,6 \text{ m}^2$$

$$S_{B3X} = (34 \times 2,6 \times 10) / 1935,5 = 0,45$$

$$S_{BG} = [S_{B1}^2 / (S_{B1} + S_{B2} + S_{B3})] + S_{B2} + S_{B3}$$

$$S_{BGX} = [0,45^2 / (0,45 + 0,45)] + 0,45 = 0,67 \text{ olarak bulunmuştur.}$$

Tablo 4.2 : Güçlendirilmiş Yapı Zemin Kat Y Eksenli Doğrultusu S_{B1} ve S_{B2} indisi Hesapları

Kolon Aksı	Kolon No	X (m)	Y (m)	X _{mev} (m)	Y _{mev} (m)	A _c (m ²)	h _c (m)	H _c (m)	R _h h _c /H _c	Eğilme Modu		Kayma Modu	
										τ_1	$A_{c1} \cdot \tau_1$	τ_2	$A_{c2} \cdot \tau_2$
D-1	101	0,3	0,4	0,3	0,4	0,12	2,4	0,4	6	6,1	7,32		
D-2	102	0,3	0,5	0,3	0,5	0,15	2,4	0,5	4,8	7,63	11,44		
D-3	103	0,3	0,5	0,3	0,5	0,15	2,4	0,5	4,8	7,63	11,44		
D-4	104	0,3	0,5	0,3	0,5	0,15	2,4	0,5	4,8	7,63	11,44		
D-5	105	0,6	0,8	0,3	0,5	0,33	2,4	0,8	3			16,9	5,58
D-6	106	0,6	0,8	0,3	0,5	0,33	2,4	0,8	3			16,9	5,58
D-7	107	0,6	0,8	0,3	0,5	0,33	2,4	0,8	3			16,9	5,58
D-8	108	0,6	0,8	0,3	0,5	0,33	2,4	0,8	3			16,9	5,58
D-9	109	0,6	0,8	0,3	0,5	0,33	2,4	0,8	3			16,9	5,58
D-10	110	0,3	0,5	0,3	0,5	0,15	2,4	0,5	4,8	7,63	11,44		
D-11	111	0,3	0,5	0,3	0,5	0,15	2,4	0,5	4,8	7,63	11,44		
D-12	112	0,3	0,5	0,3	0,5	0,15	2,4	0,5	4,8	7,63	11,44		
D-14	113	0,3	0,4	0,3	0,4	0,12	2,4	0,4	6	6,1	7,32		
C-1	114	0,5	0,6	0,5	0,6	0,3	2,4	0,6	4	9,15	27,45		
C-3	115	0,4	0,7	0,4	0,7	0,28	2,4	0,7	3,43	10,68	29,89		
C-5	116	0,7	1	0,4	0,7	0,42	2,4	1	2,4			19,34	8,12
C-7	117	0,4	0,7	0,4	0,7	0,28	2,4	0,7	3,43	10,68	29,89		
C-9	118	0,7	1	0,4	0,7	0,42	2,4	1	2,4			19,34	8,12
C-11	119	0,4	0,7	0,4	0,7	0,28	2,4	0,7	3,43	10,68	29,89		
C-14	120	0,5	0,3	0,5	0,25	0,13	2,4	0,3	9,6	3,81	4,77		
B'-13	121	0,4	0,3	0,4	0,25	0,1	2,4	0,3	9,6	3,81	3,81		
C'-13	122	0,3	0,5	0,3	0,5	0,13	2,4	0,5	4,8	7,63	9,53		
B-1	123	0,5	0,6	0,5	0,6	0,3	2,4	0,6	4	9,15	27,45		
B-2	124	0,4	0,7	0,4	0,7	0,28	2,4	0,7	3,43	10,68	29,89		
B-3	125	0,4	0,7	0,4	0,7	0,28	2,4	0,7	3,43	10,68	29,89		
B-5	126	0,4	0,7	0,4	0,7	0,28	2,4	0,7	3,43	10,68	29,89		
B-7	127	0,7	1	0,4	0,7	0,42	2,4	1	2,4			19,34	8,12

Tablo 4.2 ' nin devamı													
B-9	128	0,4	0,7	0,4	0,7	0,28	2,4	0,7	3,43	10,68	29,89		
B-11	129	0,4	0,7	0,4	0,7	0,28	2,4	0,7	3,43	10,68	29,89		
A-1	130	0,3	0,4	0,3	0,4	0,12	2,4	0,4	6	6,1	7,32		
A-2	131	0,3	0,5	0,3	0,5	0,15	2,4	0,5	4,8	7,63	11,44		
A-3	132	0,3	0,5	0,3	0,5	0,15	2,4	0,5	4,8	7,63	11,44		
A-4	133	0,3	0,5	0,3	0,5	0,15	2,4	0,5	4,8	7,63	11,44		
A-5	134	0,3	0,5	0,3	0,5	0,15	2,4	0,5	4,8	7,63	11,44		
A-6	135	0,6	0,8	0,3	0,5	0,33	2,4	0,8	3			16,9	5,58
A-7	136	0,6	0,8	0,3	0,5	0,33	2,4	0,8	3			16,9	5,58
A-8	137	0,6	0,8	0,3	0,5	0,33	2,4	0,8	3			16,9	5,58
A-9	138	0,3	0,5	0,3	0,5	0,15	2,4	0,5	4,8	7,63	11,44		
D'-10	139	0,6	0,5	0,6	0,45	0,25	2,4	0,5	5,33	6,86	16,98		
D'-11	140	0,6	0,5	0,6	0,45	0,25	2,4	0,5	5,33	6,86	16,98		
D'-13	141	0,5	0,3	0,5	0,25	0,13	2,4	0,3	9,6	3,81	4,77		
$\sum A_{c1} \cdot \tau_1 =$											498,6	$\sum A_{c2} \cdot \tau_2 =$	68,99

$S_{B1} = [\sum (A_{c1} \cdot \tau_1)] / W \rightarrow$ Eğilme Modu..... $R_H \geq 3,3$ olduğunda

$$S_{B1Y} = 498,64 / 1935,5 = 0,25$$

$S_{B2} = [\sum (A_{c2} \cdot \tau_2)] / W \rightarrow$ Kayma Modu..... $R_H < 3,3$ olduğunda

$$S_{B2Y} = 68,99 / 1935,5 = 0,03$$

$$S_{B3} = [34 \sum A_{w1} + 22 \sum A_{w2}] / W$$

Güçlendirilmiş yapıda Y yönünde 3 adet kolonla birleşik perde bulunmaktadır,

$$A_{w1Y} = 3 \times 4,1 \times 0,25 = 3,08 \text{ m}^2$$

$$S_{B3Y} = (34 \times 3,08 \times 10) / 1935,5 = 0,54$$

$$S_{BG} = [S_{B1}^2 / (S_{B1} + S_{B2} + S_{B3})] + S_{B2} + S_{B3}$$

$$S_{BGY} = [0,25^2 / (0,25 + 0,03 + 0,54)] + 0,03 + 0,54 = 0,64 \text{ olarak bulunmuştur.}$$

Depreme karşı güçlendirilmiş yapının dayanımının belirlenmesinde X ve Y doğrultusu için bulunan S_{BGX} ve S_{BGY} indislerinden küçük olanı değerlendirmede kullanılmıştır. Bu çerçevede, $S_{BGY} = 0,64$ değerinin yaklaşık olarak 0,6 değerine eşit olmasından dolayı güçlendirilmiş yapıyı yatay deprem kuvvetlerine karşı dayanıklılığının sınırda olduğunu göstermiştir.

4.2.2. Zemin Kat Düşey Taşıyıcı Elemanların σ Gerilme Hesabı

$$\sigma \text{ (kg/cm}^2 \text{)} = W / (A_{ca} + A_{wa})$$

A_{ca} : Zemin kat betonarme kolonlarının enkesit alanı

A_{wa} : Zemin kat betonarme perdelerinin enkesit alanı

W : Bina toplam ağırlığı

A_{ca} değerinin hesaplanması nda 3.2.1.' de verilen kolon boyutları kullanılmıştır.

$$A_{ca} = (3 \times 30 \times 40) + (11 \times 30 \times 50) + (8 \times 60 \times 80) + (2 \times 50 \times 60) + (8 \times 40 \times 70) + (3 \times 70 \times 100) + (3 \times 25 \times 50) + (1 \times 25 \times 40) + (2 \times 45 \times 55) = 117600 \text{ cm}^2$$

Güçlendirilmiş yapıda X ve Y yönündeki perde alanlarının toplamı

$$A_{w1x} = 4 \times 2,6 \times 0,25 = 2,6 \text{ m}^2$$

$$A_{w1y} = 3 \times 4,1 \times 0,25 = 3,08 \text{ m}^2$$

$$A_{wa} = A_{w1x} + A_{w1y} = 5,68 \text{ m}^2 = 56800 \text{ cm}^2$$

$$W = 19355 \text{ kN} = 1935500 \text{ kg}$$

$$\sigma = 1935500 / (117600 + 56800) = 11,1 \text{ kg / cm}^2 < 12 \text{ kg/cm}^2$$

Bu sonuç güçlendirilmiş yapı için zemin kat düşey taşıyıcı elemanların analizi metodu ile yapılan hesaplamalarda yapının yatay deprem kuvvetlerine karşı dayanıklılığının sınırdaki olduğunu göstermiştir.

4.3. Güçlendirilmiş Yapının 1997 Deprem Yönetmeliğine Göre Yatay ve Düşey Yüklere İncelenmesi

İlave perdelerden ve kolon mantolamalarından dolayı binanın ağırlığı değişmiştir. Güçlendirilmiş yapının ağırlığının artmasından ve yapı davranış katsayısı R'nin, perdeli ve çerçevesiz karma sistem olduğu için 6 olarak değişmesinden dolayı eşdeğer deprem yükü tekrar hesaplanmıştır. Değişen kat kütleleri ve eşdeğer deprem yükleri kat ağırlık merkezlerine etkililmiş ve SAP2000' de çözümü yapılmıştır. Güçlendirilmiş yapıda deprem yükü hesabı için gerekli yapı ve zemin karakteristik değerleri Tablo 4.3. ile verilmiştir.

Tablo 4.3 : Deprem Yüğü Hesabı İçin Gerekli Yapı ve Zemin Karakteristik Değerleri

Etkin Yer İvmesi Katsayısı (A_0)	0,4
Bina Önem Katsayısı (I)	1,4
Yerel Zemin Sınıfı	Z4
Spektrum Karakteristik Periyotları	$T_A = 0,20$ s $T_B = 0,90$ s
Zemin Kat Ağırlığı (W_1)	7025 kN
Birinci Kat Ağırlığı (W_2)	7199 kN
İkinci Kat Ağırlığı (W_3)	5131 kN
Toplam Bina Ağırlığı (W_T)	19355 kN
Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R)	6

Toplam Eşdeğer Deprem Yüğü

$$V_t = W \times A (T_1) / R_a (T_1) > 0,10 \times A_0 \times I \times W$$

Yapının Titreşim Periyodunun Hesaplanması

Mevcut binada $H_N = 9$ m < 25 m olduğu için Binanın Birinci Doğal Periyodu T_1 ,

$$T_1 = T_{1A} = C_t \times H_N^{0,75}$$

formülüyle hesaplanmıştır.

$C_t = 0.05$ olarak alınarak;

$$T_1 = T_{1A} = 0.05 \times 9^{0,75} = 0,26$$
 s

olarak bulunmuştur.

Spektrum Katsayısı $S(T_1)$; zemin spektrum karakter istik periyotları, T_A ve T_B ile bina doğal periyodu T_1 ' e bağılı olarak aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$S(T_1) = 1 + 1,5 T_1 / T_A \quad (0 < T_1 < T_A)$$

$$S(T_1) = 2,5 \quad (T_A < T_1 < T_B)$$

$$S(T_1) = 2,5 \times (T_B / T_1)^{0,8} \quad (T_1 > T_B)$$

$$T_A = 0,20 < T_1 = 0,26 < T_B = 0,90 \text{ olduğundan } S(T_1) = 2,5$$

Spektral İvme Katsayısı $A (T_1)$; A_0 Etkin yer ivmesi katsayısı, Yapı önem katsayısı I ve Spektrum Katsayısı $S(T_1)$ ' e bağılı olarak aşağıdaki gibi hesaplanır .

$$A (T_1) = A_0 \times I \times S(T_1)$$

$$A (T_1) = 0,40 \times 1,40 \times 2,5 = 1,4$$

Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı $R_a (T_1)$; Taşıyıcı sistem davranış katsayısı R , Bina nın Birinci Doğal Periyodu T_1 , zemin spektrum karakteristik periyodu T_A ' ya bağılı olarak bulunur.

$$T_1 = 0,26 > T_A = 0,20 \text{ ise } R_a (T_1) = R = 6$$

Yukarıda açıklanan aşamalar sonucunda taşıyıcı sistemin hesabında Yapıya Etkiyen Toplam Eşdeğer Deprem Yüğü (taban kesme kuvveti) ilgili değerler yerine konarak her iki deprem doğrultus u için aşağıdaki gibi bulunmuştur.

$$V_{tx} = V_{ty} = W \times A (T_1) / R_a (T_1)$$

$$V_t = 19355 \times 1,4 / 6 = 4516 \text{ kN}$$

Bina yüksekliğı $H_N = 9 \text{ m} < 25 \text{ m}$ olduğundan, ek tepe kuvveti $\Delta F_N = 0$ 'dır. Kat ağırlıkları ve katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri Tablo 4.4'deki gibidir.

Tablo 4.4 : Güçlendirilmiş Sistem Eşdeğer Deprem Yüklerinin Katlara Dağıtılması

Kat	W_i (kN)	h_i (m)	$W_i h_i$	$W_i h_i / \sum W_i h_i$	F_i (kN)	V_i (kN)
2	5131	9	46178	0,42	1888	1888
1	7199	6	43193	0,39	1766	1766
Zemin	7025	3	21075	0,19	862	862
Toplam	19355		110446	1	4516	4516

Taşıyıcı sistemin ilk 9 modu için mod süperpozisyonu yöntemi ile dinamik analizinden bulunan taban kesme kuvvetleri aşağıdaki gibidir ;

$$V_{tbx} = F_1 = 3431,6 \text{ kN}$$

$$V_{tby} = F_2 = 3441,9 \text{ kN}$$

1997 Deprem Yönetmeliğine göre

$$V_{tB} < \beta V_t \text{ ise } B_D = (\beta V_t / V_{tB}) B_B$$

formülüne göre tüm iç kuvvetler büyütülecektir

A_1 , B_2 veya B_3 türü düzensizliklerden en az birinin binada bulunması durumunda

$\beta = 1$ değerini almaktadır. Yapıda 3.2.2.3. de belirtilen A_1 (Burulma Düzensizliğı) bulunmaktadır.

Elde edilen V_{tbx} ve V_{tby} bina toplam deprem yüklerinin Eşdeğer Deprem Yükleri V_{tx} ve V_{ty} 'ye oranlanması ile Spec bloğunda yer alan S katsayısı tekrar belirlenmiştir.

$V_{tBx} / V_{tx} = 3431,6 / 4516 = 0,76 < \beta = 1$ olduğundan X Yönü için S katsayısı

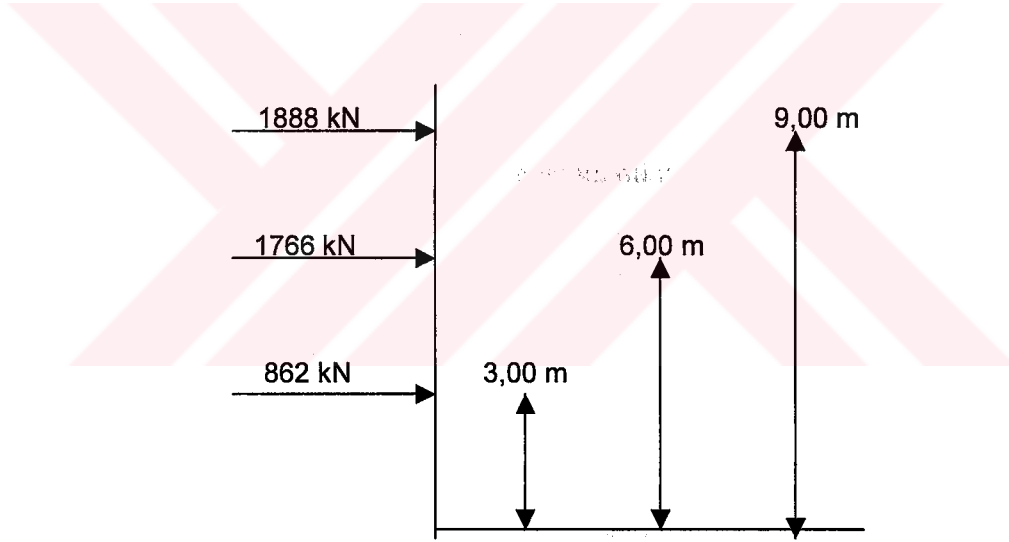
$V_{tx} / V_{tBx} = 4516 / 3431,6 = 1,32$ ile çarpılarak büyütülmüştür.

$V_{tBy} / V_{ty} = 3441,9 / 4516 = 0,76 < \beta = 1$ olduğundan Y Yönü için S katsayısı

$V_{ty} / V_{tBy} = 4516 / 3441,9 = 1,31$ ile çarpılarak büyütülmüştür.

4.4. Güçlendirilmiş Yapı Devrilme Momenti Kontrolü

Güçlendirilmiş yapının SAP2000' de analizi yapılarak ilave edilen perdelerde tüm yük kombinasyonları için yatay deprem yükleri, sabit ve hareketli yükler altındaki maximum momentleri hesaplanmış ve bu momentlerden en elverişsiz olanları X ve Y eksenı doğrultuları için devrilme momenti tahkiklerinde kullanılmıştır. X eksenı doğrultusundaki perde moment değeri Tablo 4.5. ile, Y eksenı doğrultusundaki perde moment değeri Tablo 4.6 ile verilmiştir.



Şekil 4.3 : Güçlendirilmiş Yapı Deprem Yüklerinin Katlara dağıtılması

Deprem yüklerinden dolayı oluşan toplam taban devrilme momenti, $\sum M_0$ aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$\sum M_0 = (1888 \times 9,00) + (1766 \times 6,00) + (862 \times 3,00) = 30174 \text{ kNm}$$

Perde No	PX160	PX161	PX162	PX163
M (kNm)	2277,74	2209,86	2248,9	2199,5

Tablo 4.5 : X Eksenî Doğrultusundaki Perde Momentleri

Kirişlerden gelen $M_x = 776,3$ kNm

$\sum M_{1x}$: X Eksenî doğrultusundaki perdelerin aldığı toplam moment

$\sum M_{1x} = 9712,3$ kNm

$\sum M_{1x} / \sum M_0 = 0,32 < 0,70$

Perde No	PY164	PY165	PY166
M (kNm)	5085,16	6994,77	7467,13

Tablo 4.6 : Y Eksenî Doğrultusundaki Perde Momentleri

Kirişlerden gelen $M_y = 1227,6$ kNm

$\sum M_{1y}$: Y Eksenî doğrultusundaki perdelerin aldığı toplam moment

$\sum M_{1y} = 20674,6$ kNm

$\sum M_{1y} / \sum M_0 = 0,68 < 0,70$

Güçlendirilmiş sistemde X ve Y eksenî doğrultusunda devrilme momenti kontrolü sonucunda; X doğrultusunda 0,70 koşulunun çok altında bir değer bulunduğu ve perdelerin aldığı momentlerin çok düşük seviyede kaldığı, Y doğrultusunda da 0,70 koşulunun sağlanamadığı görülmüştür.

5. MEVCUT YAPIDA YENİ GÜÇLENDİRME SİSTEMLERİNİN UYGULANMASI

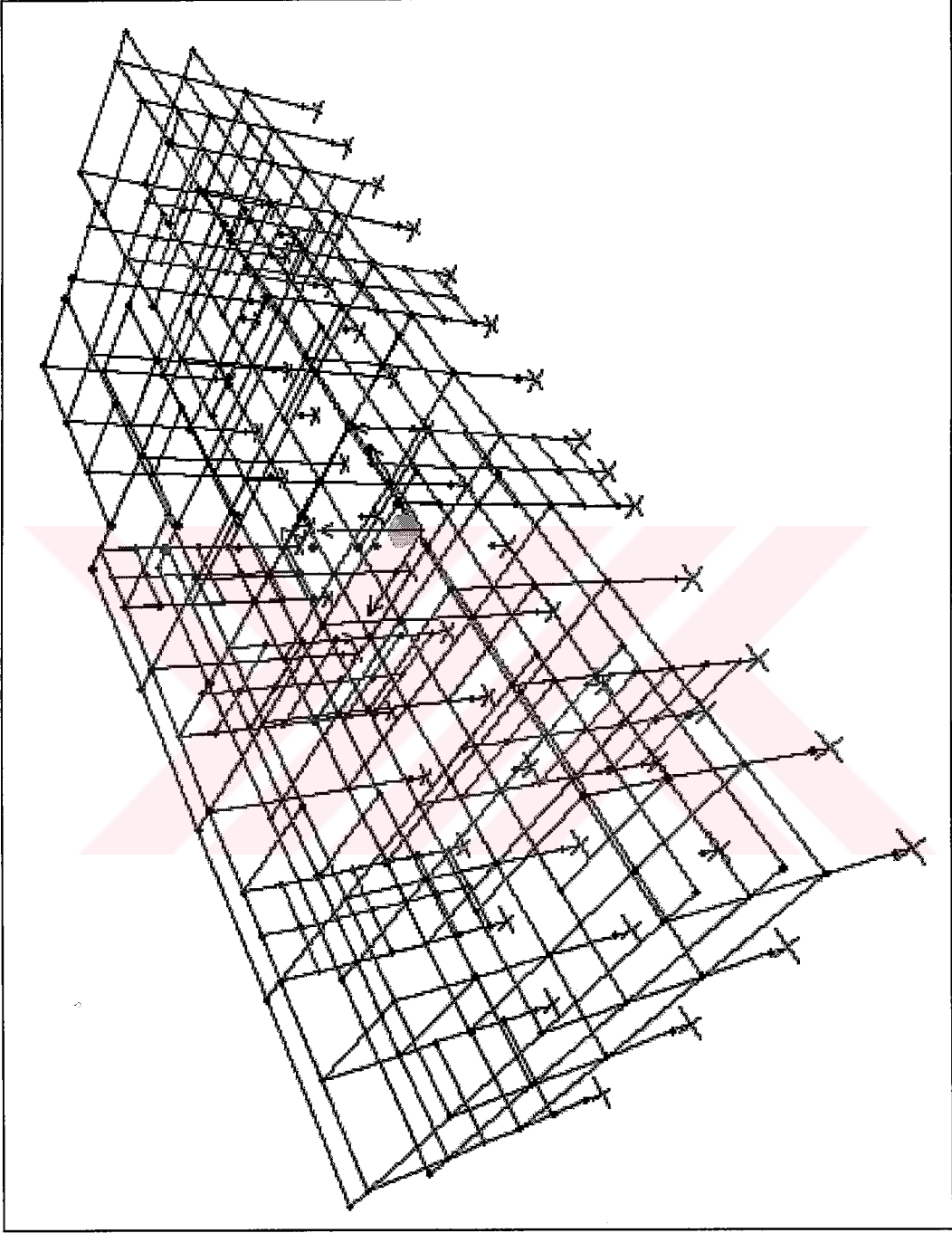
Mevcut yapıda bölüm 3.2.2.5.' de verilmiş olan kapasite kontrolleri sağlanamamış, yapıdaki mevcut düşey taşıyıcı elemanların taşıma kapasitelerinin yatay yükler altında oluşan kesit tesirlerinden çok düşük olduğu görülmüştür. Görelî kat ötelemeleri sınır değerîn üstüne çıkmıştır. Mevcut yapı hem rijitlik hemde dayanım bakımından yetersizdir. Yapıdaki yanal ötelemenin sınırlandırılması gerekmektedir. Bu

sonuçlardan dolayı mevcut yapıda güçlendirme çalışması yapılmasının gerekli olduğu açıktır. Bölüm 4'de bahsedilen güçlendirme çalışması binaya uygulanmıştır. 2000 yılında uygulanan güçlendirme sisteminde çeşitli kontroller yapılmış ve güçlendirilmiş yapıda devrilme momenti kontrollerinin %70 koşulunu sağlamamasından dolayı yeni güçlendirme çalışmaları yapılmasına karar verilmiştir. Güçlendirmede amaç, meydana gelebilecek yatay deprem kuvvetlerinin büyük bir kısmının yeni oluşturulan sistem tarafından karşılanması olduğu için uygulanan güçlendirme projesinde değişiklik yapılması yoluna gidilmiştir. Bu değişiklikler ilave perde yerlerinin değiştirilmesi ve %70 koşulu sağlanmadığı anlaşıldığı takdirde ilave perde yerlerinin değiştirilmesi veya perde sayısını arttırmak suretiyle sistemin deprem güvenliğini arttırmak ve yatay deprem kuvvetlerinin büyük bölümünün ilave perdeler tarafından karşılanmasını sağlamaktır.

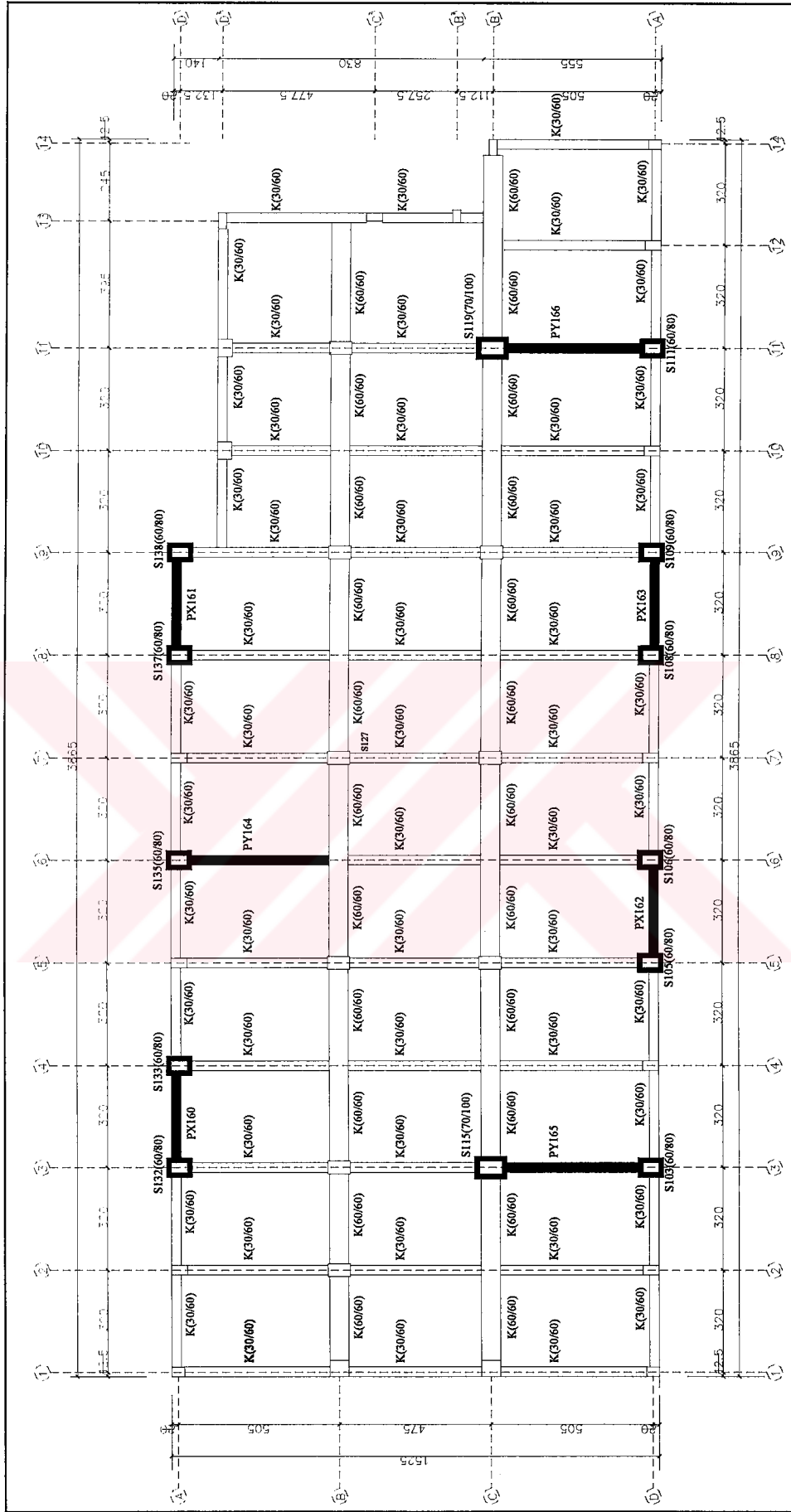
Bu şekilde yeni güçlendirme sistemleri oluşturularak deprem güvenliğinin sağlanması %70 koşulunu sağlayana kadar devam ettirilmiş. Bunu sağlayan sistem yeni güçlendirme sistemi olarak kabul edilmiştir.

5.1. Yeni Güçlendirme Sistemi Uygulaması : I. Güçlendirme Sistemi

Yeni güçlendirme sistemi Bölüm 4' te verilen güçlendirilmiş yapıdaki X ve Y eksenı doğrultusundaki ilave perdelerin yerlerinin değiştirilmesi şeklinde yapılmıştır. Binanın ağırlığı değişmediğinden dolayı Bölüm 4.3.' de hesaplanmış olan eşdeğer deprem yükleri kullanılmıştır. Oluşturulan sistemin zemin kat kalıp planı Şekil 5.2 ile, SAP2000' de oluşturulan geometrik modeli Şekil 5.1. ile verilmiştir. Perde kesitleri 30cm olarak seçilmiştir. SAP2000' de perdeler Bölüm 4' de olduğu gibi kolonlarla birlikte düşünülerek eşdeğer kesit boyutları hesaplanarak Shell elemanlar olarak modellenmiş, ilave perdelerde tüm yük kombinasyonları için maximum moment değerlerinin okunabilmesi için Shell elemanlar ve oluşan düğüm noktaları gruplandırılmıştır. Yeni güçlendirme sisteminin SAP2000' de analizi yaptırdıktan sonra perdelerde oluşan maximum moment değerleri kullanılarak X ve Y eksenı doğrultusunda devrilme momenti kontrolleri yapılmıştır.



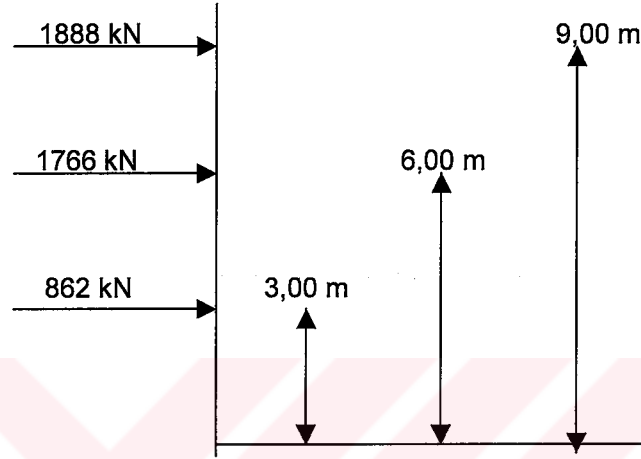
Şekil 5.1 : I. Güçlendirme Sistemi Geometrik Modeli



Şekil 5.2 : 1. Güçlendirme Sistemi Kat kalıp Planı

5.1.1. I. Güçlendirme Sistemi Devrilme Momenti Kontrolü

Yeni güçlendirme sisteminin SAP2000' de analizi yapılarak ilave edilen perdelerde tüm yük kombinasyonları için yatay deprem yükleri, sabit ve hareketli yükler altındaki maximum momentleri hesaplanmış ve bu momentlerden en elverişsiz olanları X ve Y eksenini doğrultuları için devrilme momenti kontrollerinde kullanılmıştır. X eksenini doğrultusundaki perde moment değerleri Tablo 5.1. ile, Y eksenini doğrultusundaki perde moment değerleri Tablo 5.2. ile verilmiştir.



Şekil 5.3 : Yeni Güçlendirme Sistemi I. Alternatif Sistemde Deprem Yüklerinin Katlara dağıtılması

Deprem yüklerinininden dolayı oluşan toplam taban devrilme momenti, $\sum M_0$ aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$\sum M_0 = (1888 \times 9,00) + (1766 \times 6,00) + (862 \times 3,00) = 30174 \text{ kNm}$$

Perde No	PX160	PX161	PX162	PX163
M (kNm)	3764,4	3776,4	4140,7	3978,1

Tablo 5.1 : X Eksenini Doğrultusundaki Perde Momentleri

$\sum M_{1X}$: X Eksenini doğrultusundaki perdelerin aldığı toplam moment

$$\sum M_{1X} = 15659,5 \text{ kNm}$$

$$\sum M_{1X} / \sum M_0 = 0,52 < 0,70$$

Perde No	PY164	PY165	PY166
M (kNm)	6572,6	8421,3	5341,1

Tablo 5.2 : Y Eksenini Doğrultusundaki Perde Momentleri

$\sum M_{1Y}$: X Eksenini doğrultusundaki perdelerin aldığı toplam moment

$$\sum M_{1Y} = 20335 \text{ kNm}$$

$$\sum M_{1Y} / \sum M_0 = 0,67 < 0,70$$

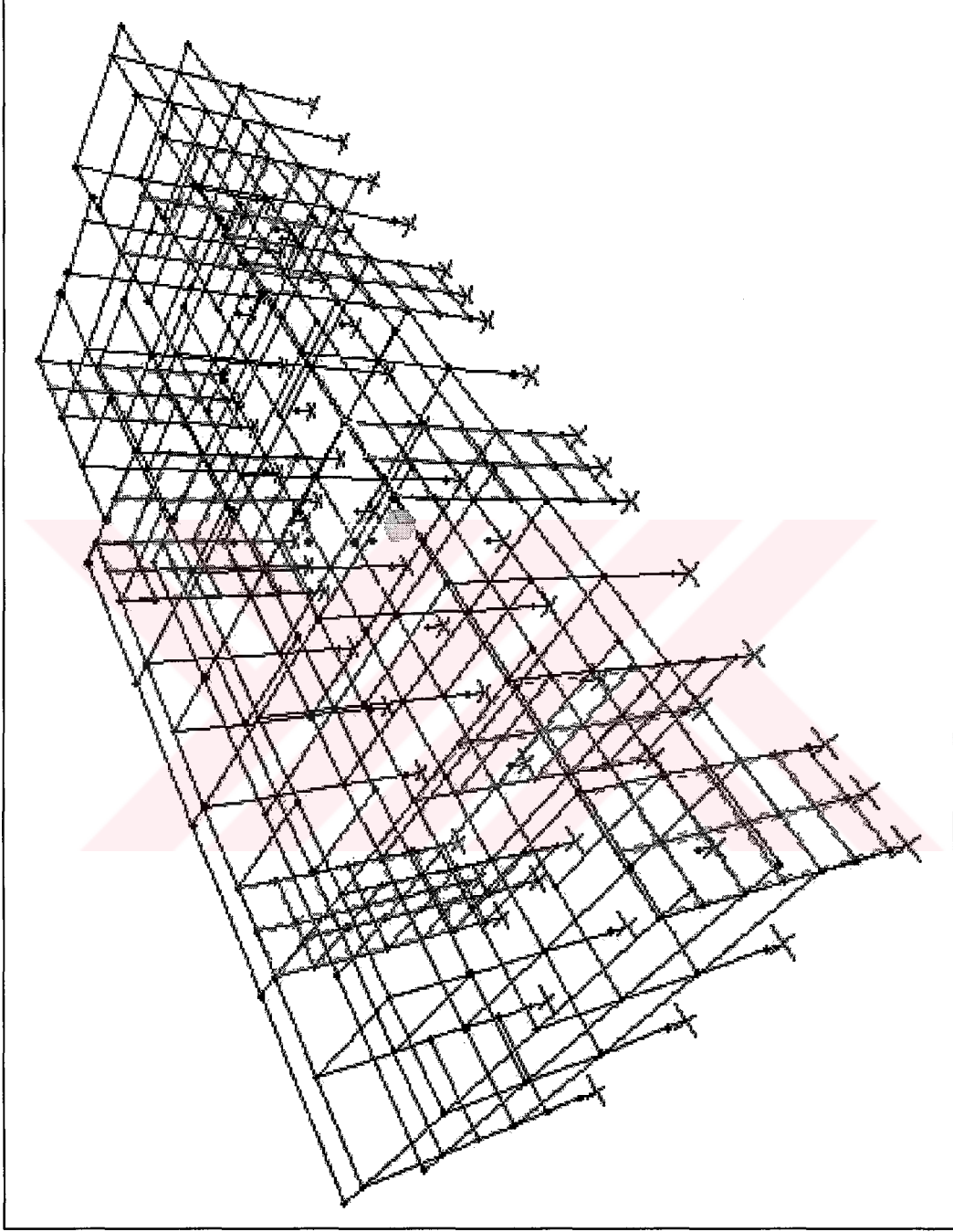
Güçlendirilmiş sistemde X ve Y eksenî doğrultusunda devrilme momenti kontrolleri sonucunda; X doğrultusunda 0,70 koşulunun altında bir değeri bulunduğu ve perdelerin aldığı momentlerin çok düşük seviyede kaldığı, Y doğrultusunda sınırda bir değeri bulunduğu görülmüştür.

Deprem kuvvetlerini karşılayacak şekilde sistemin simetrisini olabildiğince bozmayarak yapıya X ve Y doğrultusunda yeni güçlendirme perdeleri ilave edilmesine karar verilmiştir.

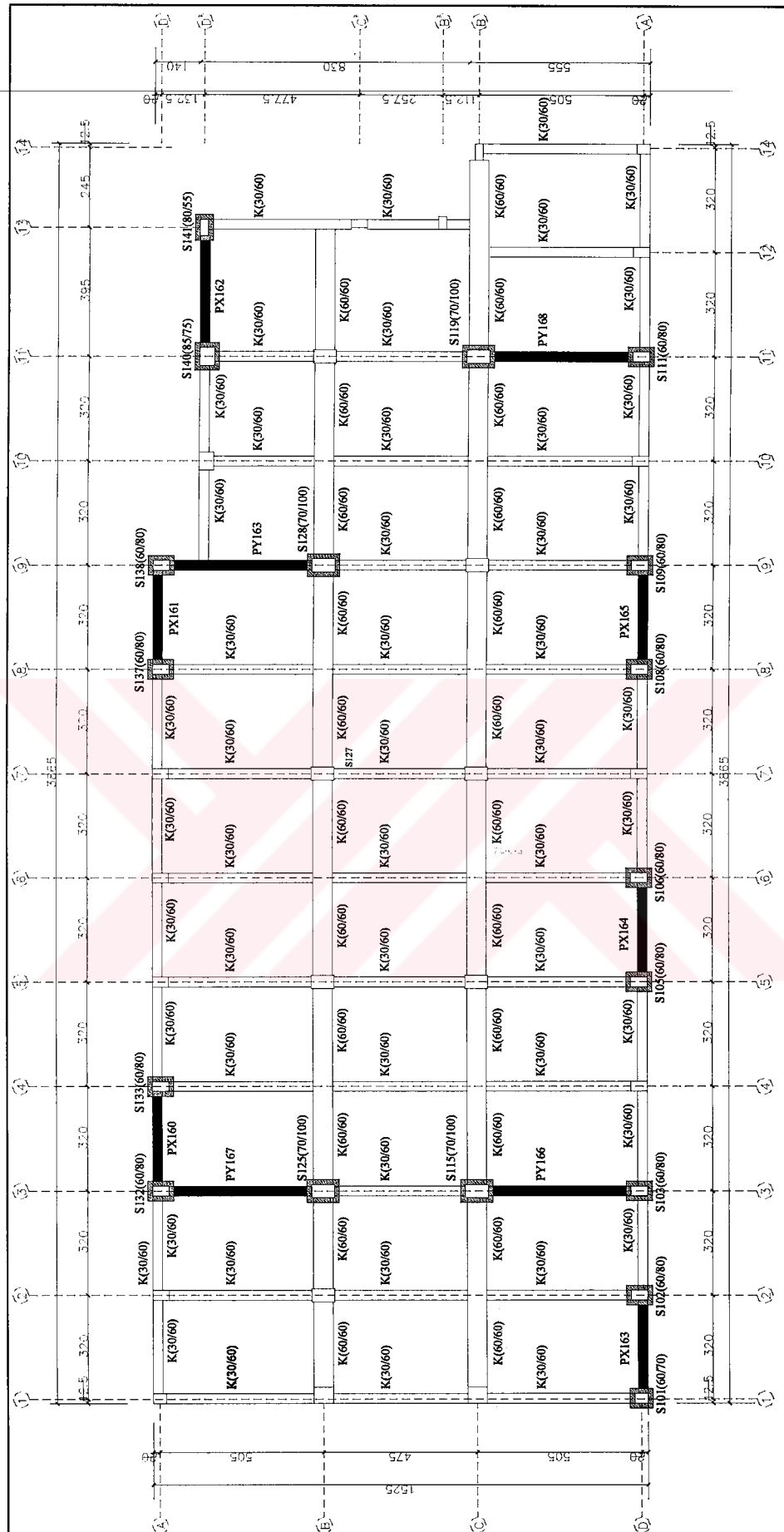
5.2. Yeni Güçlendirme Sistemi Uygulaması : II. Güçlendirme Sistemi

Yeni güçlendirme sistemi Bölüm 4' te verilen mevcut güçlendirilmiş yapıdaki X ve Y eksenî doğrultusundaki ilave perdelerin yerlerinin değiştirilmesi ve X eksenî doğrultusunda iki, Y eksenî doğrultusunda bir ilave perde eklenmesi şeklinde yapılmıştır. Binanın ağırlığı perdelerin ve yeni kolon mantolarının ekenmesinden dolayı değişmiştir. Değişen bina ağırlığı düşünülerek deprem hesabı tekrarlanmış, kat ağırlık merkezlerine X ve Y doğrultusunda eşdeğer deprem yükleri ve kat kütleleri girilmiştir..Oluşturulan sistemin zemin kat kalıp planı Şekil 5.5. ile, SAP2000' de oluşturulan geometrik modeli Şekil 5.4. ile verilmiştir. SAP2000' de perdeler Bölüm 4' de olduğu gibi kolonlarla birlikte düşünülerek eşdeğer kesit boyutları hesaplanarak Shell elemanlar olarak modellenmiş, ilave perdelerde tüm yük kombinasyonları için maximum moment değerlerinin okunabilmesi için Shell elemanlar ve oluşan düğüm noktaları gruplandırılmıştır. Yeni güçlendirme sisteminin SAP2000' de analizi yaptırdıktan sonra perdelerde oluşan maximum moment değerleri kullanılarak X ve Y eksenî doğrultusunda devrilme momenti kontrolleri yapılmıştır.

Yapısal çözümlemelerden sonra taşıyıcı elemanlarda X ve Y eksenî doğrultusunda düşey ve yatay yüklerden dolayı oluşan eğilme momentlerinin, kesme ve normal kuvvetlerinin kontrolleri yapılmıştır.



Şekil 5.4 : II. Güçlendirme Sistemi Geometrik Modeli



5.2.1. II. Güçlendirme Sisteminin 1997 Deprem Yönetmeliğine Göre Yatay ve Düşey Yüklere Göre İncelenmesi

İlave perdelerden ve kolon mantolamalarından dolayı binanın ağırlığı değişmiştir. Güçlendirilmiş yapının ağırlığının artmasından dolayı eşdeğer deprem yükü tekrar hesaplanmıştır. Değişen kat kütleleri ve eşdeğer deprem yükleri kat ağırlık merkezlerine etkililmiş ve SAP2000' de çözümü yapılmıştır. Güçlendirilmiş yapıda deprem yükü hesabı için gerekli yapı ve zemin karakteristik değerleri Tablo 5.3. de verilmiştir.

Tablo 5.3 : Deprem Yüğü Hesabı İçin Gerekli Yapı ve Zemin Karakteristik Değerleri

Etkin Yer İvmesi Katsayısı (A_0)	0,4
Bina Önem Katsayısı (I)	1,4
Yerel Zemin Sınıfı	Z4
Spektrum Karakteristik Periyodları	$T_A = 0,20$ s $T_B = 0,90$ s
Zemin Kat Ağırlığı (W_1)	7076 kN
Birinci Kat Ağırlığı (W_2)	7250 kN
İkinci Kat Ağırlığı (W_3)	5182 kN
Toplam Bina Ağırlığı (W_T)	19507 kN
Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R)	6

Toplam Eşdeğer Deprem Yüğü

$$V_t = W \times A (T_1) / R_a (T_1) > 0,10 \times A_0 \times I \times W$$

Yapının Titreşim Periyodunun Hesaplanması

Mevcut binada $H_N = 9$ m < 25 m olduğu için Binanın Birinci Doğal Periyodu T_1 ,

$$T_1 = T_{1A} = C_t \times H_N^{0.75}$$

formülüyle hesaplanmıştır.

$C_t = 0.05$ olarak alınarak;

$$T_1 = T_{1A} = 0.05 \times 9^{0.75} = 0,26$$
 s

olarak hesaplanmıştır.

Spektrum Katsayısı $S(T_1)$; zemin spektrum karakteristik periyotları, T_A ve T_B ile bina doğal periyodu T_1 ' e bağlı olarak aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$S(T_1) = 1 + 1,5 T_1 / T_A \quad (0 < T_1 < T_A)$$

$$S(T_1) = 2,5 \quad (T_A < T_1 < T_B)$$

$$S(T_1) = 2,5 \times (T_B / T_1)^{0,8} \quad (T_1 > T_B)$$

$$T_A = 0,20 < T_1 = 0,26 < T_B = 0,90 \text{ olduğundan } S(T_1) = 2,5$$

Spektral İvme Katsayısı $A(T_1)$; A_0 Etkin yer ivmesi katsayısı, Yapı önem katsayısı I ve Spektrum Katsayısı $S(T_1)$ ' e bağlı olarak aşağıdaki gibi hesaplanır .

$$A(T_1) = A_0 \times I \times S(T_1)$$

$$A(T_1) = 0,40 \times 1,40 \times 2,5 = 1,4$$

Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı $R_a(T_1)$; Taşıyıcı sistem davranış katsayısı R , Binanın Birinci Doğal Periyodu T_1 , zemin spektrum karakteristik periyodu T_A ' ya bağlı olarak bulunur.

$$T_1 = 0,26 > T_A = 0,20 \text{ ise } R_a(T_1) = R = 6$$

Yukarıda açıklanan aşamalar sonucunda taşıyıcı sistemin hesabında Yapıya Etkiyen Toplam Eşdeğer Deprem Yüğü (taban kesme kuvveti) ilgili değerler yerine konarak her iki deprem doğrultus u için aşağıdaki gibi bulunmuştur.

$$V_{tx} = V_{ty} = W \times A(T_1) / R_a(T_1)$$

$$V_t = 19507 \times 1,4 / 6 = 4552 \text{ kN}$$

Bina yüksekliği $H_N = 9 \text{ m} < 25 \text{ m}$ olduğundan, ek tepe kuvveti $\Delta F_N = 0$ 'dır. Kat ağırlıkları ve katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri Tablo 5.4. 'deki gibidir.

Tablo 5.4 : II. Güçlendirme Sistemi Eşdeğer Deprem Yüklerinin Katlara Dağıtılması

Kat	W_i (kN)	h_i (m)	$W_i h_i$	$W_i h_i / \sum W_i h_i$	F_i (kN)	V_i (kN)
2	5182	9	46634	0,42	1906	1906
1	7250	6	43497	0,39	1778	1778
Zemin	7076	3	21227	0,19	868	868
Toplam	19507		111357	1	4552	4552

Taşıyıcı sistemin ilk 9 modu için mod süperpozisyonu yöntemi ile dinamik analizinden bulunan taban kesme kuvvetleri aşağıdaki gibidir ;

$$V_{tbx} = F_1 = 3188,6 \text{ kN}$$

$$V_{tby} = F_2 = 3044,7 \text{ kN}$$

1997 Deprem Yönetmeliğine göre

$$V_{tB} < \beta V_t \text{ ise } B_D = (\beta V_t / V_{tB}) B_B$$

formülüne göre tüm iç kuvvetler büyütülecektir

A_1 , B_2 veya B_3 türü düzensizliklerden en az birinin binada bulunması durumunda $\beta = 1$ değerini almaktadır. Yapıda 3.2.2.3. de belirtilen A_1 (Burulma Düzensizliği) bulunmaktadır.

Elde edilen V_{tBx} ve V_{tBy} bina toplam deprem yüklerinin Eşdeğer Deprem Yükleri V_{tx} ve V_{ty} 'ye oranlanması ile Spec bloğunda yer alan S katsayısı tekrar belirlenmiştir.

$V_{tBx} / V_{tx} = 3188,6 / 4552 = 0,70 < \beta = 1$ olduğundan X Yönü için S katsayısı

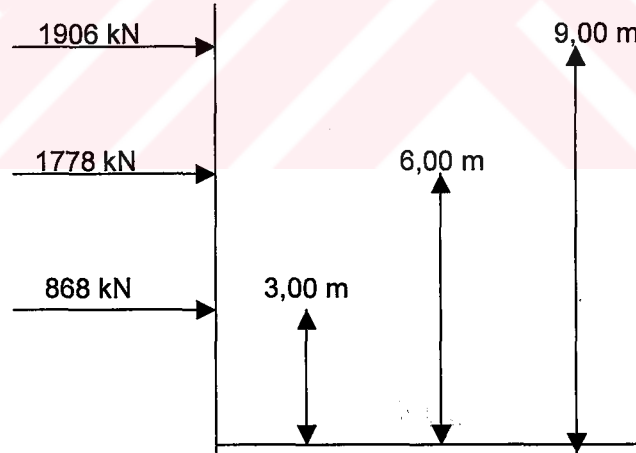
$V_{tx} / V_{tBx} = 4552 / 3431,6 = 1,32$ ile çarpılarak büyütülmüştür.

$V_{tBy} / V_{ty} = 3044,7 / 4552 = 0,67 < \beta = 1$ olduğundan Y Yönü için S katsayısı

$V_{ty} / V_{tBy} = 4552 / 3044,7 = 1,49$ ile çarpılarak büyütülmüştür.

5.2.2. II. Güçlendirme Sistemi Devrilme Momenti Kontrolü

Sistemin SAP2000' de analizi yapılarak ilave edilen perdelerde tüm yük kombinasyonları için yatay deprem yükleri, sabit ve hareketli yükler altındaki maximum momentleri hesaplanmış ve bu momentlerden en elverişsiz olanları X ve Y eksen doğrultuları için devrilme momenti kontrollerinde kullanılmıştır. X eksen doğrultusundaki perde moment değerleri Tablo 5.5. ile, Y eksen doğrultusundaki perde moment değerleri Tablo 5.6 ile verilmiştir.



Şekil 5.6 : II. Güçlendirme Sistemi Deprem Yüklerinin Katlara dağıtılması

Deprem yüklerinden dolayı oluşan toplam taban devrilme momenti, $\sum M_0$ aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$\sum M_0 = (1906 \times 9,00) + (1778 \times 6,00) + (868 \times 3,00) = 30426 \text{ kNm}$$

Perde No	PX160	PX161	PX162	PX163	PX164	PX165
M (kNm)	2555,5	2544,4	4968,7	3835,1	3835,1	3837,3

Tablo 5.5 : X Eksenli Doğrultusundaki Perde Momentleri

Kirişlerden gelen $M_x = 2205,8$ kNm

$\sum M_{1x}$: X Eksenli doğrultusundaki perdelerin aldığı toplam moment

$\sum M_{1x} = 21571,6$ kNm

$\sum M_x / \sum M_0 = 0,78 > 0,70$

Perde No	PY166	PY167	PY168	PY169
M (kNm)	4386,6	4156,3	5435,9	4901,9

Tablo 5.6 : Y Eksenli Doğrultusundaki Perde Momentleri

Kirişlerden gelen $M_y = 1201$ kNm

$\sum M_{1y}$: X Eksenli doğrultusundaki perdelerin aldığı toplam moment

$\sum M_{1y} = 18881$ kNm

$\sum M_y / \sum M_0 = 0,67 < 0,70$

Güçlendirilmiş sistemde X ve Y eksenli doğrultusunda devrilme momenti tahkikleri sonucunda; X doğrultusunda 0,70 koşulunun üstünde bir değer bulunarak, perdelerin aldığı momentlerin oldukça arttığı, Y doğrultusunda yaklaşık bir değer bulunduğu görülmüştür.

5.2.3. Güçlendirme Sonrası (AIJ' ye göre) Depreme Dayanıklılık İndislerinin Betonarme Perdeli-Çerçeve Yapılarda Tayini

5.2.3.1. Deprem Dayanımının Belirlenmesinde S_{BG} İndislerinin Hesabı

S_{BG} indislerinin kullanılmasıyla deprem dayanımının belirlenmesinde kolon hesaplarında kullanılacak C_{B1} ve C_{B2} katsayıları ile perdelerde kullanılacak olan C_1 ve C_2 katsayılarının Bölüm 4.2.1' de BS12 ve BS25 beton sınıfına göre hesaplanmaları verilmişti. Bu katsayıların formüllerde kullanılmasıyla, II. Güçlendirme sisteminde, beton sınıfı gözönüne alınarak hesap yeniden yapılmış, yeni perdelerin eklenmesiyle ve yeni kolonların matolanmasıyla deprem dayanımının değiştiği gösterilmiştir

BS12 Beton Sınıfı İçin Kolonlarda Kullanılacak Olan C_{B1} ve C_{B2} Katsayıları Formüllerde Yerine Konduğunda :

$$\tau_1 = 36,6 / R_H \quad \rightarrow \text{Eğilme Modu} \quad R_H \geq 3,3 \text{ olduğunda}$$

$$\tau_2 = [9,6 / (0.56 R_H + 0.12)] + 6,31 \quad \rightarrow \text{Kayma Modu} \quad R_H < 3,3 \text{ olduğunda}$$

BS12 Beton Sınıfı İçin Perdelerde Kullanılacak Olan C_1 ve C_2 Katsayıları Formülde Yerine Konduğunda :

$$S_{B3} = [23 \sum A_{w1} + 16 \sum A_{w2}] / W$$

BS25 Beton Sınıfı İçin Kolonlarda Kullanılacak Olan C_{B1} ve C_{B2} Katsayıları Formüllerde Yerine Konduğunda :

$$\tau_1 = 52,8 / R_H \quad \rightarrow \text{Eğilme Modu} \quad R_H \geq 3,3 \text{ olduğunda}$$

$$\tau_2 = [19,07 / (0.56 R_H + 0.12)] + 6,31 \quad \rightarrow \text{Kayma Modu} \quad R_H < 3,3 \text{ olduğunda}$$

BS25 Beton Sınıfı İçin Perdelerde Kullanılacak Olan C_1 ve C_2 Katsayıları Formülde Yerine Konduğunda :

$$S_{B3} = [34 \sum A_{w1} + 22 \sum A_{w2}] / W$$

Tablo 5.7.'de mevcut yapı X eksenini doğrultusunda çerçeve oluşturan kolonlar için S_{B1} indisinin hesaplanması , Tablo 5.8.'de ise Y doğrultusunda çerçeve oluşturan kolonlarda S_{B1} indisinin hesaplanması ve bu hesaplarda kullanılan veriler gösterilmiştir. Yapılan hesaplarda;

X , Y : Kolon boyutları,

A_{c1} : $R_h = h_c/H_c \geq 3,3$ olan kolonların (eğilme modu) enkesit alanı,

A_{c2} : $R_h = h_c/H_c < 3,3$ olan kolonların (kayma modu) enkesit alanı,

h_c : Kolon Yüksekliği,

H_c : Derinlik,

W : Bina Ağırlığı,

A_{w1} : Kolonlara bağlı olan perdelerin enkesit alanı,

A_{w2} : Kolonlara bağlı olmayan perdelerin enkesit alanı,

değerlerini göstermektedir.

Tablo 5.7 : II. Güçlendirme Sistemi Zemin Kat X Eksenı Doğrultusu S_{B1} indisi Hesapları

Kolon Aksı	Kolon No	X (m)	Y (m)	X _{mev} (m)	Y _{mev} (m)	A _c (m ²)	h _c (m)	H _c (m)	R _h h _c /H _c	Eğilme τ_1	Modu A _{c1} * τ_1
D-1	101	0,6	0,8	0,3	0,5	0,33	2,4	0,6	4,00	13,20	43,56
D-2	102	0,6	0,8	0,3	0,5	0,33	2,4	0,6	4,00	13,20	43,56
D-3	103	0,6	0,8	0,3	0,5	0,33	2,4	0,6	4,00	13,20	43,56
D-4	104	0,3	0,5	0,3	0,5	0,15	2,4	0,3	8,00	4,58	6,86
D-5	105	0,6	0,8	0,3	0,5	0,33	2,4	0,6	4,00	13,20	43,56
D-6	106	0,6	0,8	0,3	0,5	0,33	2,4	0,6	4,00	13,20	43,56
D-7	107	0,3	0,5	0,3	0,5	0,15	2,4	0,3	8,00	4,58	6,86
D-8	108	0,6	0,8	0,3	0,5	0,33	2,4	0,6	4,00	13,20	43,56
D-9	109	0,6	0,8	0,3	0,5	0,33	2,4	0,6	4,00	13,20	43,56
D-10	110	0,3	0,5	0,3	0,5	0,15	2,4	0,3	8,00	4,58	6,86
D-11	111	0,6	0,8	0,3	0,5	0,33	2,4	0,6	4,00	13,20	43,56
D-12	112	0,3	0,5	0,3	0,5	0,15	2,4	0,3	8,00	4,58	6,86
D-14	113	0,3	0,4	0,3	0,4	0,12	2,4	0,3	8,00	4,58	5,49
C-1	114	0,5	0,6	0,5	0,6	0,3	2,4	0,5	4,80	7,63	22,88
C-3	115	0,7	1,0	0,4	0,7	0,42	2,4	0,7	3,43	15,40	64,68
C-5	116	0,4	0,7	0,4	0,7	0,28	2,4	0,4	6,00	6,10	17,08
C-7	117	0,4	0,7	0,4	0,7	0,28	2,4	0,4	6,00	6,10	17,08
C-9	118	0,4	0,7	0,4	0,7	0,28	2,4	0,4	6,00	6,10	17,08
C-11	119	0,7	1,0	0,4	0,7	0,42	2,4	0,7	3,43	15,40	64,68
C-14	120	0,5	0,25	0,5	0,25	0,125	2,4	0,5	4,80	7,63	9,53
B'-13	121	0,4	0,25	0,4	0,25	0,1	2,4	0,4	6,00	6,10	6,10
C'-13	122	0,25	0,5	0,25	0,5	0,125	2,4	0,25	9,60	3,81	4,77
B-1	123	0,5	0,6	0,5	0,6	0,3	2,4	0,5	4,80	7,63	22,88
B-2	124	0,4	0,7	0,4	0,7	0,28	2,4	0,4	6,00	6,10	17,08
B-3	125	0,7	1,0	0,4	0,7	0,42	2,4	0,7	3,43	15,40	64,68
B-5	126	0,4	0,7	0,4	0,7	0,28	2,4	0,4	6,00	6,10	17,08
B-7	127	0,4	0,7	0,4	0,7	0,28	2,4	0,4	6,00	6,10	17,08
B-9	128	0,7	1,0	0,4	0,7	0,42	2,4	0,7	3,43	15,40	64,68
B-11	129	0,4	0,7	0,4	0,7	0,28	2,4	0,4	6,00	6,10	17,08
A-1	130	0,3	0,4	0,3	0,4	0,12	2,4	0,3	8,00	4,58	5,49
A-2	131	0,3	0,5	0,3	0,5	0,15	2,4	0,3	8,00	4,58	6,86
A-3	132	0,6	0,8	0,3	0,5	0,33	2,4	0,6	4,00	13,20	43,56
A-4	133	0,6	0,8	0,3	0,5	0,33	2,4	0,6	4,00	13,20	43,56
A-5	134	0,3	0,5	0,3	0,5	0,15	2,4	0,3	8,00	4,58	6,86
A-6	135	0,3	0,5	0,3	0,5	0,15	2,4	0,3	8,00	4,58	6,86
A-7	136	0,3	0,5	0,3	0,5	0,15	2,4	0,3	8,00	4,58	6,86
A-8	137	0,6	0,8	0,3	0,5	0,33	2,4	0,6	4,00	13,20	43,56
A-9	138	0,6	0,8	0,3	0,5	0,33	2,4	0,6	4,00	13,20	43,56
D'-10	139	0,55	0,45	0,55	0,45	0,2475	2,4	0,55	4,36	8,39	20,76
D'-11	140	0,85	0,75	0,55	0,45	0,39	2,4	0,85	2,82	18,70	72,93
D'-13	141	0,8	0,55	0,5	0,25	0,315	2,4	0,8	3,00	17,60	55,44
$\sum A_{c1} \cdot \tau_1 =$										1182,16	

Güçlendirilmiş yapı X eksenı doğrultusunda zemin kat kolonlarında yapılan hesaplarda tüm kolonlarda $R_h = h_c/H_c \geq 3,3$ hesaplanarak eğilme modu için verilen formüller kullanılmıştır.

$$S_{B1} = [\sum (A_{c1} \cdot \tau_1)] / W \rightarrow \text{Eğilme Modu} \dots R_H \geq 3,3 \text{ olduğunda}$$

$$S_{B1X} = 1182,16 / 1950,7 = 0,61$$

$$S_{B2} = [\sum (A_{c2} \cdot \tau_2)] / W \rightarrow \text{Kayma Modu} \dots R_H < 3,3 \text{ olduğunda}$$

$$S_{B2X} = 0$$

$$S_{B3} = [34 \sum A_{w1} + 22 \sum A_{w2}] / W$$

Güçlendirilmiş yapıda X yönünde 6 adet kolonla birleşik perde bulunmaktadır,

$$A_{w1X} = (5 \times 2,6 \times 0,30) + (3,475 \times 0,30) = 5 \text{ m}^2$$

$$S_{B3X} = (34 \times 5 \times 10) / 1950,7 = 0,87$$

$$S_{BG} = [S_{B1}^2 / (S_{B1} + S_{B2} + S_{B3})] + S_{B2} + S_{B3}$$

$$S_{BGX} = [0,61^2 / (0,61 + 0,87)] + 0,87 = 1,12 \text{ olarak bulunmuştur.}$$

Tablo 5.8 : II. Güçlendirme Sistemi Zemin Kat Y Eksenli Doğrultusu S_{B1} ve S_{B2} indisi Hesapları

Kolon Aksı	Kolon No	X (m)	Y (m)	X _{mev} (m)	Y _{mev} (m)	A _c (m ²)	h _c (m)	H _c (m)	R _n h _c /H _c	Eğilme Modu		Kayma Modu	
										τ_1	$A_{c1} \cdot \tau_1$	τ_2	$A_{c2} \cdot \tau_2$
D-1	101	0,6	0,8	0,3	0,5	0,33	2,4	0,8	3,0			16,90	5,58
D-2	102	0,6	0,8	0,3	0,5	0,33	2,4	0,8	3,0			16,90	5,58
D-3	103	0,6	0,8	0,3	0,5	0,33	2,4	0,8	3,0			16,90	5,58
D-4	104	0,3	0,5	0,3	0,5	0,15	2,4	0,5	4,8	7,63	11,44		
D-5	105	0,6	0,8	0,3	0,5	0,33	2,4	0,8	3,0			16,90	5,58
D-6	106	0,6	0,8	0,3	0,5	0,33	2,4	0,8	3,0			16,90	5,58
D-7	107	0,3	0,5	0,3	0,5	0,15	2,4	0,5	4,8	7,63	11,44		
D-8	108	0,6	0,8	0,3	0,5	0,33	2,4	0,8	3,0			16,90	5,58
D-9	109	0,6	0,8	0,3	0,5	0,33	2,4	0,8	3,0			16,90	5,58
D-10	110	0,3	0,5	0,3	0,5	0,15	2,4	0,5	4,8	7,63	11,44		
D-11	111	0,6	0,8	0,3	0,5	0,33	2,4	0,8	3,0			16,90	5,58
D-12	112	0,3	0,5	0,3	0,5	0,15	2,4	0,5	4,8	7,63	11,44		
D-14	113	0,3	0,4	0,3	0,4	0,12	2,4	0,4	6,0	6,10	7,32		
C-1	114	0,5	0,6	0,5	0,6	0,3	2,4	0,6	4,0	9,15	27,45		
C-3	115	0,7	1,0	0,4	0,7	0,42	2,4	1,0	2,4			19,34	8,12
C-5	116	0,4	0,7	0,4	0,7	0,28	2,4	0,7	3,4	10,68	29,89		
C-7	117	0,4	0,7	0,4	0,7	0,28	2,4	0,7	3,4	10,68	29,89		
C-9	118	0,4	0,7	0,4	0,7	0,28	2,4	0,7	3,4	10,68	29,89		
C-11	119	0,7	1,0	0,4	0,7	0,42	2,4	1,0	2,4			19,34	8,12
C-14	120	0,5	0,3	0,5	0,25	0,125	2,4	0,25	9,6	3,81	4,77		
B'-13	121	0,4	0,3	0,4	0,25	0,1	2,4	0,25	9,6	3,81	3,81		
C'-13	122	0,3	0,5	0,3	0,5	0,125	2,4	0,5	4,8	7,63	9,53		
B-1	123	0,5	0,6	0,5	0,6	0,3	2,4	0,6	4,0	9,15	27,45		
B-2	124	0,4	0,7	0,4	0,7	0,28	2,4	0,7	3,4	10,68	29,89		
B-3	125	0,7	1,0	0,4	0,7	0,42	2,4	1,0	2,4			19,34	8,12

Tablo 5.8.' in devamı													
B-5	126	0,4	0,7	0,4	0,7	0,28	2,4	0,7	3,4	10,68	29,89		
B-7	127	0,4	0,7	0,4	0,7	0,28	3,4	0,7	4,9	7,54	21,10		
B-9	128	0,7	1,0	0,4	0,7	0,42	2,4	1,0	2,4			19,34	8,12
B-11	129	0,4	0,7	0,4	0,7	0,28	2,4	0,7	3,4	10,68	29,89		
A-1	130	0,3	0,4	0,3	0,4	0,12	2,4	0,4	6,0	6,10	7,32		
A-2	131	0,3	0,5	0,3	0,5	0,15	2,4	0,5	4,8	7,63	11,44		
A-3	132	0,6	0,8	0,3	0,5	0,33	2,4	0,8	3,0			16,90	5,58
A-4	133	0,6	0,8	0,3	0,5	0,33	2,4	0,8	3,0			16,90	5,58
A-5	134	0,3	0,5	0,3	0,5	0,15	2,4	0,5	4,8	7,63	11,44		
A-6	135	0,3	0,5	0,3	0,5	0,15	3,4	0,5	6,8	5,38	8,07		
A-7	136	0,3	0,5	0,3	0,5	0,15	4,4	0,5	8,8	4,16	6,24		
A-8	137	0,6	0,8	0,3	0,5	0,33	2,4	0,8	3,0			16,90	5,58
A-9	138	0,6	0,8	0,3	0,5	0,33	2,4	0,8	3,0			16,90	5,58
D'-10	139	0,6	0,5	0,6	0,45	0,248	2,4	0,45	5,3	6,86	16,98		
D'-11	140	0,9	0,8	0,6	0,45	0,39	2,4	0,75	3,2			16,28	6,35
D'-13	141	0,8	0,6	0,5	0,25	0,315	2,4	0,55	4,4	12,10	38,12		
$\sum A_{c1} \cdot \tau_1 =$										426,13	$\sum A_{c2} \cdot \tau_2 =$	105,78	

$$S_{B1} = [\sum (A_{c1} \cdot \tau_1)] / W \rightarrow \text{Eğilme Modu} \dots R_H \geq 3,3 \text{ olduğunda}$$

$$S_{B1Y} = 426,13 / 1950,7 = 0,22$$

$$S_{B2} = [\sum (A_{c2} \cdot \tau_2)] / W \rightarrow \text{Kayma Modu} \dots R_H < 3,3 \text{ olduğunda}$$

$$S_{B2Y} = 105,78 / 1950,7 = 0,05$$

$$S_{B3} = [34 \sum A_{w1} + 22 \sum A_{w2}] / W$$

Güçlendirilmiş yapıda Y yönünde 3 adet kolonla birleşik perde bulunmaktadır,

$$A_{w1y} = 4 \times 4,1 \times 0,30 = 5 \text{ m}^2$$

$$S_{B3Y} = (34 \times 5 \times 10) / 1950,7 = 0,87$$

$$S_{BG} = [S_{B1}^2 / (S_{B1} + S_{B2} + S_{B3})] + S_{B2} + S_{B3}$$

$$S_{BGY} = [0,22^2 / (0,22+0,05+0,87)] + 0,05 + 0,87 = 0,96 \text{ olarak bulunmuştur.}$$

Depreme karşı güçlendirilmiş yapının dayanımının belirlenmesinde X doğrultusu için bulunan S_{BGX} değeri 1' den büyüktür. Sistem X yönü için depreme karşı çok dayanıklıdır. X ve Y doğrultusu için bulunan S_{BGX} ve S_{BGY} indislerinden küçük olanı değerlendirmede kullanılmıştır. Bu çerçevede, $S_{BGY} = 0,96$ değeri, II. Güçlendirme sistemin yatay deprem kuvvetlerine karşı dayanıklılığının oldukça yüksek olduğunu göstermiştir.

5.2.3.2 Zemin Kat Düşey Taşıyıcı Elemanların σ Gerilme Hesabı

$$\sigma \text{ (kg/cm}^2 \text{)} = W / (A_{ca} + A_{wa})$$

A_{ca} : Zemin kat betonarme kolonlarının enkesit alanı

A_{wa} : Zemin kat betonarme perdelerinin enkesit alanı

W : Bina toplam ağırlığı

A_{ca} değerinin hesaplanması nda 5.2.3.1.' de verilen kolon boyutları kullanılmıştır.

$$\begin{aligned} A_{ca} = & (2 \times 30 \times 40) + (8 \times 30 \times 50) + (11 \times 60 \times 80) + (2 \times 50 \times 60) + (7 \times 40 \times 70) + \\ & (4 \times 70 \times 100) + (2 \times 25 \times 50) + (1 \times 25 \times 40) + (1 \times 45 \times 55) + (1 \times 60 \times 70) + \\ & (1 \times 55 \times 80) + (1 \times 75 \times 85) = 141750 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Güçlendirilmiş yapıda X ve Y yönündeki perde alanlarının toplamı

$$A_{w1x} = (5 \times 2,6 \times 0,30) + (3,475 \times 0,30) = 5 \text{ m}^2$$

$$A_{w1y} = 4 \times 4,1 \times 0,30 = 5 \text{ m}^2$$

$$A_{wa} = A_{w1x} + A_{w1y} = 10 \text{ m}^2 = 100000 \text{ cm}^2$$

$$W = 19507 \text{ kN} = 1950700 \text{ kg}$$

$$\sigma = 1950700 / (141750 + 100000) = 8,07 \text{ kg / cm}^2 < 12 \text{ kg/cm}^2$$

Bu sonuç II. Güçlendirme sistemi için zemin kat düşey taşıyıcı elemanların analizi metodu ile yapılan hesaplamalarda yapının yatay deprem kuvvetlerine karşı dayanıklı olduğunu göstermiştir.

5.2.4. Düzensizlik Kontrolleri ve Kapasite Kontrolleri

5.2.4.1. Burulma Düzensizliği Kontrolü

η_{bi} değerinin 1,20' den büyük olması durumunda, binaya uygulanan eksantrisiteler

$$D_i = (\eta_{bi} / 1,2)^2$$

katsayısı ile çarpılarak büyütülmüştür. X ve Y yönündeki burulma düzensizliği kontrolleri $G + Q + E_x$ ve $G + Q + E_y$ yük kombinasyonlarına göre yapılmış ve bunlar Tablo 5.9-5.10-5.11-5.12 ile gösterilmiştir. Arttırılmış dışmerkezlilikler Tabloların son kolonunda gösterilmiştir. Deprem hesabı bu yeni dışmerkezliliklere göre tekrarlanmıştır.

Tablo 5.9 : II. Güçlendirme Sistemi X Doğrultusu Burulma Düzensizliği Kontrolü

X Yönü Depremi

1.0G+1.0Q+1.0E Yükleme (%5 ey dış merkezlik)

Kat No	Max depl. d max (m)	Min depl. d min (m)	Max gör.öte. Δ max (m)	Min gör.öte. Δ min (m)	Ort.gör.öte. Δ ort (m)	η $\eta = \Delta \text{ max} / \Delta \text{ ort}$	Di	Di ey
1	0,00022	0,00019	0,00022	0,00019	0,00020	1,06601	1	0,7
2	0,00063	0,00052	0,00041	0,00033	0,00037	1,10724	1	0,9
3	0,00108	0,00088	0,00045	0,00036	0,00040	1,11386	1	0,9

1.0G+1.0Q+1.0E Yükleme (~%5 ey dış merkezlik)

Kat No	Max depl. d max (m)	Min depl. d min (m)	Max gör.öte. Δ max (m)	Min gör.öte. Δ min (m)	Ort.gör.öte. Δ ort (m)	η $\eta = \Delta \text{ max} / \Delta \text{ ort}$	Di	Di ey
1	0,00023	0,00019	0,00023	0,00019	0,00021	1,11271	1	0,7
2	0,00067	0,00051	0,00044	0,00032	0,00038	1,15858	1	0,9
3	0,00115	0,00086	0,00048	0,00035	0,00042	1,15663	1	0,9

Tablo 5.10 : II. Güçlendirme Sistemi Y Doğrultusu Burulma Düzensizliği Kontrolü

Y Yönü Depremi

1.0G+1.0Q+1.0E Yükleme (%5 ex dış merkezlik)

Kat No	Max depl. d max (m)	Min depl. d min (m)	Max gör.öte. Δ max (m)	Min gör.öte. Δ min (m)	Ort.gör.öte. Δ ort (m)	η $\eta = \Delta \text{ max} / \Delta \text{ ort}$	Di	Di ex
1	0,00017	0,00010	0,00017	0,00010	0,00014	1,26471	1,03	2
2	0,00044	0,00025	0,00026	0,00015	0,00021	1,27053	1,03	2
3	0,00069	0,00040	0,00026	0,00015	0,00020	1,27094	1,03	1,9

1.0G+1.0Q+1.0E Yükleme (~%5 ex dış merkezlik)

Kat No	Max depl. d max (m)	Min depl. d min (m)	Max gör.öte. Δ max (m)	Min gör.öte. Δ min (m)	Ort.gör.öte. Δ ort (m)	η $\eta = \Delta \text{ max} / \Delta \text{ ort}$	Di	Di ex
1	0,00015	0,00011	0,00015	0,00011	0,00013	1,15909	1	1,9
2	0,00039	0,00027	0,00024	0,00016	0,00020	1,19593	1	1,9
3	0,00062	0,00042	0,00023	0,00015	0,00019	1,20725	1	1,9

Tablo 5.11 : II. Güçlendirme Sistemi -X Doğrultusu Burulma Düzensizliği Kontrolü

(-X) Yönü Depremi

1.0G+1.0Q-1.0E Yükleme (%5 ey dış merkezlik)

Kat	Max depl.	Min depl	Max gör.öte.	Min gör.öte.	Ort.gör.öte	η		
No	d max (m)	d min (m)	Δ max (m)	Δ min (m)	Δ ort (m)	$\eta = \Delta \text{ max} / \Delta \text{ ort}$	Di	Di ey
1	0,00022	0,00019	0,00022	0,00019	0,00021	1,07282	1	0,7
2	0,00065	0,00052	0,00043	0,00033	0,00038	1,12516	1	0,9
3	0,00112	0,00088	0,00047	0,00036	0,00042	1,13839	1	0,9

1.0G+1.0Q-1.0E Yükleme (-%5 ey dış merkezlik)

Kat	Max depl.	Min depl	Max gör.öte.	Min gör.öte.	Ort.gör.öte	η		
No	d max (m)	d min (m)	Δ max (m)	Δ min (m)	Δ ort (m)	$\eta = \Delta \text{ max} / \Delta \text{ ort}$	Di	Di ey
1	0,00024	0,00019	0,00024	0,00019	0,00021	1,11905	1	0,7
2	0,00069	0,00051	0,00046	0,00032	0,00039	1,17526	1	0,9
3	0,00119	0,00086	0,00050	0,00035	0,00043	1,17799	1	0,9

Tablo 5.12 : II. Güçlendirme Sistemi -Y Doğrultusu Burulma Düzensizliği Kontrolü

(-Y) Yönü Depremi

1.0G+1.0Q-1.0E Yükleme (%5 ex dış merkezlik)

Kat	Max depl.	Min depl	Max gör.öte.	Min gör.öte.	Ort.gör.öte	η		
No	d max (m)	d min (m)	Δ max (m)	Δ min (m)	Δ ort (m)	$\eta = \Delta \text{ max} / \Delta \text{ ort}$	Di	Di ex
1	0,00018	0,00010	0,00018	0,00010	0,00014	1,27273	1,03	2
2	0,00048	0,00025	0,00030	0,00015	0,00023	1,33038	1,05	2
3	0,00078	0,00040	0,00031	0,00015	0,00023	1,34792	1,06	2

1.0G+1.0Q-1.0E Yükleme (-%5 ex dış merkezlik)

Kat	Max depl.	Min depl	Max gör.öte.	Min gör.öte.	Ort.gör.öte	η		(m)
No	d max (m)	d min (m)	Δ max (m)	Δ min (m)	Δ ort (m)	$\eta = \Delta \text{ max} / \Delta \text{ ort}$	Di	Di ex
1	0,00015	0,00012	0,00015	0,00012	0,00014	1,13333	1	1,9
2	0,00039	0,00031	0,00024	0,00019	0,00021	1,10070	1	1,9
3	0,00062	0,00039	0,00024	0,00008	0,00016	1,49682	1,12	2,1

5.2.4.2. Göreli Kat Ötelemeleri Kontrolü

Göreli kat ötelemeleri kontrolleri Tablo 5.13 – 5.14 – 5.15 – 5.16 ile verilmiştir. Sistem göreli kat sınır değerlerini sağlamaktadır.

Tablo 5.13 : II. Güçlendirme Sistemi X Doğrultusu Göreli Kat Ötelemeleri Kontrolü

X Yönü Depremi							
G+1.0Q+1.0E Yükleme (%5 ey dış merkezlik)							
Kat	Max depl.	Min depl.	Max gör.öte.	Kat yüks.	Δ_{max}/h	< veya >	Kontrol
No	d max (m)	d min (m)	Δ_{max} (m)	h (m)	10^{-3}		
1	0,000218	0,000191	0,000218	3,0	0,073	<	0,0033
2	0,000631	0,000524	0,000413	3,0	0,138	<	0,0033
3	0,001081	0,000882	0,000450	3,0	0,150	<	0,0033
1.0G+1.0Q+1.0E Yükleme (-%5 ey dış merkezlik)							
Kat	Max depl.	Min depl.	Max gör.öte.	Kat yüks.	Δ_{max}/h	< veya >	Kontrol
No	d max (m)	d min (m)	Δ_{max} (m)	h (m)	10^{-3}		
1	0,000232	0,000185	0,000232	3,0	0,077	<	0,0033
2	0,000674	0,000506	0,000442	3,0	0,147	<	0,0033
3	0,001154	0,000856	0,000480	3,0	0,160	<	0,0033

Tablo 5.14 : II. Güçlendirme Sistemi Y Doğrultusu Göreli Kat Ötelemeleri Kontrolü

Y Yönü Depremi							
1.0G+1.0Q+1.0E Yükleme (%5 ex dış merkezlik)							
Kat	Max depl.	Min depl.	Max gör.öte.	Kat yüks.	Δ_{max}/h	< veya >	Kontrol
No	d max (m)	d min (m)	Δ_{max} (m)	h (m)	10^{-3}		
1	0,000172	0,000100	0,000172	3,0	0,057	<	0,0033
2	0,000435	0,000251	0,000263	3,0	0,088	<	0,0033
3	0,000693	0,000399	0,000258	3,0	0,086	<	0,0033
1.0G+1.0Q+1.0E Yükleme (-%5 ex dış merkezlik)							
Kat	Max depl.	Min depl.	Max gör.öte.	Kat yüks.	Δ_{max}/h	< veya >	Kontrol
No	d max (m)	d min (m)	Δ_{max} (m)	h (m)	10^{-3}		
1	0,000153	0,000111	0,000153	3,0	0,051	<	0,0033
2	0,000388	0,000269	0,000235	3,0	0,078	<	0,0033
3	0,000621	0,000422	0,000233	3,0	0,078	<	0,0033

Tablo 5.15 : II. Güçlendirme Sistemi -X Doğrultusu Görelî Kat Ötelemeleri Kontrolü

-X Yönü Depremi							
1.0G+1.0Q-1.0E Yükleme (%5 ey dış merkezlik)							
Kat	Max depl.	Min depl.	Max gör.öte.	Kat yüks.	Δ_{max}/h	< veya >	Kontrol
No	d max (m)	d min (m)	Δ_{max} (m)	h (m)	binde		
1	0,000221	0,000191	0,000221	3,0	0,074	<	0,0033
2	0,000648	0,000523	0,000427	3,0	0,142	<	0,0033
3	0,001121	0,000881	0,000473	3,0	0,158	<	0,0033
1.0G+1.0Q-1.0E Yükleme (-%5 ey dış merkezlik)							
Kat	Max depl.	Min depl.	Max gör.öte.	Kat yüks.	Δ_{max}/h	< veya >	Kontrol
No	d max (m)	d min (m)	Δ_{max} (m)	h (m)	binde		
1	0,000235	0,000185	0,000235	3,0	0,078	<	0,0033
2	0,000691	0,000505	0,000456	3,0	0,152	<	0,0033
3	0,001194	0,000856	0,000503	3,0	0,168	<	0,0033

Tablo 5.16 : II. Güçlendirme Sistemi -Y Doğrultusu Görelî Kat Ötelemeleri Kontrolü

-Y Yönü Depremi							
1.0G+1.0Q-1.0E Yükleme (%5 ex dış merkezlik)							
Kat	Max depl.	Min depl.	Max gör.öte.	Kat yüks.	Δ_{max}/h	< veya >	Kontrol
No	d max (m)	d min (m)	Δ_{max} (m)	h (m)	binde		
1	0,000175	0,000100	0,000175	3,0	0,058	<	0,0033
2	0,000475	0,000251	0,000300	3,0	0,100	<	0,0033
3	0,000783	0,000400	0,000308	3,0	0,103	<	0,0033
1.0G+1.0Q-1.0E Yükleme (-%5 ex dış merkezlik)							
Kat	Max depl.	Min depl.	Max gör.öte.	Kat yüks.	Δ_{max}/h	< veya >	Kontrol
No	d max (m)	d min (m)	Δ_{max} (m)	h (m)	binde		
1	0,000153	0,000117	0,000153	3,0	0,051	<	0,0033
2	0,000388	0,000309	0,000235	3,0	0,078	<	0,0033
3	0,000623	0,000388	0,000235	3,0	0,078	<	0,0033

5.2.4.3. Kolon Kapasite Kontrolleri

II. güçlendirme sisteminin düşey ve yatay yüklere göre dayanım kontrolleri tüm katlarda X ve Y doğrultuları için en çok zorlanan kolonlarda yapılmıştır. Öncelikle kolonlarda $M_{r,x}$ ve $M_{r,y}$ kapasite momentleri, max kesme kuvvetleri $V_{r,max}$ ve max normal kuvvet $N_{r,max}$ hesaplanmış daha sonra yatay yükler altında bulunan kolonların eğilme momentleri ve kesme kuvvetleri, düşey yükler altında

bulunan normal kuvvetleri kolon kapasiteleri ile karşılaştırılmıştır. Kolonların $M_{r,x}$ ve $M_{r,y}$ kapasite momentleri 5.2.4.4' de verilen formüllerle excell programı kullanılarak hesaplanmıştır.

5.2.4.4. Kolonların Moment Kapasitelerinin Hesaplanması

Kolonların moment kapasitelerinin hesaplanmasında mevcut kolonlarda kullanılan donatı miktarları tam olarak belirlenemediği için min. donatı kullanıldığı varsayılarak hesaplara dahil edilmiştir. Ayrıca beton örtüsünün $d' / h = b' / b = 0,10$ oranı ve donatının dört köşeye eşit yerleştirme durumu varsayılarak aşağıdaki formüller kullanılarak kolon kapasite eğilme momentleri hesaplanmıştır. Hesaplanan eğilme kapasite momentleri Tablo 5.17 – 5.18 – 5.19 ile gösterilmiştir. Formüllerde kullanılan ifadelerden ρ_{mt} toplam mekanik donatı oranı miktarını, b ve h kolon kesitlerini, f_{cd} beton tasarım basınç dayanımını göstermektedir. İfadelerde $n_r > 0$ çekme normal kuvvetine ve $n_r < 0$ basınç normal kuvvetine karşı gelmektedir. Eğilme momentleri ise, kesit ve donatı düzeninin iki eksene göre simetrik olması nedeniyle daima pozitif işaretlerle kullanılmıştır.

$N_{d,x/y}$ = x/y yönünde en büyük momente ($M_{d,x/y}$) sahip kombinasyonun aksenal yükü

$M_{r,x/y}$ = x/y yönünde $N_{d,x/y}$ aksenal yük seviyesindeki kapasite moment

$$m_{xr} = M_{xr} / (0,85 f_{cd} \times b \times h^2)$$

$$m_{yr} = M_{yr} / (0,85 f_{cd} \times b^2 \times h)$$

$$m = m_{xr} + k \cdot m_{yr}$$

$$n_r = N_r / (0,85 f_{cd} \times b \times h)$$

S 220 Donatısı ve $n_r > 0$ ise

S 220 Donatısı ve $0 > n_r > -0,35$ ise

$$k = 1,70 m_{yr} + 0,10$$

$$k = (1,70 + 2,14 n_r) m_{yr} - 1,50 n_r + 0,10$$

$$\rho_{mt} = 1,00 n_r + 2,49 m$$

$$\rho_{mt} = 2,490 m + 1,44 n_r^2 + 1,29 n_r$$

S 220 Donatısı ve $-0,35 > n_r > -0,53$ ise

S 220 Donatısı ve $-0,53 > n_r$ ise

$$k = (-0,75 - 4,82 n_r) m_{yr} + 0,79 n_r + 0,91$$

$$k = (2,08 + 0,54 n_r) m_{yr} + 0,68 n_r + 0,85$$

$$\rho_{mt} = 2,54 m - 0,295$$

$$\rho_{mt} = 2,54 m + 0,31 n_r^2 - 0,221 n_r - 0,506$$

Tablo 5.17 : Zemin Kat Kolonları Moment Kapasiteleri Hesapları

Kolon No	Kat	Normal Kuvvet (kN)		Boyutlar (m)				Kapasite (kN.m)	
		Nx	Ny	b	h	nrx	nry	Mr,x	Mr,y
104	Z	-248,6	-277,3	0,5	0,3	-0,24	-0,27	60,57	130,96
107	Z	-349,3	-354,2	0,5	0,3	-0,34	-0,35	65,98	128,04
110	Z	-263,9	-277,4	0,5	0,3	-0,26	-0,27	61,61	130,96
112	Z	-337,2	-344,8	0,5	0,3	-0,33	-0,34	65,51	128,55
113	Z	-296,6	-290	0,4	0,3	-0,36	-0,36	53,35	81,63
114	Z	-448	-465,3	0,6	0,5	-0,22	-0,23	195,74	315,06
116	Z	-949,1	-938,6	0,7	0,4	-0,50	-0,49	167,61	321,39
117	Z	-975,5	-972,3	0,7	0,4	-0,51	-0,51	167,61	319,80
118	Z	-905,5	-904,9	0,7	0,4	-0,48	-0,48	167,61	323,04
120	Z	-258	-239,8	0,25	0,5	-0,30	-0,28	89,25	54,47
121	Z	-273,6	-260,7	0,25	0,4	-0,40	-0,38	59,86	47,01
122	Z	-238,7	-232,4	0,5	0,25	-0,28	-0,27	43,75	109,11
131	Z	-299,8	-305,6	0,5	0,3	-0,29	-0,30	63,75	130,23
134	Z	-438,9	-394,6	0,5	0,3	-0,43	-0,39	67,34	127,20
136	Z	-381,7	-408	0,5	0,3	-0,37	-0,40	67,34	126,62
139	Z	-246,6	-278,6	0,45	0,55	-0,15	-0,17	156,91	192,84

Tablo 5.18 : Birinci Kat Kolonları Moment Kapasiteleri Hesapları

Kolon No	Kat	Normal Kuvvet (kN)		Boyutlar (m)				Kapasite (kN.m)	
		Nx	Ny	b	h	nrx	nry	Mr,x	Mr,y
204	1	-150,5	-172,1	0,4	0,3	-0,18	-0,21	44,53	83,91
207	1	-265,7	-267,9	0,4	0,3	-0,33	-0,33	52,24	82,59
210	1	-163,3	-171,9	0,4	0,3	-0,20	-0,21	45,67	83,91
212	1	-211,8	-218,1	0,4	0,3	-0,26	-0,27	49,34	83,87
213	1	-220,9	-216,6	0,4	0,3	-0,27	-0,27	49,91	83,89
214	1	-264,4	-274,5	0,55	0,3	-0,24	-0,24	65,97	158,85
216	1	-557,5	-552,2	0,55	0,3	-0,50	-0,49	74,08	148,84
217	1	-575,5	-573,3	0,55	0,3	-0,51	-0,51	74,08	148,06
218	1	-521,1	-520	0,55	0,3	-0,46	-0,46	74,08	150,10
220	1	-152,7	-140,6	0,25	0,5	-0,18	-0,17	76,68	-0,03
221	1	-169,5	-163,2	0,25	0,4	-0,25	-0,24	54,19	43,76
222	1	-147,5	-143,2	0,5	0,25	-0,17	-0,17	37,93	108,31
231	1	-182,3	-189,4	0,4	0,3	-0,22	-0,23	47,22	84,03
234	1	-336,5	-304,8	0,4	0,3	-0,41	-0,37	53,88	81,80
236	1	-299,6	-319,6	0,4	0,3	-0,37	-0,39	53,88	81,27
239	1	-151,4	-175	0,45	0,55	-0,09	-0,10	136,95	187,28

Tablo 5.19 : İkinci Kat Kolonları Moment Kapasiteleri Hesapları

Kolon No	Kat	Normal Kuvvet (kN)		Boyutlar (m)				Kapasite (kN.m)	
		Nx	Ny	b	h	nrx	nry	Mr,x	Mr,y
304	2	-59,7	-71,2	0,3	0,3	-0,10	-0,12	27,73	45,74
307	2	-103,8	-104,3	0,4	0,3	-0,13	-0,13	39,80	81,83
310	2	-67,1	-70,4	0,3	0,3	-0,11	-0,12	28,62	45,71
312	2	-90,8	-93,9	0,3	0,3	-0,15	-0,15	31,24	46,55
313	2	-92,4	-90,7	0,4	0,3	-0,11	-0,11	38,50	81,07
314	2	-109,2	-113,5	0,45	0,25	-0,14	-0,15	32,17	87,12
316	2	-252,7	-249,9	0,45	0,25	-0,33	-0,33	40,94	87,16
317	2	-265,7	-264,5	0,45	0,25	-0,35	-0,35	41,35	86,49
318	2	-233,1	-232,7	0,45	0,25	-0,30	-0,30	40,20	87,80
320	2	-63,8	-59,6	0,25	0,5	-0,08	-0,07	60,20	51,22
321	2	-73,9	-68,5	0,25	0,4	-0,11	-0,10	42,29	41,95
322	2	-61,4	-60,8	0,5	0,25	-0,07	-0,07	29,84	102,57
331	2	-63,9	-72,2	0,3	0,3	-0,10	-0,12	28,24	45,79
334	2	-144,1	-129	0,4	0,3	-0,18	-0,16	43,94	82,90
336	2	-121	-131,3	0,4	0,3	-0,15	-0,16	41,65	82,98
339	2	-151,4	-71,9	0,45	0,55	-0,09	-0,04	136,95	177,74

5.2.4.5. Eğilme Momenti Kontrolleri

II. güçlendirme sisteminde en çok zorlanan kolon kesitlerinde yatay ve düşey yükler altında bulunan eğilme momenti değerleri 5.2.4.4.' de hesaplanan kapasite eğilme momentleri ile X doğrultusu için Tablo 5.20 – 5.21 – 5.22 de Y doğrultusu için Tablo 5.23 – 5.24 – 5.25 de karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmalar sonucunda II. Güçlendirme sistemi kolonlarının tüm katlarda X doğrultusu için deprem kuvvetlerine karşı dayanıklı olduğu belirlenmiştir. X doğrultusu için kolonlarda oluşan eğilme momentleri ve kolon kesitinin taşıyabileceği kapasite eğilme momentlerinin oranları tabloların sütununda verilmiştir. Bu oranlar II. Güçlendirme sistem kolonlarının yatay ve düşey yükler sonucu oluşan eğilme momentlerine karşı yeterli olduğunu göstermektedir.

$M_{d,x/y}$ = x/y yönünde en büyük kombinasyon momenti

$M_{r,x/y}$ = x/y yönünde $N_{d,x/y}$ eksenel yük seviyesindeki kapasite momenti

Tablo 5.20 : II. Güçlendirme Sistemi X Doğrultusu Zemin Kat Eğilme Momenti Kontrolleri

Kolon Aksı	Kolon No	Boyutlar (m)		Md,x (kNm)	Mr,x (kNm)	Md,x/Mr,x
		b	h			
D-4	104	0,5	0,3	5	60,57	0,08
D-7	107	0,5	0,3	5,3	65,98	0,08
D-10	110	0,5	0,3	5,1	61,61	0,08
D-12	112	0,5	0,3	3,1	65,51	0,05
D-14	113	0,4	0,3	3,8	53,35	0,07
C-1	114	0,6	0,5	8,6	195,74	0,04
C-5	116	0,7	0,4	10,9	167,61	0,07
C-7	117	0,7	0,4	11,9	167,61	0,07
C-9	118	0,7	0,4	11,1	167,61	0,07
C-14	120	0,25	0,5	14	89,25	0,16
B'-13	121	0,25	0,4	3,2	59,86	0,05
C'-13	122	0,5	0,25	1,6	43,75	0,04
A-2	131	0,5	0,3	7	63,75	0,11
A-5	134	0,5	0,3	3	67,34	0,04
A-7	136	0,5	0,3	4,9	67,34	0,07
D'-10	139	0,45	0,55	17,6	156,91	0,11

Tablo 5.21 : II. Güçlendirme Sistemi X Doğrultusu Birinci Kat Eğilme Momenti Kontrolleri

Kolon Aksı	Kolon No	Boyutlar (m)		Md,x (kNm)	Mr,x (kNm)	Md,x/Mr,x
		b	h			
D-4	204	0,4	0,3	8,5	44,53	0,19
D-7	207	0,4	0,3	9,2	52,24	0,18
D-10	210	0,4	0,3	8,8	45,67	0,19
D-12	212	0,4	0,3	2,9	49,34	0,06
D-14	213	0,4	0,3	7,9	49,91	0,16
C-1	214	0,55	0,3	16,2	65,97	0,25
C-5	216	0,55	0,3	5,7	74,08	0,08
C-7	217	0,55	0,3	7	74,08	0,09
C-9	218	0,55	0,3	7,5	74,08	0,10
C-14	220	0,25	0,5	29,2	76,68	0,38
B'-13	221	0,25	0,4	3,4	54,19	0,06
C'-13	222	0,5	0,25	2,00	37,93	0,05
A-2	231	0,4	0,3	12,4	47,22	0,26
A-5	234	0,4	0,3	3,2	53,88	0,06
A-7	236	0,4	0,3	9,3	53,88	0,17
D'-10	239	0,45	0,55	29,3	136,95	0,21

Tablo 5.22 : II. Güçlendirme Sistemi X Doğrultusu İkinci Kat Eğilme Momenti Kontrolleri

Kolon Aksı	Kolon No	Boyutlar (m)		Md,x (kNm)	Mr,x (kNm)	Md,x/Mr,x
		b	h			
D-4	304	0,3	0,3	7,7	27,73	0,28
D-7	307	0,4	0,3	10,9	39,80	0,27
D-10	310	0,3	0,3	8	28,62	0,28
D-12	312	0,3	0,3	1,5	31,24	0,05
D-14	313	0,4	0,3	9,5	38,50	0,25
C-1	314	0,45	0,25	11,5	32,17	0,36
C-5	316	0,45	0,25	2,5	40,94	0,06
C-7	317	0,45	0,25	3,6	41,35	0,09
C-9	318	0,45	0,25	5,3	40,20	0,13
C-14	320	0,25	0,5	28,9	60,20	0,48
B'-13	321	0,25	0,4	3,2	42,29	0,08
C'-13	322	0,5	0,25	2,5	29,84	0,08
A-2	331	0,3	0,3	8,3	28,24	0,29
A-5	334	0,4	0,3	2,2	43,94	0,05
A-7	336	0,4	0,3	12,2	41,65	0,29
D'-10	339	0,45	0,55	32,8	136,95	0,24

II. güçlendirme sistemi Y doğrultusu için 5.2.4.4.' de hesaplanmış olan kolon kapasite eğilme momentleri ve kolonlarda yatay ve düşey yükler altında meydana gelen eğilme momentlerinin karşılaştırmaları Tablo 5.23 – 5.24 – 5.25 ile verilmiştir.

Tablo 5.23 : II. Güçlendirme Sistemi Y Doğrultusu Zemin Kat Eğilme Momenti Kontrolleri

Kolon Aksı	Kolon No	Boyutlar (m)		Md,y (kNm)	Mr,y (kNm)	Md,y/Mr,y
		b	h			
D-4	104	0,5	0,3	16,2	130,96	0,12
D-7	107	0,5	0,3	14,5	128,04	0,11
D-10	110	0,5	0,3	16,6	130,96	0,13
D-12	112	0,5	0,3	18	128,55	0,14
D-14	113	0,4	0,3	9,5	81,63	0,12
C-1	114	0,6	0,5	11,1	315,06	0,04
C-5	116	0,7	0,4	16,6	321,39	0,05
C-7	117	0,7	0,4	14	319,80	0,04
C-9	118	0,7	0,4	16,4	323,04	0,05
C-14	120	0,25	0,5	2	54,47	0,04
B'-13	121	0,25	0,4	0,3	47,01	0,01
C'-13	122	0,5	0,25	7,2	109,11	0,07
A-2	131	0,5	0,3	1,9	130,23	0,01
A-5	134	0,5	0,3	4,7	127,20	0,04
A-7	136	0,5	0,3	4,7	126,62	0,04
D'-10	139	0,45	0,55	3,1	192,84	0,02

Tablo 5.24 : II. Güçlendirme Sistemi Y Doğrultusu Birinci Kat Eğilme Momenti Kontrolleri

Kolon Aksı	Kolon No	Boyutlar (m)		Md,y (kNm)	Mr,y (kNm)	Md,y/Mr,y
		b	h			
D-4	204	0,4	0,3	28,6	83,91	0,34
D-7	207	0,4	0,3	11,7	82,59	0,14
D-10	210	0,4	0,3	28,7	83,91	0,34
D-12	212	0,4	0,3	29	83,87	0,35
D-14	213	0,4	0,3	17,1	83,89	0,20
C-1	214	0,55	0,3	7,2	158,85	0,05
C-5	216	0,55	0,3	13,8	148,84	0,09
C-7	217	0,55	0,3	9,4	148,06	0,06
C-9	218	0,55	0,3	10,7	150,10	0,07
C-14	220	0,25	0,5	7,5	54,11	0,14
B'-13	221	0,25	0,4	2,8	43,76	0,06
C'-13	222	0,5	0,25	12,90	108,31	0,12
A-2	231	0,4	0,3	11,9	84,03	0,14
A-5	234	0,4	0,3	6	81,80	0,07
A-7	236	0,4	0,3	4,6	81,27	0,06
D'-10	239	0,45	0,55	24,7	187,28	0,13

Tablo 5.25 : II. Güçlendirme Sistemi Y Doğrultusu İkinci Kat Eğilme Momenti Kontrolleri

Kolon Aksı	Kolon No	Boyutlar (m)		Md,y (kNm)	Mr,y (kNm)	Md,y/Mr,y
		b	h			
D-4	304	0,3	0,3	18,4	45,74	0,40
D-7	307	0,4	0,3	1,3	81,83	0,02
D-10	310	0,3	0,3	18,2	45,71	0,40
D-12	312	0,3	0,3	16,4	46,55	0,35
D-14	313	0,4	0,3	5,5	81,07	0,07
C-1	314	0,45	0,25	5,9	87,12	0,07
C-5	316	0,45	0,25	12,1	87,16	0,14
C-7	317	0,45	0,25	9,3	86,49	0,11
C-9	318	0,45	0,25	6,9	87,80	0,08
C-14	320	0,25	0,5	6	51,22	0,12
B'-13	321	0,25	0,4	3,1	41,95	0,07
C'-13	322	0,5	0,25	11,1	102,57	0,11
A-2	331	0,3	0,3	8,9	45,79	0,19
A-5	334	0,4	0,3	7,6	82,90	0,09
A-7	336	0,4	0,3	11,2	82,98	0,13
D'-10	339	0,45	0,55	28,9	177,74	0,16

Y doğrultusu için yapılan eğilme momentleri kontrollerinde tüm katlardaki kolon kesitlerinde oluşan eğilme momentlerinin kapasite eğilme momentlerinden çok düşük olduğu, kolonların yatay ve düşey yükler sonucu oluşan eğilme momentlerine

karşı yeterli olduğu görülmektedir. Kolonlarda oluşan eğilme momentleri ve kolon kesitinin taşıyabileceği kapasite eğilme momentlerinin oranları tabloların son sütununda verilmiştir

5.2.4.6. Kesme Kuvveti Kontrolleri

Tüm katlardaki kolonların deprem, hareketli ve sabit yükler altında oluşan maximum kesme kuvvetleri SAP2000 programıyla hesaplanmış ve bu değerler aşağıdaki formülle hesaplanan kolonların kapasite kesme kuvvetleriyle karşılaştırılmıştır. Tablo 5.26 ile verilen zemin kat kolonları, Tablo 5.27 ile verilen birinci kat kolonları. Tablo 5.28 ile verilen ikinci kat kolonlarının tamamı kesme kuvveti kapasitesinin çok altında değerler almıştır. Kolon kesitleri yeterlidir. Tabloların son sütunlarında kolonlarda oluşan maximum kesme kuvvetleriyle kapasite kesme kuvvetlerinin oranları verilmiştir.

BS12 için $f_{ck} = 12000 \text{ kN/m}^2$ ve A_c kolon kesit alanı olmak üzere $V_{r,max}$ (kapasite kesme kuvveti) hesaplanmıştır.

$V_{d,max}$ = Tüm kombinasyonlar içinde oluşan en büyük kesme kuvveti

$V_{r,max} = 0,2(f_{ck} \times A_c)^{0,5}$

Tablo 5.26 : II. Güçlendirme Sistemi Zemin Kat Kesme Kuvveti Kontrolleri

Kolon Aksı	Kolon No	Boyutlar (m)		Vd,max (kN)	Vr,max (kN)	Vdmax/Vr,max
		b	h			
D-4	104	0,5	0,3	14,9	180	0,08
D-7	107	0,5	0,3	13	180	0,07
D-10	110	0,5	0,3	15,2	180	0,08
D-12	112	0,5	0,3	16,5	180	0,09
D-14	113	0,4	0,3	8,4	144	0,06
C-1	114	0,6	0,5	5,8	360	0,02
C-5	116	0,7	0,4	10,6	336	0,03
C-7	117	0,7	0,4	6	336	0,02
C-9	118	0,7	0,4	9	336	0,03
C-14	120	0,25	0,5	2,5	150	0,02
B'-13	121	0,25	0,4	0,7	120	0,01
C'-13	122	0,5	0,25	5,3	150	0,04
A-2	131	0,5	0,3	4,5	180	0,03
A-5	134	0,5	0,3	7,6	180	0,04
A-7	136	0,5	0,3	7,6	180	0,04
D'-10	139	0,45	0,55	7	297	0,02

Tablo 5.27 : II. Güçlendirme Sistemi Birinci Kat Kesme Kuvveti Kontrolleri

Kolon Aksı	Kolon No	Boyutlar (m)		Vd,max (kN)	Vr,max (kN)	Vdmax/Vr,max
		b	h			
D-4	204	0,4	0,3	21	144	0,15
D-7	207	0,4	0,3	4,8	144	0,03
D-10	210	0,4	0,3	20,9	144	0,15
D-12	212	0,4	0,3	20,4	144	0,14
D-14	213	0,4	0,3	8	144	0,06
C-1	214	0,55	0,3	5,4	198	0,03
C-5	216	0,55	0,3	10,4	198	0,05
C-7	217	0,55	0,3	7,7	198	0,04
C-9	218	0,55	0,3	7,3	198	0,04
C-14	220	0,25	0,5	4,8	150	0,03
B'-13	221	0,25	0,4	1,9	120	0,02
C'-13	222	0,5	0,25	8,2	150	0,05
A-2	231	0,4	0,3	9,1	144	0,06
A-5	234	0,4	0,3	1,1	144	0,01
A-7	236	0,4	0,3	3,7	144	0,03
D'-10	239	0,45	0,55	16,6	297	0,06

Tablo 5.28 : II. Güçlendirme Sistemi İkinci Kat Kesme Kuvveti Kontrolleri

Kolon Aksı	Kolon No	Boyutlar (m)		Vd,max (kN)	Vr,max (kN)	Vdmax/Vr,max
		b	h			
D-4	304	0,3	0,3	12,7	108	0,12
D-7	307	0,4	0,3	0,6	144	0,00
D-10	310	0,3	0,3	12,6	108	0,12
D-12	312	0,3	0,3	11,3	108	0,10
D-14	313	0,4	0,3	4	144	0,03
C-1	314	0,45	0,25	4,3	135	0,03
C-5	316	0,45	0,25	8,8	135	0,07
C-7	317	0,45	0,25	6	135	0,04
C-9	318	0,45	0,25	4	135	0,03
C-14	320	0,25	0,5	4	150	0,03
B'-13	321	0,25	0,4	2	120	0,02
C'-13	322	0,5	0,25	7,3	150	0,05
A-2	331	0,3	0,3	6,3	108	0,06
A-5	334	0,4	0,3	3,9	144	0,03
A-7	336	0,4	0,3	5,9	144	0,04
D'-10	339	0,45	0,55	20,9	297	0,07

5.2.4.7. Normal Kuvvet Kontrolleri

İlave perdelerden dolayı kolonlarda oluşabilecek normal kuvvetlerdeki artışların söz konusu olabileceği düşünülerek perdelerle yakın olan en çok zorlanan kesitlerde kontroller yapılmıştır. Tüm kat kolonlarında deprem, hareketli ve düşey yükler altında tüm yük kombinasyonları gözönüne alınarak elde edilen kolon maximum normal kuvvetlerinin aşağıdaki formülle hesaplanan kolon maximum kapasite normal kuvvetlerine oranları zemin kat için Tablo 5.29 'un, birinci kat için Tablo 5.30 'un,

ikinci kat içinse Tablo 5.31' in son sütunlarında gösterilmiştir. Bu oranlar II. Güçlendirme Sistemi kolonlarının tüm yük kombinasyonları altında normal kuvvet için yeterli kapasitede olduklarını göstermektedir.

BS12 için $f_{ck} = 12000 \text{ kN/m}^2$ ve A_c kolon kesit alanı olmak üzere $N_{r,max}$ (kapasite normal kuvveti) hesaplanmıştır.

$$N_{max} = 0,5 \times f_{ck} \times A_c$$

$N_{d,max}$ = Tüm yük kombinasyonları altında elde edilen en yüksek tasarım eksenel yükü

Tablo 5.29 : II. Güçlendirme Sistemi Zemin Kat Normal Kuvvet Kontrolleri

Kolon Aksı	Kolon No	Boyutlar (m)		$N_{r,max}$ (kN)	$N_{d,max}$ (kN)	$N_{d,max}/N_{r,max}$
		b	h			
D-4	104	0,5	0,3	900	376,50	0,42
D-7	107	0,5	0,3	900	507,10	0,56
D-10	110	0,5	0,3	900	375,20	0,42
D-12	112	0,5	0,3	900	472,40	0,52
D-14	113	0,4	0,3	720	417,30	0,58
C-1	114	0,6	0,5	1800	684,60	0,38
C-5	116	0,7	0,4	1680	1387,00	0,83
C-7	117	0,7	0,4	1680	1425,30	0,85
C-9	118	0,7	0,4	1680	1319,90	0,79
C-14	120	0,25	0,5	750	349,70	0,47
B'-13	121	0,25	0,4	600	387,70	0,65
C'-13	122	0,5	0,25	750	332,10	0,44
A-2	131	0,5	0,3	900	466,40	0,52
A-5	134	0,5	0,3	900	586,90	0,65
A-7	136	0,5	0,3	900	607,30	0,67
D'-10	139	0,45	0,55	1485	409,50	0,28

Tablo 5.30 : II. Güçlendirme Sistemi Birinci Kat Normal Kuvvet Kontrolleri

Kolon Aksı	Kolon No	Boyutlar (m)		$N_{r,max}$ (kN)	$N_{d,max}$ (kN)	$N_{d,max}/N_{r,max}$
		b	h			
D-4	204	0,4	0,3	720	232,10	0,32
D-7	207	0,4	0,3	720	385,90	0,54
D-10	210	0,4	0,3	720	230,60	0,32
D-12	212	0,4	0,3	720	297,30	0,41
D-14	213	0,4	0,3	720	312,30	0,43
C-1	214	0,55	0,3	990	406,50	0,41
C-5	216	0,55	0,3	990	819,90	0,83
C-7	217	0,55	0,3	990	843,40	0,85
C-9	218	0,55	0,3	990	760,40	0,77
C-14	220	0,25	0,5	750	206,30	0,28
B'-13	221	0,25	0,4	600	242,80	0,40
C'-13	222	0,5	0,25	750	205,60	0,27
A-2	231	0,4	0,3	720	291,00	0,40
A-5	234	0,4	0,3	720	452,30	0,63
A-7	236	0,4	0,3	720	474,20	0,66
D'-10	239	0,45	0,55	1485	258,30	0,17

Tablo 5.31 : II. Güçlendirme Sistemi İkinci Kat Normal Kuvvet Kontrolleri

Kolon Aksı	Kolon No	Boyutlar (m)		Nr,max (kN)	Nd,max (kN)	Nd max/Nr,max
		b	h			
D-4	304	0,3	0,3	540	95,20	0,18
D-7	307	0,4	0,3	720	152,00	0,21
D-10	310	0,3	0,3	540	93,70	0,17
D-12	312	0,3	0,3	540	127,60	0,24
D-14	313	0,4	0,3	720	132,10	0,18
C-1	314	0,45	0,25	675	169,90	0,25
C-5	316	0,45	0,25	675	373,30	0,55
C-7	317	0,45	0,25	675	390,90	0,58
C-9	318	0,45	0,25	675	341,50	0,51
C-14	320	0,25	0,5	750	87,60	0,12
B'-13	321	0,25	0,4	600	104,50	0,17
C'-13	322	0,5	0,25	750	86,90	0,12
A-2	331	0,3	0,3	540	112,20	0,21
A-5	334	0,4	0,3	720	192,60	0,27
A-7	336	0,4	0,3	720	196,30	0,27
D'-10	339	0,45	0,55	1485	106,70	0,07

5.2.4.8. Sonuçların Değerlendirilmesi

II. güçlendirme sistemi ilave perdelerinin düşey ve yatay yükler altında aldığı eğilme momentlerinin yatay deprem yüklerinden meydana gelen devrilme momentini karşıladığı, kolonlarda oluşan kesit tesirlerinin kolon kapasitelerinden düşük olduğu böylelikle sistemin yatay deprem kuvvetlerine karşı yeterli güvenliğe sahip olduğu anlaşılmıştır. Göreli kat ötelemeleri sınır değerlerin oldukça altına düşmüş, sistemin rijitliği artmıştır. X doğrultusunda hesaplanan depreme dayanıklılık indeksi $S_{BGX} = 1,12$; Y doğrultusunda $S_{BGY} = 0,96 \approx 1$ değerlerini alarak yapının depreme karşı güçlendirilmesinde S_{BG} üst sınırına ulaşılmış, yapı önceki durumlarına göre oldukça rijitleştirilmiş, yeterli güvenlikte bir tasarım gerçekleştirilmiştir.

Analizi yapılan II. Güçlendirme sisteminin yapının yeni güçlendirme sistemi olmasına karar verilmiştir.

5.2.4.9. İlave Perdelerin Betonarme Hesabı

Perdelerin eşit ataletli dikdörtgen kesitleri hesaplanmıştır. Hesaplarda mevcut beton (BS12) için $E_c = 25260 \text{ N/mm}^2$ yeni beton (BS25) için $E_c = 30250 \text{ N/mm}^2$ kullanılmıştır.

S420 ve BS25 için

$$f_{cd} = 16,7 \text{ Mpa}$$

$$f_{yd} = 365 \text{ Mpa}$$

$$f_{ctd} = 1,15 \text{ Mpa}$$

PX160 PERDESİ :

PX160 perdesinin betonarme hesabı ve kontrolü için en büyük zorlamaları oluşturan kesit tesirleri aşağıdaki gibidir.

$$M_d = 2555,5 \text{ kNm}$$

$$N_d = 1499,3 \text{ kN}$$

$$V_d = 637,23 \text{ kN}$$

$$b_w = 30 \text{ cm} \quad l_w = 380 \text{ cm} \quad 0,2l_w = 76 \text{ cm} \quad 0,8l_w = 304 \text{ cm}$$

PX160 perdesi PY167 perdesiyle birleşik konumda olduğu için eşit ataletli dikdörtgen kesit genişliği hesaplanırken PY167 perdesinin $3b = 90 \text{ cm}$ uzunluğunda dikkate alınmıştır.

eşit ataletli dikdörtgen kesit genişliği; $b_{w,eş} = 69 \text{ cm}$

$$m_d = M_d / (0,85 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h^2) = 2,555 / (0,85 \times 16,7 \times 0,69 \times 3,04^2) = 0,03$$

$$n_d = N_d / (0,85 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h) = 1,499 / (0,85 \times 16,7 \times 0,69 \times 3,04) = 0,05$$

$$d' / h = 0,10 \quad \rho_m = 0,13$$

$$A_s + A_s' = \rho_m \cdot b \cdot h / (f_{yd} / 0,85 f_{cd}) = 0,13 \times 690 \times 3040 / (365 / 0,85 \times 16,7) \\ = 10604 \text{ mm}^2$$

Bir uç için gerekli donatı alanı ;

$$A_s = A_s' = 5302 \text{ mm}^2$$

Seçilen başlık donatısı : 18 Φ 20 (5655 mm²)

$$A_{s \min, u\check{c}} = 0,002 l_w b_w = 0,002 \times 3800 \times 690 = 5244 \text{ mm}^2 < 5655 \text{ mm}^2$$

$H_{cr} > l_w$ olması gerektiğinden kritik perde yüksekliğı ; $H_{cr} = 2 \times h_i = 2 \times 3 = 6 \text{ m}$

$$H_{cr} = 6 \text{ m} > l_w = 3,80 \text{ m}$$

Kritik Perde Yüksekliğı $H_{cr} = 6 \text{ m}$ olarak alınmıştır.

Seçilen düşey gövde donatısı ; 2 x Φ 12 / 20(1130 mm² / m)

$$\rho_g = 2 \times 113 / (300 \times 200) = 0,0038 > \rho_{\min} = 0,0025 \text{ (yeterli)}$$

Perdenin kesme güvenliğı :

$$f_{ctd} = 1,15 \text{ Mpa} = 1150 \text{ kN/m}^2$$

$$V_{cr} = 0,65 f_{ctd} b_w l_w = 0,65 \times 1150 \times 0,3 \times 3,04 = 681,72 \text{ kN}$$

$$V_d = 637,23 < V_{cr} = 681,72 \text{ kN}$$

Seçilen yatay gvde donatısı ; 2 x Φ 12 / 20(1130 mm² / m)

$$V_w = (A_{sw} / s) \times f_{yd} \times d = (2 \times 113/200) \times 0,365 \times 3040 = 1253,8 \text{ kN}$$

$$V_w = 1253,8 > V_d = 637,23$$

$$\rho_g = 2 \times 113 / (300 \times 200) = 0,0038 > \rho_{\min} = 0,0025 \text{ (yeterli)}$$

Enine donatı için :

Φ 8/10 secilirse ;

Kısa doğrultuda

$$A_{sh} > 0,075 \times s \times b_k \times (f_{ck} / f_{yk}) \times (2/3)$$

$$A_{sh} = 4 \times 0,50 = 2 \text{ cm}^2 > 0,075 \times 10 \times 55 \times (250/3650) \times (2/3) = 1,88 \text{ cm}^2$$

Uzun doğrultuda

$$A_{sh} = 4 \times 0,50 = 2 \text{ cm}^2 < 0,075 \times 10 \times 75 \times (250/3650) \times (2/3) = 2,57 \text{ cm}^2$$

Φ 10/10 secilirse ;

$$A_{sh} = 4 \times 0,79 = 3,16 \text{ cm}^2 > 0,075 \times 10 \times 75 \times (250/3650) \times (2/3) = 2,57 \text{ cm}^2$$

Seçilen enine donatı Φ 10/10

PX161 PERDESİ :

PX161 perdesinin bet onarme hesabı ve kontrolü için en büyük zorlamaları oluşturan kesit tesirleri aşağıdaki gibidir.

$$M_d = 2544,4 \text{ kNm}$$

$$N_d = 1452,3 \text{ kN}$$

$$V_d = 599,3 \text{ kN}$$

$$b_w = 30 \text{ cm} \quad l_w = 380 \text{ cm} \quad 0,2l_w = 76 \text{ cm} \quad 0,8l_w = 304 \text{ cm}$$

PX161 perdesi PY169 perdesiyle birleşik konumda olduğu için eşit ataletli dikdörtgen kesit genişliği hesaplanırken PY169 perdesinin $3b = 90 \text{ cm}$ uzunluğunda dikkate alınmıştır.

eşit ataletli dikdörtgen kesit genişliği; $b_{w,eş} = 69 \text{ cm}$

$$m_d = M_d / (0,85 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h^2) = 2,544 / (0,85 \times 16,7 \times 0,69 \times 3,04^2) = 0,03$$

$$n_d = N_d / (0,85 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h) = 1,452 / (0,85 \times 16,7 \times 0,69 \times 3,04) = 0,05$$

$$d' / h = 0,10 \quad \rho_m = 0,13$$

$$A_s + A_s' = \rho_m \cdot b \cdot h / (f_{yd} / 0,85 f_{cd}) = 0,13 \times 690 \times 3040 / (365 / 0,85 \times 16,7) = 10604 \text{ mm}^2$$

Bir uç için gerekli donatı alanı ;

$$A_s = A_s' = 5302 \text{ mm}^2$$

Seçilen başlık donatısı : $18 \Phi 20 (5655 \text{ mm}^2)$

$$A_{s \min, u\check{c}} = 0,002 l_w b_w = 0,002 \times 3800 \times 690 = 5244 \text{ mm}^2 < 5655 \text{ mm}^2$$

$H_{cr} > l_w$ olması gerektiğinden kritik perde yüksekliğı ; $H_{cr} = 2 \times h_l = 2 \times 3 = 6 \text{ m}$

$$H_{cr} = 6 \text{ m} > l_w = 3,80 \text{ m}$$

Kritik Perde Yüksekliğı $H_{cr} = 6 \text{ m}$ olarak alınmıştır.

Seçilen düşey gövde donatısı ; $2 \times \Phi 12 / 20 (1130 \text{ mm}^2 / \text{m})$

$$\rho_g = 2 \times 113 / (300 \times 200) = 0,0038 > \rho_{\min} = 0,0025 \text{ (yeterli)}$$

Perdenin kesme güvenliği :

$$f_{ctd} = 1,15 \text{ Mpa} = 1150 \text{ kN/m}^2$$

$$V_{cr} = 0,65 f_{ctd} b_w l_w = 0,65 \times 1150 \times 0,3 \times 3,04 = 681,72 \text{ kN}$$

$$V_d = 599,3 < V_{cr} = 681,72$$

Seçilen yatay gövde donatısı ; $2 \times \Phi 12 / 20 \text{ (} 1130 \text{ mm}^2 / \text{m)}$

$$V_w = (A_{sw} / s) \times f_{yd} \times d = (2 \times 113 / 200) \times 0,365 \times 3040 = 1253,8 \text{ kN}$$

$$V_w = 1253,8 > V_d = 599,3$$

$$\rho_g = 2 \times 113 / (300 \times 200) = 0,0038 > \rho_{\min} = 0,0025 \text{ (yeterli)}$$

PX162 PERDESİ :

PX162 perdesinin bet onarma hesabı ve kontrolü için en büyük zorlamaları oluşturan kesit tesirleri aşağıdaki gibidir.

$$M_d = 4968,7 \text{ kNm}$$

$$N_d = 757,1 \text{ kN}$$

$$V_d = 857,6 \text{ kN}$$

$$b_w = 30 \text{ cm} \quad l_w = 477,5 \text{ cm} \quad 0,2l_w = 95,5 \text{ cm} \quad 0,8l_w = 382 \text{ cm}$$

eşit ataletli dikdörtgen kesit genişliği; $b_{w,es} = 55 \text{ cm}$

$$m_d = M_d / (0,85 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h^2) = 4,968 / (0,85 \times 16,7 \times 0,55 \times 3,82^2) = 0,04$$

$$n_d = N_d / (0,85 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h) = 0,757 / (0,85 \times 16,7 \times 0,55 \times 3,82) = 0,03$$

$$d' / h = 0,10 \quad \rho_m = 0,10$$

$$A_s + A_s' = \rho_m \cdot b \cdot h / (f_{yd} / 0,85 f_{cd}) = 0,10 \times 550 \times 3820 / (365 / 0,85 \times 16,7) \\ = 10622 \text{ mm}^2$$

Bir uç için gerekli donatı alanı ;

$$A_s = A_s' = 5311 \text{ mm}^2$$

Seçilen başlık donatısı : 22 Φ 18 (5599 mm^2)

$$A_{s \min, \text{uç}} = 0,002 l_w b_w = 0,002 \times 4775 \times 550 = 5252 \text{ mm}^2 < 5599 \text{ mm}^2$$

$H_{cr} > l_w$ olması gerektiğinden kritik perde yüksekliği ; $H_{cr} = 2 \times h_i = 2 \times 3 = 6 \text{ m}$

$$H_{cr} = 6 \text{ m} > l_w = 4,775 \text{ m}$$

Kritik Perde Yüksekliği $H_{cr} = 6 \text{ m}$ olarak alınmıştır.

Seçilen düşey gövde donatısı ; 2 x Φ 12 / 20 (1130 mm^2 / m)

$$\rho_g = 2 \times 113 / (300 \times 200) = 0,0038 > \rho_{\min} = 0,0025 \text{ (yeterli)}$$

Perdenin kesme güvenliği :

$$f_{ctd} = 1,15 \text{ Mpa} = 1150 \text{ kN/m}^2$$

$$V_{cr} = 0,65 f_{ctd} b_w l_w = 0,65 \times 1150 \times 0,3 \times 3,82 = 857 \text{ kN}$$

$$V_d = 857,6 \leq V_{cr} = 857$$

Seçilen yatay gövde donatısı ; 2 x Φ 12 / 20 (1130 mm^2 / m)

$$V_w = (A_{sw} / s) \times f_{yd} \times d = (2 \times 113 / 200) \times 0,365 \times 3820 = 1575 \text{ kN}$$

$$V_w = 1575 > V_d = 599,3$$

$$\rho_g = 2 \times 113 / (300 \times 200) = 0,0038 > \rho_{\min} = 0,0025 \text{ (yeterli)}$$

PX163 – PX164 – PX165 PERDELERİ :

PX165 perdesinin betonarme hesabı ve kontrolü için en büyük zorlamaları oluşturan kesit tesirleri aşağıdaki gibidir.

$$M_d = 3837,3 \text{ kNm}$$

$$N_d = 976,6 \text{ kN}$$

$$V_d = 679,2 \text{ kN}$$

$$b_w = 30 \text{ cm} \quad l_w = 380 \text{ cm} \quad 0,2l_w = 76 \text{ cm} \quad 0,8l_w = 304 \text{ cm}$$

eşit ataletli dikdörtgen kesit genişliği; $b_{w,es} = 61 \text{ cm}$

$$m_d = M_d / (0,85 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h^2) = 3,837 / (0,85 \times 16,7 \times 0,61 \times 3,04^2) = 0,05$$

$$n_d = N_d / (0,85 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h) = 0,976 / (0,85 \times 16,7 \times 0,61 \times 3,04) = 0,04$$

$$d' / h = 0,10 \quad \rho_m = 0,12$$

$$A_s + A_s' = \rho_m \cdot b \cdot h / (f_{yd} / 0,85 f_{cd}) = 0,12 \times 610 \times 3040 / (365 / 0,85 \times 16,7)$$

$$= 8654 \text{ mm}^2$$

Bir uç için gerekli donatı alanı ;

$$A_s = A_s' = 4327 \text{ mm}^2$$

Seçilen başlık donatısı : 18 Φ 18 (4581 mm^2)

$$A_{s \min, u\check{c}} = 0,002 l_w b_w = 0,002 \times 3800 \times 610 = 4536 \text{ mm}^2 < 4581 \text{ mm}^2$$

$H_{cr} > l_w$ olması gerektiğinden kritik perde yüksekliğı ; $H_{cr} = 2 \times h_l = 2 \times 3 = 6 \text{ m}$

$$H_{cr} = 6 \text{ m} > l_w = 3,80 \text{ m}$$

Kritik Perde Yüksekliğı $H_{cr} = 6 \text{ m}$ olarak alınmıştır.

Seçilen düşey gövde donatısı ; 2 x Φ 12 / 20 (1130 mm^2 / m)

$$\rho_g = 2 \times 113 / (300 \times 200) = 0,0038 > \rho_{\min} = 0,0025 \text{ (yeterli)}$$

Perdenin kesme güvenliğı :

$$f_{ctd} = 1,15 \text{ Mpa} = 1150 \text{ kN/m}^2$$

$$V_{cr} = 0,65 f_{ctd} b_w l_w = 0,65 \times 1150 \times 0,3 \times 30,4 = 681,72 \text{ kN}$$

$$V_d = 679,2 < V_{cr} = 681,72$$

Seçilen yatay gövde donatısı ; 2 x Φ 12 / 20 (1130 mm^2 / m)

$$V_w = (A_{sw} / s) \times f_{yd} \times d = (2 \times 113 / 200) \times 0,365 \times 3040 = 1253,8 \text{ kN}$$

$$V_w = 1253,8 > V_d = 679,2$$

$$\rho_g = 2 \times 113 / (300 \times 200) = 0,0038 > \rho_{\min} = 0,0025 \text{ (yeterli)}$$

(PX164 ve PX165 perdelerinde kullanılan donatılar PX163 ile aynıdır.)

PY166 – PY168 PERDELERİ :

PY166 perdesinin betonarme hesabı ve kontrolü için en büyük zorlamaları oluşturan kesit tesirleri aşağıdaki gibidir.

$$M_d = 4386,6 \text{ kNm}$$

$$N_d = 1549,7 \text{ kN}$$

$$V_d = 906,9 \text{ kN}$$

$$b_w = 30 \text{ cm} \quad l_w = 590 \text{ cm} \quad 0,2l_w = 118 \text{ cm} \quad 0,8l_w = 472 \text{ cm}$$

eşit ataletli dikdörtgen kesit genişliği; $b_{w,eş} = 52 \text{ cm}$

$$m_d = M_d / (0,85 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h^2) = 4,387 / (0,85 \times 16,7 \times 0,52 \times 4,72^2) = 0,03$$

$$n_d = N_d / (0,85 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h) = 1,550 / (0,85 \times 16,7 \times 0,52 \times 4,72) = 0,04$$

$$d' / h = 0,10 \quad \rho_m = 0,13$$

$$A_s + A_s' = \rho_m \cdot b \cdot h / (f_{yd} / 0,85 f_{cd}) = 0,13 \times 520 \times 4720 / (365 / 0,85 \times 16,7) \\ = 12408 \text{ mm}^2$$

Bir uç için gerekli donatı alanı ;

$$A_s = A_s' = 6204 \text{ mm}^2$$

Seçilen başlık donatısı : 26 Φ 18(6617 mm²)

$$A_{s \text{ min, uç}} = 0,002 l_w b_w = 0,002 \times 5900 \times 520 = 6136 \text{ mm}^2 < 6617 \text{ mm}^2$$

$H_{cr} > l_w$ olması gerektiğinden kritik perde yüksekliği ; $H_{cr} = 2 \times h_l = 2 \times 3 = 6 \text{ m}$

$$H_{cr} = 6 \text{ m} > l_w = 5,90 \text{ m}$$

Kritik Perde Yüksekliği $H_{cr} = 6 \text{ m}$ olarak alınmıştır.

Seçilen düşey gövde donatısı ; 2 x Φ 12/25 (9050 mm² / m)

$$\rho_g = 2 \times 90,5 / (300 \times 250) = 0,0025 = \rho_{min} = 0,0025 \text{ (yeterli)}$$

Perdenin kesme güvenliği :

$$f_{ctd} = 1,15 \text{ Mpa} = 1150 \text{ kN/m}^2$$

$$V_{cr} = 0,65 f_{ctd} b_w l_w = 0,65 \times 1150 \times 0,3 \times 4,72 = 1058 \text{ kN}$$

$$V_d = 906,9 < V_{cr} = 1058$$

Seçilen yatay gövde donatısı ; 2 x Φ 12 / 20 (1130 mm² / m)

$$V_w = (A_{sw} / s) \times f_{yd} \times d = (2 \times 113/200) \times 0,365 \times 4720 = 1946,7 \text{ kN}$$

$$V_w = 1946,7 > V_d = 906,9$$

$$\rho_g = 2 \times 113 / (300 \times 200) = 0,0038 > \rho_{min} = 0,0025 \text{ (yeterli)}$$

(PY168 perdesinde kullanılan donatılar PY166 ile aynıdır.)

PY167 – PY169 PERDELERİ :

PY169 perdesinin betonarme hesabı ve kontrolü için en büyük zorlamaları oluşturan kesit tesirleri aşağıdaki gibidir.

$$\begin{aligned}M_d &= 4901,9 \text{ kNm} \\N_d &= 2477,8 \text{ kN} \\V_d &= 1057 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$b_w = 30 \text{ cm} \quad l_w = 590 \text{ cm} \quad 0,2l_w = 118 \text{ cm} \quad 0,8l_w = 472 \text{ cm}$$

PX161 perdesi PY169 perdesiyle birleşik konumda olduğu için eşit ataletli dikdörtgen kesit genişliği hesaplanırken PX161 perdesinin $3b = 90 \text{ cm}$ uzunluğunda dikkate alınmıştır.

eşit ataletli dikdörtgen kesit genişliği; $b_{w,es} = 55 \text{ cm}$

$$m_d = M_d / (0,85 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h^2) = 4,902 / (0,85 \times 16,7 \times 0,55 \times 4,72^2) = 0,03$$

$$n_d = N_d / (0,85 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h) = 2,478 / (0,85 \times 16,7 \times 0,55 \times 4,72) = 0,06$$

$$d' / h = 0,10 \quad \rho_m = 0,15$$

$$\begin{aligned}A_s + A_s' &= \rho_m \cdot b \cdot h / (f_{yd} / 0,85 f_{cd}) = 0,15 \times 550 \times 4720 / (365 / 0,85 \times 16,7) \\&= 15144 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Bir uç için gerekli donatı alanı ;

$$A_s = A_s' = 7572 \text{ mm}^2$$

Seçilen başlık donatısı : $26 \Phi 20$ (8169 mm^2)

$$A_{s \text{ min, uç}} = 0,002 l_w b_w = 0,002 \times 5900 \times 550 = 6490 \text{ mm}^2 < 6617 \text{ mm}^2$$

$H_{cr} > l_w$ olması gerektiğinden kritik perde yüksekliği ; $H_{cr} = 2 \times h_l = 2 \times 3 = 6 \text{ m}$

$$H_{cr} = 6 \text{ m} > l_w = 5,90 \text{ m}$$

Kritik Perde Yüksekliği $H_{cr} = 6 \text{ m}$ olarak alınmıştır.

Seçilen düşey gövde donatısı ; $2 \times \Phi 12/25$ ($9050 \text{ mm}^2 / \text{m}$)

$$\rho_g = 2 \times 90,5 / (300 \times 250) = 0,0025 = \rho_{\min} = 0,0025 \text{ (yeterli)}$$

Perdenin kesme güvenliği :

$$f_{ctd} = 1,15 \text{ Mpa} = 1150 \text{ kN/m}^2$$

$$V_{cr} = 0,65 f_{ctd} b_w l_w = 0,65 \times 1150 \times 0,3 \times 4,72 = 1058 \text{ kN}$$

$$V_d = 1057 < V_{cr} = 1058$$

Seçilen yatay gövde donatısı ; $2 \times \Phi 12/20$ ($1130 \text{ mm}^2 / \text{m}$)

$$V_w = (A_{sw} / s) \times f_{yd} \times d = (2 \times 113/200) \times 0,365 \times 4720 = 1946,7 \text{ kN}$$

$$V_w = 1946,7 > V_d = 1057$$

$$\rho_g = 2 \times 113 / (300 \times 200) = 0,0038 > \rho_{min} = 0,0025 \text{ (yeterli)}$$

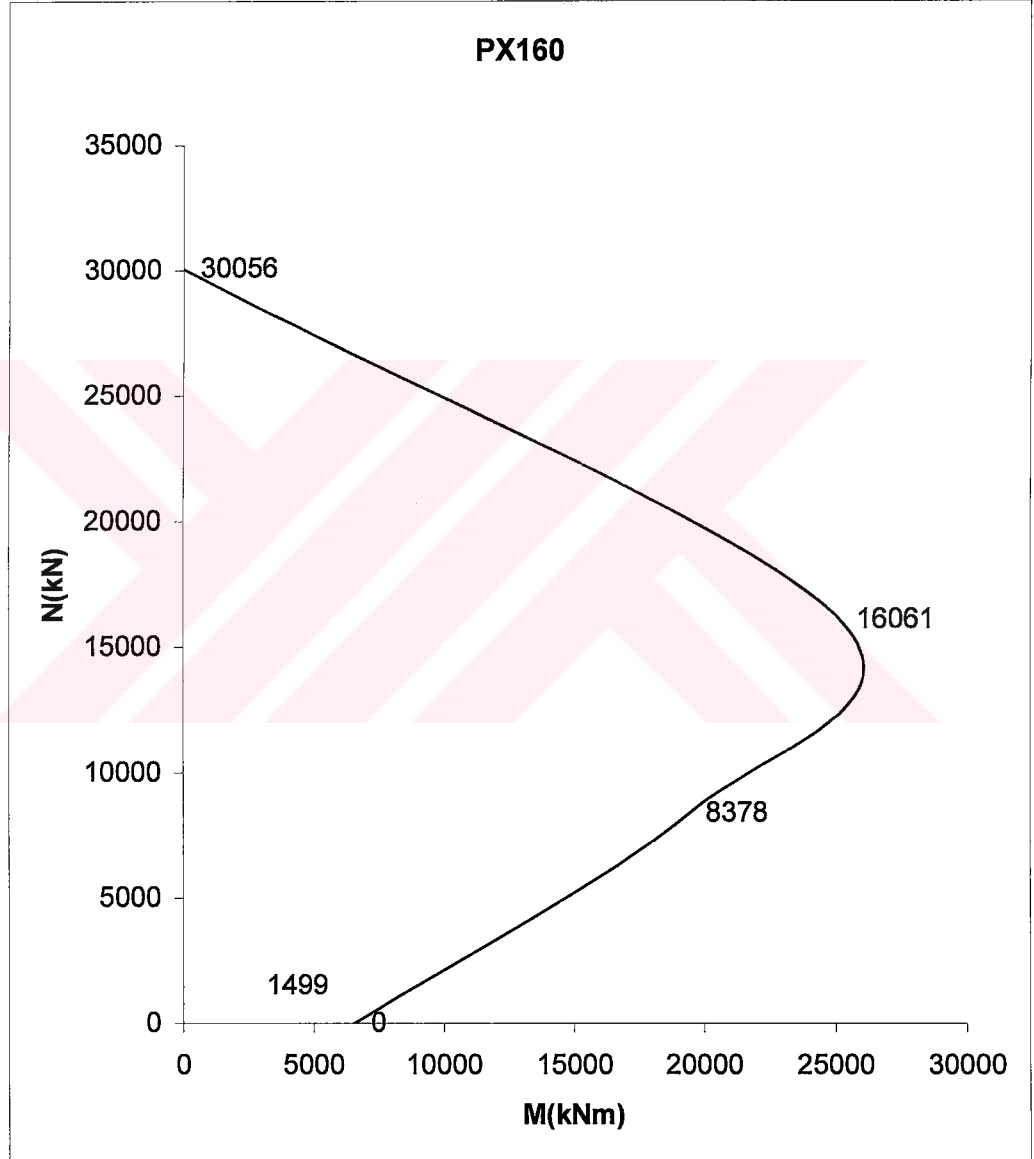
(PY 167 perdesinde kullanılan donatılar PY169 perdesiyle aynıdır.)

5.2.4.10. İlave Perdelerinin Karşılıklı Etki Diyagramı

X ve Y doğrultusunda çalışan perdeler için Prof. Dr. Zeki Hasgür' ün hazırlamış olduğu KESDONG programı kullanılarak, kesit boyutları, eksenel kuvveti ve önceden malzeme dayanımları ile donatısı belirlenmiş perdelerde gövde donatıları ve kesit geometrisindeki değişim de dikkate alınarak kesite ait mevcut eksenel kuvvet altında donatının ilk aktığı andaki moment M_y , taşıma gücü moment M_u , dengeli duruma karşılık gelen moment M_b , basit eğilme moment M_0 , ve bunlara karşı gelen eğrilikler ve eksenel kuvvetler N_y , N_u , N_b , ile salt eksenel yük etkisindeki kesit için N_0 değerleri elde edilmiştir. [3] Yapının güçlendirilmesinde eklenen betonarme perdeler için karşılıklı etki diyagramlarının üretilmesinde bu değerlerden yararlanılmıştır. Aşağıda X ve Y doğrultusunda çalışan tüm perdeler için karşılıklı etki diyagramları ve diyagramların oluşturulmasında kullanılan değerler verilmiştir. Perdelerde oluşan maximum normal kuvvet ve eğilme moment i çifti diyagramların içinde işaretlenmiş ve dengeli güç tükenmesinin altında oldukları, perde kesitleri tarafından taşınabildikleri görülmüş tür.

PX160 Perdesi

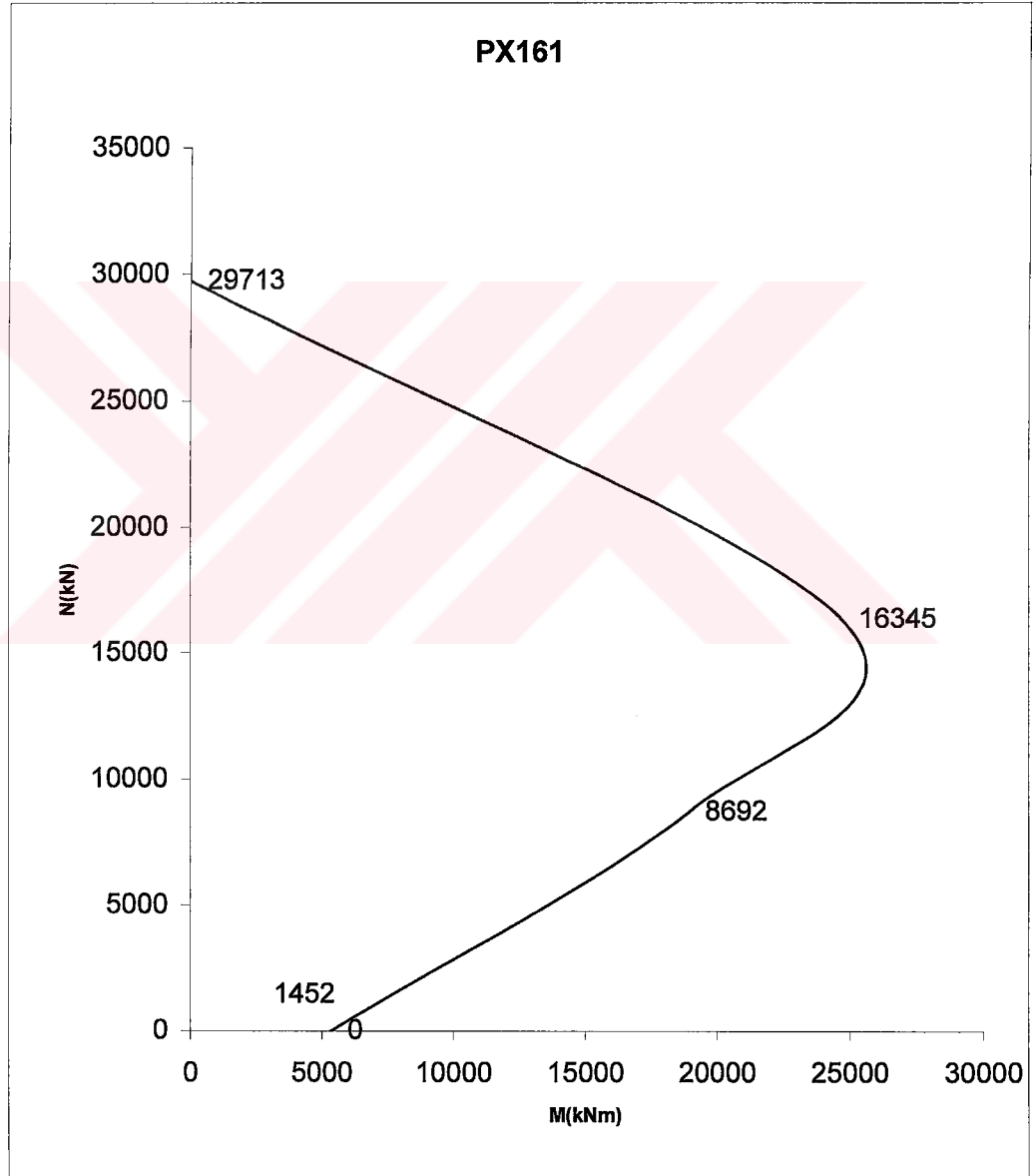
Eğilme Momenti	Normal Kuvvet		Dengeli Kesit Kuvveti ve Momenti		Basit Eğilme Momenti	Taşıma Gücü Kuvveti Ve Momenti	
Md (kNm)	Nd (kN)	No (kN)	Nb (kN)	Mb (kNm)	Mo (kNm)	Nu (kN)	Mu (kNm)
2555	1499	30056	16061	25164	6560	8378	19431



Şekil 5.6 : PX160 Perdesi Karşılıklı Etki Diyagramı

PX161 Perdesi

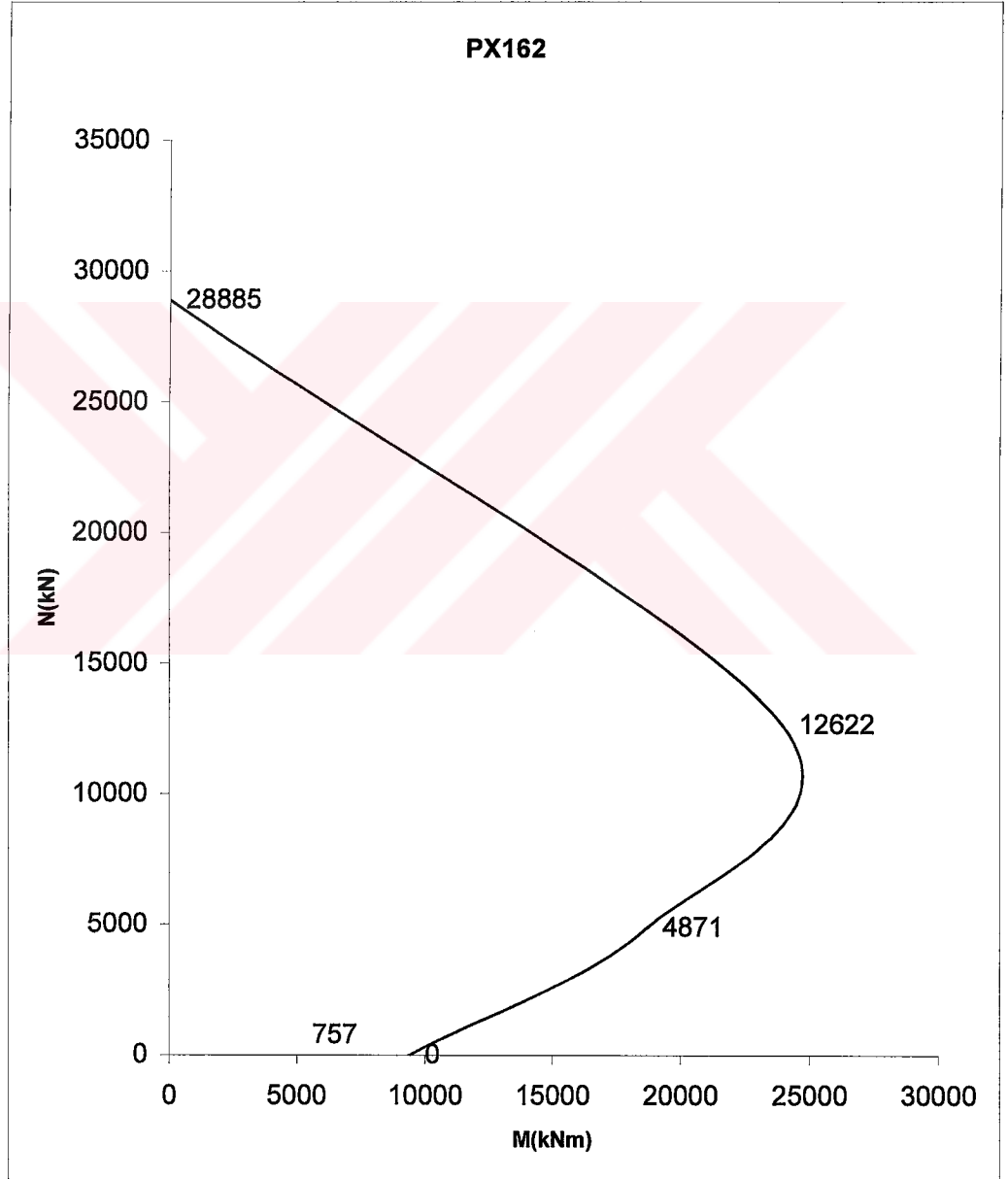
Eğilme Momenti	Normal Kuvvet		Dengeli Kesit Kuvveti ve Momenti		Basit Eğilme Momenti	Taşıma Gücü Kuvveti Ve Momenti	
Md (kNm)	Nd (kN)	No (kN)	Nb (kN)	Mb (kNm)	Mo (kNm)	Nu (kN)	Mu (kNm)
2544	1452	29713	16345	24690	5335	8692	18915



Şekil 5.7 : PX161 Perdesi Karşılıklı Etki Diyagramı

PX162 Perdesi

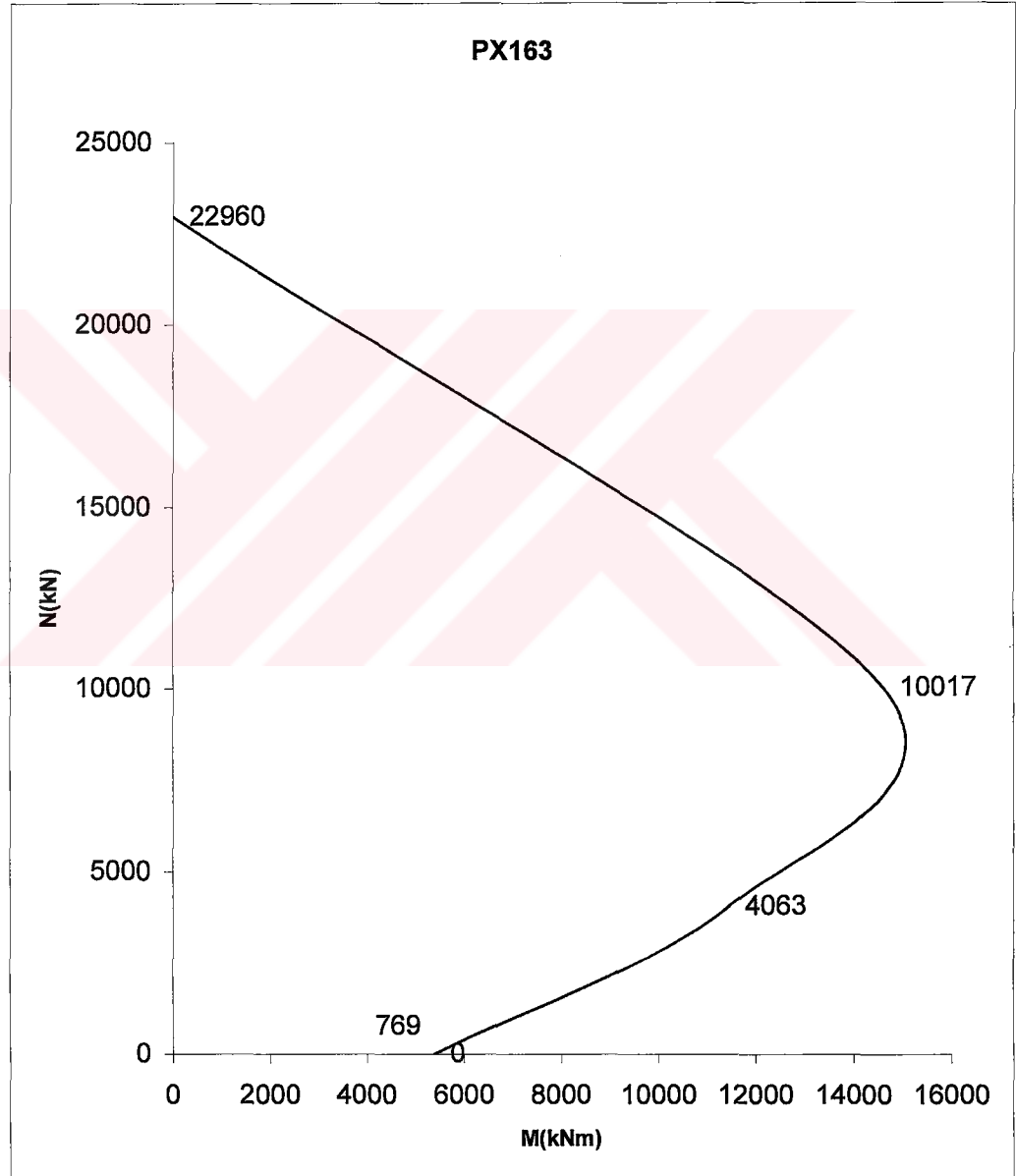
Eğilme Momenti	Normal Kuvvet		Dengeli Kesit Kuvveti ve Momenti		Basit Eğilme Momenti	Taşıma Gücü Kuvveti Ve Momenti	
Md (kNm)	Nd (kN)	No (kN)	Nb (kN)	Mb (kNm)	Mo (kNm)	Nu (kN)	Mu (kNm)
4969	757	28885	12622	23953	9386	4871	18688



Şekil 5.8 : PX162 Perdesi Karşılıklı Etki Diyagramı

PX163 Perdesi

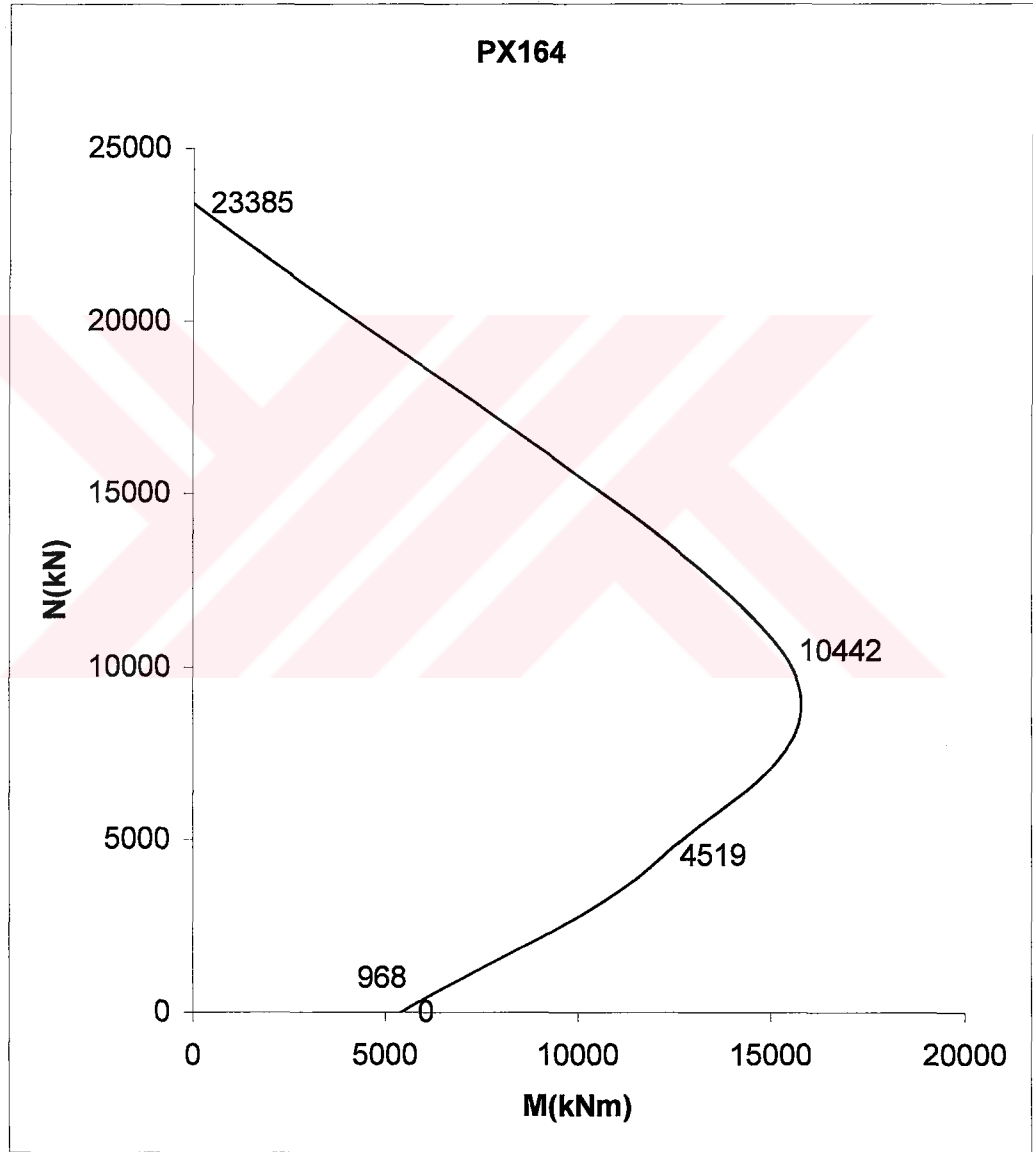
Eğilme Momenti	Normal Kuvvet		Dengeli Kesit Kuvveti ve Momenti		Basit Eğilme Momenti	Taşıma Gücü Kuvveti Ve Momenti	
Md (kNm)	Nd (kN)	No (kN)	Nb (kN)	Mb (kNm)	Mo (kNm)	Nu (kN)	Mu (kNm)
3835	769	22960	10017	14598	5381	4063	11457



Şekil 5.9 : PX163 Perdesi Karşılıklı Etki Diyagramı

PX164 Perdesi

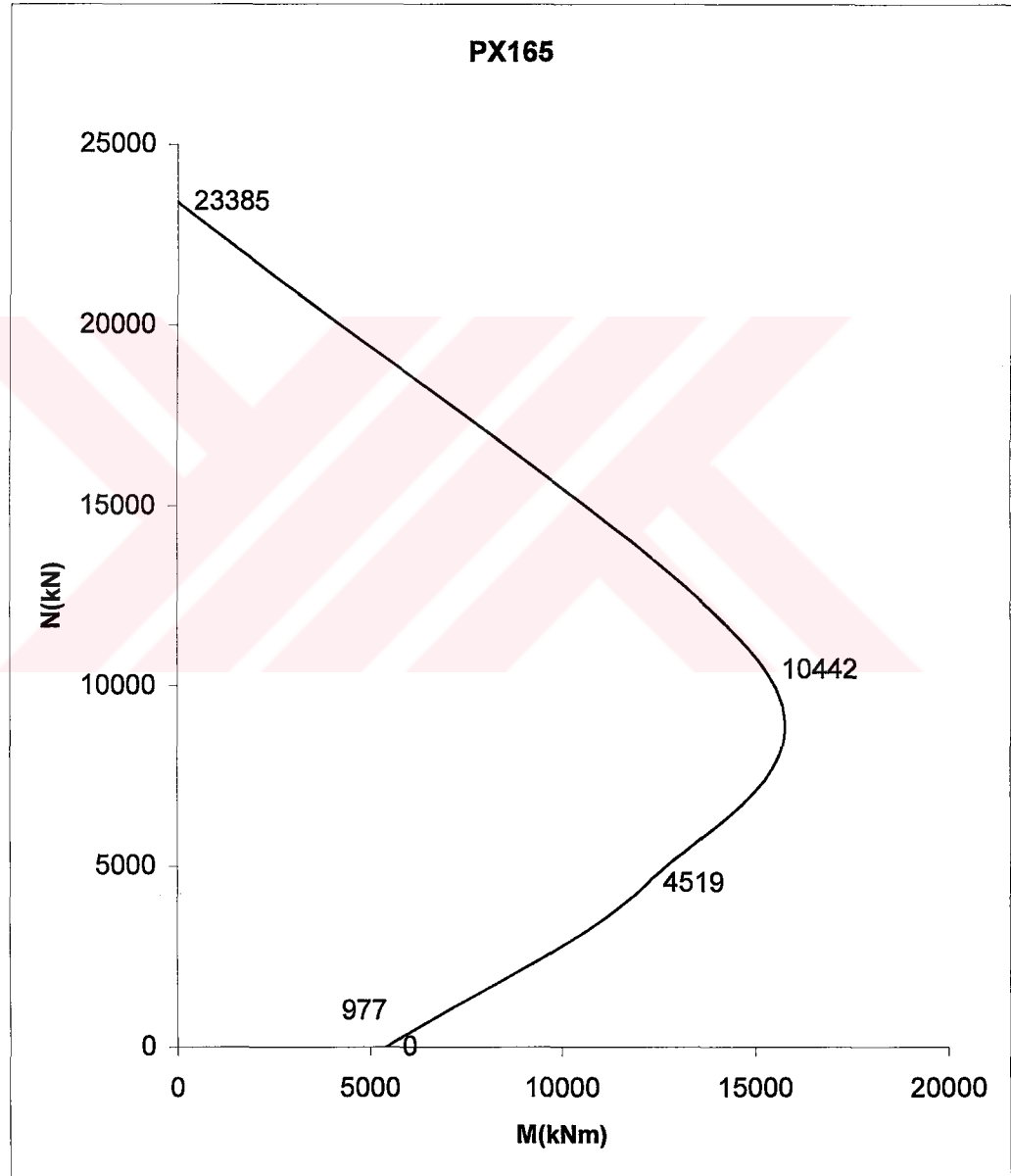
Eğilme Momenti	Normal Kuvvet	Dengeli Kesit Kuvveti ve Momenti			Basit Eğilme Momenti	Taşıma Gücü Kuvveti Ve Momenti	
Md (kNm)	Nd (kN)	No (kN)	Nb (kN)	Mb (kNm)	Mo (kNm)	Nu (kN)	Mu (kNm)
3834	968	23385	10442	15278	5412	4519	12213



Şekil 5.10 : PX164 Perdesi Karşılıklı Etki Diyagramı

PX165 Perdesi

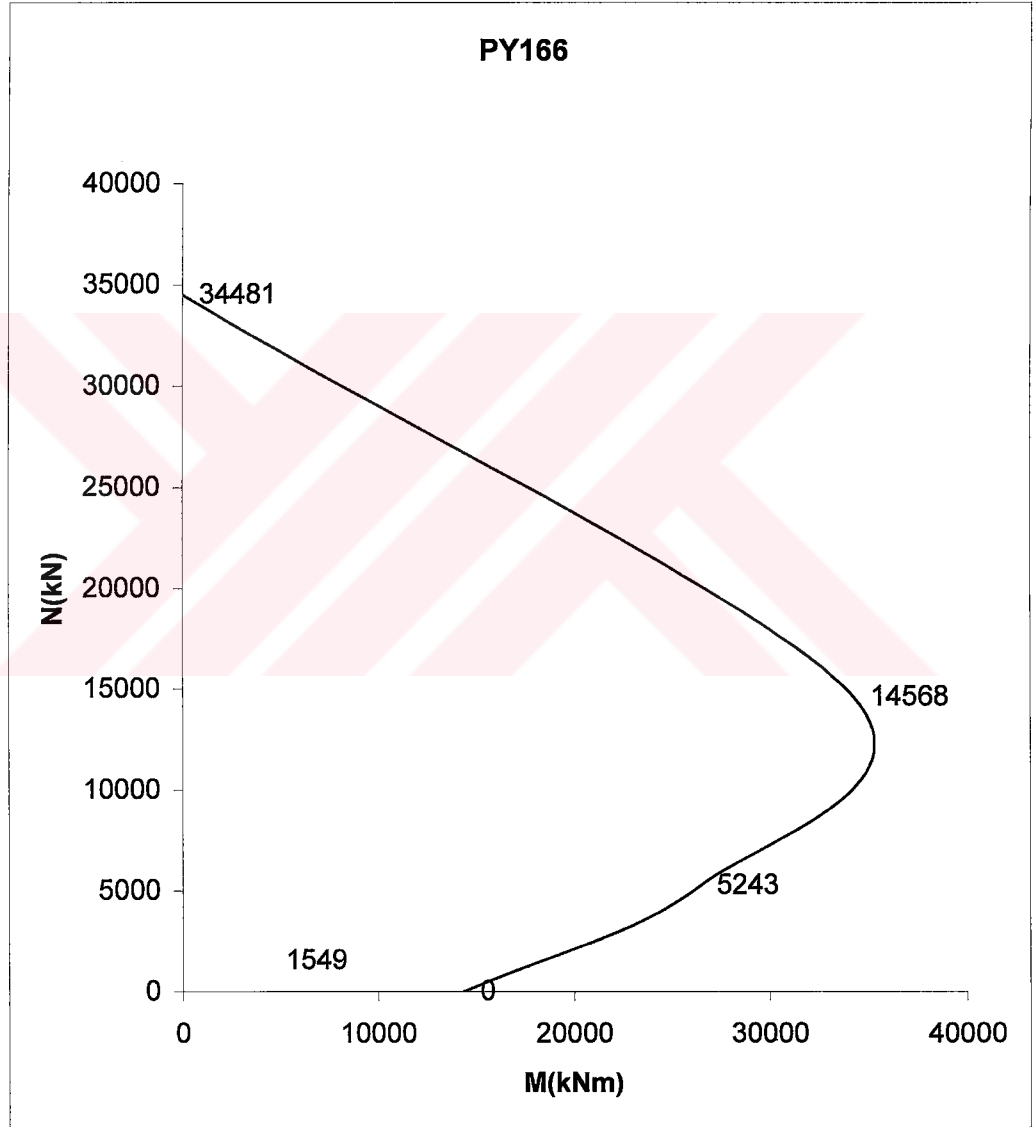
Eğilme Momenti	Normal Kuvvet		Dengeli Kesit Kuvveti ve Momenti		Basit Eğilme Momenti	Taşıma Gücü Kuvveti Ve Momenti	
Md (kNm)	Nd (kN)	No (kN)	Nb (kN)	Mb (kNm)	Mo (kNm)	Nu (kN)	Mu (kNm)
3837	977	23385	10442	15278	5412	4519	12213



Şekil 5.11 : PX165 Perdesi Karşılıklı Etki Diyagramı

PY166 Perdesi

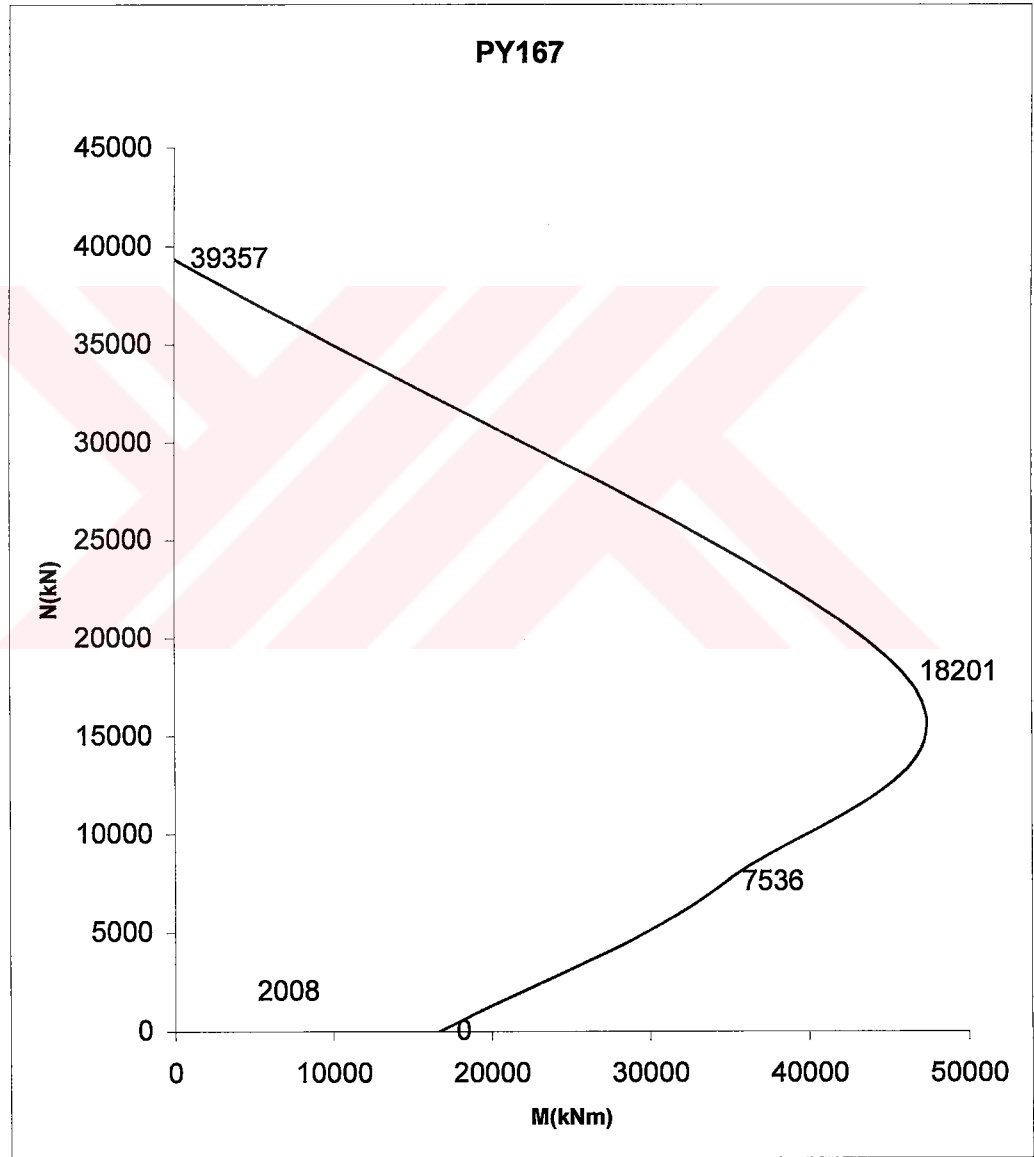
Eğilme Momenti	Normal Kuvvet		Dengeli Kesit Kuvveti ve Momenti		Basit Eğilme Momenti	Taşıma Gücü Kuvveti Ve Momenti	
Md (kNm)	Nd (kN)	No (kN)	Nb (kN)	Mb (kNm)	Mo (kNm)	Nu (kN)	Mu (kNm)
4387	1549	34481	14568	34273	14371	5243	26444



Şekil 5.12 : PY166 Perdesi Karşılıklı Etki Diyagramı

PY167 Perdesi

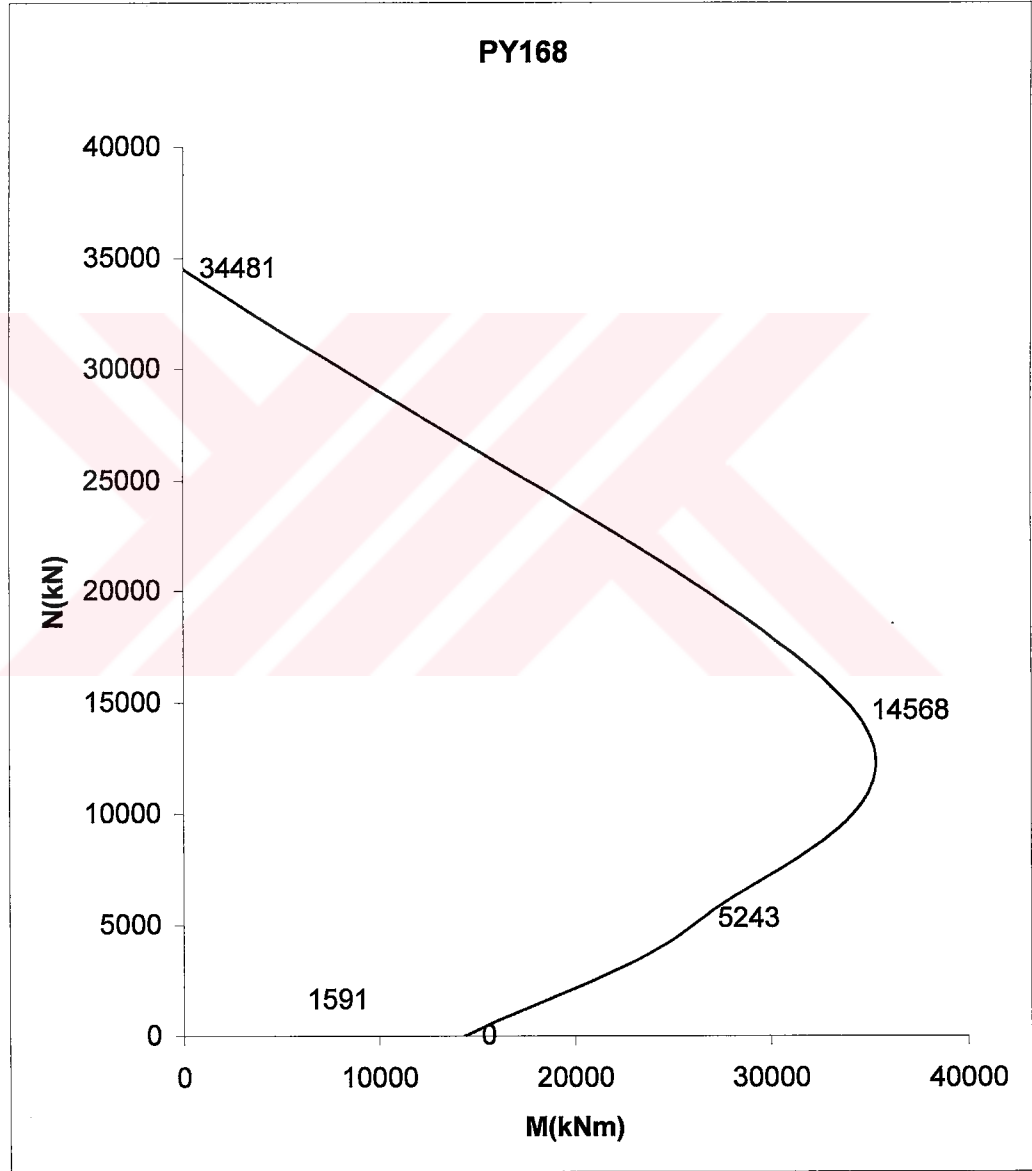
Eğilme Momenti	Normal Kuvvet		Dengeli Kesit Kuvveti ve Momenti		Basit Eğilme Momenti	Taşıma Gücü Kuvveti Ve Momenti	
Md (kNm)	Nd (kN)	No (kN)	Nb (kN)	Mb (kNm)	Mo (kNm)	Nu (kN)	Mu (kNm)
4156	2008	39357	18201	45881	16678	7536	34744



Şekil 5.13 : PY167 Perdesi Karşılıklı Etki Diyagramı

PY168 Perdesi

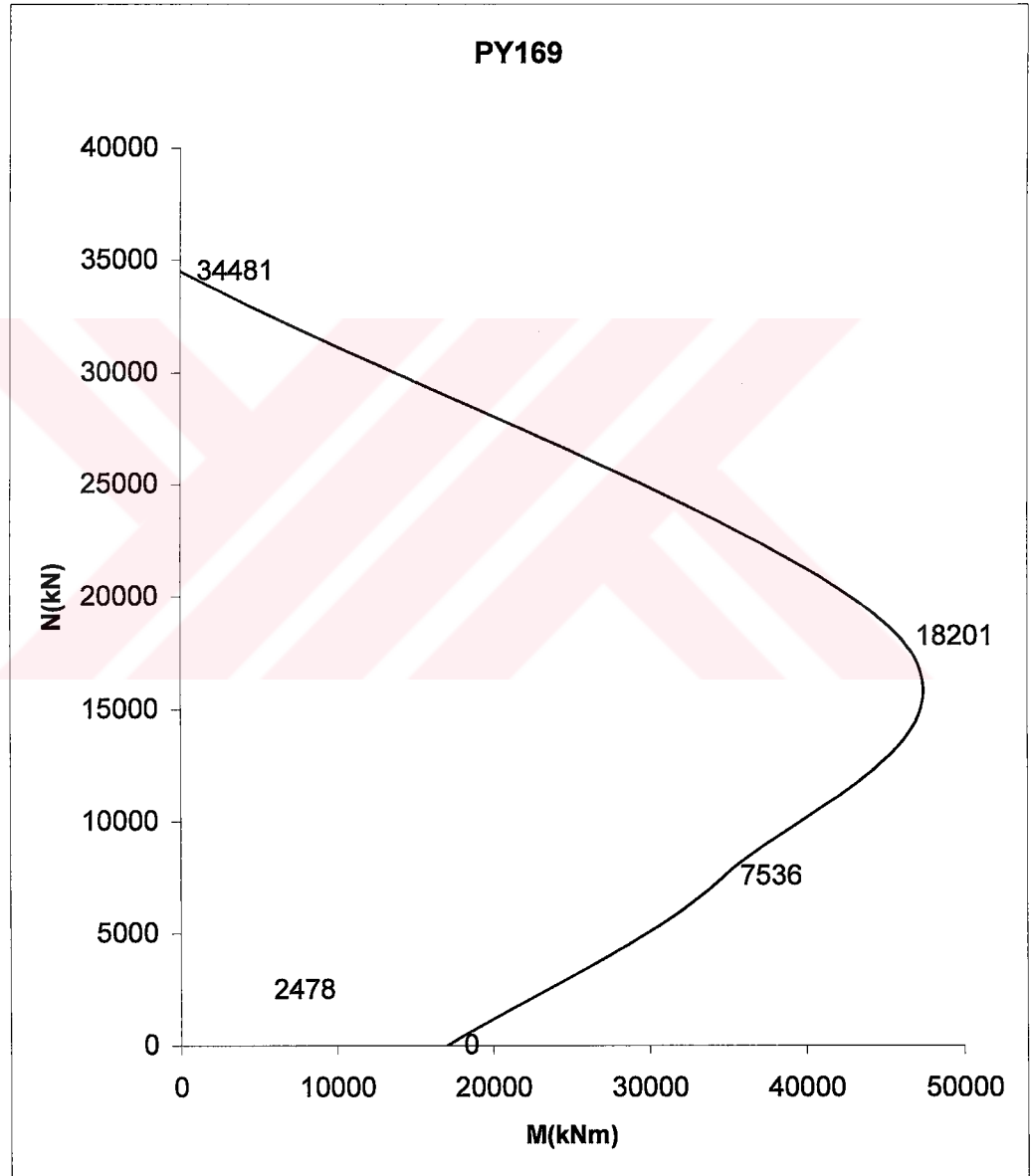
Eğilme Momenti	Normal Kuvvet		Dengeli Kesit Kuvveti ve Momenti		Basit Eğilme Momenti	Taşıma Gücü Kuvveti Ve Momenti	
Md (kNm)	Nd (kN)	No (kN)	Nb (kN)	Mb (kNm)	Mo (kNm)	Nu (kN)	Mu (kNm)
5436	1591	34481	14568	34273	14371	5243	26444



Şekil 5.14 : PY168 Perdesi Karşılıklı Etki Diyagramı

PY169 Perdesi

Eğilme Momenti	Normal Kuvvet		Dengeli Kesit Kuvveti ve Momenti		Basit Eğilme Momenti	Taşıma Gücü Kuvveti Ve Momenti	
Md (kNm)	Nd (kN)	No (kN)	Nb (kN)	Mb (kNm)	Mo (kNm)	Nu (kN)	Mu (kNm)
4902	2478	34481	18201	45881	17026	7536	34744



Şekil 5.15 : PY169 Perdesi Karşılıklı Etki Diyagramı

5.2.4.11. Temel Hesabı

Zemin raporundan alınan bilgilere göre, bina sınıflama potansiyeli bulunan Z4 tipi bir zemin üzerine inşa edilmiştir. Ayrıca perdelerin dağılım şekli göz önüne alındığında ayrı ayrı perde temeli uygulanması mümkün olmadığı görülmektedir. Dolayısıyla raporda belirtilen tavsiyeye uyularak, binanın temelinin $h = 55$ cm radye temele dönüştürülmesine karar verilmiştir.

Zemin emniyet gerilmeleri kontrolleri depremin x doğrultusunda bulunması durumu için $G+Q+E_x$, depremin y doğrultusunda bulunması durumu için $G+Q+E_y$ yüklemeleri için yapılmıştır. Tablo 5.32 de depremin x doğrultusunda bulunması ile perdelerde oluşan kesit tesirleri ,Tablo 5.33 de depremin y doğrultusunda bulunması ile perdelerde oluşan kesit tesirleri verilmiştir.

Perde No	$M_x (G+Q+E_x)$ (kNm)	$N (G+Q+E_x)$ (kN)	$M_y (G+Q+E_x)$ (kNm)
PX160	110,72	1499,29	2522,63
PX161	90,31	1452,27	2544,44
PX162	190,96	757,1	4968,73
PX163	72,63	769,11	3835,08
PX164	21	967,68	3833,62
PX165	4,41	976,64	3837,29
PY166	2744,44	1604,79	406,83
PY167	2786,77	2078,7	361,57
PY168	3571,32	1564,58	383,88
PY169	2158,01	2276,39	323,41
TOPLAM	11750,57	13946,55	23017,48

Tablo 5.32 : Depremin x doğrultusunda bulunması ile perdelerde oluşan kesit tesirleri

Bina taban alanı : $A_t = 560 \text{ m}^2$

Temel ağırlığı : $N_t = 0,55 \times 560 \times 25 = 7700 \text{ kN}$

$q_{z,emn} = 70 \text{ kN / m}^2$ (Zemin emniyet gerilmesi Z4 tipi zemin olduğu için artırılmamıştır.)

Depremin x doğrultusunda bulunması için :

$N_t = 13946,55 + 7700 = 21646,5 \text{ kN}$

$$q_{z,max} = N / A_t + M_x / W_x + M_y / W_y$$

$$q_{z,max} = 21646 / 560 + 11750,5 / 22825 + 23017,4 / 8988 = 41,7 < q_{z,emn} = 70 \text{ kN / m}^2$$

$$q_{z,min} = N / A_t - M_x / W_x - M_y / W_y$$

$$q_{z,min} = 21646 / 560 - 11750,5 / 22825 - 23017,4 / 8988 = 35,6 > 0$$

Perde No	Mx (G+Q+Ey)	N (G+Q+Ey)	My (G+Q+Ey)
(kNm)	(kN)	(kNm)	(tonm)
PX160	201,16	1630,3	354,49
PX161	227,87	2028,04	184,18
PX162	291,38	527,12	486,45
PX163	101,67	666,6	122,62
PX164	111,74	966,36	127,74
PX165	125,28	972,06	131,43
PY166	4386,64	1549,76	16,49
PY167	4156,25	2008,41	22,92
PY168	5435,92	1591,22	2,06
PY169	4901,9	2477,83	17,69
TOPLAM	19133,41	14417,7	1466,07

Tablo 5.33 : Deprem in y doğrultusunda bulunması ile perdelerde oluşan kesit tesirleri

Deprem in y doğrultusunda bulunması için :

$$N_t = 14417,7 + 7700 = 22117,7 \text{ kN}$$

$$q_{z,max} = N / A_t + M_x / W_x + M_y / W_y$$

$$q_{z,max} = 22117 / 560 + 19133 / 22825 + 1466 / 8988 = 40,5 < q_{z,emn} = 70 \text{ kN / m}^2$$

$$q_{z,min} = N / A_t - M_x / W_x - M_y / W_y$$

$$q_{z,min} = 22117 / 560 - 19133 / 22825 - 1466 / 8988 = 38,5 > 0$$

Uygulanan temel boyutu zemin emniyet gerilmelerini kontrolünü sağlamıştır.

Zımbalama Kontrolü :

Y yönündeki PY168 perdesinde $d = 55 \text{ cm}$ ' lik radye temel için zımbalama kontrolü yapılmıştır.

1,4G + 1,6Q yük kombinasyonu için PY168 perdesinin aldığı normal kuvvet değeri
 $N_d = 2150 \text{ kN}$

h = perde enkesiti

b = perde uzunluğu

d = temel yüksekliği

F_d = temel için perdeden gelen yük

F_a = zımbalama çevresi içindeki alana gelen yük

$h = 0,52 \text{ cm}$ (Eşit ataletli enkesit değeri alınmıştır.)

$b = 5,90 \text{ cm}$

$d = 0,55 \text{ cm}$

$F_a = (b+d) \times (h+d) \times q_{z,emn} = (5,90+0,55) \times (0,52+0,55) \times 70 = 483 \text{ kN}$

$F_d = 2150 \text{ kN}$

$V_{pd} = F_d - F_a = 2150 - 483 = 1667 \text{ kN}$

$U_p = 2(b+h) + 4d = 15$

$V_{pr} = \gamma \cdot f_{ctd} \cdot U_p \cdot d = 1 \times 1150 \times 15 \times 0,55 = 9512 \text{ kN}$

$V_{pr} > V_{pd}$ Temel zımbalamaya karşı güvenli

6. YAPININ GÜÇLENDİRİLMESİ KONUSUNDA DEĞERLENDİRMELER VE SONUÇLAR

'Arifiye Anadolu Öğretmen Lisesi' okul binası 17 Ağustos 1999 Kocaeli depremde hasar görmüş bir yapı olup deprem sonrasında, 2000 yılında Danimarka Yardım kuruluşu' nun desteklemesiyle güçlendirme çalışmaları uygulanmıştır. Tezde, uygulanan bu güçlendirme çalışmaları da incelenmiş olup, değerlendirmede 'mevcut güçlendirme' şeklinde ifade edilmiştir. Daha sonra yeni bir güçlendirme sistemi tezde tarafımızdan gerçekleştirilmiştir.

1) Mevcut yapının yeterli düzeyde rijitliğe sahip olmaması nedeni ile görelî kat ötelemeleri X ve Y doğrultusunda oluşabilecek deprem etkileri için birinci katta sınır değerlerin altında bulunmuştur. Yeni güçlendirme sisteminde binaya X ve Y doğrultusunda çalışan mantolanmış kolonların arasına yeni perdelerin eklenmesiyle yapının hem güvenliği sağlanmış hem de yatay yükler altında yer değiştirmeleri sınırlandırılmıştır. Görelî kat ötelemeleri sınır değerlerin oldukça altına düşmüş, sistemin rijitliği artmıştır.

Yapının rijitliğinin artmasıyla serbest titreşim periyodları değişmiştir.

Mevcut yapıda ;

1. Mod için $T_{1x} = 0,45s$
2. Mod için $T_{2y} = 0,38s$
3. Mod için $T_{3\theta} = 0,35s$

Mevcut güçlendirme sisteminde ;

1. Mod için $T_{1\theta} = 0,12s$
2. Mod için $T_{2x} = 0,09s$
3. Mod için $T_{3y} = 0,09s$

Yeni güçlendirme sisteminde ;

1. Mod için $T_{1x} = 0,11s$
2. Mod için $T_{2y} = 0,08s$
3. Mod için $T_{3\theta} = 0,06s$

2) Yapıya gelen yatay deprem yükleri hesaplanırken yapının çerçeve sistemine süneklilik düzeyi yüksek güçlendirme perdeleri ilave edilmesi ile yapı karma sistem olarak değerlendirilmiş ve deprem yükü 'azaltma katsayısı $R=6$ olarak alınmıştır. Yatay yükler sonucu oluşan devrilme momentleri perde momentlerine oranlanarak devrilme momenti kontrolleri yapıldığında mevcut güçlendirme sisteminde $\sum M_{1X} / \sum M_0 = 0,32 < 0,70$; $\sum M_{1Y} / \sum M_0 = 0,64 < 0,70$ sonuçlarına ulaşılarak özellikle X yönündeki perdelerde oluşan momentlerin çok düşük değerlerde kaldığı belirlenmiştir. Yeni oluşturulan güçlendirme sisteminde $\sum M_{1X} / \sum M_0 = 0,78 > 0,70$ $\sum M_{1Y} / \sum M_0 = 0,67 \approx 0,70$ değerleri bulunarak sistemde oluşturulan perdelerin yatay deprem yüklerinin büyük bir kısmını karşıladığı, $R=6$ değerinin uygun olduğu ve değiştirilmesine gerek olmadığı sonucuna varılmıştır. Yeni oluşturulan güçlendirme sistemi ile, her iki doğrultuda deprem etkisini karşılayacak kadar perde duvar ilave edilmiştir.

3) Mevcut yapının kolon kapasite kontrollerinde kesit kapasiteleri, eğilme momenti için X ve Y doğrultusundaki kolonların %99'unda yetersiz kalmıştır. Deprem perdelerinin ilave edilmesi sonucu, yanal yüklerin büyük kısmını bu perdeler almıştır. Zemin kat kolonlarından %14'ünde, birinci kat kolonlarından %36'sında hesaplanan kesme kuvvetinin kapasite kesme kuvvetini aşmakla birlikte yaklaşık değerler almaktadır. İlave edilen perdeler ile yatay yükün taşınmasında çerçevelerin etkisi düşmüş ve çerçeve elmanlardaki kesit tesirleri azalmıştır. Kolonların eğilme momentleri ve kesme kuvvetlerinde büyük oranlarda azalma olmuştur. Daha önce kesit ve donatı bakımından yetersiz olan kolonlar hem eğilme hem de kesme kuvveti bakımından yeterli hale gelmiştir.

4) Japon Mimarlık Enstitüsünce (AIJ) hazırlanmış ve Japon araştırmacıları tarafından ülkemizde 1978 ~ 1979 yıllarında uygulanmış 'Depreme Dayanıklılık İndeksi' (S_{BG}) güçlendirme öncesi; yapının X doğrultusunda $S_{BGX} = 0,24$; Y doğrultusunda ise $S_{BGY} = 0,37$ değerlerine sahip olup mevcut yapı 'depreme dayanıksız' grubundandır. Mevcut güçlendirme sisteminde; X doğrultusunda $S_{BGX} = 0,67$; Y doğrultusunda $S_{BGY} = 0,64$ hesaplanarak yapının deprem dayanımının sınırda olduğu görülmüştür. Yeni oluşturulan güçlendirme sisteminde ise X doğrultusunda $S_{BGX} = 1,12$; Y doğrultusunda $S_{BGY} = 0,96 \approx 1$ değerlerini alarak yapının depreme karşı güçlendirilmesinde S_{BG} üst sınırına ulaşılmış olup yapı önceki durumlarına göre oldukça rijitleştirilmiş, yeterli güvenlikle bir tasarım gerçekleştirilmiştir.

5) Yeni güçlendirme sisteminde, X ve Y doğrultusunda çalışan perdelerin karşılıklı etki diyagramları Prof. Dr. Zeki Hasgür'ün hazırlamış olduğu KESDONG programı kullanılarak çizildiğinde, mevcut yük kombinasyonları altında eksenel normal kuvvet düzeyi $n_{max} < 0,5$ olarak daima gerçekleşmiş olup, perdelerde oluşan maximum normal kuvvet ve eğilme momenti çifti diyagramların içinde işaretlendiğinde ; çekmeli kırılma bölgesinde bulunacak bir tasarımın yapıldığı ve perdelerden sünek bir davranış bekleneceğini göstermiştir. Perdelerde oluşan eğilme momenti ve normal kuvvet çifti kesit tarafından taşınabilecektir.

6) Mevcut güçlendirilmiş sistemde binaya eklenen perdelerin bina alanına oranı aşağıdaki gibidir.

$$\text{Binanın tabandaki plan alanı} : A_{pt} = 560 \text{ m}^2$$

$$\text{Tüm katların plan alanları toplamı} : \sum A_{pi} = 1784 \text{ m}^2$$

$$\text{X doğrultusundaki perde alanları toplamı} : \sum A_{wx} = 2,6 \text{ m}^2$$

$$\text{Y doğrultusundaki perde alanları toplamı} : \sum A_{wy} = 3,1 \text{ m}^2$$

$$\sum A_{wx} / \sum A_{pi} = 2,6 / 1784 = 0,0014$$

$$\sum A_{wx} / A_{pt} = 2,6 / 560 = 0,005$$

$$\sum A_{wy} / \sum A_{pi} = 3,1 / 1784 = 0,0017$$

$$\sum A_{wy} / A_{pt} = 3,1 / 560 = 0,006$$

Hesaplamalar yeni oluşturulan güçlendirme sistemi için yapıldığında ;

$$\text{X doğrultusundaki perde alanları toplamı} : \sum A_{wx} = 5 \text{ m}^2$$

$$\text{Y doğrultusundaki perde alanları toplamı} : \sum A_{wy} = 5 \text{ m}^2$$

$$\sum A_{wx} / \sum A_{pi} = 5 / 1784 = 0,0028$$

$$\sum A_{wx} / A_{pt} = 5 / 560 = 0,009$$

$$\sum A_{wy} / \sum A_{pi} = 5 / 1784 = 0,0028$$

$$\sum A_{wy} / A_{pt} = 5 / 560 = 0,009$$

Oluşturulan yeni güçlendirme sisteminde perde alanlarının bina alanına oranının mevcut güçlendirme sistemine göre önemli ölçüde artmıştır.

KAYNAKLAR

- [1] **Özer, E.**, Deprem Bölgelerindeki Mevcut Betonarme Yapıların Deprem Güvenliklerinin Belirlenmesi Ve Rehabilitasyonu, *Türkiye Deprem Vakfı*
- [2] **Ersoy, U.**, 2000. Betonarme Binaların Onarımı ve Güçlendirilmesi, *Betonarme ve Yığma Yapıların Güçlendirilmesi Semineri*, ODTÜ, Ankara.
- [3] **Hasgür, Z. ve Taşkın, B.**, 2002. Güçlendirme Öncesi ve Sonrası Hasar İndislerinin Betonarme Perdeli-Çerçeve Yapılarda Tayini, *Prof. Dr. Kemal Özden'i Anma Semineri*, İTÜ, İstanbul.
- [4] **Celep, Z. ve Kumbasar N.**, 2000. Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, Beta Yayınları, İstanbul.
- [5] **Celep, Z. ve Kumbasar N.**, 2001. Betonarme Yapılar, Beta Yayınları, İstanbul.
- [6] **Hasgür, Z. ve Gündüz, N.**, 1996. Betonarme Çok Katlı Yapılar, Beta Yayınları. İstanbul.
- [7] **Özmen, G.**, 1999. 1997 Türkiye Deprem Yönetmeliğine Göre Tasarım Uygulamaları, *Türkiye Deprem Vakfı*, İstanbul.
- [8] **Ersoy, U. ve Özcebe G.**, 2001. Betonarme Temel İlkeler TS500-2000 ve Türk Deprem Yönetmeliğine Göre Hesap, Evrim Yayınları, Ankara.

ÖZGEÇMİŞ

Başak Arslan 1976 yılında Konya' da doğmuştur. Orta ve lise öğrenimini Konya Özel Gündoğdu Lisesi' nde tamamladıktan sonra lisans eğitimine Yıldız Teknik Üniversitesi'nde devam ederek 2000 yılında mezun olmuştur. Mezun olduktan sonra bir süre Danimarka İnsani Yardım Kuruluşu bünyesinde 17 Ağustos 1999 depreminde zarar görmüş 4 okul binasının onarım ve güçlendirme çalışmalarında, bir prefabrik hastane yapılması çalışmalarında görev almıştır. 2000 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi' nde Yüksek Lisans öğrenimine başlamıştır.