

127004

**BETONARME BİR BİNANIN PERDELERLE
GÜÇLENDİRİLMESİNDE KARŞILAŞILAN ZORLUKLAR
VE PERDE YÜKSEKLİĞİNİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ
İnş. Müh. Gökhan ÖZBALABAN
(501971005)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 2 Ocak 2002
Tezin Savunulduğu Tarih : 16 Ocak 2002

Y.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

Tez Danışmanı : Prof.Dr. Zekai CELEP

Diğer Jüri Üyeleri : Prof.Dr. Nahit KUMBASAR

Prof.Dr. Turgut KOCATÜRK (Y.T.Ü.) *T. Kocatürk*

OCAK 2002

127004

ÖNSÖZ

Yüksek lisans öğrenimim boyunca yardım ve desteğini gördüğüm, Prof. Dr. Zekai CELEP'e burada şükranlarımı sunuyorum. Öğrenim ve çalışma hayatım boyunca beni maddi ve manevi açıdan her zaman destekleyen aileme de teşekkürü bir borç bilirim.

Ocak 2002

İnş. Müh. Gökhan ÖZBALABAN



İÇİNDEKİLER

TABLO LİSTESİ	V
ŞEKİL LİSTESİ	VII
SEMBOL LİSTESİ	VIII
ÖZET	X
SUMMARY	XI
1. GİRİŞ	1
2. MEVCUT BETONARME BİNALARDA DEPREM GÜVENLİĞİNİN İNCELENMESİ	6
2.1 Mevcut Durumun Tespiti Ve Değerlendirilmesi	6
2.1.1 Binaya ait belgelerin sağlanması	6
2.1.2 Bina üzerindeki inceleme ve çalışmalar	7
2.2 Taşıyıcı Sistemin Deprem Güvenliğinin Belirlenmesi	11
2.2.1 Taşıyıcı sistem davranış katsayısının seçimi	11
2.2.2 Kesitlerin kontrolü	13
2.2.3 Kat kapasitesi	13
3. BETONARME BİNALARDA GÜÇLENDİRME YÖNTEMLERİ	16
3.1 Güçlendirme Yöntemlerinin Seçimini Etkileyen Faktörler	16
3.2 Betonarme Taşıyıcı Sistem Elemanlarının Güçlendirilmesi	17
3.2.1 Kolonların güçlendirilmesi	17
3.2.2 Kirişlerin güçlendirilmesi	21
3.2.3 Kolon kiriş birleşim bölgesinin güçlendirilmesi	24
3.2.4 Perdelerin güçlendirilmesi	26
3.2.5 Döşemelerin güçlendirilmesi	28
3.2.6 Temellerin güçlendirilmesi	29
3.3 Taşıyıcı Sistemin Yeni Elemanlarla Güçlendirilmesi	30
3.3.1 Taşıyıcı sisteme perde ilave edilmesi	31
4. BETONARME 6 KATLI BİR BİNANIN DEPREM GÜVENLİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ VE İLAVE PERDE YÜKSEKLİĞİNİN İNCELENMESİ	35
4.1 Giriş	35
4.2 Binanın Tanıtımı	35
4.3 Bina Taşıyıcı Sisteminin Hesap Modeli, Yapılan Kabuller Ve Malzeme Özellikleri	38
4.4 Binanın 1998 Deprem Yönetmeliğine Göre Güvenliğinin İncelenmesi	40
4.4.1 Düzensizlik kontrolleri	42
4.4.2 Göreli kat ötelenmeleri kontrolü	45
4.4.3 İkinci mertebe etkileri kontrolü	45
4.4.4 Binanın kolonlarının tahkiki, kat kapasitesi	47
4.4.5 Binada kirişlerin tahkiki	54

4.5 Binanın 1998 Deprem Yönetmeliğine Göre İncelenmesiyle Elde Edilen Tespitler Ve Binanın Güçlendirilmesine Karar Verilmesi	56
4.6 Perdelerin kesilmesi durumunun incelenmesi	57
4.6.1 Güçlendirme perdelerinin modellenmesi	59
4.6.2 Taşıyıcı sistemde perde yüksekliğine bağlı değişimler	61
4.6.3 Perde üstünde kalan kolonlarda kesme kuvveti ve normal kuvvet değişimleri	66
4.7 Son Kata Kadar Perde İle Güçlendirilmiş Binanın 1998 Deprem Yönetmeliğine Göre Çözümü, Kontroller Ve Betonarme Hesaplar	73
4.7.1 Deprem hesabı	73
4.7.2 Düzensizlik ve görelî ötelenme kontrolleri	75
4.7.3 Güçlendirilmiş binada betonarme tahkikler	78
4.7.4 İlave perdelerin betonarme hesabı	83
4.7.5 Perde temeli hesabı	88
5. SONUÇLAR	90
KAYNAKLAR	94
EKLER	96
ÖZGEÇMİŞ	102

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 2.1.	Yerinde dökme betonarme binalar için taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R)	13
Tablo 4.1.	Mevcut sistem kolon ve kiriş kesit boyutları	38
Tablo 4.2.	Bina ağırlığı	40
Tablo 4.3.	Kat ağırlıkları ve katlara etkiyen eşdeğer deprem kuvvetleri	41
Tablo 4.4.	Yükleme kombinasyonları	42
Tablo 4.5.	A1, Burulma düzensizliği kontrolü	43
Tablo 4.6.	B2, Düzensizliği kontrolü ve görelî ötelenmelerin sınırlandırılması....	44
Tablo 4.7.	İkinci mertbe gösterge değerleri	46
Tablo 4.8.	1.kat kolonlarında düşey yüklerden oluşan normal kuvvet tahkiki	47
Tablo 4.9.	1. kat kolonlarının maksimum normal kuvvete göre tahkiki	48
Tablo 4.10.	1. kat kolon taşıma gücü momenti tahkiki (G+Q+E _y yüklemesi)	50
Tablo 4.11.	1. kat kolon taşıma gücü momenti tahkiki (G+Q+E _x yüklemesi)	51
Tablo 4.12.	1. kat kolon x-x doğrultusu kesme kuv. kapasitesi tahkiki	53
Tablo 4.13.	1. kat kolon y-y doğrultusu kesme kuv. kapasitesi tahkiki	54
Tablo 4.14.	1 Aksı kirişleri boyuna donatı tahkiki	55
Tablo 4.15.	Çözümlere ait dosyalar ve özellikleri	59
Tablo 4.16.	Perde taban momentlerinin perde yüksekliğine bağılı değişimi	64
Tablo 4.17.	Perde taban kesme kuv. perde yüksekliğine bağılı değişimi	64
Tablo 4.18.	IP01 Perdesi üzerinde kalan kolon M _x momentlerinin değişimi	67
Tablo 4.19.	IP01 Perdesi üzerinde kalan kolon kesme kuvvetlerinin değişimi	68
Tablo 4.20.	IP01 Perdesi üzerinde kalan kolon normal kuvvetlerinin değişimi	68
Tablo 4.21.	IP02 Perdesi üzerinde kalan kolon M _y momentlerinin değişimi	69
Tablo 4.22.	IP02 Perdesi üzerinde kalan kolon kesme kuvvetlerinin değişimi	70
Tablo 4.23.	IP02 Perdesi üzerinde kalan kolon normal kuvvetlerinin değişimi	70
Tablo 4.24.	P03 elemanı M _x , P06 elemanı M _y momentlerinin değişimi	71
Tablo 4.25.	P03 elemanı T _y , P06 elemanı T _x kesme kuvvetlerinin değişimi	72
Tablo 4.26.	P03 elemanı için +E _x yüklemesi, P06 elemanı için +E _y yüklemesinden oluşan normal kuvvetlerin değişimi	72
Tablo 4.27.	Mevcut ve güçlendirilmiş bina ağırlığı	73
Tablo 4.28.	Güçlendirilmiş bina α_m değerleri ve taban kesme kuvvetleri	74
Tablo 4.29.	Güçlendirilmiş yapı kat ağırlıkları ve katlara etkiyen eşdeğer deprem kuvvetleri	75
Tablo 4.30.	Güçlendirilmiş bina A1 düzensizliği kontrolü	76
Tablo 4.31.	Görelî kat ötelenmeleri ve B2 düzensizliği kontrolü	77
Tablo 4.32.	2. Çözüm A1 düzensizliği kontrolü	78
Tablo 4.33.	Son kata kadar mantolanmış perde uç kolonları ve boyutları	78
Tablo 4.34.	Güçlendirilmiş binada 1. kat kolonları en büyük normal kuvvet tahkiki	79

Tablo 4.35.	Güçlendirilmiş bina 1. kat kolonlarında taşıma gücü momenti tahkiki ($G+Q+E_y$ yüklemesi).....	80
Tablo 4.36.	Güçlendirilmiş binada 1 aksı kirişlerinin boyuna donatı kontrolü	82
Tablo 4.37.	IP01 ilave perdesi betonarme hesabına esas kesit tesirleri	83
Tablo 4.38.	IP01-IP03 perde temeli hesabı için kolon ve perde yükleri.....	89
Tablo 4.39.	Temel altında hesaplanan zemin gerilmeleri.....	90



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1	: Çerçeve, a) yükleme, b) kolon kesitlerinde moment eğrilik ilişkisi, c) yük-yerdeğiştirme bağıntısı	14
Şekil 3.1	: Kolonlarda mantolanmış kesit örnekleri	18
Şekil 3.2	: Mantolanmış kolon kesiti ve birleşim bölgesinden geçen donatılar	19
Şekil 3.3	: Mantolanmış kenar kiriş	22
Şekil 3.4	: Mantolanmış kiriş kesitleri	23
Şekil 3.5	: Kiriş kesme dayanımının bulonlar ile artırılması	24
Şekil 3.6	: Birleşim bölgesinin levhalar ile iyileştirilmesi	25
Şekil 3.7	: Birleşim bölgesinin şeritler ile iyileştirilmesi	26
Şekil 3.8	: Perde boyutlarının büyütülerek güçlendirilmesi	28
Şekil 3.9	: Temel altına inilmeden tekil temelin güçlendirilmesi	30
Şekil 3.10	: İlave dış perde kesiti	32
Şekil 3.11	: Çerçeve gözünün perdeye dönüştürülmesi	33
Şekil 3.12	: Perde ilavesi ile oluşan kritik kesitler	34
Şekil 4.1	: Mevcut binaya ait kalıp planı	37
Şekil 4.2	: Mevcut binanın SAP2000 geometrik modeli	39
Şekil 4.3	: Güçlendirilmiş sistem 1.kat tavanı kalıp planı	58
Şekil 4.4	: Üçüncü kata kadar ilave perdeli sistemin SAP2000 modeli	61
Şekil 4.5	: Peryotların perde yüksekliğine bağlı değişimi	62
Şekil 4.6	: Devrilme momentinin perdeli çerçeve tarafından karşılanması	63
Şekil 4.7	: x-x doğrultusu için perde taban momentlerinin perde yüksekliğine bağlı değişimi	65
Şekil 4.8	: y-y doğrultusu için perde taban momentlerinin perde yüksekliğine bağlı değişimi	65
Şekil 4.9	: IP01-IP03 perdeleri temeli	89
Şekil 4.10	: Temelin G+Q+Ex- yüklemesi altındaki My momenti dağılımı	90

SEMBOLLER

A_c	: Perde kesit alanı
A_g	: Perde alanı
A_0	: Etkin yer ivmesi katsayısı
$A(T)$	: Spektral ivme katsayısı
A_s	: Betonarme elemanda boyuna donatı
B_x, B_y	: Bina plan boyutları
b_w	: Betonarme kesit genişliği ya da perde gövde genişliği
D_i	: i inci katta ek dışmerkezlik arttırma katsayısı
E	: Deprem kuvveti
E_c	: Beton elestisite modülü
E_s	: Çelik elestisite modülü
e	: Dışmerkezlik
F	: Kata etkiyen hesap deprem kuvveti
F_i	: i inci kata etkiyen tasarım deprem kuvveti
f_{ck}	: Beton karakteristik basınç dayanımı
f_{yk}	: Donatı karakteristik akma dayanımı
H	: Toplam yapı yüksekliği
H_i	: Binanın i inci katının temelden üstünden beri ölçülen yüksekliği
h	: Kat yüksekliği
h_w	: Perde toplam yüksekliği
I	: Bina önem katsayısı
M_d	: Betonarme kesite etkiyen hesap momenti
N_d	: Betonarme kesite etkiyen hesap aksenal yükü
N_{lim}	: Betonarme kesite etkiyen aksenal yükün limit değeri
R_a	: Deprem yükü azaltma katsayısı
R	: Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı
$S(T)$	: Spektrum Katsayısı
s_h	: Etriye ve yatay donatı aralığı
$T(1)$	: Bina birinci doğal titreşim periyodu
T_A, T_B	: Spektrum karakteristik periyotları
V	: Kesme kuvveti
V_d	: Hesap kesme kuvveti
V_{lim}	: Betonarme kesitte kesme kuvvetinin limit değeri
V_r	: Betonarme kesit kesme kuvveti dayanımı
V_t	: Eşdeğer deprem yükü yönteminde deprem doğrultusunda binaya etkiyen toplam eşdeğer deprem yükü (taban kesme kuvveti).
V_{tB}	: Modların superpozisyonu yöntemi ile bulunan toplam taban kesme kuvveti
w_i	: Binada i 'inci katın ağırlığı
W_t	: Binanın toplam ağırlığı

ρ_w	: Perde yatay gövde donatısı oranı
ρ_s	: Perde başlık donatısı oranı
η_{bi}	: Burulma düzensizliği katsayısı
δ	: Toplam yerdeğiştirme
Δ	: Relatif yerdeğiştirme
θ_i	: İkinci mertebe etkileri gösterge değeri
γ_{mc}	: Beton malzeme katsayısı



BETONARME BİR BİNANIN PERDELERLE GÜÇLENDİRİLMESİNDE KARŞILAŞILAN ZORLUKLAR VE PERDE YÜKSEKLİĞİNİN İNCELENMESİ

ÖZET

Bu çalışmada taşıyıcı sistemi betonarme binaların 1998 deprem yönetmeliğine göre güvenliğinin incelenmesi ve perde ilavesi ile güçlendirilmesi üzerinde durulmuştur.

İlk bölümde mevcut yapılardaki eksiklikler açıklanmış, güçlendirme konusunun önemi vurgulanmıştır. 1975 deprem yönetmeliği ile 1998 deprem yönetmeliğinin arasındaki temel farklara değinilmiştir.

İkinci bölüm mevcut betonarme binaların güvenliğinin değerlendirilmesine ayrılmış, onarım ve güçlendirme öncesi çalışmalar açıklanmıştır. Mevcut yapının değerlendirilmesinde deprem yükü azaltma katsayısının önemi üzerinde durulmuştur. Güvenliğin değerlendirilmesinde yaklaşık bir yol olan kat kapasite kontrolünün dayandığı kavramlara kısaca değinilmiştir.

Üçüncü bölümde güçlendirme yöntemleri kısaca irdelenmiştir. Güçlendirme yöntemlerinin seçimini etkileyen faktörler ve karşılaşılan problemler açıklanmıştır.

Dördüncü bölümde 1975 deprem yönetmeliği esas alınarak inşa edilmiş 6 katlı betonarme binanın 1998 deprem yönetmeliği yükleri altında çözümü yapılarak depreme karşı güvenliği incelenmiştir. Yönetmeliğe göre dayanımı yeterli görülmeyen bina perde ilavesi ile güçlendirilmiştir. Perdelerin kesilmesi durumunun incelenmesi için taşıyıcı sistem davranış katsayısı sabit tutularak bir dizi çözümleme yapılmıştır. İlave perde yüksekliğine bağlı olarak periyotların, perde tabanında oluşan kuvvetlerin ve perde üzerinde kalan kolonlarda kesit tesirlerinin değişimi grafikler ve tablolar yardımı ile sunulmuştur.

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

THE DIFFICULTIES TO BE FACED ON STRENGTHENING OF A REINFORCED CONCRETE BUILDING AND STUDY OF THE HEIGHT OF SHEAR WALLS

SUMMARY

On this thesis, according to aseismic code of 1998, have been focused on analysing safety of structures and strengthening with additional shear walls of reinforced concrete structures.

In the first part, insufficiencies of existing structures have been expressed, importance of strengthening theme has been emphasized. The basic differences between aseismic code of 1975 and aseismic code of 1998 have been mentioned.

In the second part, pre-works of repairing and strengthening on existing structures have been explained. Seismic load reduction factor on the evaluation of existing structure has been stressed. On the assessment of seismic safety, briefly the themes are in connection with the storey capacity controlling have been mentioned.

In the third part of this thesis, strengthening methods have been discussed shortly. The factors that have influenced the selection of strengthening methods and the problems to be faced, have been explained.

In the fourth part, a six storey building built according to aseismic code of 1975 has been analyzed regarding its safety by the terms of aseismic code of 1998. The building to be realized as weak according to the code, has been strengthened with additional shear wall. To examine the situation that in case of cutting shear walls, a serie of analysis has been made by setting seismic load reduction factor as a constant. Variation of fundamental periods in consistent with the height of additional shear wall, shear forces and bending moments to be formed at the bases of shear wall and the columns located on the shear wall has been presented by graphics and tables.

1. GİRİŞ

Yapı sistemlerinin projelendirme ve inşaat aşamasında en önemli etken yapının amacına yönelik olarak kendisinden beklenen özellikleri belirlenen bir süre içerisinde yerine getirebilmesidir. Projelendirme aşamasında işletme yükleri yanında yapının yapılacağı bölgedeki şartlar ve olması muhtemel doğal afetlerin yapıya getireceği ilave yükün belirlenerek gerekli önlemlerin alınması ülkemiz gibi aktif deprem kuşağında bulunan bölgelerde ayrı bir önem kazanmaktadır. Yakın tarihlerde meydana gelen depremler bu önemi bir kez daha vurgulamıştır.

Ülkemizdeki bina türü yapıların çoğunluğu taşıyıcı sistemi betonarme yapılardan oluşmaktadır. Malzeme ve işgücünün ucuz olması dolayısıyla inşasındaki çekicilik, basit yapıların teknoloji gerektirmemesi, malzemenin kolay işlenebilirliği ve uzun ömürlü olması gibi nedenler betonarme yapıların ülkemizdeki yoğunluğunda birer sebep olarak görülebilir.

Son yıllarda yurdumuzda meydana gelen depremler binlerce can ve mal kaybına sebep olmuş, binalarımızın önemli bir bölümünün mevcut yönetmelikler ile belirlenen ve kendilerinden beklenen güvenliğe sahip olmadığını göstermiştir. Can ve mal kaybının denetim ve teknik destekten yoksun sayılabilecek kırsal alanlarda olduğu kadar nüfusumuzun yoğun olduğu gelişmiş olarak nitelendirilen kentsel alanlarda da büyük olması yapılarımızdaki projelendirme ve imalat hatalarının ne mertebede olduğuna dair bir fikir vermektedir. Meydana gelen depremler sonrasında yapılan incelemeler ve araştırmalar, depremde yıkılan veya hasar gören taşıyıcı sistemi betonarme yapıların depreme karşı güvenliklerindeki yetersizliklerin, bilimsel esaslara ve yönetmeliklere uygun olmayan hatalı tasarımdan, malzeme ve özellikle beton kalitesindeki yetersizlikten, projeye, yönetmeliklere ve temel mühendislik prensiplerine uygun olmayan kusurlu yapımdan kaynaklandığını göstermiştir.

Mevcut yapılardaki kusurlar ve tasarımda kullanılan yönetmeliklerin değişmesi mevcut yapıların depreme karşı güvenliğinin incelenmesini ve yeterli güvenliğe sahip olmayan yapıların iyileştirilmesini gündeme getirmiştir.

Yapısal iyileştirme, yapısal sistemin veya yapısal elemanların güvenlik düzeyinin artırılması olarak tarif edilmektedir. Yapının mevcut durumuna göre yapısal iyileştirme, yapısal onarım ve güçlendirme olmak üzere kısaca iki kısma ayrılabilir. Onarımda amaç, hasar görmüş yapının veya yapısal elemanlarının kapasitesinin orijinal haline getirilmesi ya da üzerine çıkarılmasıdır. Güçlendirme ise hasar görmemiş yapı ya da yapısal elemanın kapasitesinin istenen kapasite ya da başka bir deyişle, güvenlik düzeyine getirilmesidir.

Günümüzde, yeni yapılacak binalarda olduğu gibi güçlendirilecek ve onarılacak binaların hesabında da uyulması gerekli teknik koşullar ve hesapta esas alınacak deprem yükleri Bayındırlık ve İskan Bakanlığı'na hazırlanan "Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik" tarafından kapsamaktadır. 1998 yılında yürürlüğe giren bu yönetmelik depreme karşı güvenlik bakımından bir önceki versiyonu olan 1975 deprem yönetmeliğine oranla haklı olarak ağır şartlar içermektedir. Yönetmelikte taşıyıcı sistem tiplerinin yatay yükler etkisi altındaki elastik ötesi davranışları ve güç tükenmesi durumları temel alınarak taşıyıcı sistem davranış katsayısı, R ve deprem yükü azaltma katsayısı, $R_a(T)$ tarifleri getirilmiş, bununla birlikte süneklik düzeylerine ilişkin verilen tasarım koşulları ile yapının deprem etkisindeki elastik ötesi davranışının mümkün olduğunca kontrollü bir şekilde olması amaçlanmıştır.

Yönetmelikler arasındaki farklardan biri de hesaplarda kullanılacak deprem yüklerinin bir önceki yönetmeliğe oranla arttırılmış olmasıdır. Birçok binada esas periyotlar spektrum karakteristik periyotlarına yakın ya da arasında değerlerdedir ve böylece deprem yükü azaltma katsayısı, taşıyıcı sistem davranış katsayısına eşit ya da çok yakın değerler almaktadır. Bu nedenle deprem yüklerinin artışında en önemli parametre yeni yönetmelikte etkin olarak kullanılan taşıyıcı sistem davranış katsayısı

(R)'dir. 1975 deprem yönetmeliği ile karşılaştırma yapıldığında tüm betonarme çerçeve sistemler için dolaylı olarak tek bir taşıyıcı sistem davranış katsayısı ($R \approx 10$) kullanılmasına karşılık 1998 deprem yönetmeliğinde süneklik düzeyi yüksek çerçeve sistemler için verilen taşıyıcı sistem davranış katsayısı, $R=8$ 'dir. En olumlu halde bile deprem yükü %25 arttırılmış olmaktadır.

Taşıyıcı sistem davranış katsayısının belirlenmesindeki etkenler, taşıyıcı sistem tipi, taşıyıcı sistemi oluşturan elemanlar ve elemanların birleşim bölgeleridir. Bu etkenler göz önünde bulundurulduğunda taşıyıcı sistemi 1975 deprem yönetmeliği esas alınarak tasarlanmış ve imal edilmiş birçok yapı, 1998 deprem yönetmeliğinde istenen koşulları karşılayamayacak ve süneklik düzeyi normal olarak kabul edilecektir. Bu durumda mevcut binaların 1998 deprem yönetmeliğinde öngörülen deprem yüklerini karşılaması istendiğinde taşıyıcı sistem ve elemanlarında kapasite yetersizlikleri görülecektir.

1975 deprem yönetmeliğinde taşıyıcı sistemleri döşeme ya da kirişler ile düşey kolonlardan oluşan, kolon ve perdeleri sürekli olarak temele kadar inen yapılar taşıyıcı sistemi düzenli olarak nitelendirilmekteydi. 1998 deprem yönetmeliğinde ise düzensiz binalar başlığı altında, yapı taşıyıcı sisteminin deprem etkisindeki davranışını olumsuz yönde etkileyen düzensizliklerin tanımı yapılarak sınıflara ayrılmış, düzensiz binaların tasarlanması halinde uyulması gerekli koşullar verilmiş ve gerekli önlemlerin alınması ortaya konmuştur. Bu bakımdan da 1975 deprem yönetmeliği esas alınarak tasarlanan yapıların, 1998 deprem yönetmeliği esas alınarak değerlendirilmesinde aşılması güç problemlerle karşılaşılabilir.

Tasarımı ve imalatındaki kusurlar, yönetmelikte taşıyıcı sistemler için verilen minimum boyutlar da göz önünde bulundurulduğunda mevcut betonarme bir binanın 1998 deprem yönetmeliğinde öngörülen koşulları tam olarak yerine getirebilmesi olanaksız hale gelmektedir.

Mevcut binaların arttırılmış deprem yüklerine göre değerlendirilerek davranışlarının iyileştirilmesinde ve güçlendirilmesinde bir veya birden çok yöntem birlikte

kullanılmaktadır. Ancak kullanılan yöntemler ve son depremlerde edinilen tecrübeler bir takım soru işaretlerini ve zorlukları da beraberinde getirmiştir. Bu bakımlardan güçlendirme işleri karar verme, tasarım ve uygulama açısından konu hakkında yoğun bilgi birikimi, tecrübe gerektirir. Uygulamada çalışan mühendisler açısından, güçlendirme hakkında kapsamlı bir yönetmeliğin yürürlükte olmayışı bu durumu bir miktar karmaşık hale getirmiştir.

Betonarme binaların güçlendirilmesinde mevcut sisteme perde ilave edilmesi veya çerçeve gözlerinin betonarme malzeme ile doldurularak perde teşkil edilmesi yöntemleri, diğer güçlendirme yöntemlerine göre daha etkin olmaları, ekonomik olmaları ve mevcut sistemle uyumlarının birçok bakımdan iyi olması gibi nedenlerle kabul görmektedir. Güçlendirmenin maliyetini küçültmek üzere sayılarının az rijitliklerinin yüksek oluşu yatay yükten kaynaklanan etkileri bir noktaya toplamakta ve perdelerle temel düzenlenmesi oldukça güç olmaktadır. Diğer bir zorluk ise perdelerin bina yüksekliğince devam ettirilme durumudur.

Yeni yapılacak binaların tasarımı aşamasında taşıyıcı sistem alternatiflerinin genellikle çok seçenekli oluşu, perdelerin bina yüksekliğince devam etmeyişinden kaynaklanacak düzensizlik durumu ve ani rijitlik değişiminden dolayı gerilme yığılması gibi olumsuzlukların önlemine almada bir kolaylık sağlamaktadır. Güçlendirilecek binalarda ise mevcut ve ilave elemanların birlikte çalışmasının sağlanması, zaman ve maliyet problemi gibi güçlükler eklenmektedir.

1998 deprem yönetmeliği 1. ve 2. derece deprem bölgelerinde süneklik düzeyi normal sistemler için perde kullanımı zorunluluğu getirmekte ve bina yüksekliğince devam etmesini öngörmektedir. Karma taşıyıcı sistemler için perde tabanında oluşan momentin bina devrilme momentine oranı taşıyıcı sistem davranış katsayısının seçiminde etkili olmaktadır. Bodrum perdeleri hariç olmak üzere üst katlarda kesilen perdeler için net bir koşul bulunmamaktadır. Bu elemanların üst katlarda küçülmesi veya kaldırılması 1998 deprem yönetmeliğinde dolaylı olarak A1 ve B2 türü

düzensizliklerin kontrolünde etkili olmaktadır. Güçlendirme hakkındaki görüşler de ilave edilen perdelerin bina yüksekliğince devam etmesini tavsiye etmektedir.

Deprem etkilerinin üst katlarda azalması perdelerin devam ettirilmemesini düşündürürken, kesilen yerde ani rijtlik değişiminden kaynaklanması muhtemel gerilme artışları ve üst katlarda ortaya çıkabilecek problemler ve çözüm yolları araştırılmalıdır.



2. MEVCUT BETONARME BİNALARDA DEPREM GÜVENLİĞİNİN İNCELENMESİ

Güvenlik çok genel bir ifade ile yapının taşıyabileceği yükün taşınması beklenenden büyük olmasıdır. Yapının tasarım aşamasında bu husus ilgili yönetmelikler ile verilen ve yapıya etkimesi beklenen yüklerin istatistiksel değerleri, malzeme ve yük katsayıları ve tasarım koşulları ile sağlanmaya çalışılrsa da matematiksel olarak kesin bir değer ile ifade edilmesi mümkün değildir.

Mevcut yapıların depreme karşı güvenliği farklı düzeylerde dir. Yönetmeliklerin değişmesi, meydana gelen depremler sonucu yapıdaki hasarlar (elastik ötesi şekil değiştirmeler), inşaatındaki kusurlar ve kullanım amacının değişmesi yapının güvenliğinin incelenmesini gündeme getirmiştir.

2.1 Mevcut durumun tespiti ve değerlendirilmesi

Mevcut bir binanın deprem güvenliğinin incelenmesi, onarım ve güçlendirme müdahaleleri öncesinde yapının karakteristiklerinin belirlenmesi için mevcut durumun tespiti ve değerlendirilmesi gereklidir. Bu ön çalışma yapıya ait belgelerin sağlanarak mevcut bina üzerinde incelemeler yapılmasıdır.

2.1.1 Binaya ait belgelerin sağlanması

Bu ilk aşamada binaya ait belgeler toplanır ve değerlendirilir. Bu belgelerin başlıcaları şunlardır.

a) Binaya ait statik-betonarme hesaplar ve ilgili çizimler, mimari projeler ile tesisat projeleri. Binanın mevcut durumunun değerlendirilmesinde yapıya ait statik projelerin, statik ve betonarme hesapların bulunması çok önemli bir yer tutar. Statik ve betonarme hesaplar sayesinde binanın tasarım aşamasında esas alınan malzeme karakteristikleri, işletme yükleri, deprem yükleri ve diğer dış etkiler, yapı taşıyıcı sistemin modellenmesi, tasarımda yapılan varsayımlar ve idealleştirmeler, uygulanan hesap yöntemi hakkında bilgi sahibi olunabilmektedir. Betonarme uygulama projesi

yapı taşıyıcı sisteminin daha kolay tanınmasını sağlayacak, yapıdaki olası kritik bölgeler daha başlangıçta tespit edilebilecektir. Ayrıca taşıyıcı sistem ve hasar rölevesine esas olacak, mevcut sistemin modelinin oluşturulmasında ve hesabında büyük kolaylık sağlayacaktır. Binaya ait mimari proje, yapıdaki hacimler ve ne amaçla kullanıldıklarına dair bilgi verecek gerektiğinde mimari röleveye esas teşkil edecektir.

b) Tasarımda esas alınan standart ve yönetmelikler.

c) İnşaat bölgesine ait geoteknik raporlar.

d) Yapım sırasında gerçekleştirilen malzeme deneylerine ait raporlar.

e) Yapım sırasında tutulan ve proje ile inşaat arasındaki farklılıkları belirten kayıtlar.

Yapıya ait belgeler yapının sahiplerinden, yapının projesini hazırlayan mimar veya mühendislerden ya da belediyelerden sağlanabilir. Kamu ve toplu konut binalarında yapıya ait belgelerin tümünün veya büyük bir kısmının kolaylıkla sağlanabilmesine karşılık, bir çok hallerde bu belgelerin elde edilmesinde genellikle zorluklarla karşılaşılır.

2.1.2 Bina üzerindeki inceleme ve çalışmalar

Mevcut bina üzerindeki inceleme ve çalışmaların amacı aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- Binaya ait belgelerin mevcut bina ile uyumunun saptanması,
- Binaya ait belgelerin mevcut olmaması veya yetersiz olması,
- Meydana gelen hasar ve bozulmaların tespit edilmesi ve gerekli önlemlere karar verilmesi.

Mevcut bina üzerinde yapılması gerekebilecek inceleme ve çalışmalar da aşağıdaki gibidir.

a) Yapının mimari rölevesinin hazırlanması: Yapının mimari planları mevcut değilse güçlendirme durumunda hacimlerin kullanım şekillerinin, kapı ve pencere boyutlarının belirtileceği bir mimari röleveye ihtiyaç duyulacaktır. Eğer mevcut bir

mimari plan varsa, bunun yerinde uygunluğu kontrol edilerek mevcut yapıdaki farklılıklar işlenmesi yerinde olur.

b) Yapının taşıyıcı sistem rölevesinin hazırlanması: Bu rölevede kiriş, kolon ve perde boyutlarının belirtilmesi kat yüksekliklerinin bulunması gerekir. Döşeme yüksekliği ve türü de planlarda gösterilmelidir. Binada temel yer yer açılarak temel düzeni, temelin geometrik boyutları belirlenmeli ve hazırlanacak röleve temel planında işlenmelidir. Eğer binanın statik ve betonarme hesapları ve ilgili planları varsa, bunun yerinde uygunluğu kontrol edilmeli mevcut yapıdaki farklı durumlar belirtilmelidir.

c) Taşıyıcı sistem üzerinde incelemeler: Taşıyıcı sistemde yapının davranışını veya hesabını etkileyen hususların saptanması ve yapılacak hesaplarda gözönüne alınması gerekli olacaktır. Bunlardan bir bölümü aşağıda sıralanmıştır;

- planda veya düşey düzlemdeki düzensizlikler,
- bina ile komşu yapılar arasındaki olası etkileşim,
- bina taşıyıcı sisteminin sünelik düzeyi,
- dolaylı kiriş-kolon mesnetlenmeleri,
- yapım kusurları nedeniyle yapının ideal geometrisinden sapmalar,
- kötü yapısal birleşimler,
- kolonların kirişlerden güçlü olma koşulunun gerçekleşme oranı,
- taşıyıcı sistemden kaynaklanan ya da dolgu duvarları nedeniyle meydana gelebilen kısa kolonlar,
- yapıya daha önce onarım ve güçlendirme işlemi uygulanmış ise taşıyıcı sistemde meydana gelmiş değişiklikler ve etkileri.

Bu incelemeden elde edilen bilgiler taşıyıcı sistem rölevesine işlenmeli veya kayda alınmalıdır.

d) Hasar tespiti ve hasar rölevesi hazırlanması: Binanın inşası sırasında veya kullanım süresi içerisinde deprem ve çevresel etkenler gibi nedenlerle yapıda meydana gelmiş hasar ve bozulmaların saptanması gereklidir. Bu hasar ve bozulmaların başlıcaları,

- deprem etkisiyle oluşan yapısal veya yapısal olmayan elemanlardaki hasarlar,
- taşıyıcı sistem elemanlarında ve birleşim bölgelerindeki imalat hataları,
- korozyon ve çevre şartlarından kaynaklanan hasarlar,
- yapı elemanlarının aşırı şekil değiştirmeleridir.

Yapıdaki hasar ve bozulmalar nedenleri ile birlikte hazırlanan taşıyıcı sistem rölevesi esas alınarak işlenmelidir. Yapıda alınması gerekli önlemler ve onarım yöntemine bu aşamada karar verilmesi ve ilgili kısımların rölevede not edilmesi uygun olacaktır. Deprem hasarı, yapının deprem etkisi altındaki davranışının anlaşılmasına büyük ölçüde yardımcı olacaktır. Ayrıca hasarın boyutu güçlendirmenin gerekip gerekmediğine karar verilmesinde etkili olur. Bu durumda mümkün olabilecek güçlendirme yöntemleri ve şekli de onarımla birlikte düşünülerek hazırlanan hasar rölevesinde belirtilmelidir. Yapıda meydana gelmiş hasarın röleveye işlenmesi yanında bunların fotoğraf veya video kayıtlarıyla desteklenmesi de gerekebilir.

e) Yapıda beton kalitesinin belirlenmesi: Binada beton kalitesi en az üç karot numunesi alınarak belirlenmelidir. Karot sayısı binanın büyüklüğüne göre arttırılabilirse de bulunan mukavemetin ortalama bir değer olması ve bunların alınan elemanları zayıflatacağı düşünülerek çoğaltılması tercih edilmeyebilir. Beton kalitesinin belirlenmesinde genellikle darbeli çekiç deneyi ve ultrases hızı gibi tahribatsız yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemlerle elde edilecek sonuçlar betonda zamana bağlı değişimler, eksenel yük etkisi, boyut etkisi gibi nedenler ile güvenilir olmayabilir. Bu nedenle beton kalitesinin tespitinde tahribatsız yöntemler ile birlikte karot deneyleri de yapılarak sonuçlar doğrulanmalıdır. Beton kalite testleri mevcut yapı üzerinde yapılacağından ve ortalama bir değer verdiğiinden hesaplarda

kullanılacak beton malzeme katsayısı, $\gamma_{mc} = 1.5$ 'den daha küçük seçilmesi uygun olabilir.

f) Yapıda donatı kalite ve düzeninin belirlenmesi: Betonarme elemanlardaki donatı miktarı ve düzeninin saptanması gereklidir. Donatı detay planları var ise de donatı miktar ve düzeninin, eldeki planlar ile ne oranda uyum sağladığının belirlenmesi için taşıyıcı elemanlar üzerinde inceleme yapılmalıdır. Binada en az üç kolonda paspayı kaldırılarak boyuna donatı ve enine donatı miktarı ve düzeni tespit edilmelidir. Kolonların biri üç kenarından açılabilirse de, diğerlerinin bir veya iki kenarından açılması taşıyıcı sistemi zayıflatmamak için tercih edilebilir. Benzer şekilde seçilecek üç kirişte donatı, açıklıkta ve mesnet kesitine yakın alttan bakılarak, boyuna donatı düzeni, pilye sayısı ve enine donatı aralık ve çaplar tespit edilebilir. Kullanılacak manyetik alet ile donatının belirlenmesi işlemi yaygınlaştırılabilir. Ayrıca donatılarda korozyon hasarı nedeniyle çap küçülmesi varsa belirlenmeli ve yapılacak hesaplarda dikkate alınmalıdır. Donatı düzeni ve miktarının tespitindeki hassasiyet ve çalışmanın kapsamı genellikle yapının önemine, mevcut yapının durumuna ve analizlerde kullanılacak yöntemle göre belirginleşir. Yapının mevcut projesinin olmaması ya da projelerden farklı imalat yapılmış olması da incelemenin sınırlarını belirleyici bir etken olacaktır. Donatı düzeninin tespitinde donatının kalitesi genellikle belli olabilse de tereddüt edildiğinde uygun yerlerden alınacak donatı çeliği numuneleri üzerinde deney yapılarak donatı kalitesi belirlenmelidir.

g) Mevcut yüklerin belirlenmesi: Yüzey kaplamaları ve duvarlar gibi taşıyıcı olmayan yapı elemanları üzerinde yapılacak ölçümler de gözönünde tutularak yapı yükleri tayin edilir. Ayrıca yapının kullanım amaçlarına uygun olarak ilave yükler belirlenir.

h) Geoteknik bilgilerin sağlanması: Yapının bulunduğu bölgeye ait zemin karakteristiklerini belirten bilgiler yok veya yetersiz ise bu bilgilerin elde edilmesi gerekecektir. Bu amaçla yapılacak çalışmaların kapsamı genellikle yapının önemi ve büyüklüğü ile orantılıdır.

2.2 Taşıyıcı sistemin deprem güvenliğinin belirlenmesi.

Bina taşıyıcı sisteminin belirlenen karakteristikleri ile sistemin matematik modeli oluşturularak çözümlenmesi gereklidir. Eğer taşıyıcı sistemde hasar varsa bu durumun modele uygun şekilde yansıtılıp çözüm sonuçlarının karşılaştırılması davranışın değerlendirilmesi açısından önemlidir.

Taşıyıcı sistemde yüklerin iletilmesinde açıkça belirlenen önemli bir eksiklik, güvenliğin olmadığına karar verilmesi için yeterli olabilir (alt katlarda kolon kaldırılması gibi).

1975 deprem yönetmeliğine göre projelendirilmiş mevcut binaların 1998 deprem yönetmeliği koşulları esas alınarak deprem güvenliğinin incelenmesinde genellikle deprem kuvvetlerinin karşılanmasında ve süneklik koşullarının sağlanmasında problemlerle karşılaşılır. Binaya etkitilecek deprem hesap yükünün belirlenmesinde ve süneklik düzeyinin hesaplara yansıtılmasında taşıyıcı sistem davranış katsayısının seçimi önemli yer tutar.

2.1.1 Taşıyıcı sistem davranış katsayısının seçimi

Yapının kullanma ömrü boyunca meydana gelme olasılığı düşük olan deprem etkisini elastik davranış ile karşılamasını öngörmek ekonomik olmayan boyutların ortaya çıkmasına neden olur. Taşıyıcı sistemin elastik ötesi davranışına dayanan kapasitesinin belirlenmesi de doğrusal olmayan çözümleme gerektirir. Bu çözümlemenin zorluğu nedeniyle,

Elastik deprem yükü → doğrusal olmayan elastik ötesi davranış

eşleştirmesi yerine,

Elastik deprem yükü/ $R_a(T_1)$ = Azaltılmış deprem yükü → doğrusal elastik davranış

şeklinde bir eşleştirme yapılır. Burada, R_a deprem yükü azaltma katsayısı olup, bunun kullanılması ile taşıyıcı sistemde doğrusal olmayan elastik ötesi davranış

nedeniyle artan kapasite gözönüne alınmaktadır. Ancak deprem yükünde böyle bir azaltma yapılması, taşıyıcı sistemde gevrek güç tükenmesini önlenmesi ve sünek davranışın sağlanması mertebesinde anlamlı olur.

Deprem yükü azaltma katsayısı taşıyıcı sistemin özelliğine bağlıdır. Hiperstatiklik derecesi yüksek sistemlerde elemanlar arası yardımlaşma ve doğrusal olmayan elastik ötesi davranış nedeniyle kapasite artışı daha fazla, dolayısı ile deprem yükü azaltma katsayısı daha büyüktür. Benzer şekilde kesit sünekliğinin yüksek olması da sistemin daha küçük elastik deprem yükleri ile tasarımına olanak sağlar.

Deprem yönetmeliğinde deprem yükü azaltma katsayısı;

$$R_a(T) = 1.5 + (R - 1.5) T_1 / T_A \quad (0 \leq T_1 \leq T_A)$$

$$R_a(T) = R \quad (T_1 > T_A)$$

şeklinde tariflenmektedir. Titreşim periyodu çok küçük yapılar, göreceli olarak rijit ve gevrek olduklarından bu katsayı daha küçüktür. Taşıyıcı sistem davranış katsayısı R; yerinde dökme betonarme binalar için taşıyıcı sistem tiplerine göre 4-8 arasında değerler alır. Tablo 2.1 'de görüldüğü gibi betonarme taşıyıcı sistemler süneklik düzeyi normal ve süneklik düzeyi yüksek şeklinde ikiye ayrılmaktadır. Tablonun incelenmesinden, süneklik düzeyi yüksek olan yapılarda, elastik ötesi davranış önemli olduğu için taşıyıcı sistem davranış katsayısı, dolayısı ile deprem yükü azaltma katsayısının büyük olduğu görülmektedir. Böylece taşıyıcı sistemin süneklik düzeyi yüksek olarak tasarımı özendirilmektedir.

Yönetmelikte taşıyıcı sistem sünekliği betonarme sistemler için etriye sıklaştırması, beton kalitesi, donatı düzeni ve kapasite tasarımı ile sağlanmaktadır. Mevcut binaların değerlendirilmesinde bu husustaki eksiklikler ve kusurlar taşıyıcı sistem davranış katsayısının çerçeve türü yapılar için R=4 (normal süneklikte yapı), ve R=8 (yüksek süneklikte yapı) arasında bir değer seçilerek gözönüne alınabilir. Ancak tüm süneklik koşullarının mevcut yapıda sağlanmasının nadiren gerçekleşecek bir durum olduğu unutulmamalıdır. Perdeli yapılar için de aynı durum sözkonusudur.

Tablo 2.1 Yerinde dökme betonarme binalar için taşıyıcı sistem davranış katsayısı.

BİNA TAŞIYICI SİSTEMİ	Süneklik Düzeyi Normal Sistemler	Süneklik Düzeyi Yüksek Sistemler
1. Deprem yüklerinin tamamının çerçevelerle taşındığı binalar.....	4	8
2. Deprem yüklerinin tamamının bağ kirişli (boşluklu) perdelerle taşındığı binalar.....	4	7
3. Deprem yüklerinin tamamının boşluksuz perdelerle taşındığı binalar.....	4	6
4. Deprem yüklerinin çerçeveler ile boşluksuz ve/veya bağ kirişli (boşluklu) perdeler tarafından birlikte taşındığı binalar....	4	7

2.2.2 Kesitlerin kontrolü

Taşıyıcı sistemin 1.4G+1.6Q ve G+Q+E yüklemeleri altında çözümlenmesi gereklidir [6]. Çözümleme sonucu bulunan kesit etkileri ile taşıyıcı sistem elemanlarının kesit ve donatılarının TS500 ve 1998 deprem yönetmeliğine göre yeterli olup olmadığı, boyutlandırmada yapılan hesaplara benzer şekilde kontrol edilir.

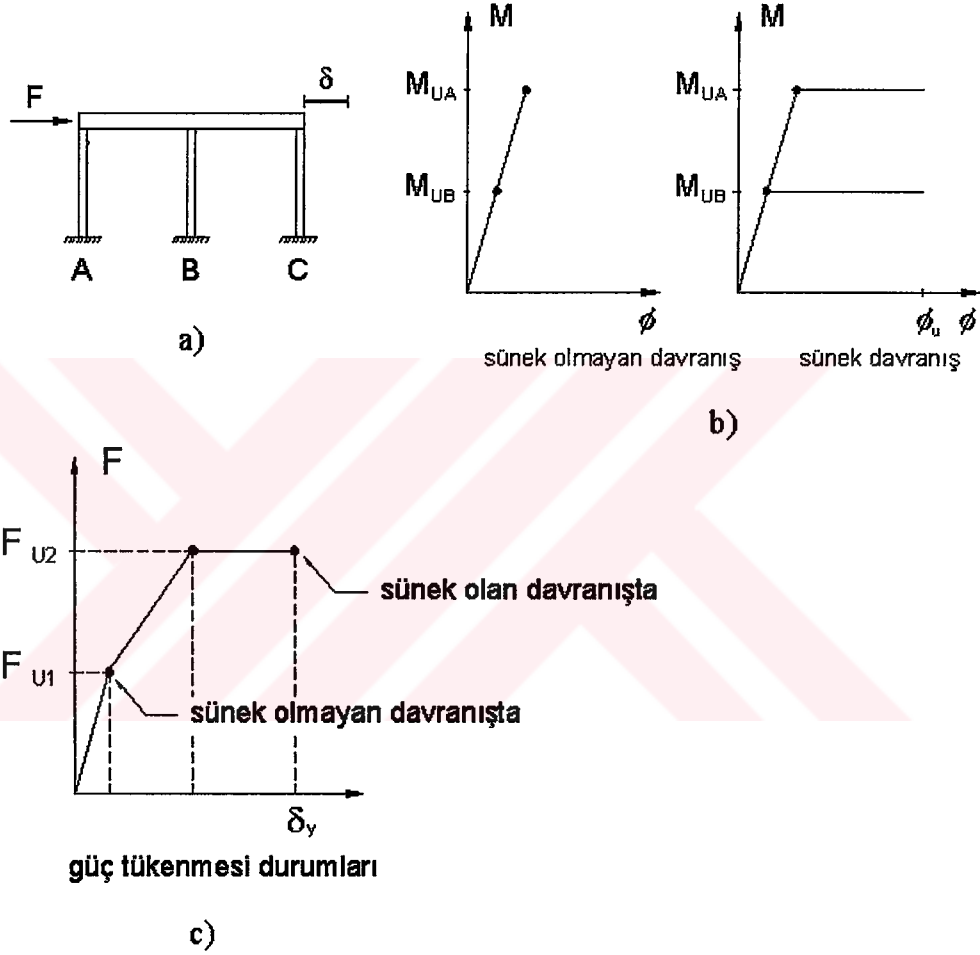
2.1.3 Kat kapasitesi

Depremlerden sonra yapılan incelemelerden bir kesitte yeterli eğilme dayanımı bulunmamasının, taşıyıcı sistemin bütünlüğü bozulmamak ve sistemde yeterli süneklik bulunmak koşulu ile her zaman ağır hasara ve göçmeye götürmediğini göstermiştir.

Binanın güvenliğinin değerlendirilmesinde kesitlerin moment taşıma kapasiteleri hesaplanarak elastik ötesi davranışa benzeşimle elemanlar arası yardımlaşmaların da (denge koşulu korunarak) dikkate alınması, sistemin ek kapasitesinden yararlanmaya olanak sağlayabilir.

Bu durumu örneklemek üzere, Şekil 2.1 de gösterilen tek katlı çerçevede üç kolonun kesitlerinin aynı olduğu, ancak orta kolonda moment taşıma gücü M_{UB} iken, kenar kolonların

kesitinde daha çok donatı bulunduğu için kesitin moment taşıma gücünün M_{UA} değerinde olduğunu kabul edelim. Eğer kesitlerin eğilme davranışı sünek değilse, kolonlar dış kuvveti elastik davranışa uygun olarak eşit paylaşacak ve orta kolon kesitinin eğilme kapasitesine erişmesi ile çerçeve güç tükenmesine erişecektir.



Şekil 2.1 Çerçevede a) yükleme, b) kolon kesitlerinde moment eğrilik ilişkisi, c) yük-yerdeğiştirme bağıntısı.

Bu durumda orta kolonda da aynı moment oluşacağı için, taşınabilecek yatay yük,

$$F_{U1} = 2 \cdot (M_{UA} + M_{UB} + M_{UA}) / h = 6M_{UB} / h$$

**İ.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

olarak bulunur. Ancak kolonların davranışının sünek olduğu kabul edilirse, orta kolon M_{UB} kapasite değerine erişmesinden sonra moment sabit kalarak dönme ortaya

çıkacak ve yatay yükün artan kısmı kenar kolonlar tarafından alınacaktır. Yeterli sünekliğin mevcut olması halinde kenar kolonların uç kesitlerinin eğilme kapasitesine erişmesi ile çerçeve güç tükenmesine erişecektir. Bu durumda taşınabilecek yatay yük tamamen kesit kapasiteleri ve denge koşulundan elde edilebilir.

Örneğin, $M_{UA} = 2 M_{UB}$ kabul edilirse

$$F_{U1} = 2(M_{UA} + M_{UB} + M_{UA})/h = 10M_{UB}/h$$

bulunur ki, bu çerçeve yükünde %66 lık bir kapasite artışına karşı gelir. Bu oran taşıyıcı sistemin geometrisine, hiperstatiklik derecesine ve kiriş ve kolonların kesit kapasitelerine bağlıdır. Burada kolon kesitlerinin taşıma gücünde bir azalma olmadan elastik ötesi dönme yeteneği kesitlerin yardımlaşmasını mümkün kılmıştır.

Mevcut yapıların değerlendirilmesinde yukarıdaki örnekte olduğu gibi herhangi bir katta kolonların eğilme kapasiteleri toplanarak bulunan değerin ilgili kata gelen moment etkisi ile karşılaştırması yapılabilir. Kolon eğilme kapasitelerinden mafsallaşma halinde kolonun karşılaması gereken kesme kuvveti bulup bu değer kolonlarda etriye durumu dikkate alınarak hesaplanacak kesme kuvveti kapasiteleri ile karşılaştırılabilir. Elde edilecek kesme kuvvetlerinden küçük olanlar toplanarak ilgili katın güvenliğini değerlendirmek mümkün olabilir.

Ancak böyle bir yaklaşımın güvenilirliğinin, sistemin hiperstatiklik derecesi, elemanların kesit kapasitelerinin yakınlığı ve süneklik düzeyleri ile orantılı olduğu unutulmamalıdır.

3. BETONARME BİNALARDA GÜÇLENDİRME YÖNTEMLERİ

Güçlendirme işlemi yapı taşıyıcı sisteminin ya da taşıyıcı sistemin elemanlarının belirlenen bir kapasitenin üzerine çıkarılması olarak tariflenmektedir. Taşıyıcı sistem elemanlarının güçlendirilmesi ve taşıyıcı sisteme yeni elemanlar ilave edilerek sistemin güçlendirilmesi olarak iki kısımda da düşünülebilir. Her iki halde de yeni kısımların mevcut ve ilave yükleri paylaşabilmesi detaylandırma, malzeme uyumu, zaman ve yük geçmişi ile yakından ilgilidir.

3.1 Güçlendirme yöntemlerinin seçimini etkileyen faktörler

Taşıyıcı sistem elemanlarının güçlendirilmesi ve/veya taşıyıcı sisteme yeni elemanlar eklenmesi yapının depreme karşı güvenliğinin arttırılmasında etkili bir yoldur. Bu yöntemler arasında yapı için uygun ve etkili yöntemin seçimi en çok sorumluluk gerektiren aşamadır ve aşağıdaki hususlara bağlıdır [11];

- Deprem hareketinin tasarım yükleri ve yapıdan beklenen güvenlik düzeyi, ilgili yönetmelik hükümleri ve uzmanların tavsiyeleri.
- Yapının bulunduğu bölgenin koşulları.
- Yapı tipi.
- Yapıda hasar var ise, hasarlı elemanlar, hasar derecesi ve hasar nedeni.
- Mimari gereklilikler.
- Bina içinde minimum miktarda güçlendirme müdahalesi.
- İhtiyaç duyulacak malzemeler, ekipmanlar ve teknik personel.
- İmalat süresi.
- Güçlendirmenin maliyeti.

Uygulanacak güçlendirme yöntem/yöntemleri ile yapının olası depremlerin etkisindeki davranışı değiştirilebilmektedir. Bu nedenle güçlendirme yöntemlerinin

mevcut yapıdaki elverişsiz durumlardan en azından bir veya bir kaçını elimine etmesi çok önemlidir. Bu olumsuzluklardan bazıları aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Malzemelerin, taşıyıcı sistem elemanlarının ve/veya birleşimlerinin dayanım, rijitlik, deformasyon kabiliyeti, süneklik açısından aralarındaki uyumsuz etkileşim.
- Binada büyük burulmalara yol açan uygunsuz kütle ve rijitlik dağılımı.
- Yatay veya düşey düzlemde rijitlik dağılımı ve ani rijitlik değişimlerinden kaynaklanan gerilme yığılmaları ve aşırı zorlanmalar.
- Taşıyıcı sistemde kısa kolon davranışı gösteren elemanlar bulunması.
- Zayıf düğüm noktaları ve birleşimler.
- Plak ve kolon arasındaki zımbalama etkisi.

3.2 Betonarme taşıyıcı sistem elemanlarının güçlendirilmesi

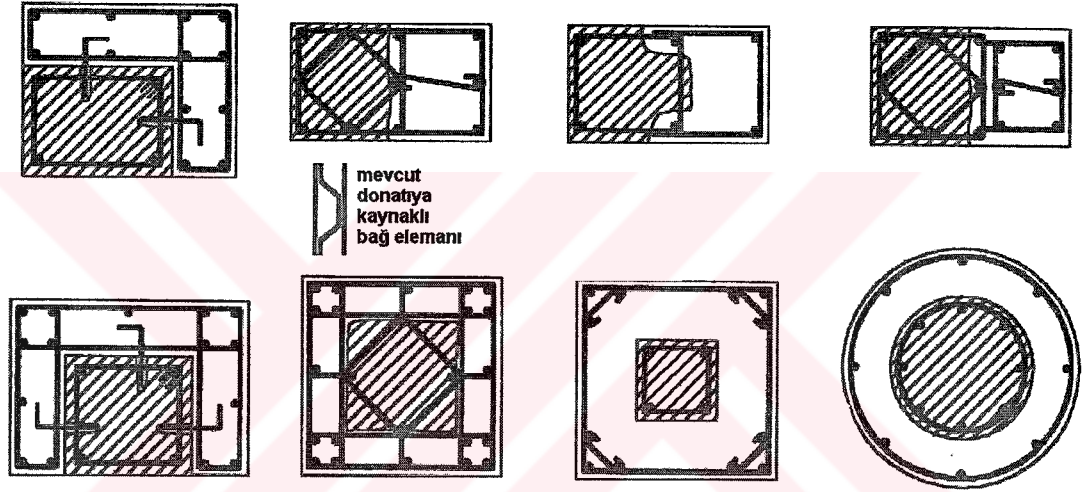
Taşıyıcı sistemin elemanlarını güçlendirerek sistemin deprem etkisindeki davranışı iyileştirilebilse de bu durum ancak çok sayıda elemanın güçlendirilmesi ile sağlanır ve birçok bina için ekonomik bir çözüm olmaktan uzaktır. Taşıyıcı sistem elemanlarının güçlendirilmesi daha çok yerel çözümler üretmek için ya da hasar durumunda elemanı hasar öncesi dayanımına getirmede kullanılır. Aşağıda bunların bir kısmına değinilmiştir.

3.2.1 Kolonların güçlendirilmesi

Taşıyıcı sistemde hasarlı ya da dayanım ve sünekliği yetersiz olan kolonlar var ise bu elemanların güçlendirilmesi sözkonusudur. Kolonların güçlendirilmesinde sık kullanılan yöntemler ve uygulama alanları aşağıdaki gibidir;

Betonarme mantolama: Kolonlarda taşıma kapasitesinin artırılması için en yaygın kullanılan bu yöntem mevcut kolona ek beton kesiti ve donatı ilavesi ile sağlanır. Mantolama Şekil 3.1'deki kesitlerden görüldüğü gibi kolonun bir, iki, üç ya da dört

tarafından yapılabilir. Manto betonun kalınlığı ve manto donatısının miktarı öngörülen güçlendirme düzeyine bağlı olacaktır. Mevcut kolonla mantonun monolitik çalışabilmesi için mantonun dört taraftan yapılması uygun olmaktadır. Böylelikle yeni dökülen betonun rötresi ile manto mevcut kolonu saracak ve birlikte çalışma kolaylaşacaktır. Dört taraftan manto yapılmaması halinde, birlikte çalışmanın sağlanması için mevcut kolona ankraj, kaynak, yüzey pürüzlendirme işlemlerinin titizlikle yapılması gereklidir.



Şekil 3.1 Kolonlarda mantolanmış kesit örnekleri

Kolonların mantolanmasına daha çok hasar durumunda veya eksenel yük kapasitesinin artırılması için ihtiyaç duyulur. Manto ile kolonun ihtiyaca cevap verecek moment kapasitesinin artırılması mümkünse de bu durum ancak manto donatılarının kolon-kiriş birleşim bölgesinden geçebilmesine ve manto donatılarının temele yeterli ankrajı ile mümkün olmaktadır. Kiriş genişliğinin kolon kesit boyutlarından büyük, yüksekliğinin az olması durumunda birçok ilave düşey donatının ya da filizin kiriş delinip kiriş içerisinden geçmesi mümkün olduğundan kuvvet akışının sağlanması daha kolaydır. Böylece manto donatısının burkulmadan basınç kuvveti alması sağlanmış olur. Ters durumda, çoğu zaman donatıların geçişi için manto boyutlarının ihtiyaçtan fazla artırılması ya da mevcut kirişlerin mantoya etriye sarılabilmesi için birçok noktadan delinmesi gerekecektir. Çünkü mesnet

Kolonun mantolanması ile rijitliği önemli ölçüde artar. Güçlendirilmiş kolonun rijitliği bileşik elemanın davranışı hesaba katılarak belirlenebilir. Mevcut kolonun hasarlı olması halinde sadece mantonun rijitliği hesaba alınabilir. Kolonun hasarlı olması halinde yapının davranışını kestirmek güç olabilir. Farklı kabuller ile yapılacak çözümler yerinde bir yaklaşım olur.

Beton yerleşiminin sağlanabilmesi için manto kalınlığının en az 10 cm olması, mantolanmış haldeki donatı oranının %1 mertebesinde olması tavsiye edilmektedir

[8]. Daha yüksek donatı oranı ihtiyacı olması halinde konulacak donatının katlar arası geçişinin sağlanması genellikle güç olmaktadır. Bu bakımdan manto ile ilave edilecek donatıların çap ve düzeninin uygun seçilmesi oldukça önemlidir.

Manto beton kalitesi mevcut beton kalitesinden yüksek olmalıdır. Boyuna donatının burkulmasını önlemek ve sünek davranış elde etmek için eklenen bölümlerin ve konulan boyuna donatının enine donatı ile sarılması gereklidir. Kullanılacak enine donatı çapı en az 8mm olmalı ve en büyük donatı çapının üçte birinden küçük olmamalıdır.

Mantolanmış kolon davranışı üzerindeki deneyler davranışın kolonun hasarsız ve yüksüz olarak mantolanması halinde monolitik referans elemanına en yakın sonuçları verdiğini göstermiştir. Hasarsız kolonların yük kaldırılarak mantolanması halinde %90, yüklü halde mantolanmaları halinde %80 verim alındığı gözlenmiştir. Hasarlı kolonlarda ise yüksüz durumda monolitik elemana göre %80 verim alınmıştır. Hasarlı kolonların yük kaldırılmadan mantolanması halinde taşıma gücünün manto kesitine bağlı olduğu belirlenmiştir. Bu bakımlardan hasarlı kolonlarda mantoya ihtiyaç duyulması halinde mevcut yükün kaldırılarak mantonun dört taraftan yapılması yerinde olur. Deneysel sonuçlara yakın değerlerin uygulamada da elde edilmesi ancak detaylandırma ve titiz çalışma ile sağlanabileceği unutulmamalıdır.

Mantolama için gerekli işgücü, harcanan zaman, imalatla binanın kullanımının engellenmesi bu yöntemin olumsuz yanları olarak karşımıza çıkar. Bu nedenler ile acil önlem alınması gerekli hallerde uygulanması güçtür.

Çelik kafes içine alarak güçlendirme: Bu yöntem kolonun dört köşesinden herbirine çelik korniyerler yerleştirilip bunların enine elemanlar ile birleştirilmesi ve mevcut kolon ile birlikte çalışmasının sağlanmasıdır. Köşe korniyerler yerine göre seçilse de L50.50.5 ve bunların enine bağlantıları 25/4mm çelik bant veya $\Phi 12$ 'den az olmamalıdır. Korniyerler ile mevcut beton arasındaki boşlukların rötne yapmayan çimento harcı veya epoksi bağlayıcılar ile doldurulması kesitin birlikte çalışması için gereklidir. Kolonlar ve döşeme arasındaki kuvvet aktarımının tam olabilmesi için,

kolon çevresinde döşemeden çelik kafese yük aktarımını sağlayan yük aktarma levhaları kullanılması gereklidir. Çelik elemanları yangına karşı korumak için en dış kısma püskürtme beton ya da tamir harçları kullanılabilir.

Çelik kafes ile kolonun eksenel yük taşıma kapasitesi artırılmış olur. Fakat rijitlikte bir artış olmaz ve yük dağılımı değişmez. Bu yöntem daha çok acil onarım veya müdahale gerektiren ya da çalışmanın kısıtlı koşullar altında yapılacağı durumlar için kullanılır.

Çelik levha ile kılıf geçirme: Çelik kılıf geçirme mevcut kolonun 4-6mm kalınlığında çelik levhalar ile tamamen çevrilip örtülmesidir. Kılıf ile mevcut beton arasında bırakılan boşluk rötre yapmayan beton ile doldurulur. Kolon kesiti çok az değişeceğinden rijitlik artışı azdır. Bu yöntemle de kolonun eksenel yük kapasitesi artırılabilir. Kolon alt ve üst uçlarında düzenlenecek uygun detaylar ile yük aktarımı ve süreklilik sağlanarak moment kapasitesinde bir miktar artış elde edilebilirse de çoğu kez mümkün olmaz.

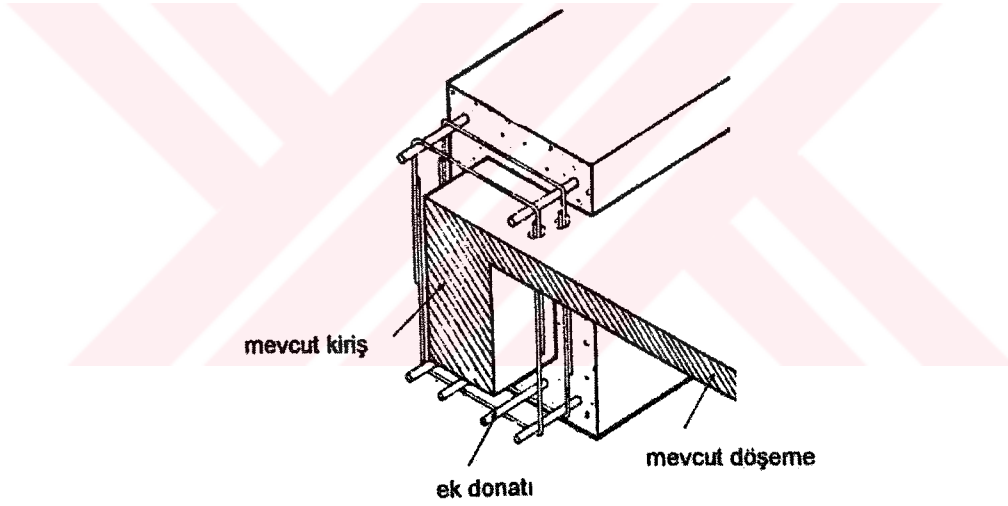
Kolonların sargı donatısı yönünden iyileştirilmeleri etriye vazifesi görecekt çelik şeritler ya da yüksek mukavemetli lifler yapıştırılarak sağlanabilir.

3.2.2 Kirişlerin güçlendirilmesi

Hasar gören veya dayanım ve rijitliği yeterli düzeyde olmayan kirişler de değişik şekillerde onarılır ve güçlendirilir. Güçlendirmede yapılacak işlemler hasar veya ihtiyaca göre değişir. Az hasarlı kirişlerde epoksi veya çimento şerbeti enjeksiyonu yapılması kirişin hasar öncesi dayanımına ulaştırabilir. Kirişlerin güçlendirilmesi için sık kullanılan yöntemler aşağıdaki gibidir.

Betonarme mantolama: Kirişlerin mantolanması ile daha çok kirişte ağır hasar olması, açıklıkta moment taşıma kapasitesinin artırılması, artacak işletme yüklerinden kaynaklanacak sehimlerin azaltılması amaçlanır. Mantoda kullanılacak sargı donatısı ile kirişin kesme dayanımı da artırılmış olur. Kiriş rijitliği artacağından zayıf kolon kuvvetli kiriş davranışı gözönünde tutulmalıdır.

Kirişlerdeki mantolama da kolonda olduğu gibi kirişin bir, iki, üç veya dört tarafından yapılabilir. Mantolamadan önce yükün kaldırılması eklenecek kesitin de yük alabilmesi için uygun olur. Ancak komşu kirişlerin davranışına dikkat edilmelidir. Dört taraftan yapılacak manto daha çok döşeme kalınlığının da arttırıldığı hallerde ya da kenar kirişlerde tercih edilir (Şekil3.3). Kirişin mantolanmasında püskürtme beton kullanılmıyor ise beton dökülebilmesi için kiriş ve döşemenin birleştiği hat döşeme takviye edildikten sonra belirlenen uygun aralıklar ile kırılarak hem beton geçişi sağlanmış olur hem de kesitin üst kısmında birlikte çalışma sağlanmış olur. Döşeme kırılmıyorsa manto etriyesi döşemeyi veya kirişi delerek de geçebilir.

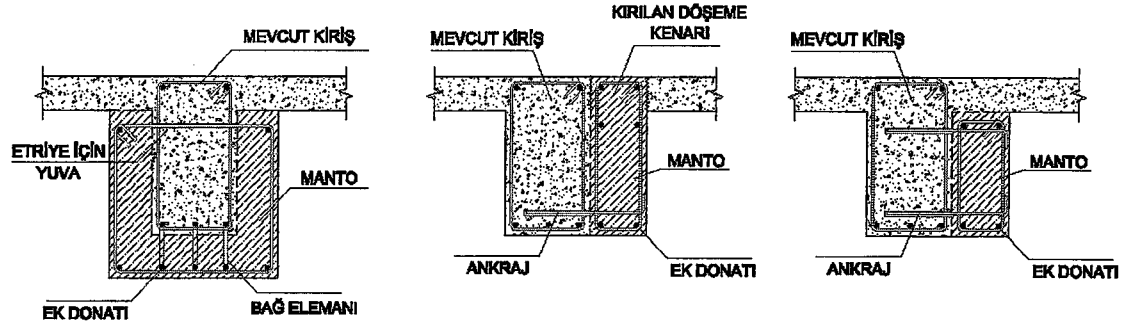


Şekil 3.3 Mantolanmış kenar kiriş

Kiriş altı mantolanmıyorsa mevcut kirişe uygun görülen yer ve aralıklar ile yapılacak ankraj ya da bulonlu işkenceler ile sağlanacak kayma gerilmesi aktarımı, mantonun amacına ulaşması için yardımcı olur (Şekil 3.4).

Kiriş mesnet yüzündeki kesme dayanımının arttırılması için ilave edilen boyuna donatıların uygun kesitlere ankrajlanması gerekir. Kiriş mesnet bölgelerinde moment kapasitesinin arttırılması için manto boyuna donatısının sürekliliğinin sağlanması ek zorlamaların oluşmaması bakımından daha uygun olur. Komşu kirişlerin ya da

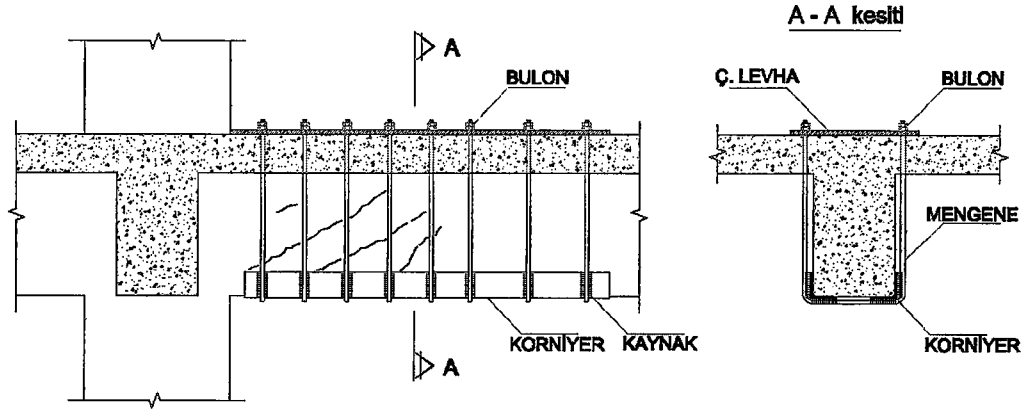
kolonun da mantolanması halinde kiriş boyuna donatıları için yeterli kenetlenme boyu elde edilmesi daha kolay olacaktır. Mantonun beton dayanımı mevcut kirişten daha yüksek olmalıdır.



Şekil 3.4 Mantolanmış kiriş kesitleri

Çelik levha ya da yüksek mukavemetli lifler ile güçlendirme: Bu ve benzeri yöntemler daha çok boyuna ve enine donatı eksikliğinin giderilmesi için düşünülmelidir. Bu anlamda kesite ilave edilecek malzeme gerekli görülen bölgelerde kesilebilir. Ancak plaka veya liflerin gereksinme duyulmayan noktadan kiriş yüksekliği kadar uzak mesafede kesilmesi önerilmektedir. Kiriş açıklığında moment kapasitesinin arttırılması için kirişin alt yüzüne levha ya da yüksek mukavemetli lifler yapıştırılabilir. Levhalar kiriş yüzeyine epoksi ve bulonlar ile tespit edilir. Ancak kirişte denge altı davranışın sağlanması gereklidir.

Kesme dayanımının yetersiz olması halinde, kiriş yanaklarına yapıştırılan levhalar ya da Şekil 3.5'deki gibi kirişi saran ve etriye vazifesi gören bulonlar ile de bu olumsuzluk giderilmeye çalışılır.



Şekil 3.5 Kiriş kesme dayanımının bulonlar ile artırılması.

3.2.3 Kolon-kiriş birleşim bölgelerinin güçlendirilmesi

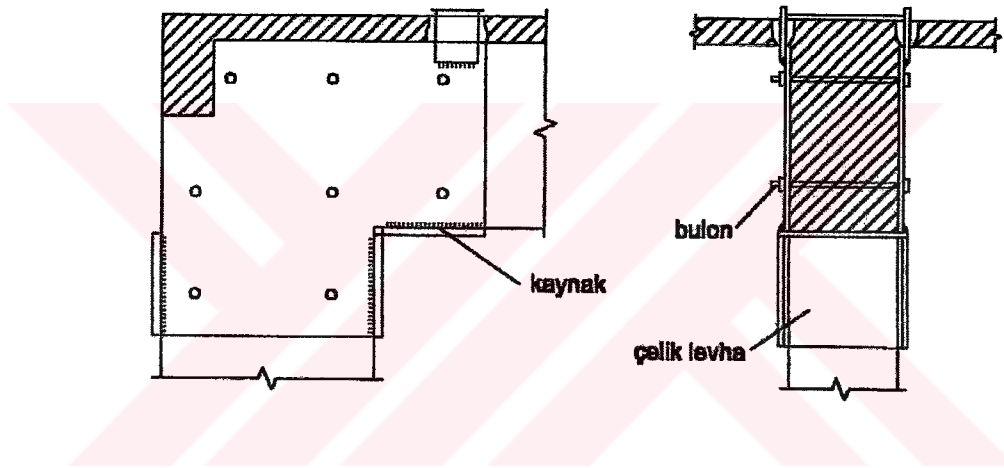
Kolon kiriş birleşim bölgeleri taşıyıcı sistemin en çok zorlanan dolayısı ile depremde en çok hasar gören kısımlardır. Birleşimdeki eleman sayılarının fazla olması, elemanlar arasındaki kesit boyutu farklılıkları bu bölgelerin güçlendirilmesi uygulanması oldukça zor işlemler gerektirir. Deprem yükleri altında bu bölgedeki kesme dayanımının ve donatı kenetlenmelerinin yeterli olmaması en çok rastlanan hasar türlerini oluşturur. Orta dereceye kadar olan çatlaklarda epoksi reçinelerinin kullanılması uygundur. Böylece donatıyla beton arasındaki aderans eski düzeyine getirilmiş olur. Betonun ezilmesi veya donatının kopması gibi durumlarda ise hasarlı kısım kaldırılarak yerine yeni ek kesit konulur.

Betonarme mantolama: Taşıyıcı sistemde düğüm bölgelerinin mantolama ile güçlendirilmesi işlemi diğer elemanlara kıyasla en zor olanıdır. Binanın kullanımı ile ilgili sınırlamalar ve işlemlerin zahmetli oluşu düğüm bölgelerinin mantolama ile güçlendirilmesini kısıtlar. Güçlendirme düğüm noktasını içine alan uzay kafes şeklindeki donatı ağının mevcut donatılar ile kaynaklanması ve betonlanması ile sağlanır. Kolon ve kirişlerin de mantolanması halinde daha uygun ve elverişli hale gelebilmektedir.

Çelik levhalar ve şeritler ile güçlendirme: Düğüm noktası yüksek mukavemetli polimer lifler, çelik şeritler veya çelik levhalar ile de güçlendirilebilmektedir.

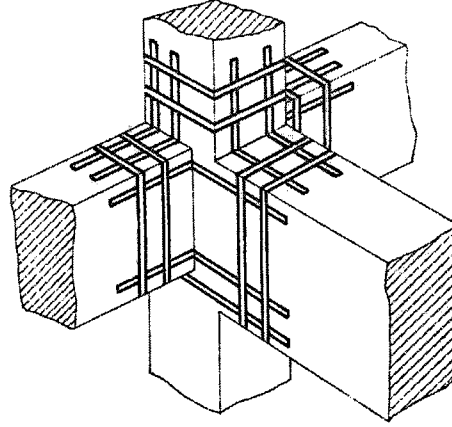
Boyutlarda bir artış getirmeyişi ve uygulanmasının daha kolay olması sebebiyle mantolamaya göre tercih edilir. Hasarlı düğümlerde epoksi ve çimento şerbeti ile onarımın yeterli görülmemesi halinde sık uygulanır.

Levha ile güçlendirmede levhalar düğüm yüzeylerine epoksi ile yapıştırılır. Karşılıklı levhaların bulonlarla sıkılması yapışmanın daha iyi olmasını sağlar (Şekil 3.6).



Şekil 3.6 Birleşim bölgesinin levhalar ile iyileştirilmesi.

Diğer bir güçlendirme ise çelik kuşaklarla yapılır. Uygulama öncesinde ezilmiş beton tabaka kaldırılarak, boşluk epoksi harcıyla doldurulur ve çelik şeritlerin kirişi tam olarak sarması amacıyla döşemede delikler açılır. Daha sonra çelik şeritler özel yapıştırıcılar ve işkence aleti yardımıyla yüzeye şekildeki gibi uygulanır (Şekil 3.7). Kullanılan malzemelerin yangın ve korozyon etkisinden korunması gereklidir. Ayrıca bunların özelliklerinin zamana bağlı değişimi bilinmelidir.



Şekil 3.7 Birleşim bölgesinin şeritler ile iyileştirilmesi.

3.2.4 Perdelerin güçlendirilmesi

Perdeler, büyük rijitlikleri ve yatay yüklere karşı yüksek mukavemetlerinden dolayı, önemli yapı elemanlarıdır. Binadaki mevcut perdelerin güçlendirilmesine daha çok perde de hasar olması ya da binaya yatay yükleri karşılamak için yeterince yeni perde eklenmemesi durumunda ihtiyaç duyulur.

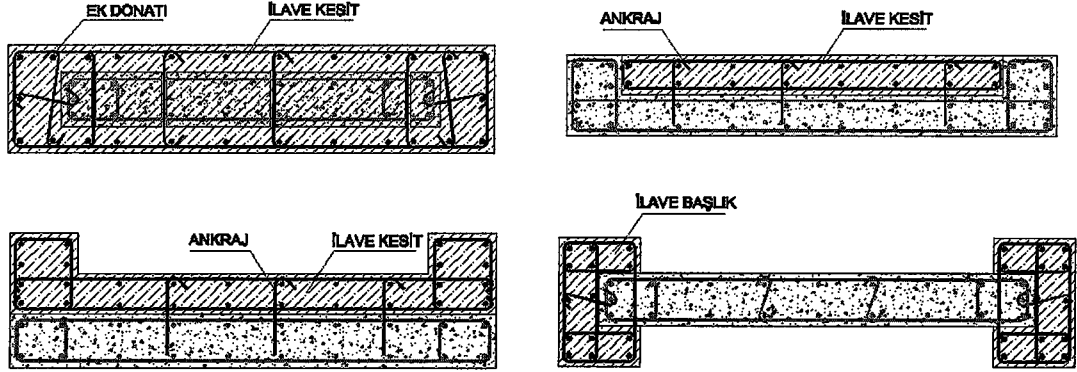
Hasar durumunda, perdede kılcal çatlaklar dışında betonda ve donatıda herhangi bir hasar yoksa, kılcal çatlaklar epoksi reçinesiyle doldurularak perdeye eski rijitliği ve mukavemeti büyük ölçüde kazandırılır. Eğer perdede geniş çatlaklar, paralanmış beton ve hasarlı donatı mevcutsa bu bölgelerdeki hasarlı beton kaldırılarak kopmuş veya burkulmuş donatılara ulaşılır. Bu donatıların yerine ek veya kaynaklı hasır donatılar yerleştirilerek uygun nitelikli malzemeyle (beton, püskürtme beton, polimer harcı) kesit tamamlanır. Bu işlemler perdeyi ancak hasar öncesi dayanıma getirme amacı ile yapılır. Perde yüzeylerinin büyük olması perdenin kayma dayanımının artırılması amaçlı çalışmalarda kolaylık sağlar. Perde gövdesine çelik şeritler veya yüksek mukavemetli lifler yapıştırılması ile yapılacak güçlendirme işlemi perdenin kayma dayanımını oldukça arttıracaktır. Perdenin eğilme dayanımını ve rijitliğini arttırmak için boyutları büyütmek ve uygun donatı yerleştirmek gerekir. Boşluklu perdelerde uygun pencere, kapı gibi boşlukların doldurulması kapasitenin artırılması ve davranış bakımından yeterli olabilir.

Perde kalınlığının arttırılması ile ek donatı konulması ve başlık yapılması da perdenin kayma dayanımı ile birlikte eğilme dayanımını da arttırır. Her güçlendirme yönteminde olduğu gibi, yeni kısımla mevcut kesitin birlikte çalışması için iki kesit arasında iyi bir aderans temin edilmelidir. Bu amaçla yeni donatıların mevcut olanlara bağ elemanları ile kaynaklanması ve mevcut beton yüzeyinin pürüzlendirilmesi ya da ankraj cıvataları veya ankrajlar kullanılması gereklidir. Perdeye başlık yapılması durumunda kritik bölge yeni başlık ile mevcut perde ucu arasındaki kısımdır. Bu bölgede kayma gerilmesinin kontrolü gereklidir. Sünek davranışın sağlanması için perde ucunda konacak boyuna donatının katlar arası geçişinde etriye ile sarılmalıdır. Etriye sarılmaması konulan donatının dayanıma ulaşmadan burkulmasına sebep olur.

Perde gövde kalınlığının arttırılması durumunda, ek kısım ile döşeme arasındaki kesme kuvveti aktarımının da sağlanması gerekir. Bundan dolayı mevcut döşemede ek perde gövdesi kalınlığınca uygun delikler açılarak ilave gövde donatılarının geçişi sağlanır. Bu açılan delikler betonun dökülmesine ve burada daha mukavemetli bir kayma kesiti oluşmasına olanak sağlar.

Perde kesitinin büyütülmesi ile rijitliği önemli ölçüde artacağından, yatay yük hali için, sistemde öncekinden farklı bir kuvvet dengesi oluşur. Perdedeki rijitlik artışından kaynaklanan değişimin dikkate alınması ve kuvvet dağılımının incelenmesi için sistemin yeniden çözümlenmesi gerekir.

Perde eğilme dayanımının arttırılması için konulan donatıların temelden başlayıp kattan kata geçişi ile kuvvet akışının sağlanması zorunludur. Güçlendirmenin amacına ulaşabilmesi için perde tabanında hesaplanan etkiler uygun temeller ile zemine iletilmelidir.



Şekil 3.8 Perde boyutlarının büyütülerek güçlendirilmesi.

3.2.5 Döşemelerin güçlendirilmesi

Döşemeler genel olarak düşey yükleri taşımak üzere projelendirilir. Yatay yük etkisinde bu yükleri kolon ve perde gibi düşey taşıyıcılara iletecek dayanım ve rijitliğe sahip olmaları istenir. Döşemelerde depremden kaynaklanan hasarlar daha çok gerilme yığılmalarının bulunduğu, döşemenin büyük boşluk olan kısımlarında, döşemelerin doğrudan perdeye mesnetlendiği kısımlarda ya da kirişsiz döşemeli sistemlerde kolona mesnetlendiği yerlerde meydana gelir. Bazı hallerde hasarın onarılması yanında, kalınlığı yeterli olmayan döşemenin kalınlığının artırılması veya eklenen yeni perde duvarlarıyla olan yük aktarımının sağlanması gerekir. Yerel çatlak veya hasarlar epoksi, çimento şerbeti veya püskürtme beton ile onarılabilir.

Döşeme kalınlığının artırılmasıyla kesitin rijitliği önemli ölçüde artırılır. Döşeme kalınlığının artırılması, üstten yeni bir beton tabakası ile yapılabileceği gibi alttan püskürtme beton ile de yapılabilir. İkinci durum daha çok korozyon hasarı gibi hallerde ya da binanın kullanımından kaynaklanan zorunlu hallerde uygulanır.

Kalınlık artırılırken ihtiyaç duyulan donatılar uygun bir şekilde yerleştirilir. Eski ile yeni döşemenin tek bir kesit gibi çalışabilmesi için yeni donatının mevcut donatılara kaynaklı parçalarla bağlanması alttan yapılacak güçlendirmede işleminde gereklidir. Yeni ve mevcut döşeme arasındaki kayma gerilmesi akışını sağlamak için yüzeyin

pürüzlendirilmesi yanında, donatı ankrajı veya çelik profil parçalarından da yararlanılır.

3.2.6 Temellerin güçlendirilmesi

Temel güçlendirmeleri diğer elemanlara göre daha zor ve yüksek maliyetli işlemlerdir. Yapılarda genellikle, temel güçlendirmesinde kullanılacak malzeme ve ekipman için gereken alan ya da hacmin bulunmaması bu işlemin en zor kısmını oluşturur. Ayrıca güçlendirme işlemlerinde temel seviyesi altına inmek özel önlemler almayı gerektirir. Temellerin güçlendirilmesi genellikle şu hallerde gerekli olur;

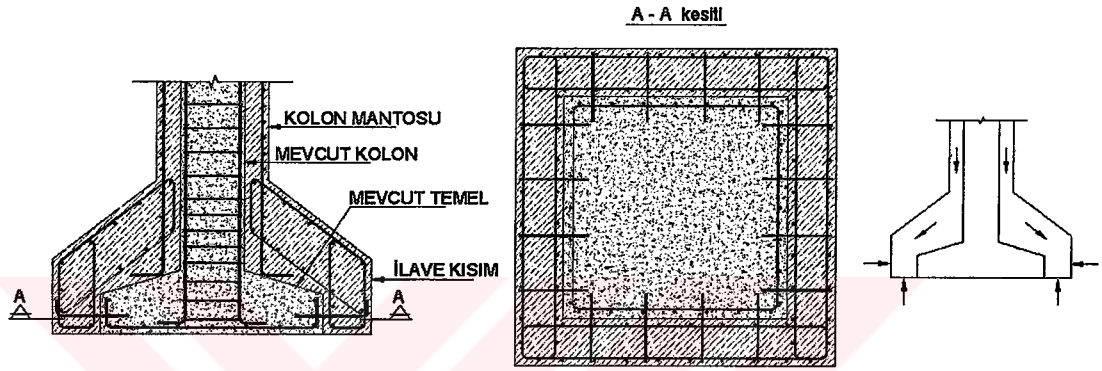
- Zemin parametrelerinin yeterli güvenlikte belirlenmemiş olması.
- Kötü zemin koşullarından dolayı temelde aşırı yerdeğiştirme olması.
- Kuvvetli depremlerden dolayı temelde hasar oluşması.
- Güçlendirmeden dolayı ölü yüklerin önemli miktarda artması.
- Yönetmeliklerdeki değişikliklerden dolayı, artan hesap yükleri sonucu temelin yetersiz kalması.
- Yapıya sonradan kat ilavesi sonucunda temelin yetersiz kalması.

Yukarıda sayılan sebepler ile temeller genelde oturma alanları genişletilerek veya zemin iyileştirilmesi yöntemiyle daha yüksek taşıma gücü elde edilerek güçlendirilirler. Mevcut temelin büyütülmesi ya da yeni temeller ilave edilmesi ile yatay ve düşey yüklerin zemin tarafından yeterli güvenlikte karşılanamaması durumunda zemin iyileştirme yöntemlerinden faydalanma ihtiyacı doğabilir.

Taşıyıcı sistem elemanlarının güçlendirilmesinde yük aktarımının sağlanması için mevcut temelin de güçlendirilmesi çoğu kez gerekli olmaktadır. Temelin güçlendirilmesi, mevcut temelin genişletilmesi, tekil temellerin birleştirilmesi, sürekli temellerin radyeye dönüştürülmesi şeklinde olabileceği gibi rijitlik artışı

ihtiyacı durumunda kısa kolon oluşturmamak üzere temel üstünde yüksek kiriş yapılması ile de sağlanabilmektedir.

Aşağıda mantolanacak bir kolon altındaki tekil temelin güçlendirilmesine ait örnek bir detay verilmiştir. Kolonun mantolanması, eski temel ile yeni kısım arasındaki zımbalamaya benzeyen ayrılmanın meydana gelmemesi için faydalı olmaktadır.



Şekil 3.9 Temel altına inilmeden tekil temelin güçlendirilmesi.

Binaya yatay yükleri taşıyacak ilave perde gibi yeni elemanlar tarafından aktarılan tesirlerin zemine güvenle iletilebilmesi için mevcut temelin güçlendirilmesi ve/veya temele yeni kısımlar eklenmesi gerekli olmaktadır. Bu hususa taşıyıcı sisteme perde ilave edilmesi kısmında değinilmiştir.

3.3 Taşıyıcı sistemin yeni elemanlarla güçlendirilmesi

Mevcut taşıyıcı sistemi yatay yüke karşı yeterli kapasite düzeyine erdirmek birçok bina için sadece sistem elemanlarının güçlendirilmesi ile mümkün olmamaktadır. Bu durumda taşıyıcı sisteme yatay yükten kaynaklanan etkilerin büyük bir bölümünü karşılayacak ve mevcut elemanlar üzerindeki yatay yük etkisini azaltacak yeni elemanlar eklenmesi gerekli olur. Aşağıda taşıyıcı sisteme yeni elemanların eklenmesinde gözönünde tutulması gerekli hususların birkaçına değinilmiştir.

- Yapıya yeni yatay yük taşıyıcı elemanlar eklenmesiyle yapının deprem etkisi altındaki davranışı orjinal sistemden farklı olur. Güçlendirilmiş sistemin güç tükenmesi durumu mevcut sistemden oldukça değişiktir. Taşıyıcı sistemin

sünekliğini de arttırmak üzere, ilave elemanlar mümkün olduğunca süneklik düzeyi yüksek olarak tasarlanmalı, gerekli görülen mevcut elemanlar dayanım ve süneklikleri arttırılmak üzere güçlendirilmelidir.

- Kritik kesitler oluşturmaktan mümkün olduğunca kaçınılmalıdır.
- İlave edilen elemanlar yapının titreşim periyotlarını deprem yükünün artmasına sebep olacak biçimde değiştirebilir ya da bu elemanlar yapı ağırlığının artmasına sebep olabilir.
- Güçlendirilmiş sistem çözümlenerek değişen davranış gözlenmeli, mevcut kesitler kontrol edilmelidir.
- İlave taşıyıcı elemanlar, burulmadan kaynaklanacak etkileri minimum düzeyde tutmak üzere, yapının kütle ve rijitlik merkezi mümkün olduğunca çakışacak şekilde düzenlenmelidir.
- Yapının beklenmeyen durumlara karşı burulma rijitliği yüksek tutulmalıdır.
- İlave taşıyıcı elemanlarla mevcut sistem arasındaki birleşim bölgelerinde yeterli mukavemet sağlanmalıdır.
- İlave elemanların yerleştirilmesinde yapı mimarisinin ve fonksiyonelliğinin bozulmamasına dikkat edilmelidir.
- İlave elemanların karşıladığı etkiler zemine yeterli güvenlikle iletilmelidir.

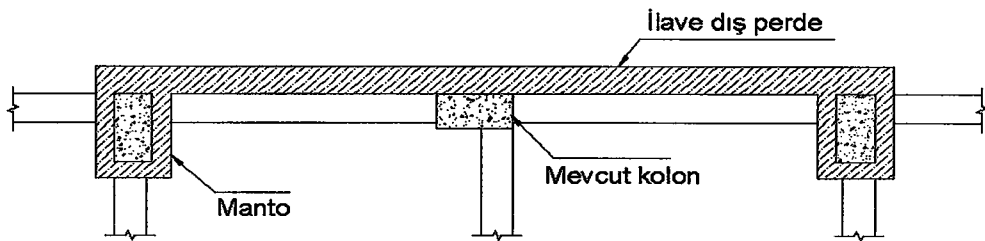
3.3.1 Taşıyıcı sisteme perde ilave edilmesi

Son zamanlardaki depremler binalardaki yetersiz yatay rijitliğin en önemli hasar nedeni olduğunu göstermiştir. Ayrıca binalardaki zayıf kat, zayıf kolon-güçlü giriş, yumuşak kat, kısa kolon gibi istenmeyen davranış biçimleri, yetersiz detaylandırma, imalat ve malzeme kalitesi de hasarın büyüklüğüne sebep olarak görülmektedir. Bu tip binaların deprem etkilerine karşı güçlendirilmesinde taşıyıcı sisteme yeterli miktarda perde ilave etmek en etkili ve ekonomik yol olarak belirmektedir.

Yeterli rijitlik ve dayanımı sağlayacak perde ilavesi ile mevcut taşıyıcı sistemdeki zayıflıkların güç tükenmesi durumundaki hakimiyeti azalmaktadır. Sisteme perde ilavesi ile artan yatay yükler altında oluşacak plastik mafsalların ilk olarak kirişlerde, ardından perdede son olarak kolonlarda meydana gelmesi arzu edilir.

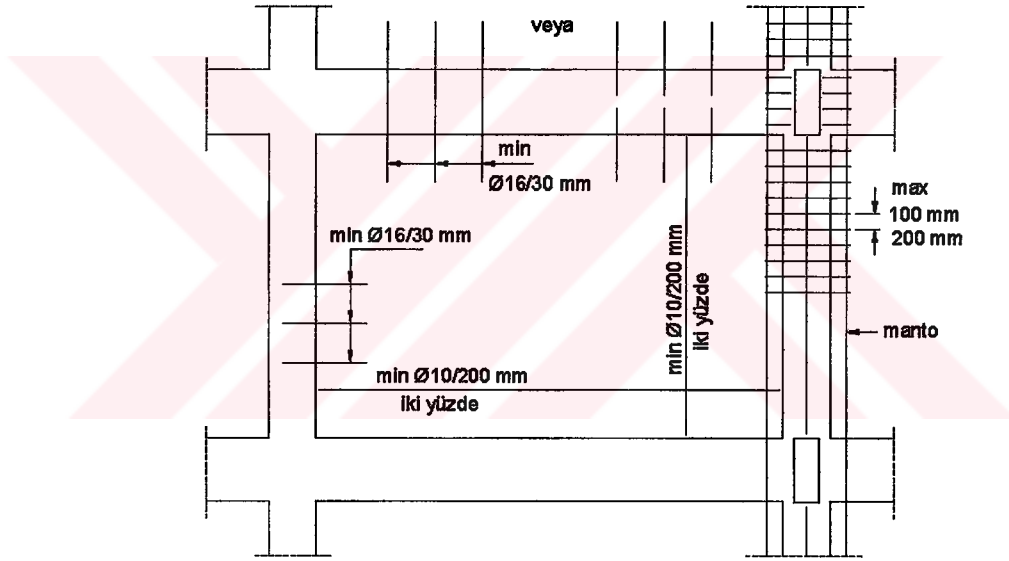
Perde yerlerinin seçiminde, deprem yükleri altında ek burulma momenti meydana getirmemeye çalışmak sistemin davranışı bakımından önemlidir. Yeni perde yerleri mevcut perde ve kolon düzenine dikkat edilerek belirlenmelidir. İlave edilecek perdenin iki kolon arasına yerleştirilmesi birçok bakımdan tercih edilmelidir. Ayrıca perdenin hasarlı elemanları içerisine alacak şekilde yerleştirilmesi ile bu elemanlar da güçlendirilmiş olur.

İlave perdelerin bina cephelerinde, çerçeve dışı yerleştirilmesi ile yapının kullanımı engellenmemiş ve mimari fonsiyonları bozulmamış olur. Ancak cephedeki pencereler dolu perde yapımını engeller. Boşluklu perde daha sünek olmakla birlikte inşaatı ve donatı detayları özen ister. Binanın dış cephesinde balkon gibi çıkmaların bulunması ilave perdenin düşey sürekliliğini sağlamada zorluklar çıkarır. Binanın dışında kalan perdenin mevcut kolon ve kirişler ile bağlantılarının yapılarak bütünlüğün sağlanması gereklidir. Perdeye bitişik kolonların mantolanması daha iyi bütünleşmeye olanak sağlamakla birlikte perde ve temelin boyutlandırılmasında bir miktar aksenal yükten de faydalanılmasına olanak sağlar (Şekil 3.10).



Şekil 3.10 İlave dış perde kesiti

Perdeler bina içerisinde çerçeveye bitişik düzenlenirken genellikle perde ucundaki kolonlar mantolanır. Böylece hem perdenin mevcut sistemle bütünleşmesi hem de kolon aksenal yükünden faydalanılarak perde uç donatılarının azaltılması sağlanır. Ayrıca perde temelini düzenlenmesinde kolon normal kuvvetinin olumlu katkısından da yararlanılmış olur. Perdenin yerleştirileceği yerde kapı boşluğu olması halinde perde bir uçtan komşu kolona bağlanırken diğer tarafta perde için bir uç bölgesi oluşturulmalıdır. Her iki durumda da döşeme delinerek perde uç donatılarının katlar arası geçişi sağlanmalı, kolon ve kiriş yüzeylerine yerleştirilecek ankrajlar ile bütünleşme sağlanmalıdır.



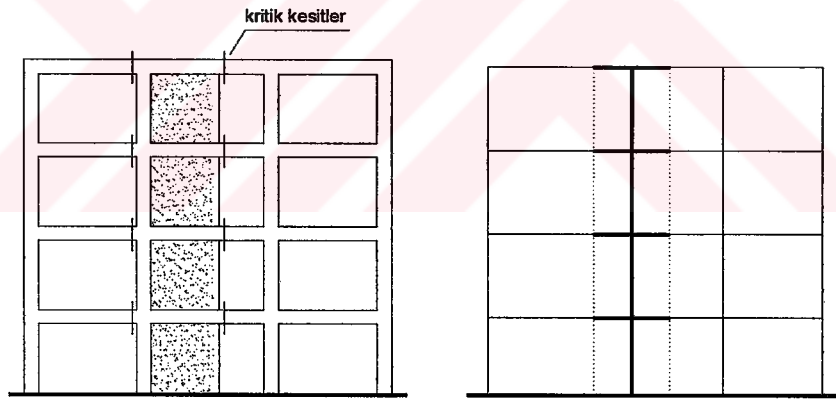
Şekil 3.11 Çerçeve gözünün perdeye dönüştürülmesi

İlave perde Şekil 3.11'deki gibi binanın uygun çerçeve gözlerindeki bölme duvarları perdeye dönüştürülerek de yapılabilir. Bu şekilde yapılacak perdenin mevcut sistemle uyumunun iyi olması, yapıda mimari düzeni en az rahatsız eden yöntem olması, yapı ağırlığındaki artış etkisinin az olması nedenleri ile tercih edilmektedir. İlave perde sayısının az olması, yapı yüksekliğinin artması perde etkilerini artırarak uçlarında kalacak kolonların da mantolanarak perdeyle bütünleşmesini gerektirir. Bu kolonlarda hasar bulunması, beton kalitesinin ve donatı kenetlenme boylarının yetersiz olması durumunda da elemanların mantolanması gerekir. Perdelerin kat

kirişlerini içerecek şekilde düzenlenmesi yatay kuvvet iletiminin, perde donatısının sürekliliğinin ve bütünleşmenin güvenli bir şekilde olmasını sağlar. Ancak bu durum da perde kalınlığının büyük olmasını gerektirdiğinden pek tercih edilmemektedir.

Tip yapılarda öndökümlü betonarme paneller, bölme duvarları ile değıştirilip uygun bağlantıları yapılarak perde oluşturulması, güçlendirmeyi oldukça ekonomik hale getirebilir.

Binaya perde ilave edilmesinin sağlayacağı katkı birtakım zorlukları da beraberinde getirmektedir. Binanın fonksiyonlarını bozmamak için perdelerin kolondan kolona devam etmemesi sonucunda perdenin birleştiğı kiriş boyu kısalarak rijitleşmektedir. Bu durum hem mevcut kirişin kısa kiriş gibi davranmasına yol açarak kirişin perdeye saplandığı bölgede kritik bir kesit oluşturmakta hem de kiriş vasıtası ile perdeye komşu kolonda da önemli kesit tesiri artışlarına sebep olabilmektedir (şekil 3.12).



şekil 3.12 Perde ilavesi ile oluşan kritik kesitler.

Binaya eklenen perdelerin ekonomik nedenler ile sayılarının az tutulması, perdelerine gelen deprem etkilerini arttırmakta, perde temellerini yeter güvenli ve bina içinde kalacak biçimde oluşturmak çok güçleşmektedir. Bununla birlikte bina içinde minimum düzeyde imalat amacı ya da mimarı sınırlamalar ile perdelerin bina cephelerinde oluşturulması, perde temelinde büyük eksantrisite oluşturmakta perde tabanındaki dönmenin sınırlı düzeyde kalması mümkün olmamaktadır.

4. BETONARME 6 KATLI BİR BİNANIN DEPREM GÜVENLİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ VE İLAVE PERDE YÜKSEKLİĞİNİN İNCELENMESİ

4.1 Giriş

Bu bölümde, 1975 deprem yönetmeliği esas alınarak inşa edilmiş ve 1998 deprem yönetmeliğine göre deprem güvenliğinin incelenmesi istenen 6 katlı bir bina örnek alınarak 1998 deprem yönetmeliği koşullarına göre irdelenmeye çalışılmıştır. 1998 deprem yönetmeliğinde öngörülen hesap deprem yüklerini karşılayamayan bina çerçeve gözlerinin betonarme malzeme ile doldurularak ilave perde oluşturulması yöntemiyle güçlendirilmiştir. Perdelerin bina yüksekliğince devam etmemesi durumunun incelenmesi için bina esas periyotlarının, deprem yükünden kaynaklanan perde taban momentlerinin ve bina boyunca devam etmeyen perdelerin üzerindeki kolonlarda moment ve kesme kuvveti değişimleri bir dizi çözümleme yapılarak gözlenmiş, elde edilen sonuçlar hazırlanan tablolar ve grafikler ile sunulmaya çalışılmıştır.

4.2 Binanın tanıtımı

İncelenen binanın mimari ve betonarme projeleri elde edilmiş ve yerinde incelenmiştir. Bina, projelerine uygun olarak, bodrum, zemin ve 4 normal kattan oluşmaktadır. Bodrum kat hariç tüm katlar konut olarak kullanılmaktadır ve aynı mimari özelliklere sahiptir. Bodrum kat ise depo ve sığınak amaçlı kullanılmaktadır.

Daha önce de bahsedildiği gibi yapının tasarımında 1975 deprem yönetmeliği esas alınmıştır ve bulunduğu bölge itibarıyla 1. derece deprem bölgesindedir. Eldeki hesaplar ve projeler incelendiğinde bunların minimum koşullar bakımından 1975 afet yönetmeliği ve TS500 ile uyum sağladığı anlaşılmaktadır.

Binanın taşıyıcı sistemi kolonlar, perdeler ve kirişli plak döşemelerden oluşmaktadır. Taşıyıcı sistem global y eksenine göre simetriktir. Statik proje mevcut taşıyıcı sistem

ile karşılaştırıldığında, geometri ve boyutlar bakımından herhangi bir uyumsuzlukla karşılaşmamıştır. Kolon ve kiriş kesitleri tüm katlarda aynıdır. Mevcut sistemi oluşturan kolon ve kirişlerin kesit boyutları Tablo 4.1 ile, binaya ait kalıp planı ise Şekil 4.1’de verilmiştir. Kat yükseklikleri döşeme üstünden döşeme üstüne, tüm katlarda 2.8 m’dir.

Taşıyıcı sistemde yapı davranışını olumsuz yönde etkileyebilecek, hesap öncesi görülebilecek türden planda ve düşey düzlemde düzensizlik durumları bulunmamaktadır. Taşıyıcı sistemi oluşturan çerçevelerin sürekli olması olumlu olmakla beraber kolonların kendisiyle birleşen kirişlerden daha zayıf olduğu bir çok birleşim bölgesinde eleman boyutları itibari ile görülebilmektedir. Binanın temel sistemi iki yönde sürekli temeldir. Temel kirişlerinin enkesit boyutları $b/h=80/120'$ dir. Temel ampatman yüksekliği/genişliği; $40/140'$ dır.

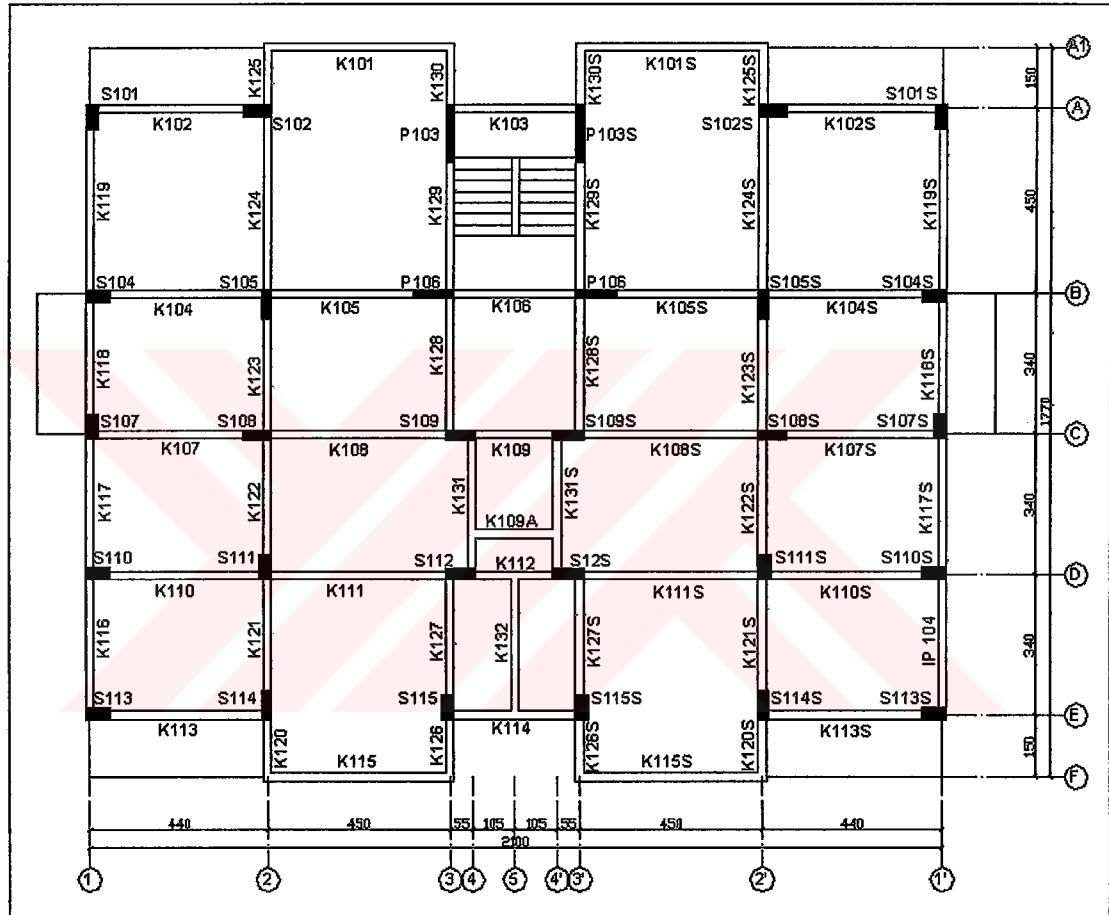
Yerinde yapılan incelemelerde depremde ya da diğer etkenlerden kaynaklanan taşıyıcı sistem hasarına rastlanmamıştır. Ancak bodrum katta çerçeve gözlerini dolduran çevre duvarların kiriş ve kolonlar ile birleştiği bölgelerde yatay ve düşey çatlaklar görülmüştür. Ayrıca binadaki kapalı çıkma duvarlarının kirişler ile birleştiği bölgelere yakından bakıldığında yatay sıva çatlakları görülmektedir.

Binanın projesinde malzeme kalitesi, betonda; BS20, boyuna donatıda BÇIII, enine donatıda BÇI olarak belirtilmektedir. Beton dayanımının tespiti için yapılan testlerden, mevcut beton dayanımının 14 MPa olarak hesaplarda kullanılabileceği anlaşılmıştır.

Donatının kontrolü için bodrum katta iki ve zemin katta bir adet kolonda paspayı kaldırılarak, bunlardaki donatı çap ve düzeninin eldeki proje ile aynı olduğu, ancak etriye sıklaştırmasına özen gösterilmediği projede belirtilenin altında yapıldığı (ortalama $\phi 8/15$) anlaşılmıştır.

Binanın bulunduğu arsa için hazırlanmış geoteknik raporda binanın temel zeminine ait, hesaplarda kullanılacak zemin karakteristikleri aşağıdaki gibi belirtilmektedir;

Zemin Yatak katsayısı : $K = 10000 \text{ kN/m}^3$



Şekil 4.1 Mevcut binaya ait kalıp planı

Tablo 4.1 Mevcut sistem kolon ve kiriş kesit boyutları (birimler cm'dir).

KOLON	bx	by	KOLON	bx	by	KİRİŞ	b	h
S101	30	60	S101S	30	60	K106	20	40
S102	70	30	S102S	70	30	Diğer	20	60
P103	20	140	P103S	20	140			
S104	60	30	S104S	60	30			
S105	25	70	S105S	25	70			
S106	100	20	S106S	100	20			
S107	25	70	S107S	25	70			
S108	70	25	S108S	70	25			
S109	75	25	S109S	75	25			
S110	60	30	S110S	60	30			
S111	30	60	S111S	30	60			
S112	75	25	S112S	75	25			
S113	60	30	S113S	60	30			
S114	25	70	S114S	25	70			
S115	30	60	S115S	30	60			

4.3 Bina taşıyıcı sisteminin hesap modeli, yapılan kabuller ve malzeme özellikleri

Bina taşıyıcı sistemi mevcut projesinden ve üzerindeki incelemelerden yararlanılarak bilgisayar ortamında genel amaçlı bir analiz programı olan SAP2000 programı ile oluşturulmuştur. Mevcut binanın SAP2000 modeli Şekil 4.2'de verilmiştir. Çözümleme malzemenin lineer elastik varsayımı ile yapılmıştır. Taşıyıcı sistemde hasara rastlanmadığından kolonların atalet momentleri için beton brüt kesiti esas alınmıştır. 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 analiz programı taşıyıcı sistemi oluşturan çubuk elemanların yayılı kütlelerini elemanların iki ucundaki düğüm noktalarına aktarmaktadır. Binanın periyotlarının hesaplanması ve dinamik analizi için kat ağırlık merkezlerine sadece döşeme ve duvarların kütleleri yerleştirilmiştir.

Hesaplarda kullanılan malzeme karakteristikleri aşağıdaki gibidir:

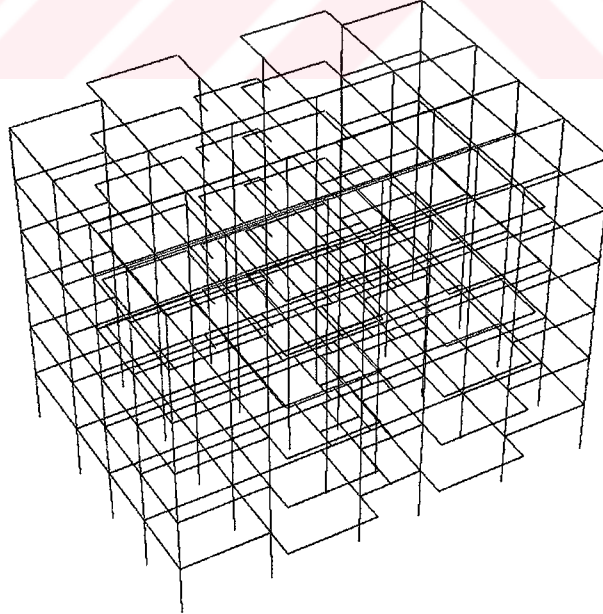
a) Beton malzeme

Mevcut sistem elemanları	: C14	($f_{ck} = 14 \text{ MPa}$, $E_c = 26160 \text{ MPa}$)
Güçlendirme elemanları	: C20	($f_{ck} = 20 \text{ MPa}$, $E_c = 28000 \text{ MPa}$)

b) Donatı çeliği

Mevcut sistem elemanları	: S420	($f_{yk} = 420 \text{ MPa}$)
Güçlendirme elemanları	: S420	($f_{yk} = 420 \text{ MPa}$)

Döşeme ve duvar yükleri ilgili planlardan faydalanılarak TS498'e göre hesaplanmıştır. Döşeme hareketli ve zati yükleri akma çizgileri şeklinde üçgen ve trapez yayılı yükler olarak ilgili kirişlere aktarılmıştır. 20cm kalınlıklı duvarlar için 6.47 kN/m, 10cm kalınlıklı duvarlar için 4.12 kN/m'lik düzgün yayılı yüklemeleri duvar boşlukları düşülerek ilgili kirişlere yüklenmiştir.



Şekil 4.2 Mevcut binanın SAP2000 geometrik modeli (MYSNR4 dosyası)

4.4 Binanın 1998 deprem yönetmeliğine göre güvenliğinin incelenmesi

Binanın deprem hesabı hem eşdeğer statik deprem yükü yöntemi hem de mod süperpozisyonu yöntemi ile yapılmış ve analiz sonuçları üzerinde düzensizlik kontrolleri ile eşdeğer statik deprem yükü yönteminin bina için geçerliliği gösterilmiştir.

Tablo 4.2 Bina ağırlığı

Taşıyıcı sistem ağırlığı	6346.62
Döşeme zati yükleri	9568.47
Duvar yükleri	4713.04
Döşeme hareketli yükleri	5207.08
Toplamlar (G+0.30Q)	22190.26

Mevcut taşıyıcı sistemin birinci doğal titreşim periyotları SAP2000 programı ile;

$$T_{1x} = 0.61 \text{ s}, \quad T_{1y} = 0.60 \text{ s}, \quad T_{1\theta} = 0.32 \text{ s}$$

olarak bulunmuştur. Bu değerlerden binanın spektrum katsayısı her iki deprem doğrultusu için; $S(T) = 2.5$ ($T_A < T_{1x} \leq T_B$; $T_A < T_{1y} \leq T_B$ olduğundan) değerini alır.

Spektral ivme katsayısı her iki deprem doğrultusunda da eşit olmak üzere, 1. derece deprem bölgesi ve yapı kullanım amacının konut olması ile;

$$A(T_1) = A_o I S(T_1) = 0.40 * 1.0 * 2.5 = 1.0$$

olarak hesaplanmıştır.

Örnek yapı deprem yönetmeliğine göre deprem yüklerinin tamamının çerçeveler tarafından taşındığı binalar tanımına uymaktadır. Taşıyıcı sistem süneklik düzeyi yüksek koşullarına uymayacağından sistem davranış katsayısı $R=4$ olarak seçilmiştir.

$$R_a(T) = R \quad (T_{1x}, T_{1y} > T_A)$$

Yukarıda açıklanmaya çalışılan aşamalar sonucunda taşıyıcı sistemin hesabında sisteme etkitilecek toplam deprem yükü (taban kesme kuvveti) ilgili değerler yerine konarak, her iki deprem doğrultusu için aşağıdaki gibi bulunmuştur.

$$V_{tx} = V_{ty} = W A(T_1) / R_a(T_1) = 22190.26 \cdot 1.0 / 4 = 5547.57 \text{ kN}$$

Bina yüksekliği; $H_N = 16.8\text{m} < 25\text{m}$ olduğundan, ek tepe kuvveti $\Delta F_N=0$ 'dır. Kat ağırlıkları ve katlara etkiyen deprem kuvvetleri Tablo 4.3'deki gibidir.

Tablo 4.3 Kat ağırlıkları ve katlara etkiyen eşdeğer deprem kuvvetleri

MYSNR4 Kat No	Wi [kN]	Hi [m]	Wi Hi [kNm]	$\frac{Wi Hi}{\sum Wi Hi}$	Fi [kN]
6	3266.76	16.8	54881.53	0.2566	1423.78
5	3784.70	14.0	52985.80	0.2478	1374.60
4	3784.70	11.2	42388.64	0.1982	1099.68
3	3784.70	8.4	31791.48	0.1487	824.76
2	3784.70	5.6	21194.32	0.0991	549.84
1	3784.70	2.8	10597.16	0.0496	274.92
Toplamlar	22190.26		213838.92	1.0000	5547.57

Taşıyıcı sistemin mod süperpozisyonu yöntemi ile dinamik analizinden bulunan taban kesme kuvvetleri ve eşdeğer statik yöntemle bulunan taban kesme kuvvetine oranı aşağıdaki gibidir;

$$V_{tBx} = 4447.87 \text{ kN} \quad V_{tBx} / V_{tx} = 4447.87 / 5547.57 = 0.80$$

$$V_{tBy} = 4438.18 \text{ kN} \quad V_{tBy} / V_{ty} = 4438.18 / 5547.57 = 0.80$$

Yukarıdaki değerler karşılaştırma için verilmiştir. Düzensizlik kontrollerinde ve kesit tahkiklerinde eşdeğer statik yüklemeden elde edilen sonuçlar kullanılmıştır.

Tablo 4.3'deki kat kesme kuvvetleri kat ağırlık merkezlerine %5 dışmerkezlilik etkileri ile birlikte etkitilerek, bina yatay ve düşey yükler için SAP2000 programı ile

analiz edilmiştir. Taşıyıcı sistemin hesabı ve kontrollerde kullanılan, eşdeğer statik yükleme durumları için oluşturulmuş yükleme kombinasyonları Tablo 4.4'deki gibidir.

Tablo 4.4 Yükleme kombinasyonları

No	kombinasyon
1	$1.4G + 1.6 Q$ yüklemesi
2	$G + Q + E_x +$ yüklemesi
3	$G + Q - E_x +$ yüklemesi
4	$G + Q + E_x -$ yüklemesi
5	$G + Q - E_x -$ yüklemesi
6	$G + Q + E_y +$ yüklemesi
7	$G + Q - E_y +$ yüklemesi
8	$G + Q + E_y -$ yüklemesi
9	$G + Q - E_y -$ yüklemesi

4.4.1 Düzensizlik kontrolleri

Hesap öncesi görülebilecek türden olan A2, A3, A4, B1, B3 türü düzensizlikler örnek yapıda bulunmadığından sistemin hesabından sonra belirlenebilecek türden olan A1 ve B2 düzensizliklerinin kontrolü yapılmıştır. A1, Burulma düzensizliği katsayıları hesaplanarak ilgili değerler aşağıda Tablo 4.5 ile verilmiştir. Burulma Düzensizliği Katsayısı; η_{bi} tüm katlarda 1.2'den küçük değerler almıştır. Bina yüksekliği, $H=16.8m < 25m$ olması dolayısı ile B2 düzensizliği kontrolüne ihtiyaç duyulmaksızın eşdeğer deprem yükü yöntemi yapının hesabında kullanılabilir. Tüm katlarda $D_i=1.0$ değerini almaktadır. Ek dışmerkezliliklerin arttırılmasına ihtiyaç yoktur. Binanın y eksenine göre simetrik olması dolayısıyla, E_y+ ve E_y- yüklemeleri etkisiyle oluşan deplasmanlar eşittir. B2, Rijitlik düzensizliği katsayısı η_{ki} 'nin 1.5'tan fazla olması durumu ile ilgili değerler 4.5 ile verilmiştir. Tablodaki η_{ki} değerleri incelendiğinde, son katın bir alt kata göre rijit kaldığı görülür.

Tablo 4.5 A1, Burulma düzensizliği kontrolü (birimler m'dir).

Ex + %5By Yükleme									
Kat	$\delta_{i \min}$	$\Delta_{i \min}$	$\delta_{i \max}$	$\Delta_{i \max}$	$\Delta_{i \text{ort}}$	η_{bi}		D_i	$D_i e_y$
6	0.03338	0.00312	0.04329	0.00396	0.00354	1.119	< 1.2	1.00	0.895
5	0.03026	0.00474	0.03933	0.00609	0.00542	1.125	< 1.2	1.00	0.895
4	0.02552	0.00622	0.03324	0.00807	0.00715	1.129	< 1.2	1.00	0.895
3	0.01930	0.00719	0.02517	0.00941	0.00830	1.134	< 1.2	1.00	0.895
2	0.01211	0.00731	0.01576	0.00958	0.00845	1.134	< 1.2	1.00	0.895
1	0.00480	0.00480	0.00618	0.00618	0.00549	1.126	< 1.2	1.00	0.895

Ex - %5By Yükleme									
Kat	$\delta_{i \min}$	$\Delta_{i \min}$	$\delta_{i \max}$	$\Delta_{i \max}$	$\Delta_{i \text{ort}}$	η_{bi}		D_i	$D_i e_y$
6	0.03582	0.00334	0.04013	0.00369	0.00352	1.050	< 1.2	1.00	0.895
5	0.03248	0.00508	0.03644	0.00567	0.00538	1.055	< 1.2	1.00	0.895
4	0.02740	0.00669	0.03077	0.00744	0.00707	1.053	< 1.2	1.00	0.895
3	0.02071	0.00778	0.02333	0.00865	0.00822	1.053	< 1.2	1.00	0.895
2	0.01293	0.00788	0.01468	0.00883	0.00836	1.057	< 1.2	1.00	0.895
1	0.00505	0.00505	0.00585	0.00585	0.00545	1.073	< 1.2	1.00	0.895

Ey + %5Bx Yükleme									
Kat	$\delta_{i \min}$	$\Delta_{i \min}$	$\delta_{i \max}$	$\Delta_{i \max}$	$\Delta_{i \text{ort}}$	η_{bi}		D_i	$D_i e_x$
6	0.03194	0.00305	0.04397	0.00406	0.00356	1.142	< 1.2	1.00	1.060
5	0.02889	0.00455	0.03991	0.00618	0.00537	1.152	< 1.2	1.00	1.060
4	0.02434	0.00599	0.03373	0.00820	0.00710	1.156	< 1.2	1.00	1.060
3	0.01835	0.00696	0.02553	0.00957	0.00827	1.158	< 1.2	1.00	1.060
2	0.01139	0.00696	0.01596	0.00969	0.00833	1.164	< 1.2	1.00	1.060
1	0.00443	0.00443	0.00627	0.00627	0.00535	1.172	< 1.2	1.00	1.060

Ey - %5Bx Yükleme									
Kat	$\delta_{i \min}$	$\Delta_{i \min}$	$\delta_{i \max}$	$\Delta_{i \max}$	$\Delta_{i \text{ort}}$	η_{bi}		D_i	$D_i e_x$
6	0.03194	0.00305	0.04397	0.00406	0.00356	1.142	< 1.2	1.00	1.060
5	0.02889	0.00455	0.03991	0.00618	0.00537	1.152	< 1.2	1.00	1.060
4	0.02434	0.00599	0.03373	0.00820	0.00710	1.156	< 1.2	1.00	1.060
3	0.01835	0.00696	0.02553	0.00957	0.00827	1.158	< 1.2	1.00	1.060
2	0.01139	0.00696	0.01596	0.00969	0.00833	1.164	< 1.2	1.00	1.060
1	0.00443	0.00443	0.00627	0.00627	0.00535	1.172	< 1.2	1.00	1.060

(Değerler MYSNR4 çözümü dosyasından alınmıştır.)

İ.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

Tablo 4.6 B2, Düzensizliği kontrolü ve görelî ötelenmelerin sınırlandırılması (m).

Ex + %5By Yükleme								
Kat	$\Delta_{i \min}$	$\Delta_{i \max}$	h_i	$\Delta_{i \max} / h_i$	$\Delta_{i \text{ ort}}$	$\Delta_{(i+1) \text{ ort}}$	η_{ki}	
6	0.00312	0.00396	2.8	0.00141 < 0.0035	0.00354	-	-	
5	0.00474	0.00609	2.8	0.00218 < 0.0035	0.00542	0.00354	1.53 > 1.5	
4	0.00622	0.00807	2.8	0.00288 < 0.0035	0.00715	0.00542	1.32 < 1.5	
3	0.00719	0.00941	2.8	0.00336 < 0.0035	0.00830	0.00715	1.16 < 1.5	
2	0.00731	0.00958	2.8	0.00342 < 0.0035	0.00845	0.00830	1.02 < 1.5	
1	0.00480	0.00618	2.8	0.00221 < 0.0035	0.00549	0.00845	0.65 < 1.5	

Ex - %5By Yükleme								
Kat	$\Delta_{i \min}$	$\Delta_{i \max}$	h_i	$\Delta_{i \max} / h_i$	$\Delta_{i \text{ ort}}$	$\Delta_{(i+1) \text{ ort}}$	η_{ki}	
6	0.00334	0.00369	2.8	0.00132 < 0.0035	0.00352	-	-	
5	0.00508	0.00567	2.8	0.00203 < 0.0035	0.00538	0.00352	1.53 > 1.5	
4	0.00669	0.00744	2.8	0.00266 < 0.0035	0.00707	0.00538	1.31 < 1.5	
3	0.00778	0.00865	2.8	0.00309 < 0.0035	0.00822	0.00707	1.16 < 1.5	
2	0.00788	0.00883	2.8	0.00315 < 0.0035	0.00836	0.00822	1.02 < 1.5	
1	0.00505	0.00585	2.8	0.00209 < 0.0035	0.00545	0.00836	0.65 < 1.5	

Ey + %5Bx Yükleme								
Kat	$\Delta_{i \min}$	$\Delta_{i \max}$	h_i	$\Delta_{i \max} / h_i$	$\Delta_{i \text{ ort}}$	$\Delta_{(i+1) \text{ ort}}$	η_{ki}	
6	0.00305	0.00406	2.8	0.00145 < 0.0035	0.00356	-	-	
5	0.00455	0.00618	2.8	0.00221 < 0.0035	0.00537	0.00356	1.51 > 1.5	
4	0.00599	0.00820	2.8	0.00293 < 0.0035	0.00710	0.00537	1.32 < 1.5	
3	0.00696	0.00957	2.8	0.00342 < 0.0035	0.00827	0.00710	1.16 < 1.5	
2	0.00696	0.00969	2.8	0.00346 < 0.0035	0.00833	0.00827	1.01 < 1.5	
1	0.00443	0.00627	2.8	0.00224 < 0.0035	0.00535	0.00833	0.64 < 1.5	

Ey - %5Bx Yükleme								
Kat	$\Delta_{i \min}$	$\Delta_{i \max}$	h_i	$\Delta_{i \max} / h_i$	$\Delta_{i \text{ ort}}$	$\Delta_{(i+1) \text{ ort}}$	η_{ki}	
6	0.00305	0.00406	2.8	0.00145 < 0.0035	0.00356	-	-	
5	0.00455	0.00618	2.8	0.00221 < 0.0035	0.00537	0.00356	1.51 > 1.5	
4	0.00599	0.00820	2.8	0.00293 < 0.0035	0.00710	0.00537	1.32 < 1.5	
3	0.00696	0.00957	2.8	0.00342 < 0.0035	0.00827	0.00710	1.16 < 1.5	
2	0.00696	0.00969	2.8	0.00346 < 0.0035	0.00833	0.00827	1.01 < 1.5	
1	0.00443	0.00627	2.8	0.00224 < 0.0035	0.00535	0.00833	0.64 < 1.5	

(Değerler MYSNR4 çözümü dosyasından alınmıştır.)

4.4.2 Göreli kat ötelenmelerinin kontrolü

Herhangi bir kolon veya perde için, ardışık iki kat arasındaki yerdeğiştirme farkını ifade eden göreli kat ötelenmeleri hesaplanarak ilgili değerler Tablo 4.6'da verilmiştir. Binada göreli kat ötelenmeleri 2. ve 3. katlarda limit değerlere yaklaşmaktadır.

4.4.3 İkinci mertebe etkileri kontrolü

İkinci mertebe etkisi gösterge değerleri θ_i her bir katta hesaplanarak değerler Tablo 4.7 ile verilmiştir. Deprem yönetmeliği ikinci mertebe etkilerinin, betonarmenin daha gerçekçi davranışını temel alacak ikinci mertebe teorisine göre hesap yapılmaksızın değerlendirilebilmesi ve boyutlandırma yapılabilmesi için gözönüne alınan deprem doğrultusunda, $\theta_i \leq 0.12$ koşulunun sağlanmasını öngörmektedir. Tablo 4.7'nin incelenmesinden, θ_i değerlerinin limit değerin oldukça altında olduğu görülecektir. Örnek yapıda ikinci mertebe etkisinden oluşacak ilave momentlerin, birinci mertebe momentlerin yanında oldukça küçük olacağı söylenebilir.

Tablo 4.7 İkinci mertebe gösterge değerleri

Ex + %5By Yükleme							
Kat	$\Delta_{i \text{ ort}}$ [m]	W_i [kN]	$\sum W_i$ [kN]	F_i [kN]	V_i [kN]	h_i [m]	θ_i
6	0.00354	3266.76	3266.76	1423.78	1423.78	2.8	0.0029 < 0.12
5	0.00542	3784.70	7051.46	1374.60	2798.38	2.8	0.0049 < 0.12
4	0.00715	3784.70	10836.16	1099.68	3898.06	2.8	0.0071 < 0.12
3	0.00830	3784.70	14620.86	824.76	4722.82	2.8	0.0092 < 0.12
2	0.00845	3784.70	18405.56	549.84	5272.66	2.8	0.0105 < 0.12
1	0.00549	3784.70	22190.26	274.92	5547.58	2.8	0.0078 < 0.12

Ex - %5By Yükleme							
Kat	$\Delta_{i \text{ ort}}$ [m]	W_i [kN]	$\sum W_i$ [kN]	F_i [kN]	V_i [kN]	h_i [m]	θ_i
6	0.00352	3266.76	3266.76	1423.78	1423.78	2.8	0.0029 < 0.12
5	0.00538	3784.70	7051.46	1374.60	2798.38	2.8	0.0048 < 0.12
4	0.00707	3784.70	10836.16	1099.68	3898.06	2.8	0.0070 < 0.12
3	0.00822	3784.70	14620.86	824.76	4722.82	2.8	0.0091 < 0.12
2	0.00836	3784.70	18405.56	549.84	5272.66	2.8	0.0104 < 0.12
1	0.00545	3784.70	22190.26	274.92	5547.58	2.8	0.0078 < 0.12

Ey + %5Bx Yükleme							
Kat	$\Delta_{i \text{ ort}}$ [m]	W_i [kN]	$\sum W_i$ [kN]	F_i [kN]	V_i [kN]	h_i [m]	θ_i
6	0.00356	3266.76	3266.76	1423.78	1423.78	2.8	0.0029 < 0.12
5	0.00537	3784.70	7051.46	1374.60	2798.38	2.8	0.0048 < 0.12
4	0.00710	3784.70	10836.16	1099.68	3898.06	2.8	0.0070 < 0.12
3	0.00827	3784.70	14620.86	824.76	4722.82	2.8	0.0091 < 0.12
2	0.00833	3784.70	18405.56	549.84	5272.66	2.8	0.0104 < 0.12
1	0.00535	3784.70	22190.26	274.92	5547.58	2.8	0.0076 < 0.12

Ey - %5Bx Yükleme							
Kat	$\Delta_{i \text{ ort}}$ [m]	W_i [kN]	$\sum W_i$ [kN]	F_i [kN]	V_i [kN]	h_i [m]	θ_i
6	0.00356	3266.76	3266.76	1423.78	1423.78	2.8	0.0029 < 0.12
5	0.00537	3784.70	7051.46	1374.60	2798.38	2.8	0.0048 < 0.12
4	0.00710	3784.70	10836.16	1099.68	3898.06	2.8	0.0070 < 0.12
3	0.00827	3784.70	14620.86	824.76	4722.82	2.8	0.0091 < 0.12
2	0.00833	3784.70	18405.56	549.84	5272.66	2.8	0.0104 < 0.12
1	0.00535	3784.70	22190.26	274.92	5547.58	2.8	0.0076 < 0.12

(Değerler MYSNR4 çözümü dosyasından alınmıştır.)

4.4.4 Binanın kolonlarının tahkiki, kat kapasitesi

Mevcut sistemde ilk kat kolonlarının düşey yükten ($1.4G+1.6Q$ yükleme) kaynaklanan normal kuvvete göre tahkiki aşağıda Tablo 4.8 deki gibidir.

Tablo 4.8 1.kat kolonlarında düşey yüklerden oluşan normal kuvvet tahkiki.

KOLON	Boyut (cm)		K.Alanı (cm ²)	N _d (kN)		N _{lim} 0.5f _{ck} A _c	N _d / N _{lim}	Açıklama
	bx	by						
S101	30	60	1800	954.9	<	1260	0.76	yeterli
S102	70	30	2100	1565.9	!	1470	1.07	yetersiz
P103	20	140	2800	1575.8	<	1960	0.80	yeterli
S104	60	30	1800	1120.3	<	1260	0.89	yeterli
S105	25	70	1750	1308.4	!	1225	1.07	yetersiz
P106	100	20	2000	1363.8	<	1400	0.97	yeterli
S107	30	60	1800	1011.7	<	1260	0.80	yeterli
S108	70	25	1750	1353.6	!	1225	1.10	yetersiz
S109	75	25	1875	1249.3	<	1312.5	0.95	yeterli
S110	60	30	1800	935.4	<	1260	0.74	yeterli
S111	30	60	1800	1380.6	!	1260	1.10	yetersiz
S112	75	25	1875	1317.6	!	1312.5	1.00	yetersiz
S113	60	30	1800	885.5	<	1260	0.70	yeterli
S114	25	70	1750	1357.9	!	1225	1.11	yetersiz
S115	30	60	1800	1224.7	<	1260	0.97	yeterli

(Değerler MYSNR4 çözümü dosyasından alınmıştır.)

Bina global Y eksenine göre simetrik olduğundan tabloda sadece simetri eksenini olan 5 aksının solundaki kolonlar bulunmaktadır. Tablo incelendiğinde eksenel yükten dolayı $2 \times 6 = 12$ kolonun kesitinin yetersiz olduğu, bu kolonlarda N_d/N_{lim} oranlarının 1'e oldukça yakın olduğu görülür.

Tablo 4.9 da 1. kat kolonlarında eksantrisiteli deprem etkilerini de içeren maksimum normal kuvvetlere göre tahkik yapılmıştır.

Tablo 4.9 1. kat kolonlarının maksimum normal kuvvete göre tahkiki.

KOLON	K.Alanı (cm ²)	Yüklemesi	N _{d max} (kN)		N _{lim} 0.5f _{ck} A _c	N _{d max} /N _{lim}	Açıklama
S101	1800	G+Q-Ex-	1200.06	<	1260	0.95	yeterli
S102	2100	G+Q+Ey-	1736.51	!	1470	1.18	yetersiz
P103	2800	G+Q+Ey+	1897.25	<	1960	0.97	yeterli
S104	1800	G+Q-Ex-	1239.68	<	1260	0.98	yeterli
S105	1750	1.4G+1.6Q	1308.41	!	1225	1.07	yetersiz
P106	2000	1.4G+1.6Q	1363.84	<	1400	0.97	yeterli
S107	1800	G+Q-Ex-	1202.33	<	1260	0.95	yeterli
S108	1750	1.4G+1.6Q	1353.56	!	1225	1.10	yetersiz
S109	1875	G+Q-Ex-	1722.97	!	1312.5	1.31	yetersiz
S110	1800	G+Q-Ex-	1136.64	<	1260	0.90	yeterli
S111	1800	1.4G+1.6Q	1380.60	!	1260	1.10	yetersiz
S112	1875	G+Q-Ex-	1987.52	!	1312.5	1.51	yetersiz
S113	1800	G+Q-Ey-	1285.92	!	1260	1.02	yetersiz
S114	1750	G+Q-Ey-	1882.93	!	1225	1.54	yetersiz
S115	1800	G+Q-Ey+	1563.52	!	1260	1.24	yetersiz

(Değerler MYSNR4 çözümü dosyasından alınmıştır.)

Tablo 4.9 incelendiğinde binanın 2*9=18 kolonunda 1998 deprem yönetmeliğinde verilen eksenel yük üst sınırının aşıldığı, N_{d max}/N_{lim} oranlarının 2*4=8 kolonda oldukça büyük kaldığı görülür.

İlk kat kolonlarında her iki doğrultudaki deprem yüklemesi için gerekli donatı oranı ve mevcut donatı ile moment taşıma kapasitesi kontrollerinin yapılmasında aşağıda verilen Tablo 4.10 ve Tablo 4.11 hazırlanmıştır. Tablolarda verilen kolon moment taşıma kapasitelerinin hesabında, d'/h =0.10 ve donatının dört köşeye eşit dağılımı için hazırlanmış üç boyutlu karşılıklı etki diyagram temsilinden faydalanılmıştır, ([6] sh:121). Bulunan donatılar aynı donatı düzeni için SAP2000 programı sonuçları ile karşılaştırıldığında birçok kolonda gerekli donatı alanının hemen hemen aynı değerlerde olduğu görülmüştür. Ancak binadaki kolonların gerçek donatı düzeni esas alındığında SAP2000 programına hesaplatılan gerekli donatı alanları birçok kolonda tablodaki değerlerin üzerindedir. Bu artış, mevcut donatının gövdeye yayılı

olmasından dolayı boyutları perde boyutlarına yakın olan P103 ve P106 elemanlarında %35 gibi bir farkla daha belirgindir.

Beton dayanımının mevcut yapıda tespit edilmesinden dolayı beton malzeme katsayısının bir bölümünün amacına ulaştığı düşünülerek kolon taşıma gücü momenti hesaplarında beton hesap dayanımı için $\gamma_{mc}=1.5$ yerine $\gamma_{mc}=1.25$ değeri kullanılmıştır. Tablolardaki kesit tesirleri ve buna bağlı olarak hesaplanan kapasiteler ve gerekli donatı, deprem yüklerinin kat ağırlık merkezinden etkimesi hali içindir. Sistemin simetrik oluşundan değerlerin binanın genel durumunu yansıtacağı düşünülerek bu kolaylığa gidilmiştir.

Tablolardan görüleceği üzere ilk katın tüm kolonlarında moment taşıma kapasiteleri hesap momentinin altında kalmaktadır. Tabloların sonunda M_d ve M_r momentleri toplanarak kat kolonlarına gelen moment ve kat kapasitelerinin oranları y doğrultusu için 0.56, x doğrultusu için 0.59 olarak hesaplanmıştır. Bu durumda kolonlar arasında yatay yükün paylaşımı bakımından bir kuvvet aktarımı olsa dahi hesap deprem yükü binanın kolonları tarafından karşılanamamaktadır.

Binanın ilk katında kat mekanizması oluşması halinde kolonlarda taşıma gücüne erişilmesi ile meydana gelebilecek kesme kuvveti ve kesme kuvveti kapasiteleri hesaplanarak ilgili değerler Tablo 4.12 ve Tablo 4.13 ile verilmiştir. İlgili deprem doğrultusu için bulunan kesme kuvvetlerinden küçük olanları toplanarak kat kesme kuvveti kapasiteleri hesaplanmış ve taban kesme kuvveti ile karşılaştırılarak oranlar aşağıdaki gibi bulunmuştur;

x-x doğrultusu için;

$$\Sigma V_{rx} / V_{tx} = 3624.3/5547.57 = 0.65$$

y-y doğrultusu için;

$$\Sigma V_{ry} / V_{ty} = (1871.9*2)/5547.57 = 0.67$$

Tablo 4.10 1. kat kolonlarında donatı ve taşıma gücü momenti tahkiki
(G+Q+Ey yükleme)

KOLON	Mevcut Donatı	ρ_{mev} %	ρ_{ger} %	ρ_{mev}		Nd (kN)	Md _y (kNm)	Md _x (kNm)		M _{rx} (kNm)	M _{rx} /Md _x	Açıklama	
				ρ_{ger}									
S101	10 Φ 16	1.12	1.65	0.68	alt	-1139.4	-8.9	330.1	!	247.9	0.75	yetersiz	
					üst	-1129.0	14.1	-17.1	<	243.7			
S102	12 Φ 16	1.15	1.17	0.98	alt	-1635.0	7.5	128.5	!	126.7	0.99	yetersiz	
					üst	-1622.8	-13.2	-51.7	<	126.7			
P103	4 Φ 14 12 Φ 12	0.70	3.27	0.22	alt	-1871.7	-1.6	2103.7	!	658.9	0.31	yetersiz	
					üst	-1817.3	-2.6	625.7	<	675.3			
S104	10 Φ 16	1.12	1.45	0.77	alt	-1036.5	-8.8	159.1	!	133.6	0.84	yetersiz	
					üst	-1026.1	15.0	-122.1	<	132.6			
S105	12 Φ 14	1.06	2.01	0.52	alt	-1001.8	2.9	462.9	!	294.1	0.64	yetersiz	
					üst	-991.7	-4.6	-79.6	<	293.3			
P106	4 Φ 14 8 Φ 14	0.92	1.07	0.87	alt	-626.1	7.1	102.6	!	94.2	0.92	yetersiz	
					üst	-614.6	-14.6	-96.8	!	92.9			
S107	10 Φ 16	1.12	2.32	0.48	alt	-718.4	-6.4	470.4	!	284.2	0.60	yetersiz	
					üst	-708.3	10.1	-92.9	<	279.1			
S108	12 Φ 14	1.06	1.32	0.80	alt	-944.6	0.4	126.5	!	109.7	0.87	yetersiz	
					üst	-934.5	-0.7	-111.5	!	110.2			
S109	12 Φ 14	0.98	1.00	0.99	alt	-938.6	2.1	118.5	!	117.8	0.99	yetersiz	
					üst	-927.8	-3.8	-92.8	<	117.5			
S110	10 Φ 16	1.12	1.41	0.79	alt	-527.2	-9.2	162.1	!	139.1	0.86	yetersiz	
					üst	-516.8	15.8	-126.7	<	136.4			
S111	10 Φ 16	1.12	1.98	0.56	alt	-1103.2	-2.0	393.8	!	260.1	0.66	yetersiz	
					üst	-1092.8	3.2	-126.2	<	260.4			
S112	12 Φ 14	0.98	1.30	0.76	alt	-1074.5	17.9	127.3	!	106.2	0.83	yetersiz	
					üst	-1063.7	-32.3	-106.5	!	104.2			
S113	10 Φ 16	1.12	1.53	0.73	alt	7.6	-10.7	119.4	!	86.3	0.72	yetersiz	
					üst	18.0	18.3	-59.0	<	84.2			
S114	12 Φ 14	1.06	2.23	0.47	alt	-113.3	5.0	434.5	!	223.0	0.51	yetersiz	
					üst	-103.2	-7.9	-29.4	<	217.4			
S115	10 Φ 16	1.12	1.84	0.61	alt	-194.9	-1.8	342.1	!	228.3	0.67	yetersiz	
					üst	-184.6	2.9	-37.7	<	225.1			
						Alt uç toplamlar		5581.5		!	3110.2	0.56	yetersiz
						Üst uç toplamlar		-524.2		<	3098.9		

(Değerler MYSNR4 çözümü dosyasından alınmıştır.)

Tablo 4.11 1. kat kolonlarında donatı ve taşıma gücü momenti tahkiki
(G+Q+Ex yüklemesi)

KOLON	Mevcut Donatı	ρ_{mev} %	ρ_{ger} %	ρ_{mev} ρ_{ger}		Nd (kN)	Md _x (kNm)	Md _y (kNm)		M _{ry} (kNm)	M _{ry} /Md _y	Açıklama
S101	10 Φ 16	1.12	1.31	0.85	alt	-139.9	17.0	120.6	!	105.3	0.87	yetersiz
					üst	-129.5	-7.8	-54.3	<	105.6		
S102	12 Φ 16	1.15	2.12	0.54	alt	-1543.6	-2.4	520.5	!	314.4	0.60	yetersiz
					üst	-1531.5	7.2	11.2	<	311.7		
P103	4 Φ 14 12 Φ 12	0.70	0.27	2.64	alt	-799.6	12.2	75.9	<	111.8	1.47	yeterli
					üst	-840.2	14.6	37.7	<	112.8		
S104	10 Φ 16	1.12	1.56	0.71	alt	-334.8	4.6	324.6	!	253.6	0.78	yetersiz
					üst	-324.4	-2.2	10.7	<	254.2		
S105	12 Φ 14	1.06	1.40	0.76	alt	-616.1	4.9	135.0	!	113.5	0.84	yetersiz
					üst	-606.0	7.9	-122.0	!	112.7		
P106	4 Φ 14 8 Φ 14	0.92	2.53	0.37	alt	-805.1	-1.5	943.0	!	481.6	0.51	yetersiz
					üst	-793.5	2.8	32.2	<	477.1		
S107	10 Φ 16	1.12	0.81	1.37	alt	-208.5	13.1	89.8	<	113.8	1.27	yeterli
					üst	-198.4	5.6	-51.9	<	114.2		
S108	12 Φ 14	1.06	1.99	0.53	alt	-775.2	3.5	479.3	!	315.3	0.66	yetersiz
					üst	-765.1	-3.5	-93.0	<	315.2		
S109	12 Φ 14	0.98	3.15	0.31	alt	-14.7	-10.6	646.8	!	201.1	0.31	yetersiz
					üst	-3.9	17.1	-227.2	!	191.8		
S110	10 Φ 16	1.12	1.76	0.63	alt	-173.6	6.2	321.7	!	220.1	0.68	yetersiz
					üst	-163.2	-4.8	1.8	<	218.7		
S111	10 Φ 16	1.12	1.34	0.83	alt	-925.3	9.1	158.1	!	140.9	0.89	yetersiz
					üst	-914.9	-3.3	-119.3	<	143.2		
S112	12 Φ 14	0.98	3.23	0.30	alt	109.5	5.9	629.7	!	166.2	0.26	yetersiz
					üst	120.3	-8.9	-207.8	!	160.8		
S113	10 Φ 16	1.12	1.79	0.62	alt	-114.6	1.5	315.9	!	208.8	0.66	yetersiz
					üst	-104.2	2.7	5.0	<	205.3		
S114	12 Φ 14	1.06	1.30	0.81	alt	-1271.5	17.7	102.3	!	86.6	0.85	yetersiz
					üst	-1261.4	-14.7	-73.7	<	87.8		
S115	10 Φ 16	1.12	1.29	0.86	alt	-189.1	16.2	125.2	!	111.1	0.89	yetersiz
					üst	-178.7	-24.5	-68.7	<	108.3		

(Değerler MYSNR4 çözümü dosyasından alınmıştır.)

Tablo 4.11'in devamı

KOLON	Mevcut Donatı	ρ_{mev} %	ρ_{ger} %	ρ_{mev} ρ_{ger}		Nd (kN)	Md _x (kNm)	Md _y (Knm)		M _{ry} (kNm)	M _{ry} /Md _y	Açıklama	
S101S	10 Φ 16	1.12	1.31	0.86	alt	-1188.8	-3.9	138.4	!	123.7	0.89	yetersiz	
					üst	-1178.4	-14.7	-82.5	<	121.9			
S102S	12 Φ 16	1.15	1.73	0.67	alt	-629.9	-10.2	504.0	!	379.4	0.75	yetersiz	
					üst	-617.8	12.8	40.5	<	374.2			
P103S	4 Φ 14 12 Φ 12	0.70	0.23	3.10	alt	-1396.1	-25.2	78.3	<	116.6	1.49	yeterli	
					üst	-1246.6	19.4	45.7	<	116.9			
S104S	10 Φ 16	1.12	1.80	0.62	alt	-1223.6	-6.9	342.7	!	237.4	0.69	yetersiz	
					üst	-1213.2	5.8	-20.3	<	240.0			
S105S	12 Φ 14	1.06	1.67	0.63	alt	-1199.3	-9.7	131.2	!	92.7	0.71	yetersiz	
					üst	-1189.2	0.5	-116.0	!	94.8			
P106S	4 Φ 14 8 Φ 14	0.92	2.62	0.35	alt	-1085.0	1.4	948.1	!	459.3	0.48	yetersiz	
					üst	-1073.4	-2.6	21.8	<	458.6			
S107S	10 Φ 16	1.12	0.90	1.24	alt	-1199.4	-17.7	102.6	<	119.5	1.17	yeterli	
					üst	-1189.3	2.5	-72.1	<	124.0			
S108S	12 Φ 14	1.06	2.20	0.48	alt	-1100.0	-3.0	478.7	!	277.6	0.58	yetersiz	
					üst	-1089.9	2.8	-91.9	<	279.6			
S109S	12 Φ 14	0.98	3.19	0.31	alt	-1717.1	10.6	627.0	!	182.1	0.29	yetersiz	
					üst	-1706.3	-17.2	-191.4	!	176.0			
S110S	10 Φ 16	1.12	1.67	0.67	alt	-1132.6	-5.6	338.8	!	252.2	0.74	yetersiz	
					üst	-1122.2	3.9	-27.4	<	255.5			
S111S	10 Φ 16	1.12	1.42	0.79	alt	-982.0	-10.2	160.6	!	136.9	0.85	yetersiz	
					üst	-971.6	5.1	-123.2	<	139.0			
S112S	12 Φ 14	0.98	3.37	0.29	alt	-1937.7	-6.4	613.8	!	132.4	0.22	yetersiz	
					üst	-1926.9	9.7	-179.0	!	131.9			
S113S	10 Φ 16	1.12	1.66	0.67	alt	-1116.9	-6.7	338.4	!	253.4	0.75	yetersiz	
					üst	-1106.5	5.6	-33.6	<	256.0			
S114S	12 Φ 14	1.06	0.72	1.47	alt	-608.0	2.0	93.1	<	114.2	1.23	yeterli	
					üst	-597.9	-20.3	-59.2	<	109.4			
S115S	10 Φ 16	1.12	1.55	0.72	alt	-1516.8	-0.2	131.0	!	97.0	0.74	yetersiz	
					üst	-1506.4	-3.0	-77.9	<	97.4			
						Alt uç toplamalar			10014.8	!	5918.3	0.59	yetersiz
						Üst uç toplamalar			-919.1	<	2919.3		

Tablo 4.12 1. kat kolonlarında x-x doğrultusu kesme kuvveti kapasitesi tahkiki (kN)

KOLON	Vcr	Vw	Vr	Vd	(Mralt+Mrüst)/h	Açıklama
S101	121.7	28.7	126.0	89.95	75.3	yeterli
S102	142.0	66.9	180.4	221.08	223.6	yetersiz
P103	189.3	19.1	170.5	85.2	80.2	yeterli
S104	121.7	57.3	154.6	153.85	181.3	yetersiz
S105	118.3	23.9	118.5	114.57	80.8	yeterli
P106	135.2	95.5	203.7	417.5	342.4	yetersiz
S107	121.7	28.7	126.0	71.92	81.4	yeterli
S108	118.3	66.9	161.5	259.75	225.2	yetersiz
S109	126.8	71.6	173.0	384.66	140.3	yeterli
S110	121.7	57.3	154.6	155.95	156.7	yetersiz
S111	121.7	28.7	126.0	127.52	101.5	yeterli
S112	126.8	71.6	173.0	370.52	116.8	yeterli
S113	121.7	57.3	154.6	155.21	147.9	yeterli
S114	118.3	23.9	118.5	74.6	62.3	yeterli
S115	121.7	28.7	126.0	91.53	78.3	yeterli
S101S	121.7	28.7	126.0	89.95	87.7	yeterli
S102S	142.0	66.9	180.4	221.08	269.1	yetersiz
P103S	189.3	19.1	170.5	85.2	83.4	yeterli
S104S	121.7	57.3	154.6	153.85	170.5	yetersiz
S105S	118.3	23.9	118.5	114.57	67.0	yeterli
P106S	135.2	95.5	203.7	417.5	327.8	yetersiz
S107S	121.7	28.7	126.0	71.92	87.0	yeterli
S108S	118.3	66.9	161.5	259.75	199.0	yetersiz
S109S	126.8	71.6	173.0	384.66	127.9	yeterli
S110S	121.7	57.3	154.6	155.95	181.3	yetersiz
S111S	121.7	28.7	126.0	127.52	98.5	yeterli
S112S	126.8	71.6	173.0	370.52	94.4	yeterli
S113S	121.7	57.3	154.6	155.21	181.9	yetersiz
S114S	118.3	23.9	118.5	74.6	79.8	yeterli
S115S	121.7	28.7	126.0	91.53	69.5	yeterli
toplamlar	3853.2	1451.6	4534.2	5547.57	4218.8	yetersiz

Tablo 4.13 1. kat kolonlarında y-y doğrultusu kesme kuvveti kapasitesi tahkiki (kN)

KOLON	V _{cr}	V _w	V _r	V _d	(M _{ralt} +M _{rüst})/h	Açıklama
S101	121.7	57.3	154.6	149.7	175.6	yetersiz
S102	142.0	28.7	142.2	89.3	114.2	yeterli
P103	189.3	133.7	285.1	682.5	579.8	yetersiz
S104	121.7	28.7	126.0	129.2	95.1	yeterli
S105	118.3	66.9	161.5	249.6	227.0	yetersiz
P106	135.2	19.1	127.3	90.7	68.9	yeterli
S107	121.7	57.3	154.6	258.9	188.8	yetersiz
S108	118.3	23.9	118.5	107.9	82.8	yeterli
S109	126.8	23.9	125.3	96.0	82.7	yeterli
S110	121.7	28.7	126.0	130.9	98.4	yeterli
S111	121.7	57.3	154.6	237.0	185.9	yetersiz
S112	126.8	23.9	125.3	106.6	81.9	yeterli
S113	121.7	28.7	126.0	84.2	60.9	yeterli
S114	118.3	66.9	161.5	198.4	157.3	yeterli
S115	121.7	57.3	154.6	162.7	161.9	yetersiz
toplamlar	1926.6	701.9	2243.2	2773.8	2361.1	yetersiz

Tablo 4.12 ve Tablo 4.13 incelendiğinde bir çok kolon moment taşıma kapasitesine erişmeden kesme kuvveti taşıma kapasitesi aşılmaktadır.

4.4.5 Binada kirişlerin tahkiki

Binanın 1998 deprem yönetmeliği'ne göre çözümünden elde edilen kesit tesirleri kirişlerin mevcut donatıları ile karşılanamamaktadır. Burada örnek teşkil etmesi için aşağıda Tablo 4.14 ile binanın 1 aksı kirişlerinin mesnetlerinde maksimum zorlamayı oluşturan G+Q+Ey- ve G+Q-Ey- yüklemeleri için kiriş mesnetlerinde gerekli boyuna donatıları verilmiştir. Gerekli donatı alanları için SAP2000 programından faydalanılmıştır.

Tablo 4.14 1 Aksı kirişleri boyuna donatı tahkiki

KİRİŞ		Mevcut donatı (mm ²)		Gerekli donatı (mm ²)		
		sol uç	sağ uç	sol uç	sağ uç	
K116	üst	581	534	1612	1395	yetersiz
	alt	534	380	1495	1233	
K117	üst	534	842	1556	1904	yetersiz
	alt	380	688	1402	1782	
K118	üst	842	647	1952	1597	yetersiz
	alt	688	427	1718	1362	
K119	üst	647	782	1416	1759	yetersiz
	alt	427	534	1107	1456	
K216	üst	688	647	1827	1595	yetersiz
	alt	534	452	1698	1437	
K217	üst	647	936	1808	2165	yetersiz
	alt	452	829	1646	2047	
K218	üst	936	688	2209	1831	yetersiz
	alt	829	534	1961	1613	
K219	üst	688	842	1602	1962	yetersiz
	alt	534	534	1331	1641	
K316	üst	606	647	1674	1459	yetersiz
	alt	452	427	1542	1303	
K317	üst	647	936	1691	1995	yetersiz
	alt	427	628	1520	1897	
K318	üst	936	647	2047	1692	yetersiz
	alt	628	427	1792	1485	
K319	üst	647	782	1492	1833	yetersiz
	alt	427	534	1231	1504	
K416	üst	493	534	1376	1201	yetersiz
	alt	339	339	1240	983	
K417	üst	534	647	1429	1656	yetersiz
	alt	339	534	1251	1565	
K418	üst	647	534	1710	1412	yetersiz
	alt	534	339	1448	1210	
K419	üst	534	688	1263	1551	yetersiz
	alt	339	380	929	1216	
K516	üst	380	534	941	782	yetersiz
	alt	226	226	758	596	
K517	üst	534	534	1070	1235	yetersiz
	alt	226	339	813	1139	
K518	üst	534	534	1295	1033	yetersiz
	alt	339	226	955	763	
K519	üst	534	493	898	1197	yetersiz
	alt	226	226	586	727	

Tablo 4.14 'ün devamı

KİRİŞ		Mevcut donatı (mm ²)		Gerekli donatı (mm ²)		
		sol uç	sağ uç	sol uç	sağ uç	
K616	üst	380	534	433	350	yetersiz
	alt	226	226	431	291	
K617	üst	534	534	549	659	yetersiz
	alt	226	226	431	574	
K618	üst	534	534	711	500	yetersiz
	alt	226	226	431	416	
K619	üst	534	380	467	659	yetersiz
	alt	226	226	356	431	

4.5 Binanın 1998 deprem yönetmeliği'ne göre incelenmesiyle elde edilen tespitler ve binanın güçlendirilmesine karar verilmesi

- Binanın 5. ve 6. katı arasında B2 düzensizliği mevcuttur. 1998 deprem yönetmeliğinde belirtilen diğer düzensizlik durumları bulunmamaktadır.
- Göreli kat ötelenmeleri 2. ve 3. katlarda limit değere çok yakındır.
- Gerçekleşen beton dayanımının binanın projesinde öngörülen hesap dayanımından düşük olması ve hesap deprem yüklerinin artışı nedeniyle, binanın birinci katında 18 adet kolonu yönetmelikte sünelik düzeyi normal kolonlar için de geçerli olan $A_c \geq N_{d_{max}} / (0.5f_{ck})$ koşulunu sağlamamaktadır. Özellikle deprem yüklemelerini de içeren kombinasyonlarda aksel yük limit değerinin 1.5 katı gibi oldukça üzerindedir.
- Binanın kolonlarında hesaplanan momentler kolon taşıma gücü momentlerinin oldukça üzerindedir. Binanın ilk katında etkilerin karşılanma oranları, x doğrultusu için; $\Sigma M_{ry} / \Sigma M_{dy} = 0.59$, y doğrultusu için; $\Sigma M_{rx} / \Sigma M_{dx} = 0.56$ olarak hesaplanmıştır.
- Kat mekanizması durumunda 1. katın bir çok kolonunda kesme kuvveti kapasitesi aşılmaktadır. Taban kesme kuvvetinin kolonlar tarafından

karşılanma oranı, x doğrultusu için %65, y doğrultusu için %67 olarak hesaplanmıştır.

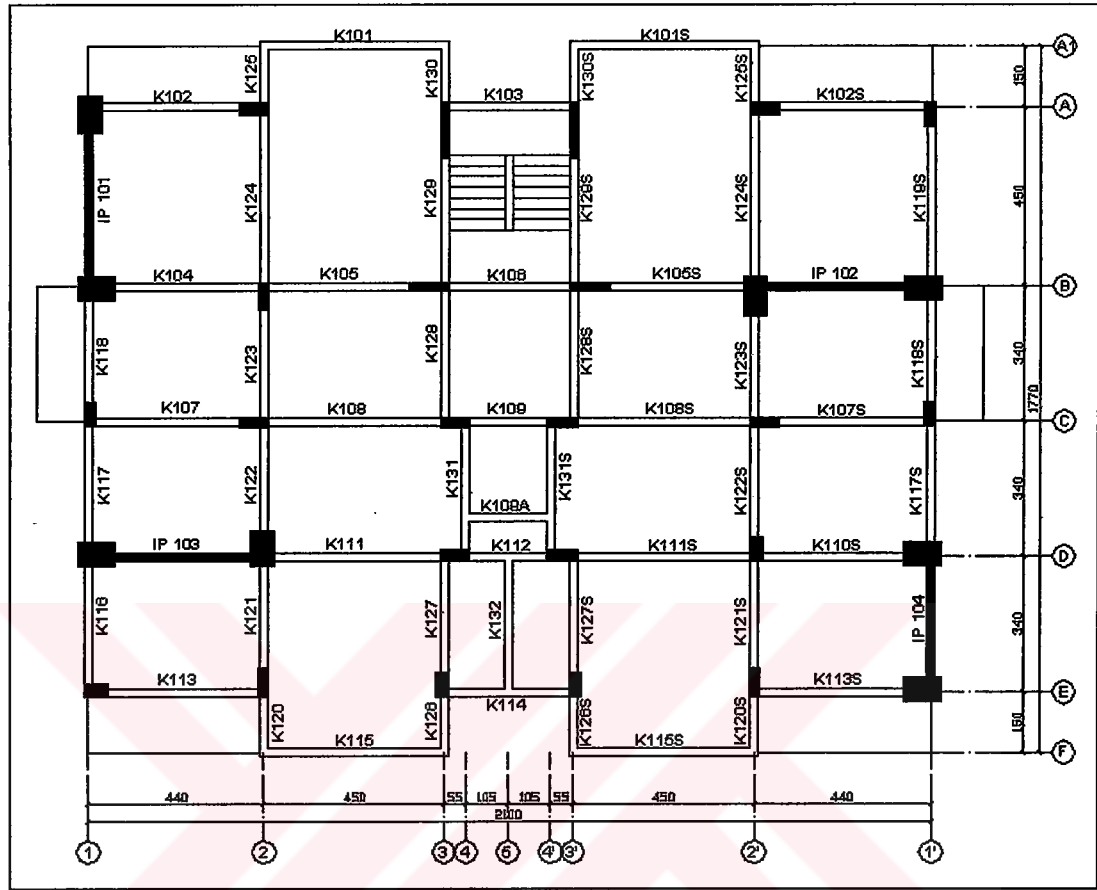
- Kiriş boyuna donatıları karşılanması istenen momentler için yetersiz kalmaktadır.

Sonuç olarak binanın taşıyıcı sistemi rijitlik bakımından yeterli görülse bile dayanım bakımından yetersizdir. Taşıyıcı sistemin iyileştirilmesi gerekmektedir.

Binanın güçlendirilmesi için bazı çerçeve gözleri betonarme malzeme ile doldurularak perde oluşturulacaktır. Binaya her iki doğrultu için 2'şer adet perde yerleştirilecektir. Perde ile birleşen kirişlerde kısa kiriş oluşumuna müsaade etmemek perde ile komşu kolon elemanlarda da aşırı kesit zorlarının meydana gelmemesi ve güçlendirmeye ihtiyaç duyulmaması bakımından önemlidir. Perde yerlerinin seçiminde bu hususa dikkat edilmiştir. İlave edilecek perdelerdeki moment kesit tesirlerinin karşılanabilmesi, bu perdelerin sünek davranışının ve mevcut yapı ile bütünleşmesinin sağlanması için perdeler başlık teşkil edecek kolonlar dört kenarından 15 cm mantolanacaktır. Binanın perde ilavesi ile güçlendirilmiş haline ait 1. kat planı Şekil 4.3'de verilmiştir.

4.6 Perdelerin kesilmesi durumunun incelenmesi

İlave perdelerin bina yüksekliğince devam etmemesi halinin incelenmesi için farklı perde yüksekliklerini içeren bir dizi çözüm yapılmıştır. Bu çözümlerde ilave perde yüksekliği kat kat arttırılarak yapı periyodunun değişimi, taban kesme kuvvetlerinin paylaşımı ve momentlerin dağılımının ne şekilde değişim gösterdiği incelenmeye çalışılmış, perde üstünde kalan kolonlardaki kesme kuvveti ve moment kesit tesirlerinin değişimi gözlenerek bulunan değerler tablolar ve grafikler yardımı ile açıklanmaya çalışılmıştır.



Bilindiği gibi perdelerin tabanında oluşacak eğilme momentinin devrilme momentine oranı taşıyıcı sistem davranış katsayısının dolayısı ile hesap deprem yükünün değişmesine neden olmaktadır. Çözümler arasında kıyaslama yapabilmek için tüm çözümlerde taşıyıcı sistem davranış katsayısı, $R=4$ alınarak deprem yükü sabit tutulmuş ve kat ağırlık merkezlerine etkitilmiştir. Süneklik düzeyi yüksek perde ile güçlendirilmiş sistem 1998 deprem yönetmeliğinde karma taşıyıcı sistem tanımına daha uygun gelecek ve betonarme hesaplar için taşıyıcı sistem davranış katsayısı bu hususa göre belirlenecektir. İlave edilen perdeler mevcut duvarların kaldırılması ile yapılacağından aradaki ağırlık farkının deprem yükü hesabında kullanılacak yapı ağırlığına artış etkisi bu inceleme amaçlı çözümlerde ihmal edilmiştir.

Çözömlerelerin tümünde SAP2000 programı kullanılmıştır. Yapılan çözümlere ait dosyalar ve özellikleri Tablo 4.15'deki gibidir.

Tablo 4.15 Çözümlere ait dosyalar ve özellikleri

Çözüm No	Dosya Adı	Çözümün özelliği
1	MYSNR4	Mevcut yapı çözümü
2	GY1KP	Güçlendirilmiş yapı 1. kata kadar ilave perdeli çözüm
3	GY2KP	Güçlendirilmiş yapı 2. kata kadar ilave perdeli çözüm
4	GY3KP	Güçlendirilmiş yapı 3. kata kadar ilave perdeli çözüm
5	GY4KP	Güçlendirilmiş yapı 4. kata kadar ilave perdeli çözüm
6	GY5KP	Güçlendirilmiş yapı 5. kata kadar ilave perdeli çözüm
7	GY6KP	Güçlendirilmiş yapı 6. kata kadar ilave perdeli çözüm

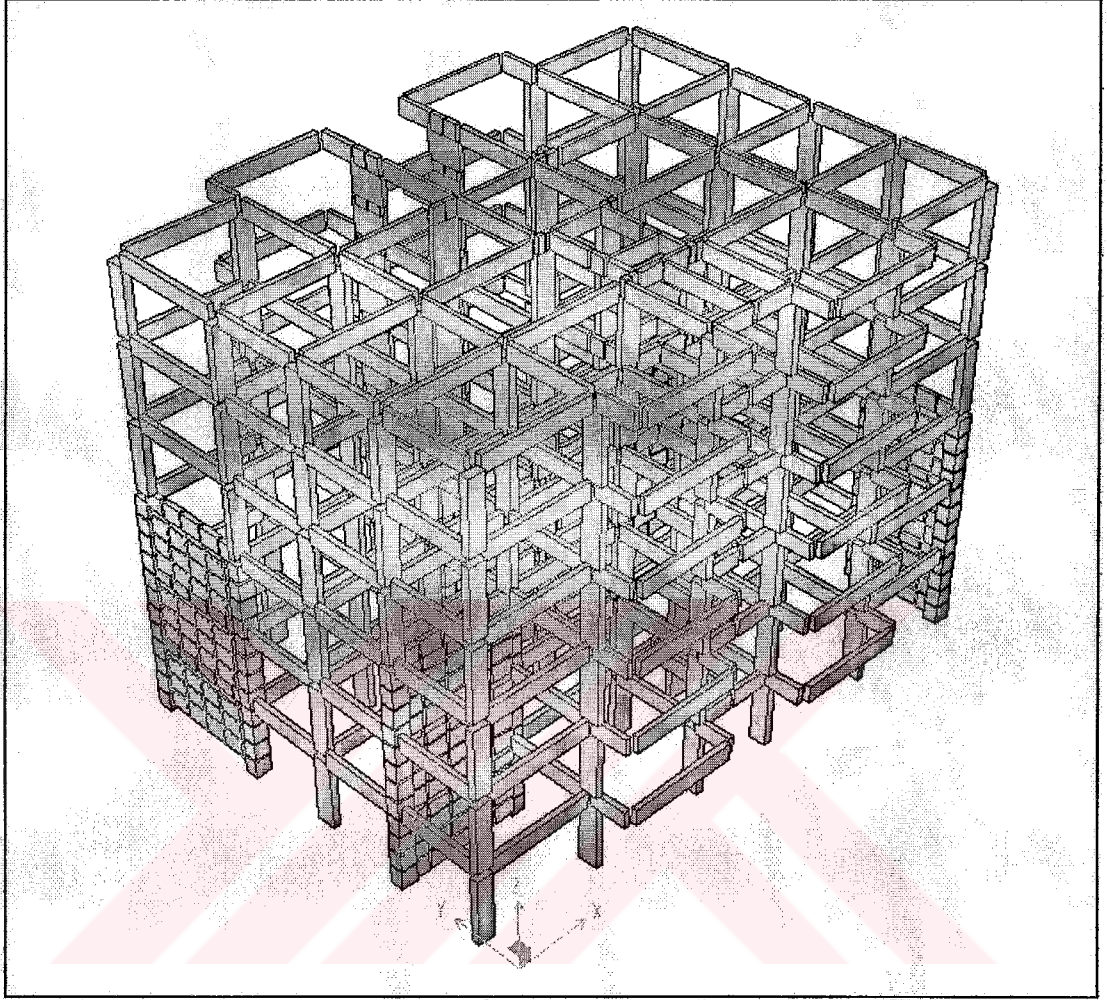
4.6.1 Güçlendirme perdelerinin modellenmesi

Perdeler modellenirken genellikle perde kesitinin ağırlık merkezinde, perde eğilme rijitliğine sahip bir çubuk eleman olarak kabul edilmektedir. Bu elemanın ekseninden perde ucundaki düğüm noktasına kadar olan kısım sonsuz rijitlikteki fiktif eleman ile bağlanmakta ve böylece düzlem kesitin şekil değiştirmeden sonra da düzlem kaldığı kabulü sağlanmaktadır. Ayrıca boyutlandırma için kesit tesirlerinin belirlenmesinde ve efektif rijitlik kullanılması hallerinde kolaylık sağlamaktadır. Bu modelleme yöntemi, perdelerin bina yüksekliğince devam etmesi halinde, perdelerde eğilme deformasyonunun hakim olduğu birçok sistem için geçerli olabilmektedir. Perdelerin bina yüksekliğince devam etmemesi durumunda perde ucunda kalacak kolonlar, üzerlerindeki eksenel yükü rijitliği sonsuz kabul edilen kirişlere aktaracaktır. Böylece bu elemanlar düşey yük çözümlerlerinde ucundan büyük tekil yük ile yüklü hale gelmiş olacak, perde eğilme rijitliği düşey yük hallerinde de etkin hale gelecek ve yapılan çözümlerde davranışı yansıtmaktan uzak bir denge durumu oluşacaktır. Oluşan denge durumu perde üzerinde kalan kolonların eksenel yük farkı arttıkça

ve/veya perde rijitliği küçüldükçe beklenen davranıştan uzaklaşacaktır. Bu modelleme seçeneği salt yatay yükleme için yeter yaklaşıklıkta sonuçlar verebilir. Ancak bu durumda da yatay ve düşey yük çözümlemeleri için farklı modeller kullanılması gerekecek ve eleman sayısı büyük taşıyıcı sistemlerin çözümü daha fazla zaman alıcı hale gelecektir.

Örnek binada eleman sayısının fazla oluşu çözümlerin her iki yükleme durumu için birçok yapıda olduğu gibi aynı model üzerinde yapılmasını, yükleme kombinasyonlarının kullanılan analiz programına otomatik yaptırılmasını gerektirmiştir. Ayrıca mevcut sistemde çerçeve gözlerinin doldurulması ile bu gözler başlıklı perde haline geldiğinden bu ilave elemanların bir boyutlu çubuk yerine iki boyutlu olarak modellenmesinin daha gerçekçi sonuçlar vereceği düşünülmüştür. Bu nedenler ile hazırlanan çözüm dosyalarında perdeler iki boyutlu sonlu elemanlar olarak programa tanıtılmıştır. İlave perdelerin mevcut kirişlerle eşit (20cm) gövde genişliğine sahip olması ve mevcut kiriş ortasından ankraj yapılması düşünüldüğünden ilave perdelerin perde düzlemine dik yöndeki kuvvetler için genişliği (shell bending thickness) 10cm olarak programa girilmiştir. Perde uçlarında kalan kolonların mantosunu dikkate almak için bu kolonların kesit boyutları arttırılmıştır.

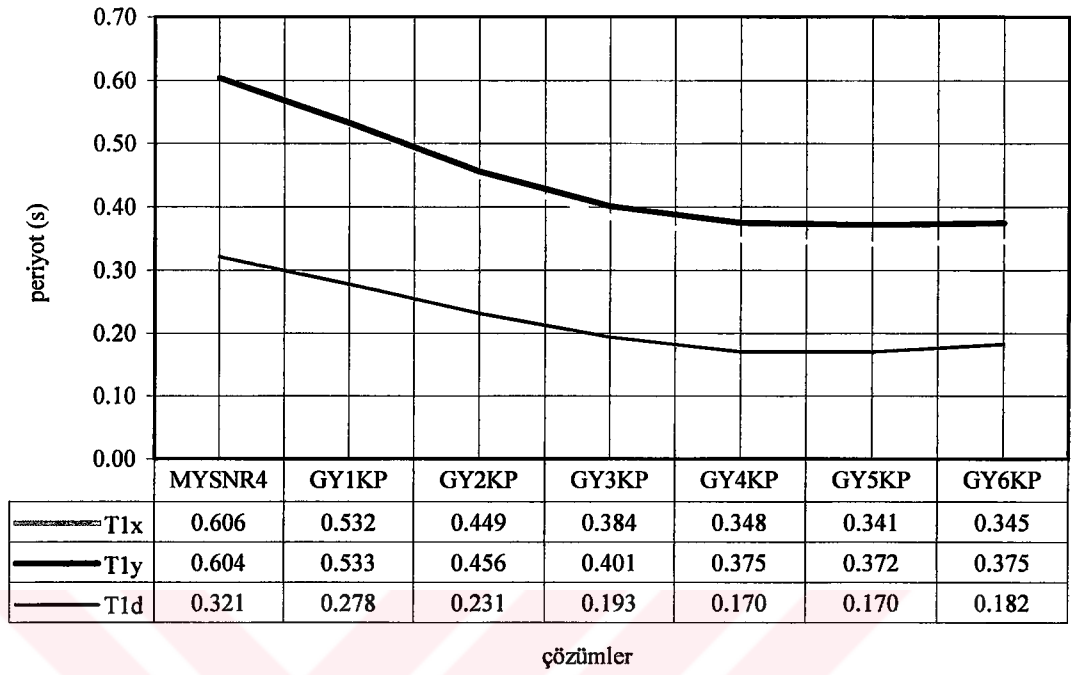
Mevcut ve ilave elemanların elastisite modülleri programa TS500'deki değeri ile ayrı ayrı girilmiştir. Örnek olarak 3. kata kadar ilave perdeli sistemin SAP2000 modeli Şekil 4.4 ile verilmiştir.



Şekil 4.4 Üçüncü kata kadar ilave perdeli sistemin SAP2000 modeli.

4.6.2 Taşıyıcı sistemde perde yüksekliğine bağlı değişimler

Perdelerin kat kat ilave edilmesi ile yapılan çözümlerden elde edilen periyotlar ve değişimi Şekil 4.5'deki gibi bulunmuştur. İlave perdeler de dahil olmak üzere taşıyıcı sistem elemanlarının kütleleri programa hesaplatıldığından ilave perdelerden kaynaklanan kütle artışı dikkate alınmış olmaktadır. Kaldırılan duvarların kütlesi, ağırlık merkezlerine konan kütlelerden düşülmüştür.



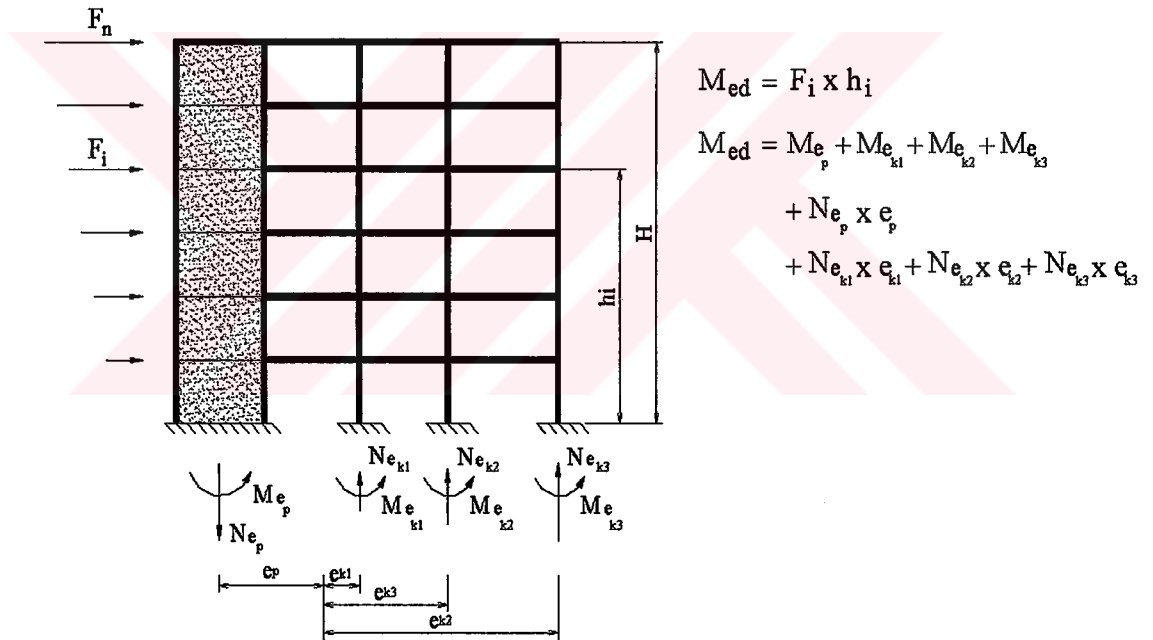
Şekil 4.5 Peryotların perde yüksekliğine bağlı değişimi

Şekilden görüleceği üzere hesaplanan periyotların tümü spektrum karakteristik periyotları T_A ve T_B 'nin arasında kalmaktadır. Bu durumda tüm çözümler için 1. modlara ait spektrum katsayısı $S(T_1) = 2.5$ değerini almaktadır. Başka bir deyişle perdelerin binaya getirdiği ilave ağırlık ihmal edilir ise eşdeğer deprem hesap yükü değişmemektedir. Yapının mevcut hali ve güçlendirilmiş hali için kullanılacak deprem yükü büyük ölçüde taşıyıcı sistem davranış katsayısının seçimine göre belirecektir.

Örnek yapıya ilave edilen perdelerin 5. kata kadar yapılması, her iki doğrultu için de yapı periyotlarını küçültmektedir. Binada perdelerin 5. kattan sonra da devam ettirilmesi halinde yapı periyotları tekrar artışa yönelmektedir. Perde yüksekliğinin arttırılması yapının hem kütlesini hem de rijitliğini arttırmaktadır. $T=2\pi(m/k)^{1/2}$ olduğu hatırlanırsa, bu durumun perdelerin binaya eklediği kütle ve rijitlik artış oranlarının farklılığından, yani artış eğrilerinin bir noktada kesiştiğinden

kaynaklandığı anlaşılr. Örneğin binaya konulan perdelerin boyları daha büyük olsaydı periyodun perde yüksekliği ile tekrar artışa yönelmesi görülmeyecekti.

Çözümlerden elde edilen, sisteme ilave edilen perdelerin tabanlarında oluşan eğilme momenti değerleri ve bunların devrilme momentine oranları x doğrultusu için Şekil 4.7’de, y doğrultusu için Şekil 4.8’de verilmiştir. Grafikler incelendiğinde perde tabanında beklenen moment, perdelerin 5. kata kadar yapılması hallerinde artış halindedir. Bu kattan sonra perdelerin devam ettirilmesi halinde tabanda oluşacak moment azalma eğilimindedir. Bu durum perde-çerçeve karşılıklı etkileşiminden kaynaklanmaktadır.



Şekil 4.6 Devrilme momentinin perdeli çerçeve tarafından karşılanması

Grafiklerin üzerinde kalan bölge devrilme momentinin çerçeveler tarafından taşınan kısmı göstermektedir. Şekil 4.6’dan görüleceği gibi devrilme momenti perde tabanında oluşan moment, kolon taban momentleri, perde ve kolon normal kuvvetlerinin eksantrisitesi ile karşılanmaktadır. Bu durumda perde taban momentleri arttıkça çerçeve sistemin karşılaması gereken kısım, başka bir deyişle kolon ve kirişlerde yatay yükten meydana gelecek kesit tesirleri azalacaktır.

Tablo 4.16 Perde taban momentlerinin perde yüksekliğine bağlı değişimi ve bina devrilme momentine oranları

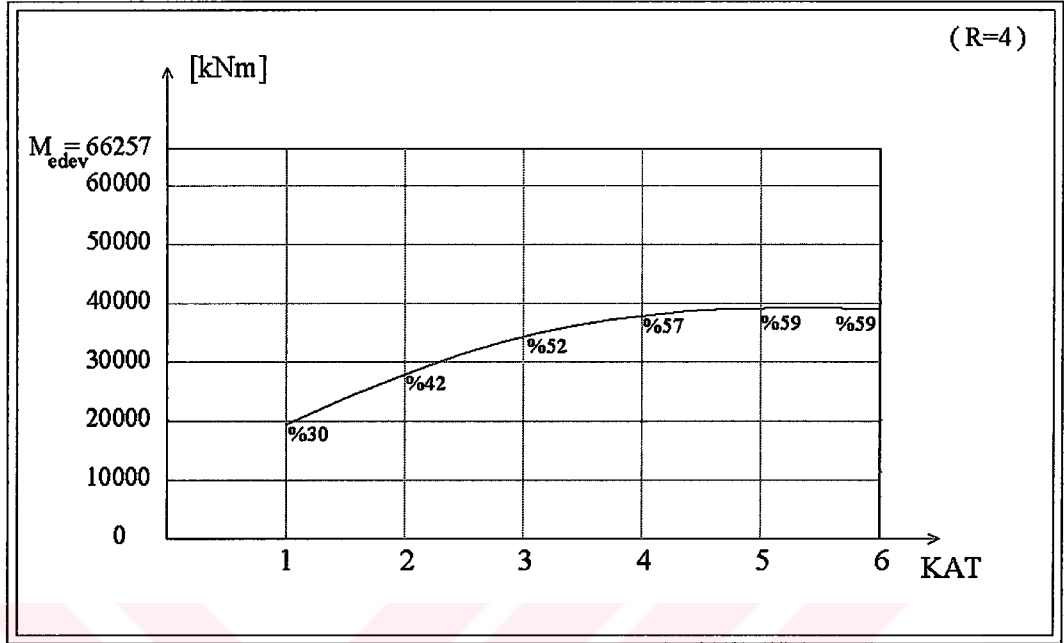
X DOĞRULTUSU PERDE TABAN MOMENTLERİ (kNm)						
KAT	1	2	3	4	5	6
IP102	9756.40	14163.10	17515.50	19306.30	19983.30	19949.30
IP103	9797.10	13813.00	16924.40	18608.80	19250.90	19220.20
TOPLAM	19553.50	27976.10	34439.90	37915.10	39234.20	39169.50
ORAN	30%	42%	52%	57%	59%	59%

Y DOĞRULTUSU PERDE TABAN MOMENTLERİ (kNm)						
KAT	1	2	3	4	5	6
IP101	9874.8	14295.2	17622.9	19403.1	20046.8	19998.3
IP104	9368.5	12821.8	15209.1	16309.5	16584.9	16439.0
TOPLAM	19243.3	27117.0	32832.0	35712.6	36631.7	36437.3
ORAN	29%	41%	50%	54%	55%	55%

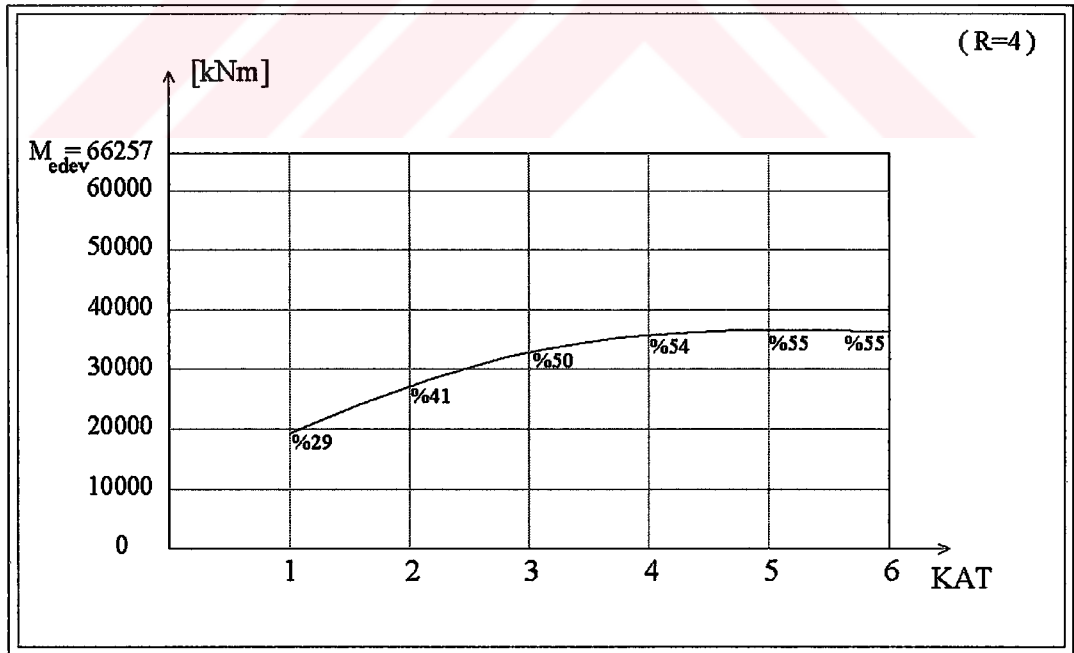
Tablo 4.17 Perde taban kesme kuvvetlerinin perde yüksekliğine bağlı değişimi ve bina taban kesme kuvvetine oranları

X DOĞRULTUSU PERDE TOPLAM KESME KUVVETLERİ (kN)						
KAT	1	2	3	4	5	6
IP102	3423.2	2225.6	2328.3	2295.6	2290.9	2290.9
IP103	3219.8	2144.6	2245.7	2218.0	2213.7	2213.9
TOPLAM	6643.0	4370.2	4574.0	4513.6	4504.6	4504.8
ORAN	120%	79%	82%	81%	81%	81%

Y DOĞRULTUSU PERDE TOPLAM KESME KUVVETLERİ (kN)						
KAT	1	2	3	4	5	6
IP101	3379.4	2193.8	2278.2	2252.5	2248.4	2248.9
IP104	3171.3	2005.6	2080.3	2059.2	2057.0	2058.5
TOPLAM	6550.7	4199.4	4358.5	4311.7	4305.4	4307.4
ORAN	118%	76%	79%	78%	78%	78%



Şekil 4.7 x-x doğrultusu için perde taban momentlerinin perde yüksekliğine bağlı değişimi.



Şekil 4.8 y-y doğrultusu için perde taban momentlerinin perde yüksekliğine bağlı değişimi.

Tablo 4.16 ve Tablo 4.17’de perde taban kesme kuvvetinin perde yüksekliğine bağlı değişimi verilmiştir. Perdelerin sadece ilk katta yapılması durumunda perdelerin aldığı kesme kuvveti toplamı her iki deprem doğrultusu için bina toplam taban kesme kuvvetinin üzerindedir. Bu durum ilk katta rijitliği ilgili deprem doğrultusunda diğer kolonlara göre büyük olan kolonların ters işaretli kesme kuvvetine maruz kaldığını göstermektedir.

Yukarıdaki grafiklerden görüleceği gibi perdelerin üçüncü kattan sonra devam ettirilmesi halinde bina tabanında oluşacak kuvvetlerin dağılımında büyük değişimler olmamaktadır. Taşıyıcı sistemde deprem etkilerinin üst katlara doğru küçülmesi de buna katıldığında, perdelerin bina yüksekliğince yapılmasına ihtiyaç olmadığı fikri makul gibi görünse de perde eğilme rijitliklerinin büyük ancak sayıca az olmaları, dolayısı ile büyük yükler almaları, perdelerin bittiği bölgede kesit tesirlerinin ne ölçüde değişim gösterdiğini düşündürmektedir.

4.6.3 Perde üstünde kalan kolonlarda moment, kesme kuvveti ve normal kuvvet değişimleri

Perdelerin üzerinde kalacak kolonlarda kesit tesirlerinin görülebilmesi amacıyla aşağıda hesap deprem yüklerinin kat ağırlık merkezlerinden etkitilmesi hali için y doğrultusundaki IP01 ve x doğrultusundaki IP02 ilave perdelerinin yüksekliğine bağlı olarak perde üzerinde kalan kolonların moment, kesme kuvveti ve normal kuvvet değerleri karşılaştırmalı olarak tablolar ile verilmiştir. Kuvvet dağılımlarını daha iyi anlaşılması için perdeler ile komşuluğu olmayan P03 ve P06 elemanlarındaki kesit tesirlerinin perde yüksekliklerine bağlı değişimleri de tablo haline getirilmiştir. Tablolardaki eleman isimlerinde harften sonraki ilk indis elemanın bulunduğu katı göstermektedir.

Tablolardan görüleceği üzere sisteme ilave edilen perdelerin devreye girmesi ile sistemin diğer elemanlarındaki kesit tesirleri genel olarak düşüş eğilimindedir. Perdelerin üzerinde kalan kolonların ve sistemdeki diğer kolonların kesit tesirleri birlikte incelendiğinde, perde üzerinde kalan kolonların kesit tesirlerindeki artma ve

azalmaların sistemdeki diğer elemanlarla da yakından alakalı olduğu görülecektir. Perde üzerinde kalan kolonlardaki kesit tesiri artış ve azalmaları bu elemanların ve perde ile komşuluğu bulunmayan diğer elemanların (kolon, perde ya da çerçeve) perde yönündeki rijitlikleri ile orantılı olmaktadır. Döşemelerin diyafram özelliği önem kazanmakta ve yatay yükün, rijitliği ilgili doğrultuda diğer kolonlara nazaran büyük olanlar tarafından paylaşılmasına olanak sağlamaktadır.

Tablo 4.18 IP 01 Perdesi üzerinde kalan kolon Mx momentlerinin ilave perde yüksekliğine bağlı değişimi (+Ey yükleme, kNm)

		MYSNR4	GY1KP	GY2KP	GY3KP	GY4KP	GY5KP
S601	üst	-67.39	-61.90	-48.40	-30.39	-11.80	9.21
	alt	-0.55	-4.31	-14.56	-21.29	-31.41	-8.51
S501	üst	-107.74	-103.95	-93.71	-74.38	-39.62	
	alt	29.63	26.39	26.23	18.01	-78.79	
S401	üst	-124.44	-117.64	-94.28	-42.82		
	alt	63.68	68.08	61.32	155.29		
S301	üst	-127.69	-109.30	-47.38			
	alt	102.01	100.00	225.73			
S201	üst	-105.39	-48.08				
	alt	145.89	281.17				
S101	üst	-5.92					
	alt	323.52					

S604	üst	-85.66	-84.92	-81.57	-75.91	-67.82	-52.14
	alt	72.39	71.75	69.02	64.15	60.69	40.34
S504	üst	-117.13	-116.17	-111.71	-102.53	-76.19	
	alt	108.43	107.85	104.12	100.23	73.96	
S404	üst	-158.75	-155.93	-144.98	-108.35		
	alt	151.39	149.38	144.76	114.64		
S304	üst	-184.65	-175.12	-130.68			
	alt	181.64	178.26	146.61			
S204	üst	-188.24	-145.63				
	alt	197.90	170.10				
S104	üst	-123.87					
	alt	160.27					

Tablo 4.19 IP 01 Perdesi üzerinde kalan kolonlarda kesme kuvvetlerinin ilave perde yüksekliğine bağlı değişimi (+Ey yüklemesi, kN)

	MYSNR4	GY1KP	GY2KP	GY3KP	GY4KP	GY5KP
S601	30.38	26.19	15.38	4.14	-8.91	-8.06
S501	62.44	59.24	54.52	42.00	53.82	
S401	85.51	84.42	70.72	90.05		
S301	104.41	95.14	124.14			
S201	114.22	149.66				
S101	149.74					

S604	71.94	71.21	68.45	63.66	58.41	42.04
S504	102.53	101.83	98.11	92.17	68.25	
S404	140.97	138.78	131.70	101.36		
S304	166.49	160.63	126.04			
S204	175.52	143.51				
S104	129.15					

Tablo 4.20 IP 01 Perdesi üzerinde kalan kolonlarda normal kuvvetlerin ilave perde yüksekliğine bağlı değişimi (+Ey yüklemesi, kN)

	MYSNR4	GY1KP	GY2KP	GY3KP	GY4KP	GY5KP
S601	-32.44	-28.10	-16.20	-1.17	13.61	24.25
S501	-90.03	-80.66	-54.87	-20.79	14.69	
S401	-171.26	-156.23	-113.39	-53.60		
S301	-271.73	-247.70	-178.65			
S201	-380.93	-339.23				
S101	-475.04					

S604	-14.12	-23.65	-44.40	-68.54	-89.90	-99.70
S504	-44.47	-64.56	-107.70	-158.17	-198.19	
S404	-88.39	-119.06	-185.23	-256.37		
S304	-143.97	-185.68	-268.17			
S204	-205.63	-250.53				
S104	-257.24					

Tablo 4.21 IP 02 Perdesi üzerinde kalan kolon My momentlerinin ilave perde yüksekliğine bağlı değişimi (+Ex yüklemesi, kNm)

		MYSNR4	GY1KP	GY2KP	GY3KP	GY4KP	GY5KP
S605S	üst	-78.63	-77.18	-73.56	-68.12	-61.02	-44.86
	alt	71.26	69.91	66.68	61.62	57.63	34.49
S505S	üst	-109.30	-107.87	-103.53	-95.69	-69.41	
	alt	105.94	104.66	100.49	96.01	63.91	
S405S	üst	-146.94	-144.15	-135.22	-99.70		
	alt	143.91	141.35	136.32	97.77		
S305S	üst	-171.05	-163.54	-121.15			
	alt	169.84	166.14	123.83			
S205S	üst	-176.67	-135.68				
	alt	181.96	142.74				
S105S	üst	-118.99					
	alt	133.07					

S604S	üst	-66.20	-60.71	-47.64	-29.89	-10.85	11.66
	alt	-4.76	-8.68	-18.89	-26.28	-36.95	-11.99
S504S	üst	-109.58	-105.86	-96.22	-77.63	-41.44	
	alt	29.23	25.72	24.65	16.45	82.35	
S404S	üst	-122.89	-116.59	-94.81	-42.23		
	alt	62.25	65.46	59.27	160.35		
S304S	üst	-125.92	-109.02	-46.21			
	alt	97.94	97.12	231.45			
S204S	üst	-105.72	-46.67				
	alt	143.05	287.46				
S104S	üst	-4.81					
	alt	333.65					

Tablo 4.22 IP 02 Perdesi üzerinde kalan kolonlarda kesme kuvvetlerinin ilave perde yüksekliğine bağlı değişimi (+Ex yüklemesi, kN)

	MYSNR4	GY1KP	GY2KP	GY3KP	GY4KP	GY5KP
S605S	68.13	66.86	63.74	58.97	53.93	36.07
S505S	97.84	96.60	92.74	87.14	60.60	
S405S	132.20	129.77	123.43	89.76		
S305S	154.95	149.85	111.36			
S205S	163.01	126.55				
S105S	114.57					

S604S	27.93	23.65	13.07	1.64	-11.86	-10.75
S504S	63.10	59.81	54.94	42.76	56.27	
S404S	84.15	82.75	70.04	92.08		
S304S	101.75	93.70	126.21			
S204S	113.08	151.88				
S104S	153.85					

Tablo 4.23 IP 02 Perdesi üzerinde kalan kolonlarda normal kuvvetlerin ilave perde yüksekliğine bağlı değişimi (+Ex yüklemesi, kN)

	MYSNR4	GY1KP	GY2KP	GY3KP	GY4KP	GY5KP
S605S	-13.05	-25.37	-52.27	-85.04	-115.92	-131.64
S505S	-43.10	-69.37	-126.03	-195.62	-254.80	
S405S	-91.40	-132.20	-220.77	-320.88		
S305S	-154.73	-211.78	-325.04			
S205S	-227.80	-291.80				
S105S	-291.58					

S604S	-31.54	-25.29	-6.44	18.83	44.19	62.70
S504S	-87.20	-73.72	-33.43	21.71	79.78	
S404S	-163.89	-142.49	-77.38	15.60		
S304S	-256.98	-224.70	-124.57			
S204S	-357.51	-305.69				
S104S	-444.37					

Tablo 4.24 P03 elemanı Mx (+Ex yüklemesi) ve P06 elemanı My (+Ey yüklemesi)
momentlerinin ilave perde yüksekliğine bağlı değişimi (kNm)

		MYSNR4	GY1KP	GY2KP	GY3KP	GY4KP	GY5KP	GY6KP
P603	üst	-172.51	-173.27	-173.36	-167.77	-143.03	-98.70	-96.42
	alt	-331.56	-328.07	-313.82	-280.53	-182.03	-31.84	-1.48
P503	üst	-486.68	-482.17	-462.75	-398.76	-224.56	-132.58	-109.85
	alt	-217.85	-204.16	-159.71	-1.61	348.16	50.95	45.34
P403	üst	-462.47	-441.01	-353.25	-75.60	141.18	-70.24	-73.09
	alt	-70.91	-26.53	185.87	736.23	50.60	96.71	93.47
P303	üst	-379.42	-287.42	87.15	436.32	-49.04	-20.49	-22.11
	alt	142.88	362.01	1098.22	48.42	155.35	162.34	159.94
P203	üst	-148.14	239.27	719.91	-15.21	54.73	57.77	56.31
	alt	634.72	1384.01	27.96	193.54	213.69	222.52	220.49
P103	üst	608.68	983.06	62.05	177.03	190.85	196.21	195.41
	alt	2110.24	182.53	459.58	477.63	496.73	502.95	500.99

P606	üst	-193.48	-190.83	-186.43	-178.87	-161.95	-126.33	-124.41
	alt	-19.06	-20.35	-19.77	-13.96	14.52	80.21	75.06
P506	üst	-314.08	-311.02	-301.39	-273.38	-182.58	-96.28	-98.98
	alt	71.95	73.43	81.87	126.65	266.18	83.74	84.38
P406	üst	-351.44	-341.79	-305.28	-134.55	15.79	-95.21	-94.72
	alt	168.56	177.51	235.99	445.50	64.12	101.68	101.18
P306	üst	-354.47	-317.65	-139.56	138.78	-89.74	-74.18	-74.39
	alt	267.11	327.96	599.76	37.80	114.28	116.96	116.76
P206	üst	-291.15	-107.94	255.91	-72.84	-37.37	-39.52	-39.62
	alt	429.41	710.28	-4.62	105.19	109.53	115.35	115.15
P106	üst	27.01	358.59	-41.37	17.09	16.61	18.86	18.72
	alt	945.51	19.44	189.37	183.29	192.50	195.06	194.94

Tablo 4.25 P03 elemanı Ty (+Ex yüklemesi), P06 elemanı Tx (+Ey yüklemesi)
kesme kuvvetlerinin ilave perde yüksekliğine bağlı değişimi (kN)

	MYSNR4	GY1KP	GY2KP	GY3KP	GY4KP	GY5KP	GY6KP
P603	-72.30	-70.34	-63.85	-51.31	-17.88	<u>29.95</u>	42.05
P503	122.19	126.08	137.72	180.38	<u>259.84</u>	81.97	69.25
P403	177.98	188.41	244.97	<u>368.56</u>	-42.83	74.36	74.26
P303	237.41	295.17	<u>459.21</u>	-177.86	91.37	81.57	81.28
P203	355.84	<u>520.13</u>	-315.70	93.67	70.93	73.59	73.37
P103	<u>682.53</u>	-364.88	180.12	135.94	138.31	138.11	138.19

P606	79.28	77.49	75.75	74.96	80.21	<u>93.88</u>	90.66
P506	175.47	174.75	174.21	181.83	<u>203.98</u>	81.83	83.35
P406	236.37	236.04	246.03	<u>278.87</u>	21.97	89.50	89.04
P306	282.53	293.46	<u>336.05</u>	-45.90	92.74	86.89	86.89
P206	327.53	<u>371.92</u>	-118.42	80.92	66.77	70.40	70.35
P106	<u>417.50</u>	-154.16	104.88	75.55	79.95	80.09	80.10

Tablo 4.26 P03 elemanı için +Ex yüklemesi, P06 elemanı için +Ey yüklemesinden
oluşan normal kuvvetlerin perde yüksekliğine bağlı değişimi (kN)

	MYSNR4	GY1KP	GY2KP	GY3KP	GY4KP	GY5KP	GY6KP
P603	-42.72	-43.64	-45.65	-47.02	-46.03	<u>-41.29</u>	-44.77
P503	-126.24	-127.91	-131.06	-131.24	<u>-120.72</u>	-100.76	-103.36
P403	-255.87	-257.17	-257.40	<u>-241.50</u>	-192.29	-165.93	-167.54
P303	-423.48	-420.14	<u>-397.01</u>	-317.53	-253.43	-231.53	-232.27
P203	-611.80	<u>-582.25</u>	-470.67	-365.02	-309.94	-290.14	-290.39
P103	<u>-773.83</u>	-651.95	-499.06	-402.89	-350.87	-332.09	-332.12

P606	22.74	22.15	20.82	19.17	17.85	<u>16.14</u>	15.21
P506	43.34	42.01	39.21	35.46	<u>32.46</u>	27.67	27.13
P406	68.16	66.78	60.59	<u>55.26</u>	44.89	39.12	38.86
P306	94.41	90.34	<u>83.37</u>	67.55	54.85	49.53	49.46
P206	118.87	<u>114.33</u>	94.64	75.22	63.07	57.62	57.66
P106	<u>139.94</u>	128.27	100.05	81.26	68.59	63.19	63.29

Örneğin IP 01 perdesinin ikinci kattan sonra devam etmemesi bu perde üzerindeki S304 kolonunda perdesiz duruma göre momentte bir artış getirmezken, rijitliği IP01 doğrultusunda büyük olan P103 elemanı bu kattan sonra perde davranışına yönelmiş ve 3. kattaki alt momenti aynı kesitteki perdesiz duruma göre oldukça büyük çıkmıştır.

4.7 Son kata kadar perde ile güçlendirilmiş binanın 1998 deprem yönetmeliğine göre çözümü, kontroller ve betonarme hesaplar

Binanın son kata kadar perde ilavesi ile güçlendirilmiş hali, ilave perdelerin yapı ağırlığındaki artış etkisi de dikkate alınarak (eşdeğer deprem yükü için) tekrar çözümlenmiştir.

4.7.1 Deprem hesabı

Binanın mevcut ve güçlendirilmiş halinin ağırlığı Tablo 4.27'deki gibidir.

Tablo 4.27 Mevcut ve güçlendirilmiş bina ağırlığı (kN)

YÜKLER	MEVCUT YAPI	GÜÇ. YAPI
Taşıyıcı sistem ağırlığı	6346.62	8251.74
Döşeme zati yükleri	9568.47	9568.47
Duvar yükleri	4713.04	4273.96
Döşeme hareketli yükleri	5207.08	5207.08
Toplamlar (G+0.30Q)	22190.26	23656.29

$$T_{1x} = 0.34 \text{ s} \quad T_{1y} = 0.38 \text{ s} \quad T_{1\theta} = 0.18 \text{ s}$$

$$R_a(T) = R \quad (T > T_A \text{ için})$$

$$S(T) = 2.5 \quad (T_A < T_1 \leq T_B \text{ için})$$

$$A(T_1) = A_o I S(T_1) = 0.40 * 1.0 * 2.5 = 1.0$$

$$V_{tx} = V_{ty} = W A(T_1) / R_a(T_1) = 23656.29 \cdot 1.0 / 4 = 5914.07 \text{ kN}$$

Bina artan kat ağırlıkları ve ilave elemanlar ile taşıyıcı sistem davranış katsayısı, $R=4$ alınarak çözümlenmiş ve elde edilen α_m değeri ile hesaplarda kullanılacak taşıyıcı sistem davranış katsayısı aşağıda belirlenmiştir. 1998 deprem yönetmeliği taşıyıcı sistemi süneklik düzeyi normal çerçevelerden oluşan betonarme binaların ancak 2. ve 3. derece deprem bölgelerinde yapılabileceğini belirtmektedir. Yönetmelik karma taşıyıcı sistemlerin ise bina önem katsayısının, $I=1.4$ ve $I=1.5$ olduğu binalarda uygulanabileceğini öngörmektedir. Tam bir karşılığı yönetmelikte net olarak belirtilmese de ilave perdeler ile güçlendirilmiş betonarme bina, karma taşıyıcı sistemlere ilişkin verilen açıklamalara uygun düşmektedir.

Tablo 4.28 Güçlendirilmiş bina α_m değerleri ve taban kesme kuvvetleri ($R=4$).

Bina devrilme Momenti	Perde taban momentleri		α_{m1}	α_{m2}
	M_x (kNm)	M_y (kNm)		
70885.84	38942.85	41866.77	0.55	0.59
Bina taban kesme kuvveti	Perde taban kesme kuvvetleri		Karşılama oranları	
	V_y (kN)	V_x (kN)		
5914.07	4591.34	4801.93	0.78	0.81

Her iki doğrultuda da, $0.40 > \alpha_m > 0.667$ olduğundan, taşıyıcı sistem davranış katsayısı;

$$R = R_{NC} + 1.5\alpha_m (R_{YP} - R_{NC}) \text{ uygulanacaktır. ([1], madde 6.5.4)}$$

$$R = 4 + 1.5 \cdot 0.55(6 - 4) = 5.65$$

$$V_{tx} = V_{ty} = W A(T_1) / R_a(T_1) = 23656.29 \cdot 1.0 / 5.65 = 4186.95 \text{ kN}$$

Tablo 4.29 Güçlendirilmiş yapı kat ağırlıkları ve katlara etkiyen eşdeğer deprem kuvvetleri

GY5KP-2.Ç Kat No	W _i [kN]	H _i [m]	W _i H _i [kNm]	$\frac{W_i H_i}{\sum W_i H_i}$	F _i [kN], (R=4)	F _i [kN], (R=5.65)
6	3584.28	16.8	60215.87	0.2632	1556.33	1101.83
5	4014.40	14.0	56201.64	0.2456	1452.58	1028.38
4	4014.40	11.2	44961.32	0.1965	1162.06	822.70
3	4014.40	8.4	33720.99	0.1474	871.55	617.03
2	4014.40	5.6	22480.66	0.0982	581.03	411.35
1	4014.40	2.8	11240.33	0.0491	290.52	205.68
Toplamlar	23656.29		228820.80	1.0000	5914.07	4186.95

Tablo 4.29'daki deprem kuvvetleri kat ağırlık merkezlerine eksantrisiteleri ile birlikte etkililip taşıyıcı sistem çözümlenmiştir. Bu amaçla GY6KP-R5.65 dosyası oluşturulmuştur. Aynı çözüm dosyasında güçlendirilmiş binanın dinamik analizden elde edilen taban kesme kuvvetleri aşağıdaki gibi bulunmuştur.

$$V_{tBx} = 3026.80 \text{ kN} \quad V_{tBx} / V_{tx} = 3026.80 / 4186.95 = 0.72$$

$$V_{tBy} = 3000.51 \text{ kN} \quad V_{tBy} / V_{ty} = 3000.51 / 4186.95 = 0.72$$

Eşdeğer statik deprem yükü ve mod süperpozisyonu yöntemleri ile bulunan taban kesme kuvvetleri arasındaki fark büyümüştür. Bu bakımdan güçlendirilmiş sistemde eşdeğer statik deprem yükü daha güvenli tarafta kalmaktadır.

4.7.2 Düzensizlik ve görelî ötelenme kontrolleri

Güçlendirilmiş binada R=5.65 alınarak hesaplanan eşdeğer statik deprem yüklerinin kat ağırlık merkezlerine eksantrisiteli etkitilmesi ile yapılan çözümden elde edilen deplasmanlar ve A1 ve B2 düzensizlik kontrolleri aşağıda Tablo 4.30 ve Tablo 4.31 ile verilmiştir. Tablo 4.30'dan görüleceği gibi %5 eksenmerkezlik değerleri Ey+ yüklemesi için Di katsayıları ile artırılıp bina tekrar çözümlenmelidir. Bu amaçla ilgili doğrultudaki eksantrisite artırılarak GY6KP-R5.65-2Ç dosyası hazırlanmıştır.

Kesit kontrollerinde ve betonarme hesaplarda bu ikinci çözüm dosyasından elde edilen değerler kullanılacaktır.

Tablo 4.30 Güçlendirilmiş bina A1 düzensizliği kontrolü (birimler m'dir)

Ex + %5By Yükleme									
Kat	$\delta_{i \min}$	$\Delta_{i \min}$	$\delta_{i \max}$	$\Delta_{i \max}$	$\Delta_{i \text{ort}}$	η_{bi}		D_i	$D_i e_y$
6	0.00901	0.00160	0.01111	0.00198	0.00179	1.106	< 1.2	1.000	0.895
5	0.00741	0.00175	0.00913	0.00216	0.00196	1.105	< 1.2	1.000	0.895
4	0.00566	0.00179	0.00697	0.00221	0.00200	1.105	< 1.2	1.000	0.895
3	0.00387	0.00169	0.00476	0.00208	0.00189	1.103	< 1.2	1.000	0.895
2	0.00218	0.00139	0.00268	0.00171	0.00155	1.104	< 1.2	1.000	0.895
1	0.00079	0.00079	0.00097	0.00097	0.00088	1.100	< 1.2	1.000	0.895

Ex - %5By Yükleme									
Kat	$\delta_{i \min}$	$\Delta_{i \min}$	$\delta_{i \max}$	$\Delta_{i \max}$	$\Delta_{i \text{ort}}$	η_{bi}		D_i	$D_i e_y$
6	0.00954	0.00169	0.01040	0.00184	0.00177	1.042	< 1.2	1.000	0.895
5	0.00785	0.00185	0.00856	0.00203	0.00194	1.046	< 1.2	1.000	0.895
4	0.00600	0.00190	0.00653	0.00207	0.00199	1.043	< 1.2	1.000	0.895
3	0.00410	0.00179	0.00446	0.00195	0.00187	1.043	< 1.2	1.000	0.895
2	0.00231	0.00147	0.00251	0.00160	0.00154	1.043	< 1.2	1.000	0.895
1	0.00084	0.00084	0.00091	0.00091	0.00087	1.039	< 1.2	1.000	0.895

Ey + %5Bx Yükleme									
Kat	$\delta_{i \min}$	$\Delta_{i \min}$	$\delta_{i \max}$	$\Delta_{i \max}$	$\Delta_{i \text{ort}}$	η_{bi}		D_i	$D_i e_x$
6	0.00877	0.00156	0.01519	0.00267	0.00212	1.262	> 1.2	1.107	1.173
5	0.00721	0.00170	0.01252	0.00295	0.00233	1.269	> 1.2	1.118	1.185
4	0.00551	0.00175	0.00957	0.00303	0.00239	1.268	> 1.2	1.116	1.183
3	0.00376	0.00164	0.00654	0.00288	0.00226	1.274	> 1.2	1.128	1.195
2	0.00212	0.00135	0.00366	0.00237	0.00186	1.274	> 1.2	1.127	1.194
1	0.00077	0.00077	0.00129	0.00129	0.00103	1.253	> 1.2	1.090	1.156

Ey - %5Bx Yükleme									
Kat	$\delta_{i \min}$	$\Delta_{i \min}$	$\delta_{i \max}$	$\Delta_{i \max}$	$\Delta_{i \text{ort}}$	η_{bi}		D_i	$D_i e_x$
6	0.01089	0.00195	0.01228	0.00215	0.00205	1.049	< 1.2	1.000	1.060
5	0.00894	0.00213	0.01013	0.00237	0.00225	1.053	< 1.2	1.000	1.060
4	0.00681	0.00217	0.00776	0.00245	0.00231	1.061	< 1.2	1.000	1.060
3	0.00464	0.00203	0.00531	0.00234	0.00219	1.071	< 1.2	1.000	1.060
2	0.00261	0.00167	0.00297	0.00192	0.00179	1.071	< 1.2	1.000	1.060
1	0.00095	0.00095	0.00105	0.00105	0.00100	1.053	< 1.2	1.000	1.060

(Değerler GY6KP-R5.65 çözüm dosyasından alınmıştır.)

Tablo 4.31 Göreli kat ötelenmeleri ve B2 düzensizliği kontrolü (birimler m'dir)

Ex + %5By Yükleme							
Kat	$\Delta_{i \min}$	$\Delta_{i \max}$	h_i	$\Delta_{i \max} / h_i$	$\Delta_{i \text{ ort}}$	$\Delta_{(i+1) \text{ ort}}$	η_{ki}
6	0.00160	0.00198	2.8	0.00071 < 0.0035	0.00179	-	-
5	0.00175	0.00216	2.8	0.00077 < 0.0035	0.00196	0.00179	1.09 > 1.5
4	0.00179	0.00221	2.8	0.00079 < 0.0035	0.00200	0.00196	1.02 < 1.5
3	0.00169	0.00208	2.8	0.00074 < 0.0035	0.00189	0.00200	0.94 < 1.5
2	0.00139	0.00171	2.8	0.00061 < 0.0035	0.00155	0.00189	0.82 < 1.5
1	0.00079	0.00097	2.8	0.00035 < 0.0035	0.00088	0.00155	0.57 < 1.5

Ex - %5By Yükleme							
Kat	$\Delta_{i \min}$	$\Delta_{i \max}$	h_i	$\Delta_{i \max} / h_i$	$\Delta_{i \text{ ort}}$	$\Delta_{(i+1) \text{ ort}}$	η_{ki}
6	0.00169	0.00184	2.8	0.00066 < 0.0035	0.00177	-	-
5	0.00185	0.00203	2.8	0.00073 < 0.0035	0.00194	0.00177	1.10 > 1.5
4	0.00190	0.00207	2.8	0.00074 < 0.0035	0.00199	0.00194	1.02 < 1.5
3	0.00179	0.00195	2.8	0.00070 < 0.0035	0.00187	0.00199	0.94 < 1.5
2	0.00147	0.00160	2.8	0.00057 < 0.0035	0.00154	0.00187	0.82 < 1.5
1	0.00084	0.00091	2.8	0.00032 < 0.0035	0.00087	0.00154	0.57 < 1.5

Ey + %5Bx Yükleme							
Kat	$\Delta_{i \min}$	$\Delta_{i \max}$	h_i	$\Delta_{i \max} / h_i$	$\Delta_{i \text{ ort}}$	$\Delta_{(i+1) \text{ ort}}$	η_{ki}
6	0.00156	0.00267	2.8	0.00095 < 0.0035	0.00212	-	-
5	0.00170	0.00295	2.8	0.00105 < 0.0035	0.00233	0.00212	1.10 > 1.5
4	0.00175	0.00303	2.8	0.00108 < 0.0035	0.00239	0.00233	1.03 < 1.5
3	0.00164	0.00288	2.8	0.00103 < 0.0035	0.00226	0.00239	0.95 < 1.5
2	0.00135	0.00237	2.8	0.00085 < 0.0035	0.00186	0.00226	0.82 < 1.5
1	0.00077	0.00129	2.8	0.00046 < 0.0035	0.00103	0.00186	0.55 < 1.5

Ey - %5Bx Yükleme							
Kat	$\Delta_{i \min}$	$\Delta_{i \max}$	h_i	$\Delta_{i \max} / h_i$	$\Delta_{i \text{ ort}}$	$\Delta_{(i+1) \text{ ort}}$	η_{ki}
6	0.00195	0.00215	2.8	0.00077 < 0.0035	0.00205	-	-
5	0.00213	0.00237	2.8	0.00085 < 0.0035	0.00225	0.00205	1.10 > 1.5
4	0.00217	0.00245	2.8	0.00088 < 0.0035	0.00231	0.00225	1.03 < 1.5
3	0.00203	0.00234	2.8	0.00084 < 0.0035	0.00219	0.00231	0.95 < 1.5
2	0.00167	0.00192	2.8	0.00069 < 0.0035	0.00179	0.00219	0.82 < 1.5
1	0.00095	0.00105	2.8	0.00038 < 0.0035	0.00100	0.00179	0.56 < 1.5

(Değerler GY6KP-R5.65 çözüm dosyasından alınmıştır.)

Tablo 4.32 2. çözüm A1 düzensizliği kontrolü (birimler m'dir)

Ey + %5Bx Yükleme							
Kat	$\delta_{i \min}$	$\Delta_{i \min}$	$\delta_{i \max}$	$\Delta_{i \max}$	$\Delta_{i \text{ort}}$	η_{bi}	
6	0.00622	0.00127	0.01079	0.00197	0.00162	1.216	< 2
5	0.00495	0.00125	0.00882	0.00225	0.00175	1.286	< 2
4	0.00370	0.00123	0.00657	0.00222	0.00173	1.287	< 2
3	0.00247	0.00118	0.00435	0.00210	0.00164	1.280	< 2
2	0.00129	0.00094	0.00225	0.00165	0.00130	1.275	< 2
1	0.00035	0.00035	0.00060	0.00060	0.00047	1.261	< 2

(Değerler GY6KP-R5.65-2Ç çözüm dosyasından alınmıştır.)

4.7.3 Güçlendirilmiş binada betonarme tahkikler

Binanın güçlendirilmesinde perdeler başlık teşkil eden kolonların mantolanmış kesitleri Tablo 4.33 ile, mantolanmayan kolonların en büyük eksenel yük tahkiki Tablo 4.34 ile aşağıda verilmiştir.

Tablo 4.33 Son kata kadar mantolanmış perde uç kolonları ve boyutları (cm)

	KOLON	Eski Boyut		Mantolu Boyut	
		bx	by	bx	by
IP01	S101	30	60	60	90
	S104	60	30	90	60
IP02	S104S	60	30	90	60
	S105S	25	70	55	100
IP03	S110	60	30	90	60
	S111	30	60	60	90
IP04	S110S	60	30	90	60
	S113S	60	30	90	60

Tablo 4.34 Güçlendirilmiş binada 1. kat kolonları en büyük normal kuvvet tahkiki

KOLON	Boyut (cm)		K.Alanı (cm ²)	Yükleme	Nd _{max} (kN)		N _{lim}	Nd _{max}
	bx	by					0.5f _{ck} A _c	N _{lim}
S102	70	30	2100	1.4G+1.6Q	1480.11	!!!	1470	1.01
P103	20	140	2800	1.4G+1.6Q	1574.28	<	1960	0.80
S105	25	70	1750	1.4G+1.6Q	1257.40	!!!	1225	1.03
P106	100	20	2000	1.4G+1.6Q	1364.56	<	1400	0.97
S107	30	60	1800	1.4G+1.6Q	828.01	<	1260	0.66
S108	70	25	1750	1.4G+1.6Q	1209.93	<	1225	0.99
S109	75	25	1875	1.4G+1.6Q	1226.00	<	1312.5	0.93
S112	75	25	1875	1.4G+1.6Q	1260.16	<	1312.5	0.96
S113	60	30	1800	1.4G+1.6Q	798.71	<	1260	0.63
S114	25	70	1750	1.4G+1.6Q	1217.39	<	1225	0.99
S115	30	60	1800	1.4G+1.6Q	1209.09	<	1260	0.96
S101S	30	60	1800	1.4G+1.6Q	892.05	<	1260	0.71
S102S	70	30	2100	1.4G+1.6Q	1495.70	!!!	1470	1.02
P103S	20	140	2800	1.4G+1.6Q	1556.30	<	1960	0.79
P106S	100	20	2000	1.4G+1.6Q	1266.29	<	1400	0.90
S107S	30	60	1800	1.4G+1.6Q	830.44	<	1260	0.66
S108S	70	25	1750	1.4G+1.6Q	1214.75	<	1225	0.99
S109S	75	25	1875	1.4G+1.6Q	1229.32	<	1312.5	0.94
S111S	60	30	1800	1.4G+1.6Q	1342.72	!!!	1260	1.07
S112S	75	25	1875	1.4G+1.6Q	1316.18	!!!	1312.5	1.00
S114S	25	70	1750	1.4G+1.6Q	1306.24	!!!	1225	1.07
S115S	30	60	1800	1.4G+1.6Q	1232.01	<	1260	0.98

Tablodan görüleceği gibi güçlendirilmiş binada kolon eksenel yüklerinin maksimum değerleri 1.4G+1.6Q yüklemesinden kaynaklanmıştır. Kolon eksenel yüklerinde deprem yüklemelerinden kaynaklanan etkiler azalmıştır. Nd_{max}/N_{lim} oranlarının 1'e oldukça yakın olduğu görülmektedir. Kolon eksenel yükleri için, N_{lim} = 0.6f_{ck}A_c gibi bir koşul esas alındığında[13], tüm kolonların eksenel yük düzeyi bakımından yeterli olduğu düşünülebilir.

Güçlendirilmiş sistemde kolon boyuna donatıları mevcut donatı düzeni ve malzeme özellikleri ile SAP2000 programına hesaplatılmış ve tüm kolonlarda boyuna donatının minimum oranda olduğu görülmüştür. Binanın güçlendirilmiş halinde ilk kat kolonlarının G+Q+Ey+ yüklemesi için moment taşıma kapasiteleri aşağıda Tablo 4.35'deki gibidir.

Tablo 4.35 Güçlendirilmiş bina 1. kat kolonlarında taşıma gücü momenti tahkiki
(G+Q+Ey+ yüklemesi)

KOLON		Nd (kN)	M _{dy} (kNm)	M _{dx} (kNm)		M _{xx} (kNm)	M _{rx} /M _{dx}	Açıklama
S102	alt	-1193.83	-8.71	14.47	<	160.5	11.09	yeterli
	üst	-1181.7	-18.31	1.65	<	159.2		
P103	alt	-1358.67	-3.68	370.41	<	815.7	2.20	yeterli
	üst	-1300.97	-5.44	163.93	<	807.7		
S105	alt	-848.03	-2.15	70.17	<	317.8	4.53	yeterli
	üst	-837.92	2.08	-4.71	<	317.9		
P106	alt	-860.31	-13.24	18.31	<	95.6	5.22	yeterli
	üst	-848.76	-1.15	-17.04	<	97.1		
S107	alt	-446.03	-6.49	67.24	<	267.4	3.98	yeterli
	üst	-435.92	10.45	-16.23	<	261.4		
S108	alt	-834.11	0.62	19.28	<	114.6	5.94	yeterli
	üst	-824	0.81	-16.20	<	114.5		
S109	alt	-867.14	9.36	21.72	<	116.3	5.36	yeterli
	üst	-856.31	-14.57	-16.74	<	115.2		
S112	alt	-894.59	19.49	22.84	<	114.4	5.01	yeterli
	üst	-883.76	-16.78	-18.50	<	114.9		
S113	alt	-349.43	-0.09	16.15	<	130.3	8.07	yeterli
	üst	-339.04	20.64	-7.49	<	124.2		
S114	alt	-659.53	8.14	77.76	<	305.3	3.93	yeterli
	üst	-649.43	-9.54	-18.15	<	302.4		
S115	alt	-601.48	1.71	67.04	<	288.0	4.30	yeterli
	üst	-591.09	2.18	-13.60	<	286.6		

Tablo 4.35'in devamı

KOLON		Nd (kN)	Md _y (kNm)	Md _x (kNm)		M _{rx} (kNm)	M _{rx} /Md _x	Açıklama
S101S	alt	-800.27	4.42	81.78	<	287.3	3.51	yeterli
	üst	-789.87	-11.98	-4.83	<	277.5		
S102S	alt	-1277.73	-25.13	21.60	<	151.0	6.99	yeterli
	üst	-1265.61	10.80	-0.15	<	155.0		
P103S	alt	-1323.56	-1.16	402.84	<	825.5	2.05	yeterli
	üst	-1272.44	2.01	180.92	<	821.8		
P106S	alt	-790.87	-10.94	20.41	<	95.8	4.70	yeterli
	üst	-779.32	-5.86	-18.95	<	96.5		
S107S	alt	-736.42	6.33	119.70	<	284.4	2.38	yeterli
	üst	-726.32	-9.76	-29.40	<	279.7		
S108S	alt	-870.90	0.65	29.59	<	114.6	3.87	yeterli
	üst	-860.80	0.74	-26.97	<	114.6		
S109S	alt	-883.50	-6.85	23.47	<	116.8	4.98	yeterli
	üst	-872.67	14.76	-18.22	<	115.3		
S111S	alt	-1031.38	2.57	83.03	<	269.7	3.25	yeterli
	üst	-1020.99	-1.47	-19.32	<	272.3		
S112S	alt	-990.91	0.99	24.45	<	113.9	4.66	yeterli
	üst	-980.08	16.68	-19.76	<	111.7		
S114S	alt	-529.20	2.12	99.26	<	309.3	3.12	yeterli
	üst	-519.09	-0.06	-9.90	<	312.1		
S115S	alt	-680.11	7.12	71.65	<	282.9	3.95	yeterli
	üst	-669.72	-6.41	-12.50	<	283.8		
Alt uç toplamlar				1743.2	<	5577.1	3.20	yeterli
Üst uç toplamlar				57.8	<	5541.3		

Aşağıda Tablo 4.36'da güçlendirilmiş binada 1 aksı kirişlerinin boyuna donatı kontrolü yapılmıştır. Altı çizili kirişler perdeye saplanan kirişi belirtmektedir.

Tablo 4.36 Güçlendirilmiş binada 1 aksı kirişlerinin boyuna donatı kontrolü

KİRİŞ		Mevcut donatı (mm ²)		Gerekli donatı (mm ²)		Açıklama	As _g /As _{mev}	
		sol uç	sağ uç	sol uç	sağ uç			
K116	üst	581	534	294	431	yeterli	0.51	0.81
	alt	534	380	215	233		0.40	0.61
K117	üst	534	842	431	320	yeterli	0.81	0.38
	alt	380	688	221	369		0.58	0.54
K118	üst	842	647	540	607	yeterli	0.64	0.94
	alt	688	427	431	316		0.63	0.74
K216	üst	688	647	365	472	yeterli	0.53	0.73
	alt	534	452	327	226		0.61	0.50
K217	üst	647	936	594	431	yeterli	0.92	0.46
	alt	452	829	369	446		0.82	0.54
K218	üst	936	688	751	912	yetersiz	0.80	1.33
	alt	829	534	599	487		0.72	0.91
K316	üst	606	647	385	534	yeterli	0.64	0.83
	alt	452	427	392	263		0.87	0.62
K317	üst	647	936	716	431	yetersiz	1.11	0.46
	alt	427	628	431	564		1.01	0.90
K318	üst	936	647	862	1053	yetersiz	0.92	1.63
	alt	628	427	753	585		1.20	1.37
K416	üst	493	534	369	544	yetersiz	0.75	1.02
	alt	339	339	402	276		1.19	0.81
K417	üst	534	647	767	431	yetersiz	1.44	0.67
	alt	339	534	431	611		1.27	1.14
K418	üst	647	534	869	1086	yetersiz	1.34	2.03
	alt	534	339	797	595		1.49	1.76
K516	üst	380	534	415	537	yetersiz	1.09	1.01
	alt	226	226	431	279		1.91	1.23
K517	üst	534	534	794	431	yetersiz	1.49	0.81
	alt	226	339	431	636		1.91	1.88
K518	üst	534	534	836	1069	yetersiz	1.57	2.00
	alt	339	226	781	558		2.30	2.47
K616	üst	380	534	248	431	yetersiz	0.65	0.81
	alt	226	226	255	242		1.13	1.07
K617	üst	534	534	580	339	yetersiz	1.09	0.63
	alt	226	226	281	478		1.24	2.12
K618	üst	534	534	647	942	yetersiz	1.21	1.76
	alt	226	226	643	453		2.85	2.00

4.7.4 İlave perdelerin betonarme hesabı

IP01 PERDESİ

IP01 perdesinin betonarme hesabı ve kontrolü için en büyük zorlamaları oluşturan kombinasyonlar ve kesit tesirleri ilgili katları ile birlikte Tablo 4.37'deki gibidir.

Tablo 4.37 IP01 ilave perdesi betonarme hesabına esas kesit tesirleri.

PERDE	YÜKLEME	M (kNm)	N (kN)	T (kN)
IP601	G+Q+Ey-	-435.08	231.42	23.23
IP501	G+Q-Ey-	1267.78	-550.25	631.56
IP401	G+Q-Ey-	3891.66	-796.71	1051.70
IP301	G+Q-Ey-	7536.77	-1039.70	1414.57
IP201	G+Q-Ey-	12139.68	-1286.17	1743.53
IP101	G+Q-Ey-	17218.68	-1501.91	1870.75

(Değerler GY6KP-R5.65-2Ç çözüm dosyasından alınmıştır.)

IP01perdesi 1.katta hesap (IP101)

$$b_w = 20 \text{ cm} \quad l_w = 510 \text{ cm} \quad A_p = 1.80 \text{ m}^2$$

eşit ataletli dikdörtgen kesit genişliği; $b_{w,eş} = 53 \text{ cm}$

$$m_d = 100 * M_d / (f_{cd} b_w l_w^2) = 100 * 17218.7 / (13300 * 0.53 * 5.1^2) = 9.4$$

$$n_d = N_d / (f_{cd} b_w l_w) = 1501.9 / (13300 * 0.53 * 5.1) = 0.04 \text{ (basınç)}$$

$$(d'/l_w=0.10), ([14] \text{ sh:73-74}) \rightarrow w = 15.6$$

Bir uç için gerekli boyuna donatı;

$$A_s = (w/100) * (f_{cd} / f_{yd}) b_w l_w / 2 = (15.6/100) * 0.037 * 530 * 5100 / 2 = 7801 \text{ mm}^2$$

Momentin sadece donatıların oluşturduğu kuvvet çifti ile karşılandığı varsayımı ile

$$A_s = M_d / (f_{yd} * z) = 17218.7 * 10^6 / (365 \text{ MPa} * 4350 \text{ mm}) = 10845 \text{ mm}^2$$

z: moment kolu (perde başlık ağırlık merkezleri arası mesafe)

olarak bulunur. Çerçeve dolgusu ile perde yapıldığından donatılandırma için kuvvet çifti ile elde edilen değer kullanılacaktır. Perde başlık kolonlarındaki mevcut donatılar düşülülüp kolondaki mevcut eksenel yükün katkısı da dikkate alınarak, gerekli ilave donatı miktarı aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

i ucunda; S104 ($A_{s,mev} = 2010 \text{ mm}^2$), $N_{G+Q} = 779.2 \text{ kN}$

j ucunda; S101 ($A_{s,mev} = 2010 \text{ mm}^2$), $N_{G+Q} = 664.4 \text{ kN}$

$$A_{s,ilave} = 10845 - 2010 - 664.4 \cdot 10^3 / 365 = 7015 \text{ mm}^2$$

Seçilen ilave donatı; $28\phi 18$ (7121 mm^2)

$$A_{s \min, u\check{c}} = 0.002 A_{ch} = 0.002 \cdot 1.8 \cdot 10^6 = 3600 \text{ mm}^2$$

$H_{cr} > l_w$ olması gerektiğinden kritik perde yüksekliğı; $H_{cr} = 2 \cdot h_i = 2 \cdot 2.8 = 5.6 \text{ m}$

Kritik perde yüksekliğı boyunca gerekli uç alanı;

$$A_{u\check{c}} = 0.2 b_w l_w = 0.2 \cdot 20 \cdot 510 = 2040 \text{ cm}^2$$

Mantolanmış perde başlık kolonları için kontrol edilir ise;

$$i \text{ ucu alanı} = j \text{ ucu alanı} = 90 \cdot 60 = 5400 \text{ cm}^2 > 2040 \text{ cm}^2$$

Başlık kolonunda pirsantaj; $\rho = (71.2 + 20.1) / 5400 \cdot 100 = 1.7 \%$

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

$$\rho_g = 2 \cdot 113 / (200 \cdot 200) = 0.0057 > \rho_{\min} = 0.0025$$

$$f_{ctd} = 0.35(f_{ck})^{0.5} / 1.5 = 0.35 \cdot (20)^{0.5} / 1.5 = 1.04 \text{ MPa}$$

$$V_{cr} = 0.65 f_{ctd} b_w l_w = 0.65 \cdot 1.04 \cdot 51000 \cdot 200 / 1000 = 690 \text{ kN}$$

$$V_{lim} = 0.22 f_{cd} A_{ch} = 0.22 * 13.3 * 1.8 * 10^6 / 10^3 = 5267 \text{ kN}$$

$V_{cr} < V_d = 1870.75 < V_{lim}$ olduğundan gerekli dayanım yatay donatı ile sağlanacaktır.

Seçilen yatay gövde donatısı; $2 * \phi 12/20$

$$V_w = (A_{sw}/s) * f_{ywd} * d = (2 * 113 / 200) * 0.365 * 5100 = 2103.5 \text{ kN} > V_d = 1870.75 \text{ kN}$$

$$\rho_w = 2 * 113 / (200 * 200) = 0.0057 > \rho_{min} = 0.0025 \text{ (yeterli)}$$

Perde uç etriyesi (ilk iki kat için); Perde uç kolonunda eksenel yük büyük olduğundan,

$$\rho_{min,uç} = 0.12 f_{ck} / f_{yk} = 0.12 * 20 / 420 = 0.0057$$

Seçilen yatay uç donatısı; $\phi 10/10$ (kritik perde yüksekliği boyunca)

$$\rho_s = 2A_{sh} / (a * s) = 2 * 78.5 / (200 * 100) = 0.0079 > 0.0057$$

Ankrajlar ise perdeye konan yatay ve düşey gövde donatısına yakın olmak üzere;

$$2 * \phi 12/20 (1130 \text{ mm}^2/\text{m}) \rightarrow \text{Seçilen } \phi 20/30 (1047 \text{ mm}^2/\text{m})$$

IP01perdesi 2.katta hesap (IP201)

$$A_s = M_d / (f_{yd} * z) = 12139.7 * 10^6 / (365 \text{ MPa} * 4350 \text{ mm}) = 7646 \text{ mm}^2$$

$$A_s = 7646 \text{ mm}^2 > A_{s \text{ min},uç} = 3600 \text{ mm}^2$$

$$i \text{ ucunda; } S204 (A_{s,mev} = 2010 \text{ mm}^2), N_{G+Q} = 645.2 \text{ kN}$$

$$j \text{ ucunda; } S201 (A_{s,mev} = 2010 \text{ mm}^2), N_{G+Q} = 554.2 \text{ kN}$$

$$A_{s,ilave} = 7646 - 2010 - 554.2 * 10^3 / 365 = 4118 \text{ mm}^2$$

Seçilen ilave donatı; $18\phi 18 (4578 \text{ mm}^2)$

Düşey gövde donatısı; $2*\phi 12/20$ (1.kat ile aynı seçildi)

$$V_{cr} < V_d = 1743.53 < V_{lim}$$

Yatay gövde donatısı da alt kat ile aynı seçilerek; $2*\phi 12/20$

$$V_w = 2103.5 \text{ kN} > V_d = 1743.53 \text{ kN}$$

IP01perdesi 3.katta hesap (IP301)

$$A_s = M_d / (f_{yd} * z) = 7536.8 * 10^6 / (365 \text{ MPa} * 4350 \text{ mm}) = 4746 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \text{ min, uç}} = 0.001 A_{ch} = 0.001 * 1.8 * 10^6 = 1800 \text{ mm}^2$$

i ucunda; S304 ($A_{s, \text{mev}} = 2010 \text{ mm}^2$), j ucunda; S301 ($A_{s, \text{mev}} = 2010 \text{ mm}^2$)

$$A_{s, \text{ilave}} = 4746 - 2010 = 2736 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{Seçilen ilave donatı; } 18\phi 14 = 2769 \text{ mm}^2$$

Seçilen düşey gövde donatısı ; $2*\phi 10/20$ ($785 \text{ mm}^2/\text{m}$)

$$\rho_g = 2 * 78.5 / (200 * 200) = 0.0039 > \rho_{\min} = 0.0025$$

$V_{cr} < V_d = 1472.9 \text{ kN} < V_{lim}$ olduğundan gerekli kesme dayanımı yatay donatı ile sağlanacaktır.

Seçilen yatay gövde donatısı; $2*\phi 10/20$

$$V_w = (A_{sw}/s) * f_{ywd} * d = (2 * 78.5 / 200) * 0.365 * 5100 = 1461.3 \text{ kN} \leq V_d = 1472.9 \text{ kN}$$

$$V_r = 0.80 V_{cr} + V_w = 0.80 * 690 + 1461 = 2013 \text{ kN} > V_d = 1472.9 \text{ kN}$$

$$\rho_w = 2 * 78.5 / (200 * 200) = 0.0039 > \rho_{\min} = 0.0025$$

Ankrajlar ise perdeye konan yatay ve düşey gövde donatısına yakın olmak üzere;

$2*\phi 10/20$ ($785 \text{ mm}^2/\text{m}$) $\rightarrow$ Seçilen $\phi 20/40$ ($785 \text{ mm}^2/\text{m}$)

Seçilen yatay uç donatısı; $\phi 10/15$

IP01perdesi 4.katta hesap (IP401)

$$A_s = M_d / (f_{yd} * z) = 3891.7 * 10^6 / (365 \text{ MPa} * 4350 \text{ mm}) = 2451 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,ilave} = 2451 - 2010 = 441 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{Seçilen ilave donatı; } 15\phi 14 (2308 \text{ mm}^2)$$

İlave düşey başlık donatısı konstrüktif nedenler ile fazla konulmuştur. Perde düşey gövde donatısı ve yatay donatıları azaltılmamıştır. 3. kattaki donatılar kullanılabilir.

Yatay ve düşey gövde donatısı; $2 * \phi 10/20$, Seçilen yatay uç donatısı; $\phi 10/15$

IP01perdesi 5. ve 6. katta hesap (IP501-IP601)

$$A_s = M_d / (f_{yd} * z) = 1950.6 * 10^6 / (365 \text{ MPa} * 4350 \text{ mm}) = 1228 \text{ mm}^2$$

Eksantrisite düştüğünden burada hesaplanandan daha az donatı gereklidir.

i ucunda S104 ($A_{s_{mev}} = 2010 \text{ mm}^2$), j ucunda S101 ($A_{s_{mev}} = 2010 \text{ mm}^2$)

$$A_{s_{min,uç}} = 0.001 A_{ch} = 0.001 * 1.8 * 10^6 = 1800 \text{ mm}^2$$

$$A_{uç} = 0.1 b_w l_w = 0.2 * 20 * 510 = 1020 \text{ cm}^2 < A_c = 30 * 60 = 1800 \text{ cm}^2$$

Mevcut kolonlar ve donatıları perde uç bölgesi için yeterlidir. Ancak manto boyuna donatısı için konstrüktif olarak $15\phi 14 (2308 \text{ mm}^2)$ kullanılacaktır.

$$V_d = 631.56 \text{ kN} < V_{cr} = 690 \text{ kN}$$

Seçilen düşey gövde donatısı ; $2 * \phi 10/25 (628 \text{ mm}^2/\text{m})$

Seçilen yatay gövde donatısı ; $2 * \phi 10/25 (628 \text{ mm}^2/\text{m})$

$$\rho = 2 * 78.5 / (250 * 200) = 0.003 > \rho_{min} = 0.0025 \text{ (yeterli)}$$

Yatay uç donatısı, yatay gövde donatısının 2/3 nden az olmamak üzere; $\phi 10/15$

Ankrajlar ise perdeye konan yatay ve düşey gövde donatısından az olmamak üzere;

$2*\phi 10/25$ ($628 \text{ mm}^2/\text{m}$) $\rightarrow$ Seçilen $\phi 18/40$ ($635 \text{ mm}^2/\text{m}$)

4.7.5 Perde temeli hesabı

Binaya eklenen perdelerde hesaplanan momentlerin mevcut temeller ya da perde altına yapılacak tekil temeller ile karşılanması mümkün olmamıştır. Bu nedenle perde temellerinin IP01-IP03 ve IP02-IP04 olmak üzere birleştirilip, eksenel yükten de faydalanmak için komşu kolonları da kapsayacak şekilde büyütülmesi düşünülmüştür.

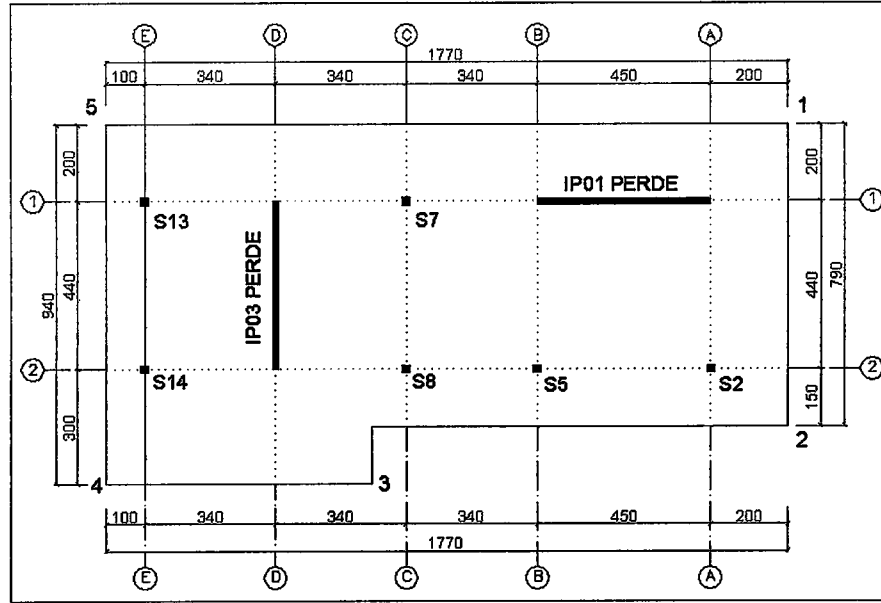
Birleşik perde temelini çözümlemesi için SAP2000 programından faydalanılmıştır. Temel planda $0.5\text{m}*0.5\text{m}=0.25 \text{ m}^2$ boyutlarında, 0.6m kalınlıkta (temel ağırlığı için) sonlu plak elemanlara bölünerek düğüm noktalarına elastik yaylar tanımlanmış, temelde en olumsuz tesirleri verecek yükleme halleri için ayrı ayrı çözümlenmiştir. Çözümde temelin rijit varsayımı için eğilme kalınlığı 1.20m olarak girilmiştir. Perde yükleri, rijit çubuk üzerinde 3 adet düğüm noktasına eşit dağıtılmıştır. Aşağıda Şekil 4.9'daki verilen birleşik perde temelini hesabına esas kolon ve perde yükleri oluşturulan dosya isimleri ile birlikte Tablo 4.38' deki gibidir.

Zeminin çekme almaması durumunu dikkate almak üzere çekme kuvveti oluşan kenarlarda yay sabitleri kaldırılarak basınç bölgelerindeki zemin gerilmesi kontrol edilmiştir. Şekil 4.9'da numaralandırılan noktaların altında elde edilen gerilmeler ilgili yüklemeleri ile birlikte Tablo 4.35'deki gibi olmuştur. Depremlili durum olduğundan zemin emniyet gerilmesi %50 arttırıldığında ($1.5*120=180 \text{ kN/m}^2$) hesaplanan maksimum gerilmelerin 1 noktası dışında aşılmamıştır. Temelin G+Q+Ex- yüklemesi altındaki My momenti dağılımı Şekil 5.10' daki gibi olmuştur.

$$\rho_{\min} = 0.002, \quad A_{s\min} = 0.002*55*100 = 11 \text{ cm}^2$$

Seçilen donatı alt ve üstte her iki yönde; $\phi 18/20$ ($12.72 \text{ cm}^2/\text{m}$).

Bu donatı ile karşılanabilecek yaklaşık moment; $M = 0.9*d*f_yd*A_s = 230 \text{ kNm/m}$



Şekil 4.9 IP01-IP03 perdeleri temeli.

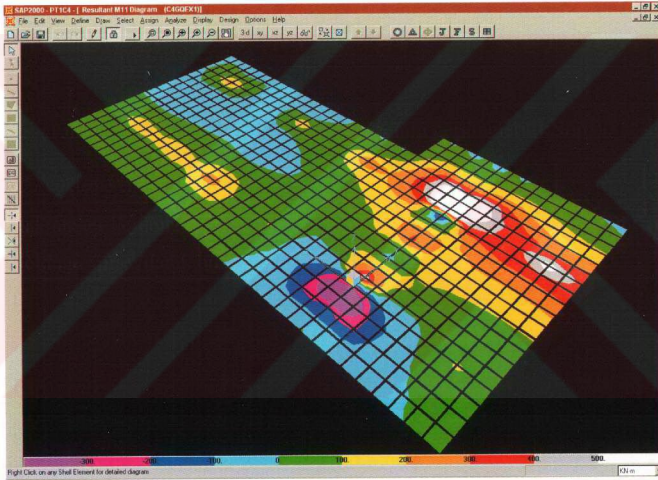
Tablo 4.38 IP01-IP03 perde temeli hesabı için kolon ve perde yükleri (kN, kNm).

PT1-C4 dosyası	G+Q+Ex- yüklemesi			PT1-C5 Dosyası	G+Q-Ex- yüklemesi		
	Mx	My	N		Mx	My	N
IP01	1112	120	-1621	IP01	-94	-157	-2277
S2	7	81	-1149	S2	6	-69	-906
IP03	7	15406	-2122	IP03	-3	-14698	-2661
S5	5	22	-797	S5	1	-20	-947
S7	12	8	-358	S7	-5	-21	-795
S8	-1	74	-900	S8	4	-74	-777
S13	-1	42	-328	S13	4	-63	-783
S14	-6	20	-1073	S14	-17	-11	-613

PT1-C8 dosyası	G+Q+Ey- yüklemesi			PT1-C9 dosyası	G+Q-Ey- yüklemesi		
	Mx	My	N		Mx	My	N
IP01	-16201	-22	-2396	IP01	17219	-16	-1502
S2	-17	6	-1251	S2	30	6	-803
IP03	-174	891	-2351	IP03	178	-183	-2432
S5	-78	-1	-835	S5	84	3	-909
S7	-85	-7	-427	S7	92	-6	-726
S8	-21	0	-821	S8	24	0	-857
S13	-20	-8	-339	S13	23	-12	-771
S14	-85	5	-605	S14	62	4	-1081

Tablo 4.39 Temel altında hesaplanan zemin gerilmeleri (kN/m²).

yükleme \ nokta	1	2	3	4	5
G+Q+Ex- yüklemesi	18.0	120.5	156.4	155.0	0.0
G+Q-Ex- yüklemesi	114.3	28.2	0.0	0.0	165.7
G+Q+Ey- yüklemesi	155.0	141.8	63.8	58.7	38.4
G+Q-Ey- yüklemesi	0.0	9.1	75.2	74.9	92.6



Şekil 4.10 Temelin G+Q+Ex- yüklemesi altındaki My momenti dağılımı.

Planda moment değerleri perde uç bölgelerinde bu değer üzerinden. Basitlik sağlamak amacı ile donatılandırma için momentin ortalama olarak 2m'lik bir şeritte hakim olduğu varsayılarak buralardaki donatılar artırılmıştır.

5. SONUÇLAR

Daha önceki yönetmeliğe göre tasarlanmış mevcut binaların, 1998 deprem yönetmeliğine göre değerlendirilmesinde yeterli dayanım başta olmak üzere, süneklik ve yerdeğiştirmeye ilişkin koşulların sağlanması güç olmakta bu binaların güçlendirilmesi gereği ortaya çıkmaktadır. Deprem hesabına ve dolayısı ile güvenliğin değerlendirilmesinde esas olacak taşıyıcı sistem davranış katsayısının yada sistemin süneklik düzeyinin deprem yönetmeliği haricinde değerlendirilmesi yoğun bilgi birikimi ve deneyim gerektirmektedir.

Örnek binanın değerlendirilmesinde $R=4$ olarak alınmış ve binanın ilk tasarımındaki deprem yükünün 2.5 katı deprem yükü ile çözümlenmiştir. Çözümleme sonucunda görelî kat ötelenmeleri 2.ve 3. katlarda limit değerlere çok yaklaştırmış, etkilerin yoğun olduğu ilk katın bir çok kolonunda moment taşıma kapasitesi aşılmış ve bu kattaki moment etkisini karşılanma oranları, x doğrultusu için 0.56, y doğrultusu için 0.59 olarak bulunmuştur.

Binanın güçlendirilmesi amacıyla eklenen 4 adet perdenin yüksekliğine bağlı incelemelerden perdelerin sadece ilk katta yapılması halinde taban kesme kuvvetinin perdeler tarafından karşılanma oranları, x doğrultusu için %1.20, y doğrultusu için %1.18 olmuştur. Perdelerin devam ettirilmesi halinde bu oranların %76 ile %81 değerleri arasında kaldığı, ilk kattan sonra perdelerin devam ettirilmesi halinde değişimin daha az olduğu görülmüştür.

İlave edilen perdeler ile yatay yükün taşınmasında çerçevelerin hakimiyeti düşmüş ve çerçeve elemanlardaki kesit tesirleri azalmıştır. Çözümelerde, ilave perdelerin 4-5 kata kadar çıkması durumunda perde taban momentlerinin devrilme momentine oranının en büyük değerleri aldığı, son kata kadar devam etmesi ile perdede, çerçeve etkisi ile negatif kesme kuvveti oluşarak perde taban momentinin küçüldüğü gözlenmiştir. Eşdeğer statik deprem yükü yönünden, bina için elde edilen esas periyotlar spektrum eğrisinde T_A ve T_B değerleri arasında kalmış, perde ağırlık etkisi ihmal edilirse eşdeğer statik deprem yükü değişmemiştir.

Perde üstünde kalan kolonların incelenmesinden bu elemanlarda oluşan kesit tesirlerindeki artış ve azalmaların kattaki diğer elemanlar ve geometri ile alakalı olduğu, döşemenin diyafram etkisinin, perdelerin bittiği katta yatay yükün rijitliği ilgili deprem doğrultusunda diğerlerine göre daha büyük olan elemanlar tarafından paylaşılmasını sağladığı ve bu elemanlarda perdesiz duruma göre daha büyük etkiler olduğu anlaşılmıştır. Rijitliği ilgili deprem doğrultusunda diğerlerine göre küçük olan kolonlarda ise perdesiz duruma göre daha küçük etkiler olduğu görülmüştür. Üst katlarda normal kuvvetin momentin karşılanmasındaki olumlu etkisinin azalması dikkate alındığında, deprem yükünün azaltılmaması durumunda perde üstünde kalacak katlardaki mevcut elemanların kesit tesirlerini karşılamasının güç olacağı anlaşılmıştır. Ayrıca davranışın tahmini zorlaşmakta ve hasar durumunun homojen olma ilkesi düşündürmektedir.

Binanın güçlendirilmiş halinde kirişlerin incelenmesinden kiriş mesnetlerinde boyuna donatıların 3. kattan sonra yetersiz kaldığı özellikle perde ucuna yakın bölgede kiriş kesitinin mafsallaşacağı anlaşılmıştır. Bu durumda donatısı yetersiz kesitlerde hesaplanan deprem etkilerine ulaşılmadan plastik mafsallar oluşacak ve kesitlerde yükün yeniden paylaşılması ve plastik kesitlerin artması ile ilave edilen perdeler kapasitelerinden daha büyük bir yüke maruz kalacaklardır. Perde eğilme momenti kapasitesinin tasarım momentine yakın olduğu hatırlandığında sistemin kapasitesinin ulaşılması istenenden bir miktar daha küçük olduğu anlaşılır. Bu duruma müsaade edilmemesi için daha fazla perdeye ihtiyaç duyulacaktır.

Binaya eklenen perdelerin başlıkları da dahil olmak üzere kat ve bina alanına oranları aşağıdaki gibidir;

$$\text{Binada bir katın alanı} \quad ; A_{pi}=344m^2 \quad \Sigma A_{pi}=344*6= 2064 m^2$$

$$\text{Tabanda plan alanı} \quad ; A_{pi}=316m^2$$

$$x \text{ doğrultusundaki perde alanları toplamı} \quad ; \Sigma A_{gx}=3.60m^2$$

$$y \text{ doğrultusundaki perde alanları toplamı} \quad ; \Sigma A_{gy}=3.44m^2$$

Bu değerler Bayındırlık ve İskan Bakanlığının deprem yönetmeliğine ek olarak hazırladığı taslağın güçlendirme perdeleri için verdiği minimum koşullar ile kıyaslandığında binadaki konsollar nedeni ile perde alanının yeterli olmadığı anlaşılmıştır.

$$\Sigma A_{gx}/A_{pt}=3.60/316 = 0.014 > 0.002*6 \text{ kat} = 0.012, \text{ sağlanıyor}$$

$$\Sigma A_{gy}/A_{pt}=3.44/316 = 0.011 < 0.002*6 \text{ kat} = 0.012, \text{ sağlanmıyor}$$

$$\Sigma A_{gx}=3.60 \geq 0.01 A_{pt}= 3.16 \text{ m}^2, \text{ sağlanıyor}$$

$$\Sigma A_{gy}=3.44 \geq 0.01 A_{pt}= 3.16 \text{ m}^2, \text{ sağlanıyor}$$

$$\Sigma A_{gx}=3.60 \text{ m}^2, \Sigma A_{gy}= 3.44 \text{ m}^2 \leq 0.0025*\Sigma A_{pi}=0.0025*2064 = 5.16 \text{ m}^2, \text{ sağlanmıyor}$$

Taslaktaki yaklaşık ifadelerin birçok binayı temsil ettiği düşünölmektedir. Ancak mevcut binalar çok çeşitlilik arzettiğinden gerekli perde miktarının hesap sonucu bulunması daha doğru bir yaklaşım olabilir.

Örnekte sisteme ilave edilen perdelerin alt katlarda büyük kuvvetler alması bu elemanların donatılandırılıp detaylandırılmasında ve bunların temel teşkilinde güçlükler çıkarmıştır. Perdeleri mümkün mertebe bina içinde kalacak şekilde oluşturmak kolon eksenel yüklerinden faydalanmaya olanak sağlasa da perde temelinin sınırlı rijitliği perdenin tabanında meydana gelecek dönmeye engel olamamıştır. Perdenin etkinliğini düşürecek bu durumun dikkate alınması gerekmektedir.

Perdelerin aldığı kuvvetlerin zemine güvenle aktarılması zorunludur. Binaya, göreceli olarak çok rijit az sayıda perde eklemek yerine, daha fazla sayıda narin perdelerin eklenmesi tercih edilerek hem etkilerin zemine iletilmesi kolaylaşacak hem de daha homojen bir kuvvet dağılımı ortaya çıkacaktır.

KAYNAKLAR

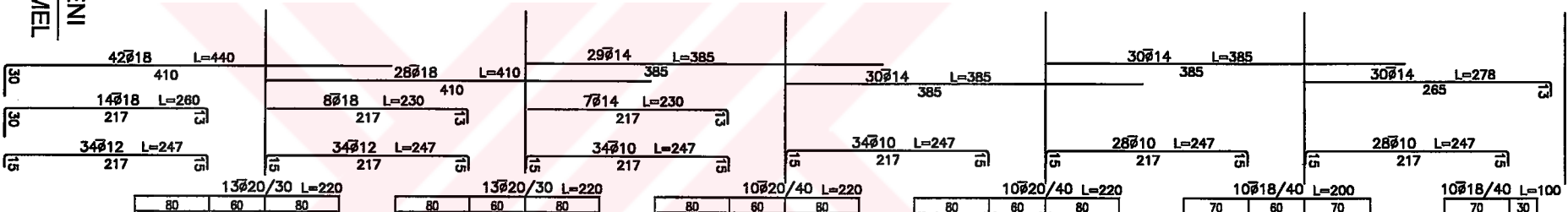
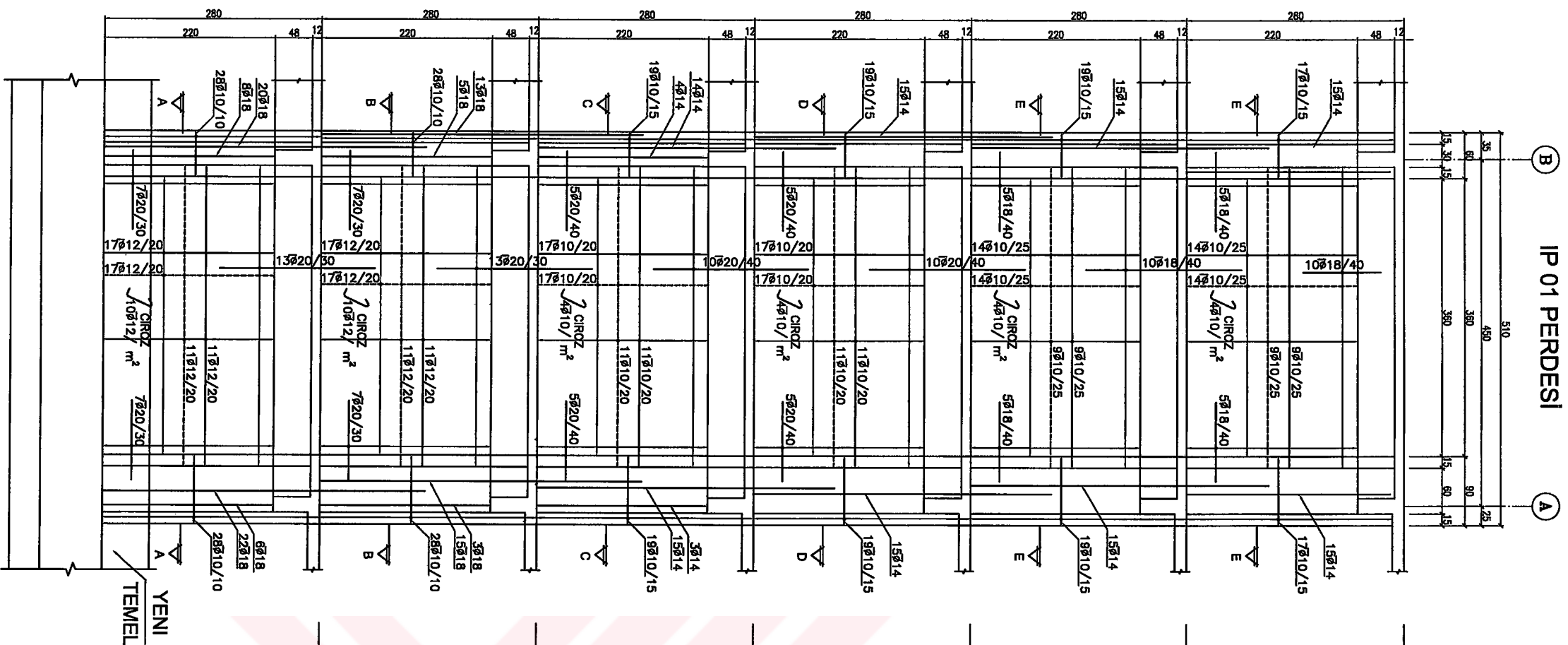
- [1] **1998 Deprem Yönetmeliği**, 1998. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, *Bayındırlık ve İskan Bakanlığı*, Ankara.
- [2] **1975 Deprem Yönetmeliği**, 1975. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, *İmar ve İskan Bakanlığı*, Ankara.
- [3] **TS-500**, 2000. Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım kuralları, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- [4] **TS-500**, 1985. Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım kuralları, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- [5] **TS-498**, 1987. Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- [6] **Celep, Z. ve Kumbasar, N.**, 2000. Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, Beta Dağıtım, İstanbul.
- [7] **Celep, Z. ve Kumbasar, N.**, 2001. Betonarme Yapılar, Beta Dağıtım, İstanbul.
- [8] **Bayülke, N.**, 2001. Depremde Hasar Gören Yapıların Onarım ve Güçlendirilmesi, İnşaat Mühendisleri Odası, İzmir Şubesi.
- [9] **Celep, Z., Özer, E.**, 1998. Post Earthquake Rehabilitation of Moderately Damaged Reinforced Structures, Second Japan-Turkey Workshop on Earthquake Engineering, Technical University of Istanbul, Volume I, pp.61-72.
- [10] **Çakıroğlu, A., Karadoğan, F., Özer, E.**, 1998. Upgrading and Strengthening Philosophy of Reinforced Concrete Low Rise Building, Second Japan-Turkey Workshop on Earthquake Engineering, Technical University of Istanbul, Volume I, pp.1-10.

- [11] **Ignatiev, N.**, 1998. Some Problems of Strenghtening of Existing Buildings With New Structural Components, Second Japan-Turkey Workshop on Earthquake Engineering, Technical University of Istanbul, Volume I, pp.11-42.
- [12] **Karadoğ an, F.,  lker, R., Boduroğlu, H., Y ksel, E.**, 1993. Structures Strengthened by Shear Walls and Their Foundations, İkinci Ulusal Deprem M hendisliği Konferansı, İstanbul, pp.1-8.
- [13] 1999 Koceli Depremi Sonrası Betonarme Binalarda Onarım ve Güçlendirme İlkeleri. İTÜ İnşaat Fakültesi, (17.12.1999).
- [14] **Akgün,  ., Aydın, R., Topçu, A.**, 1991. Taşıma Gücü Hesap Tabloları, Anadolu  nv., Eskişehir.
- [15] **SAP2000**, Structural Analysis Program, Computers and Structures Inc., Berkeley, Ca.,USA.

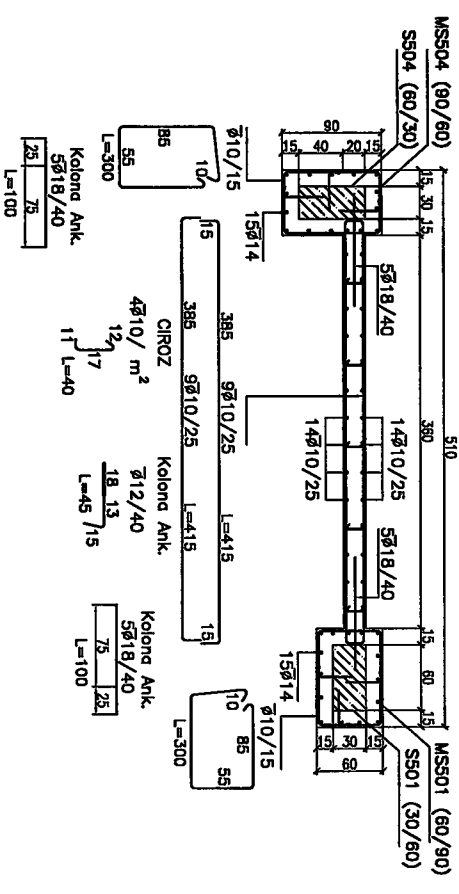
EKLER

- Ek-1 Mevcut binaya ait kalıp planı.
- Ek-2 Güçlendirilmiş binaya ait kalıp planı.
- Ek-3 Güçlendirme perdesi detayları.
- Ek-4 Perde temeli kalıp planı.
- Ek-5 Perde temel donatı detayı.

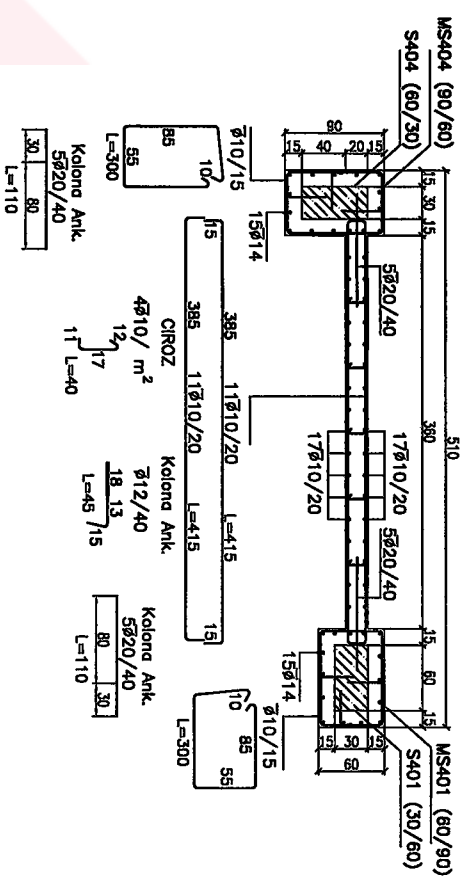
IP 01 PERDESI



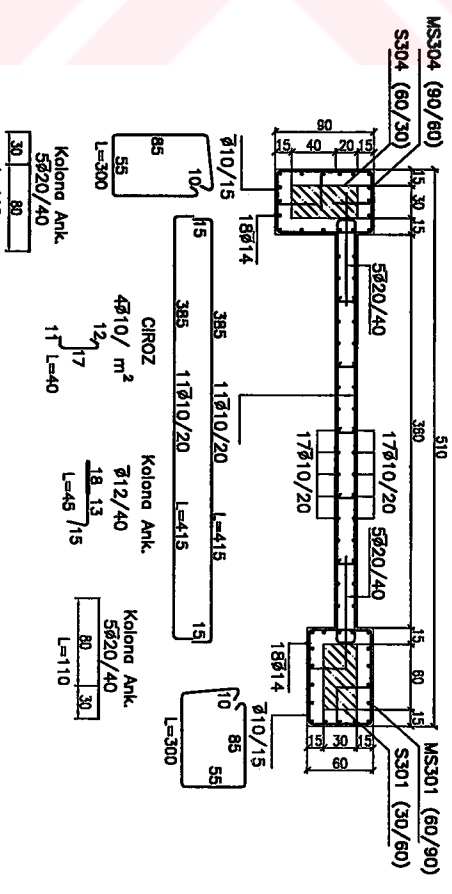
E - E Kesiti



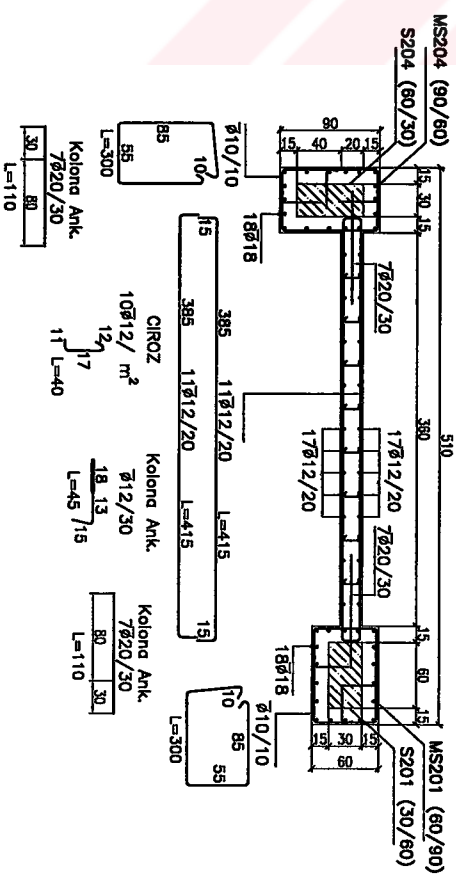
D - D Kesiti



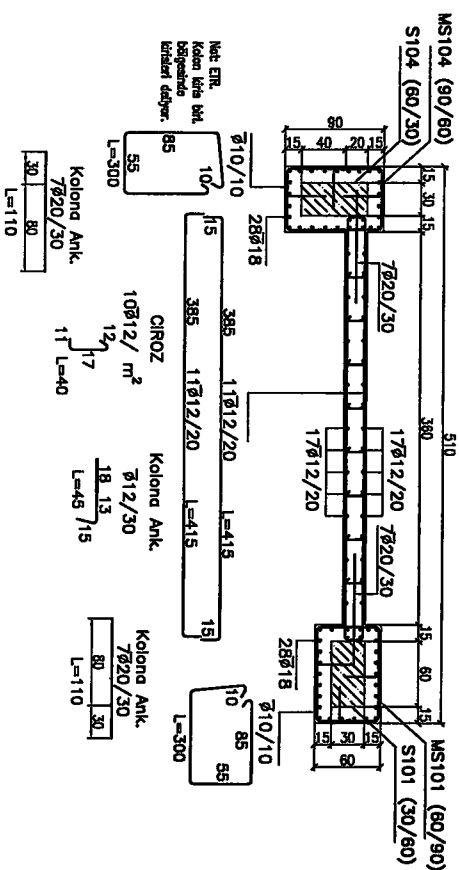
C - C Kesiti



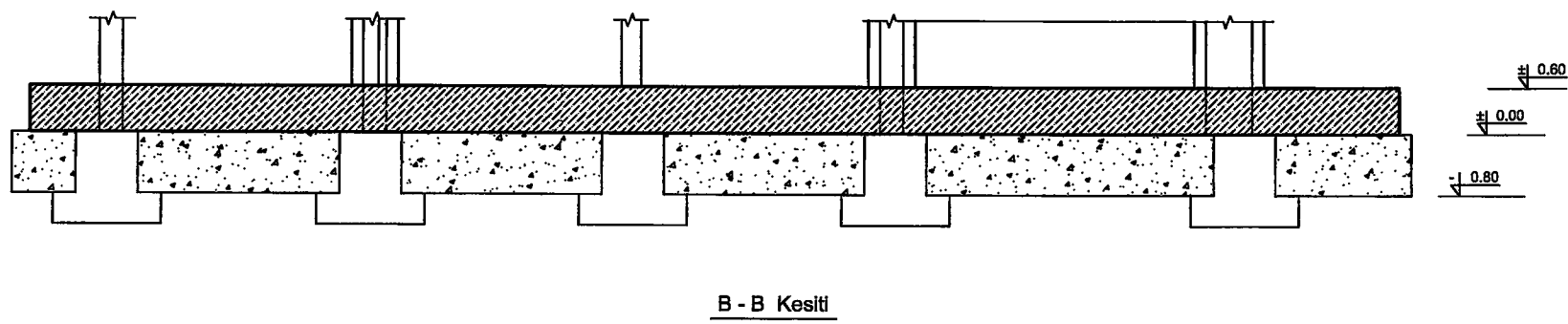
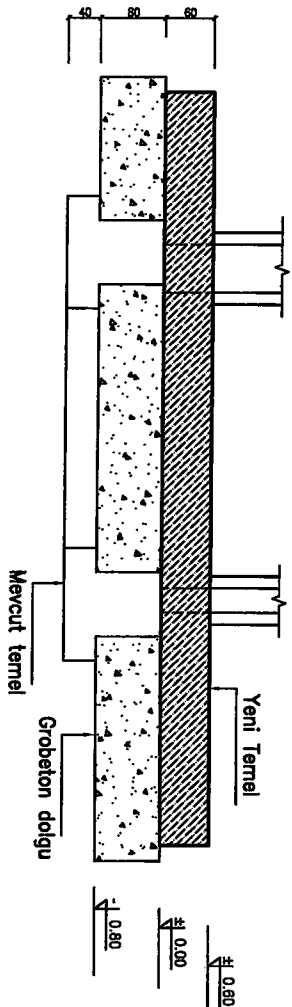
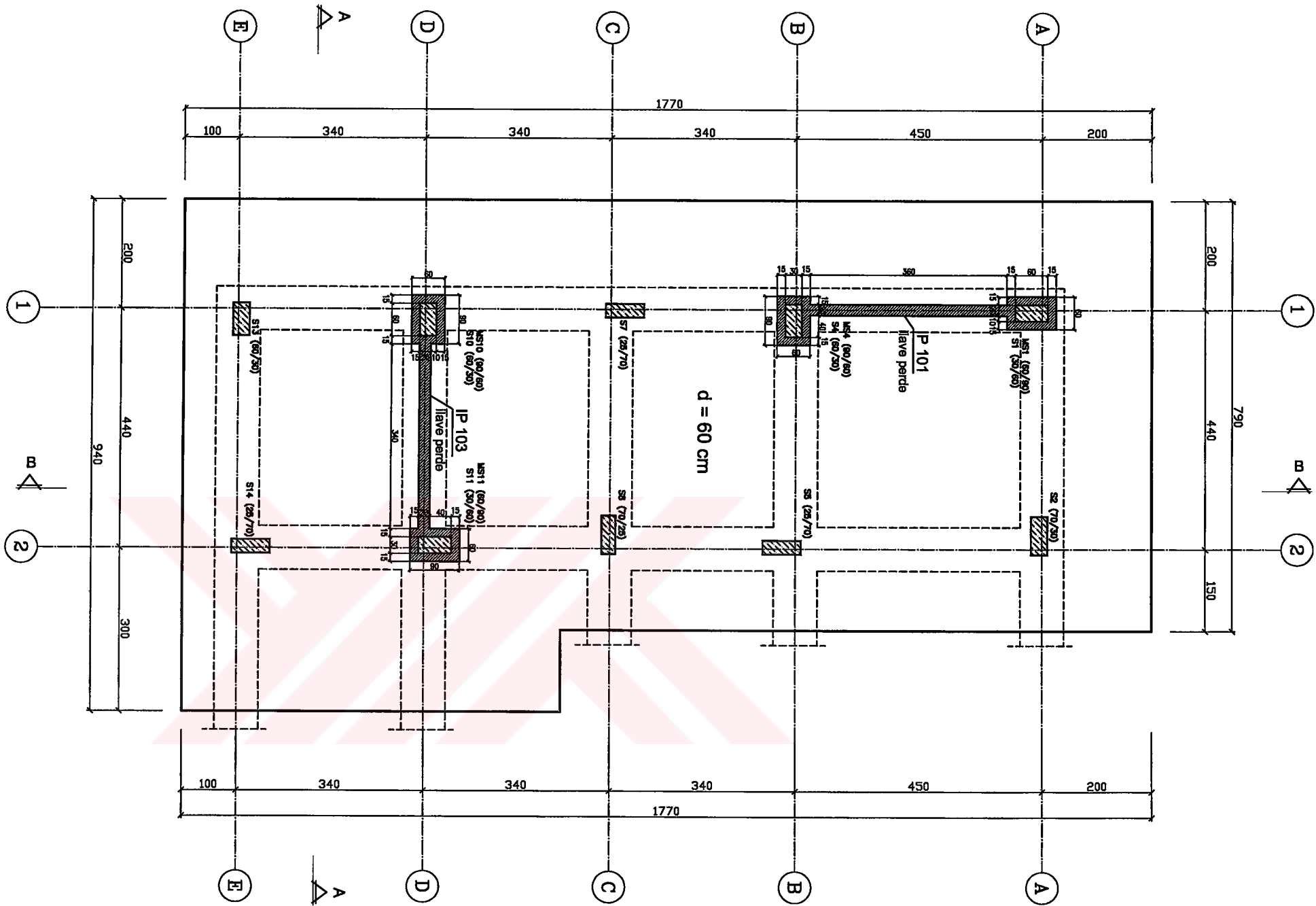
B - B Kesiti



A - A Kesiti



PAFTA ADI:	
IP 01 İLAVE PERDESİ	
DETAYLARI	
ÖLÇEKLER	
PLAN	-
DETAY	1/33
PARAMETRELER	
MEVCUT BETON SINIFI	BS 14
DOĞAÜT SINIFI	BÇ III
ĞÜÇ. EL. BETON SINIFI	BS 20
ĞÜÇ. EL. DOĞAÜT SINIFI	BÇ III
ZEMİN ENAMİTET GERİLMESİ	12 İm ²
ZEMİN YATAK KATSAYISI	1000 İm ²
YAPİ ÖNEM KATSAYISI	1.0
ETKİN YER İNAMESİ KATS. (%o)	0.40
ZEMİN SINIFI	Z4



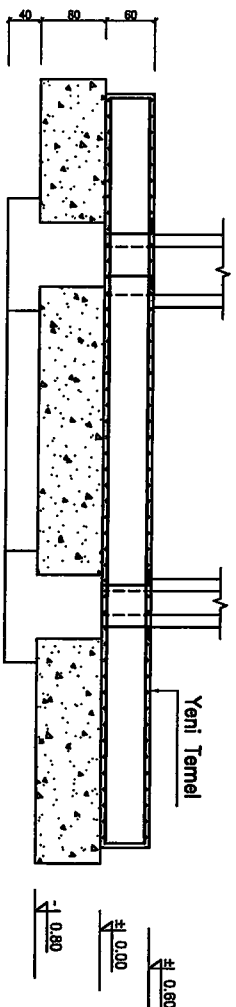
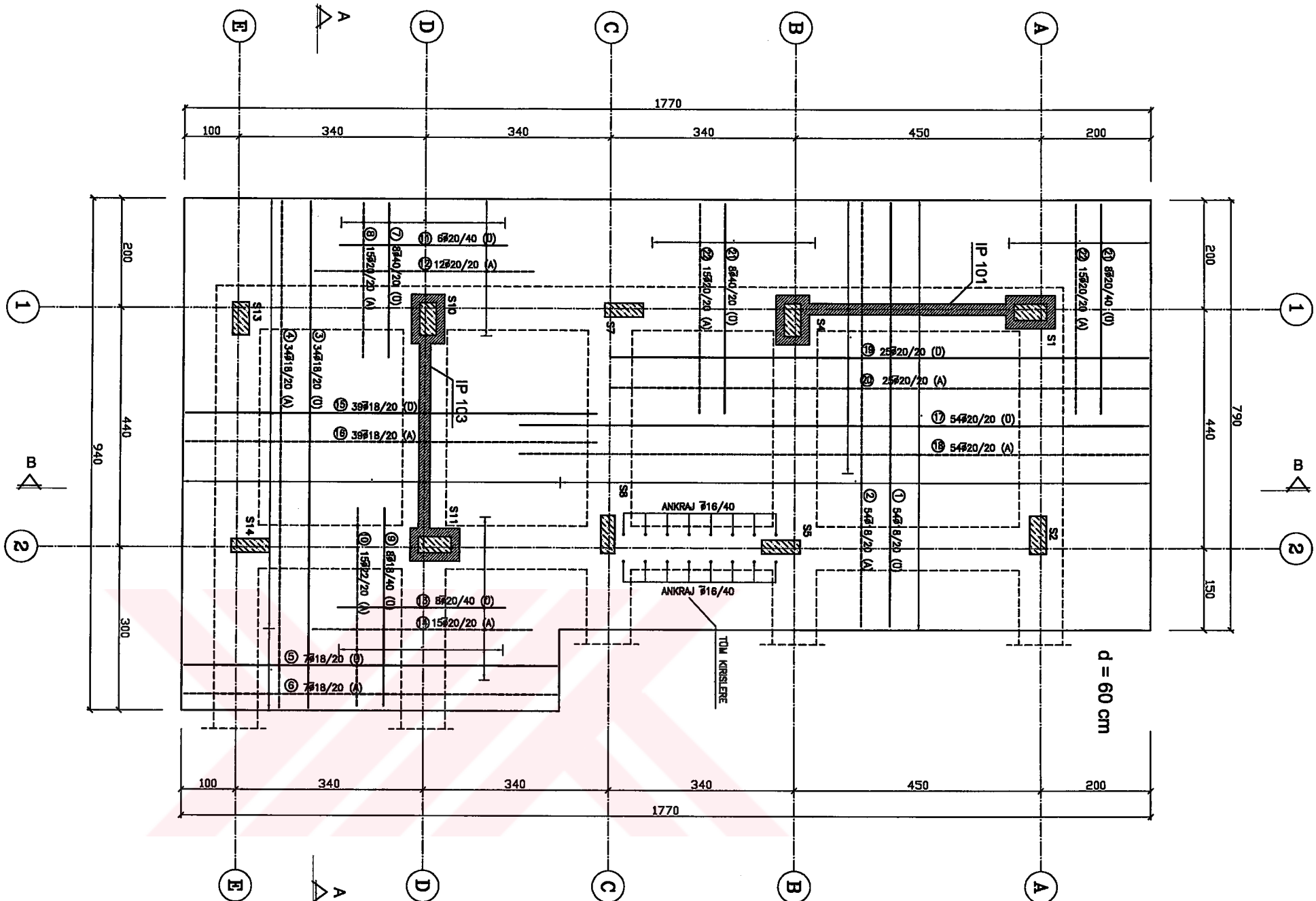
PAFTA ADI:
GÜÇLENDİRİLMİŞ BİNA
IP01-IP03 PERDELERİ
TEMEL KALIP PLANI

ÖLÇEKLER

PLAN	1/50
DETAY	-

PARAMETRELER

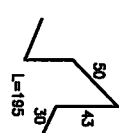
GÜÇ. EL. BETON SINIFI	BS 20
GÜÇ. EL. DONATI SINIFI	BÇ III
ZEMİN EMNİYET GERİLMESİ	12 t/m ²
ZEMİN YATAK KATSAYISI	1000 t/m ²
YAPI ÖNEM KATSAYISI	1.0
ETKİN YER İNMESİ KATS. (A ₀)	0.40
ZEMİN SINIFI	Z4



A - A Kesiti

780	① 5Ø18/20 (U)	L=875	50
50			50
50	② 5Ø18/20 (A)	L=875	50
50			50
830	③ 3Ø18/20 (U)	L=1030	50
50			50
830	④ 3Ø18/20 (A)	L=1030	50
50			50
880	⑤ 7Ø18/20 (U)	L=780	50
50			50
50	⑥ 7Ø18/20 (A)		50
50			50
50	⑦ 8Ø18/40 (U)	L=330	50
50			50
50	⑧ 15Ø20/20 (A)	L=330	50
50			50
50	⑨ 15Ø20/20 (A)	L=400	50
50			50
50	⑩ 15Ø20/20 (A)	L=400	50
50			50
50	⑪ 8Ø20/40 (U)	L=300	50
50			50
50	⑫ 12Ø20/20 (A)	L=400	50
50			50
50	⑬ 15Ø20/20 (A)	L=400	50
50			50
50	⑭ 8Ø20/40 (U)	L=300	50
50			50
50	⑮ 8Ø20/40 (U)	L=300	50
50			50
50	⑯ 5Ø20/20 (U)	L=1200	50
50			50
50	⑰ 5Ø20/20 (A)	L=1200	50
50			50
50	⑱ 5Ø20/20 (A)	L=1200	50
50			50
50	⑲ 5Ø20/20 (A)	L=1200	50
50			50
50	⑳ 5Ø20/20 (A)	L=1200	50
50			50
50	㉑ 5Ø20/20 (A)	L=1200	50
50			50
50	㉒ 5Ø20/20 (A)	L=1200	50
50			50
50	㉓ 5Ø20/20 (A)	L=1200	50
50			50
50	㉔ 5Ø20/20 (A)	L=1200	50
50			50
50	㉕ 5Ø20/20 (A)	L=1200	50
50			50
50	㉖ 5Ø20/20 (A)	L=1200	50
50			50
50	㉗ 5Ø20/20 (A)	L=1200	50
50			50
50	㉘ 5Ø20/20 (A)	L=1200	50
50			50
50	㉙ 5Ø20/20 (A)	L=1200	50
50			50
50	㉚ 5Ø20/20 (A)	L=1200	50
50			50
50	㉛ 5Ø20/20 (A)	L=1200	50
50			50
50	㉜ 5Ø20/20 (A)	L=1200	50
50			50
50	㉝ 5Ø20/20 (A)	L=1200	50
50			50
50	㉞ 5Ø20/20 (A)	L=1200	50
50			50
50	㉟ 5Ø20/20 (A)	L=1200	50
50			50
50	㊱ 5Ø20/20 (A)	L=1200	50
50			50
50	㊲ 5Ø20/20 (A)	L=1200	50
50			50
50	㊳ 5Ø20/20 (A)	L=1200	50
50			50
50	㊴ 5Ø20/20 (A)	L=1200	50
50			50
50	㊵ 5Ø20/20 (A)	L=1200	50
50			50
50	㊶ 5Ø20/20 (A)	L=1200	50
50			50
50	㊷ 5Ø20/20 (A)	L=1200	50
50			50
50	㊸ 5Ø20/20 (A)	L=1200	50
50			50
50	㊹ 5Ø20/20 (A)	L=1200	50
50			50
50	㊺ 5Ø20/20 (A)	L=1200	50
50			50
50	㊻ 5Ø20/20 (A)	L=1200	50
50			50
50	㊼ 5Ø20/20 (A)	L=1200	50
50			50
50	㊽ 5Ø20/20 (A)	L=1200	50
50			50
50	㊾ 5Ø20/20 (A)	L=1200	50
50			50
50	㊿ 5Ø20/20 (A)	L=1200	50
50			50

880	⑤ 7Ø18/20 (U)	L=780	50
50			50
50	⑥ 7Ø18/20 (A)		50
50			50
50	⑦ 8Ø18/40 (U)	L=330	50
50			50
50	⑧ 15Ø20/20 (A)	L=330	50
50			50
50	⑨ 15Ø20/20 (A)	L=400	50
50			50
50	⑩ 15Ø20/20 (A)	L=400	50
50			50
50	⑪ 8Ø20/40 (U)	L=300	50
50			50
50	⑫ 12Ø20/20 (A)	L=400	50
50			50
50	⑬ 15Ø20/20 (A)	L=400	50
50			50
50	⑭ 8Ø20/40 (U)	L=300	50
50			50
50	⑮ 8Ø20/40 (U)	L=300	50
50			50
50	⑯ 5Ø20/20 (U)	L=1200	50
50			50
50	⑰ 5Ø20/20 (A)	L=1200	50
50			50
50	⑱ 5Ø20/20 (A)	L=1200	50
50			50
50	⑲ 5Ø20/20 (A)	L=1200	50
50			50
50	⑳ 5Ø20/20 (A)	L=1200	50
50			50
50	㉑ 5Ø20/20 (A)	L=1200	50
50			50
50	㉒ 5Ø20/20 (A)	L=1200	50
50			50
50	㉓ 5Ø20/20 (A)	L=1200	50
50			50
50	㉔ 5Ø20/20 (A)	L=1200	50
50			50
50	㉕ 5Ø20/20 (A)	L=1200	50
50			50
50	㉖ 5Ø20/20 (A)	L=1200	50
50			50
50	㉗ 5Ø20/20 (A)	L=1200	50
50			50
50	㉘ 5Ø20/20 (A)	L=1200	50
50			50
50	㉙ 5Ø20/20 (A)	L=1200	50
50			50
50	㉚ 5Ø20/20 (A)	L=1200	50
50			50
50	㉛ 5Ø20/20 (A)	L=1200	50
50			50
50	㉜ 5Ø20/20 (A)	L=1200	50
50			50
50	㉝ 5Ø20/20 (A)	L=1200	50
50			50
50	㉞ 5Ø20/20 (A)	L=1200	50
50			50
50	㉟ 5Ø20/20 (A)	L=1200	50
50			50
50	㊱ 5Ø20/20 (A)	L=1200	50
50			50
50	㊲ 5Ø20/20 (A)	L=1200	50
50			50
50	㊳ 5Ø20/20 (A)	L=1200	50
50			50
50	㊴ 5Ø20/20 (A)	L=1200	50
50			50
50	㊵ 5Ø20/20 (A)	L=1200	50
50			50
50	㊶ 5Ø20/20 (A)	L=1200	50
50			50
50	㊷ 5Ø20/20 (A)	L=1200	50
50			50
50	㊸ 5Ø20/20 (A)	L=1200	50
50			50
50	㊹ 5Ø20/20 (A)	L=1200	50
50			50
50	㊺ 5Ø20/20 (A)	L=1200	50
50			50
50	㊻ 5Ø20/20 (A)	L=1200	50
50			50
50	㊼ 5Ø20/20 (A)	L=1200	50
50			50
50	㊽ 5Ø20/20 (A)	L=1200	50
50			50
50	㊾ 5Ø20/20 (A)	L=1200	50
50			50
50	㊿ 5Ø20/20 (A)	L=1200	50
50			50



PAFTA ADI:			
GÜÇLENDİRİLMİŞ BINA			
IP01-IP03 PERDELERİ			
TEMEL DONATI PLANI			
ÖLÇEKLER			
PLAN	1/50		
DETAY	-		
PARAMETRELER			
GÜÇ. EL. BETON SINIFI	BS 20		
GÜÇ. EL. DONATI SINIFI	BÇ III		
ZEMİN EMNİYET GERİLMESİ	12 t/m ²		
ZEMİN YATAK KATSAYISI	1000 v/m ²		
YAPI ÖNEM KATSAYISI	1.0		
ETKİN YER İMRESİ KATS. (A ₀)	0.40		
ZEMİN SINIFI	Z4		

ÖZGEÇMİŞ

Gökhan Özbalaan 1976 yılında Bursa'da doğdu. Orta öğrenimini Bursa Erkek Lisesinde Tamamladı. Aynı yıl Anadolu Üniversitesi Müh-Mim Fak. İnşaat mühendisliği bölümüne başladı. 1997 yılında Osmangazi Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nden birincilikle mezun oldu. Aynı tarihte İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Entitüsü'nde lisansüstü eğitime başladı.

