İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BETONARME BİNALARA UYGULANAN GÜÇLENDİRME YÖNTEMLERİ VE PERDE YÜKSEKLİĞİNİN İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş. Müh. Erkan BEYLİ

Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

Programı : YAPI MÜHENDİSLİĞİ

MAYIS 2002

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BETONARME BİNALARA UYGULANAN GÜÇLENDİRME YÖNTEMLERİ VE PERDE YÜKSEKLİĞİNİN İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
İnş. Müh. Erkan BEYLİ
(501991266)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 13 Mayıs 2002
Tezin Savunulduğu Tarih : 30 Mayıs 2002

Tez Danışmanı : Prof.Dr. Zekai CELEP
Diğer Jüri Üyeleri : Doç.Dr. Necmettin GÜNDÜZ
Prof.Dr. Zekeriya POLAT (Y.T.Ü.)

MAYIS 2002

ÖNSÖZ

Yüksek lisans öğrenim boyunca bana desteğinden dolayı danışmanım Prof. Dr. Zekai CELEP'e şükranlarımı sunarım. Öğrenim ve çalışma hayatım boyunca bana her an destek olan aileme teşekkürü bir borç bilirim.

MAYIS 2002 İnş. Müh. Erkan BEYLİ

İÇİNDEKİLER

	Sayfa no
TABLO LİSTESİ	V
ŞEKİL LİSTESİ	VII
SEMBOL LİSTESİ	VIII
ÖZET	X
SUMMARY	XI
1. GİRİŞ	1
2. MEVCUT BETONARME BİNALARDA DEPREM GÜVENLİĞİNİN İNCELENMESİ	3
2.1 Mevcut durumun tespiti ve değerlendirilmesi	3
2.2 Taşıyıcı sistemin deprem güvenliğinin belirlenmesi	4
3. BETONARME BİNALARDA HASAR BELİRLEME VE HASAR BİÇİMLERİ	6
3.1 Duvar hasarı	6
3.2 Döşeme hasarı	7
3.3 Kiriş hasarı	7
3.4 Kolon hasarı	8
3.5 Kolon-kiriş birleşim bölgesi hasarı	8
3.6 Perde hasarı	9
3.7 Temel hasarı	10
4. BETONARME BİNALARDA GÜÇLENDİRMEDE KULLANILAN MALZEMELER VE GÜÇLENDİRME YÖNTEMLERİ	11
4.1 Onarım ve güçlendirme kullanılan malzemeler	11
4.1.1 Epoksi reçineleri	11
4.1.2 Püskürtme betonu	11
4.1.3 Tamir harçları	12
4.1.4 Çelik lamalar	12
4.1.5 Lifli plastik levhalar	12
4.2 Taşıyıcı sistem elemanların güçlendirilmesi	12
4.2.1 Kolonların güçlendirilmesi	12
4.2.2 Kirişlerin güçlendirilmesi	14
4.2.3 Kiriş-kolon birleşim bölgelerin güçlendirilmesi	15
4.2.4 Döşemelerin güçlendirilmesi	16
4.2.5 Perdelerin güçlendirilmesi	16
4.2.6 Temellerin güçlendirilmesi	17

4.3 Taşıyıcı sistemin yeni elemanlarla güçlendirilmesi 17
4.3.1 Yapıya perde ilave edilmesi 18
4.3.2 Çelik diyagonellerle güçlendirme 19

5. 10 KATLI BETONARME BİNANIN DEPREM GÜVENLİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ VE İLAVE PERDE YÜKSEKLİĞİNİN İNCELENMESİ 20
5.1 Binanın tanıtımı 20
5.2 Bina taşıyıcı sisteminin hesap modeli, yapılan kabuller ve malzeme özellikleri 22
5.3 Binanın 1998 deprem yönetmeliğine göre deprem güvenliğinin incelenmesi 23
5.3.1 Planda ve düşey doğrultuda düzensizlik kontrolleri 25
5.3.2 İkinci mertebe etkileri kontrolü 28
5.3.3 Binanın kolonlarının tahkiki 29
5.3.4 Binada kirişlerin tahkiki 32
5.4 Binanın 1998 deprem yönetmeliğine göre incelenmesiyle elde edilen tespitler ve binanın güçlendirilmesine karar verilmesi 34
5.5 Perdelerin kesilmesi durumunun incelenmesi 35
5.5.1 Taşıyıcı sistemde perde yüksekliğine bağlı değişimler 36
5.5.2 Perde üstünde kalan kolonlarda moment, kesme kuvveti ve normal kuvvet değişimi 40
5.6 Son kata kadar perde ile güçlendirilmiş binanın 1998 deprem yönetmeliğine göre çözümü, kontroller ve betonarme hesaplar 45
5.6.1 Deprem hesabı 45
5.6.2 Düzensizlik ve göreli ötelenme kontrolleri 49
5.6.3 Güçlendirilmiş binada betonarme tahkikler 53
5.6.4 İlave perdelerin betonarme hesabı 57
5.6.5 Perde temeli hesabı 62

6. SONUÇLAR 64

KAYNAKLAR 65

ÖZGEÇMİŞ 66

TABLO LİSTESİ

Sayfa no

Tablo 2.1 Yerinde dökme betonarme binalar için taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R) 5

Tablo 5.1 Mevcut yapı kolon ve kiriş boyutları 22

Tablo 5.2 Bina normal kat ağırlığı 23

Tablo 5.3 Kat ağırlıkları ve x yönü eşdeğer deprem kuvvetleri 24

Tablo 5.4 Kat ağırlıkları ve y yönü eşdeğer deprem kuvvetleri 25

Tablo 5.5 Yükleme kombinasyonları 25

Tablo 5.6 A1 Burulma düzensizliği kontrolü 26

Tablo 5.7 B2 düzensizliği ve göreli kat ötelenmeleri kontrolü 27

Tablo 5.8 İkinci mertebe gösterge değerleri 28

Tablo 5.9 Zemin kat kolonların düşey yüklemeden oluşan normal kuvvet tahkiki 29

Tablo 5.10 Zemin kat kolonlarının maksimum normal kuvvete göre tahkiki 30

Tablo 5.11 Zemin kat kolonlarının x yönü moment kapasiteleri 30

Tablo 5.12 Zemin kat kolonlarının y yönü moment kapasiteleri 31

Tablo 5.13 Zemin kat kolonlarının kesme kuvveti kapasiteleri 32

Tablo 5.14 Kiriş donatıları ve oranları 32

Tablo 5.15 Çözümlere ait dosyalar ve özellikleri 36

Tablo 5.16 Perde taban momentlerinin perde yüksekliğine bağlı değişimi ve bina devrilme momentine oranları 38

Tablo 5.17 Perde taban kesme kuvvetlerinin perde yüksekliğine bağlı değişimi ve bina taban kesme kuvvetine oranları 39

Tablo 5.18 IP 01 Perdesi üzerinde kalan S05 ve S06 kolonların Mx momentlerinin ilave perde yüksekliğine bağlı değişimi 41

Tablo 5.19 IP 01 Perdesi üzerinde kalan S05 ve S06 kolonlarında kesme kuvvetlerin ilave perde yüksekliğine bağlı değişimi 41

Tablo 5.20 IP 01 Perdesi üzerinde kalan S05 ve S06 kolonlarında normal kuvvetlerin ilave perde yüksekliğine bağlı değişimi 42

Tablo 5.21 IP 05 Perdesi üzerinde kalan S13 ve S13S kolonların Mx momentlerinin ilave perde yüksekliğine bağlı değişimi 42
Tablo 5.22 IP 05 Perdesi üzerinde kalan S13 ve S13S kolonlarında kesme kuvvetlerin ilave perde yüksekliğine bağlı değişimi 43
Tablo 5.23 IP05 Perdesi üzerinde kalan S13 ve S13S kolonlarında normal kuvvetlerin ilave perde yüksekliğine bağlı değişimi 43
Tablo 5.24 IP 03 Perdesi üzerinde kalan S09 ve S06 kolonların My momentlerinin ilave perde yüksekliğine bağlı değişimi 44
Tablo 5.25 IP 03 Perdesi üzerinde kalan S09 ve S06 kolonlarında kesme kuvvetlerin ilave perde yüksekliğine bağlı değişimi 44
Tablo 5.26 IP03 Perdesi üzerinde kalan S09 ve S06 kolonlarında normal kuvvetlerin ilave perde yüksekliğine bağlı değişimi 45
Tablo 5.27 Mevcut ve güçlendirilmiş bina normal kat ağırlığı 45
Tablo 5.28 Kat ağırlıkları ve x yönü eşdeğer deprem kuvvetleri (R=4) 46
Tablo 5.29 Kat ağırlıkları ve y yönü eşdeğer deprem kuvvetleri (R=4) 47
Tablo 5.30 Güçlendirilmiş bina α_m değerleri ve taban kesme kuvvetleri(R=4) 47
Tablo 5.31 Kat ağırlıkları ve x yönü eşdeğer deprem kuvvetleri (R=5.85) 48
Tablo 5.32 Kat ağırlıkları ve y yönü eşdeğer deprem kuvvetleri (R=5.85) 49
Tablo 5.33 Güçlendirilmiş bina A1 Burulma düzensizliği kontrolü 50
Tablo 5.34 Göreli kat ötelenmeleri ve B2 düzensizliği kontrolü 51
Tablo 5.35 2. çözüm A1 Burulma düzensizliği kontrolü 52
Tablo 5.36 Son kata kadar mantolanmış perde uç kolonları ve boyutları 53
Tablo 5.37 Güçlendirilmiş binada zemin kat kolonlarının maksimum normal kuvvete göre tahkiki 54
Tablo 5.38 Zemin kat kolonlarının x yönü moment kapasiteleri 54
Tablo 5.39 Zemin kat kolonlarının y yönü moment kapasiteleri 54
Tablo 5.40 Zemin kat kolonlarının kesme kuvveti kapasiteleri 55
Tablo 5.41 Kiriş donatıları ve oranları 55
Tablo 5.42 Perde ve kolon yükleri 62

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa no

Şekil 3.1 Duvar Hasarı 7

Şekil 3.2 Güçlü kolon ve Güçlü kiriş durumunda kiriş-kolon birleşim bölgesi hasarı 9

Şekil 3.3 Kiriş-kolon birleşim bölgesinde çeşitli çatlama ve hasar durumları 9

Şekil 4.1 Kolonda mantolanmış kesit örnekleri 13

Şekil 4.2 Mantolanmış kiriş kesitleri 14

Şekil 4.3 Kiriş-kolon birleşim bölgesinin mantolanması 15

Şekil 4.4 Perde boyutlarının büyütülerek güçlendirilmesi 16

Şekil 4.5 Temel altına inilmeden tekil temelin güçlendirilmesi 17

Şekil 4.6 Çerçeve gözünün perdeye dönüştürülmesi 18

Şekil 5.1 Normal kat kalıp planı 21

Şekil 5.2 Güçlendirilmiş sistem zemin kat tavanı kalıp planı 35

Şekil 5.3 6.Kata kadar perde ilaveli sistemin Sap2000 modeli 37

Şekil 5.4 Periyotların perde yüksekliğine bağlı değişimler 38

Şekil 5.5 x-x doğrultusu için perde taban momentlerinin perde yüksekliğine bağlı değişimi 39

Şekil 5.6 y-y doğrultusu için perde taban momentlerinin perde yüksekliğine bağlı değişimi 40

Şekil 5.7 Temel planı 63

SEMBOL LİSTESİ

$A(T)$: Spektral ivme katsayısı

A_0 : Etkin yer ivmesi katsayısı

Bx,By : Bina plan boyutları

b_w : Betonarme kesit genişliği veya perdenin gövde genişliği

D_i : Eşdeğer deprem yükü yönteminde burulma düzensizliği olan binalar için i'inci katta ± %5 ek dışmerkezliğe uygulanan büyütme katsayısı

E : Deprem kuvveti

E_c : Beton elastisite modülü

E_s : Çelik elastisite modülü

e : Dışmerkezlik

F : Statik eşdeğer toplam yük

Fi : i'inci kata etkiyen tasarım deprem yükü

f_{cd} : Betonun tasarım basınç dayanımı

f_{ctd} : Betonun tasarım çekme dayanımı

f_{yd} : Boyuna donatının tasarım akma dayanımı

f_{yk} : Boyuna donatının karakteristik akma dayanımı

G : Sabit yük

H_{cr} : Kritik perde yüksekliği

H_i : Binanın i'inci katının temel üstünden itibaren ölçülen yüksekliği

H_N : Binanın temel üstünden itibaren ölçülen toplam yüksekliği

H_w : Temel üstünden ölçülen toplam perde yüksekliği

h_i : Binanın i'inci katının kat yüksekliği

I : Bina önem katsayısı

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

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

N_d : Betonarme kesite etkiyen hesap eksenel yükü

N_{lim} : Betonarme kesite etkiyen eksenel yükün limit değeri

$N_{d,x/y}$: x/y yönünde en büyük momente sahip kombinasyonun eksenel yükü

Q : Hareketli yük

R : Taşıyıcı sistem davranış katsayısı

$R_a(T)$: Deprem yükü azaltma katsayısı

$S(T)$: Spektrum katsayısı

T : Bina doğal titreşim periyodu

T_1 : Binanın birinci doğal titreşim periyodu

T_A ,T_B : Spektrum karakteristik periyotları

V : Kesme kuvveti

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

V_r : Betonarme kesit kesme kuvveti dayanımı

V_t : Eşdeğer deprem yükü yönteminde gözönüne alınan deprem doğrultusunda binaya etkiyen toplam eşdeğer deprem yükü (taban kesme kuvveti)

W_t : Binanın toplam ağırlığı

Wi : Binada i'inci katın ağırlığı

ΔF_N : Binanın N'inci katına (tepesine) etkiyen ek eşdeğer deprem yükü

Δ_i : Binanın i'inci katındaki göreli kat ötelemesi

$\Delta_{i,max}$: Binanın i'inci katındaki maksimum göreli kat ötelemesi

$\Delta_{i,ort}$: Binanın i'inci katındaki ortalama göreli kat ötelemesi

δ : Toplam yerdeğiştirme

θ_i : i'inci katta tanımlanan ikinci mertebe gösterge değeri

η_{bi} : i'inci katta tanımlanan Burulma Düzensizliği Katsayısı

ÖZET

Yapılan bu çalışmada ilk olarak onarım ve güçlendirme konusunda genel bilgiler verilmiştir. Daha sonraki bölümlerde taşıyıcı sistemi 1975 deprem yönetmeliğine göre boyutlandırılmış çok katlı betonarme binanın 1998 deprem yönetmeliğine göre deprem güvenliğinin incelenmesi ve perde ilavesi ile güçlendirilmesi yapılmıştır.

Birinci bölümde mevcut yapılardaki eksiklikler açıklanmış, 1975 deprem yönetmeliği ile 1998 deprem yönetmeliğinin arasındaki farklara değinilmiştir.

İkinci bölümde mevcut betonarme binaların onarım ve güçlendirme öncesinde mevcut durumun tespiti için yapılması gereken çalışmalar verilmiştir. Mevcut durumun değerlendirilmesinde deprem kuvvetlerinin ve süneklik koşullarının hesaplara yansıtılmasında taşıyıcı sistem davranış katsayısının seçiminin önemi üzerinde durulmuştur.

Üçüncü bölümde betonarme binalarda depremden dolayı taşıyıcı olmayan ve taşıyıcı olan yapı elemanlarında oluşan çatlak ve hasarlar ile bunların hangi sebeplerden oluştuğu konusunda bilgiler verilmiştir.

Dördüncü bölümde onarım ve güçlendirmede kullanılan malzemeler, uygulama teknik ve yöntemleri ifade edilmiş, binanın mevcut taşıyıcı sistem elemanlarının onarım ve güçlendirilmesi konusundaki yöntemlere değinilmiştir. Ayrıca mevcut yapıya yeni taşıyıcı elemanlar ilave ederek sistemin güçlendirilmesi bahsedilmiştir.

Beşinci bölümde taşıyıcı sistemi 1975 deprem yönetmeliğine göre inşa edilmiş 10 katlı betonarme binanın 1998 deprem yönetmeliğine göre çözümü yapılarak deprem güvenliği incelenmiştir. Deprem yönetmeliğine göre taşıyıcı sistemi yeterli dayanıma sahip olmayan bina, çerçeve boşluklarına betonarme perde ilavesi ile güçlendirme yoluna gidilmiştir. Ayrıca ilave perde yüksekliğine bağlı olarak periyotların, perde üzerinde bulunan kolonların kesit tesirlerinin ve perde tabanında oluşan kuvvetlerin değişimleri gösterilmiştir.

SUMMARY

APPLICATION OF STRENGTHENING METHODS TO CONCRETE BUILDINGS AND STUDY OF THE HEIGHT OF SHEAR WALLS

The purpose of this study, firstly general information on repair and strengthening is presented. In the later stage, a multi-storey building projected in accordance with aseismic code of 1975, 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, deficiency of existing structures have been expressed. The basic differences between asseismic code of 1975 and asseismic code of 1998 have been mentioned.

In the second part, repairing and strengthening on existing structures have been presented. Behavior factor of structural system (R) on the evaluation of existing structure has been stressed.

In the third part, cracks and crushes arising in bearing and non bearing structural elements after earthquake and on that by what causes those emerged.

In the forth part, the material used in repair and strengthening, application tecnics and methods are explained. Technics and methods for the repair and strengthening of existing structural elements. In additional strenghthening of the system by adding new bearing elements to the present structure is discussed.

In the fifth part, a ten storey built by aseismic code of 1975 has been anlyzed regarding its safety by the terms of aseismic code of 1998. The building to be realized as weak according to the code, has been strengthening with additional shear wall. Therefore, variotion 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 an the shear wall has been presented.

1. GİRİŞ

Yapı sistemlerinin hatalı ve eksik projelendirmesi, tasarımda kullanılan yönetmeliklerin değişmesi, yapım sırasında yapılan hatalar, yapının kullanım amacının değişmesi, zamanla meydana gelen kuvvetli depremler sonucunda oluşan hasarlar nedeniyle yeterli güvenliğe sahip olmayan yapının onarım ve güçlendirme gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

Deprem kuvveti sonucunda yapının göçmeden, ufak hasarlarla atlatabilmeleri için yalnızca yeterli mukavemete değil, aynı zamanda uygun düzeyde rijitlik ve süneklik özelliklerine sahip olması gerekmektedir.

Yeni yapılacak binalarda, onarılacak veya güçlendirilecek binaların hesabında uyulması gereken teknik koşullar 1998 yılında Bayındırlık ve İskan Bakanlığı'nca hazırlanan "Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik" tarafından kapsanmaktadır. Yürürlüğe giren bu yönetmelik 1975 deprem yönetmeliğine göre daha yapıcı şartlar getirmiştir.

Binaya etkiyen deprem enerjisini önemli bölümünün taşıyıcı sistemin sünek davranışı ile tüketilmesi için, taşıyıcı sistem elemanların sünek tasarım ilkelerine uyması gerekmektedir.

Hesaplar kullanılacak deprem yükleri eski yönetmeliğe göre önemli derecede arttırılmıştır. Bu artışa asıl etki eden taşıyıcı sistem davranış katsayısı R'dir. Taşıyıcı sistem tiplerine göre taşıcı sistem davranış katsayısı farklılık gösterir.

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.

Deprem bölgesinde incelenen bir çok binada, binaların yatay deprem etkilerine karşı yetersiz olduğu görülmüştür. Bilindiği gibi perdeler, rijitlikleri nedeni ile yatay

etkilerin önemli bir kısmını karşıladıkları gibi, çerçeve taşıyıcı sistemin yatay yer değiştirmelerini sınırlayarak deprem etkisinde taşıyıcı olan ve olmayan elemanlarda hasarın sınırlı kalmasını sağlarlar.

Mevcut binaların davranışlarının iyileştirilmesi ve güçlendirilmesinde değişik yöntemler kullanılmaktadır. Betonarme binaların güçlendirilmesinde mevcut sisteme perde ilave edilmesi veya çerçeve gözlerinin betonarme malzeme ile doldurularak perde teşkil edilmesi tercih edilen yöntemlerdendir. Güçlendirmenin sağlıklı olması için mevcut ve ilave elemanların birlikte çalışmasının sağlanması gerekmektedir.

2. MEVCUT BETONARME BİNALARDA DEPREM GÜVENLİĞİNİN İNCELENMESİ

Mevcut yapıların depreme karşı güvenliği yönetmeliklerin değişmesi, yeni yönetmeliklere göre belirlenen şartlara uyup uymadığı, meydana gelen depremler sonucu yapıdaki hasarlar, inşaasındaki kusurlar ve kullanım amacının değişmesi yapının güvenliğinin incelenmesinin ana sebepleridir.

2.1 MEVCUT DURUMUN TESPİTİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ

Mevcut bir binanın deprem güvenliğinin incelenmesi, onarım ve güçlendirme öncesinde yapının karakteristiklerinin belirlenmesi, mevcut durumun tespiti ve değerlendirilmesi için yapıya ait belgeler temin edilerek mevcut binanın ön incelemesi yapılmalıdır.
Bu ön inceleme için toplanması gereken başlıca belgeler;

a) Binaya ait statik-betonarme hesaplar ve ilgili çizimler, mimari projeler ile tesisat projeleri. 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 kabuller, uygulanan hesap yöntemi hakkında bilgi sahibi olunabilecektir.

b) İnşaat bölgesine ait geoteknik raporlar.

c) Tasarımda esas alınan standart ve yönetmelikler.

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

e) Yapım sırasında gerçekleştirilen malzeme deneylerine ait raporlar.

Tamamlanan belgelerden sonra yapının mevcut mimari planıyla bunun yerinde uygunluğu kontrol edilerek mevcut yapıdaki farklılıkların tespit edilmelidir. Binanın statik ve betonarme hesapları ve ilgili planları ile bunun yerinde uygunluğu kontrol edilmeli mevcut yapıdaki farklı durumlar belirtilmelidir [5].

Taşıyıcı sistem üzerinde bina ile komşu yapılar arasındaki olası etkileşim, yapım

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

Binanın inşaası sırasında veya kullanım süresi içerisinde deprem etkisiyle oluşan yapısal veya yapısal olmayan elemanlardaki hasarlar, yapı elemanlarının aşırı şekil değiştirmeleri, korozyon ve çevre şartlarından kaynaklanan hasarlar, taşıyıcı sistem elemanlarında ve birleşim bölgelerindeki imalat hataları tespit edilmeli.
Yapıda beton kalitesinin belirlenmesi için karot numuneleri alınarak yada tahribatsız olan çekiç deneyi veya ultrases yöntemleri kullanılabilir. Bu yöntemlerle elde edilecek sonuçlar ortalama bir değer verdiğinden hesaplarda kullanılacak beton malzeme katsayısı, $\gamma mc = 1.5$ 'den daha küçük seçilmesi uygun olabilir.

Taşıyıcı sistem elemanlarının donatı miktar ve düzeninin, mevcut donatı detay planları ile ne oranda uyum sağladığının belirlenmesi için taşıyıcı elemanlar üzerinde inceleme yapılmalıdır. Seçilen bazı kolonlarda paspayı kaldırılarak boyuna donatı ve enine donatı miktarı ve düzeni tespit edilmelidir. Ayrıca kullanılacak manyetik alet ile donatının belirlenmesi işlemi yapılabilir. Donatılarda korozyon hasarı nedeniyle çap küçülmesi varsa belirlenmeli ve yapılacak hesaplarda dikkate alınmalıdır.

2.2 TAŞIYICI SİSTEMİN DEPREM GÜVENLİĞİNİN BELİRLENMESİ

1975 deprem yönetmeliğine göre projelendirilmiş mevcut binaların 1998 deprem yönetmeliği koşulları esas alınarak deprem güvenliğinin incelenmesinde binaya etkitilecek deprem kuvvetlerinin ve süneklik koşullarının hesaplara yansıtılmasında taşıyıcı sistem davranış katsayısının seçimi önemli yer tutar.

Yapının kullanma süresinde meydana gelebilecek deprem etkisini elastik davranış ile karşılaması yerine elastik deprem yükünü R_a deprem yükü azaltama katsayısı ile azaltılarak etki ettirilmesi taşıyıcı sistemde gevrek güç tükenmesini önlenmesi ve deprem enerjisinin sünek davranış ile tüketilmesini sağlamaktadır. Deprem yükü azaltma katsayısı taşıyıcı sistemin özelliğine bağlıdır. Hiperstatiklik derecesi yüksek

sistemlerde deprem yükü azaltma katsayısı daha büyüktür. Benzer şekilde kesit sünekliğinin yüksek olması da sistemin daha küçük elastik deprem yükleri ile tasarımına olanak sağlar.

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 sistemler şeklinde ikiye ayrılmaktadır.

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 taşıdığı binalar ...	4	7

Tablo 2.1 Yerinde dökme betonarme binalar için taşıyıcı sistem davranış katsayısı, (R)

Yönetmelikte taşıyıcı sistem sünekliği betonarme sistemler için etriye sıklaştırması, beton kalitesi, donatı düzeni ve kapasite tasarımı ile sağlanmaktadır. Mevcut binaların değerlendirilmesinde bu hususdaki 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 göz önüne alınabilir [1].

Mevcut binanın taşıyıcı sisteminin Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmeliği (1998) ve TS500 (2000)' ün öngördüğü yatay etkiler G+Q+E, 0.9G+E, deprem yüklemeleri ile 1.4G+1.6Q yükleri altında çözümlenerek taşıyıcı sistem kesit ve donatılarının yeterliliği kontrol edilir.

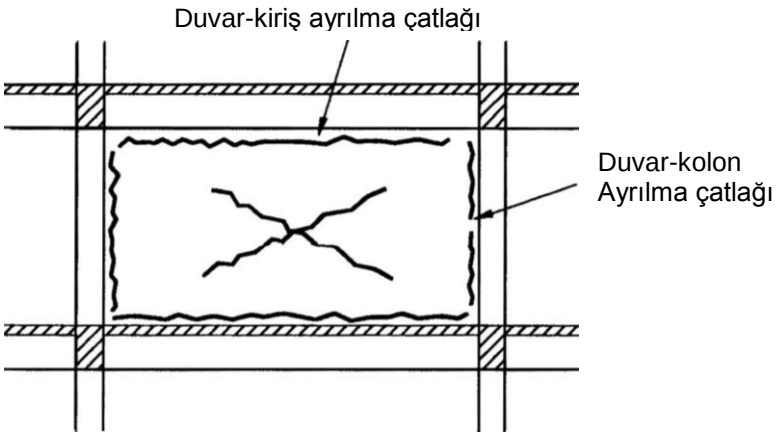
3. BETONARME BİNALARDA HASAR BELİRLEME VE HASAR BİÇİMLERİ

Betonarme taşıyıcı sistemlerde, proje ve yapım kusurları nedeni ile olabildiği gibi, temel oturmaları nedeni ile de, aşırı yüklemeler sonucu çatlaklar oluşabilir. Bu çatlakların belli bir büyüklüğe ulaşmasıyla, yapının güvenliği tehlikeye girebilir. Hasarlı yapılarda deprem sonrasında güvenlik tedbirleri alındıktan sonra, hızlı ve dikkatli bir şekilde yapıdaki hasarlar belirlenmelidir. Çünkü yapı için onarım, güçlendirme veya yıkım kararlarının verilmesini yapıda meydana gelen hasarın büyüklüğü belirler. Hasar tespiti sonucunda yıkılma tehlikesi bulunan yapılar, boşaltılarak askıya alınmalıdır. Taşıyıcı veya taşıyıcı olmayan elemanların üzerindeki her türlü hasar tespit edilmeli. Gerektiğinde donatıların üzerindeki beton kaldırılarak donatının yeri, çapı ve miktarı belirlenir. Yapı elemanlarının boyutlarının projede öngörülen boyutlara uygun olup olmadığı araştırılmalıdır. Yönetmeliklere uygun olarak yapılmış yapılarda oluşan hasarlar mevcut inşaat yönetmeliklerinin gelişmesine yardımcı olurlar. Yeni yapılacak yapıların plan ve projelendirilmesinde bu bilgilerin kullanılmasıyla deprem tehlikesinin azaltılması sağlanabilir.

3.1 DUVAR HASARI

Bölme duvarları taşıyıcı sistemin rijitliğine arttırıcı bir etkisi bulunmaktadır. Bazı katlarda bölme duvarların kaldırılması katın rijitiliğini azaltıcı etkisinden dolayı yumuşak katın oluşmasına sebep olur. Taşıyıcı sistemin deprem esnasında yaptığı yerel ötelenmeden dolayı, duvarlara kayda değer büyüklüklerde kesme kuvvetleri tesir eder. Bu kesme kuvvetlerine bağlı olarak duvarlarda çekme gerilmeleri oluşur. Duvar malzemesinin çekme gerilmelerine zayıflığından dolayı, duvarlarda köşegen çatlaklar ve bazen tamamen dağılmalar olabilir. (Şekil 3.1)

Betonarme yapılarda temellerdeki aşırı oturmalar, bölme duvarları üzerindeki çerçevelerin (kapı, pencere v.b.) köşelerinde eğik çatlaklar oluşturur. Bu çatlaklar üst katlara doğru giderek azalır [6].



Şekil 3.1 Duvar Hasarı

3.2 DÖŞEME HASARI

Döşemeler yapılardaki alanları kapatarak, etkiyen düşey yükleri kenardaki perde, kiriş veya kolonlara aktaran düzlemsel elemanlar olup, deprem etkisi gibi yatay yükleri de bir düşey elemana aktarma görevini üstlenirler. Döşemeler deprem yüklerine karşı yüksek rijitlikleri nedeniyle deformasyon yapmazlar ve yatay yükleri kolon ve perdelere rijitlikleri oranında aktardıkları kabul edilir.

Döşemelerde, hareketli yüklerden dolayı titreşimler, düşey yüklerden dolayı döşeme ortasında aşırı sehimler ve çatlaklar oluşabilir. Genelde döşemede oluşan hasarlar sistemin güvenliğini büyük ölçüde etkilemez. Kirişli döşemelerde hasarlar genelde, döşemenin kirişle birleştiği bölgede üst kısımda oluşur oluşan çatlaklar kiriş eksenine paralel olur. Kirişsiz döşemelerde döşemenin kolona ve perdeye birleştiği kesitler, hem düşey hem de deprem yüklerinde önemli derecede zorlanır ve bu bölgelerde çatlaklar oluşabilir [6].

3.3 KİRİŞ HASARI

Düşey yüklerden dolayı eğilme kırılması betonarme kirişlerde en çok rastlanan hasar biçimidir kirişteki boyuna donatının eksikliğinden kaynaklanır. Sünek olmayan kayma çatlaklarıda etriye eksikliğinden kaynaklanır bundan dolayı kayma çatlakları daha büyük önem arzeder [7]. Deprem etkisi tersinir olduğundan dolayı, deprem sırasında kirişin aynı ucunda hem pozitif hem de negatif momentler meydana gelebilir. Bu olay pozitif momentler iyi dikkate alınmadan projelendirilmiş kiriş mesnet bölgelerinde eğilme çatlaklarına ve ağır hasalı mafsal oluşumlarına sebebiyet

verebilir. Bundan dolayı Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkındaki Yönetmelikte, kiriş mesnetlerindeki negatif moment kapasitesinin *%50'* si kadar pozitif moment kapasitesi oluşturacak şekilde donatı konulması zorunluluğu getirilmiştir [1].

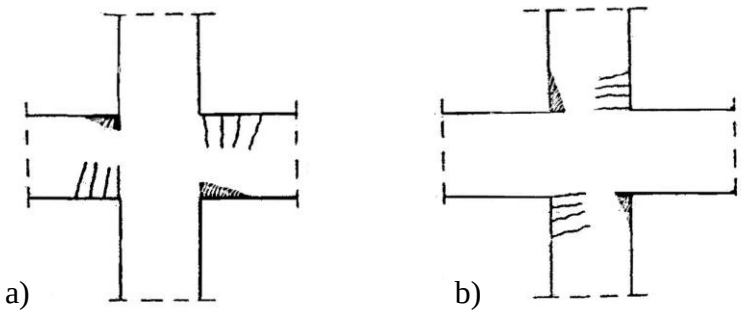
3.4 KOLON HASARI

Yapıda düşey yüklere karşı ana taşıyıcının kolonların olduğu düşünülürse, yapı güvenliği açısından yeni deprem yönetmeliğinde uygulanması gereken güçlü kolon zayıf kiriş ilkesini şart koşmuştur. Bu kritere göre bir düğüm noktasında birleşen kolonların taşıma gücü momentlerinin toplamı, aynı düğüm noktasında birleşen kirişlerin taşıma gücü momentleri toplamından en az %20 daha büyük olması gerekir. Genelde kolonlarda mafsallaşma hasarı ile kesme kuvvetinin oluşturduğu kesme hasarına rastlanır [1].

Narinliğin büyük olduğu kolonlarda normal kuvvetle beraber büyük eğilme momentleri beton basınç bölgesinde ezilme ve parçalanmalara sebep olur. Depremin tersinir etkisinden dolayı, kolonun ucunda aynı bölgede hem basınçdan dolayı ezilme, hem de çekme kuvvetlerinden dolayı çatlaklar oluşmaktadır. Kolon uç bölgelerinde etriyenin seyrek olması hasarın artmasına ve boyuna donatının burkulmasına sebep olur. Etriyenin kopması ve boyuna donatının burkulması, kolon başının dağılmasına ve eksenel yük altındaki kolonda bir kısalmaya sebep olur. Bunun sonucu olarak komşu taşıyıcı elemanlarda yeni bir kuvvet dağılımı ortaya çıkar. Kolona birleşen kirişlerin kapasitelerinin büyük olması bu olayın daha belirgin oluşmasına sebep olur [6].

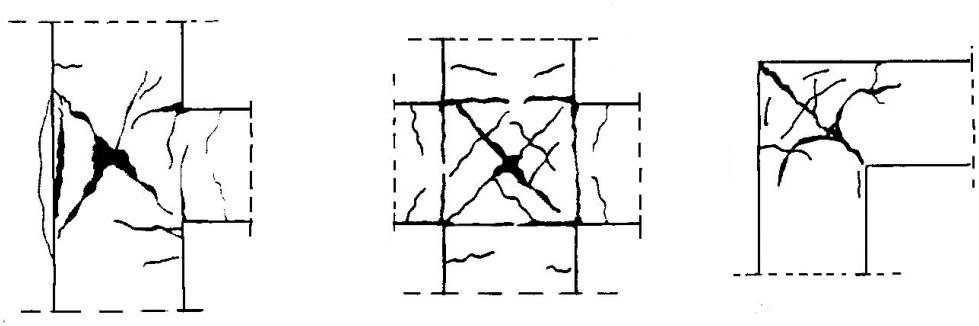
3.5 KOLON-KİRİŞ BİRLEŞİM BÖLGESİ HASARI

Kolon kiriş bileşim bölgeleri, sistemin rijitliği ve deprem yükleri açısından yapı için çok hayati önem arz eder. Yönetmeliklere uygun yapılmış yapılarda güçlü kolon zayıf kiriş ilkesine göre kiriş uçlarında mafsallaşma oluşması beklenir. (Şekil 3.2a) Genelde hasar görmüş yapılarda dikkat çeken husus kirişlerin kolonlara göre daha rijit ve güçlü yapılmasından dolayı ilk olarak kolonlarda çekme veya basınç hasarının meydana gelmesidir ki, bu çok tehlikeli olup yapının mekanizma durumuna geçip yıkılmasına sebebiyet verebilir. (Şekil 3.2b)



Şekil 3.2 Güçlü kolon ve Güçlü kiriş durumunda kiriş-kolon birleşim bölgesi hasarı

Kolon kiriş birleşim yerlerinde kiriş genişliğince yeterince etriye yerleştirilmez ise, düşey yük etkisiyle kolon boyuna donatısı dışarı doğru burkulur ve üzerindeki kabuk betonun kopmasına neden olur, ayrıca kirişteki boyuna donatıların kolon kiriş birleşim yerinde yeterli olarak ankre edilmemesinden dolayı deprem anında boyuna donatılar birleşim yerinden kolayca sıyrılabilir. Bu durumda kiriş kesiti moment kapasitesine tam olarak ulaşamaz ve kiriş ucu mafsallaşır. Birleşim bölgelerinde oluşan çekme gerilmesi alanı sonucu oluşabilecek çatlak durumları (Şekil 3.3)' de gösterilmiştir.



Şekil 3.3 Kiriş-kolon birleşim bölgesinde çeşitli çatlama ve hasar durumları

3.6 PERDE HASARI

Perdeli çerçeveli yapılarda perdeler yapının elastik enerji tüketme gücünü sağlarken, çerçeveler de kalıcı deformasyonla plastik enerji tüketme gücünü sağlar. Şiddetli bir depremde ilk önce perde duvarında hasar belirlenir. Perde duvarının hasarından sonra yaptığı ötelemeler artacağı için, çerçeve elemanlarında hasar başlar. Eğer perdenin yaptığı bu ötelemeyi kolon uç bölgelerinde karşılayabilecek güç yoksa kolon uçlarında mafsallaşma olabilir.

Perde inşaası sırasında perde betonunun kademeli dökülmesinden dolayı sonradan soğuk derzler meydana gelebilir. Bu olay iki perde kesiti arasında yeterli sürtünme

kuvvetinin oluşmamasından dolayı meydana gelir. Çatlağın tamamen yatay olması düşey yüklerin taşıyıcılığı açısından herhangi bir tehlike getirmeyebilir. Perdelerde en çok rastlanan çatlak ve hasar türü köşegen şeklinde oluşan çatlaklardır. Bu çatlaklar sünek olmayan ve çekme gerilmelerin oluşturduğu güç tükenmesine yol açmasından dolayı dikkat edilmesi gereken bir durumdur.

3.7 TEMEL HASARI

Temeller üst yapıyı taşımalarından dolayı temelde oluşabilecek herhangi bir hasar üst yapıya direkt etkileyebilecektir. Deprem sırasında en çok rastlanan olaylardan bir tanesi, temelde hasara neden olan zemin sıvılaşmasıdır. Sıvılaşan zemin taşıma kapasitesinin büyük bir kısmını kaybeder. Sonuç olarak yapıda büyük yer değiştirmelere neden olan bu olay temelde göçmelere ve büyük çatlaklara neden olabilir.

Bazı durumlarda zeminin aynı bölgede çok çeşitlilik göstermesinden dolayı, temelin bir kısmı sert yerel zemine, diğer kısımları ise dolgu zemine oturabilir. Bu etki, deprem sırasında binanın dönmesine sebep olabilir.

Sonuç olarak temel hasarı için yapılacak herhangibir iyileştirme büyük masraflara hatta bazı durumlarda imkansızdır. Bu yüzden temel yapılırken çevrenin geoteknik olarak incelenmesi gerekir.

4. BETONARME BİNALARDA GÜÇLENDİRMEDE KULLANILAN MALZEMELER VE GÜÇLENDİRME YÖNTEMLERİ

Hasarlı yapıda yapılacak onarım ve güçlendirme ile yapının veya hasarlı yapı elemanın dayanımını ya hasardan önceki dayanım düzeyine, ya da hasardan önceki dayanımdan daha yüksek bir düzeye getirmeye çalışılır. Güçlendirme ve onarım işlemlerinde, bu işlemlerin maliyetlerinin yapı ömrüyle karşılaştırılarak çok iyi analiz edilmesi gerekir. Aksi taktirde yapılan işlemler ekonomik olmaktan çıkabilir.

4.1 ONARIM VE GÜÇLENDİRMEDE KULLANILAN MALZEMELER

4.1.1 Epoksi reçineleri

Epoksi reçineleri çok iyi yapıştırma özelliğine sahip olmalarından dolayı çelik elemanları betona ankre etmede ve betonarme perdeler, kolonlar, döşemeler ve kirişlerdeki çatlakların onarımında yaygın olarak kullanılan sentetik reçinelerdir. Yerel olan bu uygulama taşıyıcı sistemde rijitlik dağılımını etkilemediği için, iç kuvvet dağılımını değiştirmez. Reçinelerin yapışma özelliği çok iyi olmasına karşın yüksek ısıda dayanımlarını kaybederler. Kopma birim uzamaları %20 ile %50 arasında değişmektedir [8].

Epoksi reçineleri, çatlamış bir yapı elemanını tekrar sürekli duruma getirerek elemandaki gerilme birimlerini önler. Epoksi tek başına bir yapı elemanını güçlendirmek için yeterli değildir. Kolon, perde gibi taşıyıcı elemanları ek kesitlerle güçlendirme işlemlerinde mevcut betonla ek kesit arasındaki tutuculuğu artırmak için kullanılır.

4.1.2 Püskürtme betonu

Püskürtme betonu, kalıp yapmanın zor olduğu veya ekonomik olmadığı yerlerde, betonun yerleştirilmesi ve sıkıştırılmasının güç olduğu veya betonun ince tabaka olarak uygulanması gereken yerlerde tercih edilir. Püskürtme betonu ıslak ve kuru karışım olmak üzere iki türlü uygulama alanı bulunur. Başarılı bir püskürtme betonun elde edilmesi, donatının uygun seçilmesi ve yerleştirilmesine bağlıdır.

4.1.3 Tamir harçları

Tamir harçları ortaya çıkan bölgesel beton kayıplarını gidermek ve oluşan boşlukları doldurmak amacıyla kullanılır. Birleşim bölgesinde ek gerilmeleri önlemek için kullanılacak harçla eski beton aynı elastisite modülü ve ısı genleşme katsayısına sahip olmalıdır. Tamir harcı yüzeye uygulanmadan önce, mutlaka eski yüzeyde bulunan harç ve gevşek beton parçacıkları temizlenmeli ve yüzey aderansını artırmak amacıyla pürüzlendirilmelidir. Tamir harçlarında rötreden dolayı meydana gelebilecek çatlakları önlemek amacıyla, dökümden önce kalıp ve eski beton yüzeyi ıslatılarak suya doygun hale getirilmelidir [8].

4.1.4 Çelik lamalar

Kiriş ve kolonlarda ve bunların birleşim bölgelerinde hasardan sonra çatlak genişliğinde bir artış gözleniyorsa, çelik lamalarla sarılarak onarılıp güçlendirilebilir, uygulanan elemanlarda rijitilik artışına sebep olmaz. Elemanların kesitlerin eğilme momenti ve kesme kuvveti kapasiteleri arttırılırken; sarılan lamalar bu bölgede enine basınç oluşturarak, deprem etkisi durumunda beton elemanın sünekliğini arttırır. Lamalar beton yüzeyine yapıştırılırken, bunlar basınç ve çekme kuvvetini alacak şekilde düzenlenmelidir. Basınç kuvveti durumunda lamanın burkulmaması ve çekme kuvveti durumunda da lamaların betondan ayrılmaması gerekir.

4.1.5 Lifli plastik levhalar

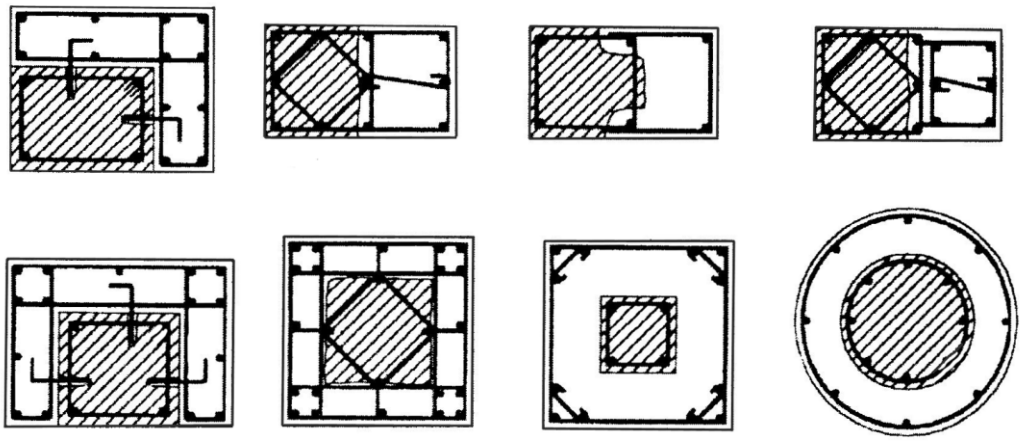
Plastik levhalar elastisite modülleri çok küçük olan ve güç tükenmesi durumuna kadar elastik davranış gösteren malzemelerdir. Bundan dolayı malzemenin sünekliliği düşüktür. Sadece çekmeye çalışırlar, basınca karşı herhangi bir dirençleri yoktur. İnce ve hafif olduklarından dolayı elemanın rijitliğinde ve taşıyıcı sistem içindeki kuvvet dağılımında herhangi bir değişikliğe neden olmazlar. Yapı elemanlarının eğilme ve kayma dayanımını önemli derecede artırırlar [6].

4.2 TAŞIYICI SİSTEM ELEMANLARIN GÜÇLENDİRİLMESİ

4.2.1 Kolonların güçlendirilmesi

Kolonların güçlendirilmesindeki temel amaç, kolonun normal kuvvet, kesme kuvveti ve eğilme momenti taşıma kapasitelerinin ihtiyaçları oranında artırılmasıdır. Uygulamada en çok tercih edilen güçlendirme yöntemi betonarme mantolamadır.

Betonarme mantolama kolona ek beton kesiti ve donatı ilavesi ile sağlanır. Kolonun eğilme mukavemeti, beton kesit alanı büyütülerek ve yeni boyuna donatılar ilave edilerek arttırılabilir. Kesme mukavemeti ve sünekliğin iyileştirilmesi ise enine donatıyı sıklaştırma, kolonu çelik kuşak veya şeritlerle sarma gibi uygulamalarla mümkün olur. Kesit uygulamadaki durumuna göre bir, iki, üç ve dört taraftan mantolanabilir (Şekil 4.1). Ancak mevcut kesitle ek kesit arasındaki en iyi kuvvet aktarımı ve aderans, dört tarafından mantolanan kesitlerde sağlanır [8].



Şekil 4.1 Kolonda mantolanmış kesit örnekleri

Ek kesitle mevcut kesitin aderansı, kesitin ilerideki bir depremde monolitik çalışması açısından son derece önemlidir. Bundan dolayı mantolama öncesi, mevcut beton yüzeyi azami ölçüde pürüzlendirilerek, sürtünme yüzeyi artırılmış olur. Beton dökümü sırasında boşluk kalmaması için, manto kalınlığının en az 10 cm olması, donatı yüzdesinin sünekliği sağlaması için %1 mertebesinde olması istenir [7].

Mantolama durumunda boyuna donatıların basınç ve çekme kuvveti alınabileceği düşünülerek, döşeme ve kirişte açılan deliklerden geçirilerek birbirine bağlanılması suretiyle süreklilikleri sağlanmış olunur. Ayrıca boyuna donatılarının temel pabucunda açılacak deliklere ankre edilmesi sağlanmalıdır. Bu durum yüklerin aktarımı ve sürekliliğin sağlanması bakımından gereklidir.

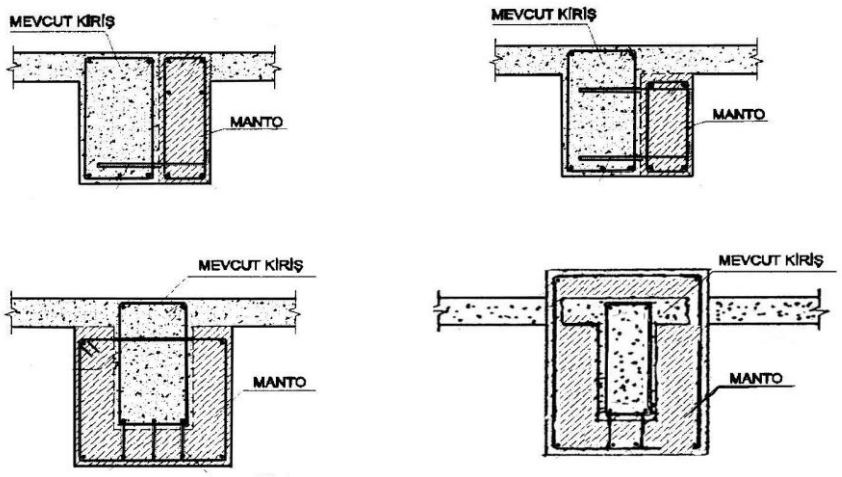
Diğer bir kolon güçlendirme yöntemi de çelik kafes içine alarak güçlendirmedir. Bu yöntemde kolonların dört tarafına köşebent profiller yerleştirilir, bu köşebent profiller birbirlerine enine kuşaklarla bağlanır. Bu yöntemle yük taşıma kapasitesinin artışı yanında, kolonun sünek davranışında da bir iyileşme elde edilir. Ancak rijitilik yönünden bir değişme olmamaktadır.

Çelik levha ile kılıf geçirmede diğer tercih edilen yöntemlerdendir. Bu yöntemde kolonun tamamı çelik levha ile çevrilip örtülür böylece betonarme kolonların süneklik ve eksenel yük taşıma kapasitelerinde bir artış olmaktadır. Çelik kılıflar döşeme içinden geçirilemediğinden, eğilme momenti yönünden bir artış sağlanamamaktadır [6].

4.2.2 Kirişlerin güçlendirilmesi

Kirişleri güçlendirmede amaç eğilme momenti ve kesme kuvveti dayanımını arttırmak, sünekliği iyileştirmektir. Uygulamada en çok tercih edilen güçlendirme yöntemi betonarme mantolamadır. Moment kapasitesinin arttırılması beton en kesit alanının yeni eklenecek beton alanı ile derinleştirilmesi ve bu eklenen alana yeni çekme donatılarının konulmasıyla mümkündür.

Kirişlerdeki mantolama da kolonda olduğu gibi bir, iki, üç veya dört tarafından yapılabilir (Şekil 4.2). Burada eski ile yeni betonun kaynaştırılması ve yeni konulan çekme donatılarının düğüm noktalarında ankrajı önemlidir. Bunun için yeterli aderans boyu bırakılmalıdır. Kesme kuvveti taşıma gücünün arttırılması için de beton alanının ve enine, donatının arttırılması gerekir. Böylelikle süneklik de iyileştirilmiş olur [7]. Depremler sırasında kiriş uçlarında oluşan negatif momentlerden dolayı bu uç bölgelerde de güçlendirme gerekebilir. Bu durumda kirişin üst kısmına yeni boyuna donatı ve gene aynı bölgeye en kesiti arttıracak yeni beton konulması gerekmektedir. Mantolamayla kiriş rijitliği artacağından zayıf kolon kuvvetli kiriş davranışı gözönünde tutulmalıdır.



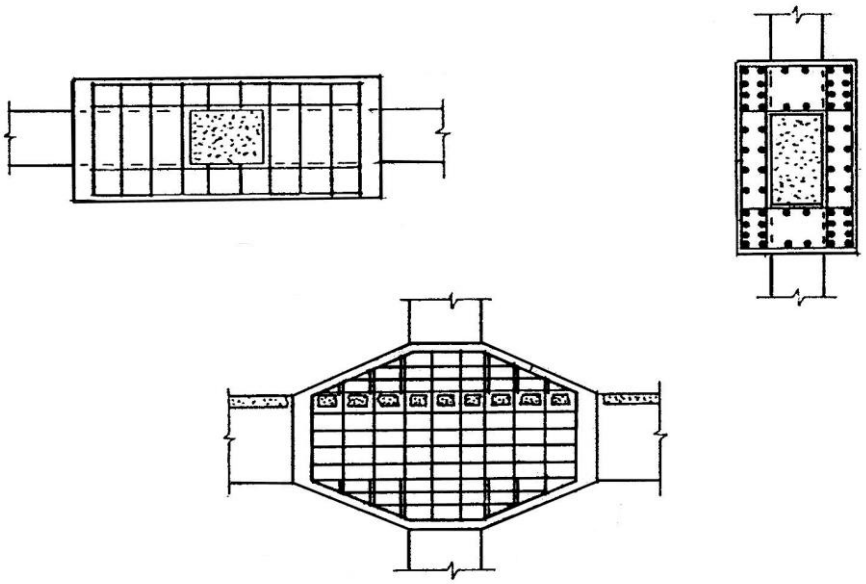
Şekil 4.2. Mantolanmış kiriş kesitleri

Çelik ve lif takviyeli karbon levha ile güçlendirmede amaç kesme ve eğilme mukavemetini arttırmaktır. Yeterli açıklık donatısına sahip olmayan kirişlerde alttan çelik şeritler veya lif takviyeli karbon levha yapıştırılarak kiriş güçlendirilir. Lif takviyeli karbon levha uygulaması yan yüzlere de yapılarak kayma donatısı eksikliği giderilebilir [6].

4.2.3 Kiriş–kolon birleşim bölgelerin güçlendirilmesi

Kolon kiriş birleşim bölgeleri taşıyıcı sistemin rijitiliği ve sünekliği açısından son derece önemlidir. Düğüm bölgelerinde genelde çekme, basınç ve kesme hasarlarının yanında, yetersiz ankraj boyundan meydana gelen hasarlara rastlanır. Bu düğüm noktaları için güçlendirme yöntemlerinden biri betonarme mantolamadır (Şekil 4.3). Betonarme mantolamada düğümde birleşen elemanların birlikte çalışacak şekilde bütünleşmesi hem kolon hem de kirişlerin mantolanması ile sağlanmaktadır. Boyuna donatılar ve etriyeler bir iskelet oluşturacak şekilde birbirlerine bağlanmalı. Kolon ve kirişte düğüme yakın yerlerde ek etriyeler konulması düğüm noktasının ve birleşimin davranışını iyileştirir. Düğüm noktasındaki bu yatay ve düşey etriyeler kesme mukavemetini arttırırlar [8].

Düğüm noktaları yüksek mukavemetli polimer lifler, çelik şeritler veya çelik levhalar ile de güçlendirilebilmektedir. Boyutlarda bir artış getirmeyişi ve uygulamasının daha kolay olması sebebiyle tercih edilmektedir.



Şekil 4.3. Kiriş-kolon birleşim bölgesinin mantolanması

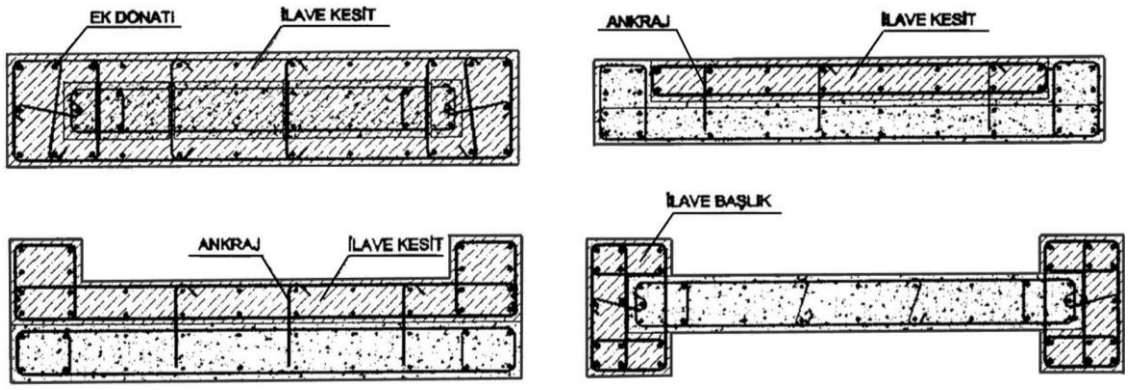
4.2.4 Döşemelerin güçlendirilmesi

Döşemelerde depremden kaynaklanan hasarlar daha çok gerilme yığılmaların bulunduğu, döşemenin büyük boşluk olan kısımlarında, döşemelerin doğrudan perdeye mesnetlendiği kısımlarda ya da kirişsiz döşemeli sistemlerde kolona mesnetlendiği yerlerde meydana gelir. Döşemelerin güçlendirilmesi, döşeme kalınlığının arttırılması işlemi ile yapılır. Döşeme kalınlığının arttırılması rijitliği arttırır ve döşemenin diyafram özelliği de iyileşir. Bu kalınlaştırma, ilave döşemenin mevcut döşeme üstüne veya altına eklenmesi ile olur. Üstüne ekleme durumunda, faydalı yükseklik artar ve mesnetlerde negatif moment donatı ilave etmeyle olur. Kalınlaştırma döşemenin alt kısmında yapıldığında ise, yerleştirilen çekme donatıları, döşemenin eğilme mukavemetini arttırır [8].

4.2.5 Perdelerin güçlendirilmesi

Perdeler, büyük rijitlikleri ve deprem kuvvetlerine karşı yüksek mukavemetlerinden dolayı, önemli yapı elemanlarıdır. Perdeler yapının yanal ötelenmelerini büyük ölçüde kısıtlayarak ikinci mertebe momentlerden dolayı kesitlerin daha çok zorlanmasını önlerler. Binadaki mevcut perdelerin güçlendirilmesine daha çok perde de hasar olması ya da binaya yatay yükleri karşılamak için yeterince yeni perde eklenmemesi durumunda ihtiyaç duyulur.

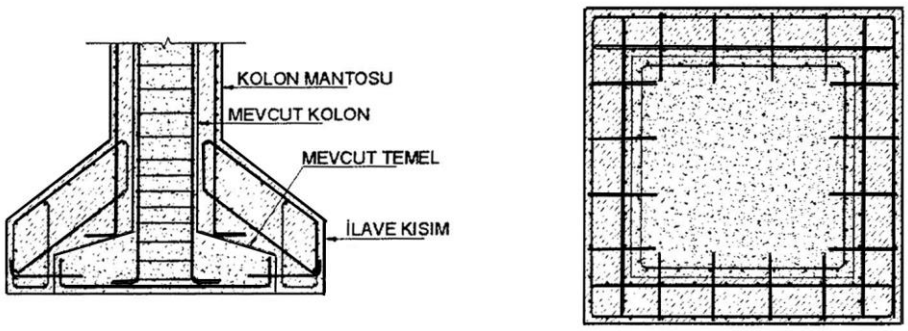
Perdelerde kesme mukavemeti yetersizse perde kalınlığı artırılır, eğilme momenti mukavemeti yetersiz ise perdenin her iki ucuna başlık kısmı yapılır (Şekil 4.4). Her güçlendirme yönteminde olduğu gibi, yeni kısımla mevcut kesitin birlikte çalışması için iki kesit arasında iyi bir aderans temin edilmelidir. Kuvvetleri temele aktarılması için güçlendirilen perdelerin temele bağlantısı sağlanmalıdır [6].



Şekil 4.4. Perde boyutlarının büyütülerek güçlendirilmesi

4.2.6 Temellerin güçlendirilmesi

Güçlendirme nedeniyle yapı yüklerinde meydana gelen artmalar veya deprem yönetmeliğindeki değişikliklerden kaynaklanan yatay yük artışı ile temel yetersiz kalırsa, kötü zemin nedeniyle temelde büyük oturmalar oluşmuşsa, deprem yüklerinden dolayı temelde hasar oluşmuşsa, kat ilavesi nedeniyle temel yetersiz kalırsa temelde güçlendirme gerekir. 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.



Şekil 4.5. Temel altına inilmeden tekil temelin güçlendirilmesi

4.3 TAŞIYICI SİSTEMİN YENİ ELEMANLARLA GÜÇLENDİRİLMESİ

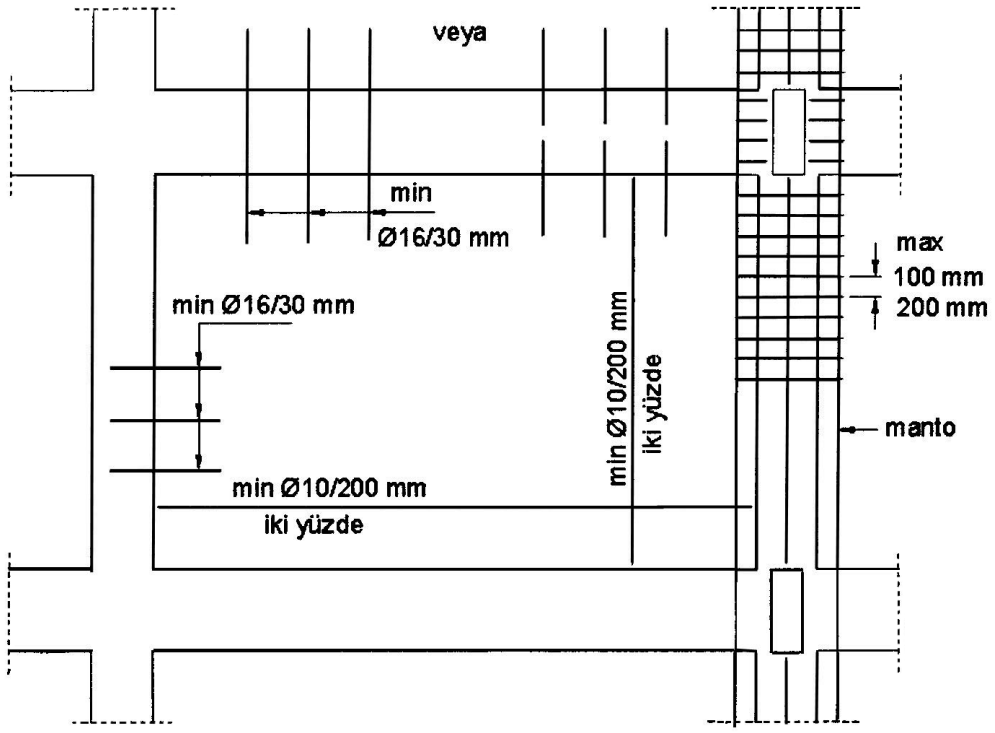
Taşıyıcı sisteme yatay yükten kaynaklanan etkilerin büyük bir bölümünü karşılayacak ve mevcut elemanlar üzerindeki yatay yük etkisini azaltmak yapıya yeni elemanlar eklenmesi ile mümkün olur.

İlave elemanların yerleştirilmesinde yapı mimarisinin ve fonksiyonelliğinin bozulmamasına dikkat edilmelidir. Eğer mümkünse güçlendirme sırasında yapı ağırlığı azaltılarak yapıya gelecek deprem kuvvetinin azaltılması sağlanabilir. Yapıya yeni elemanlar eklenmesiyle, güçlendirilmiş sistemin güç tükenmesi mevcut sistemden farklı hal alacaktır. Taşıyıcı sistemin sünekliğini arttırmak için, yapıya eklenecek elemanlar sünek olarak düzenlenmelidirler. Ek taşıyıcı elemanlar yapının kütle ve rijitlik merkezi arasındaki mesafeyi en aza indirgeyecek şekilde düzenlenmelidir. Böylece yapı düzensizliğinden doğan burulma etkileri minimum düzeye indirgenmiş olur. Elemanlar arasında sürekliliğin sağlanması için, birleşim bölgelerinde yeterli mukavemet sağlanmalıdır [8].

4.3.1 Yapıya perde ilave edilmesi

Betonarme yapıları yatay yüklere karşı güçlendirmek için en etkili yöntem yapıya betonarme deprem perdelerinin ilavesidir. Deprem perdelerinin en önemli özelliği. yüksek rijitliklerinden dolayı yanal ötelenmeleri kısıtlayarak ikinci mertebe etkileri minumum düzeyde tutarlar. 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. Kolonlar arasına yerleştirilen perdeler mevcut sistemle bütünleşmeleri için kolonlar da mantolanmalıdır [8].

İlave perdeler binanın uygun çerçeve gözlerindeki bölme duvarları perdeye dönüştürülerek de yapılabilir (Şekil 4.6). Çerçevelerin deprem sırasında monolotik çalışması için, boşluğu dolduran perde duvarlarla kiriş ve kolonlar birbirlerine donatılarla bağlanmalıdır. Katlar arası ani rijitlik değişimi ve yumuşak kat olayını önlemek için, perdeler en üst kata kadar sürekli olmalıdır.



Şekil 4.6. Çerçeve gözünün perdeye dönüştürülmesi

4.3.1 Çelik diyagonellerle güçlendirme

Betonarme yapılara perde duvar konulması yapının ağırlığını arttırır. Bunun sonucunda yapıya etki eden yatay deprem yükleri de artar. Yapıya gelen deprem yüklerinin etkisini azaltmak, yapı ağırlığını arttırmadan rijitliğini ve sünekliğini arttırmak amacıyla, çerçeve boşlukları arasına çelik çerçeveler veya diyagonel elemanlar yerleştirilir. Çelik kafes sistemde kuvvetlerin kattan kata iletilebilmesi için kolona bitişik düşey çelik elemanların katlar arası sürekliliğinin sağlanması gerekir. Çelik elemanların rijitliklerinin betonarmeye göre düşük olması nedeniyle deprem yüklerinin taşıtılabilmesi için büyük kesitlere ihtiyaç duyulur [6].

5. 10 KATLI BETONARME BİNANIN DEPREM GÜVENLİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ VE İLAVE PERDE YÜKSEKLİĞİNİN İNCELENMESİ

5.1 BİNANIN TANITIMI

1998 deprem yönetmeliğinin getirmiş olduğu birçok yeni koşul, 1975 deprem yönetmeliği esas alınarak yapılmış eski yapıların yeni deprem yönetmeliğine göre yeniden deprem güvenliklerinin incelenme gerekliliğini sebep olmuştur. 1998 deprem yönetmeliğinde belirtilen 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 üzerinde kalan kolonlarda moment ve kesme kuvveti değişimleri, çözümleme yapılarak sonuçlar hazırlanan tablolar ve grafikler ile sunulmaya çalışılmıştır.

Bina 10 katlı olarak, zemin ve 9 normal kattan oluşup, konut olarak kullanılmaktadır. Kat yükseklikleri döşeme üstünden döşeme üstüne, tüm katlarda 2.85 m' dir. Yapının tasarımında 1975 deprem yönetmeliği esas alınmış, 1. derece deprem bölgesindedir.

Binanın taşıyıcı sistemi kolonlar ve kirişli plak döşemelerden oluşmaktadır. Taşıyıcı sistem global y eksenine göre simetriktir. Statik proje ile mevcut taşıyıcı sistem arasında geometri ve boyutlar bakımından herhangi bir uyumsuzluk bulunmamaktadır. Kolon ve kirişlerin boyutları Tablo 5.1 ile, binaya ait kalıp planı Şekil 5.1' de verilmiştir.

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

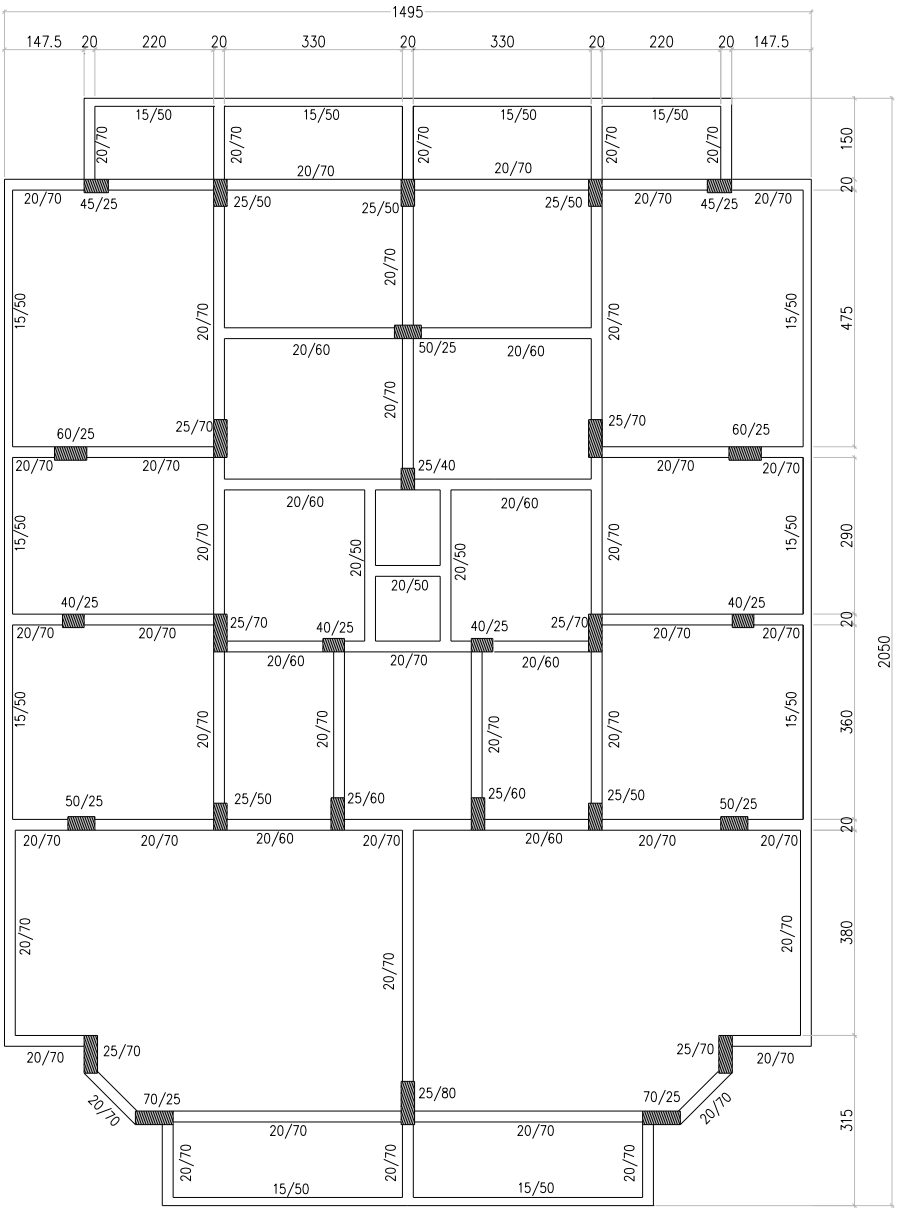
Binanın projesinde malzeme kalitesi, betonda; BS2O, boyuna ve enine donatıda BÇI olarak kullanılmıştır.

Binanın zemin raporunda;

Zemin sınıfı : Z2 (T_A= 0.15 s , T_B= 0.40 s)

Zemin emniyet gerilmesi : $\sigma_{z\,em}$ = 20 t/m^2

Zemin yatak katsayısı : K = 10000 t/m^3



Şekil 5.1 Normal kat kalıp planı

Tablo 5.1 Mevcut yapı kolon ve kiriş boyutları (birimler cm' dir.)

	1. ve 2. Kat		3. ve 4. Kat		5. ve 6. Kat		7. ve 8. Kat		9. ve 10. Kat	
KOLON	bx	by	bx	by	bx	by	bx	by	bx	by
S01 / S01S	60	30	50	30	45	25	40	25	40	25
S02 / S02S	30	70	30	60	25	50	25	40	25	40
S03	30	70	30	60	25	50	25	40	25	40
S04	60	30	50	30	45	25	40	25	40	25
S05 / S05S	60	25	60	25	60	25	60	25	60	25
S06 / S06S	25	70	25	70	25	70	25	70	25	70
S07	30	55	25	50	25	40	25	40	25	40
S08 / S08S	55	30	50	25	40	25	40	25	40	25
S09 / S09S	25	70	25	70	25	70	25	70	25	70
S10 / S10S	50	25	40	25	40	25	40	25	40	25
S11 / S11S	75	30	60	30	50	25	40	25	40	25
S12 / S12S	30	50	25	50	25	40	25	40	25	40
S13 / S13S	25	60	25	60	25	60	25	60	25	60
S14 / S14S	25	70	25	70	25	70	25	70	25	70
S15 / S15S	70	25	70	25	70	25	70	25	70	25
S16	30	115	25	105	25	80	25	65	25	50

KİRİŞ	b	h
K01	20	70
K02	20	60
K03	15	50

5.2 BİNA TAŞIYICI SİSTEMİN HESAP MODELİ, YAPILAN KABULLER VE MALZEME ÖZELLİKLERİ

Bina taşıyıcı sistemin çözümü SAP2000 programı ile yapılmıştır. Tüm çözümlerde temellerin yeter rijitlikte olduğu varsayılarak sistemin kolon ve perdelerinin tabanda ankastre olduğu kabul edilmiştir.

Tüm çözümlerde her kat, kendi düzlemi içinde üç serbestlik dereceli rijit diyafram kabulu yapılmıştır. Her katın kütlesi hesaplanarak, yapının periyotlarının ve dinamik analiz hesabı için kat kütle merkezlerine yerleştirilmiştir.

Döşemenin zati ve hareketli yükleri üçgen ve trapez yayılı yükler olarak ilgili kirişlere yüklenmiştir. Duvar ağırlıkları da boşluklar düşülerek düzgün yayılı yük olarak ilgili kirişlere yüklenmiştir.

Hesaplarda kullanılan malzeme karekteristikleri;

Beton malzeme;

Mevcut sistem elemanları : BS20 (f_{ck} = 20 Mpa, Ec = 28000 Mpa)

Güçlendirme elemanları : BS20 (f_{ck} = 20 Mpa, Ec = 28000 Mpa)

Donatı çeliği;

Mevcut sistem elemanları : BÇ I (f_{yk} = 220 Mpa, E = 200000 Mpa)

Güçlendirme elemanları : BÇ III (f_{yk} = 420 Mpa, E = 200000 Mpa)

5.3 BİNANIN 1998 DEPREM YÖNETMELİĞİNE GÖRE DEPREM GÜVENLİĞİNİN İNCELENMESİ

Binanın deprem hesabın eşdeğer deprem yükü yöntemi ile çözümlenmiştir. Binanın normal kat ağırlığı Tablo 5.2'de gösterilmiştir.

Tablo 5.2 Bina normal kat ağırlığı

Taşıyıcı sistem ağırlığı	79.83 t
Döşeme zati yükleri	119.38 t
Duvar yükleri	85.04 t
Döşeme hareketli yükleri	55.83 t
Toplamlar (G+0.3Q)	301 t

Mevcut taşıyıcı sistemin birinci doğal titreşim periyotları SAP2000 programı ile;
T_{1x} = 1.198 s , T_{1y} = 1.218 s olarak bulunmuştur.

X doğrultusu için;

T_{1x} = 1.198 s > T_B = 0.4 s olduğundan binanın x yönü spektrum katsayısı
$S(T)_x = 2.5(T_B/T)^{0.8}$ = 1.04
Spektral ivme katsayısı, 1. derece deprem bölgesi (A_o = 0.40) ve yapı konut olarak kullanılması (I = 1)
$A(T)_x = A_o.I.S(T)_x$ = 0.40*1.0*1.04 = 0.416 olarak hesaplanmıştır.
Yapı deprem yönetmeliğine göre deprem yüklerinin tamamının çerçeveler tarafından taşındığı binalar ve normal sünekli yapı olması nedeniyle sistem davranış katsayısı R = 4 olarak alınmıştır.

Taşıyıcı sistemin hesabında sisteme etkitilecek toplam deprem kuvveti;

$V_{tx} = W.\ A(T)_x / R_a(T_{1x}) = 2930*0.416/4 = 304.72$ t

Bina yüksekliği, H=28.5 m > 25 m olduğundan;

Ek tepe kuvveti $\Delta F_{Nx} = 0.07.T_{1x}.V_{tx} = 0.07*1.198*304.72 = 25.55$ t

Katlara etkiyen x yönü eşdeğer deprem kuvvetleri Tablo 5.3' de gösterilmiştir.

Tablo 5.3 Kat ağırlıkları ve x yönü eşdeğer deprem kuvvetleri

Katlar	hi (m)	Wi (ton)	Wi*hi (tm)	$\frac{Wi*hi}{\Sigma Wi*hi}$	Fxi (ton)
10	28.50	221	6298.50	0.1369	63.78
9	25.65	301	7720.65	0.1678	46.86
8	22.80	301	6862.80	0.1492	41.65
7	19.95	301	6004.95	0.1305	36.44
6	17.10	301	5147.10	0.1119	31.24
5	14.25	301	4289.25	0.0932	26.03
4	11.40	301	3431.40	0.0746	20.83
3	8.55	301	2573.55	0.0559	15.62
2	5.70	301	1715.70	0.0373	10.41
1	2.85	301	857.85	0.0186	5.21

Y doğrultusu için;

$T_{1y} = 1.218$ s > $T_B = 0.4$ s olduğundan binanın x yönü spektrum katsayısı

$S(T)_y = 2.5(T_B/T)^{0.8} = 1.15$

Spektral ivme katsayısı, 1. derece deprem bölgesi ($A_o = 0.40$) ve yapı konut olarak kullanılması (I = 1)

$A(T)_y = A_o.I.S(T)_y = 0.40*1.0*1.15 = 0.456$ olarak hesaplanmıştır.

Yapı deprem yönetmeliğine göre deprem yüklerinin tamamının çerçeveler tarafından taşındığı binalar ve normal sünekli yapı olması nedeniyle sistem davranış katsayısı R = 4 olarak alınmıştır.

Taşıyıcı sistemin hesabında sisteme etkitilecek toplam deprem kuvveti;

$V_{ty} = W.\ A(T)_y / R_a(T_{1y}) = 2930*0.456/4 = 334.02$ t

Bina yüksekliği, H=28.5 m > 25 m olduğundan;

Ek tepe kuvveti $\Delta F_{Ny} = 0.07.T_{1y}.V_{ty} = 0.07*1.218*334.02 = 28.48$ t

Katlara etkiyen y yönü eşdeğer deprem kuvvetleri Tablo 5.4' de gösterilmiştir.

Tablo 5.4 Kat ağırlıkları ve y yönü eşdeğer deprem kuvvetleri

katlar	hi (m)	Wi (ton)	Wi*hi (tm)	Wi*hi / Wi*hi	Fyi (ton)
10	28.50	221	6298.50	0.1369	70.32
9	25.65	301	7720.65	0.1678	51.28
8	22.80	301	6862.80	0.1492	45.58
7	19.95	301	6004.95	0.1305	39.89
6	17.10	301	5147.10	0.1119	34.19
5	14.25	301	4289.25	0.0932	28.49
4	11.40	301	3431.40	0.0746	22.79
3	8.55	301	2573.55	0.0559	17.09
2	5.70	301	1715.70	0.0373	11.40
1	2.85	301	857.85	0.0186	5.70

Hesaplanan kat kesme kuvvetleri kat ağırlık merkezlerine %5 dışmerkezlik 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 5.5'deki gibidir.

Tablo 5.5 Yükleme kombinasyonları

No	Kombinasyon	No	Kombinasyon
1	1.4G+1.6Q	8	0.9G ± Ex
2	G + Q ± Ex	9	0.9G + Ex ±
3	G + Q + Ex ±	10	0.9G - Ex ±
4	G + Q - Ex ±	11	0.9G ± Ey
5	G + Q ± Ey	12	0.9G + Ey ±
6	G + Q + Ey ±	13	0.9G - Ey ±
7	G + Q - Ey ±		

5.3.1 Planda ve düşey doğrultuda düzensizlik kontrolleri

Hesap öncesi A2, A3, A4, B1, B3 türü düzensizlikler yapıda tespit edilmemiştir. A1 burulma düzensizliği katsayıları Tablo 5.6' da verilmiştir, hesaplarda görülebileceği gibi Ex- yüklemesinde dolayı tüm katlarda burulma düzensizliği görülmüştür. B2 rijitlik düzensizliği katsayıları Tablo 5.7' de verilmiştir, hesaplarda B2 düzensizliğine rastlanmamıştır. Tablolardaki değerler MYR4 çözüm dosyasından alınmıştır. Binanın y eksenine göre simetrik olmasından dolayı, Ey+ ve Ey- yüklemeleri sonucu oluşan deplasmanlar eşittir.

Tablo 5.6 A1 Burulma düzensizliği kontrolü (birimler m' dir.)

Ex +%5By Yüklemesi									
Kat	δi min	Δi min	δi max	Δi max	Δi ort	ηbi		Di	Di ey
10	0.06284	0.00413	0.07548	0.00429	0.00421	1.019	< 1.2	1.00	1.033
9	0.05871	0.00548	0.07119	0.00577	0.00563	1.026	< 1.2	1.00	1.033
8	0.05323	0.00674	0.06542	0.00703	0.00689	1.021	< 1.2	1.00	1.033
7	0.04649	0.00774	0.05839	0.00813	0.00794	1.025	< 1.2	1.00	1.033
6	0.03875	0.00788	0.05026	0.00883	0.00836	1.057	< 1.2	1.00	1.033
5	0.03087	0.00822	0.04143	0.00946	0.00884	1.070	< 1.2	1.00	1.033
4	0.02265	0.00683	0.03197	0.00945	0.00814	1.161	< 1.2	1.00	1.033
3	0.01582	0.00670	0.02252	0.00939	0.00805	1.167	< 1.2	1.00	1.033
2	0.00912	0.00546	0.01313	0.00794	0.00670	1.185	< 1.2	1.00	1.033
1	0.00366	0.00366	0.00519	0.00519	0.00443	1.173	< 1.2	1.00	1.033

Ex -%5By Yüklemesi									
Kat	δi min	Δi min	δi max	Δi max	Δi ort	ηbi		Di	Di ey
10	0.04898	0.00278	0.09166	0.00591	0.00435	1.360	> 1.2	1.28	1.327
9	0.04620	0.00373	0.08575	0.00785	0.00579	1.356	> 1.2	1.28	1.319
8	0.04247	0.00453	0.07790	0.00966	0.00710	1.362	> 1.2	1.29	1.330
7	0.03794	0.00522	0.06824	0.01113	0.00818	1.361	> 1.2	1.29	1.330
6	0.03272	0.00569	0.05711	0.01142	0.00856	1.335	> 1.2	1.24	1.278
5	0.02703	0.00613	0.04569	0.01192	0.00903	1.321	> 1.2	1.21	1.251
4	0.02090	0.00622	0.03377	0.01009	0.00816	1.237	> 1.2	1.06	1.098
3	0.01468	0.00619	0.02368	0.00991	0.00805	1.231	> 1.2	1.05	1.087
2	0.00849	0.00513	0.01377	0.00826	0.00670	1.234	> 1.2	1.06	1.092
1	0.00336	0.00336	0.00551	0.00551	0.00444	1.242	> 1.2	1.07	1.107

Ey +%5Bx Yüklemesi									
Kat	δi min	Δi min	δi max	Δi max	Δi ort	ηbi		Di	Di ex
10	0.06698	0.00361	0.08347	0.00459	0.00410	1.120	< 1.2	1.00	0.755
9	0.06337	0.00503	0.07888	0.00636	0.00570	1.117	< 1.2	1.00	0.755
8	0.05834	0.00626	0.07252	0.00789	0.00708	1.115	< 1.2	1.00	0.755
7	0.05208	0.00732	0.06463	0.00920	0.00826	1.114	< 1.2	1.00	0.755
6	0.04476	0.00797	0.05543	0.00996	0.00897	1.111	< 1.2	1.00	0.755
5	0.03679	0.00852	0.04547	0.01062	0.00957	1.110	< 1.2	1.00	0.755
4	0.02827	0.00836	0.03485	0.01028	0.00932	1.103	< 1.2	1.00	0.755
3	0.01991	0.00832	0.02457	0.01023	0.00928	1.103	< 1.2	1.00	0.755
2	0.01159	0.00738	0.01434	0.00905	0.00822	1.102	< 1.2	1.00	0.755
1	0.00421	0.00421	0.00529	0.00529	0.00475	1.114	< 1.2	1.00	0.755

Ey -%5Bx Yüklemesi									
Kat	δi min	Δi min	δi max	Δi max	Δi ort	ηbi		Di	Di ex
10	0.06698	0.00361	0.08347	0.00459	0.00410	1.120	< 1.2	1.00	0.755
9	0.06337	0.00503	0.07888	0.00636	0.00570	1.117	< 1.2	1.00	0.755
8	0.05834	0.00626	0.07252	0.00789	0.00708	1.115	< 1.2	1.00	0.755
7	0.05208	0.00732	0.06463	0.00920	0.00826	1.114	< 1.2	1.00	0.755
6	0.04476	0.00797	0.05543	0.00996	0.00897	1.111	< 1.2	1.00	0.755
5	0.03679	0.00852	0.04547	0.01062	0.00957	1.110	< 1.2	1.00	0.755
4	0.02827	0.00836	0.03485	0.01028	0.00932	1.103	< 1.2	1.00	0.755
3	0.01991	0.00832	0.02457	0.01023	0.00928	1.103	< 1.2	1.00	0.755
2	0.01159	0.00738	0.01434	0.00905	0.00822	1.102	< 1.2	1.00	0.755
1	0.00421	0.00421	0.00529	0.00529	0.00475	1.114	< 1.2	1.00	0.755

Tablo 5.7 B2 düzensizliği ve göreli kat ötelenmeleri kontrolü (birimler m' dir.)

Ex +%5By Yüklemesi									
Kat	Δi min	Δi max	hi	Δi max / hi		Δi ort	Δ(i+1) ort	ηki	
10	0.00413	0.00429	2.85	0.00151	< 0.0035	0.00421	-	-	-
9	0.00548	0.00577	2.85	0.00202	< 0.0035	0.00563	0.00421	1.34	< 1.5
8	0.00674	0.00703	2.85	0.00247	< 0.0035	0.00689	0.00563	1.22	< 1.5
7	0.00774	0.00813	2.85	0.00285	< 0.0035	0.00794	0.00689	1.15	< 1.5
6	0.00788	0.00883	2.85	0.00310	< 0.0035	0.00836	0.00794	1.05	< 1.5
5	0.00822	0.00946	2.85	0.00332	< 0.0035	0.00884	0.00836	1.06	< 1.5
4	0.00683	0.00945	2.85	0.00332	< 0.0035	0.00814	0.00884	0.92	< 1.5
3	0.00670	0.00939	2.85	0.00329	< 0.0035	0.00805	0.00814	0.99	< 1.5
2	0.00546	0.00794	2.85	0.00279	< 0.0035	0.00670	0.00805	0.83	< 1.5
1	0.00366	0.00519	2.85	0.00182	< 0.0035	0.00443	0.00670	0.66	< 1.5

Ex -%5By Yüklemesi									
Kat	Δi min	Δi max	hi	Δi max / hi		Δi ort	Δ(i+1) ort	ηki	
10	0.00278	0.00591	2.85	0.00207	< 0.0035	0.00435	-	-	-
9	0.00373	0.00785	2.85	0.00275	< 0.0035	0.00579	0.00435	1.33	< 1.5
8	0.00453	0.00966	2.85	0.00339	< 0.0035	0.00710	0.00579	1.23	< 1.5
7	0.00522	0.01113	2.85	0.00391	> 0.0035	0.00818	0.00710	1.15	< 1.5
6	0.00569	0.01142	2.85	0.00401	> 0.0035	0.00856	0.00818	1.05	< 1.5
5	0.00613	0.01192	2.85	0.00418	> 0.0035	0.00903	0.00856	1.05	< 1.5
4	0.00622	0.01009	2.85	0.00354	> 0.0035	0.00816	0.00903	0.90	< 1.5
3	0.00619	0.00991	2.85	0.00348	< 0.0035	0.00805	0.00816	0.99	< 1.5
2	0.00513	0.00826	2.85	0.00290	< 0.0035	0.00670	0.00805	0.83	< 1.5
1	0.00336	0.00551	2.85	0.00193	< 0.0035	0.00444	0.00670	0.66	< 1.5

Ey +%5Bx Yüklemesi									
Kat	Δi min	Δi max	hi	Δi max / hi		Δi ort	Δ(i+1) ort	ηki	
10	0.00361	0.00459	2.85	0.00161	< 0.0035	0.00410	-	-	-
9	0.00503	0.00636	2.85	0.00223	< 0.0035	0.00570	0.00410	1.39	< 1.5
8	0.00626	0.00789	2.85	0.00277	< 0.0035	0.00708	0.00570	1.24	< 1.5
7	0.00732	0.00920	2.85	0.00323	< 0.0035	0.00826	0.00708	1.17	< 1.5
6	0.00797	0.00996	2.85	0.00349	< 0.0035	0.00897	0.00826	1.09	< 1.5
5	0.00852	0.01062	2.85	0.00373	> 0.0035	0.00957	0.00897	1.07	< 1.5
4	0.00836	0.01028	2.85	0.00361	> 0.0035	0.00932	0.00957	0.97	< 1.5
3	0.00832	0.01023	2.85	0.00359	> 0.0035	0.00928	0.00932	1.00	< 1.5
2	0.00738	0.00905	2.85	0.00318	< 0.0035	0.00822	0.00928	0.89	< 1.5
1	0.00421	0.00529	2.85	0.00186	< 0.0035	0.00475	0.00822	0.58	< 1.5

Ey -%5Bx Yüklemesi									
Kat	Δi min	Δi max	hi	Δi max / hi		Δi ort	Δ(i+1) ort	ηki	
10	0.00361	0.00459	2.85	0.00161	< 0.0035	0.00410	-	-	-
9	0.00503	0.00636	2.85	0.00223	< 0.0035	0.00570	0.00410	1.39	< 1.5
8	0.00626	0.00789	2.85	0.00277	< 0.0035	0.00708	0.00570	1.24	< 1.5
7	0.00732	0.00920	2.85	0.00323	< 0.0035	0.00826	0.00708	1.17	< 1.5
6	0.00797	0.00996	2.85	0.00349	< 0.0035	0.00897	0.00826	1.09	< 1.5
5	0.00852	0.01062	2.85	0.00373	> 0.0035	0.00957	0.00897	1.07	< 1.5
4	0.00836	0.01028	2.85	0.00361	> 0.0035	0.00932	0.00957	0.97	< 1.5
3	0.00832	0.01023	2.85	0.00359	> 0.0035	0.00928	0.00932	1.00	< 1.5
2	0.00738	0.00905	2.85	0.00318	< 0.0035	0.00822	0.00928	0.89	< 1.5
1	0.00421	0.00529	2.85	0.00186	< 0.0035	0.00475	0.00822	0.58	< 1.5

5.3.2 İkinci mertebe etkileri kontrolü

ikinci mertebe etkisi gösterge değerleri θ_i her bir katta hesaplanarak değerler Tablo 5.8' de verilmiştir. Binanın y eksenine göre simetrik olmasından dolayı, Ey+ ve Ey- yüklemeleri sonucu oluşan θ_i değerleri eşittir. Tablodaki θ_i değerleri limit değer olan 0.12 değerinden oldukça düşük çıkmışlardır, bundan da yapıda ikinci mertebe etkisinden oluşacak ilave momentlerin birinci mertebe momentlerin yanında oldukça küçük olacağı söylenebilir. Tablodaki değerler MYR4 çözüm dosyasından alınmıştır.

Tablo 5.8 İkinci mertebe gösterge değerleri

Ex +%5By Yüklemesi								
Kat	Δi ort	Wi	ΣWi	Fi	Vi	hi	θi	
10	0.00421	221	221	63.78	63.78	2.85	0.0051	< 0.12
9	0.00563	301	522	46.86	110.63	2.85	0.0093	< 0.12
8	0.00689	301	823	41.65	152.28	2.85	0.0131	< 0.12
7	0.00794	301	1124	36.44	188.73	2.85	0.0166	< 0.12
6	0.00836	301	1425	31.24	219.97	2.85	0.0190	< 0.12
5	0.00884	301	1726	26.03	246.00	2.85	0.0218	< 0.12
4	0.00814	301	2027	20.83	266.82	2.85	0.0217	< 0.12
3	0.00805	301	2328	15.62	282.44	2.85	0.0233	< 0.12
2	0.00670	301	2629	10.41	292.85	2.85	0.0211	< 0.12
1	0.00443	301	2930	5.21	298.06	2.85	0.0153	< 0.12

Ex -%5By Yüklemesi								
Kat	Δi ort	Wi	ΣWi	Fi	Vi	hi	θi	
10	0.00435	221	221	63.78	63.78	2.85	0.0053	< 0.12
9	0.00579	301	522	46.86	110.63	2.85	0.0096	< 0.12
8	0.00710	301	823	41.65	152.28	2.85	0.0135	< 0.12
7	0.00818	301	1124	36.44	188.73	2.85	0.0171	< 0.12
6	0.00856	301	1425	31.24	219.97	2.85	0.0194	< 0.12
5	0.00903	301	1726	26.03	246.00	2.85	0.0222	< 0.12
4	0.00816	301	2027	20.83	266.82	2.85	0.0217	< 0.12
3	0.00805	301	2328	15.62	282.44	2.85	0.0233	< 0.12
2	0.00670	301	2629	10.41	292.85	2.85	0.0211	< 0.12
1	0.00444	301	2930	5.21	298.06	2.85	0.0153	< 0.12

Ey +%5Bx Yüklemesi								
Kat	Δi ort	Wi	ΣWi	Fi	Vi	hi	θi	
10	0.00410	221	221	70.32	70.32	2.85	0.0045	< 0.12
9	0.00570	301	522	51.28	121.60	2.85	0.0086	< 0.12
8	0.00708	301	823	45.58	167.18	2.85	0.0122	< 0.12
7	0.00826	301	1124	39.89	207.07	2.85	0.0157	< 0.12
6	0.00897	301	1425	34.19	241.26	2.85	0.0186	< 0.12
5	0.00957	301	1726	28.49	269.75	2.85	0.0215	< 0.12
4	0.00932	301	2027	22.79	292.54	2.85	0.0227	< 0.12
3	0.00928	301	2328	17.09	309.64	2.85	0.0245	< 0.12
2	0.00822	301	2629	11.40	321.03	2.85	0.0236	< 0.12
1	0.00475	301	2930	5.70	326.73	2.85	0.0149	< 0.12

5.3.3 Binanın kolonlarının tahkiki

Mevcut sistemde zemin kat kolonlarının düşey yükten (1.4G+1.6Q) kaynaklanan normal kuvvete göre tahkiki Tablo 5.9' da gösterilmiştir.

Tablo 5.9 Zemin kat kolonların düşey yüklemeden oluşan normal kuvvet tahkiki

Kolon	Boyut (cm)		Kolon Alanı (cm^2)	Nd (ton)		Nlim 0,5.fck.Ac	Nd / Nlim	Açıklama
	bx	by						
S101	60	30	1800	179.63	<	180	1.00	yetersiz
S102	30	70	2100	212.66	>	210	1.01	yetersiz
S103	30	70	2100	211.02	>	210	1.00	yetersiz
S104	60	30	1800	177.85	<	180	0.99	yeterli
S105	60	25	1500	189.98	>	150	1.27	yetersiz
S106	25	70	1750	186.54	>	175	1.07	yetersiz
S107	30	55	1650	163.87	<	165	0.99	yeterli
S108	55	30	1650	158.43	<	165	0.96	yeterli
S109	25	70	1750	166.82	<	175	0.95	yeterli
S110	50	25	1250	126.27	>	125	1.01	yetersiz
S111	75	30	2250	218.86	<	225	0.97	yeterli
S112	30	50	1500	139.95	<	150	0.93	yeterli
S113	25	60	1500	163.24	>	150	1.09	yetersiz
S114	25	70	1750	168.52	<	175	0.96	yeterli
S115	70	25	1750	166.18	<	175	0.95	yeterli
S116	30	115	3450	347.59	>	345	1.01	yetersiz

(Değerler MYR4 çözüm dosyasından alınmıştır.)

Bina global Y eksenine göre simetrik olduğundan tabloda sadece 1 ve 8 aksları arsında kalan kolonlar alınmıştır. Tablo incelendiğinde eksenel yükten dolayı toplam 14 kolonun, yani zemin kat kolonlarının %50'sinin kesitinin yetersiz olduğu ve kolonların çoğunluğunun Nd / Nlim oranlarının 1 civarında olduğu görülmektedir.

Zemin kat kolonların eksantrisiteli deprem etkilerini de içeren maksimum normal kuvvetlere göre tahkiki Tablo 5.10' da verilmiştir. Tablo 5.10 incelendiğinde zemin kat kolonlarının maksimum normal kuvvetten dolayı toplam 24 kolonun, yani kolonların %86'sının kesitinin yetersiz olduğu görülmektedir.

Zemin kat kolonlarının her iki doğrultudaki deprem yüklemesi için, x yönü moment taşıma kapasiteleri Tablo 5.11 ve y yönü moment taşıma kapasiteleri Tablo 5.12 de verilmiştir.

Tablo 5.10 Zemin kat kolonlarının maksimum normal kuvvete göre tahkiki

KOLON	Kolon Alanı (cm^2)	Yükleme	Nd max (ton)		Nlim 0,5.fck.Ac	Nd / Nlim	Açıklama
S101	1800	G+Q-Ex+	250,62	>	180	1.39	yetersiz
S102	2100	G+Q+Ey-	246,81	>	210	1.18	yetersiz
S103	2100	G+Q+Ey+	271,03	>	210	1.29	yetersiz
S104	1800	1,4G+1,6Q	177,85	<	180	0.99	yeterli
S105	1500	G+Q-Ex+	254,12	>	150	1.69	yetersiz
S106	1750	G+Q+Ey-	194,53	>	175	1.11	yetersiz
S107	1650	1,4G+1,6Q	163,87	<	165	0.99	yeterli
S108	1650	G+Q-Ey+	221,75	>	165	1.34	yetersiz
S109	1750	1,4G+1,6Q	166,82	<	175	0.95	yeterli
S110	1250	1,4G+1,6Q	126,27	>	125	1.01	yetersiz
S111	2250	G+Q-Ex-	267,14	>	225	1.19	yetersiz
S112	1500	G+Q-Ey+	185,02	>	150	1.23	yetersiz
S113	1500	G+Q-Ey+	200,12	>	150	1.33	yetersiz
S114	1750	G+Q-Ex-	236,76	>	175	1.35	yetersiz
S115	1750	G+Q-Ey+	204,53	>	175	1.17	yetersiz
S116	3450	1,4G+1,6Q	347,59	>	345	1.01	yetersiz

(Değerler MYR4 çözüm dosyasından alınmıştır.)

Tablo 5.11 Zemin kat kolonlarının x yönü moment kapasiteleri

Kolon	B (cm)	H (cm)	Mevcut Donatı cm^2	Yükleme	Nd_x (tm)	Md_x (tm)	Md_y (tm)	Mr_x (tm)	Mr_x/Md_x	Açıklama
S101	60.00	30.00	18.00	G+Q+Ex-	11.52	37.46	0.78	10.00	3.75	yetersiz
S102	30.00	70.00	21.00	G+Q-Ex+	118.38	15.76	3.29	13.03	1.21	yetersiz
S103	30.00	70.00	21.00	G+Q-Ex+	147.74	15.20	0.72	11.82	1.29	yetersiz
S104	60.00	30.00	18.00	G+Q-Ex+	124.25	34.23	0.15	18.97	1.80	yetersiz
S105	60.00	25.00	15.00	0.9G-Ex+	166.30	20.65	0.71	5.34	3.86	yetersiz
S106	25.00	70.00	17.50	G+Q+Ex-	172.45	8.12	3.72	4.92	1.65	yetersiz
S107	30.00	55.00	16.50	G+Q+Ex-	114.58	9.88	0.13	9.39	1.05	yetersiz
S108	55.00	30.00	16.50	G+Q+Ex-	12.25	20.02	0.97	8.82	2.27	yetersiz
S109	25.00	70.00	17.50	G+Q+Ex-	147.78	7.65	3.57	6.66	1.15	yetersiz
S110	50.00	25.00	12.50	G+Q-Ex-	110.64	18.59	0.17	7.88	2.36	yetersiz
S111	75.00	30.00	22.50	0.9G-Ex-	230.47	54.30	0.87	14.48	3.75	yetersiz
S112	30.00	50.00	15.00	G+Q-Ex-	68.80	10.15	0.88	9.31	1.09	yetersiz
S113	25.00	60.00	15.00	G+Q-Ex-	113.76	7.20	0.51	6.54	1.10	yetersiz
S114	25.00	70.00	17.50	G+Q+Ex+	9.47	8.03	2.54	4.53	1.77	yetersiz
S115	70.00	25.00	17.50	G+Q-Ex-	103.59	44.98	2.81	23.49	1.91	yetersiz
S116	30.00	115.00	34.50	0.9G-Ex-	183.25	22.81	1.08	21.41	1.07	yetersiz

(Değerler MYR4 çözüm dosyasından alınmıştır.)

Tablo 5.12 Zemin kat kolonlarının y yönü moment kapasiteleri

Kolon	B (cm)	H (cm)	Mevcut Donatı cm^2	Yükleme	Nd_y (tm)	Md_y (tm)	Md_x (tm)	Mr_y (tm)	Mr_y/Md_y	Açıklama
S101	60.00	30.00	18.00	G+Q-Ey+	103.59	7.82	3.52	10.00	0.70	yeterli
S102	30.00	70.00	21.00	0.9G-Ey+	18.01	46.73	1.72	13.03	3.11	yetersiz
S103	30.00	70.00	21.00	G+Q-Ey-	24.46	45.78	1.83	11.82	2.71	yetersiz
S104	60.00	30.00	18.00	G+Q+Ey+	124.05	12.64	3.02	18.97	1.23	yetersiz
S105	60.00	25.00	15.00	0.9G+Ey-	117.42	4.61	2.53	5.34	0.73	yeterli
S106	25.00	70.00	17.50	G+Q-Ey+	66.06	46.44	0.32	4.92	2.06	yetersiz
S107	30.00	55.00	16.50	0.9G+Ey+	41.40	25.71	0.48	9.39	1.78	yetersiz
S108	55.00	30.00	16.50	G+Q+Ey-	97.91	7.05	1.16	8.82	0.69	yeterli
S109	25.00	70.00	17.50	G+Q+Ey-	93.18	47.03	0.51	6.66	2.00	yetersiz
S110	50.00	25.00	12.50	G+Q+Ey-	123.40	6.16	0.54	7.88	1.76	yetersiz
S111	75.00	30.00	22.50	G+Q+Ey-	119.31	9.40	0.64	14.48	0.67	yeterli
S112	30.00	50.00	15.00	G+Q-Ey+	164.25	18.24	0.25	9.31	3.81	yetersiz
S113	25.00	60.00	15.00	G+Q+Ey-	27.82	26.94	0.58	6.54	2.14	yetersiz
S114	25.00	70.00	17.50	G+Q+Ey-	192.05	29.02	2.22	4.53	3.76	yetersiz
S115	70.00	25.00	17.50	G+Q+Ey-	28.24	7.32	2.75	23.49	1.14	yetersiz
S116	30.00	115.00	34.50	0.9G+Ey+	118.81	162.54	2.85	21.41	2.29	yetersiz

(Değerler MYR4 çözüm dosyasından alınmıştır.)

Zemin kat kolonlarının tamamı x yönü moment taşıma kapasitelerini aşmıştır. Toplam x yönü moment taşıma kapasitelerinin, yüklemeler sonucu gelen toplam momentleri karşılama oranı ($\Sigma Mr_x/\Sigma Md_x$) 0,53 olduğu görülmektedir. Zemin kat kolonlarının %71'nin y yönü moment taşıma kapasitelerini aşmıştır. Toplam y yönü moment taşıma kapasitelerinin, yüklemeler sonucu gelen toplam momentleri karşılama oranı ($\Sigma Mr_y/\Sigma Md_y$) 0,50'dir. Bu durumda kolonlar arasında yatay yükün paylaşımı bakımından bir kuvvet aktarımı olsa dahi hesap deprem yükü binanın kolonları tarafından karşılanamamaktadır.

Zemin kat kolonlarının kesme kuvveti kapasiteleri Tablo 5.13'de verilmiştir. Tablodan da görülebileceği gibi zemin kat kolonların %71'i kesme kuvveti kapasitelerini aşmıştır.

Tablo 5.13 Zemin kat kolonlarının kesme kuvveti kapasiteleri

Kolon	B (cm)	H (cm)	$V_{r,max}$ $0.2\sqrt{f_{ck}} \cdot A_c$	$V_{d,max}$ (ton)	$V_{d,max}/V_{r,max}$	Açıklama
S101	60	30	16.10	19.34	1.20	yetersiz
S102	30	70	18.78	19.64	1.05	yetersiz
S103	30	70	18.78	20.37	1.08	yetersiz
S104	60	30	16.10	16.88	1.05	yetersiz
S105	60	25	13.42	15.84	1.18	yetersiz
S106	25	70	15.65	25.04	1.60	yetersiz
S107	30	55	14.76	25.71	1.74	yetersiz
S108	55	30	14.76	13.47	0.91	yeterli
S109	25	70	15.65	25.26	1.61	yetersiz
S110	50	25	11.18	11.57	1.03	yetersiz
S111	75	30	20.12	26.62	1.32	yetersiz
S112	30	50	13.42	11.64	0.87	yeterli
S113	25	60	13.42	13.17	0.98	yeterli
S114	25	70	15.65	14.94	0.95	yeterli
S115	70	25	15.65	22.54	1.44	yetersiz
S116	30	115	30.86	49.39	1.60	yetersiz

(Değerler MYR4 çözüm dosyasından alınmıştır.)

5.3.4 Binada kirişlerin tahkiki

Mevcut sisteme ait kiriş donatıları bulunmadığından sadece SAP2000 programından elde edilen donatılar ve donatı oranları Tablo 5.14'te verilmiştir.

Tablo 5.14 Kiriş donatıları ve oranları

KİRİŞ		Mevcut yapı için Gerekli donatı (cm^2)		donatı oranları	
		sol uç	sağ uç	sol uç	sağ uç
K1017	üst	8.61	4.26	0.007	0.004
(20 / 60)	alt	3.97	2.10	0.003	0.002
K1028	üst	4.14	9.92	0.003	0.007
(20 / 70)	alt	5.48	4.84	0.004	0.003
K917	üst	9.33	7.75	0.008	0.006
(20 / 60)	alt	6.20	3.79	0.005	0.003
K928	üst	10.09	14.58	0.007	0.010
(20 / 70)	alt	10.09	10.09	0.007	0.007
K817	üst	10.48	8.61	0.009	0.007
(20 / 60)	alt	7.66	6.41	0.006	0.005
K828	üst	13.20	20.00	0.009	0.014
(20 / 70)	alt	14.20	14.05	0.010	0.010

Tablo 5.14'ün devamı

KİRİŞ		Mevcut yapı için Gerekli donatı (cm^2)		donatı oranları	
		sol uç	sağ uç	sol uç	sağ uç
K717	üst	11.54	9.05	0.010	0.008
(20 / 60)	alt	8.61	8.01	0.007	0.007
K728	üst	17.45	25.93	0.012	0.019
(20 / 70)	alt	18.33	19.25	0.013	0.014
K617	üst	11.79	10.11	0.010	0.008
(20 / 60)	alt	8.75	8.61	0.007	0.007
K628	üst	21.03	29.58	0.015	0.021
(20 / 70)	alt	21.63	23.51	0.015	0.017
K517	üst	12.12	10.81	0.010	0.009
(20 / 60)	alt	8.87	9.39	0.007	0.008
K528	üst	23.51	32.86	0.017	0.023
(20 / 70)	alt	23.71	27.07	0.017	0.019
K417	üst	12.21	10.86	0.010	0.009
(20 / 60)	alt	8.75	10.89	0.007	0.009
K428	üst	29.74	-	0.021	-
(20 / 70)	alt	29.39	30.08	0.021	0.021
K317	üst	11.42	10.63	0.010	0.009
(20 / 60)	alt	8.61	9.81	0.007	0.008
K328	üst	-	-	-	-
(20 / 70)	alt	-	32.23	-	0.023
K217	üst	10.74	9.87	0.009	0.008
(20 / 60)	alt	8.61	9.04	0.007	0.008
K228	üst	-	-	-	-
(20 / 70)	alt	34.01	31.65	0.024	0.023
K117	üst	8.61	8.61	0.007	0.007
(20 / 60)	alt	6.77	7.33	0.006	0.006
K128	üst	28.08	27.21	0.020	0.019
(20 / 70)	alt	26.84	24.00	0.019	0.017

5.4 BİNANIN 1998 DEPREM YÖNETMELİĞİ'NE GÖRE İNCELENMESİYLE ELDE EDİLEN TESPİTLER VE BİNANIN GÜÇLENDİRİLMESİNE KARAR VERİLMESİ

Binanın %5 eksantrisiteli yüklemesi olan Ex- yüklemesinden dolayı tüm katlarda A1 burulma düzensizliği meydana gelmektedir. Yapıda B2 düzensizliği meydana gelmemekle birlikte, %5 eksantrisiteli yüklemelerden dolayı bazı katlarda göreli kat ötelenmelerin belirtilen limit değeri aşmışlardır.

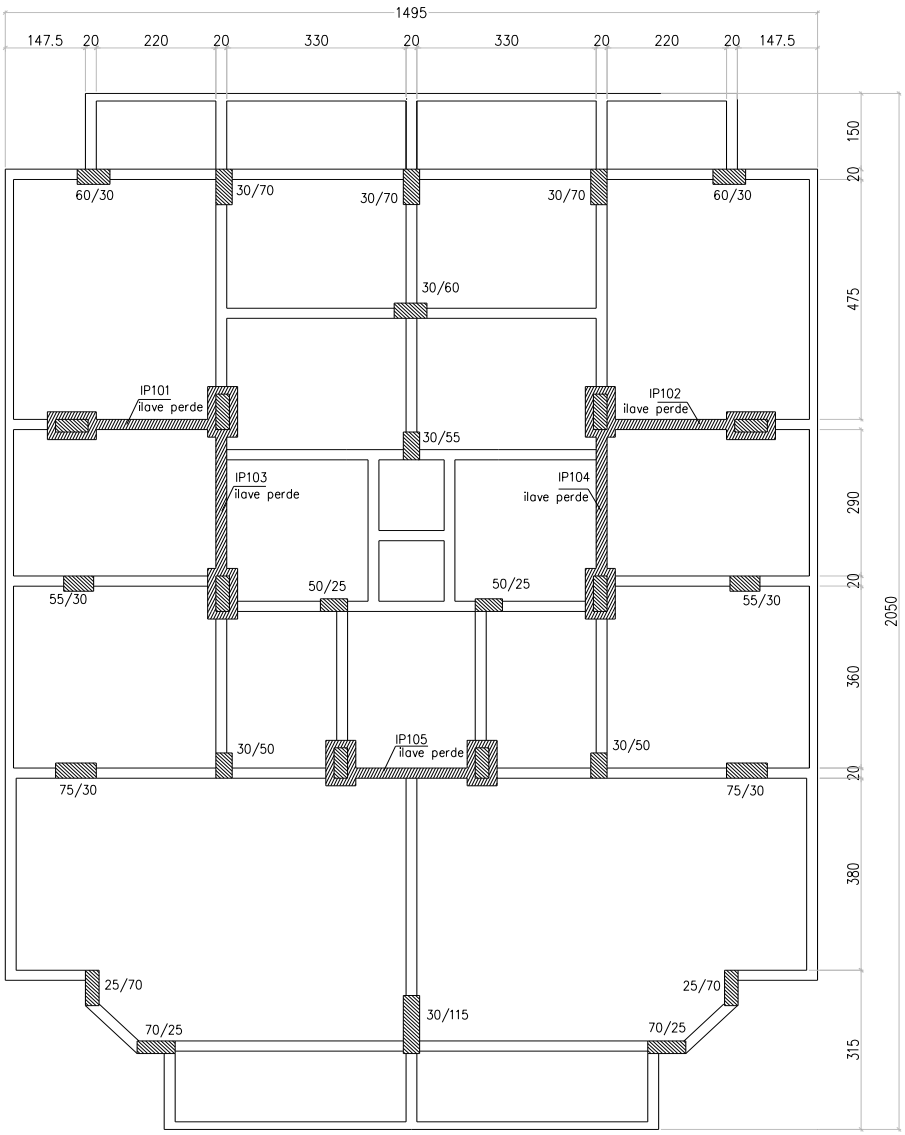
Binanın zemin katında maksimum normal kuvvetten dolayı toplam 24 kolonun, yani kolonların %86'sının sünek kolonlar için geçerli olan $Ac \geq Nd_{max} / (0.5f_{ck})$ koşulunu sağlamamaktadırlar.

Kolonların moment taşıma kapasiteleri hesaplanan momentlerin karşılanma oranları, x doğrultusu için $\Sigma Mr_x/\Sigma Md_x = 0.53$, y doğrultusu için $\Sigma Mr_y/\Sigma Md_y = 0.50$'dir. Bu da kolonların moment taşıma kapasitelerinin yetersiz olduğunu göstermektedir.

Ayrıca zemin kat kolonların %71'i kesme kuvveti kapasitelerini aşmıştır.

Sonuç olarak kolonlar dayanım bakımından yetersiz olduğu için taşıyıcı sistemin iyileştirilmesi gerekmektedir.

Binanın güçlendirilmesi için bazı çerçeve gözlerinin betonarme malzeme ile doldurularak perde oluşturulacaktır. Binaya x doğrultusunda için 3 adet, y doğrultusunda 2 adet perde yerleştirilecektir. İlave edilecek perdelerdeki moment kesit tesirlerinin karşılanabilmesi, bu perdelerin sünek davranışının ve mevcut yapı ile bütünleşmesinin sağlanması için perdelere başlık teşkil edecek kolonlar dört kenarından 15 cm mantolanacaktır. Binanın perde ilavesi ile güçlendirilmiş haline ait zemin kat kalıp planı Şekil 5.2'de verilmiştir.



Şekil 5.2 Güçlendirilmiş sistem zemin kat tavanı kalıp planı

5.5 PERDELERİN KESİLMESİ DURUMUNUN İNCELENMESİ

Yapıya ilave edilen perdeler, çerçeve gözlerinin 20 cm kalınlığında shell elemanlar ile doldurulması suretiyle girilmiştir. Perde uçlarında kalan kolonların mantosunu dikkate almak için bu kolonların kesit boyutları arttırılmıştır.

İlave perdelerin bina yüksekliğince devam etmemesi halinin incelenmesi için farklı perde yüksekliği için bir dizi çözüm yapılmıştır. Bu çözümlerde ilave perde yüksekliği iki katta bir 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.

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. Yapılan çözümlere ait dosyalar ve özellikleri Tablo 5.15'deki gibidir.

Tablo 5.15 Çözümlere ait dosyalar ve özellikleri

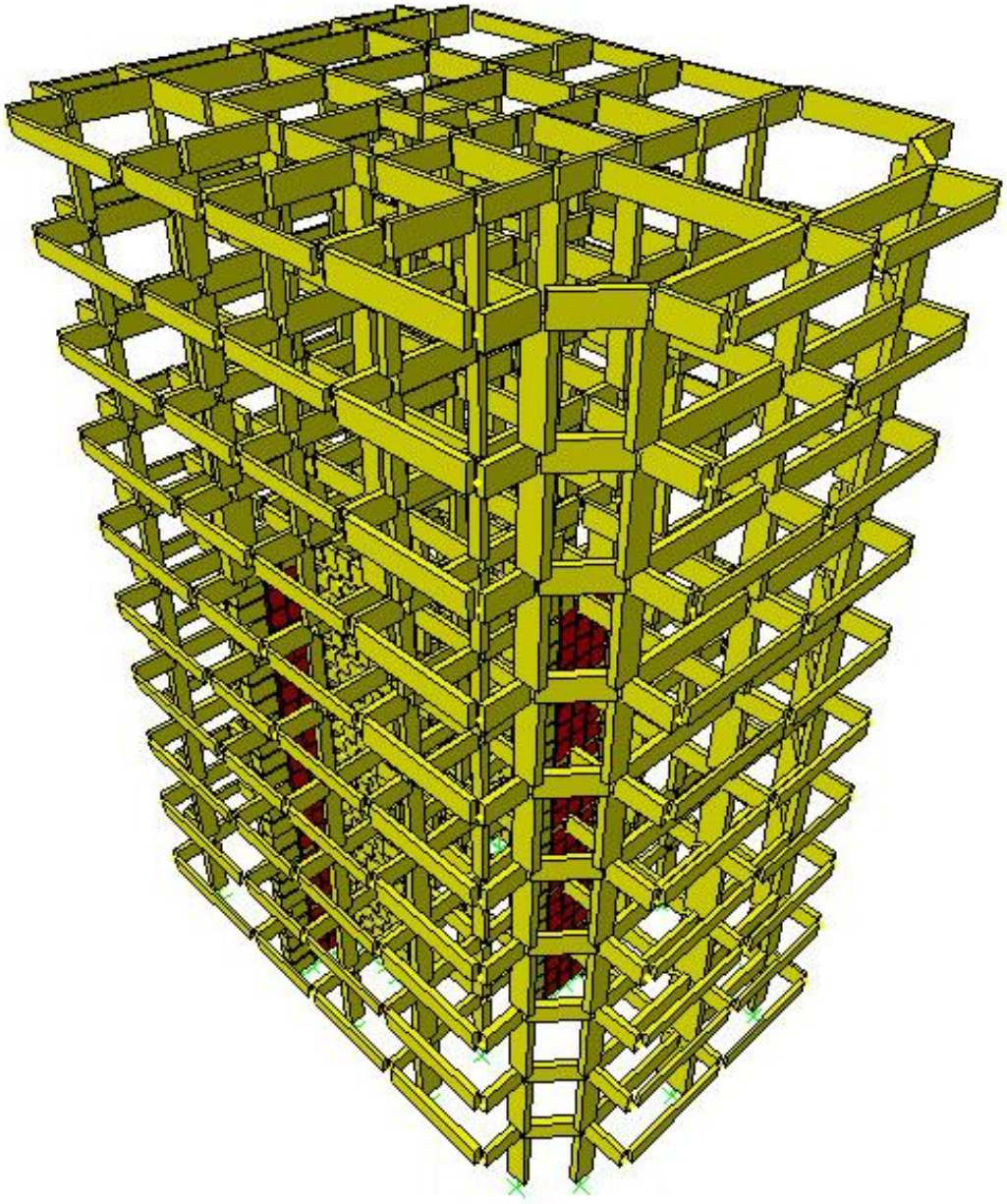
Çözüm No	Dosya Adı	Çözümün Özelliği
1	MYR4	Mevcut yapı çözümü
2	GY2KP	Güçlendirilmiş yapı 2. kata kadar ilave perdeli çözüm
3	GY4KP	Güçlendirilmiş yapı 4. kata kadar ilave perdeli çözüm
4	GY6KP	Güçlendirilmiş yapı 6. kata kadar ilave perdeli çözüm
5	GY8KP	Güçlendirilmiş yapı 8. kata kadar ilave perdeli çözüm
6	GY10KP	Güçlendirilmiş yapı 10. kata kadar ilave perdeli çözüm

Örnek olarak 6.kata kadar ilave perdeli sistemin SAP2000 modeli Şekil 5.3'te verilmiştir.

5.5.1 Taşıyıcı sistemde perde yüksekliğine bağlı değişimler

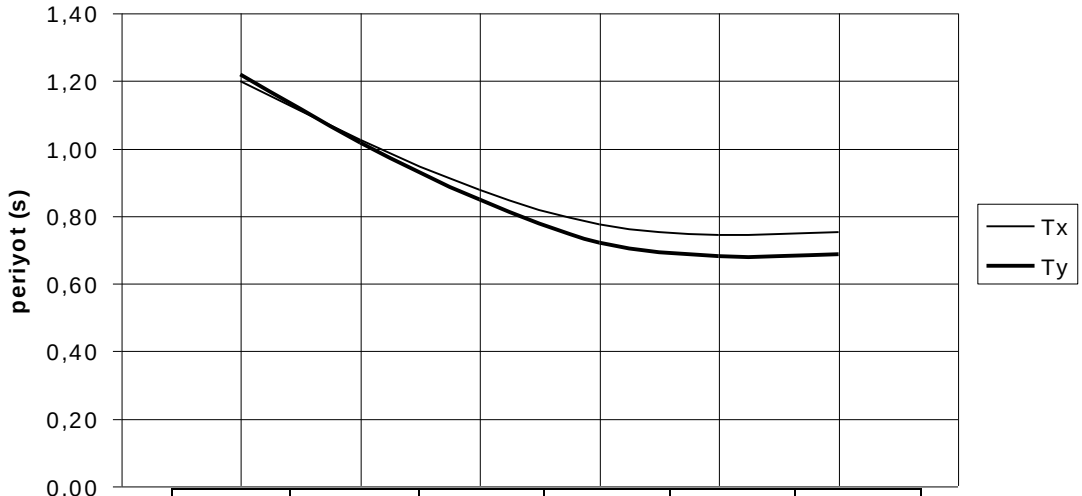
Perde yüksekliğinin arttırılması ile yapılan çözümlerden elde edilen periyotlar ve değişimi Şekil 5.4'te verilmiştir. Perdelerin yüksekliği arttıkça, şekilden görülebileceği gibi periyotlar düşmektedir. Sekizinci kattan sonra ilave edilen perde ile periyot bir miktar artmaktadır.

Yapıya ilave edilen perdelerin tabanlarında oluşan eğilme momenti değerleri ve bunların devrilme momentine oranları x doğrultusu için Şekil 5.5'de, y doğrultusu için Şekil 5.6'da verilmiştir. Tablo 5.16'da x ve y doğrultusu perde taban momenti değişimi, Tablo 5.17'de x ve y doğrultusu perde taban kesme kuvveti değişimi verilmiştir.



Şekil 5.3 6.Kata kadar perde ilaveli sistemin Sap2000 modeli (GY6KP dosyası)

Tablolardan görülebileceği gibi perdelerin altıncı 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.



	MYR4	GY2KP	GY4KP	GY6KP	GY8KP	GY10KP
Tx	1.198	1.024	0.877	0.774	0.743	0.750
Ty	1.218	1.016	0.847	0.721	0.680	0.686

Şekil 5.4 Periyotların perde yüksekliğine bağlı değişimler

Tablo 5.16 Perde taban momentlerinin perde yüksekliğine bağlı değişimi ve bina devrilme momentine oranları

X DOĞRULTUSU PERDE TABAN MOMENTLERİ (tm)					
Perde / Kat	2	4	6	8	10
IP101	572.46	723.24	785.43	806.61	805.42
IP102	577.22	701.74	759.30	777.74	776.60
IP105	597.91	773.03	840.15	864.40	863.55
Toplam	1747.59	2198.01	2384.88	2448.75	2445.57
Oran	29%	36%	39%	40%	40%

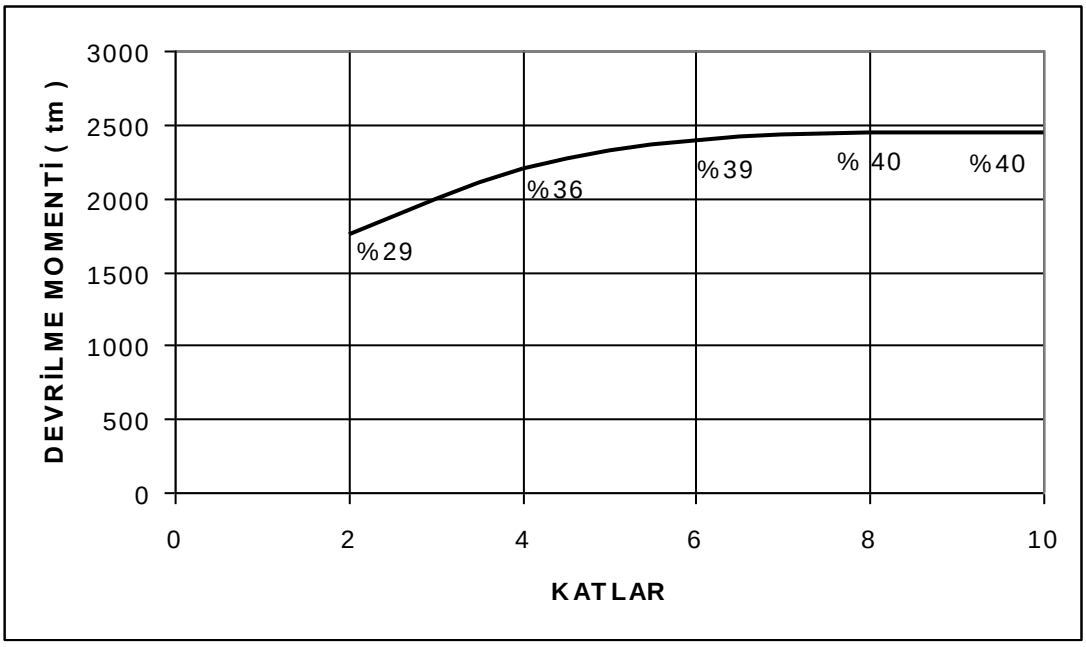
Y DOĞRULTUSU PERDE TABAN MOMENTLERİ (tm)					
Perde / Kat	2	4	6	8	10
IP103	832.43	1081.72	1202.84	1298.23	1310.41
IP104	832.48	1081.78	1202.91	1298.31	1310.69
Toplam	1664.91	2163.50	2405.75	2596.54	2621.10
Oran	25%	33%	36%	39%	40%

Tablo 5.17 Perde taban kesme kuvvetlerinin perde yüksekliğine bağlı değişimi ve bina taban kesme kuvvetine oranları

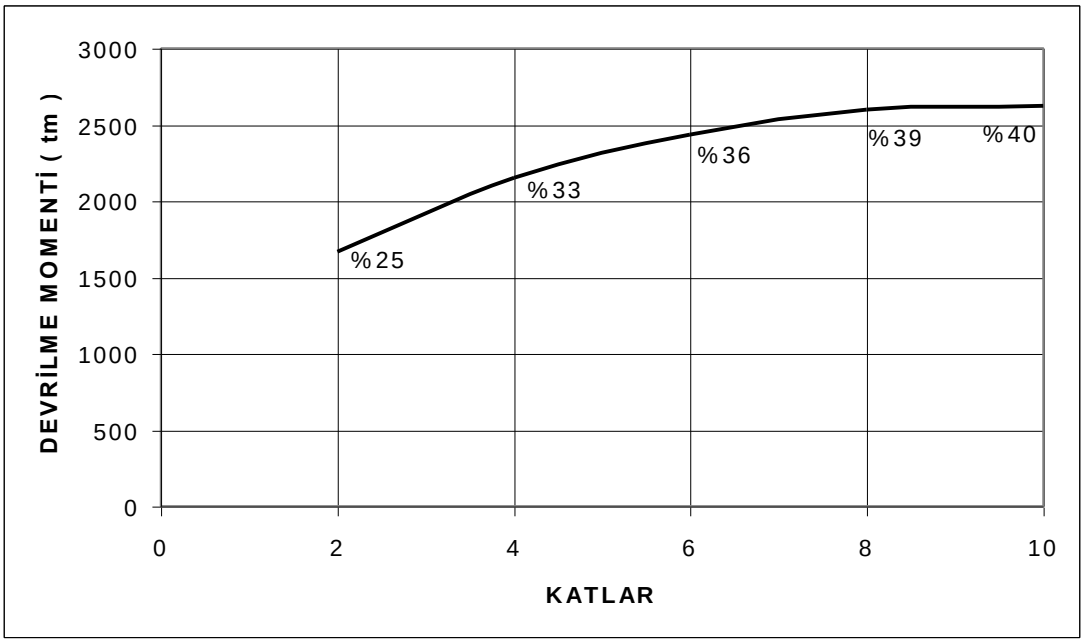
X DOĞRULTUSU PERDE TABAN KESME KUVVETLERİ (t)					
Perde / Kat	2	4	6	8	10
IP101	82.44	79.18	78.03	77.72	77.73
IP102	72.09	73.94	73.36	73.08	73.09
IP105	94.94	92.39	91.51	91.29	91.27
Toplam	249.47	245.51	242.90	242.09	242.09
Oran	82%	81%	80%	79%	79%

Y DOĞRULTUSU PERDE TABAN KESME KUVVETLERİ (t)					
Perde / Kat	2	4	6	8	10
IP103	134.21	134.11	133.10	133.72	132.67
IP104	134.22	134.11	133.11	132.73	132.68
Toplam	268.43	268.22	266.21	266.45	265.35
Oran	80%	80%	80%	79%	79%

Şekil 5.5 x-x doğrultusu için perde taban momentlerinin perde yüksekliğine bağlı değişimi



Şekil 5.6 y-y doğrultusu için perde taban momentlerinin perde yüksekliğine bağlı değişimi



5.5.2 Perde üstünde kalan kolonlarda moment, kesme kuvveti ve normal kuvvet değişimi

Perdelerin üzerinde kalacak kolonlarda kesit tesirlerinin görülebilmesi amacıyla hesap deprem yüklerinin kat ağırlık merkezlerinden etkitilmesi hali için x doğrultusundaki IP01 ve IP05, y doğrultusundaki IP03 ilave perdelerinin yüksekliğine bağlı olarak perde üzerinde kalan kolonların moment, kesme kuvveti ve normal kuvvet değerleri karşılaştırmalı olarak tablolar ile verilmiştir.

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.

Tablo 5.18 IP 01 Perdesi üzerinde kalan S05 ve S06 kolonların Mx momentlerinin ilave perde yüksekliğine bağlı değişimi (+Ex yüklemesi, birimler tm)

		MYR4	GY2KP	GY4KP	GY6KP	GY8KP
S905	üst	-12.03	-12.52	-12.48	-12.05	-14.04
	alt	8.80	9.38	9.39	9.01	14.03
S705	üst	-18.79	-19.54	-19.60	-15.71	
	alt	17.43	18.38	18.61	36.90	
S505	üst	-21.96	-23.32	-17.77		
	alt	23.08	24.92	54.77		
S305	üst	-20.60	-19.90			
	alt	22.75	64.16			
S105	üst	-14.97				
	alt	27.38				

		MYR4	GY2KP	GY4KP	GY6KP	GY8KP
S906	üst	4.38	4.37	4.09	3.63	5.14
	alt	-4.26	-4.26	-3.98	-3.56	-4.70
S706	üst	8.52	8.59	8.34	13.83	
	alt	-8.51	-8.62	-8.46	-18.56	
S506	üst	10.46	10.77	19.93		
	alt	-10.69	-11.17	-28.71		
S306	üst	10.01	22.88			
	alt	-10.44	-34.32			
S106	üst	6.66				
	alt	-7.55				

Tablo 5.19 IP 01 Perdesi üzerinde kalan S05 ve S06 kolonlarında kesme kuvvetlerin ilave perde yüksekliğine bağlı değişimi (+Ex yüklemesi, birimler t)

	MYR4	GY2KP	GY4KP	GY6KP	GY8KP
S905	7.31	7.68	7.67	7.39	9.85
S705	12.71	13.30	13.41	18.46	
S505	15.80	16.93	25.45		
S305	15.21	29.50			
S105	14.86				

	MYR4	GY2KP	GY4KP	GY6KP	GY8KP
S906	3.03	3.03	2.83	2.52	3.45
S706	5.98	6.04	5.90	11.37	
S506	7.42	7.70	17.19		
S306	7.17	20.07			
S106	4.99				

Tablo 5.20 IP 01 Perdesi üzerinde kalan S05 ve S06 kolonlarında normal kuvvetlerin ilave perde yüksekliğine bağlı değişimi (+Ex yüklemesi, birimler t)

	MYR4	GY2KP	GY4KP	GY6KP	GY8KP
S905	23.21	22.75	24.38	27.57	32.69
S705	32.48	31.01	34.46	43.45	
S505	29.72	26.16	33.87		
S305	23.74	16.57			
S105	18.90				

	MYR4	GY2KP	GY4KP	GY6KP	GY8KP
S906	15.76	21.31	24.63	26.11	28.81
S706	47.82	60.46	67.61	73.12	
S506	89.32	111.89	127.13		
S306	132.51	175.06			
S106	177.41				

Tablo 5.21 IP 05 Perdesi üzerinde kalan S13 ve S13S kolonların Mx momentlerinin ilave perde yüksekliğine bağlı değişimi (+Ex yüklemesi, birimler tm)

		MYR4	GY2KP	GY4KP	GY6KP	GY8KP
S913	üst	6.93	6.63	5.96	5.09	16.62
	alt	-6.83	-6.53	-5.85	-4.99	-14.74
S713	üst	10.02	9.66	8.85	28.01	
	alt	-9.97	-9.62	-8.82	-29.78	
S513	üst	11.37	10.94	35.41		
	alt	-11.38	-11.01	-40.77		
S313	üst	10.61	38.07			
	alt	-10.68	-46.33			
S113	üst	5.98				
	alt	-6.52				

		MYR4	GY2KP	GY4KP	GY6KP	GY8KP
S913S	üst	7.45	6.57	5.44	3.86	9.83
	alt	-7.37	-6.46	-5.3	-3.93	-8.31
S713S	üst	10.65	9.54	8.06	20.74	
	alt	-10.62	-9.46	-7.94	-22.76	
S513S	üst	12.22	10.62	28.61		
	alt	-12.28	-10.61	-34.01		
S313S	üst	11.53	32.87			
	alt	-11.6	-40.64			
S113S	üst	6.46				
	alt	-6.76				

Tablo5.22 IP 05 Perdesi üzerinde kalan S13 ve S13S kolonlarında kesme kuvvetlerin ilave perde yüksekliğine bağlı değişimi (+Ex yüklemesi, birimler t)

	MYR4	GY2KP	GY4KP	GY6KP	GY8KP
S913	4.83	4.62	4.14	3.54	11.01
S713	7.02	6.77	6.2	20.27	
S513	7.98	7.7	26.73		
S313	7.47	29.61			
S113	4.38				

	MYR4	GY2KP	GY4KP	GY6KP	GY8KP
S913S	5.2	4.57	3.77	2.81	6.37
S713S	7.46	6.66	5.62	15.27	
S513S	8.59	7.44	21.97		
S313S	8.11	25.8			
S113S	4.64				

Tablo5.23 IP05 Perdesi üzerinde kalan S13 ve S13S kolonlarında normal kuvvetlerin ilave perde yüksekliğine bağlı değişimi (+Ex yüklemesi, birimler t)

	MYR4	GY2KP	GY4KP	GY6KP	GY8KP
S913	21.06	26.83	34.36	46.1	66.66
S713	44.57	56.02	74.76	103.39	
S513	67.9	88.47	123.13		
S313	88.7	124.64			
S113	111.7				

	MYR4	GY2KP	GY4KP	GY6KP	GY8KP
S913S	21.49	22.28	19.4	12.7	9.31
S713S	46.77	48.7	41.48	32.78	
S513S	71.5	75.32	70.69		
S313S	93.99	112.58			
S113S	116.23				

Tablo 5.24 IP 03 Perdesi üzerinde kalan S09 ve S06 kolonların My momentlerinin ilave perde yüksekliğine bağlı değişimi (+Ey yüklemesi, birimler tm)

		MYR4	GY2KP	GY4KP	GY6KP	GY8KP
S909	üst	-24.73	-26.12	-26.28	-15.96	-10.01
	alt	20.31	21.8	22.03	11.5	15.05
S709	üst	-37.65	-39.2	-39.09	-15.21	
	alt	34.91	36.58	37.76	49.1	
S509	üst	-44.6	-45.98	-37.39		
	alt	44.71	47.93	92.17		
S309	üst	-45.25	-37.83			
	alt	47.06	105.07			
S109	üst	-23.63				
	alt	44.58				

		MYR4	GY2KP	GY4KP	GY6KP	GY8KP
S906	üst	-21.58	-20.44	-18.62	-15.96	-10.06
	alt	16.92	15.75	13.87	11.5	15.05
S706	üst	-34.09	-32.67	-29.92	-15.21	
	alt	31.69	30.25	28.27	49.1	
S506	üst	-42.3	-39.83	-20.8		
	alt	42.44	41.26	77.12		
S306	üst	-42.61	-24.53			
	alt	44.47	93.02			
S106	üst	-21.65				
	alt	43.71				

Tablo 5.25 IP 03 Perdesi üzerinde kalan S09 ve S06 kolonlarında kesme kuvvetlerin ilave perde yüksekliğine bağlı değişimi (+Ey yüklemesi, birimler t)

	MYR4	GY2KP	GY4KP	GY6KP	GY8KP
S909	15.8	16.8	16.94	16.59	21.72
S709	25.46	26.59	26.96	35.82	
S509	31.34	32.95	45.46		
S309	32.39	50.14			
S109	23.93				

	MYR4	GY2KP	GY4KP	GY6KP	GY8KP
S906	13.51	12.72	11.4	9.63	8.79
S706	23.08	22.08	20.42	22.57	
S506	29.73	28.45	34.4		
S306	30.56	41.24			
S106	22.93				

Tablo 5.26 IP03 Perdesi üzerinde kalan S09 ve S06 kolonlarında normal kuvvetlerin ilave perde yüksekliğine bağlı değişimi (+Ey yüklemesi, birimler t)

	MYR4	GY2KP	GY4KP	GY6KP	GY8KP
S909	28.17	31.39	38.89	51.18	69.46
S709	51.1	59.09	77.56	113.97	
S509	67.05	82.8	125.76		
S309	82.03	118.29			
S109	93.71				

	MYR4	GY2KP	GY4KP	GY6KP	GY8KP
S906	24.07	28.33	29.24	26.72	24.43
S706	61.86	71.05	72.33	66.59	
S506	104.21	119.79	120.24		
S306	146.51	170.01			
S106	188.97				

5.6 SON KATA KADAR PERDE İLE GÜÇLENDİRİLMİŞ BİNANIN 1998 DEPREM YÖNETMELİĞİNE GÖRE ÇÖZÜMÜ, KONTROLLER VE BETONARME HESAPLAR

5.6.1 Deprem hesabı

Binanın son kata kadar perde ilavesi ile güçlendirilmiş hali, ilave perdelerin yapı ağırlığındaki artış etkisi de dikkate alınarak eşdeğer deprem yükü yöntemi ile çözümlenmiştir. Binanın mevcut ve güçlendirilmiş halinin normal kat ağırlığı Tablo 5.27'deki gibidir.

Tablo 5.27 Mevcut ve güçlendirilmiş bina normal kat ağırlığı

Yükler	Mevcut yapı	Güç. Yapı
Taşıyıcı sistem ağırlığı	79.83 t	100.79 t
Döşeme zati yükleri	119.38 t	119.38 t
Duvar yükleri	85.04 t	78.08 t
Döşeme hareketli yükleri	55.83 t	55.83
Toplamlar (G+0.3Q)	301 t	315 t

Güçlendirilmiş binanın birinci doğal titreşim periyotları SAP2000 programı ile;
T_{1x} = 0.75 s , T_{1y} = 0.68 s olarak bulunmuştur.

X doğrultusu için;

T_{1x} = 0.75 s > T_B = 0.4 s olduğundan binanın x yönü spektrum katsayısı

$S(T)_x = 2.5(T_B/T)^{0.8}$ = 1.51

Spektral ivme katsayısı, 1. derece deprem bölgesi (A_o = 0.40) ve yapı konut olarak kullanılması (I = 1)

$A(T)_x = A_o.I.S(T)_x$ = 0.40*1.0*1.51 = 0.604 olarak hesaplanmıştır.

R = 4 olarak alınmıştır.

Taşıyıcı sistemin hesabında sisteme etkitilecek toplam deprem kuvveti;

$V_{tx} = W. A(T)_x / R_a(T_{1x})$ = 3070*0.604/4 = 463.57 t

Bina yüksekliği, H=28.5 m > 25 m olduğundan;

Ek tepe kuvveti $\Delta F_{Nx} = 0.07.T_{1x}.V_{tx}$ = 0.07*0.75*463.57 = 24.34 t

Katlara etkiyen x yönü eşdeğer deprem kuvvetleri Tablo 5.28' de verilmiştir.

Tablo 5.28 Kat ağırlıkları ve x yönü eşdeğer deprem kuvvetleri (R = 4)

Katlar	hi (m)	Wi (ton)	Wi*hi (tm)	Wi*hi / Wi*hi	Fxi (ton)
10	28.50	235	6697.50	0.1456	88.29
9	25.65	315	8079.75	0.1757	77.15
8	22.80	315	7182.00	0.1561	68.58
7	19.95	315	6284.25	0.1366	60.01
6	17.10	315	5386.50	0.1171	51.43
5	14.25	315	4488.75	0.0976	42.86
4	11.40	315	3591.00	0.0781	34.29
3	8.55	315	2693.25	0.0586	25.72
2	5.70	315	1795.50	0.0390	17.14
1	2.85	315	897.75	0.0195	8.57

Y doğrultusu için;

T_{1y} = 0.68 s > T_B = 0.4 s olduğundan binanın x yönü spektrum katsayısı

$S(T)_y = 2.5(T_B/T)^{0.8}$ = 1.640

Spektral ivme katsayısı, 1. derece deprem bölgesi (A_o = 0.40) ve yapı konut olarak kullanılması (I = 1)

$A(T)_y = A_o.I.S(T)_y$ = 0.40*1.0*1.640 = 0.660 olarak hesaplanmıştır.

R = 4 olarak alınmıştır.

Taşıyıcı sistemin hesabında sisteme etkitilecek toplam deprem kuvveti;

$V_{ty} = W.\ A(T)_y / R_a(T_{1y}) = 3070*0.660/4 = 506.55$ t

Bina yüksekliği, H=28.5 m > 25 m olduğundan;

Ek tepe kuvveti $\Delta F_{Ny} = 0.07.T_{1y}.V_{ty} = 0.07*0.68*506.55 = 24.82$ t

Katlara etkiyen y yönü eşdeğer deprem kuvvetleri Tablo 5.29' de gösterilmiştir.

Tablo 5.29 Kat ağırlıkları ve y yönü eşdeğer deprem kuvvetleri (R = 4)

Katlar	hi (m)	Wi (ton)	Wi*hi (tm)	$\frac{Wi*hi}{Wi*hi}$	Fyi (ton)
10	28.50	235	6697.50	0.1456	94.96
9	25.65	315	8079.75	0.1757	84.62
8	22.80	315	7182.00	0.1561	75.21
7	19.95	315	6284.25	0.1366	65.81
6	17.10	315	5386.50	0.1171	56.41
5	14.25	315	4488.75	0.0976	47.01
4	11.40	315	3591.00	0.0781	37.61
3	8.55	315	2693.25	0.0586	28.21
2	5.70	315	1795.50	0.0390	18.80
1	2.85	315	897.75	0.0195	9.40

R= 4 alınarak çözümlenmiş ve elde edilen α_m değeri ile hesaplarda kullanılacak taşıyıcı sistem davranış katsayısı Tablo5.30'da verilmiştir. 1998 deprem yönetmeliği taşıyıcı sistemi süneklik düzeyi normal çerçevelerden oluşan betonarme binaların ancak 2. ve 3. derece deprem bölgelerinde yapılabileceğini belirtmektedir. İlave perdeler ile güçlendirilmiş betonarme binayı, karma taşıyıcı sistem olarak ele alabiliriz.

Tablo 5.30 Güçlendirilmiş bina α_m değerleri ve taban kesme kuvvetleri (R= 4)

Bina devrilme momenti	Perde taban momentleri	Karşılama oranları
$Mx_{dev} = 9479.21$ tm	$\Sigma Mx = 4076.50$ tm	$\alpha_{m1} = 0.43$
$My_{dev} = 10342.90$ tm	$\Sigma My = 4196.90$ tm	$\alpha_{m2} = 0.41$

Bina taban kesme kuvveti	Perde taban kesme kuvvetleri	Karşılama oranları
$Vx_{taban} = 474.05$ t	$\Sigma Vx = 387.94$ t	0.82
$Vy_{taban} = 518.04$ t	$\Sigma Vy = 421.22$ t	0.81

Her iki doğrultuda da, $0.40 < \alpha_m < 0.67$ olduğundan, taşıyıcı sistem davranış katsayısı;

$R = R_{NÇ} + 1.5\alpha_m (R_{YP} - R_{NÇ})$ uygulanacaktır.

$R = 4 + 1.5*0.41(7-4) = 5.85$

X doğrultusu için;

$T_{1x} = 0.75$ s > $T_B = 0.4$ s olduğundan binanın x yönü spektrum katsayısı

$S(T)_x = 2.5(T_B/T)^{0.8} = 1.51$

Spektral ivme katsayısı, 1. derece deprem bölgesi ($A_o = 0.40$) ve yapı konut olarak kullanılması (I = 1)

$A(T)_x = A_o.I.S(T)_x = 0.40*1.0*1.51 = 0.604$ olarak hesaplanmıştır.

R = 5.85

Taşıyıcı sistemin hesabında sisteme etkitilecek toplam deprem kuvveti;

$V_{tx} = W. A(T)_x / R_a(T_{1x}) = 3070*0.604/5.85 = 316.98$ t

Bina yüksekliği, H=28.5 m > 25 m olduğundan;

Ek tepe kuvveti $\Delta F_{Nx} = 0.07.T_{1x}.V_{tx} = 0.07*0.75*316.98 = 16.64$ t

Katlara etkiyen x yönü eşdeğer deprem kuvvetleri Tablo 5.31' de verilmiştir.

Tablo 5.31 Kat ağırlıkları ve x yönü eşdeğer deprem kuvvetleri (R = 5.85)

Katlar	hi (m)	Wi (ton)	Wi*hi (tm)	Wi*hi / Wi*hi	Fxi (ton)
10	28.50	235	6697.50	0.1456	60.37
9	25.65	315	8079.75	0.1757	52.75
8	22.80	315	7182.00	0.1561	46.89
7	19.95	315	6284.25	0.1366	41.03
6	17.10	315	5386.50	0.1171	35.17
5	14.25	315	4488.75	0.0976	29.31
4	11.40	315	3591.00	0.0781	23.45
3	8.55	315	2693.25	0.0586	17.58
2	5.70	315	1795.50	0.0390	11.72
1	2.85	315	897.75	0.0195	5.86

Y doğrultusu için;

$T_{1y} = 0.68$ s > $T_B = 0.4$ s olduğundan binanın x yönü spektrum katsayısı

$S(T)_y = 2.5(T_B/T)^{0.8} = 1.640$

Spektral ivme katsayısı, 1. derece deprem bölgesi (A_o = 0.40) ve yapı konut olarak kullanılması (I = 1)

$A(T)_y = A_o.I.S(T)_y = 0.40*1.0*1.640 = 0.660$ olarak hesaplanmıştır.

R = 5.85

Taşıyıcı sistemin hesabında sisteme etkitilecek toplam deprem kuvveti;

$V_{ty} = W.\ A(T)_y / R_a(T_{1y}) = 3070*0.660/5.85 = 346.36$ t

Bina yüksekliği, H=28.5 m > 25 m olduğundan;

Ek tepe kuvveti $\Delta F_{Ny} = 0.07.T_{1y}.V_{ty} = 0.07*0.68*346.36 = 16.49$ t

Katlara etkiyen y yönü eşdeğer deprem kuvvetleri Tablo 5.32' de gösterilmiştir.

Tablo 5.32 Kat ağırlıkları ve y yönü eşdeğer deprem kuvvetleri (R = 5.85)

Katlar	hi (m)	Wi (ton)	Wi*hi (tm)	Wi*hi / Wi*hi	Fyi (ton)
10	28.50	235	6697.50	0.1456	64.52
9	25.65	315	8079.75	0.1757	57.94
8	22.80	315	7182.00	0.1561	51.50
7	19.95	315	6284.25	0.1366	45.07
6	17.10	315	5386.50	0.1171	38.63
5	14.25	315	4488.75	0.0976	32.19
4	11.40	315	3591.00	0.0781	25.75
3	8.55	315	2693.25	0.0586	19.31
2	5.70	315	1795.50	0.0390	12.88
1	2.85	315	897.75	0.0195	6.44

5.6.2 Düzensizlik ve göreli ötelenme kontrolleri

Güçlendirilmiş binada R= 5.85 alınarak hesaplanan eşdeğer statik deprem yüklerinin kat ağırlık merkezlerine eksantrisiteli etkitilmesi ile yapılan çözümden elde edilen deplasmanlar, A1 ve B2 düzensizlik kontrolleri Tablo 5.33 ve Tablo 5.34 ile verilmiştir. Tablo 5.33'den görüleceği gibi A1 burulma düzensizliği bulunduğundan %5 ekdışmerkezlik değerleri Ex+, Ex-, Ey+ ve Ey- yüklemesi için Di katsayıları ile arttırılıp bina tekrar çözümlenmelidir. Bu amaçla ilgili doğrultudaki eksantirisiteler arttırılarak 2ÇGYR5.85P10 dosyası hazırlanmıştır. Yapılan ikinci çözüm sonucu elde edilen A1 burulma düzensizliği değerleri Tablo 5.35'de verilmiştir.

Tablo 5.33 Güçlendirilmiş bina A1 Burulma düzensizliği kontrolü (R= 5.85, birimler m'dir.)

Ex +%5By Yüklemesi									
Kat	δi min	Δi min	δi max	Δi max	Δi ort	ηbi		Di	Di ey
10	0.02858	0.00380	0.03225	0.00296	0.00338	0.876	< 1.2	1.00	1.033
9	0.02478	0.00381	0.02929	0.00327	0.00354	0.924	< 1.2	1.00	1.033
8	0.02097	0.00378	0.02602	0.00354	0.00366	0.967	< 1.2	1.00	1.033
7	0.01719	0.00369	0.02248	0.00377	0.00373	1.011	< 1.2	1.00	1.033
6	0.01350	0.00349	0.01871	0.00388	0.00369	1.053	< 1.2	1.00	1.033
5	0.01001	0.00317	0.01483	0.00388	0.00353	1.101	< 1.2	1.00	1.033
4	0.00684	0.00270	0.01095	0.00369	0.00320	1.155	< 1.2	1.00	1.033
3	0.00414	0.00214	0.00726	0.00328	0.00271	1.210	> 1.2	1.02	1.051
2	0.00200	0.00143	0.00398	0.00256	0.00200	1.283	> 1.2	1.14	1.181
1	0.00057	0.00057	0.00142	0.00142	0.00100	1.427	> 1.2	1.41	1.461

Ex -%5By Yüklemesi									
Kat	δi min	Δi min	δi max	Δi max	Δi ort	ηbi		Di	Di ey
10	0.01555	0.00151	0.04760	0.00559	0.00355	1.575	> 1.2	1.72	1.779
9	0.01404	0.00164	0.04201	0.00588	0.00376	1.564	> 1.2	1.70	1.754
8	0.01240	0.00174	0.03613	0.00598	0.00386	1.549	> 1.2	1.67	1.722
7	0.01066	0.00181	0.03015	0.00600	0.00391	1.536	> 1.2	1.64	1.694
6	0.00885	0.00184	0.02415	0.00582	0.00383	1.520	> 1.2	1.60	1.656
5	0.00701	0.00183	0.01833	0.00548	0.00366	1.499	> 1.2	1.56	1.613
4	0.00518	0.00175	0.01285	0.00481	0.00328	1.466	> 1.2	1.49	1.543
3	0.00343	0.00155	0.00804	0.00397	0.00276	1.438	> 1.2	1.44	1.484
2	0.00188	0.00119	0.00407	0.00280	0.00200	1.404	> 1.2	1.37	1.413
1	0.00069	0.00069	0.00127	0.00127	0.00098	1.296	> 1.2	1.17	1.205

Ey +%5Bx Yüklemesi									
Kat	δi min	Δi min	δi max	Δi max	Δi ort	ηbi		Di	Di ex
10	0.02196	0.00239	0.03234	0.00337	0.00288	1.170	< 1.2	1.00	0.755
9	0.01957	0.00252	0.02897	0.00358	0.00305	1.174	< 1.2	1.00	0.755
8	0.01705	0.00262	0.02539	0.00378	0.00320	1.181	< 1.2	1.00	0.755
7	0.01443	0.00266	0.02161	0.00389	0.00328	1.188	< 1.2	1.00	0.755
6	0.01177	0.00265	0.01772	0.00392	0.00329	1.193	< 1.2	1.00	0.755
5	0.00912	0.00254	0.01380	0.00380	0.00317	1.199	< 1.2	1.00	0.755
4	0.00658	0.00232	0.01000	0.00350	0.00291	1.203	> 1.2	1.00	0.758
3	0.00426	0.00199	0.00650	0.00302	0.00251	1.206	> 1.2	1.01	0.762
2	0.00227	0.00151	0.00348	0.00231	0.00191	1.209	> 1.2	1.02	0.767
1	0.00076	0.00076	0.00117	0.00117	0.00097	1.212	> 1.2	1.02	0.771

Ey -%5Bx Yüklemesi									
Kat	δi min	Δi min	δi max	Δi max	Δi ort	ηbi		Di	Di ex
10	0.02196	0.00239	0.03234	0.00337	0.00288	1.170	< 1.2	1.00	0.755
9	0.01957	0.00252	0.02897	0.00358	0.00305	1.174	< 1.2	1.00	0.755
8	0.01705	0.00262	0.02539	0.00378	0.00320	1.181	< 1.2	1.00	0.755
7	0.01443	0.00266	0.02161	0.00389	0.00328	1.188	< 1.2	1.00	0.755
6	0.01177	0.00265	0.01772	0.00392	0.00329	1.193	< 1.2	1.00	0.755
5	0.00912	0.00254	0.01380	0.00380	0.00317	1.199	< 1.2	1.00	0.755
4	0.00658	0.00232	0.01000	0.00350	0.00291	1.203	> 1.2	1.00	0.758
3	0.00426	0.00199	0.00650	0.00302	0.00251	1.206	> 1.2	1.01	0.762
2	0.00227	0.00151	0.00348	0.00231	0.00191	1.209	> 1.2	1.02	0.767
1	0.00076	0.00076	0.00117	0.00117	0.00097	1.212	> 1.2	1.02	0.771

Tablo 5.34 Göreli kat ötelenmeleri ve B2 düzensizliği kontrolü (R= 5.85, birimler m'dir.)

Ex +%5By Yüklemesi									
Kat	Δi min	Δi max	hi	Δi max / hi		Δi ort	Δ(i+1) ort	ηki	
10	0.00380	0.00296	2.85	0.00104	< 0.0035	0.00338	-	-	-
9	0.00381	0.00327	2.85	0.00115	< 0.0035	0.00354	0.00338	1.05	< 1.5
8	0.00378	0.00354	2.85	0.00124	< 0.0035	0.00366	0.00354	1.03	< 1.5
7	0.00369	0.00377	2.85	0.00132	< 0.0035	0.00373	0.00366	1.02	< 1.5
6	0.00349	0.00388	2.85	0.00136	< 0.0035	0.00369	0.00373	0.99	< 1.5
5	0.00317	0.00388	2.85	0.00136	< 0.0035	0.00353	0.00369	0.96	< 1.5
4	0.00270	0.00369	2.85	0.00129	< 0.0035	0.00320	0.00353	0.91	< 1.5
3	0.00214	0.00328	2.85	0.00115	< 0.0035	0.00271	0.00320	0.85	< 1.5
2	0.00143	0.00256	2.85	0.00090	< 0.0035	0.00200	0.00271	0.74	< 1.5
1	0.00057	0.00142	2.85	0.00050	< 0.0035	0.00100	0.00200	0.50	< 1.5

Ex -%5By Yüklemesi									
Kat	Δi min	Δi max	hi	Δi max / hi		Δi ort	Δ(i+1) ort	ηki	
10	0.00151	0.00559	2.85	0.00196	< 0.0035	0.00355	-	-	-
9	0.00164	0.00588	2.85	0.00206	< 0.0035	0.00376	0.00355	1.06	< 1.5
8	0.00174	0.00598	2.85	0.00210	< 0.0035	0.00386	0.00376	1.03	< 1.5
7	0.00181	0.006	2.85	0.00211	< 0.0035	0.00391	0.00386	1.01	< 1.5
6	0.00184	0.00582	2.85	0.00204	< 0.0035	0.00383	0.00391	0.98	< 1.5
5	0.00183	0.00548	2.85	0.00192	< 0.0035	0.00366	0.00383	0.95	< 1.5
4	0.00175	0.00481	2.85	0.00169	< 0.0035	0.00328	0.00366	0.90	< 1.5
3	0.00155	0.00397	2.85	0.00139	< 0.0035	0.00276	0.00328	0.84	< 1.5
2	0.00119	0.0028	2.85	0.00098	< 0.0035	0.00200	0.00276	0.72	< 1.5
1	0.00069	0.00127	2.85	0.00045	< 0.0035	0.00098	0.00200	0.49	< 1.5

Ey +%5Bx Yüklemesi									
Kat	Δi min	Δi max	hi	Δi max / hi		Δi ort	Δ(i+1) ort	ηki	
10	0.00239	0.00337	2.85	0.00118	< 0.0035	0.00288	-	-	-
9	0.00252	0.00358	2.85	0.00126	< 0.0035	0.00305	0.00288	1.06	< 1.5
8	0.00262	0.00378	2.85	0.00133	< 0.0035	0.00320	0.00305	1.05	< 1.5
7	0.00266	0.00389	2.85	0.00136	< 0.0035	0.00328	0.00320	1.02	< 1.5
6	0.00265	0.00392	2.85	0.00138	< 0.0035	0.00329	0.00328	1.00	< 1.5
5	0.00254	0.00380	2.85	0.00133	< 0.0035	0.00317	0.00329	0.96	< 1.5
4	0.00232	0.00350	2.85	0.00123	< 0.0035	0.00291	0.00317	0.92	< 1.5
3	0.00199	0.00302	2.85	0.00106	< 0.0035	0.00251	0.00291	0.86	< 1.5
2	0.00151	0.00231	2.85	0.00081	< 0.0035	0.00191	0.00251	0.76	< 1.5
1	0.00076	0.00117	2.85	0.00041	< 0.0035	0.00097	0.00191	0.51	< 1.5

Ey -%5Bx Yüklemesi									
Kat	Δi min	Δi max	hi	Δi max / hi		Δi ort	Δ(i+1) ort	ηki	
10	0.00239	0.00337	2.85	0.00118	< 0.0035	0.00288	-	-	-
9	0.00252	0.00358	2.85	0.00126	< 0.0035	0.00305	0.00288	1.06	< 1.5
8	0.00262	0.00378	2.85	0.00133	< 0.0035	0.00320	0.00305	1.05	< 1.5
7	0.00266	0.00389	2.85	0.00136	< 0.0035	0.00328	0.00320	1.02	< 1.5
6	0.00265	0.00392	2.85	0.00138	< 0.0035	0.00329	0.00328	1.00	< 1.5
5	0.00254	0.00380	2.85	0.00133	< 0.0035	0.00317	0.00329	0.96	< 1.5
4	0.00232	0.00350	2.85	0.00123	< 0.0035	0.00291	0.00317	0.92	< 1.5
3	0.00199	0.00302	2.85	0.00106	< 0.0035	0.00251	0.00291	0.86	< 1.5
2	0.00151	0.00231	2.85	0.00081	< 0.0035	0.00191	0.00251	0.76	< 1.5
1	0.00076	0.00117	2.85	0.00041	< 0.0035	0.00097	0.00191	0.51	< 1.5

Tablo 5.35 2.çözüm A1 Burulma düzensizliği kontrolü (2ÇGYR5.85P10, birimler m'dir.)

Ex +%5By Yüklemesi							
Kat	δi min	Δi min	δi max	Δi max	Δi ort	ηbi	
10	0.02857	0.00380	0.03226	0.00296	0.00338	0.88	< 2
9	0.02477	0.00381	0.02930	0.00327	0.00354	0.92	< 2
8	0.02096	0.00378	0.02603	0.00354	0.00366	0.97	< 2
7	0.01718	0.00369	0.02249	0.00377	0.00373	1.01	< 2
6	0.01349	0.00348	0.01872	0.00388	0.00368	1.05	< 2
5	0.01001	0.00318	0.01484	0.00388	0.00353	1.10	< 2
4	0.00683	0.00270	0.01096	0.00369	0.00320	1.15	< 2
3	0.00413	0.00214	0.00727	0.00329	0.00272	1.21	< 2
2	0.00199	0.00142	0.00398	0.00256	0.00199	1.29	< 2
1	0.00057	0.00057	0.00142	0.00142	0.00100	1.43	< 2

Ex -%5By Yüklemesi							
Kat	δi min	Δi min	δi max	Δi max	Δi ort	ηbi	
10	0.00999	0.00101	0.05409	0.00637	0.00369	1.73	< 2
9	0.00898	0.00108	0.04772	0.00656	0.00382	1.72	< 2
8	0.00790	0.00112	0.04116	0.00673	0.00393	1.71	< 2
7	0.00678	0.00115	0.03443	0.00678	0.00397	1.71	< 2
6	0.00563	0.00117	0.02765	0.00661	0.00389	1.70	< 2
5	0.00446	0.00114	0.02104	0.00624	0.00369	1.69	< 2
4	0.00332	0.00112	0.01480	0.00550	0.00331	1.66	< 2
3	0.00220	0.00098	0.00930	0.00457	0.00278	1.65	< 2
2	0.00122	0.00076	0.00473	0.00325	0.00201	1.62	< 2
1	0.00046	0.00046	0.00148	0.00148	0.00097	1.53	< 2

Ey +%5Bx Yüklemesi							
Kat	δi min	Δi min	δi max	Δi max	Δi ort	ηbi	
10	0.02196	0.00239	0.03234	0.00337	0.00288	1.17	< 2
9	0.01957	0.00252	0.02897	0.00358	0.00305	1.17	< 2
8	0.01705	0.00262	0.02539	0.00377	0.00320	1.18	< 2
7	0.01443	0.00266	0.02162	0.00390	0.00328	1.19	< 2
6	0.01177	0.00265	0.01772	0.00392	0.00329	1.19	< 2
5	0.00912	0.00254	0.01380	0.00380	0.00317	1.20	< 2
4	0.00658	0.00232	0.01000	0.00350	0.00291	1.20	< 2
3	0.00426	0.00199	0.00650	0.00302	0.00251	1.21	< 2
2	0.00227	0.00151	0.00348	0.00231	0.00191	1.21	< 2
1	0.00076	0.00076	0.00117	0.00117	0.00097	1.21	< 2

Ey +%5Bx Yüklemesi							
Kat	δi min	Δi min	δi max	Δi max	Δi ort	ηbi	
10	0.02196	0.00239	0.03234	0.00337	0.00288	1.17	< 2
9	0.01957	0.00252	0.02897	0.00358	0.00305	1.17	< 2
8	0.01705	0.00262	0.02539	0.00377	0.00320	1.18	< 2
7	0.01443	0.00266	0.02162	0.00390	0.00328	1.19	< 2
6	0.01177	0.00265	0.01772	0.00392	0.00329	1.19	< 2
5	0.00912	0.00254	0.01380	0.00380	0.00317	1.20	< 2
4	0.00658	0.00232	0.01000	0.00350	0.00291	1.20	< 2
3	0.00426	0.00199	0.00650	0.00302	0.00251	1.21	< 2
2	0.00227	0.00151	0.00348	0.00231	0.00191	1.21	< 2
1	0.00076	0.00076	0.00117	0.00117	0.00097	1.21	< 2

5.6.3 Güçlendirilmiş binada betonarme tahkikler

Binanın güçlendirilmesinde perdelere başlık teşkil eden kolonların mantolanmış kesitleri Tablo 5.36 ile, mantolanmayan kolonların en büyük eksenel yük tahkiki Tablo 5.37 ile aşağıda verilmiştir.

Tablo 5.36 Son kata kadar mantolanmış perde uç kolonları ve boyutları (cm)

Kolon		Eski boyut		Mantolu boyut	
		bx	by	bx	by
S105	S105s	60	25	90	55
S106	S106s	25	70	55	100
S109	S109s	25	70	55	100
S113	S113s	25	60	55	90

Tablo 5.37 Güçlendirilmiş binada zemin kat kolonlarının maksimum normal kuvvete göre tahkiki

KOLON	Kolon Alanı (cm^2)	Yükleme	Nd max (ton)		Nlim 0,5.fck.Ac	Nd / Nlim	Açıklama
S101	1800	G+Q-Ex+	176.70	<	180	0.98	yeterli
S102	2100	1.4G+1.6Q	194.76	<	210	0.93	yeterli
S103	2100	1.4G+1.6Q	197.58	<	210	0.94	yeterli
S104	1800	1.4G+1.6Q	153.20	<	180	0.85	yeterli
S107	1650	1.4G+1.6Q	122.05	<	165	0.74	yeterli
S108	1650	G+Q-Ex+	136.92	<	165	0.83	yeterli
S110	1250	1.4G+1.6Q	79.69	<	125	0.64	yeterli
S111	2250	1.4G+1.6Q	198.92	<	225	0.88	yeterli
S112	1500	G+Q-Ey+	100.12	<	150	0.67	yeterli
S114	1750	1.4G+1.6Q	167.02	<	175	0.95	yeterli
S115	1750	1.4G+1.6Q	165.46	<	175	0.95	yeterli
S116	3450	1.4G+1.6Q	331.03	<	345	0.96	yeterli

Tablodan da görüldüğü gibi güçlendirmeden sonra kolonlar üzerindeki deprem etkileri azalmıştır. Zemin kat kolonlarının tamamı maksimum eksenel yüke göre eksenel yük kapasiteleri yeterlidir.

Zemin kat kolonlarının her iki doğrultudaki deprem yüklemesi için, x yönü moment taşıma kapasiteleri Tablo 5.38 ve y yönü moment taşıma kapasiteleri Tablo 5.39'da verilmiştir.

Tablo 5.38 Zemin kat kolonlarının x yönü moment kapasiteleri

Kolon	B cm	H cm	Mevcut Donatı	Yükleme	Nd_x tm	Md_x tm	Md_y tm	Mr_x tm	Mr_x/Md_x	Sonuç
S101	60.00	30.00	18.00	G+Q+Ex-	57.03	9.17	0.05	18.82	0.49	yeterli
S102	30.00	70.00	21.00	G+Q-Ex+	118.65	4.02	2.04	13.03	0.31	yeterli
S103	30.00	70.00	21.00	G+Q-Ex+	138.35	3.93	1.04	12.47	0.32	yeterli
S104	60.00	30.00	18.00	G+Q-Ex+	107.07	7.91	0.03	20.71	0.38	yeterli
S107	30.00	55.00	16.50	0.9G-Ex+	65.98	2.60	0.05	10.01	0.26	yeterli
S108	55.00	30.00	16.50	G+Q+Ex-	2.35	5.89	0.42	6.24	0.94	yeterli
S110	50.00	25.00	12.50	G+Q-Ex-	64.60	4.23	0.25	11.99	0.35	yeterli
S111	75.00	30.00	22.50	G+Q+Ex+	83.17	14.46	0.44	29.16	0.50	yeterli
S112	30.00	50.00	15.00	G+Q+Ex+	34.69	3.24	1.05	7.62	0.43	yeterli
S114	25.00	70.00	17.50	G+Q+Ex+	69.38	2.76	1.78	8.83	0.31	yeterli
S115	70.00	25.00	17.50	G+Q-Ex-	113.24	11.76	1.21	22.73	0.52	yeterli
S116	30.00	115.00	34.50	G+Q-Ex-	231.18	5.97	0.42	20.23	0.30	yeterli

Tablo 5.39 Zemin kat kolonlarının y yönü moment kapasiteleri

Kolon	B cm	H cm	Mevcut Donatı	Yükleme	Nd_y tm	Md_y tm	Md_x tm	Mr_y tm	Mr_y/Md_y	Sonuç
S101	60.00	30.00	18.00	G+Q-Ey+	104.79	1.98	0.68	11.17	0.18	yeterli
S102	30.00	70.00	21.00	G+Q-Ey+	92.40	10.31	0.69	28.19	0.37	yeterli
S103	30.00	70.00	21.00	G+Q-Ey+	92.89	9.84	0.66	28.19	0.35	yeterli
S104	60.00	30.00	18.00	G+Q-Ey+	97.59	2.50	1.02	11.17	0.22	yeterli
S107	30.00	55.00	16.50	G+Q-Ey+	92.29	5.11	0.19	17.40	0.29	yeterli
S108	55.00	30.00	16.50	G+Q+Ey-	26.48	1.47	1.64	7.27	0.20	yeterli
S110	50.00	25.00	12.50	G+Q-Ey+	54.01	1.37	0.34	6.46	0.21	yeterli
S111	75.00	30.00	22.50	G+Q+Ey-	116.05	2.01	0.84	13.96	0.14	yeterli
S112	30.00	50.00	15.00	G+Q-Ey+	100.12	5.02	0.38	13.57	0.37	yeterli
S114	25.00	70.00	17.50	G+Q+Ey-	148.58	8.74	0.01	16.65	0.52	yeterli
S115	70.00	25.00	17.50	G+Q-Ey-	86.51	1.87	0.42	9.05	0.21	yeterli
S116	30.00	115.00	34.50	0.9G+Ey-	142.75	32.33	1.11	76.09	0.42	yeterli

Tablolardan da görülebileceği gibi her iki deprem doğrultusu için kolonlar moment taşıma kapasitelerini aşmamıştırlar.

Zemin kat kolonlarının kesme kuvveti kapasiteleri Tablo 5.40'da verilmiştir

Tablo 5.40 Zemin kat kolonlarının kesme kuvveti kapasiteleri

Kolon	B (cm)	H (cm)	$V_{r,max}$ $0.2\sqrt{f_{ck}} \cdot A_c$	$V_{d,max}$	$V_{d,max}/V_{r,max}$	Açıklama
S101	60.00	30.00	16.10	4.32	0.27	yeterli
S102	30.00	70.00	18.78	4.59	0.24	yeterli
S103	30.00	70.00	18.78	4.73	0.25	yeterli
S104	60.00	30.00	16.10	3.46	0.21	yeterli
S105	30.00	55.00	14.76	2.59	0.18	yeterli
S106	55.00	30.00	14.76	3.30	0.22	yeterli
S107	50.00	25.00	11.18	2.65	0.24	yeterli
S108	75.00	30.00	20.12	7.11	0.35	yeterli
S109	30.00	50.00	13.42	2.99	0.22	yeterli
S110	25.00	70.00	15.65	3.53	0.23	yeterli
S111	70.00	25.00	15.65	5.69	0.36	yeterli
S112	30.00	115.00	30.86	8.96	0.29	yeterli

SAP2000 programından elde edilen kiriş donatıları ve donatı oranları Tablo 5.41'de verilmiştir.

Tablo 5.41 Kiriş donatıları ve oranları

KİRİŞ		güçlendirilmiş yapı için Gerekli donatı (cm^2)		Donatı oranları	
		sol uç	sağ uç	sol uç	sağ uç
K1017	üst	3.12	14.05	0.003	0.012
(20 / 60)	alt	3.86	7.09	0.003	0.006
K1028	üst	5.76	13.51	0.004	0.010
(20 / 70)	alt	8.74	9.37	0.006	0.007
K917	üst	4.11	15.66	0.003	0.013
(20 / 60)	alt	5.21	8.09	0.004	0.007
K928	üst	9.64	15.35	0.007	0.011
(20 / 70)	alt	13.98	10.90	0.010	0.008
K817	üst	4.47	16.36	0.004	0.014
(20 / 60)	alt	6.19	8.94	0.005	0.007
K828	üst	9.76	16.10	0.007	0.012
(20 / 70)	alt	13.62	11.03	0.010	0.008
K717	üst	4.78	16.91	0.004	0.014
(20 / 60)	alt	6.65	9.79	0.006	0.008
K728	üst	10.31	15.86	0.007	0.011
(20 / 70)	alt	13.86	12.07	0.010	0.009

Tablo 5.41'in devamı

KİRİŞ		güçlendirilmiş yapı için Gerekli donatı (cm^2)		Donatı oranları	
		sol uç	sağ uç	sol uç	sağ uç
K617	üst	4.95	16.78	0.004	0.014
(20 / 60)	alt	6.64	9.45	0.006	0.008
K628	üst	10.62	15.04	0.008	0.011
(20 / 70)	alt	13.68	12.37	0.010	0.009
K517	üst	5.15	16.52	0.004	0.014
(20 / 60)	alt	6.47	10.80	0.005	0.009
K528	üst	10.42	14.96	0.007	0.011
(20 / 70)	alt	12.78	12.18	0.009	0.009
K417	üst	5.39	15.43	0.004	0.013
(20 / 60)	alt	6.39	10.75	0.005	0.009
K428	üst	10.97	14.11	0.008	0.010
(20 / 70)	alt	12.79	11.98	0.009	0.009
K317	üst	5.22	13.50	0.004	0.011
(20 / 60)	alt	5.78	9.77	0.005	0.008
K328	üst	10.82	12.41	0.008	0.009
(20 / 70)	alt	11.88	10.75	0.008	0.008
K217	üst	4.74	10.71	0.004	0.009
(20 / 60)	alt	4.91	8.11	0.004	0.007
K228	üst	8.85	9.59	0.006	0.007
(20 / 70)	alt	8.86	8.45	0.006	0.006
K117	üst	3.54	6.73	0.003	0.006
(20 / 60)	alt	3.36	5.07	0.003	0.004
K128	üst	6.12	6.01	0.004	0.004
(20 / 70)	alt	5.30	5.12	0.004	0.004

5.6.4 İlave perdelerin betonarme hesabı

IP101 Perdesi :

1. ve 2. katta hesap;

M_x = 1063 tm b_w = 20 cm L_w = 3.50 m A_p = 1.13 cm^2

Momentin sadece donatıların oluşturduğu kuvvet çifti ile karşılandığı varsayımı ile

$A_s = M_d / (f_{yd}*z) = 1063 / (3.65\ t/cm^2 * 2.78\ m) = 104\ cm^2$

z: moment kolu (perde başlık merkezleri arası mesafe)

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

i ucunda; S105 ($A_{s,mev}$ = 15.0 cm^2), N_{G+Q} = 118.56 t

j ucunda; S106 ($A_{s,mev}$ = 17.5 cm^2), N_{G+Q} = 129.90 t

$A_{s,ilave} = 104 – 15 – 118.56 / 3.65 = 56.52\ cm^2$

Seçilen ilave donatı; 24ϕ18 (60.96 cm^2)

$A_{s\ min,uç} = 0.002*A_{ch} = 0.002*1.13*10^4 = 22.6\ cm^2$

$H_{cr} > L_w$ olması gerektiğinden kritik perde yüksekliği ; $H_{cr} = 2*h_i = 2*2.85 = 5.7$ m

Kritik perde yüksekliği boyunca gerekli uç alanı ;

$A_{uç} = 0.2.b_w.l_w = 0.2*1.13 = 0.226\ m^2$

Mantolanmış perde başlık kolonları için kontrol edilir ise;

i ucu alanı = 90*55 = 4950 cm^2 > 2260 cm^2

j ucu alanı = 100*55 = 5500 cm^2 > 2260 cm^2

Başlık kolonunda pursantaj; ρ = (60.96 + 15.0) / 4950 = % 1.4

Seçilen düşey gövde donatısı; 2*ϕ12/20 (11.30 cm^2 / m)

$A_{s,düşey}$ =20*1.13 = 22.60 cm^2 > $A_{s\ düşey,\ min}$ =0.0025*20*205 = 10.25 cm^2

Seçilen yatay gövde donatısı; 2*ϕ12/20 (11.30 cm^2 / m)

$Vw = (2*1.13/20)*3.65*350^{cm}$ = 144.36 t > V_d = 97 t

$A_{s,yatay}$ =24*1.13 = 27.12 cm^2 > $A_{s\ yatay,\ min}$ =0.0025*20*215 = 10.75 cm^2

Perde uç etriyesi ;

Seçilen yatay uç donatısı; ϕ12/10 (kritik perde yüksekliği boyunca)

$A_{sh} \geq 0.0.75.s.b_k.(f_{ck}/f_{ywk})$ → $A_{sh} = 0.075*10*55*(200/4200) = 1.96\ cm^2$

$A_s = 1.96/2 = 0.98\ cm^2 > \phi12$ ($1.13\ cm^2$)

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

$2*\phi12/20$ ($11.30\ cm^2$ / m) → Seçilen ϕ20/25 ($12.72\ cm^2$)

3., 4., 5. ve 6. katta hesap;

$M_x = 647.7$ tm $A_s = 647.7 / (3.65\ t/cm^2 * 2.78\ m) = 63.83\ cm^2$

i ucunda; S305 ($A_{s,mev} = 15.0\ cm^2$), $N_{G+Q} = 94.15$ t

j ucunda; S306 ($A_{s,mev} = 17.5\ cm^2$), $N_{G+Q} = 107.16$ t

$A_{s,ilave} = 63.83 – 15 – 94.15 / 3.65 = 23.03\ cm^2$

Seçilen ilave donatı; 19ϕ16 ($38.19\ cm^2$)

Seçilen yatay ve düşey gövde donatısı; $2*\phi10/20$ ($7.86\ cm^2$ / m)

$Vw = (2*0.79/20)*3.65*350^{cm} = 100.92\ t > V_d = 81.25$ t

Seçilen yatay uç donatısı; ϕ10/15

Şeçilen Ankraj donatısı; ϕ18/30 ($8.49\ cm^2$)

7., 8., 9. ve 10. katta hesap;

$M_x = 114.11$ tm $A_s = 114.11 / (3.65\ t/cm^2 * 2.78\ m) = 11.25\ cm^2$

Momentin düşük olmasından dolayı mevcut kolonların donatıları perde uç bölgesi için yeterlidir. Ancak manto boyuna donatısı için konstrüktif olarak;

$A_{s\ min,\ uç} = 0.001.A_{ch} = 0.001*1.13*10^4 = 11.30\ cm^2$

Seçilen ilave donatı; 19ϕ14 ($29.26\ cm^2$)

Seçilen yatay ve düşey gövde donatısı; $2*\phi10/25$ ($6.28\ cm^2$ / m)

Seçilen yatay uç donatısı; ϕ10/20

Şeçilen Ankraj donatısı; ϕ16/30 ($8.49\ cm^2$)

IP103 Perdesi :

1. ve 2. katta hesap;

M_y = 1475 tm b_w = 20 cm L_w = 4.60 m A_p = 1.27 cm^2

$A_s = M_d / (f_{yd}*z) = 1475 / (3.65\ t/cm^2 * 3.6\ m) = 112.3\ cm^2$

i ucunda; S109 ($A_{s,mev}$ = 17.5 cm^2), N_{G+Q} = 124.73 t

j ucunda; S106 ($A_{s,mev}$ = 17.5 cm^2), N_{G+Q} = 129.90 t

$A_{s,ilave} = 112.3 – 17.5 – 124.73 / 3.65 = 60.63\ cm^2$

Seçilen ilave donatı; 24ϕ18 (60.96 cm^2)

$H_{cr} > L_w$ olması gerektiğinden kritik perde yüksekliği ; $H_{cr} = 2*h_i = 2*2.85 = 5.7$ m

Kritik perde yüksekliği boyunca gerekli uç alanı ;

$A_{uç} = 0.2.b_w.l_w = 0.2*1.27 = 0.254\ m^2$

Mantolanmış perde başlık kolonları için kontrol edilir ise;

i ucu alanı = j ucu alanı = $100*55 = 5500\ cm^2 > 2260\ cm^2$

Başlık kolonunda pursantaj; ρ = (60.96 + 17.5) / 5500 = % 1.43

Seçilen düşey gövde donatısı; 2*ϕ12/20 (11.30 cm^2 / m)

$A_{s,düşey} = 28*1.13 = 31.64\ cm^2 > A_{s\ düşey,\ min} = 0.0025*20*260 = 13.00\ cm^2$

Seçilen yatay gövde donatısı; 2*ϕ12/20 (11.30 cm^2 / m)

$Vw = (2*1.13/20)*3.65*460^{cm} = 189.80\ t > V_d = 157.30\ t$

$A_{s,yatay} = 24*1.13 = 27.12\ cm^2 > A_{s\ yatay,\ min} = 0.0025*20*215 = 10.75\ cm^2$

Perde uç etriyesi ;

Seçilen yatay uç donatısı; ϕ12/10 (kritik perde yüksekliği boyunca)

$A_{sh} = 0.075*10*55*(200/4200) = 1.96\ cm^2$

$A_s = 1.96/2 = 0.98\ cm^2 >$ ϕ12 (1.13 cm^2)

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

2*ϕ12/20 (11.30 cm^2 / m) → Seçilen ϕ20/25 (12.72 cm^2)

3., 4., 5. ve 6. katta hesap;

M_y = 615.0 tm A_s = 615.0 / (3.65 t/cm^2 * 3.6 m) = 46.8 cm^2

i ucunda; S305 ($A_{s,mev}$ = 17.5 cm^2)

j ucunda; S306 ($A_{s,mev}$ = 17.5 cm^2)

$A_{s,ilave}$ = 46.8 – 17.5 = 29.30 cm^2

Seçilen ilave donatı; 19ϕ16 (38.19 cm^2)

Seçilen yatay ve düşey gövde donatısı; 2*ϕ10/20 (7.86 cm^2 / m)

Vw = (2*0.79/20)*3.65*460^{cm} = 132.64 t > V_d = 127.95 t

Seçilen yatay uç donatısı; ϕ10/15

Şeçilen Ankraj donatısı; ϕ18/30 (8.49 cm^2)

7., 8., 9. ve 10. katta hesap;

M_y = 124.60 tm

Momentin düşük olmasından dolayı mevcut kolonların donatıları perde uç bölgesi için yeterlidir. Ancak manto boyuna donatısı için konstrüktif olarak;

Seçilen ilave donatı; 19ϕ14 (29.26 cm^2)

Seçilen yatay ve düşey gövde donatısı; 2*ϕ10/25 (6.28 cm^2 / m)

Seçilen yatay uç donatısı; ϕ10/20

Şeçilen Ankraj donatısı; ϕ16/30 (8.49 cm^2)

IP105 Perdesi :

1. ve 2. katta hesap;

M_x = 1031 tm b_w = 20 cm L_w = 3.15 m A_p = 1.10 cm^2

$A_s = M_d / (f_{yd} * z)$ = 1031 / (3.65 t/cm^2 * 2.6 m) = 108.6 cm^2

i ucunda; S113 ($A_{s,mev}$ = 15.0 cm^2), N_{G+Q} = 134.90 t

j ucunda; S113s ($A_{s,mev}$ = 15.0 cm^2), N_{G+Q} = 134.90 t

$A_{s,ilave}$ = 108.6 – 15.0 – 134.90 / 3.15 = 56.70 cm^2

Seçilen ilave donatı; 23ϕ18 (58.42 cm^2)

$H_{cr} > L_w$ olması gerektiğinden kritik perde yüksekliği ; $H_{cr} = 2*h_i = 2*2.85 = 5.7$ m

Kritik perde yüksekliği boyunca gerekli uç alanı ;

$A_{uç} = 0.2.b_w.l_w = 0.2*1.10 = 0.22$ m^2

Mantolanmış perde başlık kolonları için kontrol edilir ise;

i ucu alanı = j ucu alanı = 90*55 = 4950 cm^2 > 2260 cm^2

Başlık kolonunda pursantaj; ρ = (56.70 + 15.0) / 4950 = % 1.44

Seçilen düşey gövde donatısı; 2*ϕ12/20 (11.30 cm^2 / m)

$A_{s,düşey}$ =20*1.13 = 22.60 cm^2 > $A_{s\ düşey,\ min}$ =0.0025*20*205 = 10.25 cm^2

Seçilen yatay gövde donatısı; 2*ϕ12/20 (11.30 cm^2 / m)

Vw = (2*1.13/20)*3.65*315^{cm} = 129.92 t > V_d = 75.65 t

$A_{s,yatay}$ =24*1.13 = 27.12 cm^2 > $A_{s\ yatay,\ min}$ =0.0025*20*215 = 10.75 cm^2

Perde uç etriyesi ;

Seçilen yatay uç donatısı; ϕ12/10 (kritik perde yüksekliği boyunca)

A_{sh} = 0.075*10*55*(200/4200) = 1.96 cm^2

A_s =1.96/2 = 0.98 cm^2 > ϕ12 (1.13 cm^2)

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

2*ϕ12/20 (11.30 cm^2 / m) → Seçilen ϕ20/25 (12.72 cm^2)

<u>3., 4., 5. ve 6. katta hesap;</u>

M_x = 549.42 tm A_s = 549.42 / (3.65 t/cm^2 * 2.6m) = 57.85 cm^2

i ucunda; S305 ($A_{s,mev}$ = 15.0 cm^2)

j ucunda; S306 ($A_{s,mev}$ = 15.0 cm^2)

$A_{s,ilave}$ = 57.85 – 15.0 – 111.95/3,65 = 12.18 cm^2

Seçilen ilave donatı; 18ϕ16 (36.18 cm^2)

Seçilen yatay ve düşey gövde donatısı; 2*ϕ10/20 (7.86 cm^2 / m)

Vw = (2*0.79/20)*3.65*315^{cm} = 90.83 t > V_d = 61.96 t

Seçilen yatay uç donatısı; ϕ10/15

Şeçilen Ankraj donatısı; ϕ18/30 (8.49 cm^2)

7., 8., 9. ve 10. katta hesap;

M_x = 75.70 tm

Momentin düşük olmasından dolayı mevcut kolonların donatıları perde uç bölgesi için yeterlidir. Ancak manto boyuna donatısı için konstrüktif olarak;

Seçilen ilave donatı; 18ϕ14 (27.72 cm^2)

Seçilen yatay ve düşey gövde donatısı; 2*ϕ10/25 (6.28 cm^2 / m)

Seçilen yatay uç donatısı; ϕ10/20

Şeçilen Ankraj donatısı; ϕ16/30 (8.49 cm^2)

5.6.5 Perde temeli hesabı

Binaya ilave edilen perdelerle (IP01, IP02, IP03, IP04, IP05) birlikte komşu kolonları da kapsayacak radye temel düşünülmüştür. Radye temelin çözümlenmesi için SAP2000 programından faydalanılmıştır. Temel planda 0.5m*0.5m = 0.25 m^2 boyutlarında, 0.75m kalınlıkta sonlu plak elemanlara bölünerek düğüm noktalarına elastik yaylar tanımlanmış, temelde en olumsuz tesirleri verecek olan G+Q+Ex-, G+Q-Ex-, G+Q+Ey-, G+Q-Ey- yükleme halleri için radye temel çözümlenmiştir. Perde altına gelen radye temelde eğilme sıfırlanmıştır. Tablo 5.42'de çözümde kullanılan yükleme halleri ve yükler verilmiştir.

Yapılan çözüm sonucu zeminde oluşan maksimum gerilme;

$\sigma = 26\ t/m^2 < \sigma_{em} = 30\ t/m^2$ (depremli durum için σ_{em} =1.5*20 =30 t/m^2)

Tablo 5.42 Perde ve kolon yükleri

elemanlar	G + Q + Ex -		
	N (t)	Mx (tm)	My (tm)
IP101	110	1063	16.15
IP102	618	1035	11
IP105	410	761	1.5
IP103	861	39	74.32
IP104	60	34	77.65
S108	10	5.88	0.42
S108s	136	4.1	0.31
S110	47	3.68	0.06
S110s	65	4.0	0.03
S112	34	2.1	0.46
S112s	100	1.8	0.7
S104	108	7.9	0.01
S107	85	2.6	0.09

elemanlar	G + Q - Ex -		
	N (t)	Mx (tm)	My (tm)
IP101	708	714.06	13.43
IP102	20	742.57	7.87
IP105	410	1030.89	0.31
IP103	7	27.6	52.15
IP104	795	32.16	38.68
S108	123	3.82	0.41
S108s	13	5.69	0.31
S110	65	4.24	0.25
S110s	47	3.91	0.28
S112	99	2.64	0.81
S112s	35	2.91	1.05
S104	107	4.54	0.01
S107	85	1.98	0.02

Tablo 5.42'nin devamı

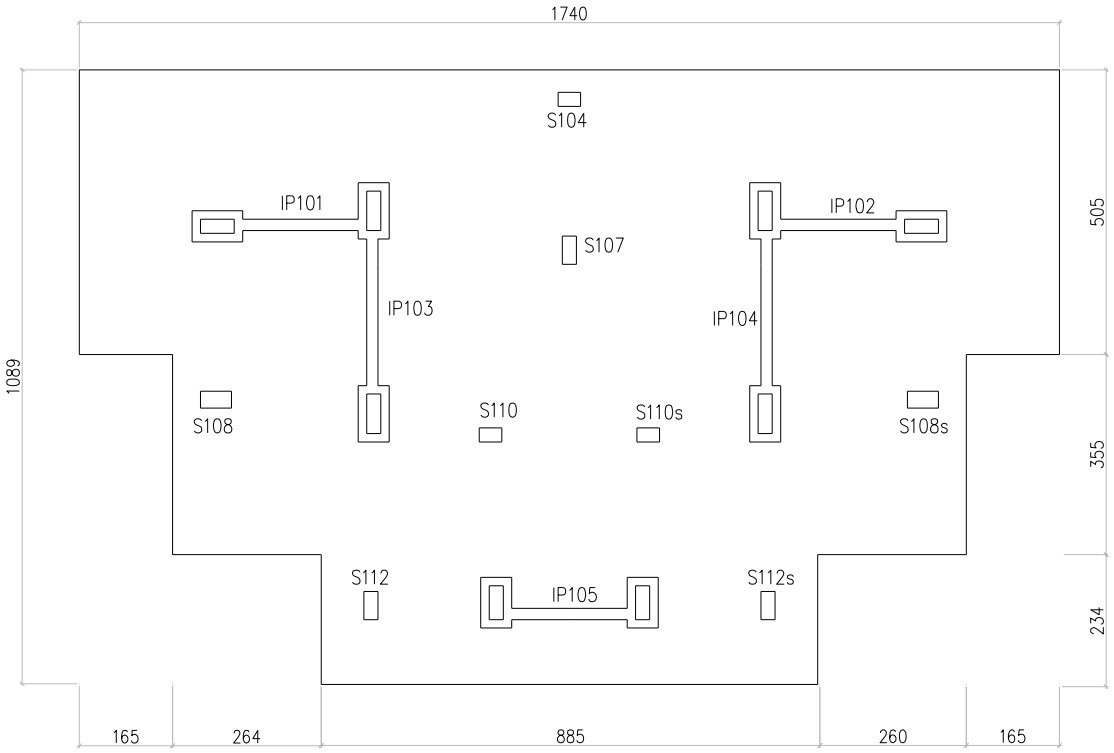
elemanlar	G + Q + Ey -		
	N (t)	Mx (tm)	My (tm)
IP101	982	233.86	70.56
IP102	928	40.41	56.00
IP105	253	81	62.20
IP103	193	6.6	1487.6
IP104	152	2.8	1197.5
S108	27	1.6	1.49
S108s	35	1.5	1.53
S110	58	0.66	1.32
S110s	58	0.52	1.19
S112	34	0.10	4.78
S112s	34	0.38	3.86
S104	117	1.02	2.51
S107	79	0.19	4.92

elemanlar	G + Q - Ey -		
	N (t)	Mx (tm)	My (tm)
IP101	200	11.89	50.44
IP102	255	205.34	64.98
IP105	567	81.74	61.62
IP103	649	1.79	1184.07
IP104	609	2.05	1475.12
S108	100	0.34	0.93
S108s	108	0.22	1.37
S110	53	0.19	1.22
S110s	54	0.35	1.35
S112	99	0.11	4.11
S112s	100	0.38	5.02
S104	98	1.02	2.50
S107	92	0.19	5.11

$\rho_{min} = 0.002 \quad A_{s,min} = 0.002*75*100 = 15.0\ cm^2$

Seçilen donatı alt ve üstte her iki yönde ϕ 20/20 (15.72 cm^2)

Bu donatı ile karşılanabilecek moment; M= 41.5 tm



Şekil 5.7 Temel planı

6. SONUÇLAR

1975 Yönetmeliğine göre yapılmış binaların, 1998 deprem yönetmeliğine göre değerlendirilmesinde süneklik koşulların değişmesinden ve yapıya etkiyen deprem kuvvetlerin artmasından dolayı yapıda taşıyıcı sistem yeterli dayanım gösterememektedir. Bu yüzden bu tip binaların güçlendirilmesine gerek duyulmaktadır.

Binanın güçlendirilmesi için yapıya eklenen perdelerle, mevcut kiriş ve kolonların kesit tesirlerinde belirgin azalmalar olmuştur. Eklenen perdelerin yüksekliği arttıkça moment karşılama oranlarının arttığı gözlenmiştir. Perdelerin katlarda kesilmesi durumunda, perde üzerinde kalan kolonların büyük momentlere maruz kaldığı gözlenmiştir. Perdelerin katlarda devam ettirilmemesi, yapı rijitiliğini bozacağı için tavsiye edilen bir durum değildir.

Mevcut ve yeni elemanlar arasında yük aktarımının verimli şekilde sağlanabilmesi için birleşme bölgelerinin özenle ele alınıp projelendirilmesi ve uygulamasının çok iyi yapılması gerekmektedir.

Güçlendirme amacı için yapıya eklenen perdelerin yeri iyi seçilmeli, ek burulma momenti meydana getirmesini önlemek için de binanın dış çerçevelerine eklenmeli. Unutulmamalıdır ki bina üzerinde yapılacak her türlü güçlendirme, yapıyı deprem kuvvetlerine karşı güvenliğini arttırsa da yapının ekonomik ömrü de gözönünde bulundurulmalıdır. Güçlendirme maliyetlerinin yüksek olmasından dolayı güçlendirmenin maliyet analizi yapılmalıdır.

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-498,** 1987. Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım kuralları, *Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.*

[5] 1999 Kocaeli Depremi Sonrası Betonarme Binalarda Onarım ve Güçlendirme İlkeleri. İTÜ İnşaat Fakültesi, (17.12.1999)

[6] **Celep, Z.; N. Kumbasar;** 2000. Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, Beta Dağıtım, İstanbul.

[7] **Bayülke, N;** Depremde Hasar Gören Yapıların Onarım ve Güçlendirilmesi, İnşaat Mühendisleri Odası, İzmir Şubesi. (2001)

[8] **Demir, H;** 1999**.** Depremde Hasar Görmüş Betonarme Yapıların Onarım ve Güçlendirilmesi, İstanbul Teknik Üniversite Matbaası, İstanbul.

[9] **Celep, Z.; N. Kumbasar;** 2001. Betonarme Yapılar, Beta Dağıtım, İstanbul.

ÖZGEÇMİŞ

Erkan Beyli 1978 yılında Aydın'da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Aydın'da tamamladı. 1995 yılında Aydın Lisesi'nden mezun olduktan sonra Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümüne girdi. 1999 yılında üniversiteyi bitirdi ve aynı yıl İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Yapı Mühendisliği'nde Yüksek Lisans programına başladı.