

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**PERDELİ ÇERÇEVE TAŞIYICI SİSTEMLERİ SAHİP BİR BETONARME
YAPIDA FARKLI DÖŞEME TİRLERİNİN DAVRANIŞA ETKİSİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İnşaat Müh. Ahmet DEMİROK**

Anabilim Dalı : İnşaat Mühendisliği

Programı : Yapı Mühendisliği

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Tülay AKSU ÖZKUL

OCAK 2009

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**PERDELİ ÇERÇEVE TAŞIYICI SİSTEMLERE SAHİP BİR BETONARME
YAPIDA FARKLI DÖŞEME TİRLERİNİN DAVRANIŞA ETKİSİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Ahmet DEMİROK
(501061008)**

Tezin Enstitüye Verildiğı Tarih : 29 Aralık 2008

Tezin Savunulduğu Tarih : 21 Ocak 2009

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. Tülay AKSU ÖZKUL (İTÜ)
Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Ahmet Işın SAYGUN (İTÜ)
Doç. Dr. Mustafa ZORBOZAN (YTÜ)**

OCAK 2009

ÖNSÖZ

Yüksek lisans tezi olarak hazırlanan bu çalışmada çok katlı binalarda farklı döşeme türlerinin taşıyıcı sisteme olan etkileri incelenmiştir. Kirişli plak döşeme, dışlı döşeme ve kirişsiz döşeme sistemleri kullanılarak tasarlanan aynı mimariye sahip binaların ETABS programı yardımıyla analizleri yapılmış, elde edilen verilerin standart ve yönetmeliklere uygunluğu kontrol edilmiş ve birbirleriyle karşılaştırmaları yapılmıştır.

Bu çalışmayı hazırlarken beni yönlendiren, bilgi birikimi ve deneyimini esirgemeyen ve her konuda bana destek olan sayın hocam Prof. Dr. Tülay AKSU ÖZKUL'a, tüm hayatım boyunca ve özellikle de yüksek lisans eğitimim sırasında bana maddi ve manevi destek olan annem ve babam Sayın Fatma ve Hüseyin DEMİROK'a, ayrıca benden desteğini ve yardımlarını esirgemeyen Sayın Duygu KUŞ'a ve kardeşim kadar sevdiğim meslektaşım Sayın Halil FINDIK'a teşekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim.

Aralık 2008

Ahmet DEMİROK

İnşaat Mühendisi

İÇİNDEKİLER

Sayfa

KISALTMALAR	vii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	viii
ŞEKİL LİSTESİ.....	x
SEMBOL LİSTESİ.....	xii
ÖZET	xv
SUMMARY	xvii
1. GİRİŞ	1
2. DÖŞEME SİSTEMLERİ HAKKINDA GENEL BİLGİLER.....	3
2.1 Kirişli Plak Döşemeler.....	4
2.2 Dişli Döşemeler.....	7
2.3 Kirişsiz Döşemeler	10
3. YAPI TAŞIYICI SİSTEMLERİ VE SÜNEKLİK DÜZEYLERİ	15
3.1 Çerçeve Sistemler.....	16
3.2 Perdeli Sistemler	17
3.3 Perdeli Çerçeve Sistemler.....	17
3.4 Tüp Sistemler	18
3.5 Çekirdek Sistemler	19
4. DBYBHY'DE BELİRTİLEN YAPI DÜZENSİZLİKLERİ.....	21
4.1 Planda Düzensizliği Bulunan Yapılar	21
4.1.1 A-1 Burulma düzensizliği.....	21
4.1.2 A-2 Döşeme süreksizlik düzensizliği	23
4.1.3 A-3 Planda çıkıntılar bulunması düzensizliği	24
4.2 Düşey Doğrultuda Düzensizlik Durumları	25
4.2.1 B-1 Komşu katlar arası dayanım düzensizliği	25
4.2.2 B-2 Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği	26
4.2.3 B-3 Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği:	26
4.3 Göreli Kat Ötelemeleri Kontrolü.....	26
4.4 İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü	27
5. TASARIMI YAPILACAK BİNA HAKKINDA GENEL BİLGİLER.....	29
5.1 Bina-I Çözümlemesi	32
5.1.1 Döşeme hesabı	32
5.1.1.1 Döşeme yüklerinin bulunması.....	33
5.1.1.2 Donatı hesabı	35
5.1.2 Kirişlerin ön boyutlandırılması	38
5.1.3 Perdelerin ön boyutlandırılması	39
5.1.4 Kolonların boyutlandırılması	40
5.1.5 Bina-I için modelleme bilgileri	47
5.1.6 Bina-I için elde edilen sonuçlar	54
5.2 Bina-II Çözümlemesi.....	58
5.2.1 Döşeme hesabı	58
5.2.1.1 Döşeme yüklerinin bulunması.....	58

5.2.1.2 Donatı hesabı	60
5.2.2 Kirişlerin ön boyutlandırılması	61
5.2.3 Perdelerin ön boyutlandırılması	61
5.2.4 Kolonların boyutlandırılması	61
5.2.5 Bina-II için modelleme bilgileri.....	64
5.2.6 Bina-II için elde edilen sonuçlar	66
5.3 Bina-III Çözümlemesi	70
5.3.1 Döşeme hesabı	70
5.3.1.1 Döşeme yüklerinin bulunması.....	71
5.3.1.2 Donatı hesabı	72
5.3.2 Perdelerin ön boyutlandırılması	78
5.3.3 Kolonların ön boyutlandırılması	78
5.3.4 Kirişsiz döşemelerde zımbalama etkisi	78
5.3.5 Bina-III için modelleme bilgileri.....	82
5.3.6 Bina-III için elde edilen sonuçlar	84
5.4 Analiz Sonuçları ve Karşılaştırmalar.....	88
6. SONUÇLAR.....	111
KAYNAKLAR.....	115
ÖZGEÇMİŞ	117

KISALTMALAR

DBYBHY	: Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik
TS 500	: Betonarme Yapıların Tasarım ve Hesap Kuralları
TS 498	: Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Bir doğrultuda çalışan döşemelerle ilgili konstrüktif kurallar.....	7
Çizelge 2.2 : İki doğrultuda çalışan döşemeler ile ilgili konstrüktif kurallar	7
Çizelge 2.3 : Dişli döşemeler ile ilgili konstrüktif kurallar	10
Çizelge 2.4 : Kirişsiz döşemeler ile ilgili konstrüktif kurallar	13
Çizelge 4.1 : Hesapta eşdeğer deprem yükü yönteminin kullanılabileceği bina türleri	22
Çizelge 5.1 : Döşeme kalınlıklarının belirlenmesi	33
Çizelge 5.2 : Bina-I normal kat döşeme yükleri	34
Çizelge 5.3 : Bina-I çatı katı döşeme yükleri.....	34
Çizelge 5.4 : Bina-I açıklık ve mesnet momentleri.....	35
Çizelge 5.5 : Bina-I açıklık donatıları	37
Çizelge 5.6 : Bina-I mesnet donatıları	38
Çizelge 5.7 : Bina-I için kolon boyutları	46
Çizelge 5.8 : Bina-I'ın 12 moda ait kütle katılım oranları.....	54
Çizelge 5.9 : Bina-I'ın 12 moda ait periyot değerleri.....	55
Çizelge 5.10 : Bina-I'e ait katların x ve y yönünde yaptıkları deplasmanlar	55
Çizelge 5.11 : Bina-I'ın x ve y yönlerindeki görelî kat öteleme kontrolü.....	56
Çizelge 5.12 : x ve y yönünde etkiyen deprem neticesinde katlarda oluşan kesme kuvvetleri	56
Çizelge 5.13 : Bina-I'ın x yönündeki 2. mertebe kontrolü	57
Çizelge 5.14 : Bina-I'ın y yönündeki 2. mertebe kontrolü	57
Çizelge 5.15 : Bina-II normal kat döşeme yükleri	59
Çizelge 5.16 : Bina-II çatı katı döşeme yükleri	60
Çizelge 5.17 : Bina-II döşeme donatıları.....	60
Çizelge 5.18 : Bina-II için kolon boyutları	62
Çizelge 5.19 : Bina-II'nin 12 moda ait kütle katılım oranları.....	66
Çizelge 5.20 : Bina-II'nin 12 moda ait periyotları.....	67
Çizelge 5.21 : Bina-II'ye ait katların x ve y yönünde yaptıkları deplasmanlar	67
Çizelge 5.22 : Bina-II'nin x ve y yönlerindeki görelî kat öteleme kontrolü.....	68
Çizelge 5.23 : x ve y yönünde etkiyen deprem neticesinde katlarda oluşan kesme kuvvetleri	68
Çizelge 5.24 : Bina-II'nin x yönündeki 2. mertebe kontrolü.....	69
Çizelge 5.25 : Bina-II'nin y yönündeki 2. mertebe kontrolü.....	69
Çizelge 5.26 : Bina-III normal kat döşeme yükleri.....	71
Çizelge 5.27 : Bina-III çatı katı döşeme yükleri	71
Çizelge 5.28 : Yaklaşık Yöntem için dağıtma katsayıları	72
Çizelge 5.29 : B aksı kolon şeridi hesabı.....	73
Çizelge 5.30 : B aksı orta şerit hesabı	73
Çizelge 5.31 : C aksı kolon şeridi hesabı.....	74
Çizelge 5.32 : C aksı orta şerit hesabı	74
Çizelge 5.33 : 2 aksı kolon şeridi hesabı	75

Çizelge 5.34 : 2 aksı orta şerit hesabı	75
Çizelge 5.35 : 3 aksı kolon şeridi hesabı	76
Çizelge 5.36 : 3 aksı orta şerit hesabı	76
Çizelge 5.37 : 4 aksı kolon şeridi hesabı	77
Çizelge 5.38 : 4 aksı orta şerit hesabı	77
Çizelge 5.39 : Bina-III için kolon boyutları.....	80
Çizelge 5.40 : Bina-III'ün 12 moda ait kütle katılım oranları	84
Çizelge 5.41 : Bina-III'ün 12 moda ait periyotları.....	85
Çizelge 5.42 : Bina-III'e ait katların x ve y yönünde yaptıkları deplasmanlar.....	85
Çizelge 5.43 : Bina-III'ün x ve y yönlerindeki görelî kat öteleme kontrolü	86
Çizelge 5.44 : x ve y yönünde etkiyen deprem neticesinde katlarda oluşan kesme kuvvetleri	86
Çizelge 5.45 : Bina-III'ün x yönündeki 2. mertebe kontrolü.....	87
Çizelge 5.46 : Bina-III'ün y yönündeki 2. mertebe kontrolü.....	87
Çizelge 5.47 : Binaların ilk 3 modlarına ait periyot değerleri	89
Çizelge 5.48 : Katların yaptıkları deplasmanlar (x doğrultusunda)	90
Çizelge 5.49 : Katların yaptıkları deplasmanlar (y doğrultusunda)	91
Çizelge 5.50 : Katların x doğrultusunda yaptıkları görelî kat öteleme kontrolü	92
Çizelge 5.51 : Katların y doğrultusunda yaptıkları görelî kat öteleme kontrolü	93
Çizelge 5.52 : x doğrultusunda etkiyen deprem yüklemesi neticesinde katlara gelen kesme kuvvetleri.....	94
Çizelge 5.53 : y doğrultusunda etkiyen deprem yüklemesi neticesinde katlara gelen kesme kuvvetleri.....	95
Çizelge 5.54 : x doğrultusunda 2. mertebe etkilerinin hesap ve kontrolü	96
Çizelge 5.55 : y doğrultusunda 2. mertebe etkilerinin hesap ve kontrolü	97
Çizelge 5.56 : S01 kolonuna ait gerekli kolon alanlarının katlara göre değişimi	100
Çizelge 5.57 : S02 kolonuna ait gerekli kolon alanlarının katlara göre değişimi	101
Çizelge 5.58 : S03 kolonuna ait gerekli kolon alanlarının katlara göre değişimi	102
Çizelge 5.59 : S04 kolonuna ait gerekli kolon alanlarının katlara göre değişimi	103
Çizelge 5.60 : S05 kolonuna ait gerekli kolon alanlarının katlara göre değişimi	104
Çizelge 5.61 : S06 kolonuna ait gerekli kolon alanlarının katlara göre değişimi	105
Çizelge 5.62 : S07 kolonuna ait gerekli kolon alanlarının katlara göre değişimi	106
Çizelge 5.63 : S08 kolonuna ait gerekli kolon alanlarının katlara göre değişimi	107

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1	: Tek doğrultuda çalışan kirişli plak döşeme.....	5
Şekil 2.2	: Çift doğrultuda çalışan kirişli plak döşeme.....	5
Şekil 2.3	: Izgara kirişlere sahip kirişli plak döşeme.....	6
Şekil 2.4	: Dişli döşeme sistemi	8
Şekil 2.5	: Izgara kirişlere sahip kirişli plak döşeme.....	9
Şekil 2.6	: Kirişsiz döşeme sistemi.....	10
Şekil 2.7	: Kirişsiz döşemelerde zımbalama etkisi.....	12
Şekil 2.8	: Başlıklı kirişsiz plak (mantar) döşeme.....	13
Şekil 4.1	: i. katta max. ve min. görelî kat ötelemeleri.....	22
Şekil 4.2	: A-2 türü düzensizlik durumları	24
Şekil 4.3	: A-3 türü düzensizlik durumları	25
Şekil 4.4	: Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği	26
Şekil 5.1	: Çözümlemesi yapılacak yapılara ait kalıp planı	29
Şekil 5.2	: Bina-I kalıp planı	32
Şekil 5.3	: Bina-I normal kat döşeme kesiti.....	33
Şekil 5.4	: Bina-I çatı katı döşeme kesiti	34
Şekil 5.5	: Kiriş kesit boyutları	39
Şekil 5.6	: Bina-I kat planı	48
Şekil 5.7	: Bina-I üç boyutlu görünümü	49
Şekil 5.8	: Yatay ve düşey yüklerden meydana gelen kombinasyonlar	49
Şekil 5.9	: X ve Y yönünde spektrum fonksiyonları için veri girişi.....	50
Şekil 5.10	: Gerçek ve kaydırılmış kütle merkezleri	52
Şekil 5.11	: Bina-II kalıp planı.....	58
Şekil 5.12	: Bina-II normal kat döşeme kesiti.....	59
Şekil 5.13	: Bina-II çatı katı döşeme kesiti.....	59
Şekil 5.14	: Bina-II kat planı.....	64
Şekil 5.15	: Bina-II üç boyutlu görünümü	65
Şekil 5.16	: Yatay ve düşey yüklerden meydana gelen kombinasyonlar	65
Şekil 5.17	: Bina-III normal kat planı.....	70
Şekil 5.18	: Bina-III kat planı.....	82
Şekil 5.19	: Bina-III üç boyutlu görünümü.....	83
Şekil 5.20	: Yatay ve düşey yüklerden meydana gelen kombinasyonlar	83
Şekil 5.21	: Binalara ait toplam ağırlıklar.....	88
Şekil 5.22	: Binaların ilk 3 modlarına ait periyot değerleri	89
Şekil 5.23	: Katların x doğrultusunda yaptıkları deplasmanların birbirleriyle karşılaştırılması	90
Şekil 5.24	: Katların y doğrultusunda yaptıkları deplasmanların birbirleriyle karşılaştırılması	91
Şekil 5.25	: x doğrultusundaki görelî kat ötelemeleri kontrolü.....	92

Şekil 5.26 : y doğrultusundaki görelî kat ötelemeleri kontrolü.....	93
Şekil 5.27 : x doğrultusunda etkiyen deprem yüklemesi neticesinde katlara gelen kesme kuvvetleri.....	94
Şekil 5.28 : y doğrultusunda etkiyen deprem yüklemesi neticesinde katlara gelen kesme kuvvetleri.....	95
Şekil 5.29 : x doğrultusunda 2. mertebe kontrolü	96
Şekil 5.30 : y doğrultusunda 2. mertebe kontrolü	97
Şekil 5.31 : S.01 kolonuna ait minimum kolon alanlarının katlara göre dağılımı .	100
Şekil 5.32 : S.02 kolonuna ait minimum kolon alanlarının katlara göre dağılımı .	101
Şekil 5.33 : S.03 kolonuna ait minimum kolon alanlarının katlara göre dağılımı .	102
Şekil 5.34 : S.04 kolonuna ait minimum kolon alanlarının katlara göre dağılımı .	103
Şekil 5.35 : S.05 kolonuna ait minimum kolon alanlarının katlara göre dağılımı .	104
Şekil 5.36 : S.06 kolonuna ait minimum kolon alanlarının katlara göre dağılımı .	105
Şekil 5.37 : S.07 kolonuna ait minimum kolon alanlarının katlara göre dağılımı .	106
Şekil 5.38 : S.08 kolonuna ait minimum kolon alanlarının katlara göre dağılımı .	107
Şekil 5.39 : Binaların normal kat döşemesine ait beton metrajı karşılaştırılması..	108
Şekil 5.40 : Binaların normal kat döşemesine ait donatı metrajı karşılaştırılması.	109

SEMBOL LİSTESİ

A_c	: Kolonun veya perde uç bölgesinin brüt enkesit alanı
A_k	: Kolon etki alanı
A_o	: Etkin yer ivmesi katsayısı
A_s	: Çekme donatısı kesit alanı
A_{sd}	: Dağıtma donatısı kesit alanı
A_{sb}	: Boyuna mesnet donatısı kesit alanı
A_{smin}	: Minimum donatı alanı
$A(T)$	: Spektral ivme katsayısı
A_w	: Kolon enkesiti etkin gövde alanı
ΣA_w	: Herhangi bir katta, kolon enkesiti etkin gövde alanlarının toplamı
ΣA_e	: Herhangi bir katta, göz önüne alınan deprem doğrultusunda etkili kesme alanı
ΣA_g	: Herhangi bir katta, göz önüne alınan deprem doğrultusuna paralel doğrultuda perde olarak çalışan taşıyıcı sistem elemanlarının enkesit alanlarının toplamı
ΣA_k	: Herhangi bir katta, göz önüne alınan deprem doğrultusuna paralel kargir dolgu duvar alanlarının (kapı ve pencere boşlukları hariç) toplamı
b	: Kolon kesit boyutu
b_w	: Kiriş gövde genişliği
b_w	: Perdenin gövde kalınlığı
d	: Eğilme elemanlarında faydalı yükseklik
d'	: Paspayı
d_i	: Binanın i 'inci katında deprem yüklerine göre hesaplanan yerdeğiştirmesi
e_{min}	: Minimum dışmerkezlilik
e_x, e_y	: X ve Y doğrultularındaki dışmerkezlilikler
E	: Deprem etkisi
E_s	: Çeliğin elastisite modülü
f_c	: Beton basınç kuvveti
f_{cd}	: Beton tasarım basınç dayanımı
f_{ck}	: Beton karakteristik basınç dayanımı
f_{ctd}	: Beton tasarım eksenel çekme dayanımı
f_{ctk}	: Beton karakteristik eksenel çekme dayanımı
f_{yd}	: Donatı tasarım akma dayanımı
f_{yk}	: Donatı karakteristik akma dayanımı
f_{su}	: Donatı kopma dayanımı
F	: Kuvvet
F_i	: Mod birleştirme yönteminde i 'inci kata etkiyen kat kesme kuvveti
g	: Yerçekimi ivmesi
G_i	: Binanın i 'inci katındaki toplam sabit yük
h	: Eleman yüksekliği
h_f	: Döşeme kalınlığı
H_i	: Binanın i 'inci katının kat yüksekliği
H	: Yatay zemin İtkisi

H_{cr}	: Kritik perde yüksekliği
H_w	: Temel üstünden veya zemin kat döşemesinden itibaren ölçülen toplam perde yüksekliği
H_N	: Binanın temel üstünden itibaren ölçülen toplam yüksekliği (Bodrum katlarında rijit çevre perdelerinin bulunduğu binalarda zemin kat döşemesi üstünden ölçülen toplam yükseklik)
I	: Bina önem katsayısı
l_l	: Döşemenin uzun doğrultuda, mesnet eksenleri arasında kalan açıklığı
l_s	: Döşemenin kısa doğrultuda, mesnet eksenleri arasında kalan açıklığı
l_{sn}	: Döşemenin kısa doğrultudaki serbest açıklığı
l_w	: Perdenin plandaki uzunluğu
m	: Döşeme uzun kenarının kısa kenarına oranı
M_d	: Tasarım eğilme momenti
n	: Hareketli yük katılım katsayısı
N_d	: Yük katsayıları ile çarpılmamış düşey yükler altında hesaplanan eksenel kuvvet
N_g	: Yapı sistemine etkiyen sabit yükler
N_q	: Yapı sistemine etkiyen hareketli yükler
P_d	: Döşemeye ait hesap yükü
R	: Taşıyıcı sistem davranış katsayısı
$R_a(T)$	: Deprem yükü azaltma katsayısı
s	: Döşemelerde donatı aralığı
$S(T)$	: Spektrum katsayısı
T	: Bina doğal titreşim periyodu
T_A, T_B	: Spektrum karakteristik periyotları
T_1	: Binanın birinci doğal titreşim periyodu
U_p	: Zımbalama çevresi
V_{pr}	: Kolonun zımbalama çevresinde kayma dayanımı
V_{pd}	: Kolonu zımbalamaya zorlayan kuvvet
W	: Binanın hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak bulunan toplam ağırlığı
W_i	: Binanın i'inci katının, hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak hesaplanan ağırlığı
V_i	: Göz önüne alınan deprem doğrultusunda binanın i'inci katına etki eden kat kesme kuvveti
V_t	: Eşdeğer deprem yükü yönteminde, göz önüne alınan deprem doğrultusunda binaya etkiyen toplam eşdeğer deprem yükü (taban kesme kuvveti)
V_{tB}	: Mod birleştirme yönteminde, göz önüne alınan deprem doğrultusunda modlara ait katkıların birleştirilmesi ile bulunan bina toplam deprem yükü (taban kesme kuvveti)
η_{bi}	: i'inci katta tanımlanan burulma düzensizliği katsayısı
η_{ci}	: i'inci katta tanımlanan dayanım düzensizliği katsayısı
η_{ki}	: i'inci katta tanımlanan rijitlik düzensizliği katsayısı
ρ_{max}	: Maksimum donatı oranı
ρ_{min}	: Minimum donatı oranı
α	: Döşeme moment katsayısı
α_s	: Döşeme sürekli kenar uzunlukları toplamının kenar uzunlukları toplamına oranı
γ	: Zımbalama hesabında, kolona etkiyen momentten oluşan ilave zorlanma

- Δ_i : Binanın i'inci katındaki görelî kat ötelemesi
 $(\Delta_i)_{\max}$: Binanın i'inci katındaki maksimum görelî kat ötelemesi
 $(\Delta_i)_{\text{ort}}$: Binanın i'inci katındaki ortalama görelî kat ötelemesi
 δ_i : Binanın i'inci katındaki etkin görelî kat ötelemesi
 σ_{zenn} : Zemin emniyet gerilmesi
 ϕ : Donatı çapı
 θ_i : i'inci katta tanımlanan ikinci mertebe gösterge değeri

ÖZET

PERDELİ ÇERÇEVE TAŞIYICI SİSTEMLERİ SAHİP BİR BETONARME YAPIDA FARKLI DÖŞEME TİRLERİNİN DAVRANIŞ ETKİSİ

20. yüzyılın başlarından itibaren sanayileşmenin artması, teknolojik gelişmeler ve yaşam standartlarının iyileşmesi neticesinde kırsal kesimlerden şehirlere olan göçün hızlı bir şekilde arttığı bilinmektedir. Söz konusu göçler şehirlerde nüfus yoğunluğunun artışına yol açmış olmasının yanında, istihdam ve yaşam alanlarında da büyük sıkıntılar doğurmuştur. Yerleşim alanlarının her geçen gün biraz daha azalması sebebiyle yönetimler, çok katlı yapıların inşa edilmesini teşvik eder hale gelmiştir. Yapı teknolojilerindeki gelişmeler de bu duruma eklenince yapılan binaların büyük çoğunluğu bu tarz yapılardan meydana gelmeye başlamıştır.

Önemli deprem kuşaklarının üzerinde bulunan ülkemizde inşa edilen yapıların olası deprem durumlarında ayakta kalabilmesi ya da en azından can kaybıyla sonuçlanmayan deformasyonlara uğraması istenilmektedir. Bina taşıyıcı sistemi tasarlanırken, deprem anında üzerine gelecek yüklerin doğru tespit edilip modellenmenin de buna uygun yapılması gerekmektedir. Aynı zamanda ekonomik olması da inşa edilen yapıdan beklenen bir durumdur. Bu şartlar altında tasarımı yapılacak binanın optimum özelliklerde olması çok önemlidir. Yapılar tasarlanırken farklı döşeme türlerinin kullanılmasının, yapının deprem davranışı ve maliyeti üzerine etkileri olacağı açıktır.

Bu çalışmada, çok katlı binalarda döşeme türlerinin taşıyıcı sisteme olan etkileri incelenmiştir. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmeliğe (DBYBHY) uygun olarak tasarlanan aynı mimari özelliklere sahip binalar farklı döşeme sistemleri için çözümlenmiştir.

Bu çalışma 6 bölüm halinde hazırlanmış olup amacı ve kapsamı birinci bölümde anlatılmıştır. İkinci bölümde döşeme türleri anlatılıp bunların taşıyıcı sistem içinde olan katkıları incelenmiştir. Üçüncü bölümde yapı taşıyıcı sistemleri hakkında bilgi verilmiş ve süneklik düzeyleri anlatılmıştır. Dördüncü bölümde planda düzensizliği bulunan yapılar anlatılmış ve DBYBHY’de bu tür yapıların inşası konusundaki hususlar incelenmiştir. Beşinci bölümde seçilmiş olan 10 katlı binada üç değişik döşeme türü ile taşıyıcı elemanların boyutlandırılması yapılmış, modal analiz sonuçları incelenmiş, yapısal düzensizlik kontrolleri yapılmış, ayrıca üç bina için elde edilen sonuçların birbiriyle olan karşılaştırmalarına da yer verilmiştir. Son bölümde ise yapılan çalışmalar neticesinde elde edilen sonuçlar ve yorumlar verilmiştir.

SUMMARY

THE EFFECTS OF DIFFERENT SLAB TYPES TO THE BEHAVIOUR OF A REINFORCED CONCRETE BUILDING WITH RIGID FRAMES AND SHEAR WALLS

From the beginning of the 20th century , the migration from countryside to the cities have increased greatly due to the developments in technology, industry and good living standarts. These migrations caused a population increase in the cities and they also caused problems in employment and living areas. The governments have started to encourage the construction of the multi-storey buildings as a result of this decrease in the living areas. With the new developments in the construction technology, most of the buildings have become multi- storey.

Turkey sits on top of very dangerous earthquake zones so the buildings must be designed to survive earthquakes or at least it must be deformed to a degree that prevents any deaths. While designing the the load carrying systems, the forces that these systems can carry must be analysed carefully and the modelling must be done properly. Also the building costs must be low. In these circumstances, the buildings that are designed must have optimum properties. It is clear that using different slab types will have effects on the earthquake behaviour of the building and also the cost.

In this thesis, the effect of load carrying system to the multi-storey buildings under the earthquake effects are investigated. The buildings are constructed according to the Turkish Earthquake Code namely, Specification for Structures to be Build in Earthquake Area in this work and they also have the same architectural properties, the slab types are chosen different.

This work consists of 6 parts and the aim of this work is explained in the first part. In the second part, slab types and the additions of these to the load carrying systems are explained. The third part explains the construction of structural system and ductility. In the fourth part, the structures with irregularities are explained and the rules of the construction design for these structures that is given in Specification for Structures to be Build in Earthquake are analyzed. In the fifth part, a structure that is consisting of 10 floors with 3 different slab types is modeled, its carrying system designed, the results of modal analysis are investigated and the irregularity controls are made, and the buildings are compared. In the sixth part, the results obtained from this work and comments are given.

1. GİRİŞ

Betonarme yapılar tasarlanırken değişik döşeme türleri kullanılarak, aynı yapı sistemi için alternatif çözümler oluşturulabilmektedir. Döşeme türlerinin değişmesi, taşıyıcı sistemde hem düşey yüklerin hem de yatay yüklerin taşınması açısından farklılıklar oluşturabilir. Bu nedenle döşeme türlerinin ve çalışma prensiplerinin iyi bilinmesinin gerekliliği açıktır. Yapıların tasarımları yapılırken, mühendisliğin gereği olan şartların sağlanması da önemlidir. Bu sebeple yapılarda modelleme esnasında yapılan kabuller, yapının hem düşey hem de yatay yükler altındaki davranışına pozitif yönde etki etmeli, aynı zamanda da, yapının ekonomik ve estetik olması gibi gereksinimleri sağlayabilmelidir.

Yapının yatay yükler altındaki davranışı genelde bilinmeyen sayısının azaltılabilmesi amacıyla kat hizalarında rijit diyafram modellemesi ile tarif edilir. Yapıda döşeme kalınlıklarının az olması, katlarda büyük döşeme boşluklarının bulunması ve bir kenarının diğerine oranı büyük olan yapılarda kat döşemelerinin rijit diyafram olarak çalıştığı kabulü gözden geçirilmelidir. Esnek döşeme modellemesi ile yapılan hesaplarda bu tür yapılarda taşıyıcı sistemde farklı etkiler ortaya çıkabilir. Bu nedenle proje mühendisi tasarım yaparken modellemelerini doğru olarak ortaya çıkarmak zorundadır. Bununla birlikte, yapının inşası sırasında oluşacak maliyetleri de göz önünde bulundurmalı ve bu duruma uygun döşeme türünü seçebilmelidir.

Bu çalışmada, betonarme çok katlı binalarda farklı döşeme türlerinin kullanılması durumunda yapının taşıyıcı sistemine olan etkisi ve farklı döşeme sistemi seçilmesinin maliyete olan etkisi incelenmiştir.

2. DÖŞEME SİSTEMLERİ HAKKINDA GENEL BİLGİLER

Döşemeler düzlemsel taşıyıcılardır. Üzerlerine etkiyen hareketli ve sabit yükleri, binanın asıl taşıyıcıları olan kirişlere, kolonlara ve perdelerle iletirler. Taşıdıkları hareketli yükün çok fazla değişiklik göstermesi ve bunun belirlenmesindeki güçlükler düşünülerek yükün döşeme üzerinde düzgün olarak yayıldığı kabul edilir. Döşemeler bu yükleri mesnetlendiği taşıyıcılara aktarırken düzlemine dik yükler etkisi altındadır. Döşemelerin yatay yükü aktarmada ve mesnetlendiği taşıyıcılara dağıtmada rijit diyafram özelliğinden yararlanır. Bununla birlikte deprem etkisi sonucunda oluşan yüklerin kolon ve perdelerle dağıtılması da döşemeler tarafından yapılmaktadır. Kirişleri birbirlerine bağlayan yapı elemanı özelliğinde olan döşemeler, yapının rijitliği için de önemli bir yer tutmaktadır [1,2]. Yapının inşası esnasında kirişler ile döşemelerin betonunun birlikte dökülmesi sebebiyle kiriş kesitlerinin tablalı olarak meydana gelmesini sağlanmaktadır.

Yapı sistemleri tasarlanırken, döşemeler dikdörtgen elemanlardan meydana gelen bölümlerden oluştuğu gibi, daire gibi değişik geometride ve de değişik türlerde oluşturulabilir. Farklı döşeme sistemlerinin, taşıyıcı elemanlara yük aktarma durumları da farklılık göstermektedir.

Yapı sistemlerinde kullanılabilecek olan döşeme türleri şu şekilde sıralanabilir:

- a. Kirişli Döşemeler
- b. Dışli Döşemeler
- c. Kirişsiz Döşemeler

Döşemenin 4 kenarının tamamında kiriş veya taşıyıcı duvar bulunabileceği gibi, döşemenin sadece bir kısmı da bu elemanlara mesnetli olabilir. Mesnet durumuna bağlı olarak yükünü bir veya iki doğrultuda ileten bu tür döşemeler kirişli plak döşemeler olarak isimlendirilir. Kalınlıkları, açıklığa ve üzerlerindeki yüke bağlı olarak değişir. Ayrıca kiriş açıklıklarının büyük olduğu yapılarda döşeme kalınlığının arttırılması yerine ana kirişlere oturan tek veya iki yönlü kirişler oluşturularak daha küçük açıklıklı ve kalınlığı düşük döşemeler oluşturulabilir.

Ana kirişlere sık ve eşit aralıklı olarak mesnetlenmiş ve ana kirişe oranla daha ufak boyutlarda olan kirişler ile diğer bir döşeme türü meydana gelir. Sık kirişler nedeniyle bu döşeme türüne dişli döşeme adı verilir. Dişli döşemelerde yükler, dişlerin mesnetlendiği ana kirişe dişler doğrultusunda aktarılır. Dişli döşemeler, dişlerin her iki yöne de uygulanması neticesinde iki yönlü kaset döşemeler olarak da oluşturulabilirler.

Döşemenin kirişler yerine doğrudan kolon veya perdelerle oturması neticesinde oluşan döşeme sistemi kirişsiz döşeme olarak adlandırılır. Kirişsiz döşemelerin döşeme kalınlıklarının tespitinde, döşemelerden kolonlara yük aktarılırken kolon başlarında oluşan zımbalama dayanımı çok etkindir. Zımbalama nedeniyle döşeme kalınlığını artırmak yerine bu bölgelerde plak kalınlığı bölgesel artırılarak başlık bölgeleri oluşturulabilir. Böylece döşeme kalınlığının artması önlenmiş olur. Bu tarzda oluşturulan kirişsiz döşeme sistemi mantar döşeme olarak adlandırılır.

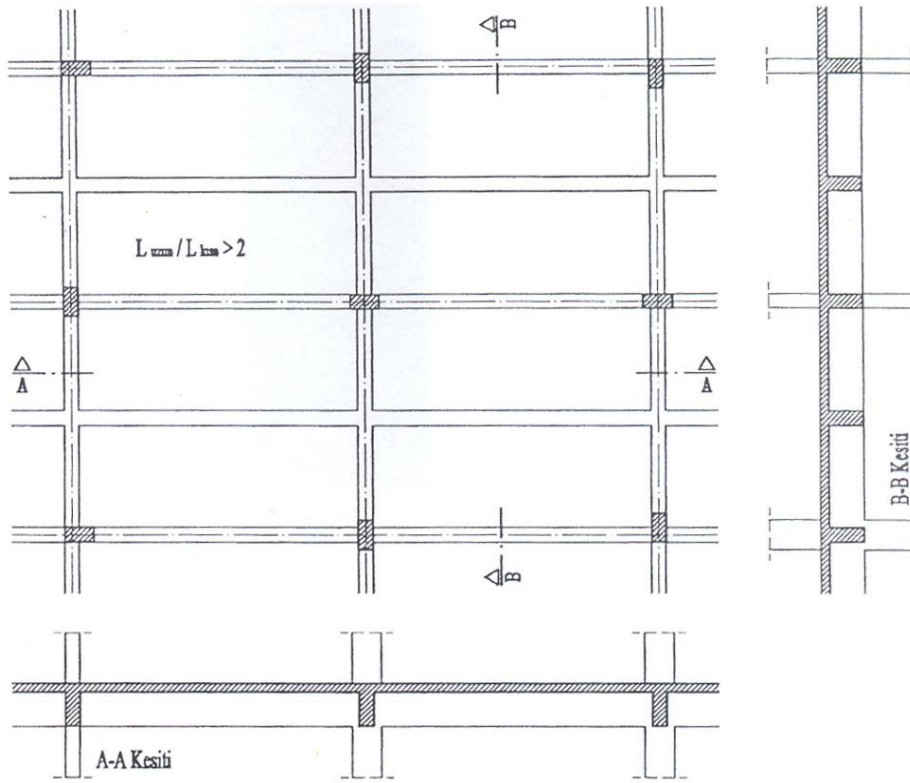
2.1 Kirişli Plak Döşemeler

Kirişli plak döşemeler betonarme yapılarda en çok kullanılan döşeme sistemidir. Döşemenin mesnedini kiriş veya taşıyıcı duvarlar oluşturur. Döşemenin her kenarında mesnet kirişi veya taşıyıcı duvar bulunması gerekmez. Yani ankastre döşemeler de oluşturulabilir. Genelde balkonlar bu tarzda döşemelerle inşa edilir. Kirişli plak döşemeler yük taşıma durumlarına göre Şekil 2.1'deki gibi bir doğrultuda veya Şekil 2.2'deki gibi iki doğrultuda çalışan döşemeler olarak ikiye ayrılırlar.

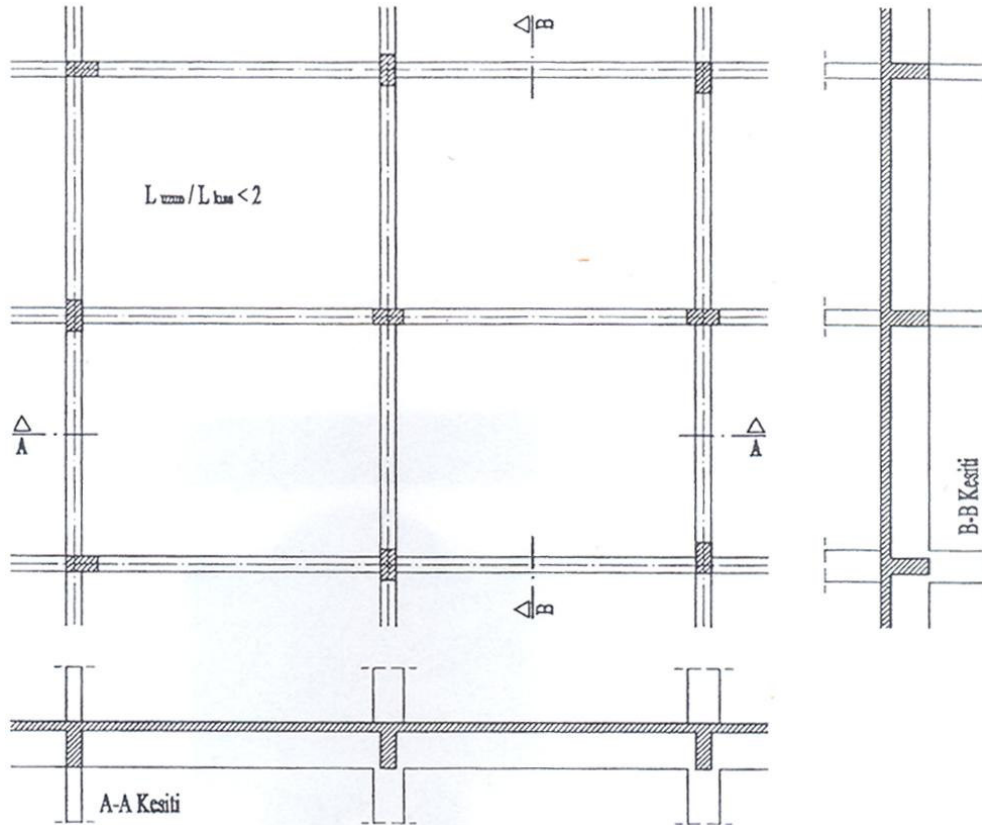
Kirişli plak döşemelerin boyutlandırılması ve betonarme hesap esasları “Betonarme Yapıların Tasarım ve Hesap Kuralları, TS 500”de belirtilmiştir.

Kirişli döşemelerle oluşturulan yapı sistemlerinde aşağıdaki gözlemler yapılabilir:

Kirişli plak döşemelerle oluşturulan sistemlerde ortaya çıkan kirişler ve kolonlar sistemin yatay yük rijitliği açısından oldukça önemlidir. Plakın oturduğu kirişler yükleme durumuna göre çok yüksek sünekliğe ve yeterli rijitliğe sahip olacak şekilde projelendirilebilir. Bu döşeme tipi, yüksek diyafram rijitliği, yeterli yanal ötelenme rijitliği ve direnci sağlar. Yüksek rijit diyafram etkisi nedeniyle deprem riski yüksek bölgelerde kirişli plak döşemelerle oluşturulan yapı sistemlerinin kullanılması tercih edilmelidir. Plak kalınlığı az olduğu için taşıyıcı elemanların



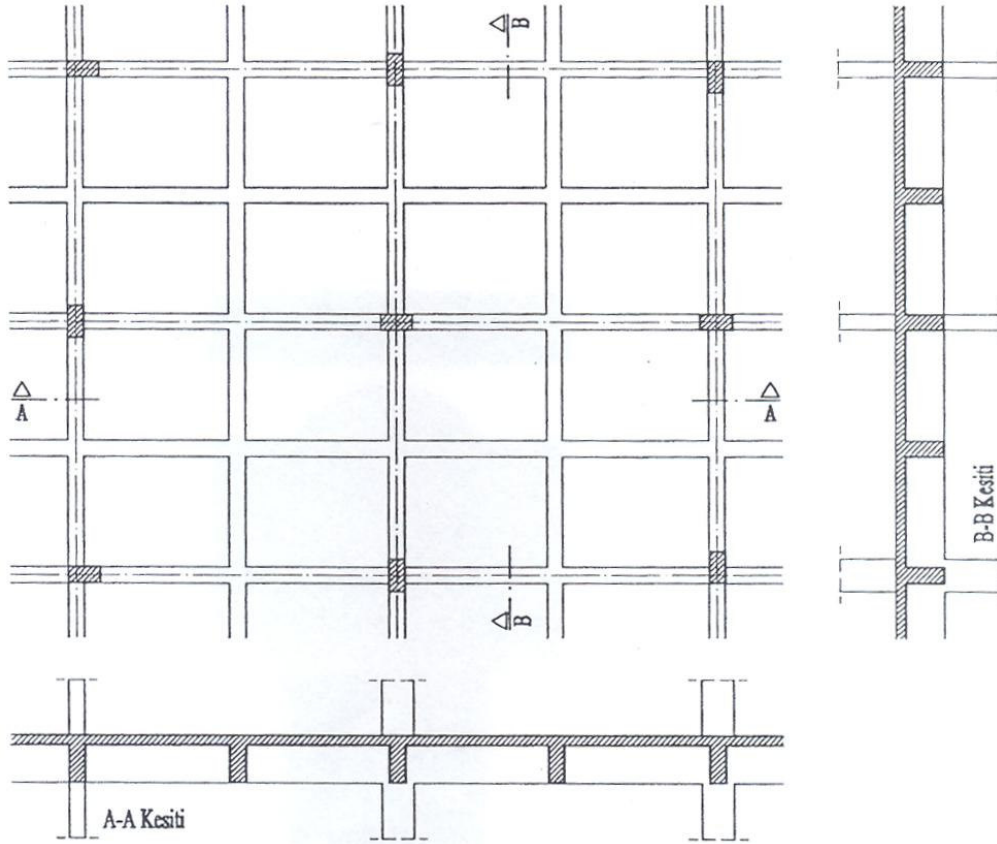
Şekil 2.1 : Tek doğrultuda çalışan kirişli plak döşeme



Şekil 2.2 : Çift doğrultuda çalışan kirişli plak döşeme

boyutları da ekonomik olarak tasarlanabilir. Böylece hem beton hem de çelik malzeme açısından ekonomiklik sağlanır. Kirişli plak döşemelerin kullanıldığı sistemlerde, açıklıkların büyük olması durumunda döşeme kalınlığının arttırılması gerekebilir. Kalınlığın arttırılması yerine çevre kirişlerine oturan tek yönlü veya iki yönlü ızgara kirişler ile daha küçük açıklıklı az kalınlıklı döşemeler oluşturulabilir (Şekil 2.3).

Kiriş yüksekliğinin plak yüksekliğinden farklı olması nedeniyle döşeme alt hizasından tesisat geçişleri kiriş alt hizasına inmek zorundadır. Bu tesisat geçişlerini zorlaştıran bir durumdur. Ayrıca kirişlerin yüksek olması kat faydalı yüksekliğini düşürür. Plak kalınlığının az olması nedeniyle alt ve üst katlar arasında ses izolasyonunun sağlanması için ek tedbirler gerekebilir. Kirişli plak döşemelerde kiriş yüksekliklerinin döşeme kalınlığından fazla olması nedeniyle döşeme alt hizasında aynı seviyede kalıp imalatı yapılamaz. Bu durum özellikle ızgara kirişlerle bölünen kirişli plak sistemlerde kalıp işçiliği ve maliyetini arttırır [1,2].



Şekil 2.3 : Izgara kirişlere sahip kirişli plak döşeme

Bir ve iki doğrultuda çalışan kirişli döşemeler ile ilgili konstrüktif kurallar Çizelge 2.1 ve 2.2’de verilmiştir [7].

Çizelge 2.1 : Bir doğrultuda çalışan döşemelerle ilgili konstrüktif kurallar

Tanım	TS500
min h_f	$l_s/25$ (basit); $l_s/30$ (sürekli); $l_s/12$ (konsol); 80mm; 120mm (taşıt)
Sehim hesabı gerektirmeyen min h_f	$l_s/20$ (basit); $l_s/25$ (kenar); $l_s/30$ (iç); $l_s/10$ (konsol)
max s_{kisa}	$1,5 h_f$; 200mm
max s_{uzun}	300mm
min ρ_{kisa}	0,003 (S220); 0,002 (S420,S500)
min $\rho_{dağıtma}$	$\rho_{kisa} /5$
min kısa mesnet donatısı	$0,6 A_{s\ kisa}$; $\Phi 8/200$ (S220); $\Phi 8/300$ (S420); $\Phi 8/150$ (S500)

Çizelge 2.2 : İki doğrultuda çalışan döşemeler ile ilgili konstrüktif kurallar

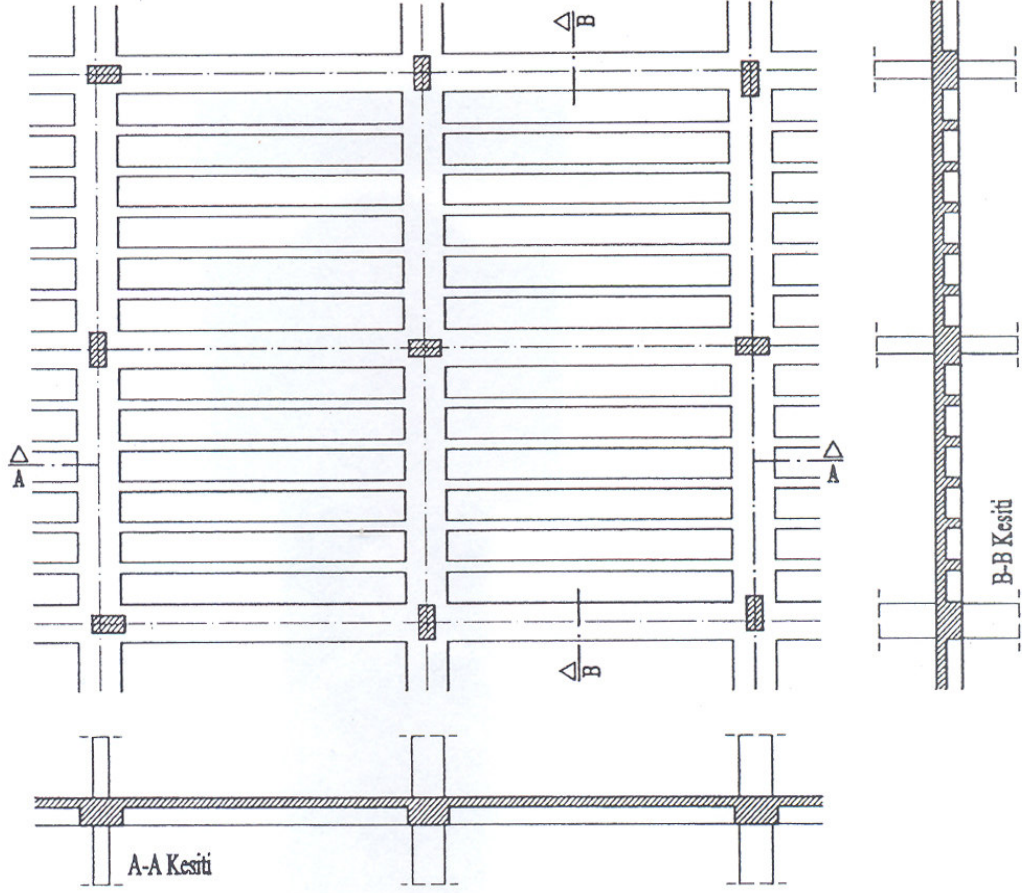
Tanım	TS500
min h_f	$l_{sn}/25 (1-\alpha_s)/(15+20/m)$
Sehim hesabı gerektirmeyen min h_f	$l_s/25$ (basit); $l_s/30$ (kenar); $l_s/35$ (iç)
max s_{kisa}	$1,5 h_f$; 200mm
max s_{uzun}	$1,5 h_f$; 250mm
min $(\rho_x+\rho_y)$	0,0040 (S220); 0,0035 (S420,S500)
min ρ_x ; min ρ_y	0,0015
min kısa mesnet donatısı	$0,6 A_{s\ kisa}$; $\Phi 8/200$ (S220); $\Phi 8/300$ (S420); $\Phi 8/150$ (S500)

2.2 Dişli Döşemeler

Dişli döşemeler ana kirişler ile bunların üzerlerine belli ve sık aralıklarla yerleştirilmiş ve ana kirişlere oranla daha küçük boyutlarda olan diş adındaki kirişlerin birlikte oluşturduğu döşeme sistemidir. Bir veya iki doğrultuda sık ve küçük kesitli kirişlerin oluşturulması ve arada boşlukların bırakılması şeklinde ortaya çıkarlar (Şekil 2.4). Dişli döşemelerde dişler tek yönde olabileceği gibi açıklıkların fazla olması durumunda her iki yönde ızgara şeklinde de bulunabilirler (Şekil 2.5).

Diş adı verilen kirişlerin arası boş olabileceği gibi taşıyıcılığı bulunmayan hafif dolgu elemanları ile doldurularak döşeme altında düz bir tavan elde edilebilir.

Özellikle tek yönlü çalışan dişli döşemelerde döşeme yükü kısa açıklıklı ana kirişlere aktarılmalıdır. Bundan dolayı diş yönünün döşemenin uzun kenarına paralel olması tercih edilmelidir. İki yönlü taşınan ızgara (kaset) dişli döşeme sistemlerinde ise her iki yöndeki aks açıklıklarının yakın olması yük aktarımının eşite yakın olmasını sağlar.

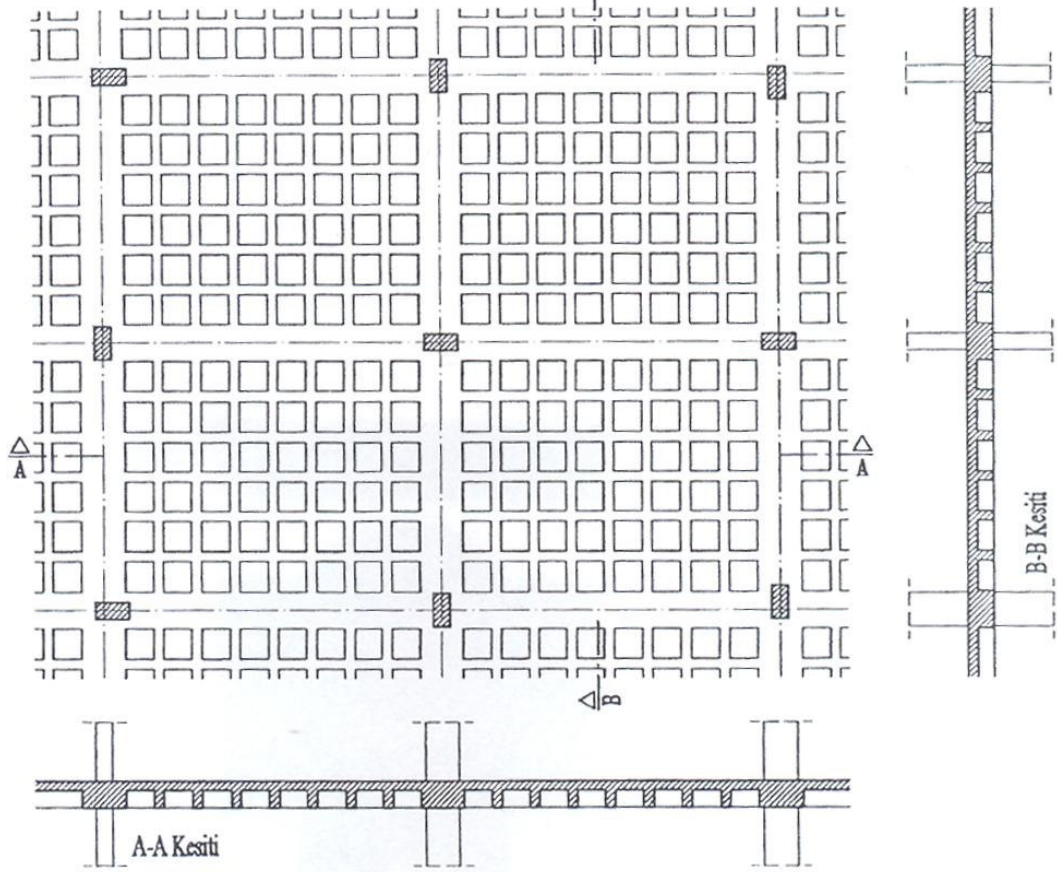


Şekil 2.4 : Dişli döşeme sistemi

Dişli döşemelerin boyutlandırılması ve betonarme hesap esasları “Betonarme Yapıların Tasarım ve Hesap Kuralları, TS 500”de belirtilmiştir.

Dişli döşemelerin kullanıldığı yapı sistemlerinde elde edilen bazı avantaj ve dezavantajlar bulunmaktadır. Dişli döşemeler yatay yükler altında rijit diyafram görevini etkin şekilde yerine getirirler. Dişli döşeme ile eğilme direncini oluşturan çerçeveler uyum içinde çalışırlar. Döşeme kalınlığının fazla olması ve dolgu elamanlarının kullanılması nedeniyle ses izolasyonu kolayca sağlanmış olur. Bununla birlikte dişler arasında tesisat için kolaylıkla tesisat boşlukları açılabilir. Ayrıca yassı kirişlerin varlığı ile çerçeve sistemi oluşarak yatay yüke karşı yeterli rijitlik

sağlanabilir. Özellikle dolgulu olarak imal edilen dişli döşemelerde kalıp maliyeti, kalıp işçiliği ve sonradan yapılacak olan sıva ve sıva işçiliği maliyetleri oldukça düşüktür. Ancak dişlerin sık olması ve dolgu elemanlarının kullanılması döşemenin malzeme sarfiyatını artırır ve işlenmesi dolayısıyla detaylandırma işçiliğini zorlaştırır. Dişlerin arası boş olarak imal edilecekse bu boşluklar ya kalıp ile oluşturulmalı yada özel kalıp elemanları kullanılmalıdır.



Şekil 2.5 : Izgara kirişlere sahip kirişli plak döşeme

Çerçeve kirişlerinin yüksekliği düşük ve sistem sık dişler nedeniyle ağır olduğundan yatay yükler altında yerdeğiştirmeler fazla olabilir. Yapı periyotları da artabilmektedir. Eğer yerdeğiştirmeler gerektiği gibi sınırlandırılırsa yapı sistemlerinde herhangi bir sorun çıkmaz.

Tüm yapının ötelenmesinden dolayı ikinci derece mertebe etkileri ortaya çıkıyor ise bunların döşeme dişlerinde meydana getirdiği zorlamalar da dikkate alınmalıdır.

Kiriş yüksekliklerinin düşük, genişliklerinin fazla olması nedeniyle özellikle dar kolonlara oturan kirişlerde eğilme momentinin kolonlara iletilmesi ve kesme kuvveti etkileri kontrol edilmelidir [1,2].

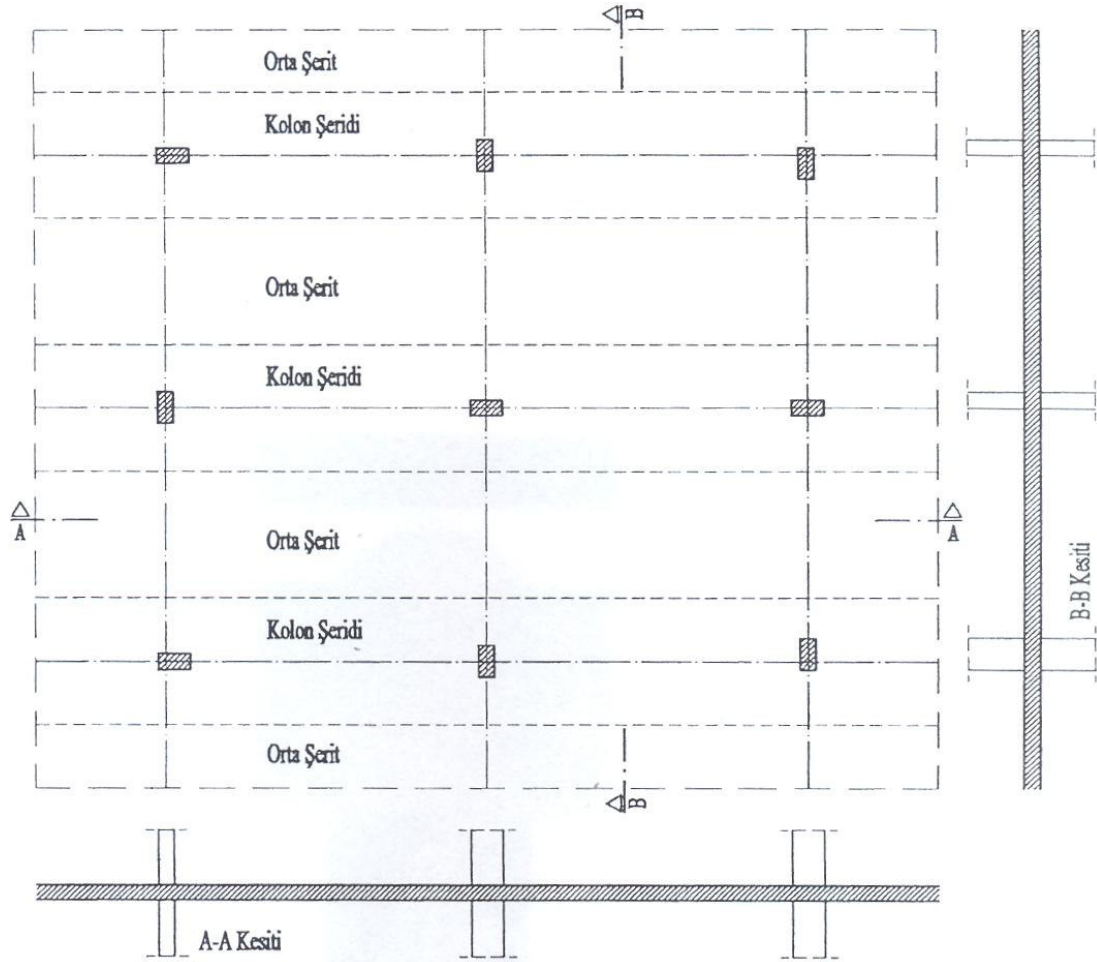
Dişli döşeme ile ilgili konstrüktif kurallar Çizelge 2.3'te verilmiştir [7].

Çizelge 2.3 : Dişli döşemeler ile ilgili konstrüktif kurallar

Tanım	TS500
min h	$L_n/20$ (basit); $l_n/25$ (sürekli); $l_n/10$ (konsol)
Sehim hesabı gerektirmeyen min h_f	$l/15$ (basit); $l/18$ (kenar); $l/20$ (iç); $l/18$ (konsol)
max b_w	100mm
max h_f	50mm
min etriye	$\Phi 8/250$ mm
min ρ_x plak; min ρ_y plak	0,0015
Dişler arası mesafe max e	700mm

2.3 Kirişsiz Döşemeler

Kirişsiz döşemeler, yapı sisteminde yatay düzlemde sadece döşemelerin bulunduğu ve bu döşemelerin de doğrudan kolonlara oturduğu taşıyıcı sistemlerdir. (Şekil 2.6)



Şekil 2.6 : Kirişsiz döşeme sistemi

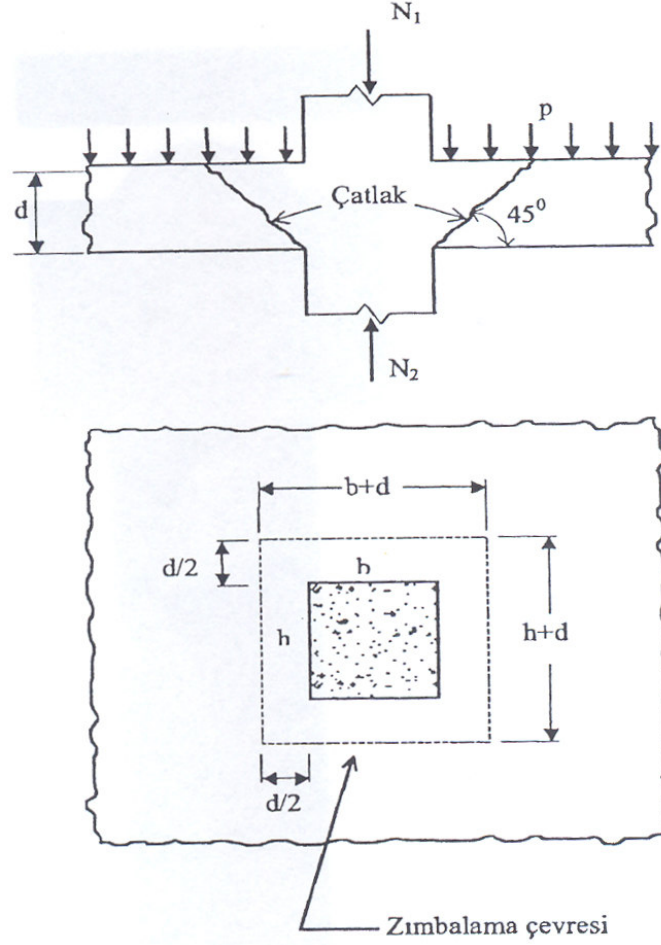
Kirişli ve dişli döşemeye sahip yapılarda, döşemenin yükü önce mesnetlik görevi yapan kirişler yoluyla kolonlara iletilir. Kirişsiz döşemelerde ise döşemeye ait yükler doğrudan kolonlara iletilir. Kirişli ve dişli döşemeye sahip yapılarda döşemelerin ve bunlara mesnetlik yapan kirişlerin boyutlandırılması ayrı ayrı yapılır. Kirişsiz döşemelerde ise, yatay düzlemde kirişler olmadığı için düşey ve yatay yükler döşeme içinde yük dağılımının ve dengesinin gerektirdiği gibi oluşan döşeme şeritleri ile kolonlara veya perdelerle aktarılır.

Kirişsiz döşemelerin boyutlandırılması ve betonarme hesap esasları "Betonarme Yapıların Tasarım ve Hesap Kuralları, TS 500"de belirtilmiştir.

Kirişsiz döşemeler düz tavanın tercih edildiği depo ve bölme duvarı olmayan büyük çalışma alanlarının istendiği durumlarda kullanılır. Sistemde kiriş bulunmadığı için kalıp ve donatı işçiliği ve maliyeti oldukça ekonomik hale gelir. Döşeme altı tesisat geçişleri düz tavan nedeniyle oldukça kolay olur. Kirişli plak döşemelere göre daha kalın plak kullanıldığından ses izolasyonu daha iyi sağlanır.

Yapı sistemine etki eden düşey ve yatay yüklerin taşınmasında, kolonlarla bunları birleştiren döşeme şeritlerinin oluşturacağı çerçeveler etkilidir. Kirişsiz döşemelerde, yatay yüklere karşı güvenli bir diyafram etkisi oluşturabilmek için döşeme kalınlığı, donatı yerleşimi ve dağılımı dikkatli yapılmalıdır. Sistemin yatay ötelenme rijitliğini, kirişsiz bir yapı olduğu için döşeme ve düşey taşıyıcılar (kolon ve perdeler) sağlarlar. Bu nedenle kolon yerleşiminin düzgün akslar üzerinde olması tavsiye edilir. Kirişsiz döşemelerle oluşturulan sistemlerde yatay yükün taşınmasında perdelerin kullanılması önerilir.

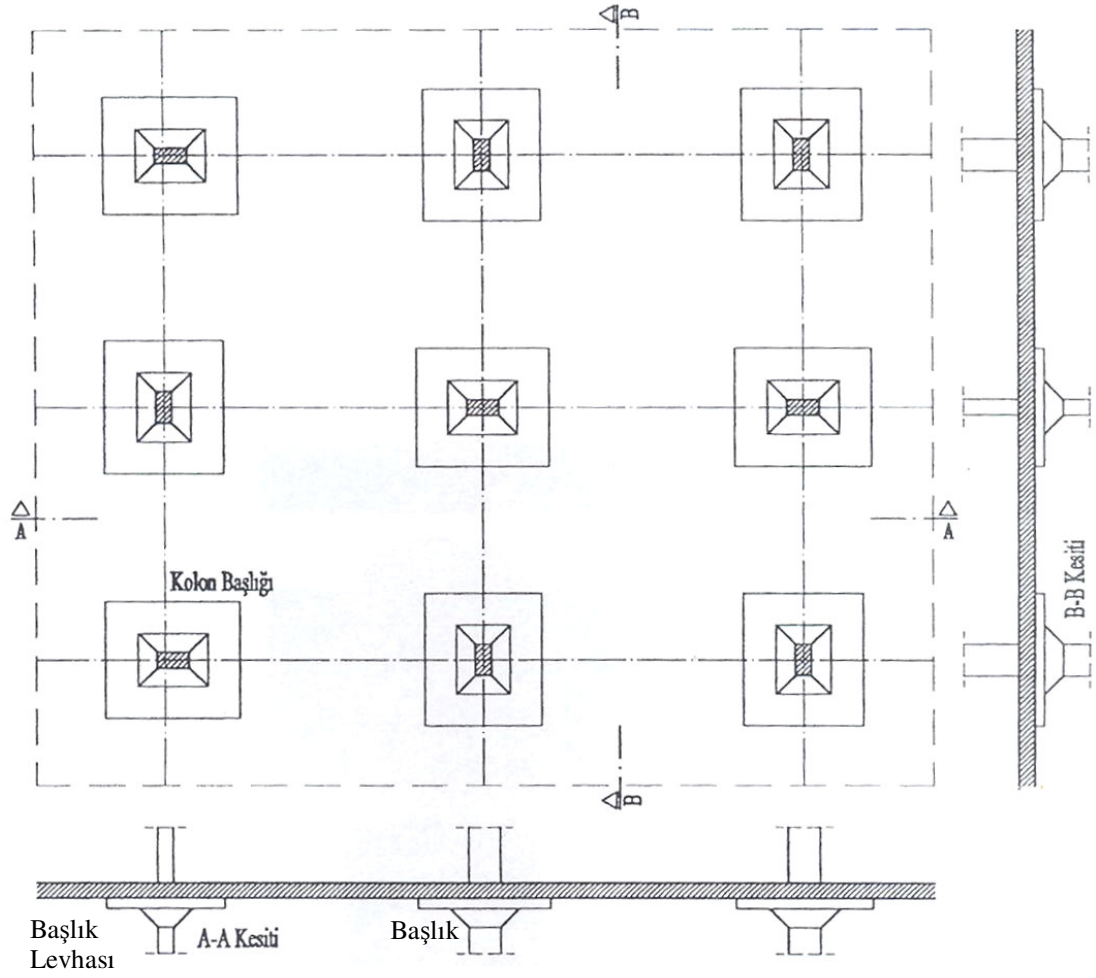
DBYBHY'de kirişsiz döşemeli sistemlerle ilgili çeşitli kısıtlamalar getirilmiştir. Kirişsiz döşemelerde kiriş türünden rijit elemanlar bulunmadığı için düşey yük altındaki yerdeğiştirmelerin kontrolü oldukça önemlidir. Bu nedenle plak kalınlığının arttırılması veya sisteme perde eklenmesi gerekebilir. Yatay yük rijitliğinin ise perdeler ile karşılanması DBYBHY ile zorunlu hale getirilmiştir. Bu yüzden kirişsiz döşemeli yapılar sistemde bulunan perdelerin süneklik şartlarını yerine getirmelerine göre süneklik düzeyi normal veya yüksek olan yapılardır.



Şekil 2.7 : Kirişsiz döşemelerde zımbalama etkisi

Kirişsiz döşemelerde en önemli etkenlerden biri de döşemenin kolonlara doğrudan oturmasından dolayı kolon başlarında oluşan zımbalama etkisidir (Şekil 2.7). Kirişli döşemelerde, yük döşemeye göre çok daha rijit kirişlerle kolonlara aktarıldığı ve kirişler etriyeler ile sarıldığı için bu sorun oluşmaz. Kirişsiz döşemelerde ise plak kalınlığının belirlenmesinde zımbalama dayanımının etkisi çoktur.

Zımbalama dayanımının artırılması ve yük iletimini rahatlatmak için kolonlarda başlık bölgeleri oluşturularak bu bölgelerde plak kalınlığı yerel olarak artırılabilir (Şekil 2.8). Başlık mantara benzediği için başlıklı kirişsiz döşemeye mantar döşeme de denilmektedir. Başlık oluşturulan bölgede kolonun ucu ilk olarak guseli hale getirilir. Bu kısım başlık olarak isimlendirilir. Daha sonra ise hesaplara uygun nitelikte başlık levhası bunun üzerine oluşturulur. Sonuç olarak döşeme ile kolon birleşim bölgesine ait yüzey alanı ve de bu bölgedeki döşeme et kalınlığı artırılmış olmaktadır.



Şekil 2.8 : Başlıklı kirişsiz plak (mantar) döşeme

Gerekli olan durumlarda zımbalama dayanımını arttırmak için kayma donatısı olan özel zımbalama donatıları da kullanılabilir. Bu sayede de zımbalama etkisine karşı koyacak dayanım elde edilebilmektedir [1,2].

Kirişsiz döşeme ile ilgili konstrüktif kurallar Çizelge 2.4'te verilmiştir [7].

Çizelge 2.4 : Kirişsiz döşemeler ile ilgili konstrüktif kurallar

Tanım	TS500
min h_f	$L_n/30$; 180mm (tablasız); $l_n/35$; 140mm (tablalı); $l_n/30$; 200mm (basitleştirilmiş çözüm)
max $s_{kısa}$	$1,5 h_f$; 200mm
max s_{uzun}	$1,5 h_f$; 250mm
min $(\rho_x + \rho_y)$	0,0040 (S220); 0,0035 (S420, S500)
min ρ_x ; min ρ_y	0,0015
Min kolon boyutu	$l/20$; 300mm

3. YAPI TAŞIYICI SİSTEMLERİ VE SÜNEKLİK DÜZEYLERİ

Betonarme bir yapının taşıyıcı sistemi, söz konusu yapının işlevine bağlı olarak değişiklik gösterebilir. Bununla birlikte, her taşıyıcı sistemden, kendi ağırlığı başta olmak üzere kendisine etkiyen yükleri karşılayarak bunları mesnetlendiği zemine güvenli bir şekilde iletmesi beklenir. Bir yapının güvenli olmasının yanında ekonomik, çevre ile uyumlu ve kullanım amacına uygun olarak estetik olma koşulları göz önünde bulundurulmalı ve taşıyıcı sistem bu özelliklere göre tasarlanmalıdır.

Yatay kuvvetler altında yapıdaki yerdeğiştirmelerin hesabı yanal rijitliğin belirlenmesine bağlıdır. Seçilen taşıyıcı sisteme bağlı olarak da yapının yatay yüklere karşı rijitliği değişmektedir. Taşıyıcı sistem ile bir bütün halinde çalışan ve yüklerin aktarılmasında köprü görevi gören döşemeler de farklı taşıyıcı sistemlerin oluşmasında etkin bir rol oynamaktadır.

Yapıları oluşturan taşıyıcı sistemler şu şekilde sınıflandırılabilir:

- a. Çerçeve Sistemler
- b. Perdeli Sistemler
- c. Perdeli Çerçeve Sistemler
- d. Tüp Sistemler
- e. Çekirdek Sistemler

Yapıda büyük hasarların ve tümünden göçmenin önlenmesi, taşıyıcı sistemin yatay yük dayanımının büyük bir kısmını büyük yer değiştirmelerde de devam ettirebilmesi ile mümkündür. Taşıyıcı sistemi oluşturan elemanların veya malzemenin elastik ötesi davranışta da, şekil ve yer değiştirmeler artarken, dayanımının büyük bir kısmını azalmadan sürdürme özelliğine süneklik denilir [1,6]. DBYBHY’nde yapıyı oluşturan taşıyıcı sistemler, sahip oldukları süneklik düzeylerine göre de üç sınıfa ayrılmıştır:

- a. Süneklik düzeyi yüksek olan taşıyıcı sistemler
- b. Süneklik düzeyi normal olan taşıyıcı sistemler
- c. Süneklik düzeyi karma olan taşıyıcı sistemler

DBYBHY’de süneklik düzeyi yüksek taşıyıcı sistemler için, oluşturulan yüksek süneklikten dolayı meydana gelmesi muhtemel büyük şekil ve yer değiştirmelerden oluşabilecek yüksek enerji tüketebilme kapasitesi nedeniyle elastik deprem yüklerinin daha büyük bir katsayı ile azaltılması öngörülmüştür. Böylece sünek sistemlerin oluşmasında yapı elemanlarının boyutlandırılması ve donatı düzenlerinde birtakım düzenlemeler getirilmiştir. Kiriş ve kolonlarda sık etriye düzeni kullanarak betonarme elemanın hem dayanımı hem de sünekliği artırılmalıdır. Ayrıca betonarme elemanlarda sünek güç tükenmesinin, gevrek olandan daha önce ortaya çıkması sağlanmalıdır. Süneklik düzeyi yüksek yapıyı oluşturan kiriş, kolon ve perdeler bu özellikleri sağlamak zorundadır [6]. Yapının bir veya her iki yönünde de yapı elemanlarının bu özellikleri sağlayamaması durumunda sistemin süneklik düzeyi normal hale gelir. Süneklik düzeyi normal olan taşıyıcı sistemlerin oluşturduğu yapıların yapımı konusunda da DBYBHY birtakım kısıtlamalar getirmiştir.

DBYBHY ayrıca, taşıyıcı sistem içinde süneklik düzeyi normal olan kiriş ve kolonlar ile süneklik düzeyi yüksek olan perdelerin bir arada kullanılmasına müsaade etmiştir. Bu tür sistemlere süneklik düzeyi karma sistemler adı verilir. DBYBHY’ de, bina önem katsayısı $I = 1.5$ ve $I = 1.4$ olan yapılarda, taşıyıcı sistemler tasarlanırken süneklik düzeyi normal sistemlerin kullanılmaması gerektiği açıkça belirtilmiştir. Bu tür yapıların, süneklik düzeyi yüksek veya karma olan taşıyıcı sistemler ile oluşturulabileceği vurgulanmıştır.

3.1 Çerçevesi Sistemler

Kolonların ve döşeme sisteminin (kiriş ve/veya döşemenin) süneklik sağlanacak şekilde monolitik (birdökümlü) olarak yapımı neticesinde çerçeve denilen taşıyıcı sistem elde edilir. Taşıyıcı sistemi çerçevesi olan yapılar; deprem yüklerinin ya tamamının çerçeveler ile taşır ya da çerçeveler ile boşluklu yada boşluksuz perdeler bu yükleri taşımada birlikte çalışırlar.

Çerçevesi yapı sistemlerinde, kirişli plak döşeme veya dişli döşemelerin kullanılması durumunda kirişlerin varlığından bahsedilebilir. Böylece kiriş, kolon ve perdelerden meydana gelen çerçeve sistemi oluşmuş olur. Ancak kirişsiz döşeme sisteminde bu durumdan bahsedilemeyeceği açıktır.

DBYBHY’nde, sınır durumlarının sağlanması koşulu ile süneklik düzeyi yüksek

olan perdesiz çerçeve yapıların kullanımının herhangi bir sakıncalı duruma neden olmayacağı belirtilmiştir. Bu durumda taşıyıcı sistem davranış katsayısı $R = 8$ olur. Bununla birlikte, süneklik düzeyi normal çerçeve yapılar da perde bulunmaması durumunda bu tür yapıların birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde yapılmasına müsaade edilmemektedir [6,7].

Döşeme sistemi kirişli plak döşemelerden oluşan süneklik düzeyi normal bu yapılar sadece $H_n < 25$ m. olması koşuluyla, üçüncü ve dördüncü derece deprem bölgelerinde yapılabilir. Süneklik düzeyi normal olan bu tür yapıların, döşeme türleri dolgulu veya dolgusuz dişli ve kaset sistemler ise üçüncü ve dördüncü derece deprem bölgelerinde $H_n < 13$ m. olması koşulu ile yapılmasına müsaade verilir. Her iki döşeme sisteminde de taşıyıcı sistem davranış katsayısı $R = 4$ olmaktadır [6].

3.2 Perdeli Sistemler

Perdeli sistemler, deprem yüklerinin tamamının, boşluksuz veya boşluklu (bağ kirişli) perdeler ile taşındığı yapı sistemleri olarak ikiye ayrılırlar. Bu tür yapılarda süneklik düzeyi yüksek veya normal taşıyıcı elemanlar kullanılabilir. Sünekliği normal olan taşıyıcı sistemlerle, bina önem katsayısı $I = 1.4$ ve $I = 1.5$ olan binaların oluşturulamayacağı unutulmamalıdır.

Taşıyıcı sistem davranış katsayısı boşluksuz perdeli sistemlerde sistemin sünekliği yüksek ise 6, normal ise 4 değerini alır. Boşluklu perdeli sistemlerde ise sünekliği yüksek yapılarda 7, normal yapılarda 4 değerini alır [6].

3.3 Perdeli Çerçeve Sistemler

Çerçeve sistemlerde perde bulunması durumunda, yapının süneklik düzeyi yüksek, normal veya karma halini alabilir. Süneklik düzeyi yüksek olan çerçeve yapılarda perde bulunması durumunda ise, bu yapıların yapımı ile ilgili DBYBHY’de herhangi bir kısıtlama bulunmamaktadır. Bu durumda taşıyıcı sistem davranış katsayısı; 6 - 7 arasında değişir ve maksimum 7 değerini alır [6].

$$0.75 < \alpha_M < 1.00 \text{ ise } R = 10 - 4 * \alpha_M \quad (3.1)$$

$$\alpha_M < 0.75 \text{ ise } R = 7 \quad (3.2)$$

Süneklik düzeyi normal çerçeveli yapılarda bulunan perdelerin de normal sünekliğe sahip olması sadece $\alpha_M > 0.75$ olması koşuluyla kabul edilir. Bu tür yapılarda taşıyıcı sistem davranış katsayısı $R = 4$ 'tür [6].

Süneklik düzeyi normal olan kiriş ve kolonların oluşturduğu çerçevelerde, süneklik düzeyi yüksek perdeler birlikte kullanılıp, $\alpha_M \geq 0.40$ olmak koşuluyla süneklik bakımından karma yapılar oluşturabilirler. Bu tür yapılarda taşıyıcı sistem davranış katsayısı aşağıda ifade edildiği gibi belirlenir :

$$0.40 < \alpha_M < 2/3 \text{ ise } R = R_{NÇ} + 1.5 * \alpha_M (R_{YP} - R_{NÇ}) \quad (3.3)$$

$$\alpha_M \geq 2/3 \text{ ise } R = R_{YP} \quad (3.4)$$

Denklem 3.3 ve Denklem 3.4'ten anlaşılaacağı üzere taşıyıcı sistem davranış katsayısı bu tarzda oluşturulan yapılarda 5.2 - 7 aralığında değişir ve en fazla 7 değerini alır [6].

3.4 Tüp Sistemler

Tüp sistem yapılar, yüksek yapılar için oldukça uygun ve ekonomik bir yapı türüdür. Yapı yatay yüklerden oluşan eğilme momentlerini dış tüpün gözönüne alınan deprem doğrultusuna paralel çerçevelerin kolonlarında oluşan aksel kuvvetlerle karşılar. Bu çerçevelerin kenar kolonlarında oluşan normal kuvvet şekildeğiştirmeleri nedeniyle deprem doğrultusunda düzenlenmiş çerçevelerin yanısıra kuvvet doğrultusuna dik olarak düzenlenen çerçevelerin de kuvvet aktarımına katılmasına neden olur. Kirişlerin burulma rijitlikleri ihmal edilirse birbirine dik çerçeveler arasında kayma kuvvetleri iletilir, bu da deprem doğrultusuna paralel çerçevelerin yükünü azaltır, ancak dik çerçevelerin çalışmasından dolayı köşe kolonlarda normal kuvvet artışına neden olur. Köşe kolonlardaki kuvvet artışı ile deprem doğrultusundaki çerçevelerin kolon ve kirişlerinde de ilave zorlamalar ortaya çıkar. Bu duruma kayma gecikmesi (shear lag) etkileri denir. Kayma gecikmesi; yanal kuvvetlerden dolayı binanın çevresinde yer alan köşe kolonlarındaki gerilmelerin artması orta kolonlardaki gerilmelerin ise azalması olarak açıklanabilir. Çerçeve açıklıklarının azalması ile tüp sistem davranışı kapalı kutu bir kesitin davranışına yaklaşır. Yatay yükler etkisinde kapalı tüp kesitinde, zemine mesnetli konsol kirişteki gibi gerilmeler meydana gelmektedir. Tüp sistem olarak tasarlanan yapının davranışı ise kutu kesitin davranışından daha karmaşıktır.

Tüp sistem bir yapının tasarımındaki temel yaklaşım, düşey yüklerin yanı sıra deprem ve rüzgar gibi yatay etkilere karşı yeterli rijitliğe sahip sünek bir taşıyıcı sistem teşkil etmektir. Tüp sistemlerin oluşturulmasında sık yerleştirilmiş kolonlar ve bu kolonları bağlayan kirişler sözkonusudur. Bina çevresinde bulunan dış tüp yanında birden fazla sayıda iç tüp bulunabilir. Kolonların bu şekilde sık yerleştirilmesiyle ortaya çıkan tüp taşıyıcı sistem, ana fikir olarak binanın etrafında yer alan üç boyutlu boşluklu perde duvarlar oluşturulması şeklinde algılanabilir. Bu durumda yapı alanı içinde önemli bir kullanım esnekliği sağlanır [9].

3.5 Çekirdek Sistemler

Binanın yüksekliği arttıkça yanal kuvvetlerin etkisi de artmaktadır. Yanal stabiliteyi arttırmanın en iyi çözümü wc, merdiven, asansör, sirkülasyon elemanlarının çekirdekte bulunduğu diyagoneller düzenlemektir. Bu güçlü elemanlar temelden yukarı yükselen konsol kiriş gibi davranır. Etkili bir düzenleme olması için bu stabilite kuleleri yapının planına simetrik şekilde yerleştirilmelidir. Eğer yapının çekirdeği yapının merkezinde değilse yapıda burulma oluşabilir [10].

Günümüzde çeliğin stabilitesinin sağlanmasında da betonarme çekirdek sistemler kullanılmaktadır. Çekirdek yapımında kayar veya tırmanan kalıp kullanılmaktadır. 40 katın üzerindeki binalarda, yalnızca düşey bir kafes ve çerçeveden oluşan taşıyıcı sistemler rüzgar ve deprem yükleri karşısında yetersiz kalmaktadır. Ayrıca bu sistemlerin belli bir yüksekliğin üzerinde etkin olabilmesi için kullanılan çelik miktarı ekonomiklik sınırını geçmektedir. Bu durumda sisteme betonarme çekirdek yatay eklenmesiyle iki yönlü yarar sağlanmaktadır. Birincisi sistemin devrilme momentlerine karşı devrilme rijitliği arttırılmakta, ikincisi kullanılan çelik miktarından tasarruf sağlanmaktadır.

Aynı amaca yönelik olarak katlar arasına diyagonaller yerleştirmek de olası bir çözümdür. Yatay kafes kirişler taşıyıcı sistemin eğilme dayanımını arttırsa da, kesme kuvvetlerine karşı dayanımı arttırmazlar. Bu nedenle oluşan kesme kuvvetlerinin çekirdek tarafından karşılanması beklenir. Yatay kafes kirişli ve kuşaklı sistemlerde çaprazlı çekirdeğin yerini betonarme bir çekirdek de alabilmektedir. Böyle bir uygulamada betonarme çekirdek çelik yatay kafes kirişlerle dış kolonlara bağlanmaktadır. Çelik çaprazlı çekirdeğe göre daha ekonomik olan bu sistemde gerekli yatay rijitlik sağlanabilmektedir [10].

4. DBYBHY'DE BELİRTİLEN YAPI DÜZENSİZLİKLERİ

Ülkemizde yaşanan depremlerde, deprem etkisinde kalan betonarme yapılarda oluşan hasarların neticesinde, DBYBHY yapısal düzensizliği bulunmayan yapıların yapımını tavsiye ve teşvik etmiştir. Buna karşılık düzensizliği bulunan yapıların davranışlarındaki olumsuzluk ve belirsizlikten dolayı deprem kuvvetleri artırılarak ve ek boyutlama esasları ile konstrüktif kurallar getirilerek dayanım düzeyi yükseltilmiştir. Yapının taşıyıcı sisteminin düzenli veya düzensiz olması, o yapının deprem etkisi altındaki davranışının belirlenmesinde ve ilgili kesit etkilerinin bulunmasında önemli ölçüde etkilidir. Sözü edilen düzensizlikler taşıyıcı sistemin davranışının belirlenmesi için daha fazla kabuller ve belirsizlikler getirirken, taşıyıcı sistem elemanlarının daha fazla zorlanmasına sebep olur. DBYBHY düzensiz yapıları, Planda Düzensiz Yapılar ve Düşeyde Düzensiz Yapılar olmak üzere ikiye ayırmıştır.

4.1 Planda Düzensizliği Bulunan Yapılar

DBYBHY'de planda düzensizlik durumları üç başlık altında toplanmıştır:

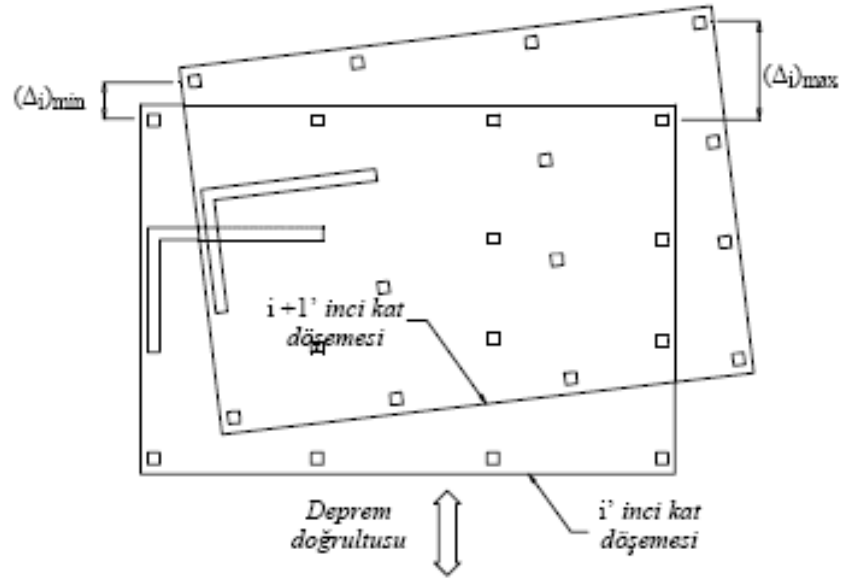
- a. A-1 Burulma Düzensizliği
- b. A-2 Döşeme Süreksizlik Düzensizliği
- c. A-3 Planda Çıkıntılar Bulunması Düzensizliği

4.1.1 A-1 Burulma düzensizliği

Burulma Düzensizliği, yapıda x ve y deprem doğrultularından herhangi biri için, herhangi bir kattaki en büyük görelî yatay kat ötelemesinin ortalama görelî kat ötelemesine oranı olarak tanımlanan Burulma Düzensizlik Katsayısı'nın 1.2 den büyük olması durumu olarak tanımlanır (Denklemler 4.1, 4.2 ve Şekil 4.1).

$$\eta_{bi} = (\Delta_i)_{\max} / (\Delta_i)_{\text{ort}} > 1.2 \quad (4.1)$$

$$(\Delta_i)_{\text{ort}} = 1 / 2 [(\Delta_i)_{\max} - (\Delta_i)_{\min}] \quad (4.2)$$



Şekil 4.1 : i. katta max. ve min. görelî kat ötelemeleri

Deprem kuvvetlerinin etkidiğı kat kütle merkezi ile kat rijitlik merkezinin çakışmadığı durumlarda burulma türü düzensizlik belirgin hale gelir. Yapılan kontrollerde kat ötelemelerinin hesabında, yapıda oluşacak muhtemel değişiklikleri göz önüne alarak, kütle merkezlerinin deprem kuvvetlerinin etkidiğı doğrultuya dik bina boyutunun $\pm 5\%$ 'i kadar bir dış merkezlikte bulunduğu kabul edilecektir [6].

Bu düzensizlik türü yapıların deprem hesapları yapılırken kullanılacak olan hesap yönteminin seçiminde oldukça etkilidir. DBYBHY'de dinamik hesap yöntemi taşıyıcı sistemin davranışının belirlenmesinde daha etkili bir yöntem kabul edildiğı için $\eta_{bi} > 2.00$ olması durumunda birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde dinamik hesap yapılması zorunlu kılınmıştır.

Çizelge 4.1 : Hesapta eşdeğer deprem yükü yönteminin kullanılabileceğı bina türleri

Deprem Bölgesi	Bina Türü	Toplam Yükseklik Sınırı
1, 2	A1 türü burulma düzensizliğı olmayan, varsa her bir katta $\eta_{bi} \leq 2.0$ koşulunu sağlayan binalar	$H_N \leq 25 \text{ m}$
1, 2	A1 türü burulma düzensizliğı olmayan, varsa her bir katta $\eta_{bi} \leq 2.0$ koşulunu sağlayan ve ayrıca B2 türü düzensizliğı olmayan binalar	$H_N \leq 40 \text{ m}$
3, 4	Tüm binalar	$H_N \leq 40 \text{ m}$

Çizelge 4.1’de belirtilen şartların sağlanması durumunda, çözümlemede Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi kullanılabilir. Burulma Düzensizliği Katsayısının $1.20 < \eta_{bi} < 2.00$ olması durumunda, düşey ve yatay taşıyıcıların rijitliklerinin artırılması veya bu akslara kısıtlı sayı ve boyutta da olsa perde eklenmesi burulma düzensizliğini engelleyebilir [6].

Burulma düzensizliği bulunan yapılar dört sınıfa ayrılabilir:

- a. Geometrik Bakımdan Düzensiz Yapılar
- b. Rijitlik Dağılımı Bakımından Düzensiz Yapılar
- c. Hem Geometrik Hem De Rijitlik Yerleşimi Bakımından Düzensiz Yapılar
- d. Gizli Burulma Düzensizliği Bulunan Yapılar

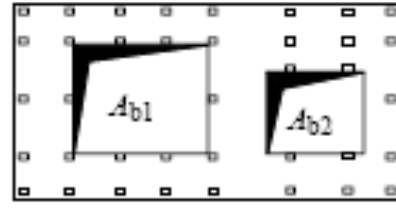
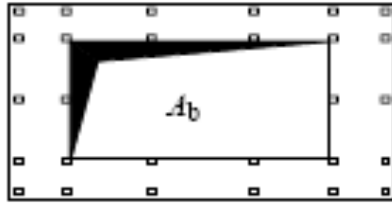
Yukarda bahsi geçen 4 tip burulma düzensizliğinin engellenebilmesi ya da en azından minimize edilmesi, yapıların zayıf akslarında boyut artırma yoluyla yapılabilir. Eğer bu çözüm düzensizliği gidermek için yeterli olmuyorsa bu defa taşıyıcı sisteme perde veya perdeler eklenmesi bu düzensizliği engelleyebilir. Çünkü eklenen perdeler ya da arttırılan kolon boyutları sayesinde, yapının sahip olduğu rijitlik dağılımı düzgün bir hal alacak ve bu sayede de yapı burulma düzensizliğine karşı korunmuş olacaktır.

4.1.2 A-2 Döşeme süreksizlik düzensizliği

Herhangi bir kattaki döşemede;

- Merdiven ve asansör boşlukları dahil, boşluk alanları toplamının kat brüt alanının 1/3’ünden fazla olmaması,
- Deprem yüklerinin kolon ve perde gibi düşey taşıyıcı elemanlara güvenle aktarılabilmesini güçleştiren yerel döşeme boşluklarının bulunması durumu,
- Döşemenin düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani değişikliklerin bulunması, döşeme süreksizliği olarak tanımlanır (Şekil 4.2).

Döşemeler kata etkiyen deprem yüklerini düşey taşıyıcılara aktarmada köprü görevi görmektedirler. Deprem yükünü kendi düzlemi içinden geçiren döşeme plağı, bu yükü düşey taşıyıcılara aktarır ve burada kesme kuvveti oluşmasına neden olur. Döşemenin deprem yüklerini düşey taşıyıcılara aktarmasına diyafram görevi adı verilir [6].



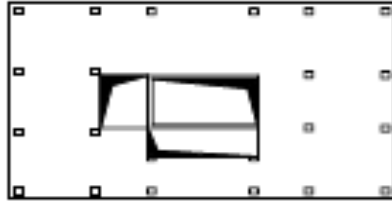
$$A_b = A_{b1} + A_{b2}$$

A2 türü düzensizlik durumu – I

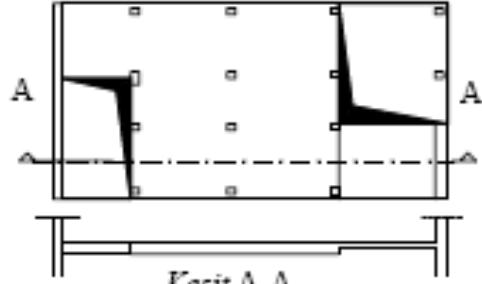
$$A_b / A > 1/3$$

A_b : Boşluk alanları toplamı

A : Brüt kat alanı



A2 türü düzensizlik durumu – II



A2 türü düzensizlik durumu – II ve III

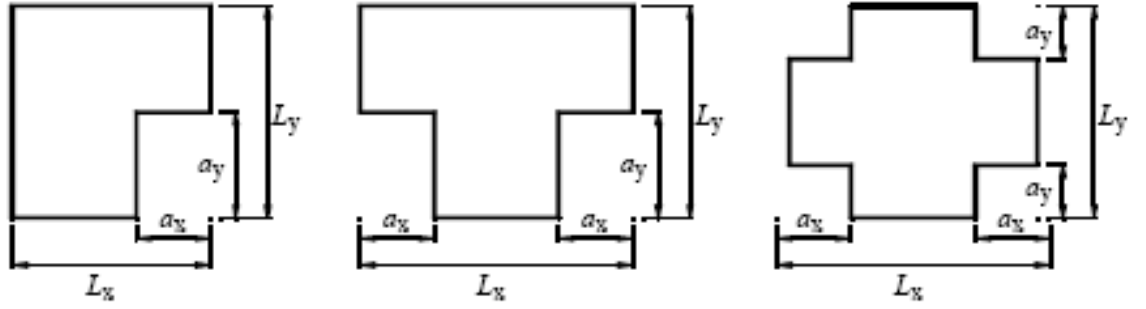
Şekil 4.2 : A-2 türü düzensizlik durumları

Döşemenin deprem yükü altında etkin bir diyafram görevi yapabilmesi için yapmış olduğu sehimin çok küçük değerde olması gerekmektedir. Bir başka deyişle düzlem içi eğilme rijitliği büyük olmalıdır. Döşemede bulunan boşluklar, döşemenin sahip olduğu eğilme rijitliği değerini azaltmaktadır.

Yapılarda döşeme boşluklarının bulunması ve özellikle de kirişsiz döşemelerde bu mesnetlenme kenarlarında boşlukların bulunması, kuvvet iletimini zorlaştıracak ve gerilme yığılmalarına sebep olabilecektir. Bununla birlikte döşemelerde oluşabilecek ani kalınlık değişimleri de yine deprem kuvvetlerinin iletilmesinde ani gerilme yığılmalarına neden olabilir.

4.1.3 A-3 Planda çıkıntılar bulunması düzensizliği

Planda çıkıntılar bulunması düzensizliği, binanın katlarında çıkıntı yapan kısımların birbirine dik iki doğrultudaki boyutlarının her ikisinin de, o katın aynı doğrultudaki toplam plan boyutlarının %20'sinden daha büyük olması durumu olarak tanımlanır (Şekil 4.3).



A3 türü düzensizlik durumu:
 $a_x > 0.2 L_x$ ve aynı zamanda $a_y > 0.2 L_y$

Şekil 4.3 : A-3 türü düzensizlik durumları

Bu tür düzensizliğe sahip L, T, H ve U şeklindeki döşemeler deprem kuvvetlerini diğer taşıyıcı elemanlara iletirlerken yaptıkları davranışı rijit diyafram hareketi olarak kabul etmemek gerekmektedir. Çünkü bu durumda döşemenin kollarında, kendi düzlemleri içinde birbirine göre rölatif yer değiştirme oluşabilir.

4.2 Düşey Doğrultuda Düzensizlik Durumları

DBYBHY’de düşeyde düzensizlik durumları üç başlık altında toplanmıştır:

- B-1 Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği
- B-2 Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği
- B-3 Taşıyıcı Sistem Düşey Elemanlarının Süreksizliği

4.2.1 B-1 Komşu katlar arası dayanım düzensizliği

Betonarme binalarda, birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi birinde, herhangi bir kattaki etkili kesme alanının, bir üst kattaki etkili kesme alanına oranı olan *Dayanım Düzensizliği Katsayısı* η_{ci} ’nin 0,80’den küçük olması durumudur [6].

$$\eta_{ci} = (\sum A_e)_i / (\sum A_e)_{i+1} < 0,80 \quad (4.3)$$

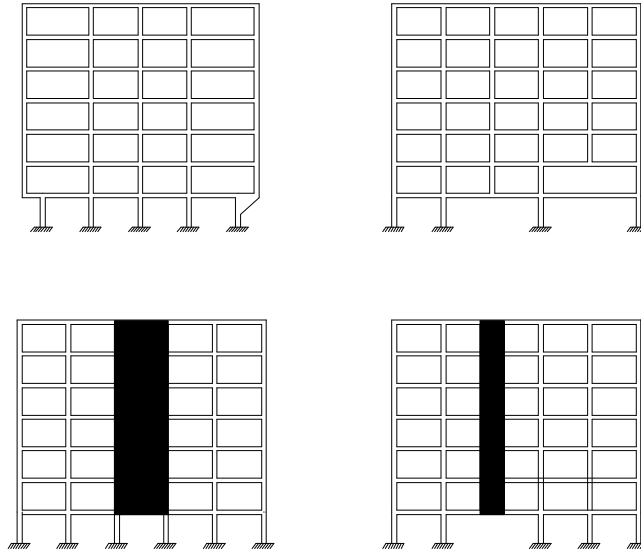
$$\sum A_e = \sum A_w + \sum A_g + 0,15 \sum A_k \quad (4.4)$$

4.2.2 B-2 Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği

Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir i'inci kattaki ortalama görelî kat ötelemesi oranının bir üst veya bir alt kattaki ortalama görelî kat ötelemesine bölünmesi ile tanımlanan *Rijitlik Düzensizliği Katsayısı* η_{ki} 'nin 2.0'den fazla olması durumudur [6].

4.2.3 B-3 Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği:

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



Şekil 4.4 : Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği

4.3 Görelî Kat Ötelemeleri Kontrolü

DBYBHY'de görelî kat ötelemelerinin kontrolünün şu şekilde yapılması belirtilmiştir.

Her bir deprem doğrultusu için, binanın i'inci katındaki kolon veya perdeler için *etkin görelî kat ötelemesi*, δ_i 'nin alacağı en yüksek değerin kat yüksekliğine oranı 0.02'den daha büyük olamaz (Denklem 4.5) [6].

$$\frac{(\delta_i)_{\max}}{h_i} \leq 0.02 \quad (4.5)$$

Burada;

$$\delta_i = R\Delta_i \quad (4.6)$$

$$\Delta i = d_i - d_{i-1} \quad (4.7)$$

Bu denklemde d_i ve d_{i-1} , her bir deprem doğrultusu için binanın i 'inci ve $(i-1)$ 'inci katlarında herhangi bir kolonun veya perdenin uçlarında, azaltılmış deprem yüklerine göre hesaplanan yatay yerdeğiştirmeleri göstermektedir.

4.4 İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü

Gözönüne alınan deprem doğrultusunda her bir katta, *İkinci Mertebe Gösterge Değeri*, θ_i 'nin, DBYBHY'de belirtilen řu koşulu sağlaması gerekmektedir [6].

$$\frac{(\Delta_i)_{\text{ort}} \sum_{j=1}^N w_j}{V_i h_i} \leq 0.12 \quad (4.8)$$

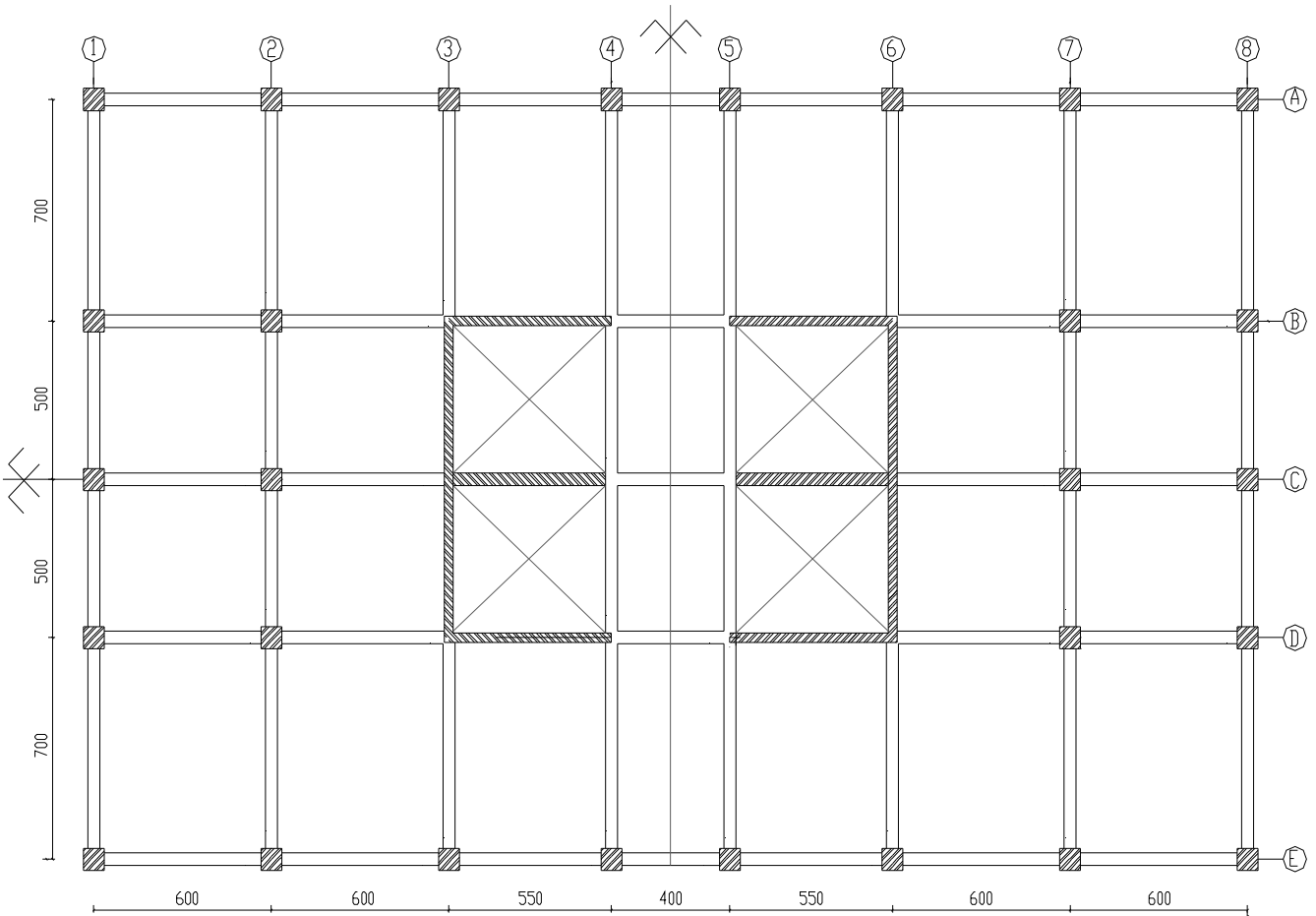
Burada;

$$W = \sum w_i \quad (4.9a)$$

$$w_i = g_i + n q_i \quad (4.9b)$$

5. TASARIMI YAPILACAK BİNA HAKKINDA GENEL BİLGİLER

Yapı sistemleri tasarlanırken, yapıların ekonomik olmasının yanında binaya etkiyecek olan düşey ve yatay yükleri karşılayacak en uygun taşıyıcı sistemin seçilmesi beklenmektedir. Tasarım esnasında değişik döşeme türleri kullanıldığında, çok katlı binaların yatay yükler altındaki davranışları da değişmektedir. Bu bölümde örnek olarak seçilen çok katlı betonarme bir binanın mimari planında değişiklik yapmadan farklı döşeme türleri ile tasarımı ve hesapları yapılacaktır (Şekil 5.1).



Şekil 5.1 : Çözümlemesi yapılacak yapılara ait kalıp planı

Hesap yapılacak olan döşeme türleri sırasıyla;

- a. Kirişli Plak Döşeme
- b. Dişli Döşeme
- c. Kirişsiz Döşemedir.

Farklı döşeme türlerinin seçilmesi nedeni ile yapının taşıyıcı sisteminde meydana gelen değişiklikler ile düşey ve yatay yükler altında yapının davranışı incelenecektir.

Örnek olarak seçilen bina hakkındaki genel karakteristikler ve bilgiler aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

- Bina Bodrum Kat, Zemin Kat ve 8 Normal Kat'tan oluşmak üzere toplam 10 katlı olarak incelenecektir.
- Bina işyeri amaçlı ve katlarda büro alanları oluşturulabilecek şekilde tasarlanmıştır.
- Yapı 39 m x 24 m = 936 m² oturma alanına sahiptir ve yapının planı dikdörtgen şeklindedir.
- Yapının taşıyıcı sisteminde, düşey taşıyıcı elemanlar olan kolonlar kare, perdeler de poligon şeklinde oluşturulmuştur. Kirişli plak döşemeli ve dişli döşemeli tasarımlarda, kirişler yönetmeliklerin gerektirdiği şartları sağlayacak şekilde tasarlanmıştır. Taşıyıcı sistem her iki doğrultuda da simetriktir.
- Bina kat yüksekliği, her kat için 3.00 m olarak tasarlanmıştır.
- Binada bulunan döşemelerin hepsi çift doğrultuda çalışan döşemedir.
- Projede öngörülen malzeme C25 (BS25) ve S420 (BÇIIIa)' dir. Kullanılan beton ve çelik sınıfına ait malzeme karakteristik değerleri şu şekildedir:

$$\begin{aligned} \text{C 25(BS25)} \quad \rightarrow \quad f_{ck} &= 25 \text{ MPa} = 2,50 \text{ kN/cm}^2 \\ f_{cd} &= 16,7 \text{ MPa} = 1,67 \text{ kN/cm}^2 \\ f_{ctk} &= 1,80 \text{ MPa} = 0,18 \text{ kN/cm}^2 \\ f_{ctd} &= 1,15 \text{ MPa} = 0,115 \text{ kN/cm}^2 \\ E_c &= 30250 \text{ MPa} = 3025 \text{ kN/cm}^2 \end{aligned}$$

$$S420 (B\check{C}IIIa) \rightarrow f_{yk} = 420\text{MPa} = 42 \text{ kN/cm}^2,$$

$$f_{yd} = 365\text{MPa} = 36,5 \text{ kN/cm}^2$$

$$E_s = 200000\text{MPa} = 20000 \text{ kN/cm}^2$$

- Yapı, birinci derece deprem bölgesinde bulunan Bakırköy’de inşa edilecek olup,
 - o Bina Önem Katsayısı $I = 1.00$,
 - o Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı $R = 7$,
 - o Etkin Yer İvmesi Katsayısı $A_o = 0.40$ ve
 - o Hareketli Yüğü Katılım Katsayısı $n = 0.30$ olarak alınmıştır.
- Zemin türü Z3/B olarak tespit edilmiştir. Ayrıca;
 - o Zemin Emniyet Gerilmesi değeri $\sigma_{zmn}=180 \text{ kN/m}^2$,
 - o Karakteristik Zemin Periyotları $T_A = 0.15 \text{ sn}$; $T_B = 0.60 \text{ sn}$ ve
 - o Zemin Yatak Katsayısı, $k=50000 \text{ kN/m}^3$ olarak belirlenmiştir.
- Yapının her türlü analizi ETABS programı kullanılarak yapılmıştır.

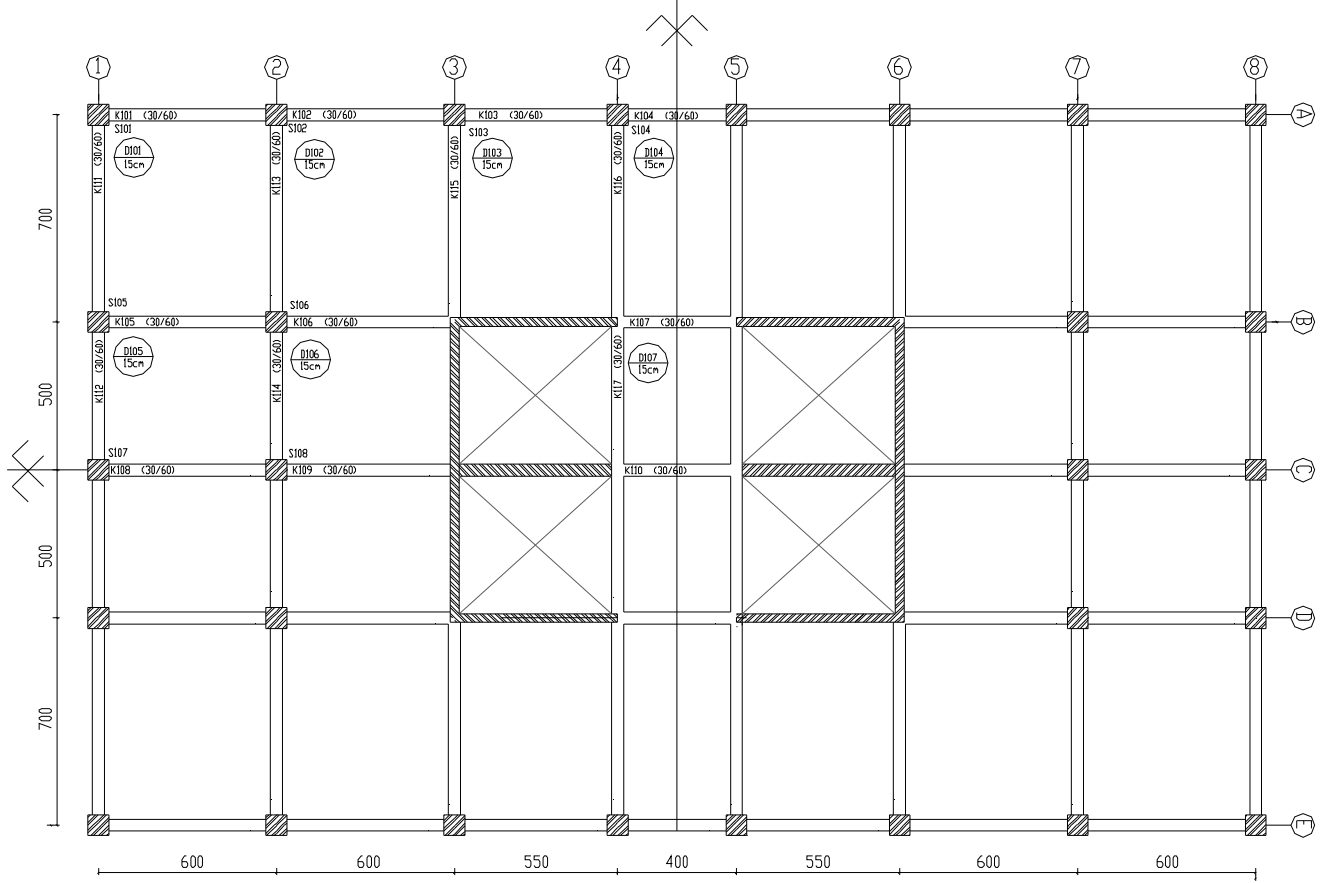
Üç farklı döşeme türü gözönüne alınarak yapılan tasarımların isimlendirilmesi aşağıdaki gibi yapılmıştır. Böylece yapı

- (Bina-I): Kirişli Plak Döşemeli Sistem,
- (Bina-II): Dişli Döşemeli Sistem,
- (Bina-III): Kirişsiz Döşemeli Sistem, olarak üç alternatif halinde incelenecektir.

Farklı döşeme sistemlerine sahip söz konusu binaların döşeme, kiriş, perde ve kolon ön boyutlandırmaları ile bu boyutlandırma hesabı neticesinde elde edilen değerlerin ETABS programında tanıtılması ve binalara ait analizlerin elde edilmesi bu kısımda sırasıyla işlenmiştir.

5.1 Bina-I Çözümlemesi

Kirişli plak döşeme sistemine sahip Bina-I olarak adlandırılan yapının kalıp planı Şekil.5.2’de verilmiştir.



Şekil 5.2 : Bina-I kalıp planı

5.1.1 Döşeme hesabı

TS500, Betonarme Yapıların Yapım ve Hesap Kuralları Yönetmeliğinde, bir ve iki doğrultuda çalışan döşemelerin kalınlıklarının sağlaması gereken sehim şartları belirtilmiştir. Analizi yapılacak binada sadece çift doğrultuda çalışan döşeme bulunmaktadır. İki doğrultuda çalışan kirişli plak döşeme kalınlığının hesabı için Denklem 5.1 kullanılmıştır. Belirlenen kalınlıklar Çizelge 5.1’de gösterilmiştir.

$$\min hf = l_{sn} (1 - \alpha_s / 4) / (15 + 20 / m) \quad (5.1)$$

Çizelge 5.1 : Döşeme kalınlıklarının belirlenmesi

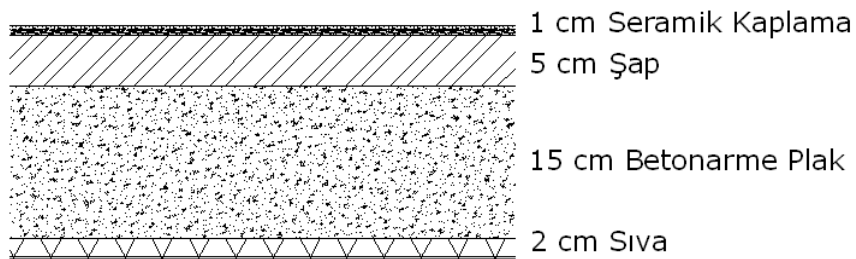
Döşeme No	L_1 (m)	$m = L_1 / L_s$	Çalışma Şekli	Mesnetlenme Koşulları	α_s	min hf (mm)	Seçilen (mm)
	L_s (m)						
D01	6,70	1,18	iki doğrultuda	iki kenar süreksiz	0,50	149,0	150
	5,70						
D02	6,70	1,18	iki doğrultuda	bir kenar süreksiz	0,73	139,2	150
	5,70						
D03	6,70	1,29	iki doğrultuda	iki kenar süreksiz	0,44	144,5	150
	5,20						
D04	6,70	1,81	iki doğrultuda	bir kenar süreksiz	0,68	110,0	150
	3,70						
D05	5,70	1,21	iki doğrultuda	bir kenar süreksiz	0,77	114,0	150
	4,70						
D06	5,70	1,21	iki doğrultuda	bir kenar süreksiz	0,77	114,0	150
	4,70						
D07	4,70	1,27	iki doğrultuda	iki kenar süreksiz	0,56	96,5	150
	3,70						

Çizelge 5.1’den görüldüğü gibi sehim gerektirmeyen max. döşeme kalınlığı 149 mm olarak hesaplanmıştır. Döşeme kalınlığı bu nedenle 150 mm. olarak seçilmiştir. Açıklığı küçük olan döşemelerde, gerekmemesine rağmen, imalatın kolay olması düşünülerek aynı döşeme kalınlığı alınmıştır.

5.1.1.1 Döşeme yüklerinin bulunması

Normal Kat Döşeme Yükleri

Şekil 5.3’de normal kat döşeme kesiti verilen Bina-I için döşeme yükleri Çizelge 5.2’de verilmiştir [8].



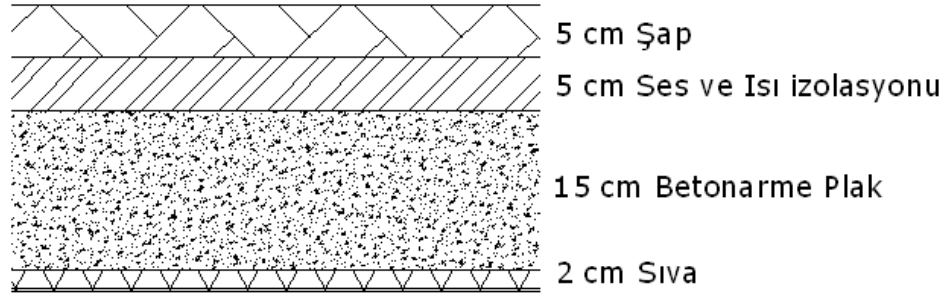
Şekil 5.3 : Bina-I normal kat döşeme kesiti

Çizelge 5.2 : Bina-I normal kat döşeme yükleri

Normal Döşeme	h (m)	γ (kN/m ³)	γ (kN/m ²)
Betonarme Döşeme	0,15	25	3,75
Şap	0,05	22	1,1
Alçı Sıva	0,02	20	0,4
Seramik Kaplama	0,01	22	0,22
Toplam Sabit Yük (G)			5,47 kN/ m²
Hareketli Yük (Q)			3,50 kN/ m²
Hesap Yükü ($P_d = 1,4G + 1,6Q$)			13,26 kN/m²

Çatı Katı Döşeme Yükleri

Şekil 5.4'te çatı katı döşeme kesiti verilen Bina-I için çatı katı döşeme yükleri Çizelge 5.3'te verilmiştir.



Şekil 5.4 : Bina-I çatı katı döşeme kesiti

Çizelge 5.3 : Bina-I çatı katı döşeme yükleri

Çatı Döşemesi	h (m)	γ (kN/m ³)	γ (kN/m ²)
Betonarme Döşeme	0,15	25	3,75
Şap	0,05	22	1,1
Alçı Sıva	0,02	20	0,4
İzolasyon Malzemesi	0,05	1,50	0,075
Toplam Sabit Yük (G)			5,33 kN/ m²
Hareketli Yük (Q)			2,00 kN/ m²
Hesap Yükü ($P_d = 1,4G + 1,6Q$)			10,66 kN/ m²

5.1.1.2 Donatı hesabı

Yapı analizinde kullanılacak döşeme yüklerini ve boyutlarını göz önüne alarak döşemelerde meydana gelen moment değerleri ve kullanılması gereken donatı miktarları bu bölümde hesaplanmıştır. Kirişli plak döşemelerin açıklık ve mesnet momentleri Çizelge 5.4’te verilmiştir.

Çizelge 5.4 : Bina-I açıklık ve mesnet momentleri

Döşeme Adı	L _s	m	X-Doğrultusu				Y-Doğrultusu				
	L _I		α _{m1}	α _a	M _{m1}	M _a (kNm)	α _{m1}	α _a	M _{m1}	M _a (kNm)	
	(m)				α _{m2}		M _{m2}		α _{m2}		M _{m2}
D101	6,00				0,000						
		1,17		0,045		18,047		0,037		14,839	
	7,00		0,060		24,063		0,049		19,652		
D102	6,00		0,051		20,454						
		1,17		0,038		15,240		0,031		12,433	
	7,00		0,051		20,454		0,042		16,844		
D103	5,50		0,068		22,539				0,000		
		1,27		0,051		16,904		0,044		14,584	
	7,00		0,068		22,539				0,000		
D104	4,00		0,075		12,181				0,000		
		1,75		0,056		9,095		0,031		5,035	
	7,00		0,075		12,181		0,042		6,821		
D105	5,00				0,000		0,053		14,229		
		1,20		0,031		8,323		0,040		10,739	
	6,00		0,042		11,276		0,053		14,229		
D106	5,00		0,042		11,276		0,053		14,229		
		1,20		0,031		8,323		0,040		10,739	
	6,00				0,000		0,053		14,229		
D107	4,00				0,000		0,056		9,095		
		1,25		0,057		9,257		0,044		7,146	
	5,00				0,000		0,056		9,095		

Kirişli plak döşemeler için sağlanması gereken şartlar aşağıda verilmiştir.

Tek doğrultuda çalışan döşemelerde,

S 220 (BÇ-I) için $\rightarrow \rho_{min} \geq 0,003$

S 420 (BÇ-III) ve S 500 (BÇ-IV) için $\rightarrow \rho_{min} \geq 0,002$

Dağıtma donatısı: $A_{sd}=A_s/5 \quad s \leq 300mm$;

Boyuna mesnet donatısı: $A_{sb}= 0.6 \cdot A_s$ minimum donatı $\rightarrow$ S 420 (Φ 10/200)

Donatı aralığı (s) ise; $s \leq 1,5h_f$ veya $s \leq 200$ mm

Çift doğrultuda çalışan döşemelerde,

Her iki doğrultudaki donatı oranlarının toplamı

S220 (BÇ-I) için 0,004 ,

S 420 (BÇ-III) için 0,0035,

S500 (BÇ-IV) için 0,003'ten az olamaz.

Döşeme betonarme hesabında kullanılan çelik sınıfı S 420 olduğundan;

Minimum donatı yüzdesi $(\rho_x + \rho_y) \geq 0.0035$

Donatı aralığı (s) ise;

kısa doğrultuda $s \leq 1,5h_f$; $s \leq 200mm$;

uzun doğrultuda ise $s \leq 1,5h_f$; $s \leq 250mm$; olmalıdır.

Yapıdaki döşemeler çift doğrultuda çalışıyor olup, tüm döşemelerin kalınlığı 15 cm olduğuna göre, donatı aralığı (s);

$s \leq 1,5 \times 15 = 225mm$ olduğundan

kısa doğrultuda $s \leq 200mm$

uzun doğrultuda $s \leq 225mm$ olmalıdır.

Hesaplamalar neticesinde her döşeme için elde edilen açıklıkta kullanılması gereken minimum donatı alanlarına ve konstrüktif kurallarda belirtilen sınırlama durumlarına göre en uygun donatı miktarları seçilmiştir (Çizelge 5.5).

Çizelge 5.5 : Bina-I açıklık donatıları

Döşeme - Doğrultu	M _d	d	K	k _s	A _s	Donatı	Açıklama	
	(kNm/m)	(m)	(x 10 ⁻⁵)		(mm ²)	(mm ² /m)	Düz	Pilye
D101-X	18,047	0,10	55,41	2,95	532	Φ10/140	Φ10/280	Φ10/280
						(561 mm ²)	(280 mm ²)	(280 mm ²)
D101-Y	14,839	0,09	54,59	2,96	488	Φ10/160	Φ10/320	Φ10/320
						(490 mm ²)	(245 mm ²)	(245 mm ²)
D102-X	15,240	0,10	65,62	2,92	445	Φ10/160	Φ10/320	Φ10/320
						(490 mm ²)	(245 mm ²)	(245 mm ²)
D102-Y	12,433	0,09	65,15	2,92	403	Φ10/160	Φ10/320	Φ10/320
						(490 mm ²)	(245 mm ²)	(245 mm ²)
D103-X	16,904	0,10	59,16	2,94	497	Φ10/160	Φ10/320	Φ10/320
						(490 mm ²)	(245 mm ²)	(245 mm ²)
D103-Y	14,584	0,09	55,54	2,95	478	Φ10/160	Φ10/320	Φ10/320
						(490 mm ²)	(245 mm ²)	(245 mm ²)
D104-X	9,095	0,10	109,95	2,87	261	Φ10/180	Φ10/360	Φ10/360
						(436 mm ²)	(218 mm ²)	(218 mm ²)
D104-Y	5,035	0,09	160,88	2,84	159	Φ10/180	Φ10/360	Φ10/360
						(436 mm ²)	(218 mm ²)	(218 mm ²)
D105-X	8,323	0,09	97,32	2,88	266	Φ10/180	Φ10/360	Φ10/360
						(436 mm ²)	(218 mm ²)	(218 mm ²)
D105-Y	10,739	0,10	93,12	2,88	309	Φ10/180	Φ10/360	Φ10/360
						(436 mm ²)	(218 mm ²)	(218 mm ²)
D106-X	8,323	0,09	97,32	2,88	266	Φ10/180	Φ10/360	Φ10/360
						(436 mm ²)	(218 mm ²)	(218 mm ²)
D106-Y	10,739	0,10	93,12	2,88	309	Φ10/180	Φ10/360	Φ10/360
						(436 mm ²)	(218 mm ²)	(218 mm ²)
D107-X	9,257	0,10	108,02	2,87	266	Φ10/180	Φ10/360	Φ10/360
						(436 mm ²)	(218 mm ²)	(218 mm ²)
D107-Y	7,146	0,09	113,35	2,87	228	Φ10/180	Φ10/360	Φ10/360
						(436 mm ²)	(218 mm ²)	(218 mm ²)

Bina-I için mesnet donatıları ise Çizelge 5.6’da verilmiştir. Mesnet donatıları hesaplanırken açıklıkta kullanılan pilye donatıların mesnetlerde mesnet donatısı görevi üstlenmesi de göz önünde bulundurulmuştur.

Çizelge 5.6 : Bina-I mesnet donatıları

Döşeme - Doğrultu	M _d	d	K	k _s	A _s	Mevcut		Ek Donatı
	(kNm/m)	(m)	(x 10 ⁻⁵)		(mm ²)	(mm ² /m)		(mm ² /m)
D101-D102	24,06	0,10	41,56	2,98	717	Φ10/280	Φ10/320	Φ8/240
						(280 mm ²)	(245 mm ²)	(210 mm ²)
D102-D103	22,54	0,10	44,37	3,01	678	Φ10/320	Φ10/320	Φ8/240
						(245 mm ²)	(245 mm ²)	(210 mm ²)
D103-D104	18,54	0,10	53,94	2,96	549	Φ10/320	Φ10/360	Φ8/320
						(245 mm ²)	(218 mm ²)	(157 mm ²)
D105-D106	11,28	0,10	88,68	2,88	325	Φ10/360	Φ10/360	
						(218 mm ²)	(218 mm ²)	
D101-D105	17,54	0,10	57,01	2,95	517	Φ10/320	Φ10/360	Φ8/320
						(245 mm ²)	(218 mm ²)	(157 mm ²)
D105-D105	14,23	0,10	70,27	2,91	414	Φ10/360	Φ10/360	
						(218 mm ²)	(218 mm ²)	
D102-D106	16,84	0,10	59,38	2,94	495	Φ10/320	Φ10/400	Φ8/320
						(245 mm ²)	(197 mm ²)	(157 mm ²)
D106-D106	14,23	0,10	70,28	2,91	414	Φ10/360	Φ10/360	
						(218 mm ²)	(218 mm ²)	
D104-D107	8,21	0,10	121,80	2,86	235	Φ10/360	Φ10/360	
						(218 mm ²)	(218 mm ²)	
D107-D107	9,10	0,10	109,95	2,87	261	Φ10/360	Φ10/360	
						(218 mm ²)	(218 mm ²)	

5.1.2 Kirişlerin ön boyutlandırılması

Kiriş ön boyutları TS 500 ve DBYBHY'ne göre aşağıdaki koşulları sağlayacak şekilde seçilmiştir.

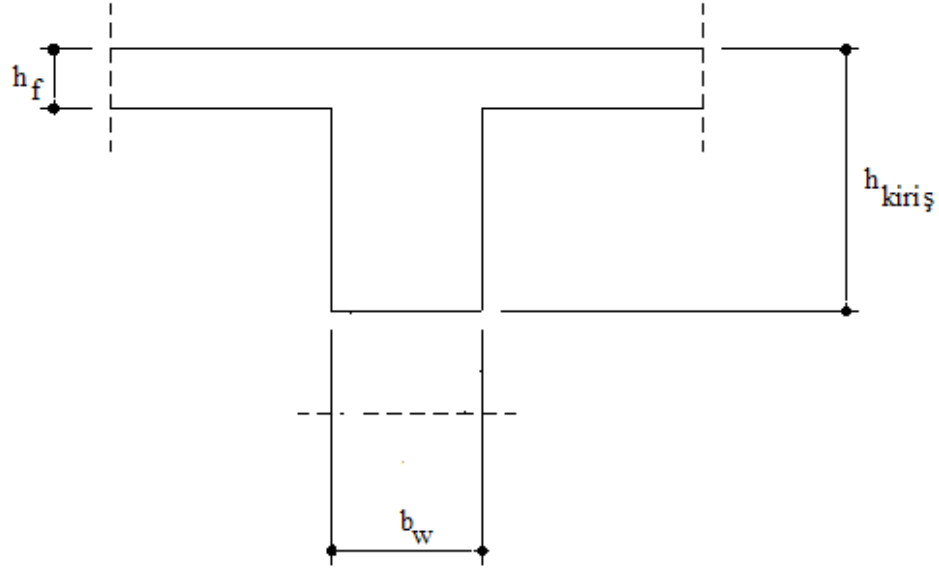
$$b_w > 250\text{mm (DBYBHY),}$$

$$h_{\text{kiriş}} < 1/4 \times l_{\text{sn}} = 1/4 \times 270 = 67.5 \text{ cm (DBYBHY),}$$

$$h_{\text{kiriş}} < 3,5 \times b_w = 3,5 \times 30 = 105 \text{ cm (DBYBHY),}$$

$$h_{\text{kiriş}} \geq 3 \times h_f = 3 \times 12 = 36 \text{ cm}$$

$$b_w > 200\text{mm (TS 500),}$$



Şekil 5.5 : Kiriş kesit boyutları

Bina-I için kiriş boyutları, tüm katlarda (30cm x 60cm) olarak seçilmiştir.

5.1.3 Perdelerin ön boyutlandırılması

Perdeler, uzun kenarı kısa kenarının en az 7 katı büyüklükte olan düşey taşıyıcı sistem elemanlarıdır. Perdelerin gövde bölgesindeki perde kalınlığı kat yüksekliğinin 1/20'sinden ve 200 mm'den daha kısa olamaz. Bununla birlikte $H_w/l_w > 2.0$ olan perdelerin iki ucunda perde uç bölgeleri oluşturulması gerekmektedir. Perdelerde oluşturulan bu uç bölgelerinde, perde kalınlığı kat yüksekliğinin 1/15'inden ve 200mm'den kısa yapılamaz.

Söz konusu yapının toplam yüksekliği 30m'dir. Yapıdaki perdeler temelden yukarıya kadar sürekli devam ettiğinden dolayı $H_w/l_w > 2.0$ şartını sağlamaktadır. DBYBHY 2007'de belirtilen kritik perde yüksekliği Denklem 5.2'de verilmiştir.

$$H_{cr} \geq H_w/6 \quad (5.2)$$

Yapıdaki kritik perde yüksekliği

$$H_{cr} \geq 30/6 = 5 \text{ m olarak bulunmuştur}$$

$$\text{Perde kalınlığı tüm katlarda : } 300/15 = 20 \text{ cm}$$

Yukarıdaki hesap sonucu çıkan minimum perde kalınlığı 20 cm olarak bulunmuş, perde kalınlığı tüm katlarda 30 cm olarak seçilmiştir.

5.1.4 Kolonların boyutlandırılması

Bina-I, Bina-II ve Bina-III tasarımlarına ait çözümlerin her biri için kolon boyutlandırılması ayrı ayrı yapılmıştır. Kirişli plak döşemeye sahip Bina-I için hesap yapılırken; döşemelerden kolonlara gelen yükler, kolon etki alanında bulunan döşeme alanının ağırlığı hesaplanarak, kirişlerden kolonlara gelen yükler kolon etki alanında bulunan kirişlerin ağırlıkları hesaplanarak, döşemelerden kolonlara gelen yükler, yine kolon etki alanında bulunan döşeme ağırlığı hesaplanarak ve duvarlardan kolonlara gelen yükler de kolon etki alanında bulunan duvar miktarları ve kolonun kendi ağırlığı hesaplanarak bulunmuş ve bu hesapların detayları, aşağıda verilmiştir.

Bina-I'e ait kolon boyutlandırma hesapları aşağıda detaylı olarak verilmiş ve bu bilgiler Çizelge 5.7'de verilmiştir.

Normal Katlarda Kolona Aktarılan Yükler

S01 Kolonu

Döşemeden Gelen Yükler:

$$N_g = (3,5 \times 3,0) \times 5,47 = 57,435 \text{ kN}$$

$$N_q = (3,5 \times 3,0) \times 3,50 = 36,75 \text{ kN}$$

Duvar Yükü:

$$N_g = 4,20 \times 2,40 \times (3,5 + 3,0) = 65,52 \text{ kN}$$

Kiriş Yükü:

$$N_g = (0,3 \times 0,45 \times 25 \times (3,00 + 3,50)) + (0,02 \times 20 \times (0,3 + 0,45 \times 2) \times (3,00 + 3,50)) = 25,0575 \text{ kN}$$

Kolon Yükü:

$$N_g = 0,50 \times 0,50 \times 2,40 \times 25 = 15 \text{ kN}$$

S02 Kolonu

Döşemeden Gelen Yükler:

$$N_g = (3,5 \times 6,0) \times 5,47 = 114,87 \text{ kN}$$

$$N_q = (3,5 \times 6,0) \times 3,50 = 73,5 \text{ kN}$$

Duvar Yükü:

$$N_g = 4,20 \times 2,40 \times (3,5 + 6,0) = 95,76 \text{ kN}$$

Kiriş Yükü:

$$N_g = (0,3 \times 0,45 \times 25 \times (6,00 + 3,50)) + (0,02 \times 20 \times (0,3 + 0,45 \times 2) \times (6,00 + 3,50)) = 25,0575 \text{ kN}$$

Kolon Yüğü:

$$N_g = 0,50 \cdot 0,50 \cdot 2,40 \cdot 25 = 15 \text{ kN}$$

S03 Kolonu

Döşemeden Gelen Yüğüler:

$$N_g = (3,5 \cdot 5,75) \cdot 5,47 = 110,08 \text{ kN} \quad N_q = (3,5 \cdot 5,75) \cdot 3,50 = 70,44 \text{ kN}$$

Duvar Yüğü:

$$N_g = 4,20 \cdot 2,40 \cdot (3,5 + 5,75) = 93,24 \text{ kN}$$

Kiriş Yüğü:

$$N_g = (0,3 \cdot 0,45 \cdot 25 \cdot (5,75 + 3,50)) + (0,02 \cdot 20 \cdot (0,3 + 0,45 \cdot 2) \cdot (5,75 + 3,50)) = 25,0575 \text{ kN}$$

Kolon Yüğü:

$$N_g = 0,50 \cdot 0,50 \cdot 2,40 \cdot 25 = 15 \text{ kN}$$

S04 Kolonu

Döşemeden Gelen Yüğüler:

$$N_g = (3,5 \cdot 4,75) \cdot 5,47 = 90,94 \text{ kN} \quad N_q = (3,5 \cdot 4,75) \cdot 3,50 = 58,19 \text{ kN}$$

Duvar Yüğü:

$$N_g = 4,20 \cdot 2,40 \cdot (3,5 + 4,75) = 58,19 \text{ kN}$$

Kiriş Yüğü:

$$N_g = (0,3 \cdot 0,45 \cdot 25 \cdot (4,75 + 3,50)) + (0,02 \cdot 20 \cdot (0,3 + 0,45 \cdot 2) \cdot (4,75 + 3,50)) = 31,80 \text{ kN}$$

Kolon Yüğü:

$$N_g = 0,50 \cdot 0,50 \cdot 2,40 \cdot 25 = 15 \text{ kN}$$

S05 Kolonu

Döşemeden Gelen Yüğüler:

$$N_g = (6,0 \cdot 3,0) \cdot 5,47 = 98,46 \text{ kN} \quad N_q = (6,0 \cdot 3,0) \cdot 3,50 = 63,00 \text{ kN}$$

Duvar Yüğü:

$$N_g = 4,20 \cdot 2,40 \cdot (3,5 + 3,0) = 65,52 \text{ kN}$$

Kiriş Yüğü:

$$N_g = (0,3 \cdot 0,45 \cdot 25 \cdot (6,00 + 3,00)) + (0,02 \cdot 20 \cdot (0,3 + 0,45 \cdot 2) \cdot (6,00 + 3,00)) = 34,695 \text{ kN}$$

Kolon Yüğü:

$$N_g = 0,50 \cdot 0,50 \cdot 2,40 \cdot 25 = 15 \text{ kN}$$

S06 Kolonu

Döşemeden Gelen Yükler:

$$N_g = (6,0 \times 6,0) \times 5,47 = 196,92 \text{ kN}$$

$$N_q = (6,0 \times 6,0) \times 3,50 = 126,00 \text{ kN}$$

Duvar Yükü:

$$N_g = 4,20 \times 2,40 \times (6,0 + 6,0) = 120,96 \text{ kN}$$

Kiriş Yükü:

$$N_g = (0,3 \times 0,45 \times 25 \times (6,00 + 6,00)) + (0,02 \times 20 \times (0,3 + 0,45 \times 2) \times (6,00 + 6,00)) = 46,26 \text{ kN}$$

Kolon Yükü:

$$N_g = 0,50 \times 0,50 \times 2,40 \times 25 = 15 \text{ kN}$$

S07 Kolonu

Döşemeden Gelen Yükler:

$$N_g = (5,0 \times 3,0) \times 5,47 = 82,05 \text{ kN}$$

$$N_q = (5,0 \times 3,0) \times 3,50 = 52,50 \text{ kN}$$

Duvar Yükü:

$$N_g = 4,20 \times 2,40 \times (5,0 + 3,0) = 80,64 \text{ kN}$$

Kiriş Yükü:

$$N_g = (0,3 \times 0,45 \times 25 \times (5,00 + 3,00)) + (0,02 \times 20 \times (0,3 + 0,45 \times 2) \times (5,00 + 3,00)) = 30,84 \text{ kN}$$

Kolon Yükü:

$$N_g = 0,50 \times 0,50 \times 2,40 \times 25 = 15 \text{ kN}$$

S08 Kolonu

Döşemeden Gelen Yükler:

$$N_g = (5,0 \times 6,0) \times 5,47 = 164,10 \text{ kN}$$

$$N_q = (5,0 \times 6,0) \times 3,50 = 105,00 \text{ kN}$$

Duvar Yükü:

$$N_g = 4,20 \times 2,40 \times (5,0 + 6,0) = 110,88 \text{ kN}$$

Kiriş Yükü:

$$N_g = (0,3 \times 0,45 \times 25 \times (5,00 + 6,00)) + (0,02 \times 20 \times (0,3 + 0,45 \times 2) \times (5,00 + 6,00)) = 42,405 \text{ kN}$$

Kolon Yükü:

$$N_g = 0,50 \times 0,50 \times 2,40 \times 25 = 15 \text{ kN}$$

Bina-I'e ait normal katlarda, döşemelerden, kirişlerden ve duvarlardan kolonlara aktarılan hareketli ve sabit yükler ile kolonun kendi ağırlığı hesaplanmıştır. Diğer döşeme türlerinde de benzer hesap yöntemi kullanılmıştır.

Bina-I'e ait çatı katından kolonlara aktarılan yükler ise aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

Çatı Katında Kolona Aktarılan Yükler

SÇ01 Kolonu

Döşemeden Gelen Yükler:

$$N_g = (3,5 \times 3,0) \times 5,55 = 58,28 \text{ kN}$$

$$N_q = (3,5 \times 3,0) \times 2,00 = 21,00 \text{ kN}$$

Duvar Yükü:

$$N_g = 0$$

Kiriş Yükü:

$$N_g = (0,3 \times 0,45 \times 25 \times (3,00 + 3,50)) + (0,02 \times 20 \times (0,3 + 0,45 \times 2) \times (3,00 + 3,50)) = 25,06 \text{ kN}$$

Kolon Yükü:

$$N_g = 0,50 \times 0,50 \times 2,40 \times 25 = 15 \text{ kN}$$

SÇ02 Kolonu

Döşemeden Gelen Yükler:

$$N_g = (3,5 \times 6,0) \times 5,55 = 116,55 \text{ kN}$$

$$N_q = (3,5 \times 6,0) \times 2,00 = 42,00 \text{ kN}$$

Duvar Yükü:

$$N_g = 0$$

Kiriş Yükü:

$$N_g = ((0,3 \times 0,45 \times 25 \times (6,00 + 3,50)) + (0,02 \times 20 \times (0,3 + 0,45 \times 2) \times (6,00 + 3,50))) = 25,0575 \text{ kN}$$

Kolon Yükü:

$$N_g = 0,50 \times 0,50 \times 2,40 \times 25 = 15 \text{ kN}$$

SÇ03 Kolonu

Döşemeden Gelen Yükler:

$$N_g = (3,5 \times 5,75) \times 5,55 = 111,69 \text{ kN}$$

$$N_q = (3,5 \times 5,75) \times 2 = 40,25 \text{ kN}$$

Duvar Yükü:

$$N_g = 0$$

Kiriş Yükü:

$$N_g = (0,3 \times 0,45 \times 25 \times (5,75 + 3,50)) + (0,02 \times 20 \times (0,3 + 0,45 \times 2) \times (5,75 + 3,50)) = 25,0575 \text{ kN}$$

Kolon Yükü:

$$N_g = 0,50 \times 0,50 \times 2,40 \times 25 = 15 \text{ kN}$$

SÇ04 Kolonu

Döşemeden Gelen Yükler:

$$N_g = (3,5*4,75)*5,5 = 92,27 \text{ kN}$$

$$N_q = (3,5*4,75)*2,00 = 33,25 \text{ kN}$$

Duvar Yükü:

$$N_g = 0$$

Kiriş Yükü:

$$N_g = (0,3*0,45*25*(4,75+3,50))+(0,02*20(0,3+0,45*2)*(4,75+3,50)) = 31,80 \text{ kN}$$

Kolon Yükü:

$$N_g = 0,50*0,50*2,40*25 = 15 \text{ kN}$$

SÇ05 Kolonu

Döşemeden Gelen Yükler:

$$N_g = (6,0*3,0)*5,55 = 99,90 \text{ kN}$$

$$N_q = (6,0*3,0)*2,00 = 36,00 \text{ kN}$$

Duvar Yükü:

$$N_g = 0$$

Kiriş Yükü:

$$N_g = (0,3*0,45*25*(6,00+3,00))+(0,02*20(0,3+0,45*2)*(6,00+3,00)) = 34,695 \text{ kN}$$

Kolon Yükü:

$$N_g = 0,50*0,50*2,40*25 = 15 \text{ kN}$$

SÇ06 Kolonu

Döşemeden Gelen Yükler:

$$N_g = (6,0*6,0)*5,55 = 199,80 \text{ kN}$$

$$N_q = (6,0*6,0)*2,00 = 72,00 \text{ kN}$$

Duvar Yükü:

$$N_g = 0$$

Kiriş Yükü:

$$N_g = (0,3*0,45*25*(6,00+6,00))+(0,02*20(0,3+0,45*2)*(6,00+6,00)) = 46,26 \text{ kN}$$

Kolon Yükü:

$$N_g = 0,50*0,50*2,40*25 = 15 \text{ kN}$$

SÇ07 Kolonu

Döşemeden Gelen Yükler:

$$N_g = (5,0 \cdot 3,0) \cdot 5,55 = 83,25 \text{ kN}$$

$$N_q = (5,0 \cdot 3,0) \cdot 2,00 = 30,00 \text{ kN}$$

Duvar Yükü:

$$N_g = 0$$

Kiriş Yükü:

$$N_g = (0,3 \cdot 0,45 \cdot 25 \cdot (5,00 + 3,00)) + (0,02 \cdot 20 \cdot (0,3 + 0,45 \cdot 2) \cdot (5,00 + 3,00)) = 30,84 \text{ kN}$$

Kolon Yükü:

$$N_g = 0,50 \cdot 0,50 \cdot 2,40 \cdot 25 = 15 \text{ kN}$$

SÇ08 Kolonu

Döşemeden Gelen Yükler:

$$N_g = (5,0 \cdot 6,0) \cdot 5,55 = 166,50 \text{ kN}$$

$$N_q = (5,0 \cdot 6,0) \cdot 2 = 60,00 \text{ kN}$$

Duvar Yükü:

$$N_g = 0$$

Kiriş Yükü:

$$N_g = (0,3 \cdot 0,45 \cdot 25 \cdot (5,00 + 6,00)) + (0,02 \cdot 20 \cdot (0,3 + 0,45 \cdot 2) \cdot (5,00 + 6,00)) = 42,405 \text{ kN}$$

Kolon Yükü:

$$N_g = 0,50 \cdot 0,50 \cdot 2,40 \cdot 25 = 15 \text{ kN}$$

Bu işlemler neticesinde binanın tamamında, kolonlara aktarılan sabit ve hareketli yükler bulunmuş olup, kolonun üzerindeki hesap normal kuvveti bulunurken Denklem 5.3 kullanılmıştır.

$$N_d = 1.4 N_g + 1.6 N_q \quad (5.3)$$

Buradan bulunan hesap normal kuvvetleri Denklem 5.4’de kullanılarak kolonların en kesit alanları belirlenmiştir.

$$A_c \geq N_d / (0,5 f_{ck}) \quad (5.4)$$

Çizelge 5.7 : Bina-I için kolon boyutları

Kat	Kolon	Üst Kattan gelen		Σ		Nd	Ac	$\alpha \cdot Ac$	Seçilen Kolon Boyutları
	Adı	g(kN)	q(kN)	Ng(kN)	Nq(kN)	(kN)	(cm ²)	(cm ²)	(cmxcm)
8	S801	0,00	0,00	88,73	21,00	157,83	103,15	134,10	30x30
	S802	0,00	0,00	158,57	42,00	289,20	189,02	245,73	30x30
	S803	0,00	0,00	152,75	40,25	278,25	181,87	236,42	30x30
	S804	0,00	0,00	129,47	33,25	234,46	153,24	199,22	30x30
	S805	0,00	0,00	140,00	36,00	253,59	165,75	215,47	30x30
	S806	0,00	0,00	251,46	72,00	467,24	305,39	397,00	40x40
	S807	0,00	0,00	123,69	30,00	221,17	144,55	187,92	30x30
	S808	0,00	0,00	214,31	60,00	396,03	258,84	336,49	40x40
7	S701	88,73	21,00	242,15	36,75	397,80	260,00	338,00	30x30
	S702	158,57	42,00	411,23	73,50	693,32	453,15	589,09	30x30
	S703	152,75	40,25	397,14	70,44	668,69	437,05	568,17	30x30
	S704	129,47	33,25	340,78	58,19	570,19	372,67	484,47	30x30
	S705	140,00	36,00	369,27	63,00	617,78	403,78	524,91	30x30
	S706	251,46	72,00	625,20	196,92	1190,35	778,01	1011,41	40x40
	S707	123,69	30,00	322,62	52,50	535,67	350,11	455,14	30x30
	S708	214,31	60,00	537,09	105,00	919,93	601,26	781,64	40x40
6	S601	242,15	57,75	395,56	36,75	612,58	400,38	520,49	30x30
	S602	411,23	115,50	663,88	73,50	1047,03	684,33	889,63	30x30
	S603	397,14	110,69	641,52	70,44	1010,82	660,67	858,87	30x30
	S604	340,78	91,44	552,08	58,19	866,01	566,02	735,82	30x30
	S605	369,27	99,00	598,55	63,00	938,76	613,57	797,64	30x30
	S606	625,20	268,92	998,94	196,92	1713,59	1119,99	1455,99	40x40
	S607	322,62	82,50	521,55	52,50	814,17	532,14	691,78	30x30
	S608	537,09	165,00	859,88	105,00	1371,83	896,62	1165,60	40x40
5	S501	395,56	94,50	553,17	36,75	833,24	544,60	707,98	40x40
	S502	663,88	189,00	926,13	73,50	1414,18	924,30	1201,59	50x50
	S503	641,52	181,13	895,50	70,44	1366,40	893,07	1160,99	50x50
	S504	552,08	149,63	772,98	58,19	1175,27	768,15	998,60	50x50
	S505	598,55	162,00	837,42	63,00	1273,19	832,15	1081,79	50x50
	S506	998,94	465,84	1384,68	196,92	2253,62	1472,96	1914,84	50x50
	S507	521,55	135,00	724,68	52,50	1098,55	718,01	933,41	40x40
	S508	859,88	270,00	1192,26	105,00	1837,16	1200,76	1560,99	50x50
4	S401	553,17	131,25	710,78	36,75	1053,90	688,82	895,47	40x40
	S402	926,13	262,50	1188,38	73,50	1781,34	1164,27	1513,55	50x50
	S403	895,50	251,56	1149,48	70,44	1721,98	1125,47	1463,12	50x50
	S404	772,98	207,81	993,88	58,19	1484,54	970,28	1261,37	40x40
	S405	837,42	225,00	1076,30	63,00	1607,61	1050,73	1365,95	50x50
	S406	1384,68	662,76	1770,42	196,92	2793,66	1825,92	2373,70	60x60
	S407	724,68	187,50	927,81	52,50	1382,93	903,88	1175,04	40x40
	S408	1192,26	375,00	1524,65	105,00	2302,50	1504,90	1956,38	50x50
3	S301	710,78	168,00	868,40	36,75	1274,55	833,04	1082,95	40x40
	S302	1188,38	336,00	1450,64	73,50	2148,49	1404,24	1825,51	50x50
	S303	1149,48	322,00	1403,47	70,44	2077,55	1357,88	1765,24	50x50
	S304	993,88	266,00	1214,79	58,19	1793,80	1172,42	1524,14	40x40
	S305	1076,30	288,00	1315,17	63,00	1942,04	1269,31	1650,10	50x50
	S306	1770,42	859,68	2156,16	196,92	3333,70	2178,89	2832,55	60x60
	S307	927,81	240,00	1130,94	52,50	1667,32	1089,75	1416,67	40x40
	S308	1524,65	480,00	1857,03	105,00	2767,84	1809,05	2351,76	50x50

Çizelge 5.7 (devam) : Bina-I için kolon boyutları

Kat	Kolon	Üst Kattan gelen		Σ		Nd	Ac	$\alpha \cdot Ac$	Seçilen Kolon Boyutları
	Adı	g(kN)	q(kN)	Ng(kN)	Nq(kN)	(kN)	(cm ²)	(cm ²)	(cmxcm)
2	S201	868,40	204,75	1031,41	36,75	1502,77	982,20	1276,86	40x40
	S202	1450,64	409,50	1712,89	73,50	2515,64	1644,21	2137,47	50x50
	S203	1403,47	392,44	1657,45	70,44	2433,13	1590,28	2067,36	50x50
	S204	1214,79	324,19	1435,69	58,19	2103,06	1374,55	1786,92	50x50
	S205	1315,17	351,00	1554,05	63,00	2276,46	1487,88	1934,25	50x50
	S206	2156,16	1056,60	2535,30	196,92	3864,49	2525,81	3283,56	70x70
	S207	1130,94	292,50	1339,47	52,50	1959,26	1280,56	1664,73	50x50
	S208	1857,03	585,00	2189,42	105,00	3233,18	2113,19	2747,15	60x60
1	S101	1031,41	241,50	1194,42	36,75	1730,99	1131,36	1470,77	40x40
	S102	1712,89	483,00	1975,14	73,50	2882,80	1884,18	2449,43	50x50
	S103	1657,45	462,88	1911,43	70,44	2788,70	1822,68	2369,49	50x50
	S104	1435,69	382,38	1656,59	58,19	2412,33	1576,68	2049,69	50x50
	S105	1554,05	414,00	1792,92	63,00	2610,89	1706,46	2218,40	50x50
	S106	2535,30	1253,52	2914,44	196,92	4395,29	2872,74	3734,56	70x70
	S107	1339,47	345,00	1548,00	52,50	2251,20	1471,37	1912,78	50x50
	S108	2189,42	690,00	2521,80	105,00	3698,52	2417,33	3142,53	60x60
Z	SZ01	1194,42	278,25	1357,43	36,75	1959,21	1280,53	1664,68	50x50
	SZ02	1975,14	556,50	2237,39	73,50	3249,95	2124,15	2761,40	60x60
	SZ03	1911,43	533,31	2165,41	70,44	3144,28	2055,08	2671,61	60x60
	SZ04	1656,59	440,56	1877,49	58,19	2721,59	1778,82	2312,46	60x60
	SZ05	1792,92	477,00	2031,80	63,00	2945,31	1925,04	2502,55	60x60
	SZ06	2914,44	1450,44	3293,58	196,92	4926,08	3219,66	4185,56	70x70
	SZ07	1548,00	397,50	1756,53	52,50	2543,14	1662,18	2160,84	50x50
	SZ08	2521,80	795,00	2854,19	105,00	4163,86	2721,48	3537,92	70x70
B	SB01	1357,43	315,00	1520,45	36,75	2187,42	1429,69	1858,59	50x50
	SB02	2237,39	630,00	2499,65	73,50	3617,10	2364,12	3073,36	60x60
	SB03	2165,41	603,75	2419,40	70,44	3499,85	2287,49	2973,73	60x60
	SB04	1877,49	498,75	2098,40	58,19	3030,85	1980,95	2575,23	60x60
	SB05	2031,80	540,00	2270,67	63,00	3279,74	2143,62	2786,71	60x60
	SB06	3293,58	1647,36	3672,72	196,92	5456,88	3566,59	4636,56	70x70
	SB07	1756,53	450,00	1965,06	52,50	2835,08	1853,00	2408,89	50x50
	SB08	2854,19	900,00	3186,57	105,00	4629,20	3025,62	3933,31	70x70

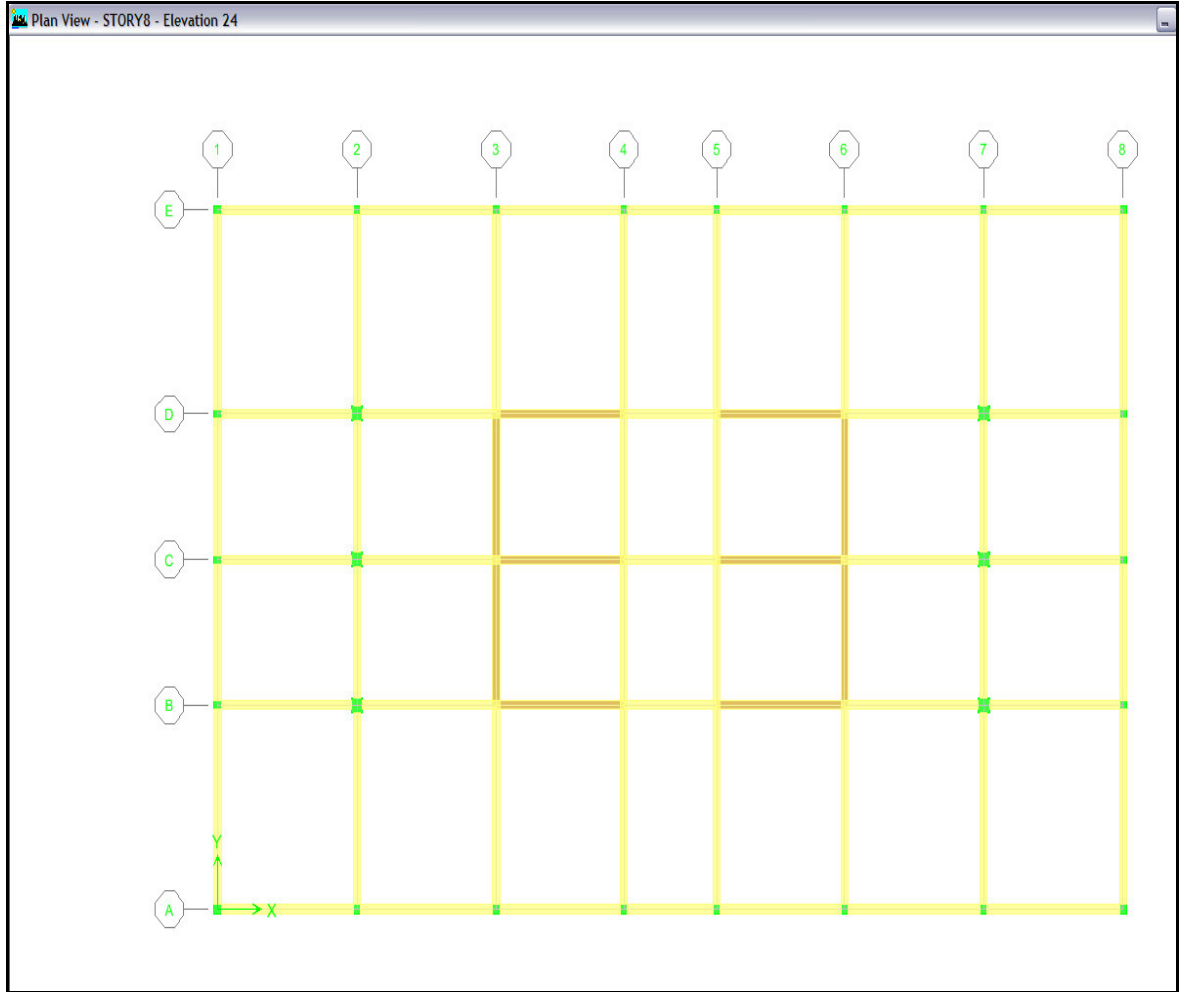
5.1.5 Bina-I için modelleme bilgileri

Yapının düşey ve yatay yüklere göre üç boyutlu analizi “ETABS Ver. 9” yapı analiz programı kullanılarak yapılmıştır. Yapıya etkiyen yüklerin tamamı DBYBHY’de belirtilen kurallara uygun olarak hesap edilmiştir. Farklı döşeme sistemine sahip yapılarımızın analizleri için ETABS programında 3 farklı model oluşturulmuştur. Döşeme ve kolonlara ait boyutlandırmalar yukarıda verildiği gibi daha önceden yapılmış olup, sisteme bu hesaplamaların sonuçları olarak veri girişleri yapılmıştır.

Hesaplanan kesit tesirlerine göre tüm yapısal elemanlar için betonarme kesit hesabı ve kontrolü ETABS 9 programının bünyesinde yapılmıştır. Bu programdaki hesap ırdeleme metodlarının TS 500 standardına uygunluğu bilinmektedir

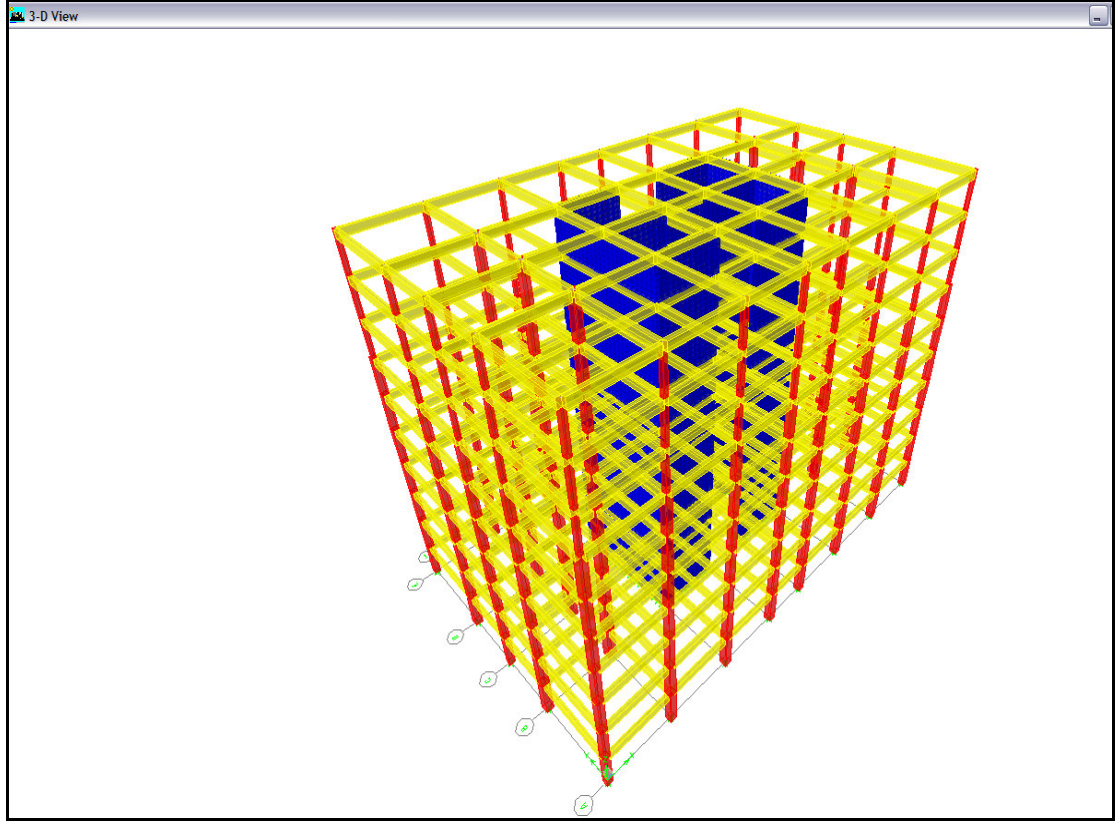
Bina-I için ETABS programında veri girişı şu şekilde gerçekleştirilmiştir:

- Söz konusu binaya ait aks ve ölçüler esas alınarak yapının kat planı hazırlanmıştır (Şekil 5.6).



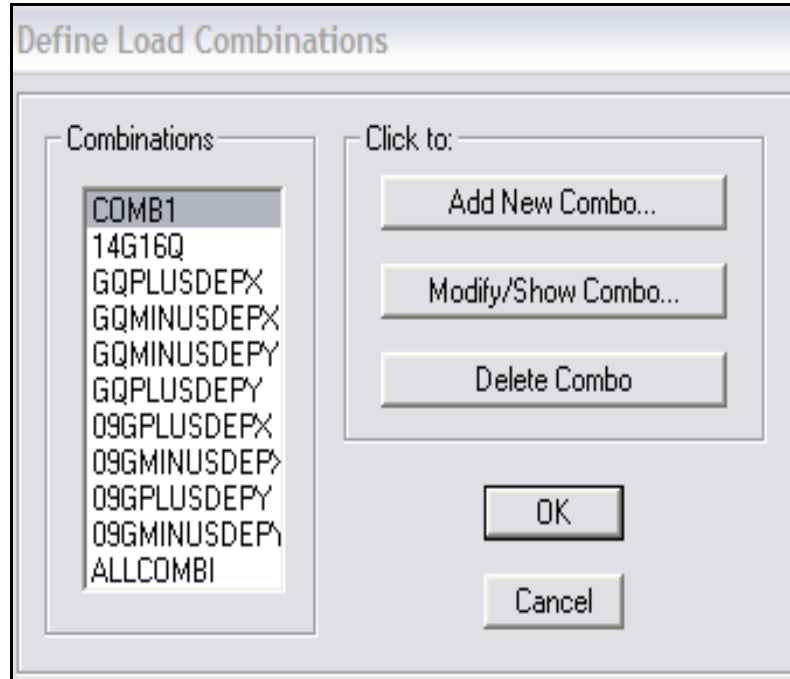
Şekil 5.6 : Bina-I kat planı

- Bina yükleri programa tanıtılırken Bölüm 5.1.1’de hesaplanan yük değerleri esas alınmıştır. Sabit ve hareketli yük değerleri sisteme elle girilmiştir.
- Bina kolon boyutları Bölüm 5.1.4’te yapılan hesaplar sonucunda seçilen boyutlar esas alınarak sisteme girişleri yapılmıştır. Şekil 5.7’de Bina-I için elde edilen üç boyutlu modelleme görülmektedir.



Şekil 5.7 : Bina-I üç boyutlu görünümü

- Programa yatay ve düşey yüklerden meydana gelen kombinasyonlar tanıtılmıştır (Şekil 5.8).



Şekil 5.8 : Yatay ve düşey yüklerden meydana gelen kombinasyonlar

- Yapıya X ve Y yönlerinde etki edecek deprem kuvvetlerinin program tarafından hesaplanması için X ve Y yönünde (Şekil 5.9) iki adet spektrum fonksiyonu tanımlanmıştır. Söz konusu olan spektrum fonksiyonları binanın zemin sınıfına (Z3) uygun olarak belirlenmiştir.

Şekil 5.9 : X ve Y yönünde spektrum fonksiyonları için veri girişi

Spektral İvme Katsayısı, $A(T)$, BDYBHY’de aşağıdaki ifadeyle hesaplanmıştır.

$$A(T) = A_0 * I * S(T) \quad (5.5)$$

Spektrum Katsayısı, $S(T)$, zemin türüne ve bina doğal periyodu T ’ye bağlı olarak aşağıdaki denklemler ile hesaplanmıştır.

$$S(T) = 1 + 1,5 * (T / T_A) \quad (0 \leq T \leq T_A) \quad (5.6a)$$

$$S(T) = 2,5 \quad (T_A < T \leq T_B) \quad (5.6b)$$

$$S(T) = 2,5*(T_B / T)^{0.8} (T > T_B) \quad (5.6c)$$

Taşıyıcı sistemimizin deprem anındaki doğrusal elastik davranışını belirleyebilmek için Denklem 5.10'a göre bulunacak elastik deprem yükleri, Denklem 5.7a ve 5.7b de tanımlanan Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı, R'ye bölünecektir

$$R_a(T) = 1.5 + (R - 1.5) T / T_A \quad (0 \leq T \leq T_A) \quad (5.7a)$$

$$R_a(T) = R \quad (T > T_A) \quad (5.7b)$$

Herhangi bir n'inci titreşim modunda gözönüne alınacak azaltılmış ivme spektrum ordinatı aşağıdaki denklem ile belirlenecektir.

$$S_{aR}(T_n) = A(T_n) g / R_a(T_n) \quad (5.8)$$

Yapıda tanımlanmış olan spektrum fonksiyonundan, azaltılmış ivme spektrum fonksiyonuna geçebilmek için spektrum fonksiyonu S(T),

$$A_0 * I * g / R_a(T) \quad (5.9)$$

ile tanımlanan azaltma çarpanıyla çarpılır. CQC Tam Karesel Birleştirme Metodu uygulanmıştır. Yapıya X ve Y yönlerinde etki edecek deprem kuvvetlerinin program tarafından hesaplanması için spektrum fonksiyonları tanımlanmış ve azaltılmış ivme spektrumu fonksiyonuna geçebilmek için ise ETABS programına sonradan eklenen bir modül yardımıyla Denklem 5.9'da ifade edilen azaltma çarpanı modele tanımlanmıştır.

Yapının çözümü deprem hesap yöntemlerinden Mod Birleştirme Yöntemi ile 12 mod gözönüne alınarak yapılmıştır. Ayrıca yapının sönümleme oranı 0.05 ve dışmerkezliği de %5 olarak programa girişi yapılmıştır.

Mod Birleştirme Yöntemi

Mod Birleştirme Yöntemi, deprem nedeniyle yapıda oluşan maksimum iç kuvvetler ve yerdeğiştirmeleri, yapıda oluşan yeterli sayıda doğal titreşim modunun her biri için hesaplanan maksimum katkıların istatiksel olarak birleştirilmesi metodudur [5].

$$L_j = \sum_{n=1}^N m_n \phi_{nj} \quad M_j = \sum_{n=1}^N m_n \phi_{nj}^2 \quad M_j^* = \frac{\left(\sum_{i=1}^N m_i \phi_{ij} \right)^2}{\sum_{n=1}^N m_n \phi_{nj}^2} \quad (5.10a)$$

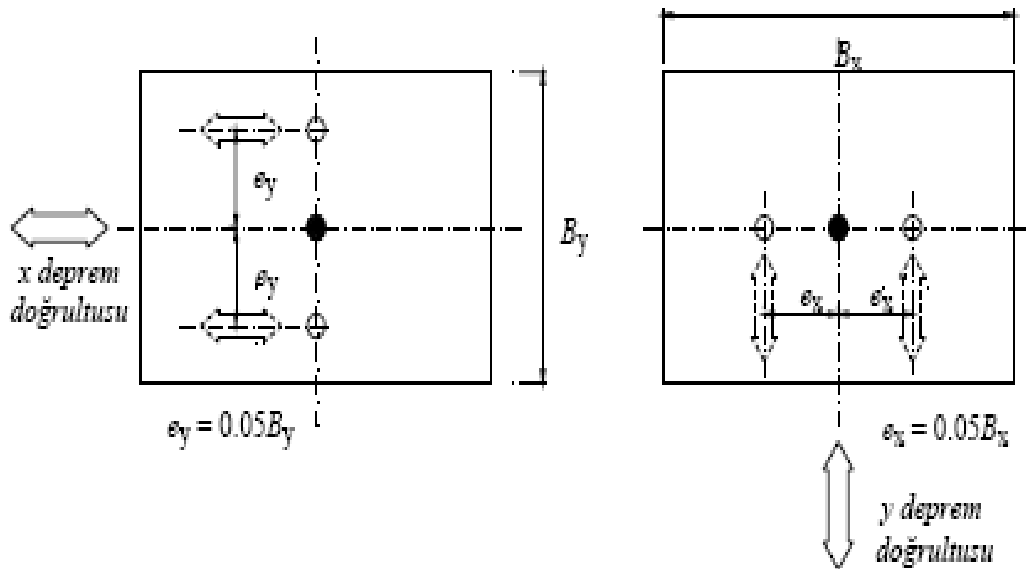
$$V_{bj}(t) = M_j^* g \frac{A_j(t)}{g} \quad f_{ij}(t) = V_{bj}(t) \frac{m_i \phi_{ij}}{\sum_{n=1}^N m_n \phi_{nj}} \quad (5.10b)$$

Denklem 5.10'da bulunan $V_{bj}(t)$ elastik taban kesme kuvvetine etkiyen I bina önem katsayısının ve R_a deprem yükü azaltma katsayısının da bu denkleme eklenmesiyle Denklem 5.11'de verilen ifade elde edilir:

$$V_{bj} = \max V_{bj}(t) = \frac{M_j^* g}{R_a} \max \left[\frac{A_j(t)}{g} \right] = \frac{M_j^* g}{R_a} \frac{A_j(t)}{g} = \frac{M_j^* g}{R_a} A_0 I S_j(T_j) \quad (5.11)$$

Burada $S_j(T_j)$ yönetmelikte verilen boyutsuz ivme spektrumuna karşılık gelip Denklem 5.12'de tarif edildiği şekliyle hesaplanır.

$$S_j(T_j) = S_{pa}(T_j) = A(T_j) g / R_a(T_j) \quad (5.12)$$



Şekil 5.10 : Gerçek ve kaydırılmış kütle merkezleri

Döşemelerin kendi düzlemlerinde rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, her bir katta, birbirine dik doğrultularda iki yatay serbestlik derecesi ile kütle merkezinden geçen düşey eksen etrafındaki dönme serbestlik derecesi gözönüne alınacak olup her katta modal deprem yükleri bu serbestlik dereceleri için hesaplanacaktır.

Binaya ait ek dışmerkezlik etkisinin de hesaba katılabilmesi için, deprem doğrultusuna dik doğrultuda ve kat boyutunun $\pm\%5$ 'i kadar kaydırılması ile belirlenen noktalara ve bir de ek yükleme olarak kat kütle merkezine uygulanacaktır (Şekil 5.10).

Birbirine dik bulunan x ve y yatay deprem doğrultularının herbirinde, her bir mod için hesaplanan etkin kütlelerinin toplamının, hiçbir zaman bina toplam kütlelerinin $\%90$ 'ından daha az olmamalıdır. Hesaba katılması gereken yeterli titreşim modu sayısı, Y, Denklem 5.13'e göre bulunacaktır.

$$\sum_{i=1}^Y M_{xj}^* = \sum_{j=1}^Y \left\{ \left(\sum_{i=1}^N m_i \phi_{xij} \right)^2 / M_j \right\} \geq 0,90 \sum_{i=1}^N m_j \quad (5.13a)$$

$$\sum_{i=1}^Y M_{yj}^* = \sum_{j=1}^Y \left\{ \left(\sum_{i=1}^N m_i \phi_{yij} \right)^2 / M_j \right\} \geq 0,90 \sum_{i=1}^N m_j \quad (5.13b)$$

Binaya etkiyen toplam deprem yükü, kat kesme kuvveti, iç kuvvet bileşenleri, yerdeğiştirme ve göreceli kat ötelemesi gibi büyüklüklerin her biri için ayrı ayrı uygulanmak üzere, her titreşim modu için hesaplanan ve eşzamanlı olmayan maksimum katkıların istatistiksel olarak birleştirilmesi için uygulanacak kurallar aşağıda verilmiştir:

$T_m < T_n$ olmak üzere, gözönüne alınan herhangi iki titreşim moduna ait doğal periyotların $T_m/T_n < 0,80$ koşulunu sağlaması durumunda, maksimum mod katkılarının birleştirilmesi için Karelerin Toplamının Kare Kökü Kuralı uygulanabilir.

Yukarıda belirtilen koşulun sağlanamaması durumunda, maksimum mod katkılarının birleştirilmesi için Tam Karesel Birleştirme (CQC) Kuralı uygulanacaktır. Bu kuralın uygulanmasında kullanılacak çapraz korelasyon katsayılarının hesabında, modal sönüm oranları bütün titreşim modları için $\% 5$ alınacaktır.

5.1.6 Bina-I için elde edilen sonuçlar

Çizelge 5.8’de 12 moda göre çözümlenen yapıdaki modlara göre kütle katılım oranları verilmiştir.

Çizelge 5.8 : Bina-I’in 12 moda ait kütle katılım oranları

Mod	Periyot (sn)	UX(%)	UY(%)	Σ UX(%)	Σ UY(%)
1	0,553	68,52	0	68,52	0
2	0,529	0	0	68,52	0
3	0,418	0	71,92	68,52	71,92
4	0,166	0	0	68,52	71,92
5	0,135	19,21	0	87,73	71,92
6	0,120	0	19,15	87,73	91,07
7	0,097	0	0	87,73	91,07
8	0,075	0	0	87,73	91,07
9	0,069	0	4,15	87,73	95,21
10	0,065	6,43	0	94,16	95,21
11	0,065	0	0	94,16	95,21
12	0,058	0	0	94,16	95,21

Söz konusu yapı için 12 mod sonunda kütle katılım oranları x yönünde %94, y yönünde %95 olarak belirlenmiştir. Bu durum çözümleme için yeterli mod sayısına sahip olduğumuzu göstermektedir.

Bina-I’in 12 moda ait periyot değerleri Çizelge 5.9’da verilmiştir.

Bina-I’e ait katların x ve y yönünde yaptıkları deplasmanlar Çizelge 5.10’da görelî kat ötelemeleri kontrolü ise Çizelge 5.11’de verilmiştir.

Bina-I’in x ve y yönünde etkiyen deprem neticesinde katlarda oluşan kesme kuvvetleri Çizelge 5.12’de verilmiştir.

Bina-I’in x ve y yönündeki 2. mertebe kontrollerinin hesapları Çizelge 5.13 ile 5.14’te verilmiştir.

Çizelge 5.9 : Bina-I'in 12 moda ait periyot değerleri

Mod	Periyot (sn)
1	0,553
2	0,530
3	0,418
4	0,166
5	0,135
6	0,120
7	0,097
8	0,075
9	0,069
10	0,065
11	0,065
12	0,058

Çizelge 5.10 : Bina-I'e ait katların x ve y yönünde yaptıkları deplasmanlar

Katlar	Yükleme Durumu	UX(mm)	UY(mm)	Yükleme Durumu	UX(mm)	UY(mm)
8	DEPX	16,0	0	DEPY	0	9,1
7	DEPX	14,2	0	DEPY	0	8,2
6	DEPX	12,2	0	DEPY	0	7,2
5	DEPX	10,2	0	DEPY	0	6,1
4	DEPX	8,3	0	DEPY	0	5,0
3	DEPX	6,4	0	DEPY	0	4,0
2	DEPX	4,6	0	DEPY	0	3,0
1	DEPX	2,9	0	DEPY	0	2,0
Zemin	DEPX	1,5	0	DEPY	0	1,2
Bodrum	DEPX	0,5	0	DEPY	0	0,5
Temel	DEPX	0,0	0	DEPY	0	0,0

Çizelge 5.11 : Bina-I'in x ve y yönlerindeki görelî kat öteleme kontrolü

Kat	$d_{ix}(mm)$	$\Delta_{ix}(mm)$	$\delta_i(max)/H_i$	$d_{iy}(mm)$	$\Delta_{iy}(mm)$	$\delta_i(max)/H_i$
8	16	2	0,0042	9,1	0,9	0,0021
7	14,2	2	0,00467	8,2	1	0,00233
6	12,2	2	0,00467	7,2	1,1	0,00257
5	10,2	2	0,00443	6,1	1,1	0,00257
4	8,3	2	0,00443	5	1	0,00233
3	6,4	2	0,0042	4	1	0,00233
2	4,6	2	0,00397	3	1	0,00233
1	2,9	1	0,00327	2	0,8	0,00187
Zemin	1,5	1	0,00233	1,2	0,7	0,00163
Bodrum	0,5	0,5	0,00117	0,5	0,5	0,00117

Çizelge 5.11'den de anlaşılacağı gibi Bina-I'in x ve y yönünde yapmış olduğu görelî kat ötelemeleri, maksimum görelî kat öteleme değeri olan, $\delta_i(max)/H_i = 0.02$ 'nin oldukça altında bulunmaktadır.

Çizelge 5.12 : x ve y yönünde etkiyen deprem neticesinde katlarda oluşan kesme kuvvetleri

Katlar	Yükleme Durumu	$V_x(kN)$	$V_y(kN)$	Yükleme Durumu	$V_x(kN)$	$V_y(kN)$
8	DEPX	1747,11	0,03	DEPY	0,01	1691,55
7	DEPX	3369,55	0,02	DEPY	0,01	3350,49
6	DEPX	4652,84	0,02	DEPY	0,01	4697,14
5	DEPX	5718,27	0,02	DEPY	0,02	5806,19
4	DEPX	6631,05	0,01	DEPY	0,01	6751,82
3	DEPX	7371,6	0,07	DEPY	0,01	7534,77
2	DEPX	7950,26	0,03	DEPY	0,02	8171,23
1	DEPX	8391,52	0,07	DEPY	0,01	8675,81
Zemin	DEPX	8691,48	0,01	DEPY	0,02	9036,77
Bodrum	DEPX	8824,58	0,03	DEPY	0,03	9212,55

Çizelge 5.13 : Bina-I'in x yönündeki 2. mertebe kontrolü

Kat	$\sum W_i(\text{kN})$	$\Delta_{ix}(\text{ort})$ (mm)	$V_{ix} (\text{kN})$	Θ_i
8	5437,32	1,8	1747,11	0,00187
7	13769,39	2	3369,55	0,00272
6	21715,31	2	4652,84	0,00311
5	29934,83	1,9	5718,27	0,00332
4	38154,35	1,9	6631,05	0,00364
3	46373,87	1,8	7371,6	0,00377
2	54610,19	1,7	7950,26	0,00389
1	62846,51	1,4	8391,52	0,0035
Zemin	71082,83	1	8691,48	0,00273
Bodrum	79319,15	0,5	8824,58	0,0015

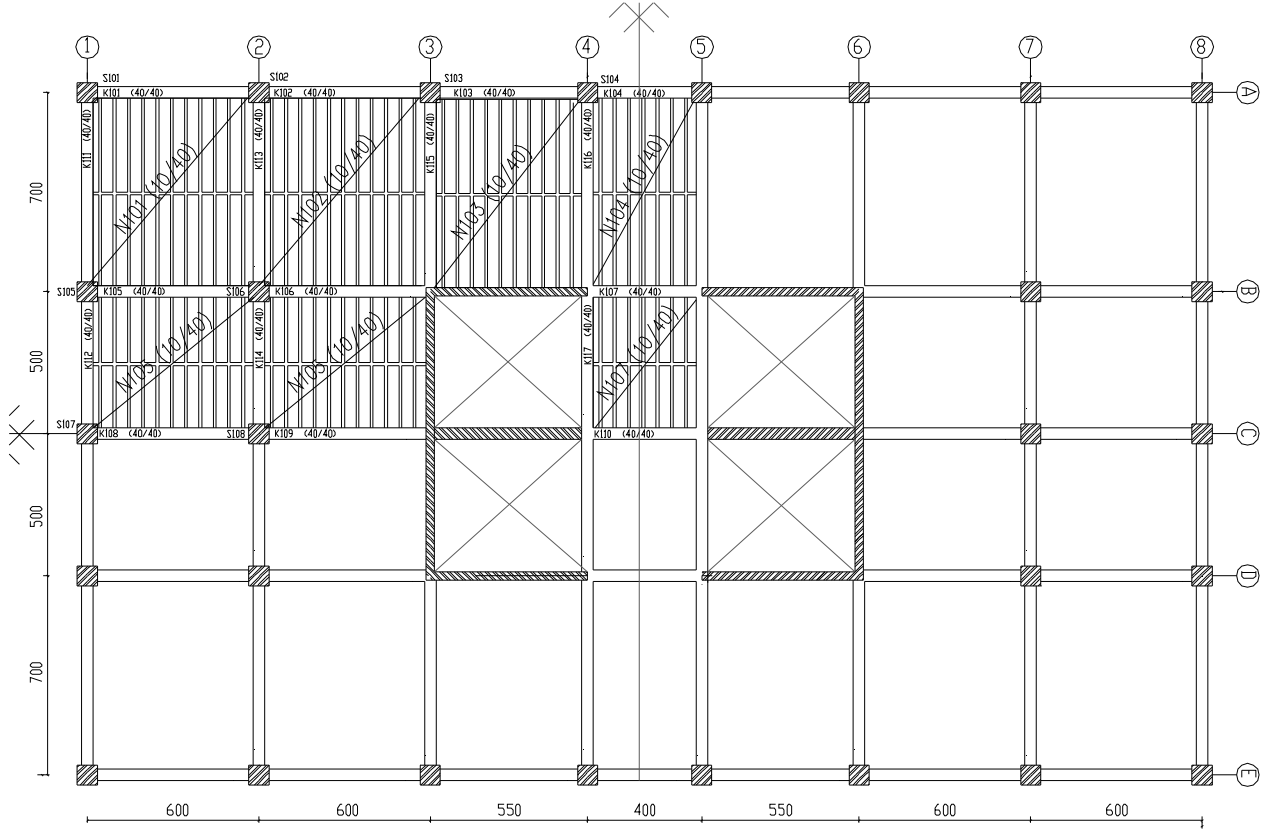
Çizelge 5.14 : Bina-I'in y yönündeki 2. mertebe kontrolü

Kat	$\sum W_i(\text{kN})$	$\Delta_{iy}(\text{ort})$ (mm)	$V_{iy} (\text{kN})$	Θ_i
8	5437,32	0,9	1691,55	0,00096
7	13769,39	1	3350,49	0,00137
6	21715,31	1,1	4697,14	0,0017
5	29934,83	1,1	5806,19	0,00189
4	38154,35	1	6751,82	0,00188
3	46373,87	1	7534,77	0,00205
2	54610,19	1	8171,23	0,00223
1	62846,51	0,8	8675,81	0,00193
Zemin	71082,83	0,7	9036,77	0,00184
Bodrum	79319,15	0,5	9212,55	0,00143

Çizelge 5.13 ve 5.14'de Bina-I için x e y yönündeki ikinci mertebe etkilerinin kontrolleri yapılmıştır. Hesaplamalar neticesinde elde edilen değerlerin, $\Theta_i = 0.12$ değerinden çok daha küçük oldukları açıkça görülmektedir.

5.2 Bina-II Çözümlemesi

Dişli döşeme sistemine sahip Bina-II olarak adlandırılan yapının kalıp planı Şekil 5.11’de verilmiştir. Dişler bir doğrultuda seçilmiş ve y doğrultusunda yerleştirilmiştir.



Şekil 5.11 : Bina-II kalıp planı

5.2.1 Döşeme hesabı

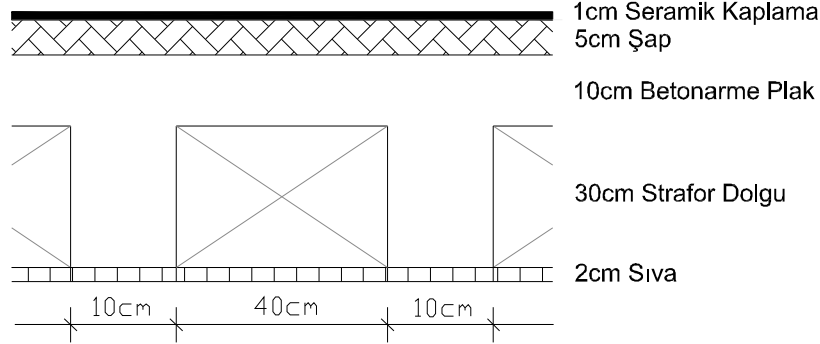
Yapı analizinde göz önüne alınan yüklerin değerleri TS 498’den alınmıştır. Katlarda döşeme yüklerinin birbirinden farklı olmasından dolayı döşeme yükleri Normal Katlar ve Çatı Katı olmak üzere ayrı ayrı hesaplanmıştır.

5.2.1.1 Döşeme yüklerinin bulunması

Bina-II 'de bir yönde çalışan dişli döşemelerin boyutlandırılması TS 500'e göre yapılmıştır. Kirişlerin boyutları 10cm/40cm olarak belirlenmiştir. Kirişlerin tablasının oluşturacak olan plağın kalınlığı da 10 cm olarak belirlenmiştir.

Normal Kat Döşeme Yükleri

Şekil 5.12’de normal kat döşeme kesiti verilen Bina-II için döşeme yükleri Çizelge 5.15’de verilmiştir [8].



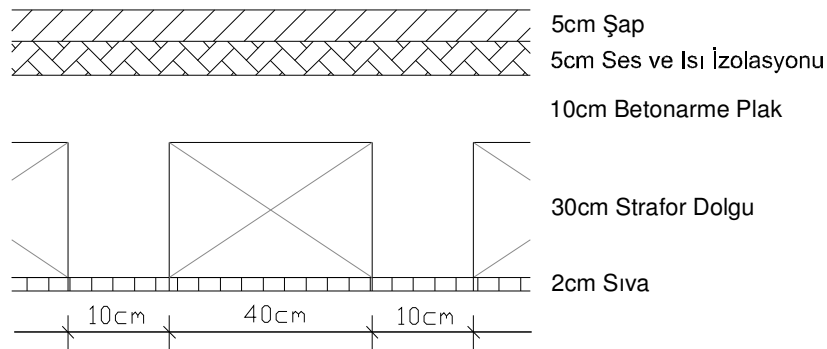
Şekil 5.12 : Bina-II normal kat döşeme kesiti

Çizelge 5.15 : Bina-II normal kat döşeme yükleri

Normal Döşeme	h (m)	γ (kN/m ³)	γ (kN/m ²)
Betonarme Döşeme	0,1	25	2,5
Şap	0,05	22	1,1
Alçı Siva	0,02	20	0,4
Betonarme Diş	$\frac{0,10 \times 0,3}{0,50}$	25	1,5
Seramik Kaplama	0,01	22	0,22
Toplam Sabit Yük (G)			5,72 kN/m²
Hareketli Yük (Q)			3,50 kN/m²
Hesap Yükü ($P_d = 1,4G + 1,6Q$)			13,61 kN/m²

Çatı Katı Döşeme Yükleri

Bina-II için çatı katı yükleri ve döşeme kesiti aşağıda verilmiştir.



Şekil 5.13 : Bina-II çatı katı döşeme kesiti

Çizelge 5.16 : Bina-II çatı katı döşeme yükleri

Çatı Döşemesi	h (m)	γ (kN/m³)	γ (kN/m²)
Betonarme Döşeme	0,1	25	2,5
Şap	0,05	22	1,1
Betonarme Diş	<u>0,10x0,3</u> 0,50	25	1,5
Alçı Sıva	0,02	20	0,4
İzolasyon Malzemesi	0,05	1,50	0,075
Toplam Sabit Yük (G)			5,58 kN/m²
Hareketli Yük (Q)			2,00 kN/m²
Hesap Yüğü (P_d = 1,4G + 1,6Q)			11,01 kN/m²

5.2.1.2 Donatı hesabı

Bölüm 5.2.1.1’de hesaplanan döşeme yüklerini ve boyutlarını göz önüne alarak döşemelere etkiyecek moment değerleri ve kullanılması gereken donatı miktarları bu bölümde hesaplanmıştır.

Çizelge 5.17 : Bina-II döşeme donatıları

Döşeme - Doğrultu	M_d (kNm/m)	b (m)	d (m)	K (x 10⁻⁵)	k_s	A_s (mm²)	Seçilen (mm²/m)	Mevcut (mm²/m)	Ek Donatı (mm²/m)
D01 (Mesnet)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
							-	-	-
D01 (Açıklık)	28,69	0,50	0,37	238,58	2,82	219	2Φ12		-
							226		-
D01-D05 (Mesnet)	27,21	0,10	0,37	50,31	2,97	218		2Φ12 + 2Φ12	-
								452	-
D05 (Açıklık)	9,25	0,50	0,37	740,00	2,78	70	2Φ12		-
							226		-
D05-D05 (Mesnet)	12,37	0,10	0,37	110,67	2,87	96		2Φ12 + 2Φ12	-
								452	-

A_s dağıtma = ρ_{min} b h_f = Φ8/250 olarak seçilmiştir.

5.2.2 Kirişlerin ön boyutlandırılması

Kiriş ön boyutları TS 500 ve DBYBHY'ne göre aşağıdaki koşulları sağlayacak şekilde seçilmiştir.

$$b_w > 250\text{mm (DBYBHY),}$$

$$h_{\text{kiriş}} < 1/4 \times l_{\text{sn}} = 1/4 \times 270 = 67.5 \text{ cm (DBYBHY),}$$

$$h_{\text{kiriş}} < 3,5 \times b_w = 3,5 \times 30 = 105 \text{ cm (DBYBHY),}$$

Ayrıca dışların oturduğu mesnetin genişliği dış toplam yüksekliğinin iki katından daha fazla olamaz.

Bina-II için kiriş boyutları, tüm katlarda (40cm x 40cm) olarak seçilmiştir.

5.2.3 Perdelerin ön boyutlandırılması

Söz konusu yapının toplam yüksekliği 30m'dir. Yapıdaki perdeler temelden yukarıya kadar sürekli devam ettiğinden dolayı $H_w/l_w > 2.0$ şartını sağlamaktadır. DBYBHY 2007'de belirtilen kritik perde yüksekliği;

$$H_{\text{cr}} \geq H_w/6 \quad \text{şartını sağlamalıdır.}$$

Yapıdaki kritik perde yüksekliği

$$H_{\text{cr}} \geq 30/6 = 5 \text{ m olarak bulunmuştur}$$

$$\text{Tüm katlarda : } 300/15 = 20\text{cm}$$

Yukarıdaki hesap sonucu çıkan minimum perde kalınlığı 20 cm olarak bulunmuş, perde kalınlığı tüm katlarda 30 cm olarak seçilmiştir.

5.2.4 Kolonların boyutlandırılması

Bina-II için kolon hesabı ve seçilen kolon boyutları Çizelge 5.18'de verilmiştir.

Çizelge 5.18 : Bina-II için kolon boyutları

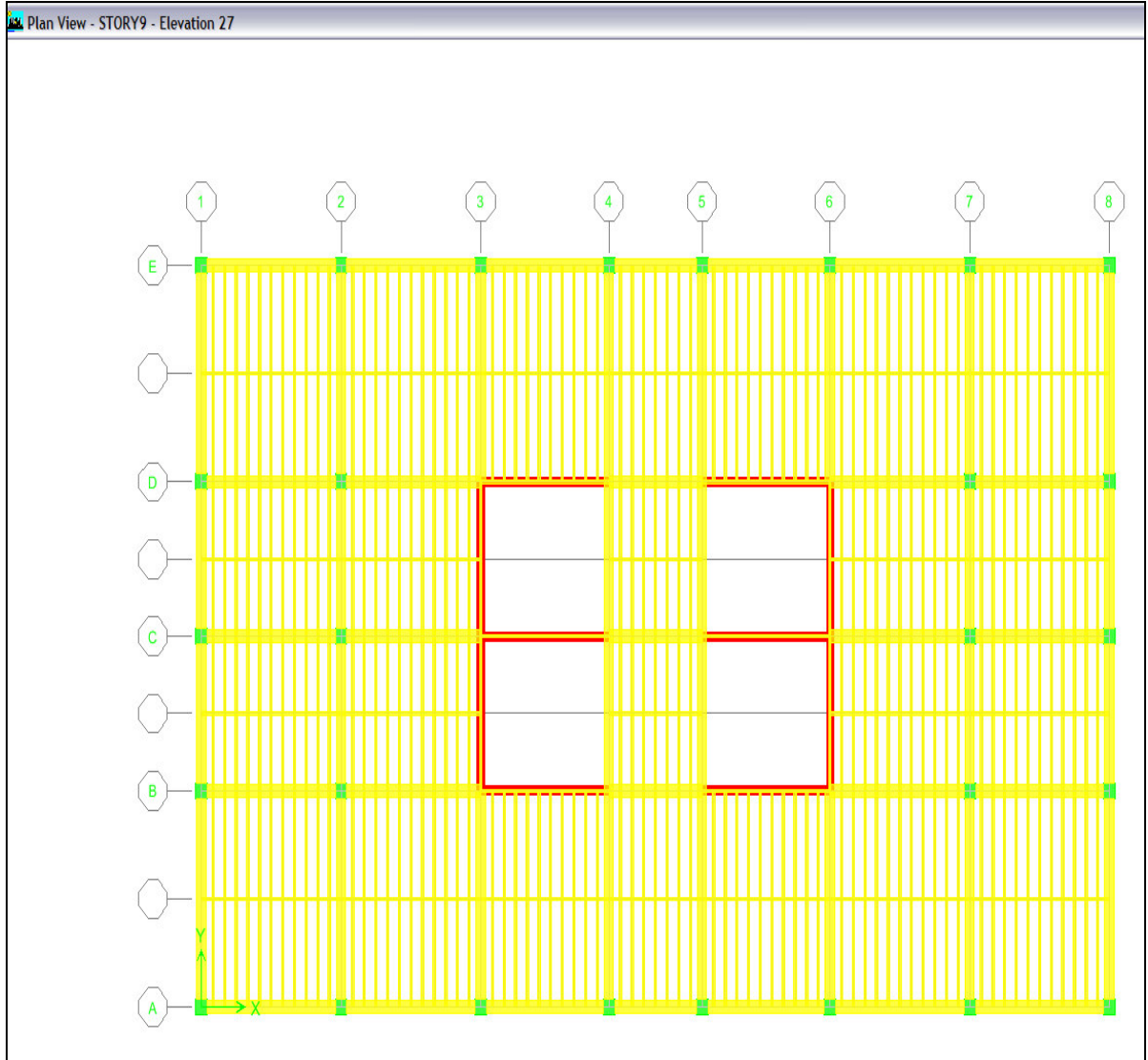
Kat	Kolon	Üst Kattan gelen		Σ		Nd	Ac	$\alpha \cdot Ac$	Seçilen Kolon Boyutları
	Adı	g(kN)	q(kN)	Ng(kN)	Nq(kN)	(kN)	(cm ²)	(cm ²)	(cmxcm)
8	S801	0,00	0,00	69,24	21,00	130,54	85,32	110,91	40x40
	S802	0,00	0,00	128,88	42,00	247,63	161,85	210,41	40x40
	S803	0,00	0,00	123,91	40,25	237,87	155,47	202,12	40x40
	S804	0,00	0,00	104,03	33,25	198,84	129,96	168,95	40x40
	S805	0,00	0,00	111,84	36,00	214,18	139,98	181,98	40x40
	S806	0,00	0,00	214,08	72,00	414,91	271,18	352,54	40x40
	S807	0,00	0,00	94,80	30,00	180,72	118,12	153,55	40x40
	S808	0,00	0,00	180,00	60,00	348,00	227,45	295,69	40x40
7	S701	69,24	21,00	203,16	36,75	343,22	224,33	291,63	40x40
	S702	128,88	42,00	351,84	73,50	610,18	398,81	518,45	40x40
	S703	123,91	40,25	339,45	70,44	587,93	384,27	499,55	40x40
	S704	104,03	33,25	289,89	58,19	498,95	326,11	423,94	40x40
	S705	111,84	36,00	312,96	63,00	538,94	352,25	457,93	40x40
	S706	214,08	72,00	546,24	201,60	1087,30	710,65	923,85	40x40
	S707	94,80	30,00	269,04	52,50	460,66	301,08	391,41	40x40
	S708	180,00	60,00	468,48	105,00	823,87	538,48	700,02	40x40
6	S601	203,16	57,75	337,08	36,75	530,71	346,87	450,93	40x40
	S602	351,84	115,50	574,80	73,50	922,32	602,82	783,67	40x40
	S603	339,45	110,69	554,99	70,44	889,69	581,49	755,94	40x40
	S604	289,89	91,44	475,75	58,19	759,15	496,18	645,03	40x40
	S605	312,96	99,00	514,08	63,00	820,51	536,28	697,17	40x40
	S606	546,24	273,60	878,40	201,60	1552,32	1014,59	1318,96	40x40
	S607	269,04	82,50	443,28	52,50	704,59	460,52	598,67	40x40
	S608	468,48	165,00	756,96	105,00	1227,74	802,45	1043,18	40x40
5	S501	337,08	94,50	471,00	36,75	718,20	469,41	610,24	40x40
	S502	574,80	189,00	797,76	73,50	1234,46	806,84	1048,89	40x40
	S503	554,99	181,13	770,53	70,44	1191,44	778,72	1012,34	40x40
	S504	475,75	149,63	661,61	58,19	1019,35	666,24	866,12	40x40
	S505	514,08	162,00	715,20	63,00	1102,08	720,31	936,41	40x40
	S506	878,40	475,20	1210,56	201,60	2017,34	1318,53	1714,08	50x50
	S507	443,28	135,00	617,52	52,50	948,53	619,95	805,94	40x40
	S508	756,96	270,00	1045,44	105,00	1631,62	1066,42	1386,34	50x50
4	S401	471,00	131,25	604,92	36,75	905,69	591,95	769,54	40x40
	S402	797,76	262,50	1020,72	73,50	1546,61	1010,85	1314,11	40x40
	S403	770,53	251,56	986,07	70,44	1493,20	975,95	1268,73	40x40
	S404	661,61	207,81	847,47	58,19	1279,56	836,31	1087,21	40x40
	S405	715,20	225,00	916,32	63,00	1383,65	904,35	1175,65	40x40
	S406	1210,56	676,80	1542,72	201,60	2482,37	1622,46	2109,20	50x50
	S407	617,52	187,50	791,76	52,50	1192,46	779,39	1013,20	40x40
	S408	1045,44	375,00	1333,92	105,00	2035,49	1330,38	1729,50	50x50

Çizelge 5.18 (devam) : Bina-II için kolon boyutları

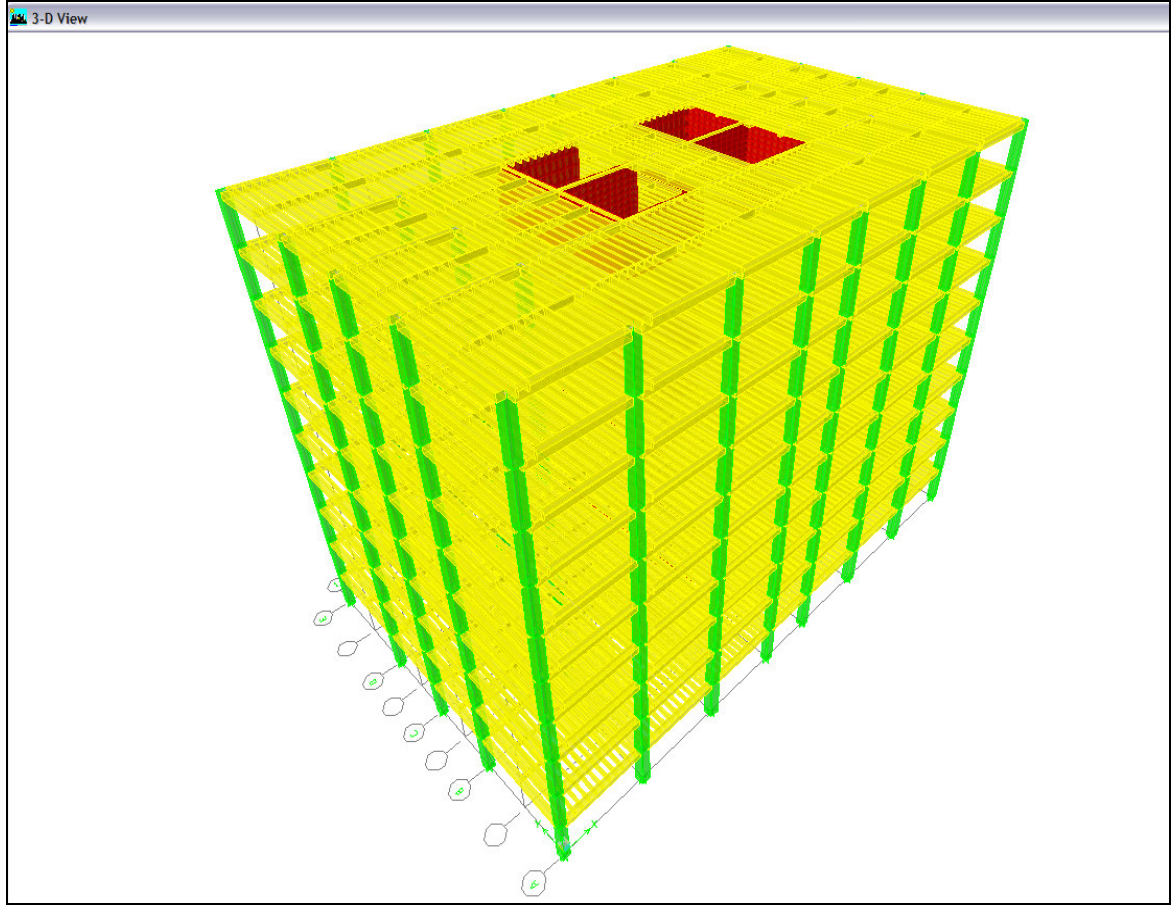
Kat	Kolon	Üst Kattan gelen		Σ		Nd	Ac	$\alpha \cdot Ac$	Seçilen Kolon Boyutları
	Adı	g(kN)	q(kN)	Ng(kN)	Nq(kN)	(kN)	(cm ²)	(cm ²)	(cmxcm)
3	S301	604,92	168,00	738,84	36,75	1093,18	714,49	928,84	40x40
	S302	1020,72	336,00	1243,68	73,50	1858,75	1214,87	1579,33	40x40
	S303	986,07	322,00	1201,61	70,44	1794,95	1173,17	1525,12	40x40
	S304	847,47	266,00	1033,33	58,19	1539,76	1006,38	1308,29	40x40
	S305	916,32	288,00	1117,44	63,00	1665,22	1088,38	1414,89	40x40
	S306	1542,72	878,40	1874,88	201,60	2947,39	1926,40	2504,32	50x50
	S307	791,76	240,00	966,00	52,50	1436,40	938,82	1220,47	40x40
	S308	1333,92	480,00	1622,40	105,00	2439,36	1594,35	2072,66	50x50
2	S201	738,84	204,75	872,76	36,75	1280,66	837,04	1088,15	50x50
	S202	1243,68	409,50	1466,64	73,50	2170,90	1418,89	1844,55	50x50
	S203	1201,61	392,44	1417,15	70,44	2096,71	1370,40	1781,52	50x50
	S204	1033,33	324,19	1219,19	58,19	1799,97	1176,45	1529,38	50x50
	S205	1117,44	351,00	1318,56	63,00	1946,78	1272,41	1654,13	50x50
	S206	1874,88	1080,00	2207,04	201,60	3412,42	2230,34	2899,44	60x60
	S207	966,00	292,50	1140,24	52,50	1680,34	1098,26	1427,74	50x50
	S208	1622,40	585,00	1910,88	105,00	2843,23	1858,32	2415,82	60x60
1	S101	872,76	241,50	1006,68	36,75	1468,15	959,58	1247,45	50x50
	S102	1466,64	483,00	1689,60	73,50	2483,04	1622,90	2109,77	50x50
	S103	1417,15	462,88	1632,69	70,44	2398,47	1567,62	2037,91	50x50
	S104	1219,19	382,38	1405,05	58,19	2060,17	1346,52	1750,47	50x50
	S105	1318,56	414,00	1519,68	63,00	2228,35	1456,44	1893,37	50x50
	S106	2207,04	1281,60	2539,20	201,60	3877,44	2534,27	3294,56	60x60
	S107	1140,24	345,00	1314,48	52,50	1924,27	1257,69	1635,00	50x50
	S108	1910,88	690,00	2199,36	105,00	3247,10	2122,29	2758,98	60x60
Z	SZ01	1006,68	278,25	1140,60	36,75	1655,64	1082,12	1406,75	50x50
	SZ02	1689,60	556,50	1912,56	73,50	2795,18	1826,92	2374,99	60x60
	SZ03	1632,69	533,31	1848,23	70,44	2700,22	1764,85	2294,31	60x60
	SZ04	1405,05	440,56	1590,91	58,19	2320,37	1516,58	1971,56	50x50
	SZ05	1519,68	477,00	1720,80	63,00	2509,92	1640,47	2132,61	50x50
	SZ06	2539,20	1483,20	2871,36	201,60	4342,46	2838,21	3689,68	70X70
	SZ07	1314,48	397,50	1488,72	52,50	2168,21	1417,13	1842,27	50x50
	SZ08	2199,36	795,00	2487,84	105,00	3650,98	2386,26	3102,14	60x60
B	SB01	1140,60	315,00	1274,52	36,75	1843,13	1204,66	1566,06	50x50
	SB02	1912,56	630,00	2135,52	73,50	3107,33	2030,93	2640,21	60x60
	SB03	1848,23	603,75	2063,77	70,44	3001,98	1962,08	2550,70	60x60
	SB04	1590,91	498,75	1776,77	58,19	2580,58	1686,65	2192,65	50x50
	SB05	1720,80	540,00	1921,92	63,00	2791,49	1824,50	2371,85	50x50
	SB06	2871,36	1684,80	3203,52	201,60	4807,49	3142,15	4084,79	70X70
	SB07	1488,72	450,00	1662,96	52,50	2412,14	1576,56	2049,53	50x50
	SB08	2487,84	900,00	2776,32	105,00	4054,85	2650,23	3445,30	60x60

5.2.5 Bina-II için modelleme bilgileri

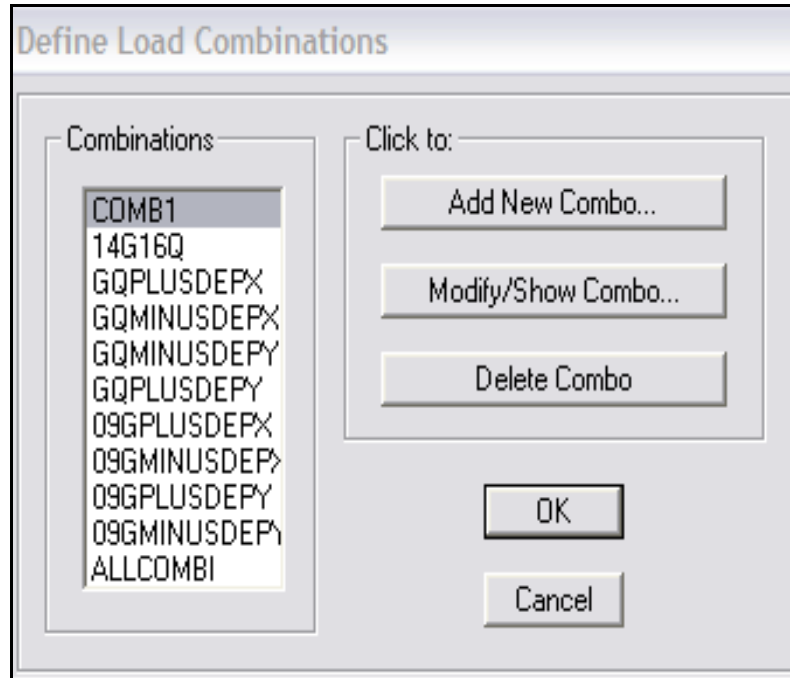
Bina-II için ETABS programında veri girişı, Bina-I'e ait verilerin sisteme girilmesinde izlenen yol ile gerçekleştirilmiştir. Bu bölümde sadece Bina-II'ye ait kat planı (Şekil 5.14), üç boyutlu görünüş (Şekil 5.15) ve yatay ve düşey yüklerden meydana gelen kombinasyonların listesi (Şekil 5.16) verilmiştir.



Şekil 5.14 : Bina-II kat planı



Şekil 5.15 : Bina-II üç boyutlu görünümü



Şekil 5.16 : Yatay ve düşey yüklerden meydana gelen kombinasyonlar

5.2.6 Bina-II için elde edilen sonuçlar

ETABS programında çözümlemesi yapılan Bina-II'ye ait sonuçlar aşağıda çizelgeler halinde verilmiştir.

Çizelge 5.19'da 12 moda göre çözümlenen yapıdaki modlara göre kütle katılım oranları verilmiştir.

Çizelge 5.19 : Bina-II'nin 12 moda ait kütle katılım oranları

Mod	Periyot (sn)	UX(%)	UY(%)	Σ UX(%)	Σ UY(%)
1	0,619	67,49	0,00	67,49	0,00
2	0,545	0,17	0,00	67,66	0,00
3	0,416	0,00	72,18	67,66	72,18
4	0,155	0,02	0,00	67,67	72,18
5	0,136	20,00	0,00	87,68	72,18
6	0,114	0,00	19,08	87,68	91,26
7	0,080	0,00	0,00	87,68	91,26
8	0,061	6,55	0,00	94,23	91,26
9	0,058	0,00	4,57	94,23	95,82
10	0,055	0,00	0,00	94,23	95,82
11	0,043	0,00	0,00	94,23	95,82
12	0,040	0,00	1,83	94,23	97,65

Söz konusu yapı için 12 mod sonunda kütle katılım oranları x yönünde %94, y yönünde %97 olarak belirlenmiştir. Bu durum çözümleme için yeterli mod sayısına sahip olduğumuzu göstermektedir.

Bina-II'nin 12 moda ait periyot değerleri Çizelge 5.20'de verilmiştir.

Bina-II'ye ait katların x ve y yönünde yaptıkları deplasmanlar Çizelge 5.21'de, göreceli kat ötelemeleri kontrolü ise Çizelge 5.22'de verilmiştir.

Bina-II'nin x ve y yönünde etkiyen deprem neticesinde katlarda oluşan kesme kuvvetleri Çizelge 5.23'de verilmiştir.

Bina-II'nin x ve y yönündeki 2. mertebe kontrolleri verilmiştir (Çizelge 5.24 ve 5.25).

Çizelge 5.20 : Bina-II'nin 12 moda ait periyotları

Mod	Periyot (sn)
1	0,619
2	0,545
3	0,416
4	0,155
5	0,136
6	0,114
7	0,080
8	0,061
9	0,058
10	0,055
11	0,043
12	0,040

Çizelge 5.21 : Bina-II'ye ait katların x ve y yönünde yaptıkları deplasmanlar

Katlar	Yükleme Durumu	UX(mm)	UY(mm)	Yükleme Durumu	UX(mm)	UY(mm)
8	DEPX	21,4	3,4	DEPY	2,2	12,3
7	DEPX	18,9	3,1	DEPY	2,0	11,1
6	DEPX	16,2	2,7	DEPY	1,7	9,8
5	DEPX	13,5	2,3	DEPY	1,5	8,4
4	DEPX	10,9	1,9	DEPY	1,3	7,0
3	DEPX	8,3	1,6	DEPY	1,0	5,5
2	DEPX	5,9	1,2	DEPY	0,8	4,1
1	DEPX	3,7	0,8	DEPY	0,5	2,8
Zemin	DEPX	1,9	0,5	DEPY	0,3	1,7
Bodrum	DEPX	0,7	0,2	DEPY	0,1	0,7
Temel	DEPX	0,0	0,0	DEPY	0,0	0,0

Çizelge 5.22 : Bina-II'nin x ve y yönlerindeki görelî kat öteleme kontrolü

Kat	$d_{ix}(mm)$	$\Delta_{ix}(mm)$	$\delta_i(max)/H_i$	$d_{iy}(mm)$	$\Delta_{iy}(mm)$	$\delta_i(max)/H_i$
8	21,4	2,5	0,00583	2,2	0,2	0,00047
7	18,9	2,7	0,0063	2	0,3	0,0007
6	16,2	2,7	0,0063	1,7	0,2	0,00047
5	13,5	2,6	0,00607	1,5	0,2	0,00047
4	10,9	2,6	0,00607	1,3	0,3	0,0007
3	8,3	2,4	0,0056	1	0,2	0,00047
2	5,9	2,2	0,00513	0,8	0,3	0,0007
1	3,7	1,8	0,0042	0,5	0,2	0,00047
Zemin	1,9	1,2	0,0028	0,3	0,2	0,00047
Bodrum	0,7	0,7	0,00163	0,1	0,1	0,00023

Çizelge 5.22'den de anlaşılacağı gibi Bina-II'nin x ve y yönünde yapmış olduğu görelî kat ötelemeleri, maksimum görelî kat öteleme değeri olan, $\delta_i(max)/H_i = 0.02$ 'nin oldukça altında bulunmaktadır.

Çizelge 5.23 : x ve y yönünde etkiyen deprem neticesinde katlarda oluşan kesme kuvvetleri

Katlar	Yükleme Durumu	$V_x(kN)$	$V_y(kN)$	Yükleme Durumu	$V_x(kN)$	$V_y(kN)$
8	DEPX	1701,38	0,02	DEPY	0,00	1686,65
7	DEPX	3277,8	0,01	DEPY	0,01	3334,34
6	DEPX	4508,72	0,01	DEPY	0,01	4672,25
5	DEPX	5514,89	0,01	DEPY	0,01	5778,79
4	DEPX	6356,6	0,02	DEPY	0,01	6695,25
3	DEPX	7038,76	0,00	DEPY	0,01	7454,48
2	DEPX	7573,74	0,03	DEPY	0,01	8076,8
1	DEPX	7986,17	0,02	DEPY	0,02	8562,01
Zemin	DEPX	8270,58	0,01	DEPY	0,01	8910,78
Bodrum	DEPX	8397,59	0,02	DEPY	0,02	9092,91

Çizelge 5.24 : Bina-II'nin x yönündeki 2. mertebe kontrolü

Kat	$\sum W_i(\text{kN})$	$\Delta_{ix}(\text{ort}) (\text{mm})$	$V_{ix} (\text{kN})$	Θ_i
8	4508,52	2,5	1701,38	0,00221
7	11917,41	2,7	3277,8	0,00327
6	18934,53	2,7	4508,72	0,00378
5	25951,65	2,6	5514,89	0,00408
4	32968,77	2,6	6356,6	0,0045
3	39985,89	2,4	7038,76	0,00454
2	47003,01	2,2	7573,74	0,00455
1	54020,13	1,8	7986,17	0,00406
Zemin	61037,25	1,2	8270,58	0,00295
Bodrum	68054,37	0,7	8397,59	0,00189

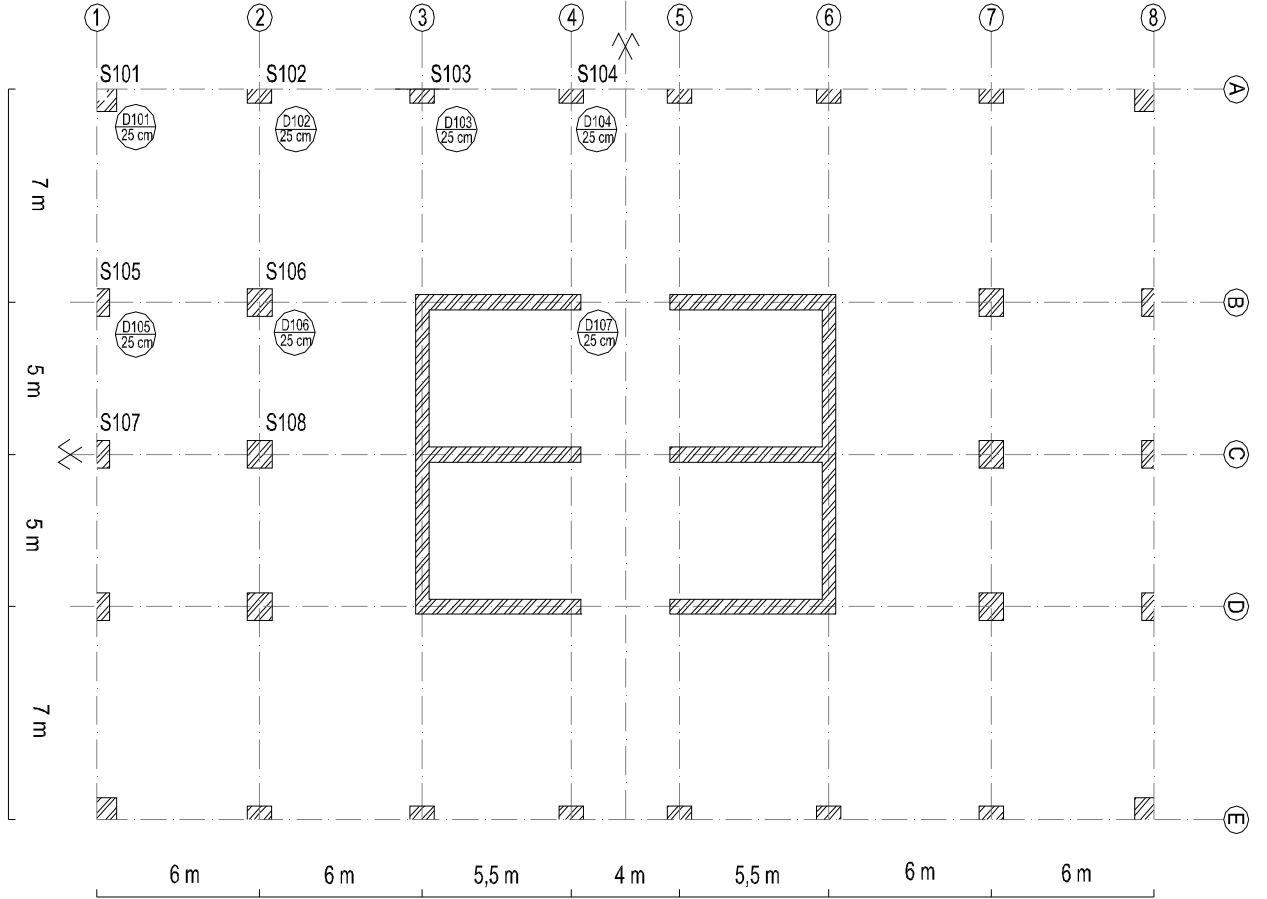
Çizelge 5.25 : Bina-II'nin y yönündeki 2. mertebe kontrolü

Kat	$\sum W_i(\text{kN})$	$\Delta_{iy}(\text{ort}) (\text{mm})$	$V_{iy} (\text{kN})$	Θ_i
8	4508,52	0,2	1686,65	0,00018
7	11917,41	0,3	3334,34	0,00036
6	18934,53	0,2	4672,25	0,00027
5	25951,65	0,2	5778,79	0,0003
4	32968,77	0,3	6695,25	0,00049
3	39985,89	0,2	7454,48	0,00036
2	47003,01	0,3	8076,8	0,00058
1	54020,13	0,2	8562,01	0,00042
Zemin	61037,25	0,2	8910,78	0,00046
Bodrum	68054,37	0,1	9092,91	0,00025

Çizelge 5.24 ve 5.25'te Bina-II için x e y yönündeki ikinci mertebe etkilerinin kontrolleri yapılmıştır. Hesaplamalar neticesinde elde edilen değerlerin, $\theta_i = 0.12$ değerinden çok daha küçük oldukları açıkça görülmektedir.

5.3 Bina-III Çözümlemesi

Kirişsiz döşeme sistemine sahip Bina-III olarak adlandırılan yapının kalıp planı Şekil 5.17’de verilmiştir.



Şekil 5.17 : Bina-III normal kat planı

5.3.1 Döşeme hesabı

TS500'e göre kirişsiz döşeme kalınlığı, olabildiğince zımbalama donatısı gerektirmeyecek biçimde seçilmelidir. TS500'de iki doğrultuda çalışan kirişsiz döşemelerin kalınlığı için gerekli şartlar Denklem 5.14 ve 5.15'te belirtilmiştir.

$$\min hf = l_n / 30 \text{ ve } \min hf = 180 \text{ mm.}$$

(5.14)

Çözümlemede yaklaşık yöntem kullanılıyorsa;

$$\min hf = l_1/30 \text{ ve } \min hf = 200 \text{ mm.}$$

(5.15)

Bina-III' de maksimum eksen açıklığı 7.00 m dir. Denklem 5.15'e göre $7000/30 = 234 \text{ mm}$ olduğundan, döşeme kalınlığı $hf = 250 \text{ mm}$ olarak seçilmiştir.

5.3.1.1 Döşeme yüklerinin bulunması

Bina-III'de kirişsiz döşemelerin boyutlandırılması TS 500'de verilen yaklaşık yönteme göre yapılmıştır.

Normal Kat Döşeme Yükleri

Bina-III için döşeme yükleri Çizelge 5.26'da verilmiştir [8].

Çizelge 5.26 : Bina-III normal kat döşeme yükleri

Normal Döşeme	h (m)	γ (kN/m ³)	γ (kN/m ²)
Betonarme Döşeme	0,25	25	6,25
Şap	0,05	22	1,1
Alçı Sıva	0,02	20	0,4
Seramik Kaplama	0,01	22	0,22
Toplam Sabit Yük (G)			7,97 kN/m²
Hareketli Yük (Q)			3,50 kN/m²
Hesap Yükü ($P_d = 1,4G + 1,6Q$)			16,76 kN/m²

Çatı Katı Döşeme Yükleri

Bina-III için çatı katı yükleri Çizelge 5.27'de verilmiştir.

Çizelge 5.27 : Bina-III çatı katı döşeme yükleri

Çatı Döşemesi	h (m)	γ (kN/m ³)	γ (kN/m ²)
Betonarme Döşeme	0,25	25	6,25
Şap	0,05	22	1,1
Alçı Sıva	0,02	20	0,4
İzolasyon Malzemesi	0,05	1,50	0,075
Toplam Sabit Yük (G)			7,76 kN/m²
Hareketli Yük (Q)			2,00 kN/m²
Hesap Yükü ($P_d = 1,4G + 1,6Q$)			14,06 kN/m²

5.3.1.2 Donatı hesabı

Bölüm 5.2.1.1’de hesaplanan döşeme yüklerini ve boyutlarını göz önüne alarak döşemelere ve momente etkiyecek moment değerleri ve kullanılması gereken donatı miktarları bu bölümde hesaplanmıştır.

Kirişsiz döşeme hesabı için TS 500’de verilen yaklaşık hesap yöntemi kullanılmıştır. Yaklaşık yöntemin kullanılabilmesi için aşağıda verilen şartların sağlanması gerekmektedir. Bunlar:

- Her yönde en az üç açıklık olmalı.
- Uzun kenarın kısa kenara oranı 2’den küçük olmalı.
- Herhangi bir doğrultuda komşu plaklar arasında $L_1 - L_s < L_1 / 3$ şartını sağlamalı.
- Hareketli yükün sabit yüke oranı 2’den büyük olmamalı.
- Herhangi bir kolonun çerçeve ekseninden dış merkezliliği, moment hesaplanan doğrultudaki açıklığın 1 / 10’undan fazla olmamalıdır.

Söz konusu bina bu şartları sağladığı için çözümlemede Yaklaşık Yöntem kullanılarak döşeme hesabı yapılmıştır. Yaklaşık Yöntem için verilen dağıtma katsayıları Çizelge 5.28’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.28 : Yaklaşık Yöntem için dağıtma katsayıları

Şerit	Açıklık momenti	İç mesnet momenti	Dış mesnet momenti	
			Kenar kirişi var	Kenar kirişi yok
Kolon şeridi	0,60	0,75	0,60	0,80
Orta şerit	0,40	0,25	0,40	0,20

TS500’de belirtilen bu değerler kullanılarak Bina-III’ün döşeme donatı hesabı yapılmıştır. Donatı hesabı neticesinde bulunan donatı miktarları aşağıda çizelgeler halinde verilmiştir. Burada hesaplar x ve y eksenlerine göre yapılmıştır.

Ayrıca uyulması gereken konstrüktif kurallar da aşağıda belirtilmiştir.

$$\max s_{k1sa} \leq 1,5 h_f ; 200\text{mm}$$

$$\max s_{k1sa} \leq 1,5 h_f ; 250\text{mm}$$

$$\min \rho_x ; \min \rho_y \geq 0,0040 (S220); 0,0035 (S420, S500)$$

B aksı kolon ve orta şeritlerine ait moment değerleri ve bu değerlere bağlı olarak hesaplanan donatı alanı ile seçilen donatı miktarları Çizelge 5.29 ve Çizelge 5.30'da gösterilmiştir.

Çizelge 5.29 : B aksı kolon şeridi hesabı

d=(230-220)/2= 225mm					b= 2,75m		
hesapta kullanılan aks	Md (kNm/m)	K (x10 ⁻⁵)	ks (mm ² /kN)	As (mm ² /m)	Seçilen Donatı	Mevcut Donatı	Ek Donatı
1	109,93	127	2,86	1397		Φ12/160	Φ12/160
						707mm ²	707mm ²
1 - 2	109,94	127	2,86	1397	Φ12/80		
					1414mm ²		
2	192,39	72	2,91	2488		Φ12/160 + Φ12/220	Φ12/90
						1221mm ²	1257mm ²
2 - 3	78,37	178	2,83	986	Φ12/110		
					1028mm ²		
3	181,94	77	2,90	2345		Φ12/220 + Φ12/220	Φ14/110
						1028mm ²	1399mm ²
3 - 4	67,39	207	2,82	845	Φ12/110		
					1028mm ²		
4	131,91	106	2,87	1683		Φ12/220 + Φ12/400	Φ12/110
						792mm ²	1028mm ²
4 - 5	41,45	336	2,80	516	Φ12/200		
					565mm ²		

Çizelge 5.30 : B aksı orta şerit hesabı

d=(230-220)/2= 225mm					b= 4,25m		
hesapta kullanılan aks	Md (kNm/m)	K (x10 ⁻⁵)	ks (mm ² /kN)	As (mm ² /m)	Seçilen Donatı	Mevcut Donatı	Ek Donatı
1 - 2	73,29	294	2,81	915	Φ12/120		
					942mm ²		
2	64,13	336	2,80	798		Φ12/240 + Φ12/340	
						804mm ²	
2 - 3	52,25	412	2,79	648	Φ12/170		
					665mm ²		
3	60,65	355	2,80	755		Φ12/170	Φ12/340
						665mm ²	333mm ²
3 - 4	44,93	479	2,78	555	Φ12/170		
					665mm ²		
4	43,97	489	2,79	545		Φ12/170 + Φ12/400	
						615mm ²	
4 - 5	27,64	778	2,78	342	Φ12/200		
					565mm ²		

C aksı kolon ve orta şeritlerine ait moment değerleri ve bu değerlere bağlı olarak hesaplanan donatı alanı ile seçilen donatı miktarları Çizelge 5.31 ve Çizelge 5.32’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.31 : C aksı kolon şeridi hesabı

d=(230-220)/2= 225mm					b= 2,50m		
hesapta kullanılan aks	Md (kNm/m)	K (x10 ⁻⁵)	ks (mm ² /kN)	As (mm ² /m)	Seçilen Donatı	Mevcut Donatı	Ek Donatı
1	91,61	138	2,85	1160		Φ12/180	Φ12/180
						628mm ²	628mm ²
1 - 2	91,61	138	2,85	1160	Φ12/90		
					1257mm ²		
2	163,27	78	2,90	2104		Φ12/180 + Φ12/180	Φ12/120
						1257mm ²	942mm ²
2 - 3	93,00	136	2,86	1182	Φ12/90		
					1257mm ²		
3	55,98	226	2,82	702		Φ12/180	Φ12/340
						628mm ²	333mm ²
4	86,36	147	2,85	1094		Φ12/360	Φ12/140
						314mm ²	808mm ²
4 - 5	49,35	256	2,82	619	Φ12/180		
					628mm ²		

Çizelge 5.32 : C aksı orta şerit hesabı

d=(230-220)/2= 225mm					b= 2,50m		
hesapta kullanılan aks	Md (kNm/m)	K (x10 ⁻⁵)	ks (mm ² /kN)	As (mm ² /m)	Seçilen Donatı	Mevcut Donatı	Ek Donatı
1 - 2	61,08	207	2,83	768	Φ12/120		
					942mm ²		
2	54,43	233	2,82	682		Φ12/120	
						942mm ²	
2 - 3	62,00	204	2,81	774	Φ12/120		
					942mm ²		
3	37,32	339	2,82	468		Φ12/240	
						471mm ²	
4	28,79	440	2,80	358		Φ12/360	Φ12/360
						314mm ²	314mm ²
4 - 5	32,90	385	2,80	409	Φ12/180		
					628mm ²		

2 aksı kolon ve orta şeritlerine ait moment değerleri ve bu değerlere bağlı olarak hesaplanan donatı alanı ile seçilen donatı miktarları Çizelge 5.33 ve Çizelge 5.34’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.33 : 2 aksı kolon şeridi hesabı

$$d=(230-220)/2= 225\text{mm}$$

$$b= 3,00\text{m}$$

hesapta kullanılan aks	Md (kNm/m)	K (x10 ⁻⁵)	ks (mm ² /kN)	As (mm ² /m)	Seçilen Donatı	Mevcut Donatı	Ek Donatı
A	158,79	96	2,88	2033		Φ14/140	Φ10/140
						1100mm ²	561mm ²
A - B	158,79	96	2,88	2033	Φ14/70		
					2199mm ²		
B	196,95	77	2,90	2538		Φ14/140 +Φ12/340	Φ10/70
						1433mm ²	1122mm ²
B - C	52,47	289	2,81	655	Φ12/170		
					665mm ²		
C	121,79	125	2,88	1559		Φ12/340	Φ12/90
						333mm ²	1257mm ²

Çizelge 5.34 : 2 aksı orta şerit hesabı

$$d=(230-220)/2= 225\text{mm}$$

$$b= 3,00\text{m}$$

hesapta kullanılan aks	Md (kNm/m)	K (x10 ⁻⁵)	ks (mm ² /kN)	As (mm ² /m)	Seçilen Donatı	Mevcut Donatı	Ek Donatı
A - B	105,86	143	2,85	1341	Φ14/110		
					1399mm ²		
B	65,65	231	2,82	823		Φ14/220 +Φ10/360	
						918mm ²	
B - C	34,97	434	2,79	434	Φ10/180		
					436mm ²		
C	40,60	374	2,80	505		Φ10/360	Φ10/180
						218mm ²	436mm ²

3 aksı kolon ve orta şeritlerine ait moment değerleri ve bu değerlere bağlı olarak hesaplanan donatı alanı ile seçilen donatı miktarları Çizelge 5.35 ve Çizelge 5.36’da gösterilmiştir.

Çizelge 5.35 : 3 aksı kolon şeridi hesabı

$$d=(230-220)/2= 225\text{mm}$$

$$b= 2,875\text{m}$$

hesapta kullanılan aks	Md (kNm/m)	K ($\times 10^{-5}$)	ks (mm^2/kN)	As (mm^2/m)	Seçilen Donatı	Mevcut Donatı	Ek Donatı
A	152,17	96	2,88	1948		$\Phi 14/140$	$\Phi 10/140$
						1100mm^2	561mm^2
A - B	152,18	96	2,88	1948	$\Phi 14/70$		
					2199mm^2		
B	91,30	159	2,85	1156		$\Phi 14/140$	$\Phi 10/400$
						1100mm^2	283mm^2
B - C	-	-	-	-			
C	-	-	-	-			

Çizelge 5.36 : 3 aksı orta şerit hesabı

$$d=(230-220)/2= 225\text{mm}$$

$$b= 2,75\text{m}$$

hesapta kullanılan aks	Md (kNm/m)	K ($\times 10^{-5}$)	ks (mm^2/kN)	As (mm^2/m)	Seçilen Donatı	Mevcut Donatı	Ek Donatı
A	-	-	-	-			
A - B	101,45	137	2,85	1285	$\Phi 14/110$		
					1399mm^2		
B	60,87	229	2,82	763		$\Phi 14/220$	$\Phi 10/400$
						700mm^2	283mm^2
B - C	-	-	-	-			
C	-	-	-	-			

4 aksı kolon ve orta şeritlerine ait moment değerleri ve bu değerlere bağlı olarak hesaplanan donatı alanı ile seçilen donatı miktarları Çizelge 5.37 ve Çizelge 5.38’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.37 : 4 aksı kolon şeridi hesabı

$$d=(230-220)/2= 225\text{mm}$$

$$b= 2,375\text{m}$$

hesapta kullanılan aks	Md (kNm/m)	K (x10 ⁻⁵)	ks (mm ² /kN)	As (mm ² /m)	Seçilen Donatı	Mevcut Donatı	Ek Donatı
A	125,71	96	2,88	1609		Φ14/140	Φ10/140
						1100mm ²	561mm ²
A - B	125,71	96	2,88	1609	Φ12/70		
					1616mm ²		
B	155,92	77	2,90	2010		Φ14/140 +Φ12/340	Φ10/70
						1433mm ²	1122mm ²
B - C	41,54	289	2,81	519	Φ12/170		
					665mm ²		
C	96,42	125	2,88	1234		Φ12/340	Φ12/120
						333mm ²	942mm ²

Çizelge 5.38 : 4 aksı orta şerit hesabı

$$d=(230-220)/2= 225\text{mm}$$

$$b= 2,00\text{m}$$

hesapta kullanılan aks	Md (kNm/m)	K (x10 ⁻⁵)	ks (mm ² /kN)	As (mm ² /m)	Seçilen Donatı	Mevcut Donatı	Ek Donatı
A							
A - B	83,81	121	2,86	1065	Φ14/110		
					1399mm ²		
B	51,97	195	2,83	654		Φ14/220 +Φ10/360	
						918mm ²	
B - C	27,69	366	2,80	345	Φ10/180		
					436mm ²		
C	32,14	315	2,80	400		Φ10/360	Φ10/360
						218mm ²	218mm ²

5.3.2 Perdelerin ön boyutlandırılması

Söz konusu yapının toplam yüksekliği 30m'dir. Yapıdaki perdeler temelden yukarıya kadar sürekli devam ettiğinden dolayı $H_w/l_w > 2.0$ şartını sağlamaktadır. DBYBHY 2007'de belirtilen kritik perde yüksekliği;

$$H_{cr} \geq H_w/6 \quad H_{cr} \geq 30/6=5 \text{ m}$$

Yapıdaki kritik perde yüksekliği 5m olarak bulunmuştur.

Tüm katlarda : $300/15=20\text{cm}$

Yukarıdaki hesap sonucu çıkan minimum perde kalınlığı 20 cm olarak bulunmuş, perde kalınlığı tüm katlarda 30 cm olarak seçilmiştir.

5.3.3 Kolonların ön boyutlandırılması

Kirişsiz döşemelerde plak ve kolonların moment aktaracak bağlantısını sağlamak için kolon kesitinin açıklık doğrultusundaki genişliği, aynı doğrultudaki eksen açıklığının $1/20$ 'sinden ve 300 mm den az olmamalıdır.

Ayrıca sistemdeki minimum kolon boyutları, $7000 / 20 = 350 \text{ mm}$ olduğundan 350 mm 'den daha küçük seçilmeyecektir.

5.3.4 Kirişsiz döşemelerde zımbalama etkisi

Bina-III için kolon alanı hesabı yaparken dikkat edilmesi gereken önemli bir konu da kolonlarla döşemelerin birleştiği kısımlarda oluşan zımbalama etkisidir. Zımbalama etkisine ait hesaplama bu bölümde verilecektir.

Kirişsiz döşeme sistemine sahip Bina-III'te, döşeme kolon birleşim bölgelerinde meydana gelebilecek zımbalama etkisini ve bu etkiyi karşılaması beklenen zımbalama çevresi kayma dayanımı aşağıda hesaplanmıştır.

Zımbalamaya karşı gerekli güvenlik, zımbalama çevresinde kayma dayanımının, kolonu zımbalamaya zorlayan kuvvetten daha büyük olması ile sağlanır (Denklem 5.16).

$$V_{pr} \geq V_{pd} \quad (5.16)$$

Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, TS500’de kolonun zımbalama çevresinde kayma dayanımı V_{pr} ve kolonu zımbalamaya zorlayan kuvvet V_{pd} ile tanımlanmıştır.

Burada;

$$V_{pd} = F_d - P(b+d)(h+d) \quad (5.17)$$

$$V_{pr} = \gamma * f_{ctd} * U_p * d \quad (5.18)$$

$$d_1 = 250 - 20 = 230 \text{ mm}$$

$$d_2 = 250 - 30 = 220 \text{ mm}$$

$$d = (d_1 + d_2) / 2 = 225 \text{ mm}$$

γ : moment etkisinden oluşan ilave zorlanma

f_{ctd} : beton tasarım eksenel çekme dayanımı

U_p : zımbalama çevresi

P : hesap yükü

d : kirişsiz döşeme için faydalı yüksekliktir.

$$b_x = b+d \quad (5.19)$$

$$b_y = h+d \quad (5.20)$$

zımbalama çevresi kenarları (kolon boyutları 50cmx50cm alınırsa)

$$b_x = b_y = 500 + 225 = 725 \text{ mm}$$

$$V_{pd} = (6,0*6,0 - 0,725*0,725) * 16,76$$

$$V_{pd} = 594,55 \text{ kN ve}$$

$$V_{pr} = 0,89*1,15*(4*725)*225$$

$$V_{pr} = 667,83 \text{ kN olarak bulunmuş olup } V_{pr} > V_{pd} \text{ ‘dir.}$$

Dört tarafında döşeme olan merkez kolonlarda, kolon boyutları 40 cm x 40 cm seçildiğinde $V_{pr} < V_{pd}$ olmuştur. Ancak 50cm x 50 cm olarak kolon boyutları

seçilirse $V_{pr} > V_{pd}$ şartı sağlanmış olmaktadır. Kenar kolonlarda ise 40 cm x 40 cm boyutları $V_{pr} > V_{pd}$ şartını sağlamıştır.

Yapılan hesaplamalar neticesinde Bina-III'te 6., 7. ve 8. normal katlarda merkezde bulunan kolonlarda, zımbalama etkisine karşı koyacak min. kolon boyutları 50cm x 50 cm olarak hesaplanmıştır. Kenar kolonlarda ise 40 cm x 40 cm boyutları zımbalama dayanımı için yeterli olmuştur. Alt katlarda kolon alanlarının artışı nedeniyle zımbalama dayanımı açısından bir sıkıntı oluşmamıştır.

Bina-III için kolon hesabı ve seçilen kolon boyutları Çizelge 5.39'da verilmiştir.

Çizelge 5.39 : Bina-III için kolon boyutları

Kat	Kolon	Üst Kattan gelen		Σ		Nd	Ac	$\alpha \cdot Ac$	Seçilen Kolon Boyutları
	Adı	g(kN)	q(kN)	Ng(kN)	Nq(kN)	(kN)	(cm ²)	(cm ²)	(cmxcm)
8	S801	0,00	0,00	97,22	21,00	169,70	110,92	144,19	40x40
	S802	0,00	0,00	179,43	42,00	318,40	208,11	270,54	40x40
	S803	0,00	0,00	172,58	40,25	306,01	200,01	260,01	40x40
	S804	0,00	0,00	145,17	33,25	256,44	167,61	217,89	40x40
	S805	0,00	0,00	155,94	36,00	275,92	180,34	234,44	40x40
	S806	0,00	0,00	296,88	72,00	530,83	346,95	451,03	50x50
	S807	0,00	0,00	132,45	30,00	233,43	152,57	198,34	40x40
	S808	0,00	0,00	249,90	60,00	445,86	291,41	378,84	50x50
7	S701	97,22	21,00	261,42	36,75	424,79	277,64	360,93	40x40
	S702	179,43	42,00	457,56	73,50	758,18	495,55	644,21	40x40
	S703	172,58	40,25	441,22	70,44	730,40	477,39	620,60	40x40
	S704	145,17	33,25	375,84	58,19	619,27	404,75	526,18	40x40
	S705	155,94	36,00	405,12	63,00	667,97	436,58	567,55	40x40
	S706	296,88	72,00	719,76	286,92	1466,74	958,65	1246,25	50x50
	S707	132,45	30,00	347,64	52,50	570,70	373,00	484,91	40x40
	S708	249,90	60,00	614,88	105,00	1028,83	672,44	874,17	50x50
6	S601	261,42	57,75	425,63	36,75	654,68	427,89	556,26	40x40
	S602	457,56	115,50	735,69	73,50	1147,57	750,04	975,06	40x40
	S603	441,22	110,69	709,85	70,44	1106,49	723,20	940,16	40x40
	S604	375,84	91,44	606,50	58,19	942,19	615,81	800,56	40x40
	S605	405,12	99,00	654,30	63,00	1016,82	664,59	863,96	40x40
	S606	719,76	358,92	1142,64	286,92	2058,77	1345,60	1749,28	50x50
	S607	347,64	82,50	562,83	52,50	871,96	569,91	740,88	40x40
	S608	614,88	165,00	979,86	105,00	1539,80	1006,41	1308,33	50x50
5	S501	425,63	94,50	589,83	36,75	884,56	578,15	751,59	40x40
	S502	735,69	189,00	1013,82	73,50	1536,95	1004,54	1305,90	50x50
	S503	709,85	181,13	978,49	70,44	1482,58	969,01	1259,71	50x50
	S504	606,50	149,63	837,16	58,19	1265,12	826,88	1074,94	50x50
	S505	654,30	162,00	903,48	63,00	1365,67	892,60	1160,37	50x50
	S506	1142,64	645,84	1565,52	286,92	2650,80	1732,55	2252,31	60x60
	S507	562,83	135,00	778,02	52,50	1173,23	766,82	996,86	40x40
	S508	979,86	270,00	1344,84	105,00	2050,78	1340,38	1742,49	60x60

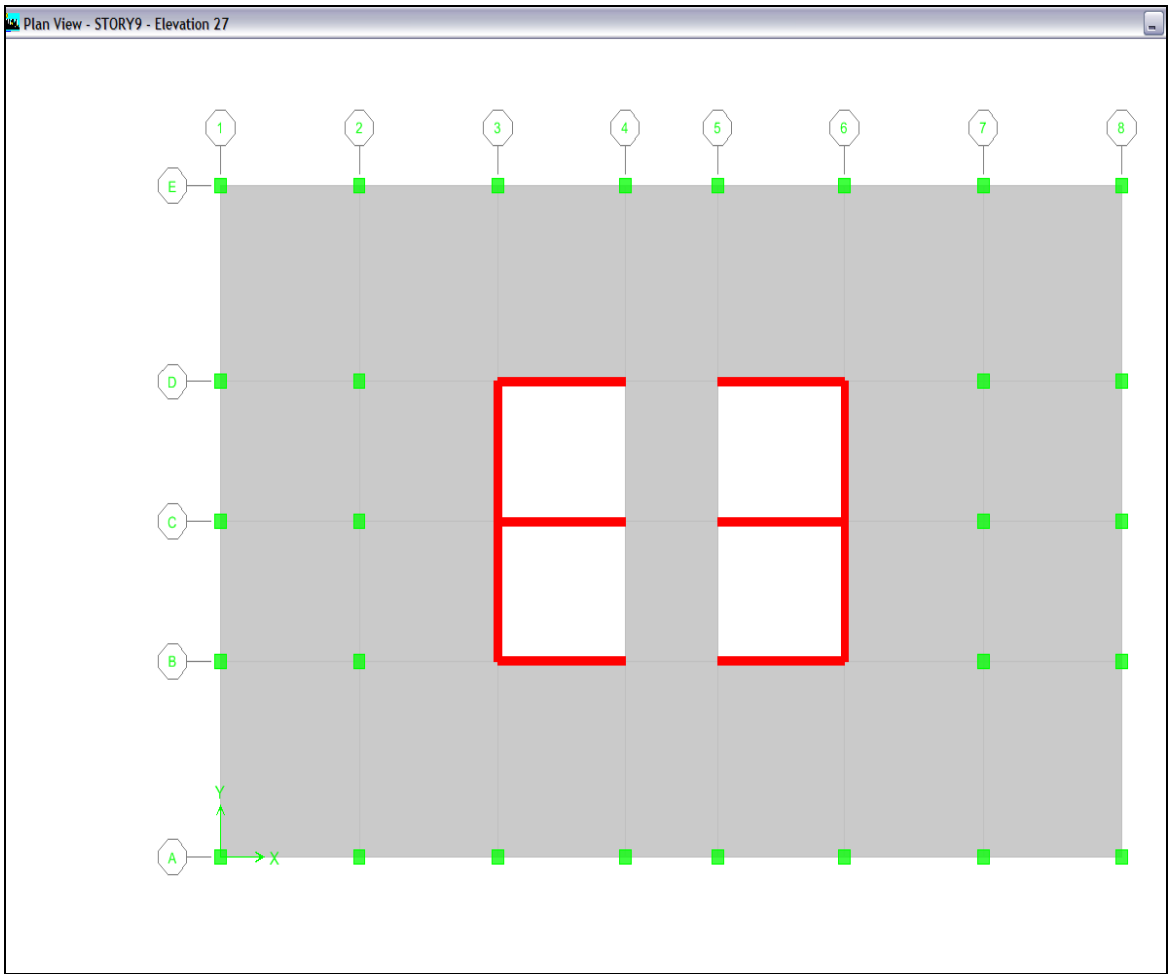
Çizelge 5.39 (devam) : Bina-III için kolon boyutları

Kat	Kolon	Üst Kattan gelen		Σ		Nd	Ac	$\alpha \cdot Ac$	Seçilen Kolon Boyutları
	Adı	g(kN)	q(kN)	Ng(kN)	Nq(kN)	(kN)	(cm ²)	(cm ²)	(cmxcm)
4	S401	589,83	131,25	754,04	36,75	1114,45	728,40	946,92	40x40
	S402	1013,82	262,50	1291,95	73,50	1926,33	1259,04	1636,75	50x50
	S403	978,49	251,56	1247,12	70,44	1858,67	1214,82	1579,26	50x50
	S404	837,16	207,81	1067,82	58,19	1588,05	1037,94	1349,32	50x50
	S405	903,48	225,00	1152,66	63,00	1714,52	1120,60	1456,79	50x50
	S406	1565,52	932,76	1988,40	286,92	3242,83	2119,50	2755,35	60x60
	S407	778,02	187,50	993,21	52,50	1474,49	963,72	1252,84	40x40
	S408	1344,84	375,00	1709,82	105,00	2561,75	1674,35	2176,65	60x60
3	S301	754,04	168,00	918,24	36,75	1344,34	878,65	1142,25	40x40
	S302	1291,95	336,00	1570,08	73,50	2315,71	1513,54	1967,60	50x50
	S303	1247,12	322,00	1515,76	70,44	2234,76	1460,63	1898,82	50x50
	S304	1067,82	266,00	1298,48	58,19	1910,97	1249,00	1623,70	50x50
	S305	1152,66	288,00	1401,84	63,00	2063,38	1348,61	1753,20	50x50
	S306	1988,40	1219,68	2411,28	286,92	3834,86	2506,45	3258,38	60x60
	S307	993,21	240,00	1208,40	52,50	1775,76	1160,63	1508,82	40x40
	S308	1709,82	480,00	2074,80	105,00	3072,72	2008,31	2610,81	60x60
2	S201	918,24	204,75	1082,45	36,75	1574,22	1028,90	1337,58	50x50
	S202	1570,08	409,50	1848,21	73,50	2705,09	1768,04	2298,45	60x60
	S203	1515,76	392,44	1784,40	70,44	2610,85	1706,44	2218,37	60x60
	S204	1298,48	324,19	1529,14	58,19	2233,90	1460,06	1898,08	50x50
	S205	1401,84	351,00	1651,02	63,00	2412,23	1576,62	2049,61	50x50
	S206	2411,28	1506,60	2834,16	286,92	4426,90	2893,40	3761,41	70x70
	S207	1208,40	292,50	1423,59	52,50	2077,03	1357,53	1764,79	50x50
	S208	2074,80	585,00	2439,78	105,00	3583,69	2342,28	3044,97	60x60
1	S101	1082,45	241,50	1246,65	36,75	1804,11	1179,16	1532,90	50x50
	S102	1848,21	483,00	2126,34	73,50	3094,48	2022,53	2629,29	60x60
	S103	1784,40	462,88	2053,03	70,44	2986,95	1952,25	2537,93	60x60
	S104	1529,14	382,38	1759,80	58,19	2556,82	1671,13	2172,46	50x50
	S105	1651,02	414,00	1900,20	63,00	2761,08	1804,63	2346,02	50x50
	S106	2834,16	1793,52	3257,04	286,92	5018,93	3280,35	4264,45	70x70
	S107	1423,59	345,00	1638,78	52,50	2378,29	1554,44	2020,77	50x50
	S108	2439,78	690,00	2804,76	105,00	4094,66	2676,25	3479,13	60x60
Z	SZ01	1246,65	278,25	1410,86	36,75	2034,00	1329,41	1728,23	50x50
	SZ02	2126,34	556,50	2404,47	73,50	3483,86	2277,03	2960,14	60x60
	SZ03	2053,03	533,31	2321,67	70,44	3363,04	2198,06	2857,48	60x60
	SZ04	1759,80	440,56	1990,46	58,19	2879,75	1882,19	2446,85	60x60
	SZ05	1900,20	477,00	2149,38	63,00	3109,93	2032,64	2642,43	60x60
	SZ06	3257,04	2080,44	3679,92	286,92	5610,96	3667,29	4767,48	80x80
	SZ07	1638,78	397,50	1853,97	52,50	2679,56	1751,35	2276,75	60x60
	SZ08	2804,76	795,00	3169,74	105,00	4605,64	3010,22	3913,29	70x70
B	SB01	1410,86	315,00	1575,06	36,75	2263,88	1479,66	1923,56	50x50
	SB02	2404,47	630,00	2682,60	73,50	3873,24	2531,53	3290,99	60x60
	SB03	2321,67	603,75	2590,31	70,44	3739,13	2443,87	3177,04	60x60
	SB04	1990,46	498,75	2221,13	58,19	3202,68	2093,25	2721,23	60x60
	SB05	2149,38	540,00	2398,56	63,00	3458,78	2260,64	2938,84	60x60
	SB06	3679,92	2367,36	4102,80	286,92	6202,99	4054,24	5270,52	80x80
	SB07	1853,97	450,00	2069,16	52,50	2980,82	1948,25	2532,73	60x60
	SB08	3169,74	900,00	3534,72	105,00	5116,61	3344,19	4347,44	70x70

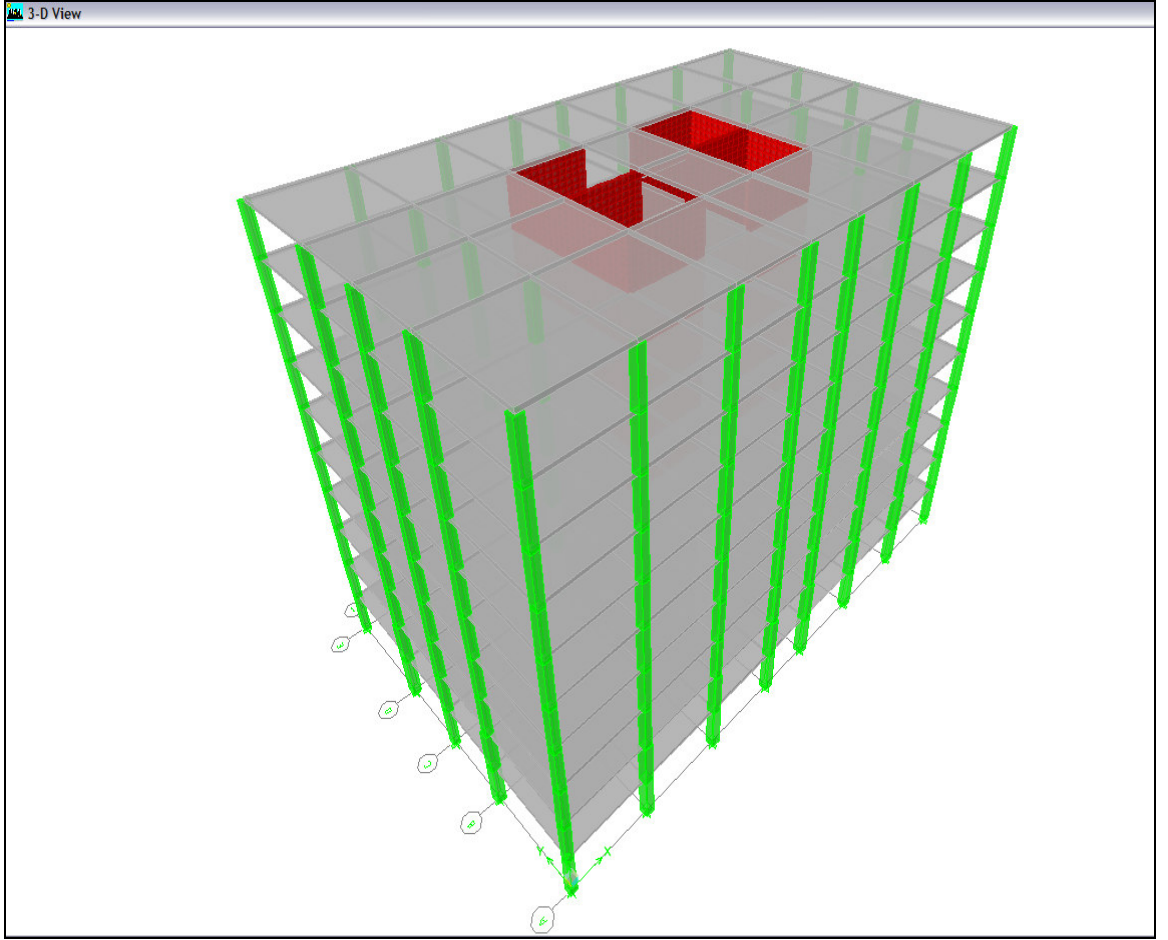
5.3.5 Bina-III için modelleme bilgileri

Bina-III için ETABS programında veri girişi, Bina-I ve Bina-II'ye ait verilerin sisteme girilmesinde izlenen yol ile gerçekleştirilmiştir. Bu bölümde sadece Bina-III'e ait kat planı (şekil 5.18), üç boyutlu görünüş (şekil 5.19) ve yatay ve düşey yüklerden meydana gelen kombinasyonların listesi (şekil 5.20) verilmiştir.

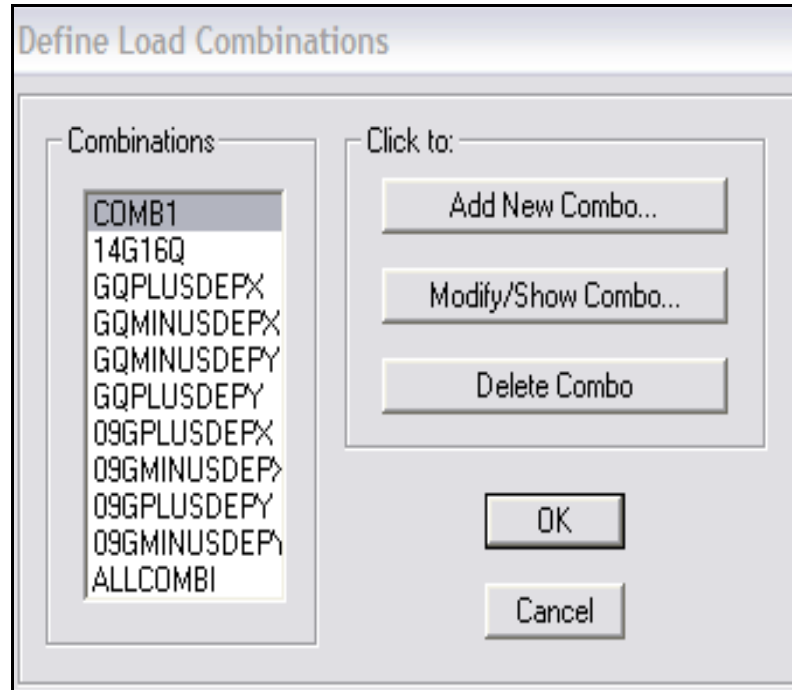
Bina-III'e ait döşeme modellemesi yapılırken, sisteme 50cmx50cm boyutlarındaki sonlu elemanlar tanıtılmıştır. Bu sonlu elemanların kullanması ile yapılan analiz neticesinde Bina-III'e ait döşemelerin birbiriyle etkileşimi tam olarak sağlanmıştır.



şekil 5.18 : Bina-III kat planı



Şekil 5.19 : Bina-III üç boyutlu görünümü



Şekil 5.20 : Yatay ve düşey yüklerden meydana gelen kombinasyonlar

5.3.6 Bina-III için elde edilen sonuçlar

ETABS programında çözümlemesi yapılan Bina-III'e ait sonuçlar aşağıda çizelgeler halinde verilmiştir.

Çizelge 5.40'da 12 moda göre çözümlenen yapıdaki modlara göre kütle katılım oranları verilmiştir.

Çizelge 5.40 : Bina-III'ün 12 moda ait kütle katılım oranları

Mod	Periyot (sn)	UX(%)	UY(%)	Σ UX(%)	Σ UY(%)
1	0,647	67,51	0,00	67,51	0,00
2	0,583	0,00	0,00	67,51	0,00
3	0,442	0,00	71,77	67,51	71,77
4	0,173	0,00	0,00	67,51	71,77
5	0,145	19,99	0,00	87,50	71,77
6	0,124	0,00	19,18	87,50	90,94
7	0,100	0,00	0,00	87,50	90,94
8	0,076	0,00	0,00	87,50	90,94
9	0,071	0,00	4,30	87,50	95,25
10	0,069	6,47	0,00	93,97	95,25
11	0,064	0,00	0,00	93,97	95,25
12	0,058	0,00	0,00	93,97	95,25

Söz konusu yapı için 12 mod sonunda kütle katılım oranları x yönünde %94, y yönünde %95 olarak belirlenmiştir. Bu durum çözümleme için yeterli mod sayısına sahip olduğumuzu göstermektedir.

Bina-III'ün 12 moda ait periyot değerleri Çizelge 5.41'de verilmiştir.

Bina-III'e ait katların x ve y yönünde yaptıkları deplasmanlar Çizelge 5.42'de, görelî kat ötelemeleri kontrolü ise Çizelge 5.43'de verilmiştir.

Bina-III'ün x ve y yönünde etkiyen deprem neticesinde katlarda oluşan kesme kuvvetleri Çizelge 5.44'te verilmiştir.

Bina-III'ün x ve y yönündeki 2. mertebe kontrolleri Çizelge 5.45 ve 5.46'da verilmiştir.

Çizelge 5.41 : Bina-III'ün 12 moda ait periyotları

Mod	Periyot (sn)
1	0,647
2	0,583
3	0,442
4	0,173
5	0,145
6	0,124
7	0,100
8	0,076
9	0,071
10	0,069
11	0,064
12	0,058

Çizelge 5.42 : Bina-III'e ait katların x ve y yönünde yaptıkları deplasmanlar

Katlar	Yükleme Durumu	UX(mm)	UY(mm)	Yükleme Durumu	UX(mm)	UY(mm)
8	DEPX	20,6	0	DEPY	0	10,1
7	DEPX	18,1	0	DEPY	0	9,1
6	DEPX	15,5	0	DEPY	0	8
5	DEPX	12,9	0	DEPY	0	6,8
4	DEPX	10,4	0	DEPY	0	5,6
3	DEPX	7,9	0	DEPY	0	4,4
2	DEPX	5,6	0	DEPY	0	3,3
1	DEPX	3,5	0	DEPY	0	2,2
Zemin	DEPX	1,8	0	DEPY	0	1,3
Bodrum	DEPX	0,6	0	DEPY	0	0,6
Temel	DEPX	0	0	DEPY	0	0

Çizelge 5.43 : Bina-III'ün x ve y yönlerindeki görelî kat öteleme kontrolü

Kat	$d_{ix}(mm)$	$\Delta_{ix}(mm)$	$\delta_i(max)/H_i$	$d_{iy}(mm)$	$\Delta_{iy}(mm)$	$\delta_i(max)/H_i$
8	0,0206	0,0025	0,00583	0,0101	0,001	0,002333
7	0,0181	0,0026	0,00607	0,0091	0,0011	0,002567
6	0,0155	0,0026	0,00607	0,008	0,0012	0,0028
5	0,0129	0,0025	0,00583	0,0068	0,0012	0,0028
4	0,0104	0,0025	0,00583	0,0056	0,0012	0,0028
3	0,0079	0,0023	0,00537	0,0044	0,0011	0,002567
2	0,0056	0,0021	0,0049	0,0033	0,0011	0,002567
1	0,0035	0,0017	0,00397	0,0022	0,0009	0,001633
Zemin	0,0018	0,0012	0,0028	0,0013	0,0007	0,0021
Bodrum	0,0006	0,0006	0,0014	0,0006	0,0006	0,0014

Çizelge 5.43'ten de anlaşılacağı gibi Bina-III'ün x ve y yönünde yapmış olduğu görelî kat ötelemeleri, maksimum görelî kat öteleme değeri olan, $\delta_i(max)/H_i = 0.02$ 'nin oldukça altında bulunmaktadır.

Çizelge 5.44 : x ve y yönünde etkiyen deprem neticesinde katlarda oluşan kesme kuvvetleri

Katlar	Yükleme Durumu	$V_x(kN)$	$V_y(kN)$	Yükleme Durumu	$V_x(kN)$	$V_y(kN)$
8	DEPX	1788,93	0,03	DEPY	0,02	1806,19
7	DEPX	3424,82	0,02	DEPY	0,01	3579,69
6	DEPX	4698,01	0,02	DEPY	0,01	5019,65
5	DEPX	5738,19	0,03	DEPY	0,02	6200,35
4	DEPX	6610,63	0,01	DEPY	0,04	7185,72
3	DEPX	7320,11	0,05	DEPY	0,01	7999,99
2	DEPX	7880,11	0,01	DEPY	0,03	8659,82
1	DEPX	8314,65	0,06	DEPY	0,04	9181,01
Zemin	DEPX	8616,88	0,01	DEPY	0,03	9555,71
Bodrum	DEPX	8749,58	0,03	DEPY	0,03	9732,44

Çizelge 5.45 : Bina-III'ün x yönündeki 2. mertebe kontrolü

Kat	$\sum W_i(\text{kN})$	$\Delta_{ix}(\text{ort})$ (mm)	$V_{ix}(\text{kN})$	Θ_i
8	6119,67	2,5	1788,93	0,00285
7	15389,27	2,6	3424,82	0,00389
6	24164,72	2,6	4698,01	0,00446
5	32940,17	2,5	5738,19	0,00478
4	41715,62	2,5	6610,63	0,00526
3	50491,07	2,3	7320,11	0,00529
2	59266,52	2,1	7880,11	0,00526
1	68041,97	1,7	8314,65	0,00464
Zemin	76817,42	1,2	8616,88	0,00357
Bodrum	85592,87	0,6	8749,58	0,00196

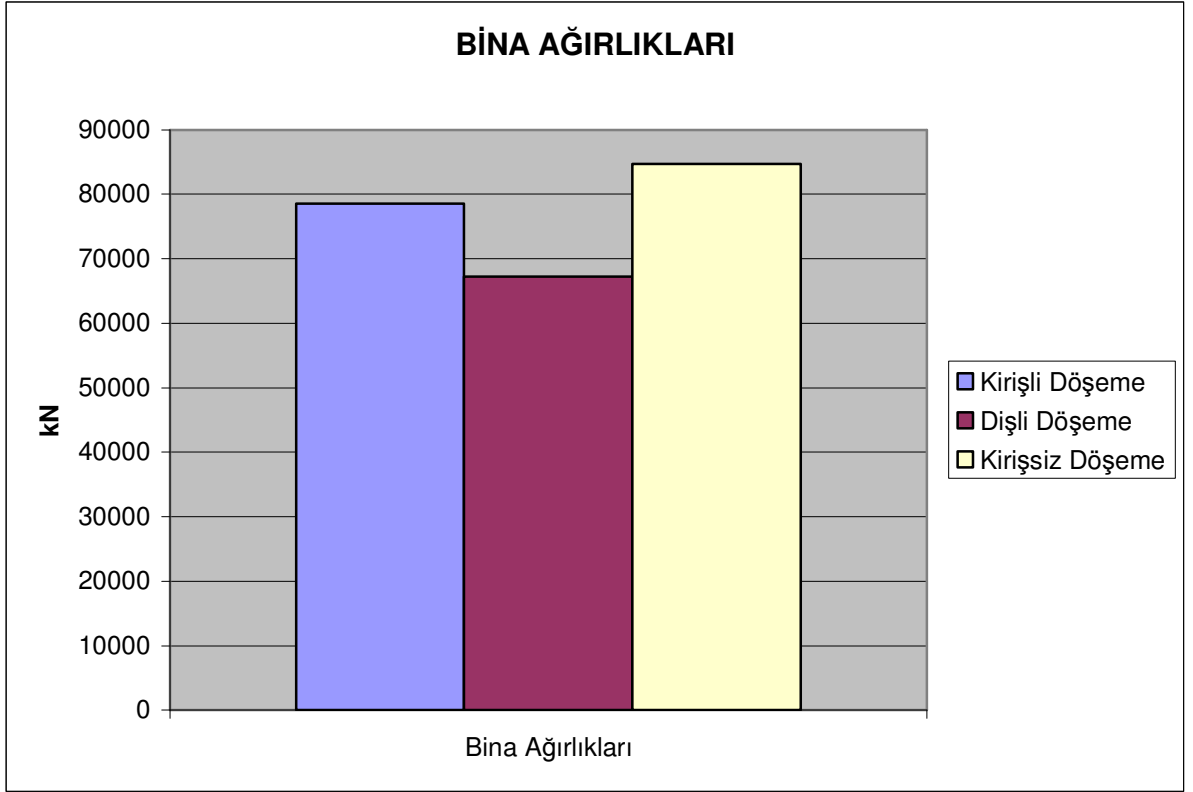
Çizelge 5.46 : Bina-III'ün y yönündeki 2. mertebe kontrolü

Kat	$\sum W_i(\text{kN})$	$\Delta_{iy}(\text{ort})$ (mm)	$V_{iy}(\text{kN})$	Θ_i
8	6119,67	1	1806,19	0,00113
7	15389,27	1,1	3579,69	0,00158
6	24164,72	1,2	5019,65	0,00193
5	32940,17	1,2	6200,35	0,00213
4	41715,62	1,2	7185,72	0,00232
3	50491,07	1,1	7999,99	0,00231
2	59266,52	1,1	8659,82	0,00251
1	68041,97	0,9	9181,01	0,00222
Zemin	76817,42	0,7	9555,71	0,00188
Bodrum	85592,87	0,6	9732,44	0,00176

Çizelge 5.45 ve 5.46'da Bina-III için x e y yönündeki ikinci mertebe etkilerinin kontrolleri yapılmıştır. Hesaplamalar neticesinde elde edilen değerlerin, $\Theta_i = 0.12$ değerinden çok daha küçük oldukları açıkça görülmektedir.

5.4 Analiz Sonuçları ve Karşılaştırmalar

Bu bölümde, farklı üç döşeme türü için elde edilen sonuçlar karşılaştırılmış ve sonuçlar aşağıda verilmiştir. Şekil 5.21’de üç binaya ait bina toplam ağırlıkları toplu halde verilmiştir.



Şekil 5.21 : Binalara ait toplam ağırlıklar

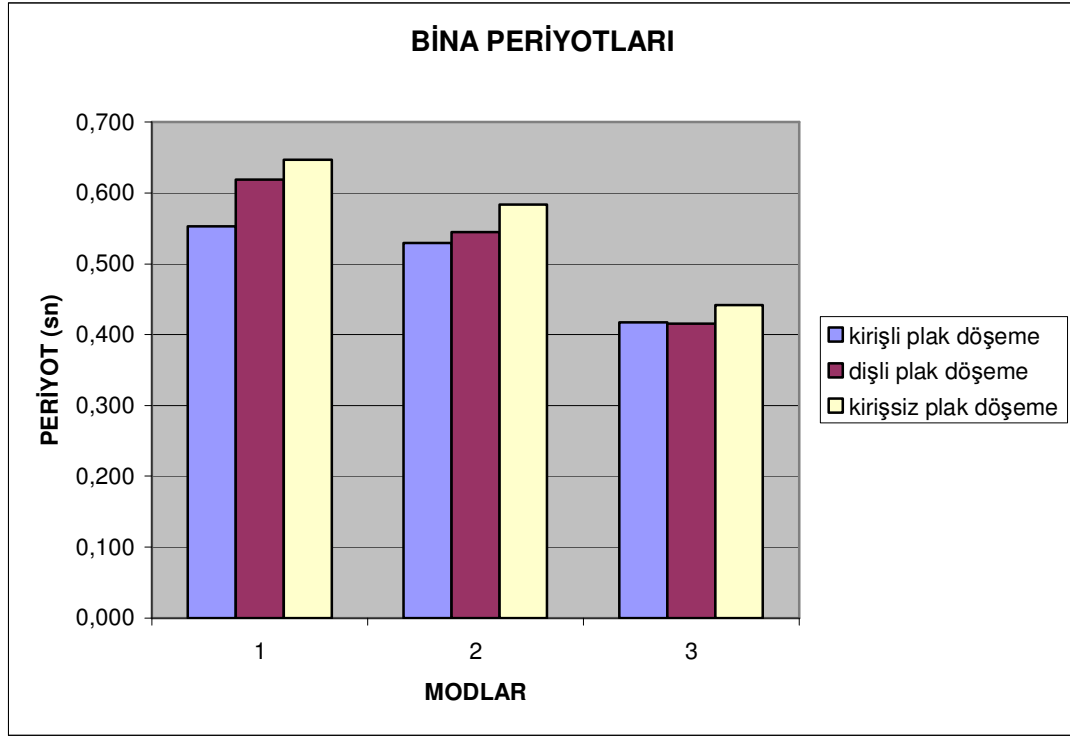
Farklı döşeme sistemlerine sahip binalarımızın toplam ağırlıklarının karşılaştırılmalı grafik halinde verildiği Şekil 5.21’den de anlaşılacağı gibi kirişsiz döşeme ile oluşturulan Bina-III en fazla ağırlığa sahiptir. Bunu kirişli döşeme ile oluşturulan Bina-I takip etmektedir. Dişli döşeme sistemine sahip Bina-II ise en hafif olan yapı özelliğindedir.

Binalara ait toplam ağırlıkları birbirleriyle oranladığımızda; Bina-I yerine Bina-II tercih edildiğinde yapının toplam ağırlığı % 15 azalmaktadır. Bina-I yerine Bina-III seçilirse yapının toplam ağırlığı % 8 artmaktadır. Aynı şekilde Bina-II yerine Bina-III tercih edilirse toplam ağırlık % 26 oranında artmaktadır.

Bina periyotlarının kıyaslaması yapılırken daha etkin bir şekilde gösterebilmek için binalara ait ilk üç periyot göz önüne alınmıştır (Çizelge 5.47).

Çizelge 5.47 : Binaların ilk 3 modlarına ait periyot değerleri

PERİYOTLAR (sn)			
Mod	Kirişli döşeme	Dişli döşeme	Kirişsiz döşeme
1	0,553	0,619	0,647
2	0,530	0,545	0,583
3	0,418	0,416	0,442



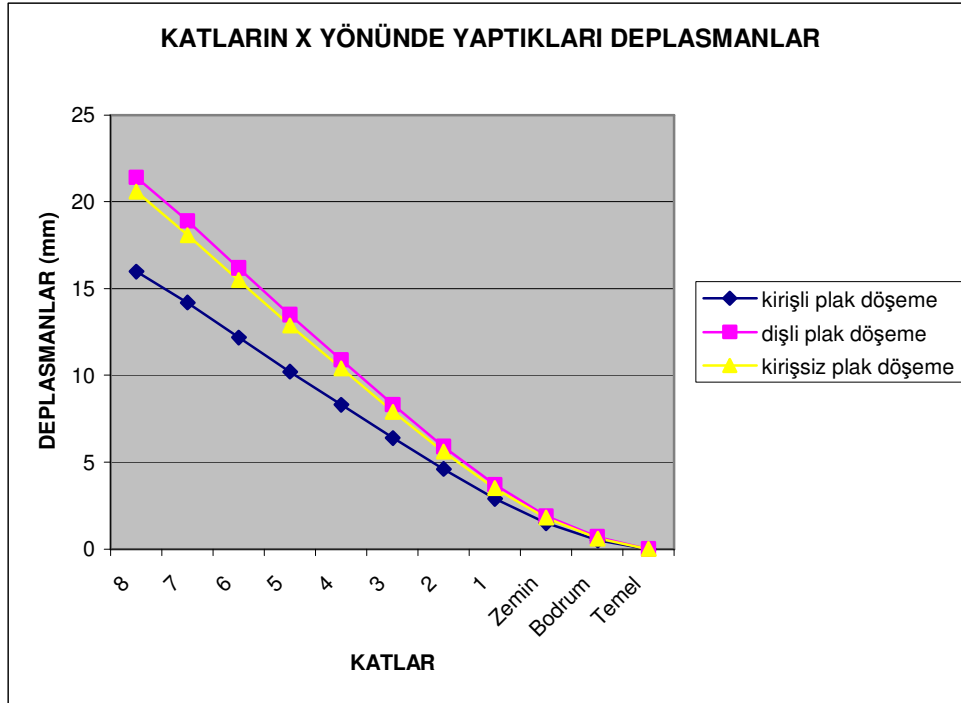
Şekil 5.22 : Binaların ilk 3 modlarına ait periyot değerleri

Şekil 5.22’de farklı döşeme sistemlerine sahip binalarımızda ilk üç moda ait bina periyot değerleri karşılaştırılmalı grafik halinde verilmiştir. Burada kirişsiz döşemeye sahip Bina-III’ün periyodunun en büyük değeri aldığı görülmektedir. Bina-II’ye ait periyot değerleri ise ikinci sırada yer almaktadır. En az periyot değerine sahip yapı kirişli plak döşeme sistemine sahip Bina-I’dir. Bina-I’in en düşük değeri almasının nedeni olarak, kirişsiz döşemenin aksine taşıyıcı sisteminde kirişlerin bulunması ve dişli döşemedekinin aksine kirişlere oturan dişlerin bulunmaması gösterilebilir. Böylece daha rijit bir davranış gösterebilmektedir.

Yapı etkin modu olan 1. modda binaların periyot değerlerini Bina-I’i esas alarak karşılaştıracak olursak; Bina-II’ye ait periyot değeri % 12, Bina-III’e ait periyot değeri % 17 daha fazladır.

Çizelge 5.48 : Katların yaptıkları deplasmanlar (x doğrultusunda)

	Yükleme	KİRİŞLİ DÖŞEME		DİŞLİ DÖŞEME		KİRİŞSİZ DÖŞEME	
Katlar	Durumu	UX(mm)	UY(mm)	UX(mm)	UY(mm)	UX(mm)	UY(mm)
8	DEPX	16	0	21,4	3,4	20,6	0
7	DEPX	14,2	0	18,9	3,1	18,1	0
6	DEPX	12,2	0	16,2	2,7	15,5	0
5	DEPX	10,2	0	13,5	2,3	12,9	0
4	DEPX	8,3	0	10,9	1,9	10,4	0
3	DEPX	6,4	0	8,3	1,6	7,9	0
2	DEPX	4,6	0	5,9	1,2	5,6	0
1	DEPX	2,9	0	3,7	0,8	3,5	0
Zemin	DEPX	1,5	0	1,9	0,5	1,8	0
Bodrum	DEPX	0,5	0	0,7	0,2	0,6	0
Temel	DEPX	0	0	0	0	0	0

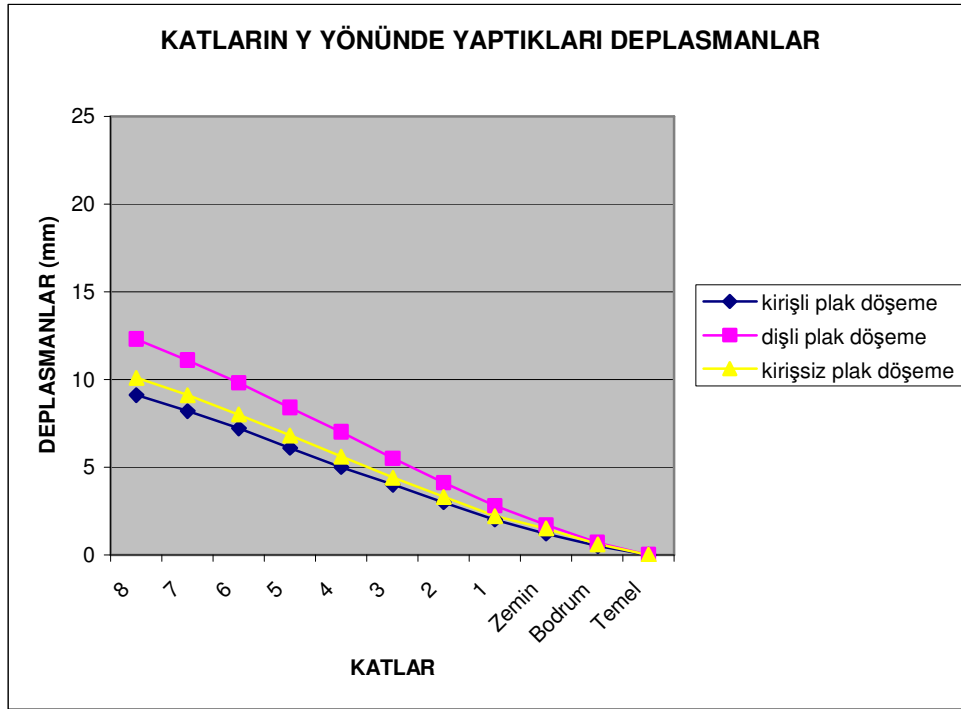


Şekil 5.23 : Katların x doğrultusunda yaptıkları deplasmanların birbirleriyle karşılaştırılması

Çizelge 5.48’de farklı döşeme türlerine sahip üç bina için, x doğrultusunda etkiyen deprem yüklemesi neticesinde katların yaptıkları deplasmanlar ve Şekil 5.23’te ise söz konusu deplasmanların grafik olarak dağılımı gösterilmiştir. Burada en az deplasmanı Bina-I yapmıştır. Diğer iki binanın yaptıkları deplasmanlar birbirine oldukça yakın ve Bina-I’den oldukça fazladır. Bunun nedeni ise bina periyotlarında açıklandığı gibi Bina-I’in diğer iki binaya oranla daha rijit bir yapıda olmasıyla açıklanabilir. Bina-I yerine, Bina-II kullanıldığında yapılan deplasmanlar % 32 artmış, Bina-III kullanıldığında ise % 24 azalmıştır.

Çizelge 5.49 : Katların yaptıkları deplasmanlar (y doğrultusunda)

	Yükleme	KİRİŞLİ DÖŞEME		DİŞLİ DÖŞEME		KİRİŞSİZ DÖŞEME	
Katlar	Durumu	UX(mm)	UY(mm)	UX(mm)	UY(mm)	UX(mm)	UY(mm)
8	DEPY	0	9,1	2,2	12,3	0	10,1
7	DEPY	0	8,2	2	11,1	0	9,1
6	DEPY	0	7,2	1,7	9,8	0	8
5	DEPY	0	6,1	1,5	8,4	0	6,8
4	DEPY	0	5,0	1,3	7,0	0	5,6
3	DEPY	0	4,0	1,0	5,5	0	4,4
2	DEPY	0	3,0	0,8	4,1	0	3,3
1	DEPY	0	2,0	0,5	2,8	0	2,2
Zemin	DEPY	0	1,2	0,3	1,7	0	1,5
Bodrum	DEPY	0	0,5	0,1	0,7	0	0,6
Temel	DEPY	0	0	0	0	0	0



Şekil 5.24 : Katların y doğrultusunda yaptıkları deplasmanların birbirleriyle karşılaştırılması

Çizelge 5.49’da farklı döşeme türlerine sahip üç bina için, y doğrultusunda etkiyen deprem yüklemesi neticesinde katların yaptıkları deplasmanlar ve Şekil 5.24’te ise söz konusu deplasmanların grafik olarak dağılımı gösterilmiştir. Burada en az deplasmanı Bina-I yapmıştır. Bunu sırasıyla Bina-III ve Bina-II takip etmiştir. Bina-I yerine, Bina-II kullanıldığında yapılan deplasmanlar % 38 artmış, Bina-III kullanıldığında ise % 13 artmıştır.

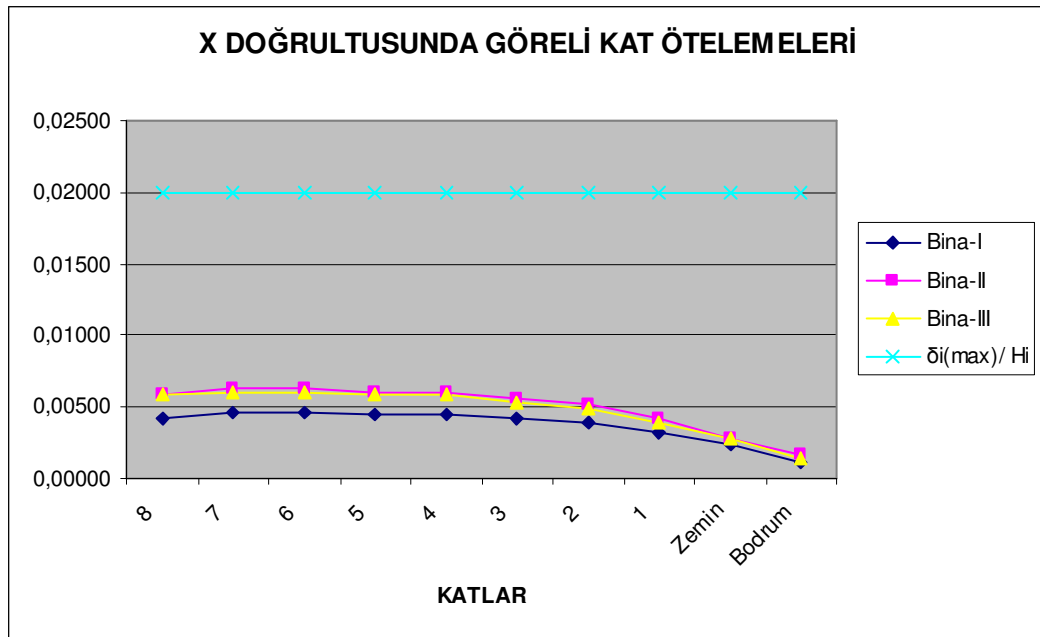
Söz konusu binalara ait görelî kat ötelemelerinin kontrolü, her katta yaptıkları deplasmanlar esas alınarak DBYBHY’de verildiğı şekli ile yapılmıştır

Tasarımlarını yaptığımız binalarda kat yüksekliğı, H_i , 3.00 m’dir. R ise 7 olarak belirlenmiştir.

Söz konusu binalara ait katların x yönünde yapmış oldukları görelî kat ötelemelerinin kontrolü ve birbirleri ile karşılaştırılması Çizelge 5.50 ve Şekil 5.25’te gösterilmiştir.

Çizelge 5.50 : Katların x doğrultusunda yaptıkları görelî kat ötelemesi kontrolü

	Bina-I	Bina-II	Bina-III
Kat	$\delta_i(\max)/ H_i$	$\delta_i(\max)/ H_i$	$\delta_i(\max)/ H_i$
8	0,00420	0,00583	0,00583
7	0,00467	0,00630	0,00607
6	0,00467	0,00630	0,00607
5	0,00443	0,00607	0,00583
4	0,00443	0,00607	0,00583
3	0,00420	0,00560	0,00537
2	0,00397	0,00513	0,00490
1	0,00327	0,00420	0,00397
Zemin	0,00233	0,00280	0,00280
Bodrum	0,00117	0,00163	0,00140

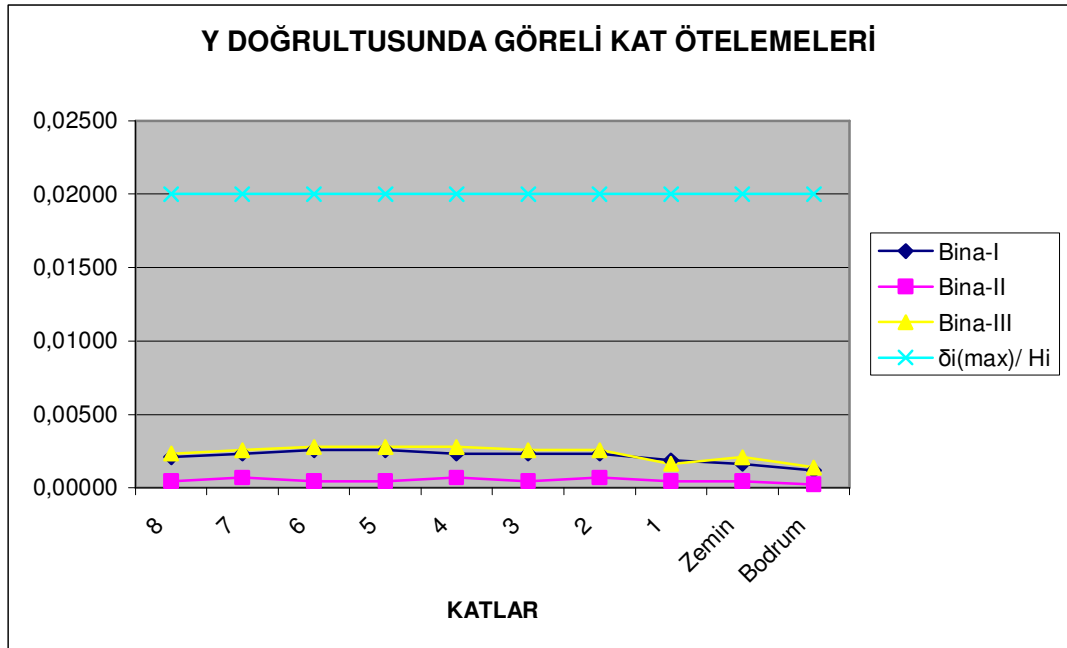


Şekil 5.25 : x doğrultusundaki görelî kat ötelemeleri kontrolü

Aynı şekilde katların y yönünde yapmış oldukları görelî kat ötelemelerinin kontrolü ve birbirleri ile karşılaştırılması Çizelge 5.51 ve Şekil 5.26’da verilmiştir.

Çizelge 5.51 : Katların y doğrultusunda yaptıkları görelî kat ötelemesi kontrolü

	Bina-I	Bina-II	Bina-III
Kat	$\delta_i(\max)/H_i$	$\delta_i(\max)/H_i$	$\delta_i(\max)/H_i$
8	0,00210	0,00047	0,00233
7	0,00233	0,00070	0,00257
6	0,00257	0,00047	0,00280
5	0,00257	0,00047	0,00280
4	0,00233	0,00070	0,00280
3	0,00233	0,00047	0,00257
2	0,00233	0,00070	0,00257
1	0,00187	0,00047	0,00163
Zemin	0,00163	0,00047	0,00210
Bodrum	0,00117	0,00023	0,00140

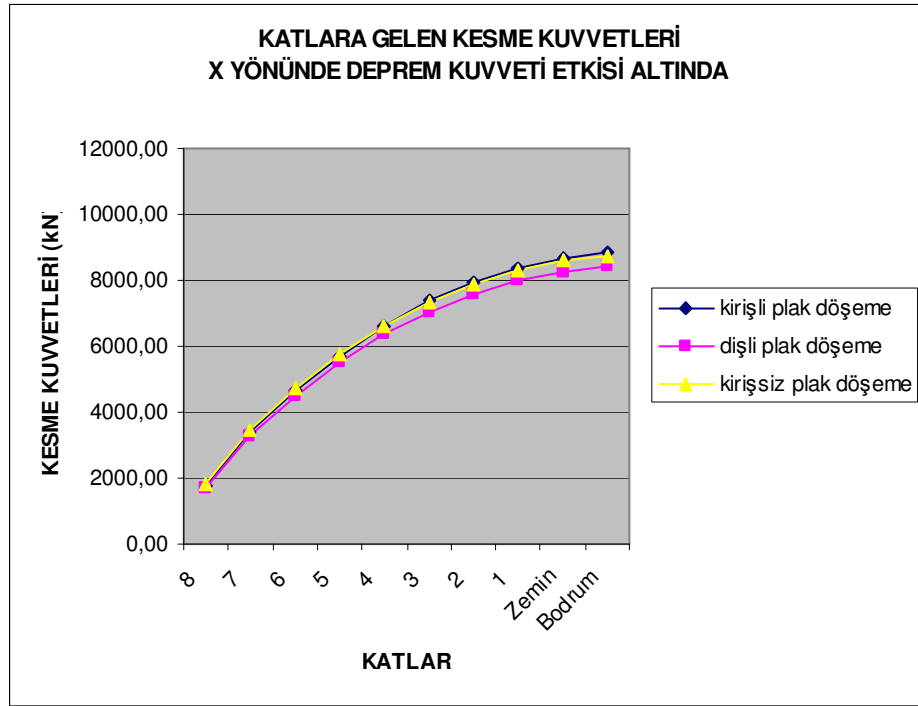


Şekil 5.26 : y doğrultusundaki görelî kat ötelemeleri kontrolü

Yukarıda verilen değerler ve grafiklerden de anlaşılabileceği gibi her üç binanın da x ve y yönünde yapmış oldukları görelî kat ötelemeleri 0.02 değerinin oldukça altında bulunmaktadır. Söz konusu binalarda görelî kat ötelemesi ile ilgili sakıncalı bir durum bulunmamaktadır.

Çizelge 5.52 : x doğrultusunda etkiyen deprem yüklemesi neticesinde katlara gelen kesme kuvvetleri

	Yükleme	Bina-I		Bina-II		Bina-III	
Katlar	Durumu	VX(kN)	VY(kN)	VX(kN)	VY(kN)	VX(kN)	VY(kN)
8	DEPX	1747,11	0,03	1701,38	0,02	1788,93	0,01
7	DEPX	3369,55	0,02	3277,80	0,01	3424,82	0,05
6	DEPX	4652,84	0,02	4508,72	0,01	4698,01	0,03
5	DEPX	5718,27	0,02	5514,89	0,01	5738,19	0,04
4	DEPX	6631,05	0,01	6356,60	0,02	6610,63	0,03
3	DEPX	7371,60	0,07	7038,76	0,00	7320,11	0,01
2	DEPX	7950,26	0,03	7573,74	0,03	7880,11	0,04
1	DEPX	8391,52	0,07	7986,17	0,02	8314,65	0,01
Zemin	DEPX	8691,48	0,01	8270,58	0,01	8616,88	0,04
Bodrum	DEPX	8824,58	0,03	8397,59	0,02	8749,58	0,02

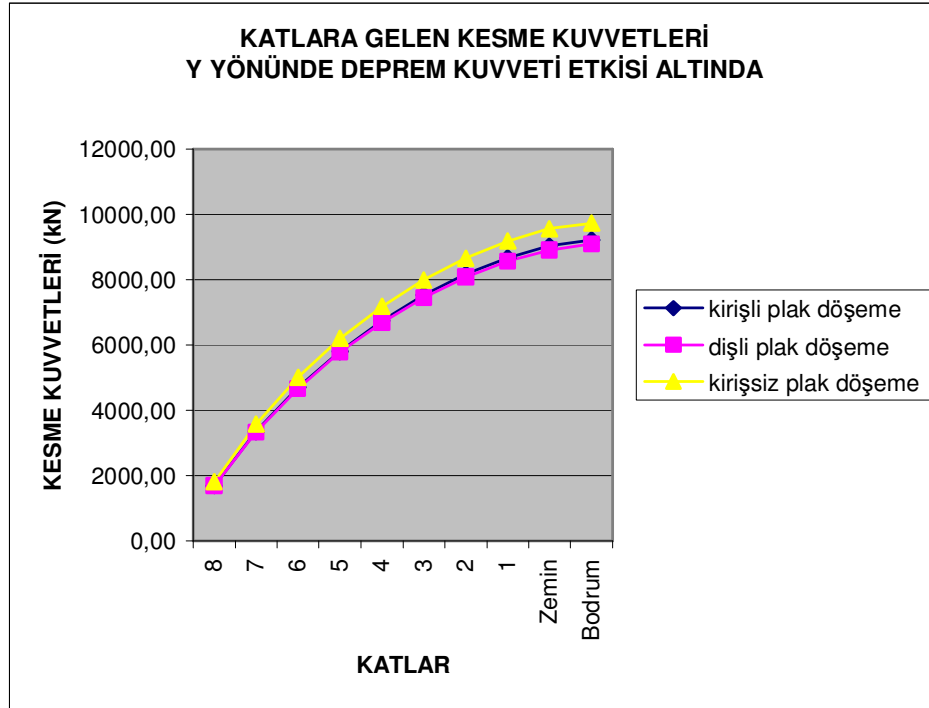


Şekil 5.27 : x doğrultusunda etkiyen deprem yüklemesi neticesinde katlara gelen kesme kuvvetleri

Çizelge 5.52’de farklı döşeme türlerine sahip üç bina için, x doğrultusunda etkiyen deprem yüklemesi neticesinde katlara gelen kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması verilmiş ve aynı değerler Şekil 5.27’de grafik olarak gösterilmiştir. Burada en az kesme kuvvetine ise dişli döşemeye sahip Bina-II maruz kalmıştır. Kesme kuvvetine etki eden en büyük etken bina ağırlıkları ve yapı periyotlarıdır. Bina-I yerine, Bina-II kullanıldığında kesme kuvveti % 4 azalmış, Bina-III kullanıldığında ise değişmemiştir.

Çizelge 5.53 : y doğrultusunda etkiyen deprem yüklemesi neticesinde katlara gelen kesme kuvvetleri

	Yükleme	Bina-I		Bina-II		Bina-III	
Katlar	Durumu	VX(kN)	VY(kN)	VX(kN)	VY(kN)	VX(kN)	VY(kN)
8	DEPY	0,01	1691,55	0,00	1686,65	0,02	1806,19
7	DEPY	0,01	3350,49	0,01	3334,34	0,01	3579,69
6	DEPY	0,01	4697,14	0,01	4672,25	0,03	5019,65
5	DEPY	0,02	5806,19	0,01	5778,79	0,02	6200,35
4	DEPY	0,01	6751,82	0,01	6695,25	0,02	7185,72
3	DEPY	0,01	7534,77	0,01	7454,48	0,03	7999,99
2	DEPY	0,02	8171,23	0,01	8076,80	0,00	8659,82
1	DEPY	0,01	8675,81	0,02	8562,01	0,02	9181,01
Zemin	DEPY	0,02	9036,77	0,01	8910,78	0,00	9555,71
Bodrum	DEPY	0,03	9212,55	0,02	9092,91	0,00	9732,44



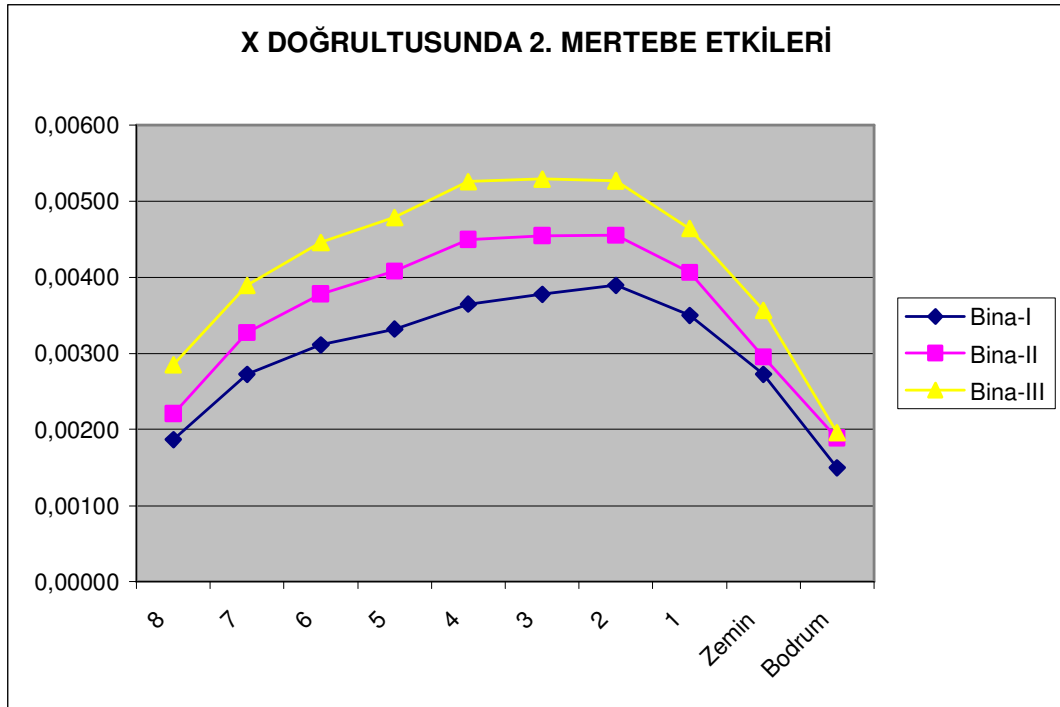
Şekil 5.28 : y doğrultusunda etkiyen deprem yüklemesi neticesinde katlara gelen kesme kuvvetleri

Çizelge 5.53'te farklı döşeme türlerine sahip üç bina için, y doğrultusunda etkiyen deprem yüklemesi neticesinde katlara gelen kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması verilmiş ve aynı değerler Şekil 5.28'de grafik olarak gösterilmiştir. Burada en fazla kesme kuvvetine maruz kalan kirişsiz döşemeye sahip Bina-III, en az kesme kuvvetine ise dişli döşemeye sahip Bina-II maruz kalmıştır. Bu doğrultudaki yapı periyotlarının $T_B=0.60$ sn değerinden küçük olması sebebiyle kesme kuvvetine etki eden en büyük etken bina ağırlıklarıdır. Bina-I yerine, Bina-II kullanıldığında kesme kuvveti % 1 azalmış, Bina-III kullanıldığında ise % 6 artmıştır.

Aşağıda Çizelge 5.54 ve Çizelge 5.55’de yapının ikinci merteye gösterge değeri hesaplanmış olup, farklı döşeme sistemine sahip yapılarda, yapının x ve y doğrultularında ikinci merteye etkileri kontrolleri yapılmıştır. Ayrıca Şekil 5.29 ve 5.30’da söz konusu değerlerin grafik gösterimleri verilmiştir.

Çizelge 5.54 : x doğrultusunda 2. merteye etkilerinin hesap ve kontrolü

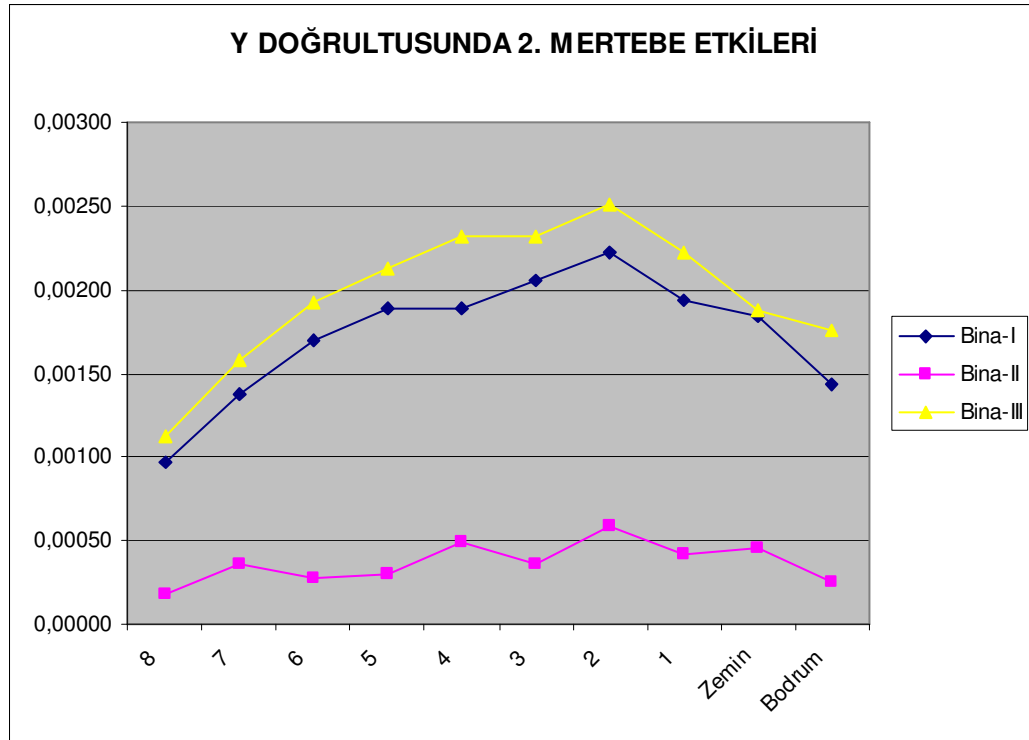
	Bina-I	Bina-II	Bina-III
Kat	Θ_i	Θ_i	Θ_i
8	0,00187	0,00221	0,00285
7	0,00272	0,00327	0,00389
6	0,00311	0,00378	0,00446
5	0,00332	0,00408	0,00478
4	0,00364	0,00450	0,00526
3	0,00377	0,00454	0,00529
2	0,00389	0,00455	0,00526
1	0,00350	0,00406	0,00464
Zemin	0,00273	0,00295	0,00357
Bodrum	0,00150	0,00189	0,00196



Şekil 5.29 : x doğrultusunda 2. merteye kontrolü

Çizelge 5.55 : y doğrultusunda 2. mertebe etkilerinin hesap ve kontrolü

	Bina-I	Bina-II	Bina-III
Kat	Θ_i	Θ_i	Θ_i
8	0,00096	0,00018	0,00113
7	0,00137	0,00036	0,00158
6	0,00170	0,00027	0,00193
5	0,00189	0,00030	0,00213
4	0,00188	0,00049	0,00232
3	0,00205	0,00036	0,00231
2	0,00223	0,00058	0,00251
1	0,00193	0,00042	0,00222
Zemin	0,00184	0,00046	0,00188
Bodrum	0,00143	0,00025	0,00176



Şekil 5.30 : y doğrultusunda 2. mertebe kontrolü

Şekil 5.29 ve 5.30'dan da görüldüğü gibi farklı döşeme tipine sahip binalarımızın üçü de ikinci mertebe etkilerinin ortaya çıkması için gerekli oran olan $\theta_i = 0.12$ değerinin çok altında değerlere sahiptirler.

Herbiri farklı döşeme sistemine sahip üç binanın mimari özellikleri, kat yükseklikleri ve genişlikleri ile taşıyıcı elemanlarının bulundukları yerler aynıdır. Bu sebeple yapısal düzensizliklerin kontrolü yapılırken, binaların genel olarak değerlendirilmesi yapılmıştır.

A-1 Burulma düzensizliği kontrolü:

$$\eta_{bi} = (\Delta_i)_{\max} / (\Delta_i)_{\text{ort}} > 1,2 ; (\Delta_i)_{\text{ort}} = [(\Delta_i)_{\max} + (\Delta_i)_{\min}] / 2$$

Farklı döşeme sistemlerine sahip yapılarda, her kat için x ve y doğrultularında kontrol yapılmış olup, maksimum görelî kat ötelemesi değeri ile aynı katta ortalama görelî kat ötelemesinin farkının en fazla olduğu durumlar sırasıyla üç bina için verilmiştir.

Kirişli döşemeye sahip Bina-I'de $(\Delta_i)_{\max} = 2,0$ mm, $(\Delta_i)_{\text{ort}} = 1,9$ mm olarak tespit edilmiştir. Bu değerlerle yapılan A-1 Burulma Düzensizliği kontrolü sonucunda burulma düzensizliği katsayısı $\eta_{bi} = 2,0 / 1,9 = 1.05$ olarak hesaplanmış ve 1,2 değerinden küçük olduğu gözlemlenmiştir.

Dişli döşemeye sahip Bina-II'de $(\Delta_i)_{\max} = 2,7$ mm $(\Delta_i)_{\text{ort}} = 2,5$ mm olarak tespit edilmiştir. Bu değerlerle yapılan A-1 Burulma Düzensizliği kontrolü sonucunda burulma düzensizliği katsayısı $\eta_{bi} = 2,7 / 2,5 = 1.08$ olarak hesaplanmış ve 1,2 değerinden küçük olduğu gözlemlenmiştir.

Kirişsiz döşemeye sahip Bina-III'te $(\Delta_i)_{\max} = 2,6$ mm $(\Delta_i)_{\text{ort}} = 2,4$ mm olarak tespit edilmiştir. Bu değerlerle yapılan A-1 Burulma Düzensizliği kontrolü sonucunda burulma düzensizliği katsayısı $\eta_{bi} = 1,9 / 1,8 = 1.08$ olarak hesaplanmış ve 1,2 değerinden küçük olduğu gözlemlenmiştir.

Üç yapıda da her kat için x ve y doğrultularında, maksimum görelî kat ötelemesi değeri ile aynı kattaki ortalama görelî kat ötelemesinin farkının en fazla olduğu durumlarda yapılan kontroller sonucunda, A-1 türü burulma düzensizliği olmadığı sonucuna varılmıştır.

A-2 Döşeme süreksizlikleri kontrolü:

Yapıda boşluk alanları çekirdekte bulunan perdelerin iç kısımlarına denk gelen kısımlarda bulunmaktadır. Buradaki boşluk alanlarının toplamı 110 m² olup, yapının kat brüt alanı 936 m²'dir. Boşluk alanlarının kat brüt alanına oranı 0.12'dir. Bununla birlikte, yapıda yerel döşeme boşlukları ve düzlem içi rijitlik ve dayanımında azalmalar olmadığından yapıda A2 türü düzensizlik bulunmamaktadır.

A-3 Planda çıkıntılar bulunması kontrolü:

Yapıda çıkıntı olmadığından A3 tipi düzensizlik bulunmamaktadır.

B-1 Komşu katlar arası dayanım düzensizliği kontrolü:

$$\eta_{ci} = (\sum A_e)_i / (\sum A_e)_{i+1} < 0,80$$

$$\sum A_e = \sum A_w + \sum A_g + 0,15 \sum A_k$$

Yapının tüm katlarındaki perdelerin kesitleri aynıdır. Sadece kolonların boyutlarında değişim olmaktadır. 3 bina için hesaplanan η_{ci} değeri 0,90 değerinin altına inmemiştir.

Yapılarda B1 düzensizliği bulunmamaktadır.

B-2 Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü:

Farklı döşeme sistemlerine sahip yapıda, her kat için x ve y doğrultularında kontrol yapılmış olup, ortalama görelî kat ötelemesinin bir üst veya bir alt kattaki ortalama görelî kat ötelemesine oranının en fazla 2.0 değerini aldığı belirlenmiştir. Bunun sonucunda yapıda B2 türü düzensizlik olmadığı sonucuna varılmıştır.

B-3 Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği kontrolü:

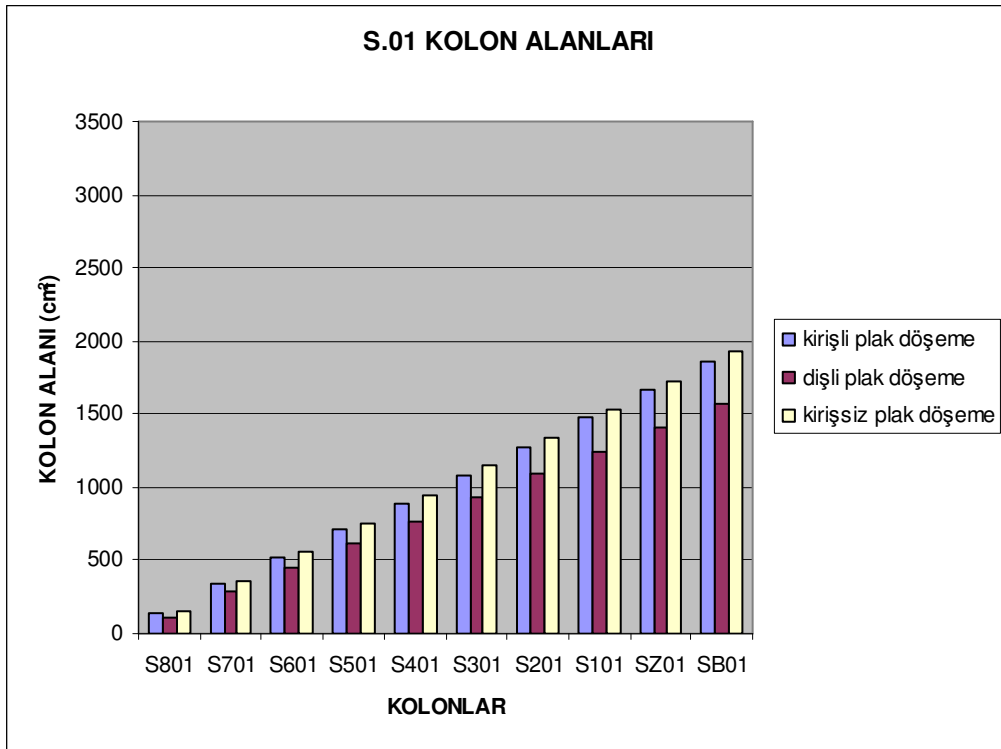
Yapıda tüm perde ve kolonlar hiçbir katta kesintiye uğramadan temelden en üst kata kadar devam etmektedir. Sonuç olarak da yapıda B3 türü düzensizlik bulunmamaktadır.

Ayrıca söz konusu binalarda, düşey taşıyıcı eleman boyutlarının döşeme türüne göre göstermiş olduğu değişiklikler çizelge ve grafikler halinde verilmiştir. Kıyaslamalar her kolon için binanın tüm katlarında yapılmıştır.

Çizelge 5.56'da farklı döşeme sistemlerine sahip üç yapıda, planda 1-A aksında bulunan S.01 kolonunun katlara göre gerekli minimum kolon alanı değerleri verilmiş ve Şekil 5.31'de aynı değerlerin değişimleri grafik halinde gösterilmiştir.

Çizelge 5.56 : S01 kolonuna ait gerekli kolon alanlarının katlara göre değişimi

	Bina-I (cm²)	Bina-II (cm²)	Bina-III (cm²)
S801	134	111	144
S701	338	292	361
S601	520	451	556
S501	708	610	752
S401	895	770	947
S301	1083	929	1142
S201	1277	1088	1338
S101	1471	1247	1533
SZ01	1665	1407	1728
SB01	1859	1566	1924



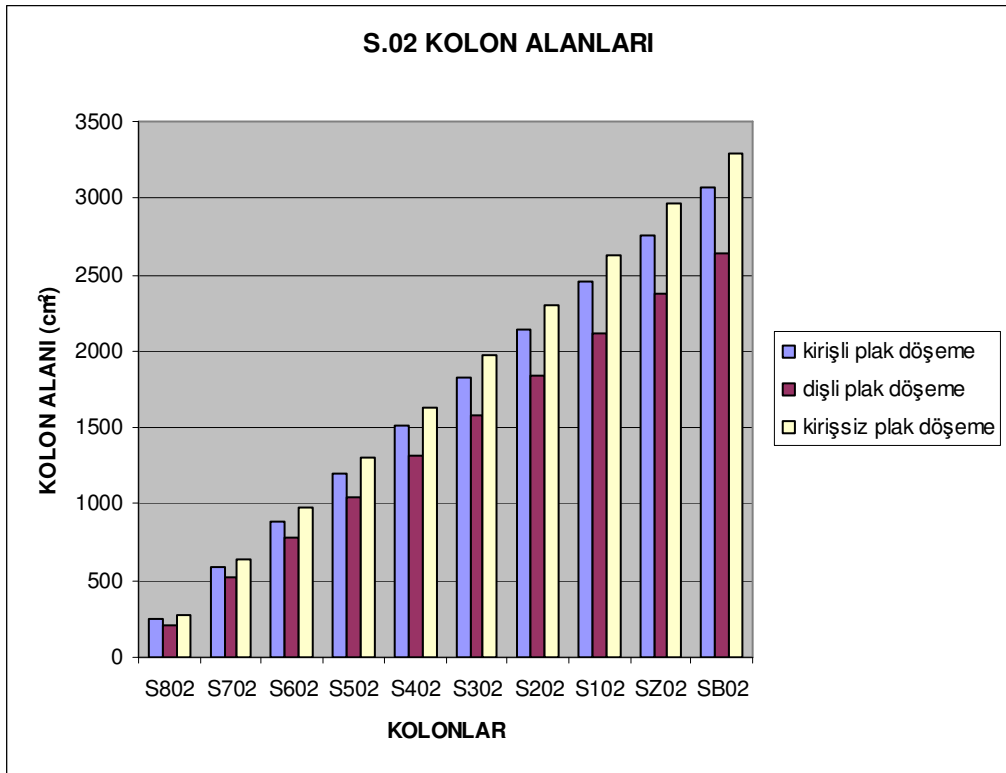
Şekil 5.31 : S.01 kolonuna ait minimum kolon alanlarının katlara göre dağılımı

Bina-I yerine Bina-II kullanıldığında, gerekli minimum kolon alanları % 15-17 oranında azalmış, Bina-III kullanıldığında ise % 3-7 oranında artmıştır. Aynı şekilde Bina-II yerine Bina-III kullanıldığında, gerekli minimum kolon alanları % 24-29 oranında artmıştır.

Çizelge 5.57’de farklı döşeme sistemlerine sahip üç yapıda, planda 2-A aksında bulunan S.02 kolonunun katlara göre gerekli minimum kolon alanı değerleri verilmiş ve Şekil 5.32’de aynı değerlerin değişimleri grafik halinde gösterilmiştir.

Çizelge 5.57 : S02 kolonuna ait gerekli kolon alanlarının katlara göre değişimi

	Bina-I (cm²)	Bina-II (cm²)	Bina-III (cm²)
S802	246	210	271
S702	589	518	644
S602	890	784	975
S502	1202	1049	1306
S402	1514	1314	1637
S302	1826	1579	1968
S202	2137	1845	2298
S102	2449	2110	2629
SZ02	2761	2375	2960
SB02	3073	2640	3291



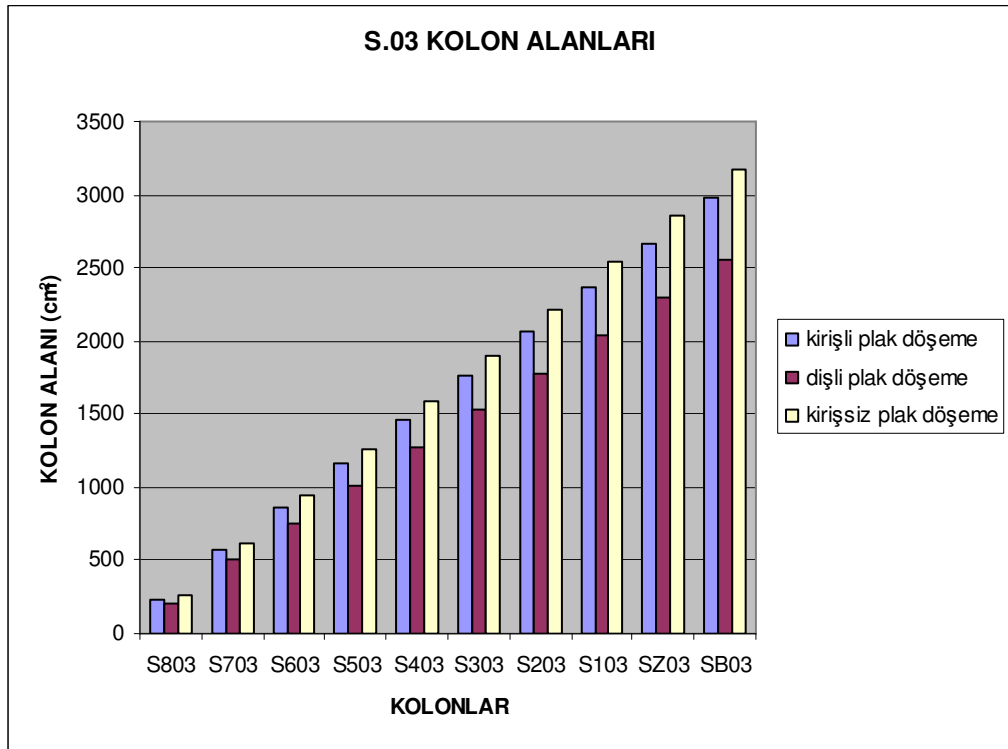
Şekil 5.32 : S.02 kolonuna ait minimum kolon alanlarının katlara göre dağılımı

Bina-I yerine Bina-II kullanıldığında, gerekli minimum kolon alanları % 12-14 oranında azalmış, Bina-III kullanıldığında ise % 8-10 oranında artmıştır. Aynı şekilde Bina-II yerine Bina-III kullanıldığında, gerekli minimum kolon alanları % 25-28 oranında artmıştır.

Çizelge 5.58’de farklı döşeme sistemlerine sahip üç yapıda, planda 3-A aksında bulunan S.03 kolonunun katlara göre gerekli minimum kolon alanı değerleri verilmiş ve Şekil 5.33’te aynı değerlerin değişimleri grafik halinde gösterilmiştir.

Çizelge 5.58 : S03 kolonuna ait gerekli kolon alanlarının katlara göre değişimi

	Bina-I (cm²)	Bina-II (cm²)	Bina-III (cm²)
S803	236	202	260
S703	568	500	621
S603	859	756	940
S503	1161	1012	1260
S403	1463	1269	1579
S303	1765	1525	1899
S203	2067	1782	2218
S103	2369	2038	2538
SZ03	2672	2294	2857
SB03	2974	2551	3177



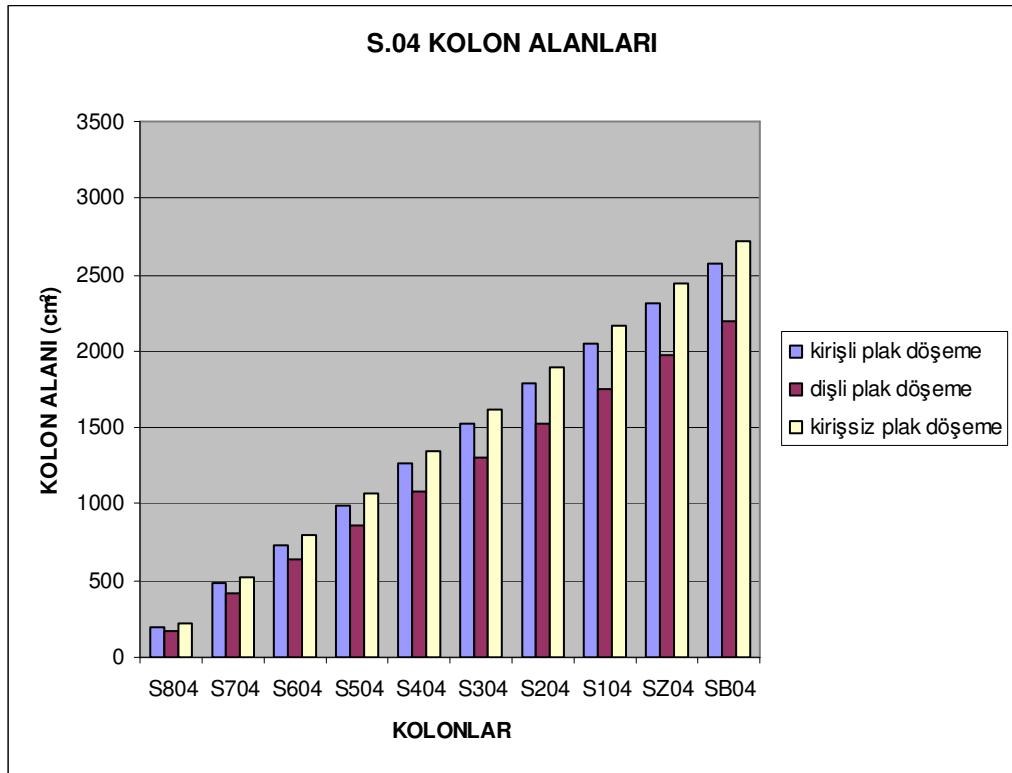
Şekil 5.33 : S.03 kolonuna ait minimum kolon alanlarının katlara göre dağılımı

Bina-I yerine Bina-II kullanıldığında, gerekli minimum kolon alanları % 12-14 oranında azalmış, Bina-III kullanıldığında ise % 6-10 oranında artmıştır. Aynı şekilde Bina-II yerine Bina-III kullanıldığında, gerekli minimum kolon alanları % 25-28 oranında artmıştır.

Çizelge 5.59’da farklı döşeme sistemlerine sahip üç yapıda, planda 4-A aksında bulunan S.04 kolonunun katlara göre gerekli minimum kolon alanı değerleri verilmiş ve Şekil 5.34’te aynı değerlerin değişimleri grafik halinde gösterilmiştir.

Çizelge 5.59 : S04 kolonuna ait gerekli kolon alanlarının katlara göre değişimi

	Bina-I (cm²)	Bina-II (cm²)	Bina-III (cm²)
S804	199	169	218
S704	484	424	526
S604	736	645	801
S504	999	866	1075
S404	1261	1087	1349
S304	1524	1308	1624
S204	1787	1529	1898
S104	2050	1750	2172
SZ04	2312	1972	2447
SB04	2575	2193	2721



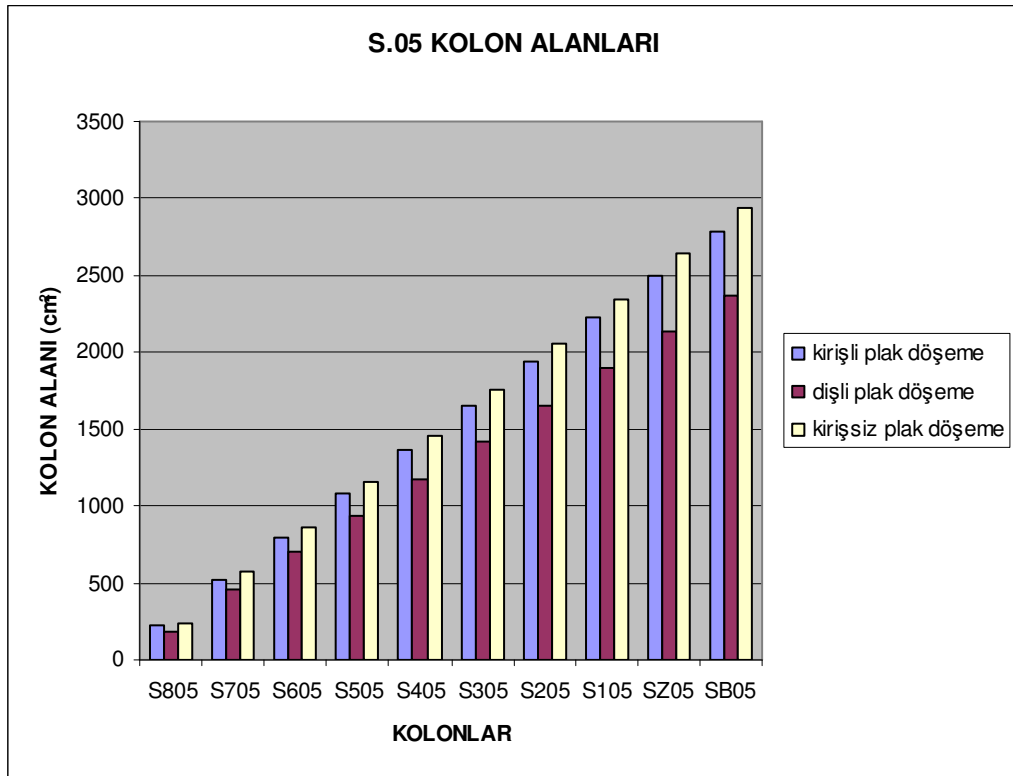
Şekil 5.34 : S.04 kolonuna ait minimum kolon alanlarının katlara göre dağılımı

Bina-I yerine Bina-II kullanıldığında gerekli minimum kolon alanları % 12-15 oranında azalmış, Bina-III kullanıldığında ise % 5-10 oranında artmıştır. Aynı şekilde Bina-II yerine Bina-III kullanıldığında, gerekli minimum kolon alanları % 25-28 oranında artmıştır.

Çizelge 5.60'da farklı döşeme sistemlerine sahip üç yapıda, planda 1-B aksında bulunan S.05 kolonunun katlara göre gerekli minimum kolon alanı değerleri verilmiş ve Şekil 5.35'te aynı değerlerin değişimleri grafik halinde gösterilmiştir.

Çizelge 5.60 : S05 kolonuna ait gerekli kolon alanlarının katlara göre değişimi

	Bina-I (cm²)	Bina-II (cm²)	Bina-III (cm²)
S805	215	182	234
S705	525	458	568
S605	798	697	864
S505	1082	936	1160
S405	1366	1176	1457
S305	1650	1415	1753
S205	1934	1654	2050
S105	2218	1893	2346
SZ05	2503	2133	2642
SB05	2787	2372	2939



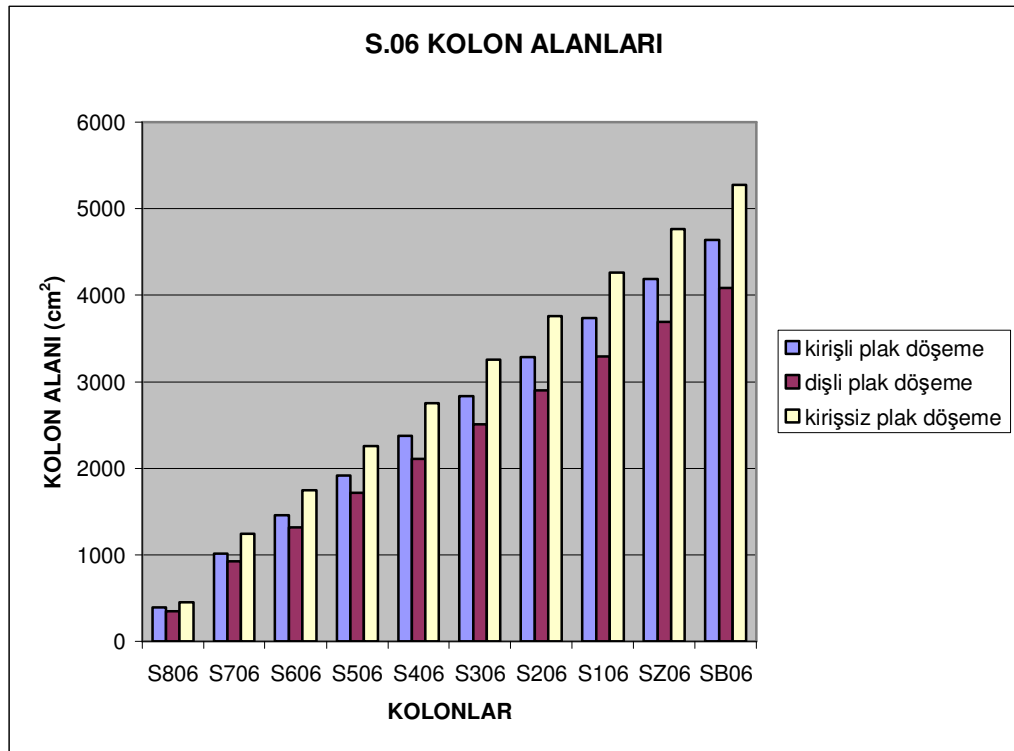
Şekil 5.35 : S.05 kolonuna ait minimum kolon alanlarının katlara göre dağılımı

Bina-I yerine Bina-II kullanıldığında, gerekli minimum kolon alanları % 13-15 oranında azalmış, Bina-III kullanıldığında ise % 5-9 oranında artmıştır. Aynı şekilde Bina-II yerine Bina-III kullanıldığında, gerekli minimum kolon alanları % 25-28 oranında artmıştır.

Çizelge 5.61’de farklı döşeme sistemlerine sahip üç yapıda, planda 2-B aksında bulunan S.06 kolonunun katlara göre gerekli minimum kolon alanı değerleri verilmiş ve Şekil 5.36’da aynı değerlerin değişimleri grafik halinde gösterilmiştir.

Çizelge 5.61 : S06 kolonuna ait gerekli kolon alanlarının katlara göre değişimi

	Bina-I (cm²)	Bina-II (cm²)	Bina-III (cm²)
S806	397	353	451
S706	1011	924	1246
S606	1456	1319	1749
S506	1915	1714	2252
S406	2374	2109	2755
S306	2833	2504	3258
S206	3284	2899	3761
S106	3735	3295	4264
SZ06	4186	3690	4767
SB06	4637	4085	5271



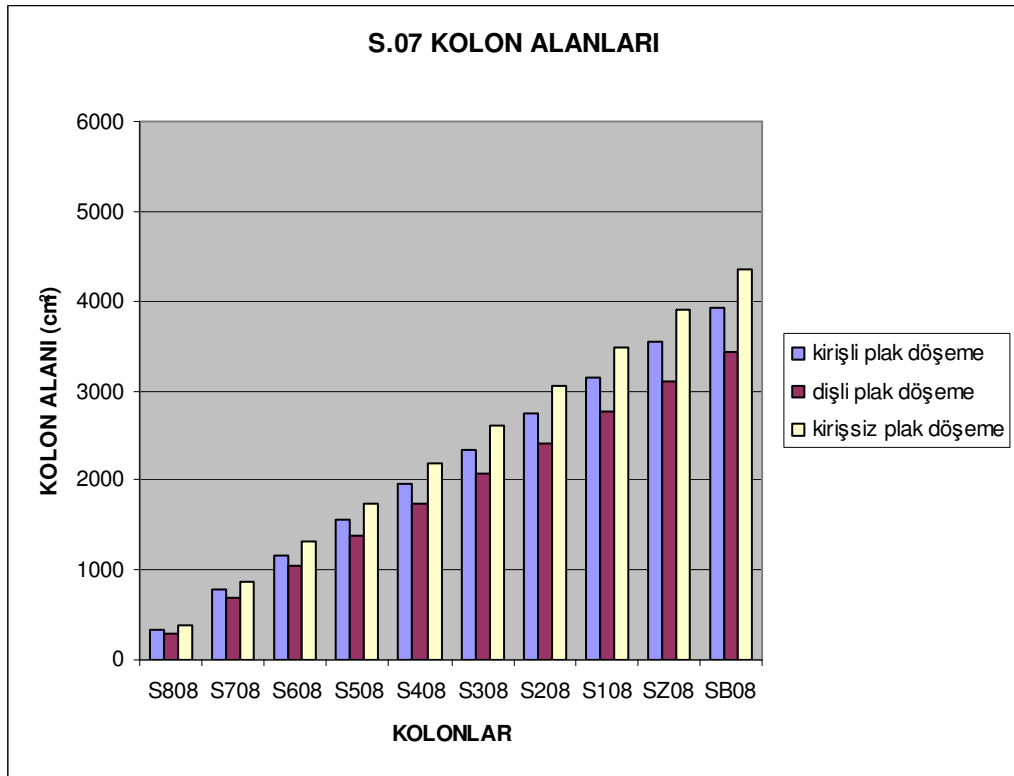
Şekil 5.36 : S.06 kolonuna ait minimum kolon alanlarının katlara göre dağılımı

Bina-I yerine Bina-II kullanıldığında, gerekli minimum kolon alanları % 8-12 oranında azalmış, Bina-III kullanıldığında ise % 14-23 oranında artmıştır. Aynı şekilde Bina-II yerine Bina-III kullanıldığında, gerekli minimum kolon alanları % 28-34 oranında artmıştır.

Çizelge 5.62’de farklı döşeme sistemlerine sahip üç yapıda, planda 1-C aksında bulunan S.07 kolonunun katlara göre gerekli minimum kolon alanı değerleri verilmiş ve Şekil 5.37’de aynı değerlerin değişimleri grafik halinde gösterilmiştir.

Çizelge 5.62 : S07 kolonuna ait gerekli kolon alanlarının katlara göre değişimi

	Bina-I (cm²)	Bina-II (cm²)	Bina-III (cm²)
S807	188	154	198
S707	455	391	485
S607	692	599	741
S507	933	806	997
S407	1175	1013	1253
S307	1417	1220	1509
S207	1665	1428	1765
S107	1913	1635	2021
SZ07	2161	1842	2277
SB07	2409	2050	2533



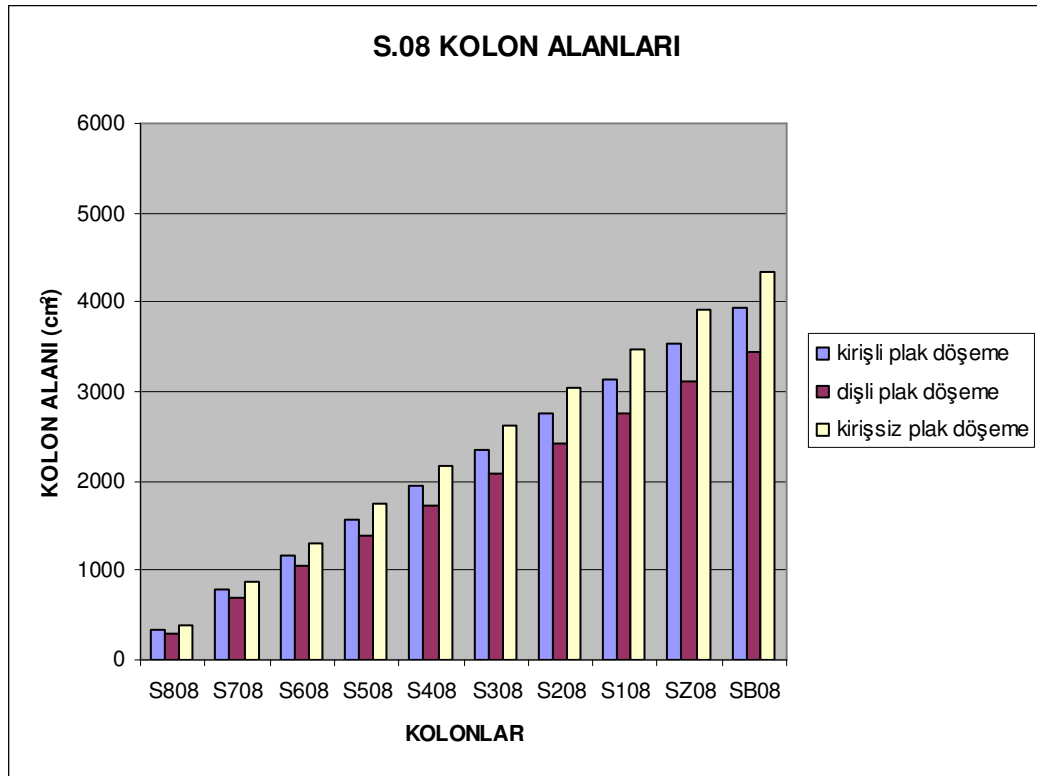
Şekil 5.37 : S.07 kolonuna ait minimum kolon alanlarının katlara göre dağılımı

Bina-I yerine Bina-II kullanıldığında, gerekli minimum kolon alanları % 14-18 oranında azalmış, Bina-III kullanıldığında ise % 5-7 oranında artmıştır. Aynı şekilde Bina-II yerine Bina-III kullanıldığında, gerekli minimum kolon alanları % 25-30 oranında artmıştır.

Çizelge 5.63’de farklı döşeme sistemlerine sahip üç yapıda, planda 2-C aksında bulunan S.08 kolonunun katlara göre gerekli minimum kolon alanı değerleri verilmiş ve Şekil 5.38’de aynı değerlerin değişimleri grafik halinde gösterilmiştir.

Çizelge 5.63 : S08 kolonuna ait gerekli kolon alanlarının katlara göre değişimi

	Bina-I (cm²)	Bina-II (cm²)	Bina-III (cm²)
S808	336	296	379
S708	782	700	874
S608	1166	1043	1308
S508	1561	1386	1742
S408	1956	1729	2177
S308	2352	2073	2611
S208	2747	2416	3045
S108	3143	2759	3479
SZ08	3538	3102	3913
SB08	3933	3445	4347

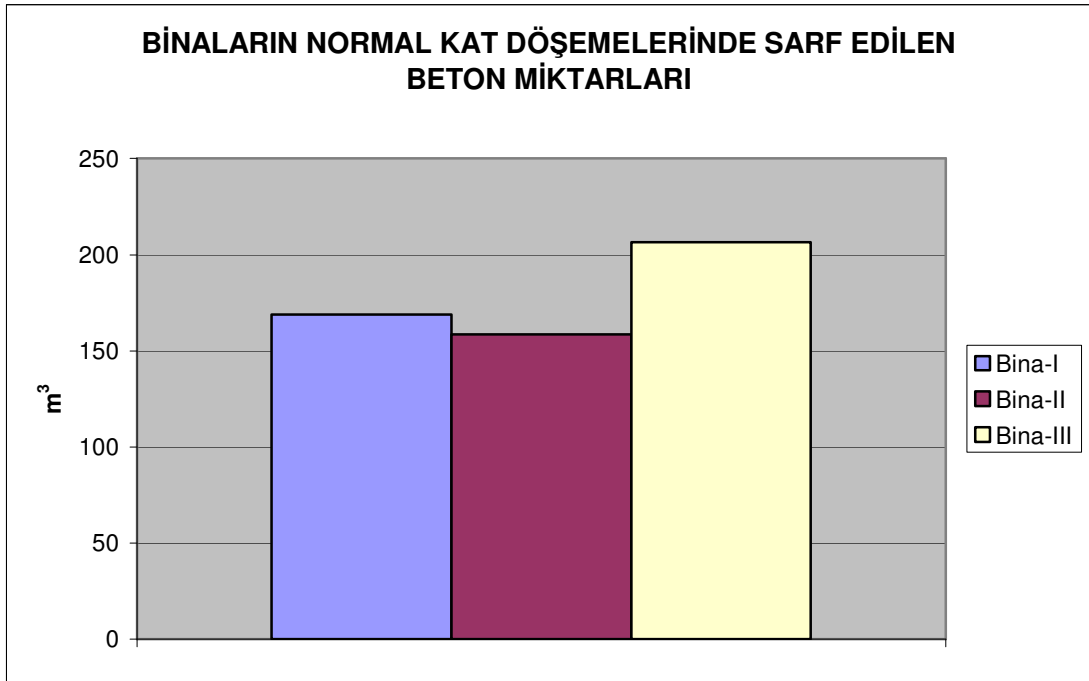


Şekil 5.38 : S.08 kolonuna ait minimum kolon alanlarının katlara göre dağılımı

Bina-I yerine Bina-II kullanıldığında, gerekli minimum kolon alanları % 11-12 oranında azalmış, Bina-III kullanıldığında ise % 10-11 oranında artmıştır. Aynı şekilde Bina-II yerine Bina-III kullanıldığında, gerekli minimum kolon alanları % 25-28 oranında artmıştır.

Söz konusu binalarda gerekli minimum kolon alanlarının birbiriyle olan oranları bize şu sonucu vermiştir:

Kirişli plak döşeme yerine dişli döşeme tercih edildiğinde gerekli kolon alanları yaklaşık olarak %15 azalmaktadır. Aynı şekilde kirişli plak döşeme yerine kirişsiz döşeme tercih edildiğinde ise gerekli kolon alanları yaklaşık olarak %8 artmaktadır. Ayrıca dişli plak döşeme yerine kirişsiz döşeme tercih edildiğinde gerekli kolon alanları yaklaşık olarak %25 artmaktadır. Böyle bir sonucun ortaya çıkmasının nedeni bina ağırlıklarının her bina için farklı olmasıyla açıklanabilir. Hatta daha spesifik bir düşünceyle, söz konusu farklı döşeme türüne sahip yapılarda belirlenen döşeme ağırlıkları ile bina kolon alanları arasında doğrusal bir ilişki bulunduğu söylenebilir. Şekil 5.39’da normal kat döşemelerinde sarf edilen beton miktarlarının karşılaştırılması verilmiştir.

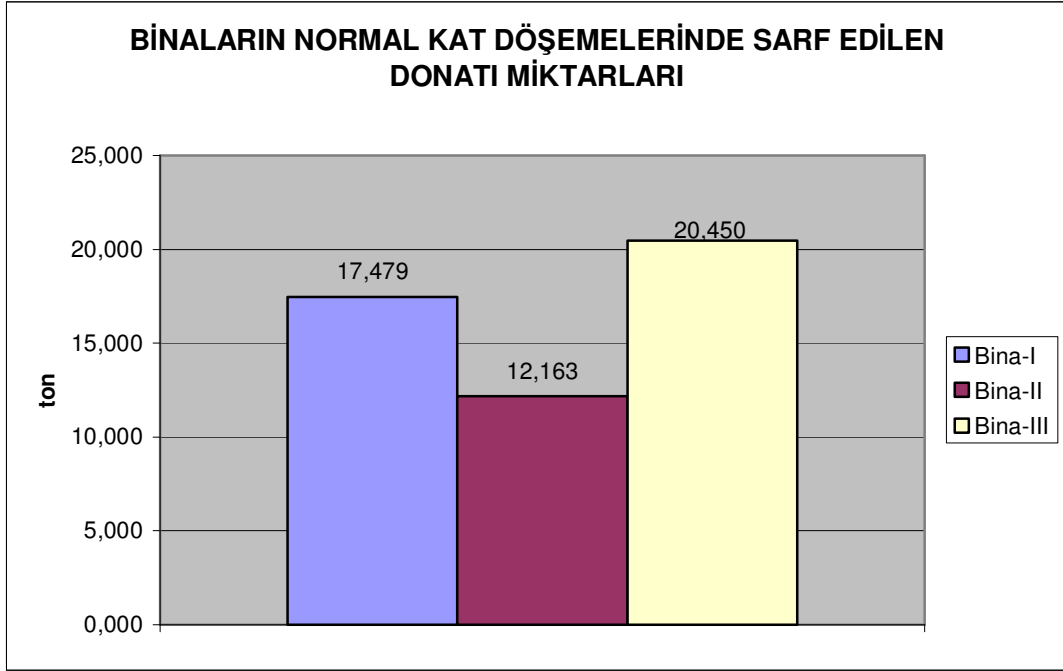


Şekil 5.39 : Binaların normal kat döşemesine ait beton metrajı karşılaştırılması

Şekil 5.39’da açık olarak görüldüğü gibi döşemeler için en fazla beton tüketimi kirişsiz döşeme sistemine sahip Bina-III’de olmuştur. Burada bina türleri arasındaki beton sarfiyatını şu şekilde özetleyebiliriz:

Bina-I yerine Bina-II kullanıldığında, sarf edilen beton miktarı % 6 azalmış, Bina-I yerine Bina-III kullanıldığında ise % 22 artmıştır. Aynı şekilde Bina-II yerine Bina-III kullanıldığında sarf edilen beton miktarı % 30 oranında artmıştır.

Şekil 5.40’da normal kat döşemelerinde kullanılan donatı miktarlarının karşılaştırılması verilmiştir.



Şekil 5.40 : Binaların normal kat döşemesine ait donatı metrajı karşılaştırılması

Şekil 5.40’da açık olarak görüldüğü gibi döşemeler için en fazla donatı tüketimi kirişsiz döşeme sistemine sahip Bina-III’de olmuştur. Burada bina türleri arasındaki tüketilen donatı miktarlarını şu şekilde özetleyebiliriz:

Bina-I yerine Bina-II kullanıldığında, sarf edilen donatı miktarı % 30 azalmış, Bina-I yerine Bina-III kullanıldığında ise % 17 artmıştır. Aynı şekilde Bina-II yerine Bina-III kullanıldığında sarf edilen donatı miktarı % 68 oranında artmıştır.

6. SONUÇLAR

Bu çalışmada çok katlı binalarda farklı döşeme türlerinin taşıyıcı sisteme olan etkileri incelenmiştir. Kirişli plak döşeme, dişli döşeme ve kirişsiz döşeme sistemleri kullanılarak tasarlanan aynı mimariye sahip binaların ETABS programı yardımıyla analizleri yapılmış, elde edilen verilerin standart ve yönetmeliklere uygunluğu kontrol edilmiş ve birbirleriyle karşılaştırmaları yapılmıştır. Farklı döşeme sistemlerine sahip Bina-I, Bina-II ve Bina-III olarak adlandırılan yapılara ait yapılan analiz ve karşılaştırmalarla bazı sonuçlara varılmıştır. Bina toplam ağırlıklarının döşeme sistemine bağlı olarak değişmesi neticesinde deprem yüklerinin taşıyıcı sistemlerde oluşturduğu etkilerin de değişiklikler gösterdiği tespit edilmiştir.

Tasarlanan döşemenin özelliğine bağlı olarak hesap edilen döşeme yüklerinde farklılıklar gözönüne alınacaktır. Döşeme yükleri toplamı en büyük olan yapı, kirişsiz döşeme sistemi kullanılarak tasarlanan Bina-III'tür. En az yük değerine sahip olan yapı ise dişli plak döşeme sistemi kullanılarak tasarlanan Bina-II'dir. Bina toplam ağırlıkları da bu verilere paralellik göstermektedir.

ETABS bilgisayar programı ile yapılan modelleme sonucunda binalara ait periyot değerleri incelendiğinde, aynı deprem etkisine maruz bırakılan binalardan etkin modda en fazla periyot değeri Bina-III'de gözlemlenmiştir. Bunu sırasıyla Bina-II ve Bina-I'e ait periyot değerleri takip etmektedir. Yapı periyotlarının bu şekilde oluşmasının ana nedeni sistemlerin rijitlik durumlarıdır. Bina-II çerçeve kirişlerinin yüksekliği düşük ve sistem sık kirişlerden oluşmaktadır. Bina-III ise kirişsiz olarak tasarlanmıştır. Bu sebeple rijitliği en fazla olan yapı Bina-I olmuştur. Aynı şekilde yapıların x ve y doğrultularında yaptıkları yerdeğiştirmeler de bina rijitliklerine bağlı olarak değişmektedir. Burada yine en az yerdeğiştirmeyi Bina-I yapmıştır. Bunu sırasıyla Bina-III ve Bina-II takip etmektedir. Tasarım esnasında aynı mimari plana sahip yapılarda Bina-I yerine Bina-II kullanıldığında yapılan deplasmanlar x doğrultusunda %32, y doğrultusunda ise %38 artmış, Bina-I yerine Bina-III kullanıldığında ise yapılan deplasmanlar x doğrultusunda %24, y doğrultusunda da %13 artmıştır.

Söz konusu binalara x doğrultusunda etkiyen deprem yüklemesi neticesinde, katlara gelen kesme kuvvetleri incelendiğinde en büyük kesme kuvveti değerine Bina-I'in maruz kaldığı tespit edilmiştir. En az kesme kuvveti ise Bina-II'ye etkimıştır. Kesme kuvvetine etki eden en büyük etken bina ağırlıkları ve yapı periyotlarıdır. Bina-I yerine Bina-II tercih edildiğinde yapıya etkiyen kesme kuvveti %4 azalmaktadır. Bina-I yerine Bina-III seçilirse yapıya etkiyen kesme kuvveti değişmemektedir. Bunun nedeni Bina-III'e ait spektrum fonksiyonu değerinin 2,5'den küçük olmasıdır. Aynı şekilde Bina-II yerine Bina-III tercih edildiğinde de yapıya etkiyen kesme kuvveti %4 artmaktadır.

Söz konusu binalara y doğrultusunda etkiyen deprem yüklemesi neticesinde, katlara gelen kesme kuvvetleri incelendiğinde en büyük kesme kuvveti değerine Bina-III'ün maruz kaldığı tespit edilmiştir. En az kesme kuvveti ise Bina-II'ye etkimıştır. Burada yapılara ait spektrum fonksiyonu değerleri eşit olduğu için kesme kuvveti değerleri yapı ağırlıklarıyla paralellik göstermektedir. Bina-I yerine Bina-II tercih edildiğinde yapıya etkiyen kesme kuvveti %1 azalmaktadır. Bina-I yerine Bina-III seçilirse yapıya etkiyen kesme kuvveti %6 artmaktadır. Aynı şekilde Bina-II yerine Bina-III tercih edilirse yapıya etkiyen kesme kuvveti %7 artmaktadır.

Bina-I, Bina-II ve Bina-III'e ait kolonların kesit alanları incelendiğinde, gerekli minimum kolon boyutlarının en büyük değere ulaştığı yapı Bina-III olmuştur. Onu sırasıyla Bina-I ve Bina-II takip etmiştir. Kolon boyutlandırmasında en büyük etken yine bina ya da bir başka deyişle döşeme ağırlıkları olmuştur.

Söz konusu yapıların herhangi bir normal katında yapılan beton metrajı neticesinde ise döşeme için yapılan beton sarfiyatının en fazla olduğu yapı yine Bina-III olmuştur. En düşük miktarda beton kullanımı ise Bina-II döşemeleri için olmuştur. Bina-I yerine Bina-II kullanıldığında, sarf edilen beton miktarı % 6 azalmış, aynı şekilde Bina-I yerine Bina-III kullanıldığında % 22 artmıştır. Bina-II yerine Bina-III kullanıldığında ise sarf edilen beton miktarı % 30 oranında artmıştır.

Söz konusu üç yapıya ait herhangi bir normal katta yapılan donatı metrajı neticesinde döşeme ve kirişler için yapılan donatı sarfiyatının en fazla olduğu yapı yine Bina-III olmuştur. En düşük miktarda donatı kullanımı ise Bina-II normal katlarında olmuştur. Bina-I yerine Bina-II kullanıldığında, sarf edilen donatı miktarı % 30 azalmış, Bina-I yerine Bina-III kullanıldığında ise kullanılan donatı % 17 artmıştır.

Aynı şekilde Bina-II yerine Bina-III kullanıldığında sarf edilen donatı miktarı % 68 oranında artmıştır. Beton ve donatı metrajı neticesinde binaların maliyetleri hakkında da yorum yapabilmekteyiz. En yüksek maliyete sahip yapı Bina-III olurken, bunu sırasıyla Bina-I ve Bina-II takip etmektedir.

Bu çalışma bize gösterdi ki, deprem etkisi altındaki çok katlı binalarda yapının analiz sonuçlarını etkileyen iki önemli parametre vardır. Bunlardan birincisi bina toplam ağırlığı ikincisi ise bina rijitliğidir. Farklı döşeme türlerinin seçilmesi neticesinde bina ağırlığı ve rijitliğinde farklılıklar meydana gelmektedir. Dolayısıyla aynı mimariye sahip olsa bile, davranış açısından çok farklı yapılar oluşmaktadır. Yapı tasarımı yaparken bu iki parametrenin binaya getirdikleri olumlu ve olumsuz etkiler göz önünde bulundurulmalıdır. Bu sayede yapının davranışı da kontrol altına alınmış olacaktır. Ayrıca mühendislik için önemli bir parametre olan ekonomiklik de, tasarım sırasında göz önünde bulundurulmalıdır.

KAYNAKLAR

- [1] **Celep, Z. ve Kumbasar, N.**, 2005. Betonarme Yapılar, Beta Dağıtım, İstanbul.
- [2] **Ersoy, U., Özcebe, G.**, 2001. Betonarme, Evrim Yayınevi, İstanbul.
- [3] **Celep, Z. ve Kumbasar, N.**, 2004. Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, Beta Dağıtım, İstanbul
- [4] **Hasgür, Z., Gündüz, A. N.**, 1996. Betonarme Çok Katlı Yapılar, İstanbul.
- [5] **Celep, Z. ve Kumbasar, N.**, 2001. Yapı Dinamiği, Beta Dağıtım, İstanbul.
- [6] **Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik**, 2007. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara.
- [7] **TS-500**, 2000. Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- [8] **TS-498**, 1997. Yapı Elemanların Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara
- [9] **Güler, K., Altan, M. ve Gülsoy, İ.** Betonarme Tüp Sistem Yapılarda Çevre Kiriş Rijitliği Ve Beton Dayanımının Yapı Yatay Yük Davranışına Etkisi, *Beşinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı*, 26-30 Mayıs 2003, İstanbul
- [10] **Özgen, A.** 1989. Çok Katlı Yüksek Yapılarda Taşıyıcı Sistemler, Çerçeveler-Perdeler-Çekirdekler-Sistemler, MSU, Mimarlık Fakültesi, Yapı Bilgisi Anabilim Dalı (Yayınlanmamış Eser), İstanbul.

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Ahmet DEMİROK
Doğum Yeri ve Tarihi: ESKİŞEHİR 02.03.1984
Adres: Emniyetevleri mah. Serçe sk. No:3/14
Kağıthane/İSTANBUL
Lisans Üniversite: İstanbul Teknik Üniversitesi (2002-2006)