İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

33 KATLI BETONARME YÜKSEK BİR BİNANIN DEPREM DAVRANIŞINA FARKLI DÖŞEME SİSTEMLERİNİN ETKİSİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Deniz UZUN

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Deprem Mühendisliği Programı

HAZİRAN 2014

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

33 KATLI BETONARME YÜKSEK BİR BİNANIN DEPREM DAVRANIŞINA FARKLI DÖŞEME SİSTEMLERİNİN ETKİSİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Deniz UZUN
(501101250)

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Deprem Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Kadir GÜLER

HAZİRAN 2014

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 505101250 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Deniz UZUN**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı **"33 KATLI BETONARME YÜKSEK BİR BİNANIN DEPREM DAVRANIŞINA FARKLI DÖŞEME SİSTEMLERİNİN ETKİSİ"** başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı :	**Prof. Dr. Kadir GÜLER** İstanbul Teknik Üniversitesi	.....
Jüri Üyeleri :	**Prof. Dr. Mustafa ZORBOZAN** Yıldız Teknik Üniversitesi	.....
	Yrd. Doç. Dr. Burcu GÜNEŞ İstanbul Teknik Üniversitesi	.....

Teslim Tarihi : **05 Mayıs 2014**
Savunma Tarihi : **04 Haziran 2014**

Aileme,

ÖNSÖZ

İstanbul Teknik Üniversitesi Deprem Mühendisliği Programı kapsamında gerçekleştirilen bu yüksek lisans tez çalışmasında, 33 katlı betonarme yüksek bir yapının davranışına, farklı döşeme sistemlerinin etkisi etkisi incelenmiştir. Bu çalışmayı hazırladığım esnada bilgi birikimini, deneyimini ve hoşgörüsünü esirgemeyen değerli tez danışmanım sayın Prof. Dr. Kadir GÜLER'e teşekkürlerimi sunarım.

Tüm eğitim hayatım boyunca maddi ve manevi anlamda her zaman arkamda olan annem Nalan UZUN'a, tecrübeleri ile bana doğru ile yanlışı ayırt etmesini öğreten babam ve değerli meslektaşım Abdullah UZUN'a, kardeşim Ozan UZUN'a tüm kalbimle teşekkür ediyorum.

Ayrıca yoğun tez çalışma temposunda beni yalnız bırakmayıp her zaman destekleyen ve motive eden değerli arkadaşlarım Merve ÖZKARATAY ve Alper KANBUR'a çok teşekkür ederim.

Haziran 2014

Deniz UZUN
İnşaat Mühendisi

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ ..... **vii**
İÇİNDEKİLER ..... **ix**
KISALTMALAR ..... **xiii**
ÇİZELGE LİSTESİ ..... **xv**
ŞEKİL LİSTESİ ..... **xvii**
SEMBOL LİSTESİ ..... **xvii**
ÖZET ..... **xxi**
SUMMARY ..... **xxiii**
1. GİRİŞ **1**
1.1 Tezin Amacı ve Kapsamı 3
1.2 Literatür Araştırması 4
1.3 Çok Katlı Yapıların Tarihsel Gelişimi 5
1.3.1 Dünya'da tarihsel gelişim 5
1.3.2 Türkiye'de tarihsel gelişim 9
2. YÜKSEK YAPILARIN TAŞIYICI SİSTEM TASARIMI **13**
2.1 Yapıya Etkiyen Yükler 14
2.1.1 Düşey yüklerin taşınması 14
2.1.2 Yatay yüklerin taşınması 15
2.2 Taşıyıcı Sistem Çeşitleri 16
2.2.1 Çerçeve sistemler 16
2.2.2 Perde duvarlı sistemler 18
2.2.3 Çerçeve ve perde duvarlı sistemler 19
2.2.4 Çekirdek sistemler 20
2.2.5 Tübüler sistemler 22
2.2.5.1 Boş tüp sistemler 23
2.2.5.2 İç bağlantılı tüp sistemler 23
3. YÜKSEK BİNALARIN DÖŞEME SİSTEMLERİ **25**
3.1 Kirişli Plak Döşeme Sistemleri 26
3.1.1 Bir doğrultuda kirişli plak döşeme sistemleri 26
3.1.2 Çift yönlü çalışan kirişli plak döşeme sistemleri 27
3.2 Dişli Döşeme Sistemleri 28
3.2.1 Bir doğrultuda dişli döşeme sistemleri 28
3.2.2 İki doğrultuda dişli döşeme sistemleri 29
3.3 Kirişsiz Döşeme Sistemleri 30
4. DEPREM BÖLGELERİNDE YAPILACAK BİNALAR HAKKINDA YÖNETMELİK KOŞULLARI **33**
4.1 Düzensiz Binalar 33
4.1.1 Planda düzensiz binalar 33
4.1.2 Düşeyde düzensiz binalar 35
4.2 Deprem Yüklerinin Saptanması 36
4.3 Hesap Yöntemleri 39

4.3.1 Eşdeğer deprem yükü yöntemi 39
4.3.2 Mod birleştirme yöntemi 41
4.3.3 Zaman tanım alanında hesap yöntemi 42
4.4 Taşıyıcı Sistem Elemanlarının Tasarım Kriterleri 42
4.4.1 Süneklik düzeyi yüksek kolonlar 42
4.4.2 Süneklik düzeyi yüksek kirişler 44
4.4.3 Süneklik düzeyi yüksek perdeler 46
5. İSTANBUL YÜKSEK BİNALAR DEPREM YÖNETMELİĞİ KOŞULLARI 49
5.1 Deprem Etkisinin Tanımlanması 49
5.2 Deprem Tasarım Spektrumları 50
5.3 Zaman Tanım Alanında Deprem Etkisi 50
5.4 Performans Düzeyleri, Bölgeleri, Hedefleri 50
5.4.1 Performans düzeyleri 50
5.4.2 Performans bölgeleri 51
5.4.3 Performans hedefleri 51
5.5 Yüksek Binalar için Analiz Yöntemleri 52
5.6 Performansa Göre Tasarım Aşamaları 55
5.6.1 Tasarım aşaması I-A 55
5.6.2 Tasarım aşaması I-B 56
5.6.3 Tasarım aşaması II 56
5.6.4 Tasarım aşaması III 57
6. SAYISAL İNCELEMELER 59
6.1 Yapı Genel Özellikleri 59
6.2 Taşıyıcı Sistem Özellikleri 60
6.3 Yüklerin Tespiti 62
6.3.1 Duvar yükü 62
6.3.2 Kaplama yükü 63
6.3.3 Hareketli yük 63
6.3.4 Dizayn yük kombinasyonları 63
6.4 Kirişli Plak Döşeme Sistemi (Tip-I) 64
6.4.1 Döşeme kalınlığı hesabı 64
6.4.2 Modelleme aşaması 65
6.4.3 Tip-I bina analizi sonucu elde edilen veriler 72
6.5 Bir Doğrultuda Çalışan Dişli Döşeme Sistemi (Tip-II) 76
6.5.1 Döşeme özellikleri 76
6.5.2 Modelleme aşaması 77
6.5.3 Tip-II bina analizi sonucunda elde edilen veriler 82
6.6 Kirişsiz Plak Döşeme Sistemi (Tip-III) 86
6.6.1 Döşeme kalınlığı hesabı 86
6.6.2 Modelleme aşaması 87
6.6.3 Tip-III bina analizi sonucunda elde edilen veriler 92
6.7 Bina Çevresinde Kirişleri Bulunan Kirişsiz Plak Döşeme Sistemi (Tip-IV) 96
6.7.1 Döşeme kalınlığı hesabı 96
6.7.2 Modelleme aşaması 97
6.7.3 Tip-IV bina analizi sonucunda elde edilen veriler 102
6.8 Rijit Bodrum Katlı Kirişsiz Plak Döşeme Sistemi (Tip-V) 106
6.8.1 Modelleme aşaması 107
6.8.2 Tip-V bina analizi sonucunda elde edilen veriler 109

7. KARŞILAŞTIRMALAR, SONUÇLAR VE ÖNERİLER..... 113
7.1 Karşılaştırmalar 113
7.2 Sonuçlar ve Öneriler..... 122
KAYNAKLAR 125
ÖZGEÇMİŞ..... 127

KISALTMALAR

DBYBHY : Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
İYBDY : İstanbul Yüksek Binalar Deprem Yönetmeliği
TS 500 : Betonarme Yapıların Tasarım ve Hesap Kuraları
TS 498 : Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri
ETABS : Integrated Analysis, Design and Drafting of Building Systems

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 1.1 : Tarihteki ilk yüksek yapılar 7
Çizelge 1.2 : Dünya'nın en yüksek binaları 9
Çizelge 4.1 : Etkin yer ivmesi katsayısı (A_0) 37
Çizelge 4.2 : Bina önem katsayısı (I) 37
Çizelge 4.3 : Spektrum karakteristik periyotları (T_A, T_B) 38
Çizelge 4.4 : Yerinde döküm betonarme taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R) 39
Çizelge 4.5 : Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'nin uygulanabileceği binalar 39
Çizelge 4.6 : Hareketli yük katılım katsayısı (n) 40
Çizelge 5.1 : Yüksek binalar için hedeflenen minimum performans hedefleri 51
Çizelge 6.1 : Düşey ve yatay taşıyıcı sistem eleman boyutları 61
Çizelge 6.2 : Büyütme katsayıları (Tip-I) 71
Çizelge 6.3 : Modlara göre periyot ve kütle katılım oranları (Tip-I) 72
Çizelge 6.4 : X ve Y yönünde deprem etkisi altında oluşan kat kesme kuvvetleri (Tip-I) 73
Çizelge 6.5 : X ve Y yönünde deprem etkisi altında oluşan kat deplasmanları (Tip-I) 74
Çizelge 6.6 : X ve Y yönünde deprem etkisi altında oluşan göreli kat ötelemeleri (Tip-I) 75
Çizelge 6.7 : Büyütme katsayıları (Tip-II) 81
Çizelge 6.8 : Modlara göre periyot ve kütle katılım oranları (Tip-II) 82
Çizelge 6.9 : X ve Y yönünde deprem etkisi altında oluşan kat kesme kuvvetleri (Tip-II) 83
Çizelge 6.10 : X ve Y yönünde deprem etkisi altında oluşan kat deplasmanları (Tip-II) 84
Çizelge 6.11 : X ve Y yönünde deprem etkisi altında oluşan göreli kat ötelemeleri (Tip-II) 85
Çizelge 6.12 : Büyütme katsayıları (Tip-III) 91
Çizelge 6.13 : Modlara göre periyot ve kütle katılım oranları (Tip-III) 92
Çizelge 6.14 : X ve Y yönünde deprem etkisi altında oluşan kat kesme kuvvetleri (Tip-III) 93
Çizelge 6.15 : X ve Y yönünde deprem etkisi altında oluşan kat deplasmanları (Tip-III) 94
Çizelge 6.16 : X ve Y yönünde deprem etkisi altında oluşan göreli kat ötelemeleri (Tip-III) 95
Çizelge 6.17 : Büyütme katsayıları (Tip-IV) 101
Çizelge 6.18 : Modlara göre periyot ve kütle katılım oranları (Tip-IV) 102
Çizelge 6.19 : X ve Y yönünde deprem etkisi altında oluşan kat kesme kuvvetleri (Tip-IV) 103
Çizelge 6.20 : X ve Y yönünde deprem etkisi altında oluşan kat deplasmanları (Tip-IV) 104

Çizelge 6.21 : X ve Y yönünde deprem etkisi altında oluşan göreli kat ötelemeleri (Tip-IV) 105
Çizelge 6.22 : Modlara göre periyot ve kütle katılım oranları (Tip-V) 109
Çizelge 6.23 : X ve Y yönünde deprem etkisi altında oluşan kat kesme kuvvetleri (Tip-V) 110
Çizelge 6.24 : X ve Y yönünde deprem etkisi altında oluşan kat deplasmanları (Tip-V) 111
Çizelge 7.1 : Döşeme sistemi tanımlamaları 113
Çizelge 7.2 : Modellerin ilk 3 periyodlarının ve kütle katılım oranlarının karşılaştırılması 114
Çizelge 7.3 : SPECX ve SPECY yüklemeleri altında her model için katlarda oluşan kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması 117
Çizelge 7.4 : SPECX ve SPECY yüklemeleri altında her model için katların yaptığı deplasmanların karşılaştırılması 119

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : Malzeme bakımından kullanım oranları 2
Şekil 1.2 : Keops Piramidi. 6
Şekil 1.3 : Babil Kulesi 6
Şekil 1.4 : 2020 yılı için öngörülen en yüksek binalar 9
Şekil 1.5 : Sabancı Kuleleri 11
Şekil 1.6 : İş Bankası Kuleleri 11
Şekil 1.7 : İstanbul Sapphire 12
Şekil 2.1 : Yatay yüklerin binaya birbirinden bağımsız etkitilmesi varsayımı 15
Şekil 2.2 : Çekirdek taşıyıcı sistem çeşitleri 21
Şekil 2.3 : Tübüler sistemler 22
Şekil 2.4 : Sears Towers 24
Şekil 3.1 : Kirişli plak döşeme 26
Şekil 3.2 : Bir doğrultuda kirişli döşeme sistemi 27
Şekil 3.3 : Çift yönlü çalışan kirişli döşeme sistemi 27
Şekil 3.4 : Bir doğrultuda dişli döşeme sistemi 28
Şekil 3.5 : İki doğrultuda dişli döşeme sistemleri 29
Şekil 3.6 : Kirişsiz plak döşeme sistemleri 30
Şekil 3.7 : Başlıklı kirişsiz plak döşeme sistemi 31
Şekil 4.1 : Burulma düzensizliği (A1) 34
Şekil 4.2 : Döşeme süreksizliği (A2) 34
Şekil 4.3 : Planda çıkıntılar bulunması (A3) 35
Şekil 4.4 : Düşey eleman süreksizliği (B3) 36
Şekil 4.5 : Tasarım ivme spektrumu 38
Şekil 4.6 : Güçlü kolon - zayıf kiriş kuralı 43
Şekil 4.7 : Süneklik düzeyi yüksek kirişlerin kesit ve donatı kuralları. 45
Şekil 4.8 : Süneklik düzeyi yüksek perdelerin kesit ve donatı kuralları 47
Şekil 5.1 : Performans bölgeleri ve hedefleri 51
Şekil 5.2 : Moment - eğrilik bağıntısı 54
Şekil 6.1 : Yapı taşıyıcı sistemi 60
Şekil 6.2 : Duvar yüksekliği tespiti (cm) 62
Şekil 6.3 : Tip-I zemin kat tavan kalıp planı 64
Şekil 6.4 : Tip-I zemin kat tavan kalıp planı (ETABS) 65
Şekil 6.5 : Tip-I üç boyutlu ETABS modeli 66
Şekil 6.6 : Analiz sonucunda ede edilen ağırlıklar (Tip-I) 67
Şekil 6.7 : Bina periyotları (Tip-I) 67
Şekil 6.8 : İvme tasarım spektrumu (Z2) 69
Şekil 6.9 : SPECX1 fonksiyonu tanımlaması 69
Şekil 6.10 : Kombinasyon tanımlaması 70
Şekil 6.11 : Kombinasyon isimleri 70
Şekil 6.12 : Tip-II zemin kat tavan kalıp planı 76
Şekil 6.13 : Dişli döşeme kesiti 76

Şekil 6.14 : Tip-II zemin kat tavan kalıp planı (ETABS) 77
Şekil 6.15 : Tip-II üç boyutlu ETABS modeli 78
Şekil 6.16 : Analiz sonucunda elde edilen ağırlıklar (Tip-II) 79
Şekil 6.17 : Bina periyotları (Tip-II) 79
Şekil 6.18 : Tip-III zemin kat tavan kalıp planı 86
Şekil 6.19 : Tip-III zemin kat tavan kalıp planı (ETABS) 87
Şekil 6.20 : Tip-III üç boyutlu ETABS modeli 88
Şekil 6.21 : Analiz sonucunda ede edilen ağırlıklar (Tip-III) 89
Şekil 6.22 : Bina periyotları (Tip-III) 89
Şekil 6.23 : Tip-IV zemin kat tavan kalıp planı 96
Şekil 6.24 : Tip-IV zemin kat tavan kalıp planı (ETABS) 97
Şekil 6.25 : Tip-IV üç boyutlu ETABS modeli 98
Şekil 6.26 : Analiz sonucunda ede edilen ağırlıklar (Tip-IV) 99
Şekil 6.27 : Bina periyotları (Tip-IV) 99
Şekil 6.28 : Tip-V 1. bodrum kat tavan kalıp planı 106
Şekil 6.29 : Tip-V 1. bodrum kat tavan kalıp planı (ETABS) 107
Şekil 6.30 : Tip-V üç boyutlu ETABS modeli 108
Şekil 7.1 : Her modele ait toplam bina ağırlıkları 113
Şekil 7.2 : Her modele ait ilk üç mod için periyot değerleri 114
Şekil 7.3 : SPECX yüklemesi altında katlarda oluşan kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması 115
Şekil 7.4 : SPECY yüklemesi altında katlarda oluşan kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması 116
Şekil 7.5 : SPECX yüklemesi altında katlarda oluşan deplasmanların karşılaştırılması 118
Şekil 7.6 : SPECX yüklemesi altında katlarda oluşan deplasmanların karşılaştırılması 118
Şekil 7.7 : X doğrultusunda göreli kat ötelemeleri kontrolü 121
Şekil 7.8 : Y doğrultusunda göreli kat ötelemeleri kontrolü 121

SEMBOL LİSTESİ

$A(T)$: Spektral ivme katsayısı
A_0 : Etkin yer ivmesi katsayısı
A_c : Kolon veya perdenin brüt kesit alanı
A_{ch} : Döşeme brüt enkesit alanı
A_{ck} : Sargı donatısının dışından dışına hesaplanan çekirdek beton alanı
ΣA_e : Herhangi bir katta, gözönüne alınan deprem doğrultusunda etkili kesme alanı
A_{s1} : Kolon-kiriş düğüm noktasının bir tarafında, kiriş negatif momentini karşılamak için üste konulan çekme donatısı alanı
A_{s2} : Kolon-kiriş düğüm noktasının bir tarafında, kiriş pozitif momentini karşılamak için alta konulan çekme donatısı alanı
A_w : Kolon enkesiti etkin gövde alanı
b_k : Kolon veya perde uç bölgesi çekirdeğinin enkesit boyu
b_w : Kirişin gövde genişliği, perdenin gövde kalınlığı
d : Kirişin faydalı yüksekliği
f_{cd} : Betonun tasarım basınç dayanımı
f_{ck} : Betonun karakteristik silindir basınç dayanımı
f_{ctd} : Betonun tasarım çekme dayanımı
f_{yk} : Boyuna donatının karakteristik akma dayanımı
f_{ywd} : Enine donatının tasarım akma dayanımı
f_{ywk} : Enine donatının karakteristik akma dayanımı
d_{fi} : Binanın i'inci katında F_{fi} fiktif yüklerine göre hesaplanan yerdeğiştirme
$(EI)_e$: Etkin eğilme rijitliği
$(EI)_0$: Çatlamamış kesite ait eğilme rijitliği
f_{ce} : Betonun ortalama dayanımı
f_{ye} : Çeliğin ortalama dayanımı
f_{ck} : Betonun karakteristik dayanımı
f_{yk} : Çeliğin karakteristik dayanımı
F_a : Kısa periyotlu spektral ivme için zemin etkisi katsayısı
F_{fi} : Birinci doğal titreşim periyodunun hesabında i'inci kata etkiyen fiktif yük
F_i : Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'nde i'inci kata etkiyen eşdeğer g deprem yükü
F_v : 1 saniye periyotlu spektral ivme için zemin etkisi katsayısı
g : Yerçekimi ivmesi (9.81 m/s^2)
g_i : Binanın i'inci katındaki toplam sabit yük
h : Kolonun gözönüne alınan deprem doğrultusundaki boyu
h_i : Binanın i'inci katının yüksekliği
H_{cr} : Kritik perde yüksekliği
H_i : Binanın i'inci katının temel üstünden itibaren ölçülen yüksekliği
H_N : Binanın temel üstünden itibaren ölçülen toplam yüksekliği
H_w : Toplam perde yüksekliği
I : Bina önem katsayısı
l_n : Kolonun kirişler arasında kalan serbest yüksekliği
l_w : Planda perde uzunluğu
m_i : Binanın i'inci katının kütlesi ($m_i = w_i / g$)

M_a : Kolonun serbest yüksekliğinin alt ucunda, kolon kesme kuvvetinin hesabında esas alınan moment

M_{pi} : Kirişin sol ucunda hesaplanan moment kapasitesi

M_{pj} : Kirişin sağ ucunda hesaplanan moment kapasitesi

M_{ra} : Kolonun/perdenin alt ucunda hesaplanan taşıma gücü momenti

M_{ri} : Kirişin sol ucundaki kolon/perde yüzünde hesaplanan taşıma gücü momenti

M_{rj} : Kirişin sağ ucundaki kolon/perde yüzünde hesaplanan taşıma gücü momenti

$M_{rü}$: Kolonun/perdenin alt ucunda hesaplanan taşıma gücü momenti

$M_ü$: Kolonun serbest yüksekliğinin üst ucunda, kolon kesme kuvvetinin hesabında esas alınan moment

M_{xin} : x doğrultusundaki depremde n'inci modda i'inci katta aynı doğrultuda meydana gelen kat kesme kuvvetine ilişkin etkin kütle

n : Hareketli yük katılım katsayısı

N : Binanın zemin üstündeki kat sayısı

N_d : Düşey yükler altında kolon veya perdede oluşan eksenel kuvvet

N_{dm} : Maksimum eksenel basınç kuvveti

q_i : Binanın i'inci katındaki toplam hareketli yük

R : Taşıyıcı sistem davranış katsayısı

$R_a(T)$: Deprem yükü azaltma katsayısı

s : Enine donatı aralığı

S(T) : Spektrum katsayısı

$S_{ae}(T)$: Elastik spektral ivme (m/s^2)

S_{aen} : n'inci moda karşı gelen elastik spektral ivme

S_S : Referans zemin sınıfı için kısa periyotlu spektral ivme

S_1 : Referans zemin sınıfı için 1 s periyotlu spektral ivme

S_{MS} : Gözönüne alınan zemin sınıfı için kısa periyotlu spektral ivme

S_{M1} : Gözönüne alınan zemin sınıfı için 1 s periyotlu spektral ivme

T : Bina doğal titreşim periyodu (s)

T_1 : Bina birinci doğal titreşim periyodu (s)

T_A, T_B : Spektrum karakteristik periyotlar (s)

T_m, T_n : Binanın m'inci ve n'inci doğal titreşim periyotları (s)

T_S : Spektrum köşe periyodu

V_{xin} : x doğrultusundaki depremde n'inci modda i'inci katta aynı doğrultuda meydana gelen kat kesme kuvveti

V_c : Betonun kesme dayanımına katkısı

V_e : Kolon, kiriş veya perdede enine donatı için alınan kesme kuvveti

V_t : Binaya etkiyen toplam deprem yükü / taban kesme kuvveti

V_{dy} : Düşey yüklerden meydana gelen basit kiriş kesme kuvveti

V_{kol} : Düğüm noktasının üstünde/altında hesaplanan min kesme kuvveti

V_r : Kolon, kiriş veya perde kesitinin kesme dayanımı

w_i : Binanın i'inci katının ağırlığı

W : Toplam bina ağırlığı

ρ_{sh} : Perdede yatay gövde donatılarının hacımsal oran

33 KATLI BETONARME YÜKSEK BİR BİNANIN DEPREM DAVRANIŞINA FARKI DÖŞEME SİSTEMLERİNİN ETKİSİ

ÖZET

Dünya nüfusunun hızla artması ile özellikle büyük şehirlerde gerek barınma ve gerekse ticari açıdan yüksek yapılara olan ihtiyaç her geçen gün artmaktadır. Alan kullanımında, düşeyde yükselmenin yatayda genişlemeye göre bir çok açıdan daha cazip olması tercihleri yüksek bina tasarımına yöneltmektedir. Son yıllarda dünyada ve ülkemizde meydana gelen depremlerin ardından oluşan can ve mal kayıpları, yüksek binaların doğru ve gerçeğe yönelik tasarımını son derece önemli kılmaktadır.

Günümüzde deprem ölçüm kayıt teknolojilerinin ve bilgisayar programlarının gelişmesi sayesinde, binalar gerçek deprem etkileri altında modellenip boyutlandırılabilmektedir. Kaydedilmiş deprem kayıtlarının etkileri altında gerçeğe olabildiğince yakın modellenebilen binalarda; deprem etkisi altında oluşacak gerçek davranışa yönelik tasarım yapılabilmektedir.

Bu tez çalışmasında; 33 katlı betonarme bir yüksek bina, 4 farklı döşeme sistemi ile modellenerek Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007 ve İstanbul Yüksek Binalar Deprem Yönetmeliği Taslağı 2008 kapsamında belirtilen lineer analiz yöntemleri kullanılarak analiz edilmiş, analizler sonucunda bu 4 farklı tipte döşemenin bina davranışına etkisi incelenmiştir.

Yedi bölümden oluşan tezin giriş bölümünde, çalışmanın amacı ve daha önceki yıllarda bu konu ile ilgili yapılan çalışmalar anlatılmış, Dünya'da ve Türkiye'de yüksek yapıların tarihsel gelişiminden ve günümüzde varlığını sürdüren başlıca yüksek binalardan bahsedilmiştir.

İkinci bölümde, yüksek binaların taşıyıcı sistem özelliklerine değinilmiştir. Tübüler sistemler, çekirdek sistemler, çerçeve sistemler ve perde duvarlı sistemler incelenerek; yüksek bir binada kullanılabilecek döşeme sistemleri açıklanmıştır.

Üçüncü bölüm bu tez çalışmasının ana konusu olan döşeme tiplerini kapsamaktadır. Yüksek binalarda sıkça kullanılan kirişli plak döşeme sistemleri, tek doğrultuda veya çift doğrultuda çalışan dişli döşeme sistemleri ve kirişsiz plak döşeme sistemlerinin başlıca özelliklerinden, olumlu ve olumsuz yönlerinden ayrıca boyutlandırılması ve donatılması prensiplerinden bahsedilmiştir.

Dördüncü ve beşinci bölümlerde, 2007 Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik ve İstanbul Yüksek Binalar Deprem Yönetmeliği Taslağı ayrıntılı olarak incelenmiş; iki yönetmelik kapsamında da belirtilen, depreme dayanıklı yapı tasarımı için kullanılacak hesap yöntemleri ve taşıyıcı sistem elemanlarının tasarım ilkeleri ile ilgili bilgiler verilmiştir.

Altıncı bölümde ise, 33 katlı betonarme yüksek bir binanın sayısal incelemesine yer verilmiştir. Söz konusu bina; kirişli plak döşeme, bir doğrultuda çalışan dişli döşeme, kirişsiz plak döşeme ve bina çevresinde kirişleri bulunan kirişsiz plak döşeme sistemleri olmak üzere dört tip döşeme sistemi tanımlanarak ETABS programı ile modellenmiş, her sistemin Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi ve Mod Birleştirme Yöntemi ile analizi yapılmıştır.

Yedinci bölümde, altıncı bölüm kapsamında yapılan analizler sonucunda taşıyıcı sistemde döşeme tipi farklılıklarının bina davranışına etkileri sayısal olarak incelenmiş ve sonuçlar tablo ve şekillerde karşılaştırmalı olarak verilerek davranışları tartışılmış, sonuçlar ayrıca topluca verilmiştir.

BEHAVIOUR CHANGE OF A HIGH-RISE REINFORCED CONCRETE BUILDIND ACCORDING TO DIFFERENT SLAB TYPES

SUMMARY

Since prehistoric times, mankind is interwoven with the construction of the structure; pyramids, monuments and religious buildings are one of the most important proof in this process extending to the past. Particularly starting from the 18^{th} and 19^{th} century; in parallel with progress in technology and industry, structure engineering has been significant steps.

With the rapid increase of the world population; especially in metropols, the need for high-rise buildings is increasing with each passing day because of the housing and commercial needs. Use of area, the vertical rising is more attractive in many respects than the horizontal expansion has lead to the design of high-rise buildings preferences. In recent years, the world and also our country have experienced many destructive earthquakes and losses of life and property after these earthquakes the true and correct design of tall buildings are extremely important.

Developments since the industrial revolution; especially in big cities the high level of urbanization, reduction of land that buildings to be constructed and with this increase, rising in land values, in parallel to rapid population growth the emergence of living and working space needs have made designing of high-rise buildings even more attractive. Especially in metropolitan areas, silhouettes of cities have started to change and regions where an extensively combination of high-rise buildings began to be formed. At the same time; countries, cities and even institutions, have perceived that high-rise structures as an indicator of their prestige and power and gave great importance to the symbolic construction of high-rise buildings.

In the early 20th century; in the construction of high-rise buildings generally masonry and steel materials had used and served only as a workspace; after the 1930s, concrete materials has been started to use commonly. After reinforced concrete have a voice in the design of high-rise building area, these buildings has been started to use as living space. After the 1960s, masonry structures gave place to buildings using lightweight concrete, reinforced concrete and steel structures.

The rapid development in the production of high-strength concrete, steel and glass technology, elevators and air-conditioning systems, fire safety systems, the fast increase of mechanical properties such as corrosion-resistant reinforcement materials and therewith extremely complex calculations including wind and earthquake loads can be easily solved by computer programs, have enabled to build high-rise buildings that more resistant to earthquakes and have more interesting architecture.

Although not a single definition in general consensus; as indicated inthe final draft of The İstanbul High-Rise Buildings Earthquake Code, from over the the ground with a height of 60 meters (approximately 20-storey) structures is classified as high-rise buildings. In İzmir City High-Rise Buildings Technique Recommends defined that buildings over the last floor attic slab level is more than 30.80 meters (nearly 13-

storey) may be involved the group of high-rise buildings. According to German standards, buildings that highest point is more than 22 meters defined as high-rise building; while American standards has agreed the limit is 12-storey.

Despite being under the influence of vertical loads continuously since the day built and throughout their lifetime, it is known that high-rise buildings are subjected to horizontal effects such as earthquake and wind loads. The horizontal loads effect structures from time to time and at short intervals, and they have the most important role in the design stage. As a result of advances in technology of earthquake records, design and understanding of behavior of high-rise structures under lateral loads are getting easier by using fast computers and special software.In this way, the designs can be more realistic and safe. Turkish Earthquake Code 2007 (TEC 2007) is inadequate about high-rise structure design, Istanbul High-Rise Buildings Earthquake Draft Regulation has been prepared based on performance-based design to be used in the province of Istanbul.

Especially in recent years; the behavior of high-rise buildings under seismic effects are one of the curiosities topics of research and thesis. Estimating and investigating of the behavior of all structural elements in a high-rise building under the effect of earthquake loads, plays a major role in the design of earthquake-resistant design of buildings.

In United States of America and also some other countries, many studies have been done on the subject that earthquake-resistant design of high-rise buildings; however Turkey doesn't have any general high-rise building code available country wide, and also the existing earthquake code doesn't have any information about that subject. Some cities like İstanbul, İzmir, Bursa etc.. were released valid documents within their borders. The most important and comprehensive one is "Istanbul High-Rise Buildings Earthquake Draft Regulation" published in May 2008. This draft examines all the criteria to be considered in high building design and provide guidance to designers.

There are lots of parameters to be considered in the design of a structural system on high-rise buildings; moreover, as the number of storey increases the system options can be designed decreases. The range of horizontal and vertical forces on the building and calculation of occurs in the each of structural elements play an important role in the choice of structural system. The most important parameter about designing of high-rise building structural system is the effect of horizontal loads and slab systems have a significant role while transferring these horizontal loads to the structural elements like earthquake and wind loads.

Slab systems are the horizontal structural elements that transfer the dead and live loads to the beams, columns and shear walls. Slab systems; carry vertical loads (perpendicular to its plane) and transfer inertia forces (lateral loads such as earthquake and wind) by, its in own plane it is important behave as a rigid diaphragm action under lateral loads and minimum thickness is also required for deflection limitation. Slab systems typically have a rectangular shape, however may vary depending on the geometry of the building and structure.

This thesis covers a parametric study; and the purpose is to analyze 33-storey reinforced concrete high-rise building, having frame and shear wall structural system and different slab systems. The design of structural system of the office building is carried out according TEC 2007 and TS500-2000 under vertical and lateral loads. The structural layout kept constant in each model; the type of slab systems has been

changed. 3D structural model is established by using ETABS. The slab systems are defined as shell elements with the aim of calculation of all the internal effects such as in plane forces and stresses and bending moments.

Types of slab systems used in this study are five types including two way slabs, ribbed slab system in one direction, flat plate system, flat slab system having sprandel (edge) beams. It is assumed that building has tree rigid basement floors. First of all, free vibration properties of the each building model are determined by using modal analysis.

This thesis consist of seven chapters; in the first chapter, the purpose of the study and the available studies in the literature are given, the historical development of high-rise buildings in the world and in Turkey are mentioned.

In the second chapter; he structural systems that are used in high-rise buildings are introduced as tubular systems, the core system, frame and shear wall systems and elevated floor systems. The third chapter, which is the main subject of this thesis covers the types of slab systems including two way slabs, ribbed slab system in one direction, flat plate system and the main characteristics, advantages and disadvantages, as well as sizing and be equipped principles are discussed.

The fourth and fifth chapter are about TEC 2007 and the Istanbul High-Rise Buildings Earthquake Code (Draft) and they are studied in point of views of earthquake resistant design, analysis methods, the design principles and the relevant information of structural elements.

In the sixth chapter, the design and analysis of 33-storey reinforced concrete high-rise building having same structural system different slab systems have been carried out under vertical and lateral load. The numerical results are given in detail in tables and graphs to show the behavior of four different types of slab systems by using Equivalent Seismic Load and Modal Analysis methods.

In the seventh chapter, general results are given and they are discussed in detail.

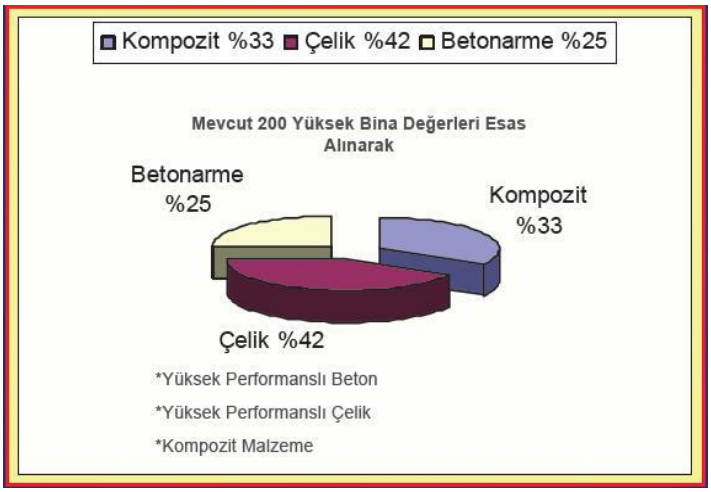
1. GİRİŞ

Tarih öncesi çağlardan beri, insanoğlunun yapı inşası ile iç içe olduğu bilinmektedir. Piramitler, anıtlar ve dini yapılar geçmişten günümüze kadar uzanan bu sürecin en önemli ispatlarındandır. Özellikle 18. ve 19. yüzyıllardan itibaren, teknoloji ve sanayi alanındaki ilerlemelere paralel olarak yapı mühendisliği dalında önemli aşamalar kaydedilmiştir.

Endüstri devriminden itibaren yaşanan gelişmeler, metropoller başta olmak üzere yüksek şehirleşme düzeyi, bina inşa edilecek arazilerin azalması ve bu artışla birlikte arazi değerlerinin yükselmesi, hızlı nüfus artışına paralel olarak yaşam ve çalışma alanı ihtiyacının doğması, yüksek katlı bina tasarımını daha cazip duruma getirmiştir. Özellikle metropollerde, şehirlerin silüetleri değişmeye ve yüksek yapıların yoğun olarak bir arada bulunduğu bölgeler oluşturulmaya başlanmıştır. Aynı zamanda ülkeler, şehirler ve hatta kurumlar; yüksek yapıları kendi prestijlerinin ve güçlerinin bir göstergesi olarakta algılamaya başlamış ve simgesel yüksek yapı inşasına oldukça önem vermişlerdir.

20. yüzyılın başlarında yüksek bina inşasında kagir ve çelik malzemeler kullanılarak, binalar yalnızca çalışma alanı olarak hizmet verirken; 1930'lu yılların ardından betonarme malzeme kullanıma alınmıştır. Betonarmenin yüksek yapı tasarımında söz sahibi olmasının ardından bu yapılar, yaşam alanı olarak da kullanılmaya başlanmıştır. 1960 yılının sonralarında ise kagir yapılar yerini, hafif beton kullanılarak inşa edilen betonarme ve çelik yapılara bırakmıştır.

Yüksek dayanımlı beton üretiminin, çelik profillerin ve cam teknolojilerinin, asansör ve iklimlendirme sistemlerinin, yangın güvenliği, korozyona dayanıklı donatı gibi malzeme mekanik özelliklerinin hızla gelişimi ve bununla beraber rüzgar ve deprem yüklerini de içine alan son derece karmaşık hesapların bilgisayar programları tarafından kolaylıkla çözümlenebilmesi, daha ilginç mimarilere sahip ve depreme daha dayanıklı yüksek yapı inşasının önünü açmıştır.



Şekil 1.1 : Malzeme bakımından kullanım oranları.

Genel olarak fikir birliğine varılmış tek bir tanım olmamasına rağmen, İstanbul Yüksek Binalar Deprem Yönetmeliği'nin son taslağında belirtildiği üzere; zemin üzerinden itibaren 60 metre yüksekliğe sahip (yaklaşık 20 kat) yapılar yüksek yapı sınıfına girmektedir. İzmir Yüksek Yapılar Teknik Önermeler'de son kat tavan döşeme kotu 30.80 metreyi (13 kat) aşan yapıların yüksek yapı sınıfına dahil edilebileceğini bildirirken; Alman standartları, en yüksek noktası 22 metreyi aşan yapıları yüksek yapı olarak tanımlamış, Amerikan standartları ise bu sınırı 12 kat olarak kabul etmiştir.

Yüksek yapılar inşa edildikleri günden itibaren kullanım ömürleri boyunca devamlı olarak düşey yüklerin etkisi altında olmalarına rağmen, deprem ve/veya rüzgar yükleri gibi yatay etkilerde daha fazla zorlandıkları bilinmektedir. Yatay yükler yapılara zaman zaman ve kısa aralıklarla etkimekle birlikte, yapının dizayn aşamasında en önemli rolü oynayan yüklemelerdir. Özellikle deprem kayıt teknolojisindeki gelişmeler sonucunda, yüksek yapıların yatay yükler altındaki gerçeğe en yakın davranış biçimi, kaydedilmiş depremler kullanılarak bilgisayar programları ile saptanabilmekte ve gerçeğe yatkın tasarım yapılmasına imkan vermektedir. Mevcut 2007 Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, yüksek yapı projelendirilmesi ile ilgili yetersiz kaldığından, İstanbul ili sınırlarında kullanılmak üzere performansa dayalı tasarımı esas alan İstanbul Yüksek Yapılar Deprem Yönetmeliği Taslağı hazırlanmıştır.

1.1 Tezin Amacı ve Kapsamı

Yüksek yapıların deprem etkisi altındaki davranışı özelikle son yıllarda araştırmaların ve tezlerin merak edilen konuları arasında yer almaktadır. Yüksek bir yapının tüm taşıyıcı sistem elemanlarının deprem kuvvetleri altında hem bireysel hem de birlikte davranışının incelenmesi ve tahmin edilmesi, depreme dayanıklı bina tasarımında büyük rol oynamaktadır.

Yatay taşıyıcı sistem elemanlarından olan döşemeler, kendi düzlemlerinde rijit diyafram varsayılır ve yatay deprem yüklerini yine kendi düzlemlerinde kiriş ve düşey taşıyıcı elemanlara iletirler. Bu tez çalışması parametrik bir çalışma olup; çalışmanın amacı, 33 katlı betonarme bir yüksek binanın, farklı döşeme sistemleri tanımlanarak doğrusal analizinin yapılması ve yatay deprem yüklerinin etkisi altında davranış değişiminin saptanması ve sonuçların karşılaştırılmasıdır.

Ofis amaçlı kullanılması planlanan yapının kalıp planı, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007'de belirtilen düzensizliklerin oluşmayacağı şekilde tasarlanmış ve bu sebeple düzensizlik kontrollerine bu tez kapsamında yer verilmemiştir. Yapının kalıp planı her modelde sabit tutularak; yalnızca, tüm kuvvetler ve momentlerin hesaplanması amacı ile kabuk (shell) eleman olarak tanımlanan döşeme tipleri değiştirilmiştir.

Çalışmada kullanılan döşeme sistemleri; kirişli plak döşeme, bir doğrultuda çalışan dişli döşeme sistemi, kirişsiz plak döşeme sistemi, bina çevresinde kirişleri bulunan kirişsiz plak döşeme sistemi ve rijit bodrum katlı kirişsiz plak döşeme sistemi olmak üzere beş tiptedir. Bu döşeme sistemlerinin etkisi atında, doğrusal analiz yöntemlerinden Mod Birleştirme Yöntemi uygulanarak her model için periyotlar, modların kütle katılım oranları, kat kesme kuvvetleri, kat deplasmanları ve göreli kat öteleme değerleri ayrıntılı şekilde bireysel ve karşılaştırmalı olarak incelenmiştir.

1.2 Literatür Araştırması

Yüksek yapıların depreme dayanıklı tasarımı ile ilgili yurtdışında özellikle Amerika Birleşik Devletleri'nde ayrıntılı çalışmalar yapılmaktadır. "Council on Tall Buildings and Urban Habitat" bu alanda devamlı ve yenilikleri kapsayan çalışmalar yayınlamaktadır. 1992 yılında yayınladıkları "Commitee 8A", 2001 yılında yayınlanan "World Congress 2001: Melbourne, Australia" kitabı ve 2005 yılında yayınlanan "Committee 9A/10" dökümanları; yangın güvenliği, yapısal güvenlik, tasarım alanındaki yenilikler bakımından detaylı açıklamalar içermektedir.

Pacific Earthquake Research Center tarafından yayınlanan "Tall Building Initiative", yüksek yapıların sismik performansı ve tasarımı üzerine önemli bilgiler içermektedir. Mayıs 2010'da çıkardıkları "Task 10 Final Report", yüksek yapıların performansa dayalı analizi hakkında bilgiler; Mayıs 2011'de yayınlanan "Task 12 Final Report" ise yüksek yapıların sismik performansları hakkında örnekler içermektedir.

Yüksek yapı tasarımı konusu, Türkiye genelinde kullanılan belirli bir standarta sahip olmamakla birlikte 2007 Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik'de bu konuda kriterler barındırmamaktadır. Bazı iller, kendi sınırları dahilinde geçerli olacak belgeler yayınlamışlardır. Bu belgelerin en önemlisi ve kapsamlısı, Mayıs 2008 tarihinde yayınlanan "İstanbul Yüksek Binalar Deprem Yönetmeliği Taslağı"dır. Bu taslak, yüksek yapı tasarımında baz alınacak tüm kriterleri ayrıntılı biçimde incelemekte ve tasarımcılara yol göstermektedir. İstanbul kadar kapsamlı olmasa da İzmir, Denizli, Bursa gibi şehirler de kendi taslaklarını yayınlamıştır.

İstanbul Teknik Üniversitesi'nde 1989 ve 1992 yıllarında gerçekleştirilen "Yüksek Binalar Ulusal Sempozyumu" sunumları, yine aynı yıllar içinde kitap halinde literatüre kazandırılmıştır. Bu kitaplar; sempozyumda sunum yapan akademisyenlerin çalışmalarını makaleler şeklinde içermekte olup, yüksek yapılar konusu ile ilgili birçok yeni ve farklı bilgi içermektedir. 1992 yılında Hasgür ve Gündüz; yüksek yapıların taşıyıcı sistemleri, boyutlandırma esasları ve hesaba yönelik yöntemleri içeren "Betonarme Yüksek Binalar" adlı kitabı yayınlanmıştır. Bir yıl sonra 1993 yılında Özden ve Kumbasar; yüksek binalara etkiyen yükler, iç kuvvetler ve yüksek yapıların dinamik hesabı hakkında ayrıntılı bilgiler verdikleri "Betonarme Yüksek Binalar" eserini literatüre kazandırmıştır.

Yüksek binaların yönetmeliklere göre tasarımı ve depreme dayanıklılığı ile ilgili birçok yüksek lisans ve doktora çalışması yapılmıştır. Karaçöp (2010), "Betonarme bir yüksek binanın İstanbul Yüksek Yapılar Deprem Yönetmeliği'ne göre incelenmesi" adlı yüksek lisans tezi bu çalışmaların en kapsamlılarındandır. Çalışmada, yüksek bir binanın doğrusal ve doğrusal olmayan analizleri yapılmış ve İstanbul Yüksek Binalar Deprem Yönetmeliği Taslağı'nda belirtilen kurallara göre taşıyıcı sistem elemanları boyutlandırılmış ve deprem etkisi altındaki yapı performansı incelenmiştir. "Perdeli Çerçeve Taşıyıcı Sisteme Sahip Bir Betonarme Yapıda Farklı Döşeme Türlerinin Davranışa Etkisi" adlı yüksek lisans tezi çalışması ile Demirok (2009), 8 katlı betonarme bir yapıya; kirişli plak döşeme sistemi, dişli döşeme sistemi ve kirişsiz plak döşeme sistemi modelleyerek yapının davranış değişimini incelemiştir.

2010 yılında Taranath tarafından literatüre kazandırılan "Reinforced Concrete Design of Tall Buildings" kitabı da, betonarme yapılarda yatay ve düşey yük etkilerini, rüzgar yüklerinin binaya etkime biçimlerini ve bu tip binaların sismik dizaynını ayrıntılı biçimde açıklayıp, tasarımcılara yol gösterici bir eser ortaya koymuştur.

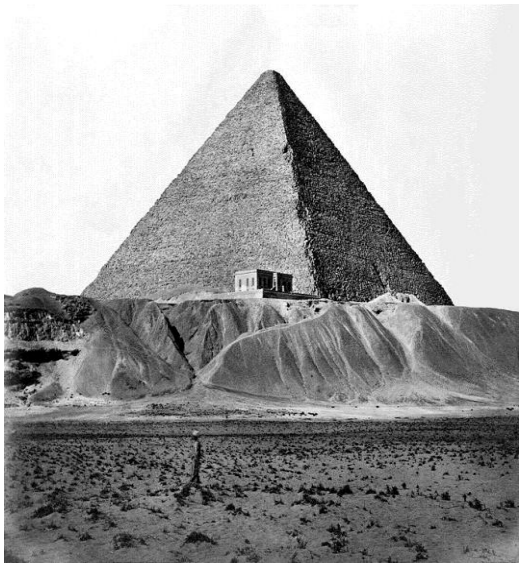
1.3 Çok Katlı Yapıların Tarihsel Gelişimi

1.3.1 Dünya'da tarihsel gelişim

Varoldukları andan beri uygarlıklar, yapılarını daha yüksek inşa etme eğiliminde olmuşlardır. Mısır piramitleri, çan kuleleri ve minareler genellikle dini ve anıtsal sebeplerle inşa edilmiş olsalar da, Cheops Piramidi gibi firavunun görkemini simgelemek amacı ile tasarlanan yapılara da sıkça rastlanmaktadır.

Genellikle tüm kaynaklarda bilinen en eski yüksek yapı M.Ö.2500 yılında inşa edilen ve 4500 yıl boyunca dünyanın en eski yüksek yapısı ünvanını koruyan 146,8 metre yüksekliğindeki Keops Piramidi'dir. Mısır halkının, kralları Keops'u gömmek için tasarladıkları piramidin taşıyıcı malzemesi doğal taş olup, çok iri taşların üst üste yığılması ile yapıldığından taşıyıcı sistemi yığma yapı olarak nitelendirilmektedir.

M.Ö.600 yılında inşa edilen fakat günümüze kadar varlığını sürdüremeyen Babil Kulesi'de en eski ikinci yüksek yapı olarak tanımlanır. 90 metre yüksekliğinde, pişmiş kerpiçten yapılan bir yığma yapıdır. Eski çağlardan 1900'lü yılların başlarına kadar inşa edilmiş yüksek yapılar Çizelge 1.1'de verilmiştir (Özgen ve Sev, 2000).



Şekil 1.2 : Keops Piramidi.



Şekil 1.3 : Babil Kulesi.

M.Ö.282 yılında yapılan İskenderiye Feneri 1200 yıl süresince en yüksek yapı olarak nitelendirilmiş ve sonrasında yüksek yapı inşasında duraklama görülmüştür. Bu duraklama dönemi, yoğun olarak kiliselerde etkisini göstermiş ve 1377-1890 yılları arasında hala dünyanın en yüksek katedrali ünvanını taşıyan Ulm Katedrali yapılmıştır. 1883 yılında inşa edilen Home Insurance Building, taşıyıcı sistemi çerçevelerden oluşan ilk bina olmuştur ve 'Council on Tall Buildings and Urban Habitat' bu yapının dünyanın ilk gökdeleni olduğunu açıklamıştır. 1900'lü yılların başlarında betonarme malzemenin taşıyıcı sistem iskeletinde kendisini göstermesinin ardından 1903 yılında inşa edilen Ingalls Building ilk çerçeveli yapı olup, 64 metre yüksekliğindedir ve dönemin yapılarının klasik bir örneğidir (Özgen ve Sev, 2000).

1913 yılında New York'ta inşa edilen 230 m yüksekliğindeki Woolworth Tower'da kullanılan çerçeve şeklinde bağlanmış çelik kolon ve kiriş sistemi; 1932 yılında 67.7 metrelik anteniyle beraber 381 metre yüksekliğindeki Empire State Binası'nda da uygulanmıştır. Bu iki yapının da taşıyıcı sistemlerinin çelik çerçevelerden oluşması, malzeme kayıplarına yol açmıştır. Söz konusu kayıplar, alt katlarda rüzgar yüklerinden doğan büyük kesme kuvvetlerine karşı koyan kolon ve kirişlerin, çelik elemanlar için verimsiz olan eğilmeye çalışmaları sebebiyle oluşmuştur (Özgen ve Sev, 2000).

Çizelge 1.1 : Tarihteki ilk yüksek yapılar.

Bina Adı	Yıl	Yükseklik	Malzeme	Taşıyıcı Sistem
Cheops Piramidi	M.Ö.2570	146,8 m.	Doğal Taş	Yığma
Babil Kulesi	M.Ö.600	90 m.	Pişmiş Kerpiç	Yığma
İskenderiye Feneri	M.Ö.282	140 m.	Doğal Taş	Yığma
Ayasofya Camii	537	55,6 m.	Doğal Taş,Tuğla	Yığma
Yakuşiji Pagodası	680	34 m.	Ahşap	Çerçeve
Ulm Katedrali	1377-1890	161,5 m.	Doğal Taş,Tuğla	Yığma
Monadnock Build.	1891	60 m.	Tuğla, Çelik	Yığma
Home Insurance Build.	1885	54.9 m.	Çelik	Çerçeve

1940'lı yıllarda yüksek yapı taşıyıcı sistemlerinde kullanılan çelik malzeme yerini perde ve döşeme sistemlerinde betonarmeye bırakmaya başlamıştır. 1960'lı yıllara gelindiğinde ise, betonarme malzemenin yaygınlaşması ile birlikte, yapı cephelerinde taşıyıcı sistemin ve betonarme elemanların vurgulanması da yeni bir akım oluşturmuştur. 1939 yılında inşası tamamlanan Rockefeller Building cephesindeki betonarme taşıyıcı elemanların vurgulanması bakımından bu akıma önemli bir örnektir.

1974 yılında Chicago'da inşa edilen ve dünyanın ilk gökdelenlerinden sayılan Sears Towers'ın yapımı ile, adını şu anda bile dünyanın en yüksek binaları listesinde bulunduran yapılar hızla hayata geçirilmeye başlanmıştır. Toronto'da inşa edilen 553 metre yüksekliğindeki CN Kulesi, New York'taki 526 metrelik Dünya Ticaret Merkezi ve Chicago'da yapılan 442 metre uzunluğundaki Willis kulesi bu binalardan bazılarıdır. 2001 yılında uğradığı saldırı sonucu yıkılan Dünya Ticaret Merkezi kuleleri, 1971-1973 yılları arasında dünyanın en yüksek binası ünvanını elinde bulundurmuştur (Özgen ve Sev, 2000). Kuleler, günümüzde hala ayakta olmaları halinde dünyanın en yüksek üçüncü binası olarak varlığını sürdürecekti.

Kulelerin bir diğer önemli özelliği ise, tasarım aşamasında bina ağırlığının büyük bir kısmının dış cephelere taşıtılmış olmasıdır. Dünya Ticaret Merkezi kulelerinin yıkılmasından 3 yıl önce inşa edilen Petronas Kuleleri, 2004 yılına kadar birçok veri tabanında dünyanın en yüksek binası kabul edilmiştir. Malezya'nın başkenti Kuala Lumpur'da inşa edilen, Petronas Petrol Holding'ine ait 452 metre yüksekliğindeki ikiz kuleler, 170 metre yükseklikteki 41. ve 42. katlar arasında, 58 metre uzunluğunda ve 750 ton ağırlığında çelik bir köprü ile birbirine bağlanmıştır.

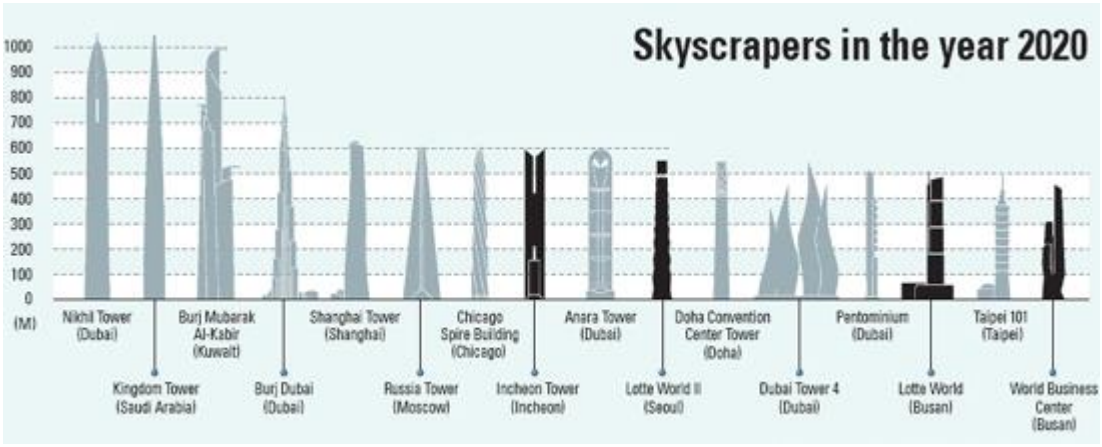
Kulelerin her birinde, 29 adedi 26 kişi kapasiteli çift katlı asansör olmak üzere 76 asansör mevcuttur. Öncelikli amacı iş merkezi olarak tasarlanan kuleler, günümüzde alışveriş merkezleri, doğal bilim müzesi, bir senfoni orkestrası ve bir sanat galerisine de ev sahipliği yapmaktadır (Özgen ve Sev, 2000).

2004 yılında Taiwan'ın Taipei şehrinde Taipei 101 Binası'nın inşasının tamamlanmasıyla dünyanın en yüksek binası ünvanını Petronas Kuleleri'nden almış ve 6 yıl boyunca elinde bulundurmuştur.. Binanın isminin Taipei 101 olmasının sebebi, Taipei şehrinde inşa edilmesi ve 101 katlı olmasından kaynaklanmaktadır. 91. katında bir seyir terası bulunan bina toplamda 101 katlıdır ve anteniyle beraber 509 metre yüksekliğindedir. Dinamik tasarımı açısından son derece yenilikçi bir yapıdır. Deprem ve rüzgar etkilerini azaltmak için kütle sönümleyiciler kullanılmıştır. Çok yüksek şiddetli rüzgarların etkisiyle oluşacak eğilmeleri en aza indirmek ve bina içinde bulunan insanların rahatsızlığını engellemek için binada toplam 8 ayarlı kütle sönümleyici vardır. Ayrıca, 16.8 m/s hıza ulaşabilen dünyanın en hızlı ikinci asansörü de yine Taipei 101 Binası'nda bulunmaktadır.

Taipei 101 Binası'nın ardından 2008 yılında dünyanın en yüksek dördüncü binası olan Shangai World Financial Center inşa edilmiştir. Toplamda 101 katlı 492 metre yüksekliğindeki bina; ofis, otel, galeri ve gözlem güvertesi başta olmak üzere karma pek çok amaç için kullanılmaktadır. Tasarım aşamasında, rüzgar etkisini en aza indirmek amacı ile bina tepesinde yuvarlak bir boşluk ile dizayn edilmiş olsa da sonrasında ikizkenar yamuk olarak inşa edilmesine karar verilmiştir. Bu boşluk sayesinde rüzgar basıncı azaltılmıştır ve aynı zamanda dünyanın en yüksek açık hava gözlem güvertesi olarak da hizmet vermektedir. Güvenliği ön planda tutan tasarımcılar, 12 katta bir yanmaz çelikten inşa edilen sığınaklar yapmışlardır.

2011 yılında Suudi Arabistan'ın Mekke şehrine inşa edilen Kabe manzaralı Abraj Al Bait, 601 metre yüksekliğiyle en yüksek ikinci bina olmuştur. 2010 yılında yapımı tamamlanan Dubai'deki Burj Halife, 828 metre yüksekliğiyle Dünya'nın en yüksek binası ünvanını elinde tutmaktadır. Burj Halife, yalnızca yüksekliği ile değil birçok özelliği ile de dünyanın ilkleri arasına girmeyi başarmıştır. Binanın 150. katından sonrasına çelik konstrüksiyon ile devam edilmiştir ve betonarme üzerine çelik taşıyıcı sistem ile inşa edilen ilk bina özelliğini taşımaktadır. 164 katı ile en çok katlı yapı, saatte 64 kilometre ile en hızlı ve en yükseğe çıkan asansör olarak kayıtlara geçmiştir.

Şekil 1.4'de, Urban Habitat tarafından yayınlanan, 2020 yılı için öngörülen dünyanın en yüksek binaları karşılaştırmalı şekilde gösterilmiştir.



Şekil 1.4 : 2020 yılı için öngörülen en yüksek binalar.

Çizelge 1.2 : Dünya'nın en yüksek binaları.

Bina İsmi	Yıl	Yükseklik	Kat
Burj Khalifa (Dubai)	2010	828 m.	163
Abraj Al Bait (Mekke)	2011	601 m.	120
Taipei 101 (Taiwan)	2004	509 m.	101
Shangai World Financial Center	2008	492 m.	101
Int. Commerce Center (Hong Kong)	2010	484 m.	118
Petronas Towers (Kuala Lumpur)	1998	452 m.	88
Ziefeng Tower (China)	2009	450 m.	89
Willis Tower (USA)	1974	442 m.	108
Jin Mao Building (USA)	1998	421 m.	88
Two Int. Finance Center (Hong Kong)	2003	415 m.	88

1.3.2 Türkiye'de tarihsel gelişim

Dünyada olduğu gibi Türkiye'de de artan barınma ihtiyacı ve arsa değerlerinin hızla yükselmesi, yüksek bina inşasının özellikle 1950'li yılların ardından gelişim sürecine girmesine sebep olmuştur. 1950'li yıllardan daha eski tarihlere gidildiğinde, Türklerin yüksek yapı tarihinde cami minarelerinin büyük önem taşıdığı görülür. Osmanlı döneminde Mimar Sinan tarafından yapılmış ve günümüzde hala ayakta olan Selimiye ve Süleymaniye Camileri minare yükseklikleri bakımından önemli iki örnektir. 1557 yılında yapımı tamamlanan İstanbul'daki Süleymaniye Camii, 76 metre yüksekliğinde üçer şerefeli iki minare ve 56 metre yüksekliğindeki iki şerefeli iki minare olmak üzere toplamda dört minareden oluşmaktadır. Edirne'de inşa edilen Selimiye Camii'nin her biri üçer şerefeli dört minaresi ise, alem dahil yaklaşık 85 metredir.

Türkiye'de konut olarak az katlı müstakil yapılardan, apartmanlara geçiş 19. yüzyılın son çeyreğine rastlamaktadır. 1970'li yıllara kadar inşa edilen binaların genellikle 25 katın üzerine çıkmadığı görülür. 1953 yılında Ankara'da yapılan 13 katlı Ulus İşhanı ilk yüksek binalardan biridir. 1985 yılına kadar ekonomik problemler sebebiyle, inşa edilen yüksek yapı sayısı önemli ölçüde artış gösterememiş olsa da; 29 katlı Ankara İş Bankası Binası ve 28 katlı İstanbul Harbiye Orduevi'nin yapımı bu dönemde tamamlanmıştır.

1985 yılından sonraki dönemde bir çok şehirde yüksek bina yapımı hızla yaygınlaşmıştır. İstanbul'daki 19 katlı Princess Hotel, 20 katlı 3 bloklu Yapı Kredi Plaza, 22 katlı Spring Giz Plaza, 39 katlı Sabancı Center ve Ankara'daki 22 katlı Ankara Sheraton Otel dönemin önemli örneklerindendir. 1987 yılında yapımı tamamlanan Mersin'deki 52 katlı 175 metre yüksekliğindeki Mersin Metropol Binası (Mertim), Türkiye'deki en yüksek 6. bina, İstanbul dışında inşa edilen en yüksek bina ünvanını günümüzde de elinde bulundurmaktadır (Özgen ve Sev, 2000).

1933 yılında İstanbul'un 4.Levent bölgesinde inşa edilen Sabancı Kuleleri, 139 metrelik 35 katlı Akbank Kule ve 119 metrelik 30 katlı Holding Kulesi'nden oluşmaktadır. Yine aynı bölgede 2001 yılında, 3 kuleden oluşan İş Kuleleri yapılmıştır. En yüksek kulesi olan İş Kulesi, 52 katlı olup 181.2 metre yüksekliğindedir ve günümüzde Türkiye'nin en yüksek 4. binasıdır.

2000'li yıllara kadar Türkiye'de yüksek yapı kavramı çoğunlukla otel ve iş merkezleri için geçerli iken, son yıllarda hızlı bir biçimde artan nüfus ve arazi alanlarının azalması konut ihtiyacını doğurmuş ve barınma amaçlı inşa edilen gökdelenlerin sayısını arttırmıştır. Özellikle rezidans tipli gökdelenler, içinde yaşayanların barınma ihtiyaçlarını karşılamakla birlikte, park yeri, sosyal yaşam, spor, alışveriş gibi imkanlarda sağladığından; kompleks yapı tipleri hızla artmaya başlamıştır.



Şekil 1.5 : Sabancı Kuleleri.



Şekil 1.6 : İş Bankası Kuleleri.

İstanbul Şişli'de 2010 yılında yapımı tamamlanan Anthill Residance Kuleleri, Türkiye'nin en yüksek ikinci ve üçüncü binası olarak kabul edilmektedir. Kulelerin ikisi de 210 metre yüksekliğinde ve 54 katlı olup, yaşam merkezi olarak büyük alan sağlamaktadır. Kuleler toplam yaklaşık 800 adet daire içermekle birlikte, kendisine ait sosyal merkezi ve bir butik çarşısı da bulunmaktadır.

Yükseklik sıralamasında ilk 10'un içinde olamasa da, alışveriş merkezi ve mimarisi ile dikkat çeken Trump Towers, rezidans ve ofis kulesi olmak üzere iki kuleden oluşmaktadır. Yspımı 2010 yılında tamamlanan binanın ofis kulesi 37 katlı ve birbirinden farklı boyutlarda ofis katlarını içermektedir. Rezidans kulesi ise, 39 katlı ve 154 metre yüksekliğinde olmakla birlikte, Türkiye'nin en yüksek binaları listesinde 20. sırada yer almaktadır.

Türkiye'nin en yüksek binası, inşasına 2006 yılında başlanan ve 2011 yılına kadar süren İstanbul Sapphire olup, 30 metrelik anteni dahil 261 metre yüksekliği ile Avrupa'nın en yüksek 2. Gökdelenidir. 10 katı zeminin altında olmak üzere toplamda 66 katlıdır. Binanın taşıyıcı sistemi bodrum ve zemin katlarda betonarme, dış cephesi ve çatı örtüsü çelik olarak tasarlanmıştır. Bina, zemin katın altında 6 katta otopark ve 4 katta alışveriş merkezine ev sahipliği yapmakta, ayrıca rezidans kulesinde 177 adet rezidans bulunmaktadır. 14 asansör bulunan yapı, konut kullanıcıları için özel sosyal

alan, 1 golf antrenman sahası ve son katta bir restoran içermektedir. Kamuya açık seyir terası her gün yüzlerce ziyaretçisine, İstanbul'a 225 metre yükseklikten bakma imkanı sağlamaktadır.



Şekil 1.7 : İstanbul Sapphire.

2. YÜKSEK YAPILARIN TAŞIYICI SİSTEM TASARIMI

Yüksek yapıların tarihine bakılacak olursa, malzeme teknolojilerinin gelişmesi ile birlikte, taşıyıcı sistem bakımından birçok farklı tasarımın kullanıldığı görülmektedir. Yığma duvarlardan betonarme çerçeve sistemine geçiş ve çelik malzeme dayanım özelliklerinin geliştirilmesi, üretim olanaklarının artması ile yüksek binalar için taşıyıcı sistem dizaynı hızla çeşitlilik kazanmıştır.

Taşıyıcı sistem tasarımında göz önüne alınması gereken parametreler oldukça fazladır. Bunların başında bina işlevinin, yüksekliğinin, konumunun ve kullanılacak malzemenin belirlenmesi gelmektedir. Binaya etkiyecek yatay ve düşey kuvvetlerin mertebesi, elemanların her birinde oluşacak etkilerin hesaplanması taşıyıcı sistem seçiminde önemli rol oynamaktadır.

Çok katlı yapılarda kat sayısı arttıkça tasarlanabilecek taşıyıcı sistem seçenekleri azalır. Az katlı yapılarda ise tasarımı yönlendiren etkiler daha az olduğundan, taşıyıcı sistem alternatifleri daha fazladır.

Yüksek yapıların tasarımında, mimari ve statik açıdan geçmişte olduğu gibi günümüzde de birçok sorun yaşanabilmektedir. Bu sebeple yüksek yapı tasarımı esnasında görev alacak tüm teknik ekip birlikte çalışarak tasarım sorunları en aza indirilebilir.

Yüksek yapılar; oluşan düşey yüklerin yanında rüzgar ve deprem yüklerinden dolayı oluşacak yatay yükleri de taşırlar. Binanın yüksekliği arttıkça üst katlarda oluşacak rüzgar yükü ve deprem yükü de kat sayısı ile orantılı olarak arttığından yapıda oluşacak yatay ötelenmeler belirli bir katın üstünde zorlanmalara sebep olur ve bu katlarda gerekli rijitlik sağlanmalıdır.

Yüksek yapı taşıyıcı sistem dizaynında, elemanların boyutlandırılmasında en önemli parametre yatay yük etkisidir. Bu sebeple, yatay yük etkisinin karşılanması eleman boyutlarının arttırılması ile değil, doğru taşıyıcı sistem tasarımı ile olmalıdır.

Yüksek yapılarda taşıyıcı sistem mantığı, düşey kuvvetlerin etkisi ile oluşan basınç kuvvetlerinin ve yatay kuvvetlerin etkisi ile oluşan eğilme momentlerinin altında, zemine ankastre olarak mesnetlenmiş düşey bir konsol çubuk gibi düşünülerek kurulabilir. Bu konsolun, yaşam alanları sağlamak için katlara bölünmesi gerekir ve bu şekilde yatay kullanım alanları sağlayan döşemeler ve onları taşıyan kiriş ve kolonlardan oluşan bir taşıyıcı sistem kurulur (Özgen ve Sev, 2000).

2.1 Yapıya Etkiyen Yükler

Yapıların taşıyıcı sistemleri yatay ve düşey yükleri karşılayan iki düzlemde birleştirilmiş çubuk ve düzlem elemanlardan oluşur. Yatay düzlemdeki taşıyıcılar döşeme sistemleri ve kirişler, düşeydeki elemanlar ise perde ve kolonlardan oluşur. Yapıya etkiyen yükler döşemelerin kirişlere, kirişlerin ise perde ve kolonlara aktarımıyla zemine iletilir.

Yüksek bir yapının üzerine etkiyen kuvvetler, yapının bu yüklere karşı davranışı ve taşıyıcı sistem elemanlarının bu yükleri karşılaması bakımından, düşey yükler ve yatay yükler olarak iki grupta incelenebilir.

2.1.1 Düşey yüklerin taşınması

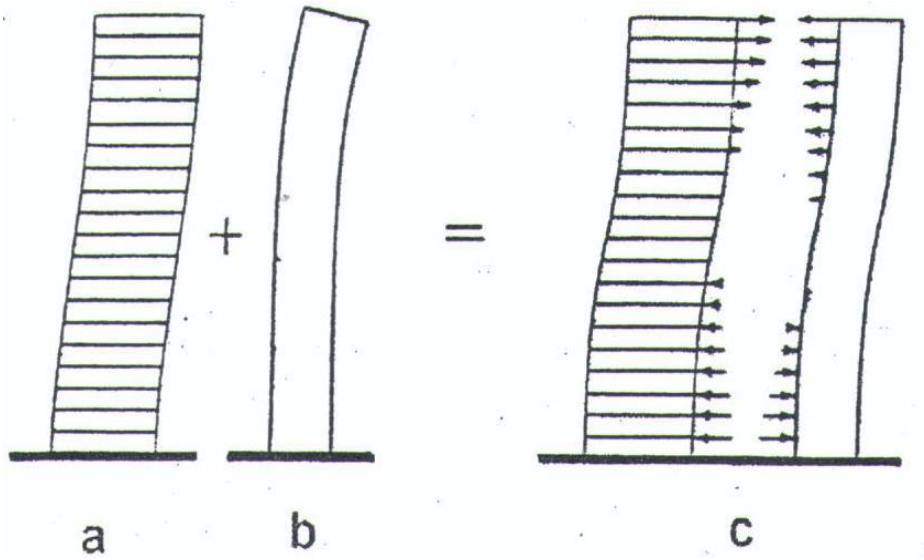
Yapılardaki düşey taşıyıcı elemanlar; katlardaki yükleri toplar, temele ve zemine iletirler. Düşey yükler yapıdaki zati ve hareketli yüklerden oluşmakta olup, hareketli yükler döşemeler vasıtasıyla zati yük katılımı ile kirişlere aktarılır. Kirişler, döşeme yükleri ve kendi zati ve üzerindeki duvar yükleri ile birlikte kolon veya perdelere aktarırlar. Her kat yükü bu şekilde bir alt kata aktarılarak, düşey yükler temele kadar etkir ve temelden zemine iletilir. Sağlıklı hesaplar yapılabilmesi için bu yük aktarımının gerçekleştiği birleşim bölgelerindeki aktarım noktaları düzenli olmalıdır. Her kattaki kolon ve perdeler, bir üst kattan gelen yükleri topladığından, alt katlara inildikçe kolonlara etkiyen kuvvetler artar. Bu sebeple, eleman boyutlarında artış yapılması gerekir.

DBYBHY 2007 Madde 3.3.1.2'de belirtildiği üzere; kolonların brüt enkesit alanları, N_{dm} düşey yüklerin ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında hesaplanan eksenel basınç kuvvetlerinin en büyüğü olmak şartıyla, $A_c \geq N_{dm} / (0.50\ f_{ck})$ koşulunu sağlamalıdır.

2.1.2 Yatay yüklerin taşınması

Deprem yükleriyle birlikte yüksek yapıların önemli yüklerinden biri olan rüzgar yükleri, binaya etkiyen yatay yük grubunu oluştururlar. Yatay kuvvetlerin etkisi altında yüksek yapılar zemine ankastre düşey bir konsol eleman olarak değerlendirilebilir. Hesap aşamalarında, düşey yüklerden doğan basınç kuvvetleri ve yatay yüklerden oluşan dönme, eğilme ve kayma kuvvetlerinin bileşkesi yapının içinde kalmalıdır, aksi takdirde bu yükler devrilme kuvvetleri meydana getirir. Konsol elemanlarda yatay yüklerin eğilme etkisinden dolayı oluşan çekme ve basınç kuvvetleri zemine yakın katlarda en büyük değerine ulaşır. Yine yatay yükler sebebi ile oluşacak kayma etkisi ve yatay kesme kuvvetleride bu katlarda en yüksek düzeylerine ulaşırlar (Özgen ve Sev, 2000).

Deprem yüklerinin taşıyıcı sistem tarafından karşılaştırılmasında DBYBHY 2007'de belirtilen yüklerin zemine kadar sürekli ve güvenli bir şekilde aktarımını sağlayacak rijitlik, kararlılık ve dayanım maddesi göz önünde bulundurulmalıdır. Deprem yükleri yalnızca yatay düzlemde ve birbirini dik kesen iki eksene paralel olarak yapıya etkitilmelidir. Ayrıca, deprem ve rüzgar yüklerinin binaya aynı anda etkimediği varsayılarak, iki yük çeşidi için de ayrı ayrı hesap yapılıp, boyutlandırma aşamasında en elverişsiz yük çeşidi esas alınmalıdır.



Şekil 2.1 : Yatay yüklerin binaya birbirinden bağımsız etkitilmesi varsayımı.

2.2 Taşıyıcı Sistem Çeşitleri

Yüksek yapılara etkiyen yatay ve düşey yüklerin taşınmasında en sık kullanılan taşıyıcı sistem çeşitleri :

- Çerçeve Sistemler,
- Perde Duvarlı Sistemler,
- Çerçeve ve Perde Duvarlı Sistemler,
- Çekirdek Sistemler,
- Tübüler Sistemler olmak üzere 5 ana grupta toplanabilir.

Çerçeve sistemler; kiriş, kolon ve döşemelerin düğüm noktaları ile birbirine bağlanması ile elde edilen en basit taşıyıcı sistemdir ve ancak belirli bir yüksekliğe kadar tek başlarına kullanılabilirler.

Perde duvarlı sistemler, perdelerin çeşitli şekillerde bağlanıp çekirdekler oluşturularak elde edilir. Çekirdek, sistemin büyük bir kısmını taşır. Genelde çok katlı yapılarda perde duvarlı sistemler ve çerçeve sistemler birlikte çalışacak şekilde kullanılır.

Tübüler sistemler ise her bir katta taşıyıcı kolon ve kirişlerden oluşur; bu sayede sistem, etkiyen yatay ve düşey yükleri kendi bünyesindeki elemanlarla temele ve zemine iletir.

Yukarıda bahsedilen beş ana taşıyıcı sistem grubuna ilaveten, son yıllarda inşa edilen gökdelenlerde yeni taşıyıcı sistem dizaynları kullanılmaya başlanmıştır. Yüksek kirişli sistemler, asma sistemler ve kompozit sistemler bunlardan bazılarıdır. Ayrıca tek bir binaya özgü taşıyıcı sistemler de tasarlanmaktadır.

2.2.1 Çerçeve sistemler

Çerçeve taşıyıcı sistemler, düşey kolon ve yatay kirişlerin döşemelerle aynı düzlemde rijit şekilde birbirine bağlanmasıyla oluşurlar. Bu tip taşıyıcı sistemlerin dayanıklılığı, bünyesindeki elemanların rijitliği ve mukavemeti ile doğru orantılıdır. Malzeme olarak genelde betonarme ve çelik kullanılır, tercih edilmesinin sebebi ise plana kapı pencere gibi önemli boşluklara rahat olanak sağlamasıdır.

Rijit çerçeve sistemler düşey eksende düzlemsel ve uzaysal çerçeve sistemler olmak üzere iki konumda bulunabilirler.

Düzlemsel çerçeve sistemlerde, taşıyıcı sistem elemanları birbiri ile aynı düzlemde bulunurlar, etkiyen yatay ve düşey yüklere birlikte karşı koyarlar. Taşıyıcı sistem elemanları, etkiyen yatay kuvvetlere eğilme ile karşı koyarlar.

Uzaysal çerçeve sistemler, birbirine paralel çerçeve sistemlerden oluşur. Çerçeveler kirişlerle birbirine bağlanır, düşey taşıyıcı kolonlar ise çerçevelerin ortak elemanı görevindedir. Düzlemsel çerçeve sistemlerde olduğu gibi burada da sistem yatay ve düşey yüklere birlikte mukavemet gösterir, fakat düzlemsel çerçevelerden daha rijit sistemler oluşur.

Çerçeve sistemler betonarme malzeme için 20 kat, çelik malzeme için 30 kata kadar olan yapılarda kullanım kolaylığı sağlar. Bunun sebebi, bina yüksekliği arttıkça kuvvetler de artacağından taşıyıcı eleman boyutlarının büyütülmesi gerekir fakat binanın ağırlaşması ve maliyetin artması yüksek yapılarda tercih edilen bir durum değildir.

Çerçeve sistemlerin dizaynında, 2007 DBYBHY'de bahsedilen kuvvetli kolon-zayıf kiriş maddesi büyük önem taşır. Her kolon-kiriş düğüm noktasına bağlanan kolonların taşıma gücü momentlerinin toplamı, yine aynı düğüm noktasına birleşen kirişlerin taşıma gücü momentleri toplamından en az %20 daha fazla olmalıdır. Kolon-kiriş kullanım oranlarının, kolonların daha zayıf düşmesine sebebiyet vermemesi gerekir. Çerçevenin bazı elemanları hasar görse bile, ayakta kalan elemanlar sistemi taşımaya devam edebilmektedir. Bu sebeple deprem bölgesindeki yapılarda bu kural göz önünde bulundurulmalıdır.

Çerçeve taşıyıcı sistemler; yatay yükler etkidiğinde konsol eğilmesi (konsol kirişte ötelenme) ve taşıyıcı sistem elemanlarının eğilmesinden (kesme ötelenmesi) dolayı oluşacak iki farklı tip ötelenme davranışı sergileyebilir. Konsol eğilmesi sebebiyle oluşacak ötelenme, çerçevenin yatay yüklerin etkisi altında konsol davranışı göstermesi şeklinde olur. Taşıyıcı sistem elemanlarının eğilmesi sonucu oluşacak ötelenme ise dış etkilerin kolon ve kirişlerde eğilme momenti oluşturması ve çerçevenin deformasyona uğramasıdır. Konsol kiriş ötelenmesi sistemin toplam ötelenmesinin %20'sini, kesme ötelenmesi ise yaklaşık %80'ini oluşturur. Bu iki

ötelenmenin toplamı, çerçevenin toplam deformasyonunu oluşturur (Ersoy ve Özcebe, 2001).

Yüksek yapılarda oluşan maksimum yatay ötelenme en üst katta, maksimum zorlanma ise en alt katlarda oluşur. Bu sebeple, üstte çerçeve taşıyıcı sistem dizayn edilirken, alt katlarda dayanımı daha yüksek taşıyıcı sistemler kullanılabilir. Çerçeve taşıyıcı sistem dizaynında birçok farklı tipte model tasarlanabilir. Ana taşıyıcı sistem düzgün ızgaralardan oluşabildiği gibi, eğrisel düzensiz sistemler de kurulabilir (Özgen ve Sev, 2000).

Genel bir bakış olarak en sık rastlanan çerçeve taşıyıcı sistem düzenlemeleri:

- Binanın enine paralel doğrultuda çerçeve sistemler

  -Dikdörtgen çerçeve

  -İçte kolon düzeni değişen dikdörtgen çerçeve

  -Eğrisel veya dairesel tüp

  -İki eksenli çerçeve

- İki doğrultuda da eşit çerçeve sistemler
- Sık kenar kolonlar ile oluşturulan çerçeveler
- Düzensiz kolonlar ile oluşturulan çerçeve sistemler.

2.2.2. Perde duvarlı sistemler

Çerçeve taşıyıcı sistemler bölümünde de belirtildiği üzere, çerçeveler belirli yapı yükseklikleri aşıldığında yatay ötelenmeler ve zorlanmalar bakımından yetersiz kalmaktadır. Bu sebeple yatay yükleri karşılamak için, kesitinin uzun kenarı kısa kenarının en az 7 katı olan düşey taşıyıcı eleman perde duvarlı taşıyıcı sistem elemanları kullanılır. Düşey konsol şeklinde davranan perdeler, deprem ve rüzgar yüklerini karşılamakta çerçevelerden daha rijit davranış gösterirler.

Perde duvarlı taşıyıcı sistem tasarımında göz önüne alınması gereken en önemli noktalardan biri, perdelerin kuvvetleri beraber karşılayacak şekilde çalışmalarını sağlamaktır. Ayrıca, elemanlarda oluşan yatay yerdeğiştirmeler kolonlara göre daha küçük olsa da, yatay ötelenmelerin en aza indirgenmesi gerekir. Perdeler arası açıklıklar ve bağlantı elemanları bu konuda büyük rol oynar. Eğer açıklıklar uygun

ve bağlantı elemanları olabildiğince rijit ise tüm perdeleri bir bütün olarak çalışan bir taşıyıcı sistem tasarlamak mümkündür.

Perde duvarlar, açık sistemler ve kapalı sistemler olmak üzere plandaki görünüşlerine göre ikiye ayrılırlar. Açık perde sistemleri; tekil perdeler veya birleştirilmiş ancak tam kapalı olmayan L,I,T,H gibi şekiller oluşturmalarıyla elde edilir. Kapalı sistemler ise, birden fazla perdenin kare, üçgen, dikdörtgen vb. şekillerde kapalı bir sistem oluşturacak şekilde birleştirilmesidir. Bazı yapılar enine-boyuna doğrultu gibi birden fazla dizayn modelini bünyesinde barındırabilirler (Özgen ve Sev, 2000).

Gün geçtikçe beton malzeme teknolojisinde kaydedilen ilerleme sonucu, yüksek dayanımlı betonların üretimi artmış ve kullanım alanı yaygınlaşmıştır. Bu sayede, beton dayanımı arttıkça perde boyutlarında da azalma yapılabilmektedir.

Perde duvarlı taşıyıcı sistemlerin en büyük dezavantajlarından biri; kapı, pencere, tesisat vb. boşlukların yoğun olduğu binalarda tasarım esnekliği sağlamaması, yalnızca sınırlı boyutlarda geçişlere izin vermesidir. Geniş açıklıklar ve boşluklar gerektiren yapılar için sıkıntı yaratabilmektedir fakat, düzenli ve birbirini takip eden katlardan oluşan otel gibi yapılarda kullanımı oldukça elverişlidir. Ses ve yangın izolasyonu konusunda da son derece avantajlı sistemlerdir.

2.2.3. Çerçeve ve perde duvarlı sistemler

Deprem ve rüzgar yükü altında belli bir yüksekliğin üzerindeki yapılarda çerçeve sistemlerin ve perde duvarlı sistemlerin tek başlarına kullanılması uygun değildir. Yalnızca çerçeve taşıyıcı sistemlerden oluşan yapılarda, yükseklik arttıkça üst katlardaki yatay ötelenmeler ve alt katlarda oluşan zorlamalar oldukça fazlalaşır. Yalnızca perde duvarlardan oluşan taşıyıcı sistemlerde ise, yükseklik arttıkça eleman kesitlerinin arttırılması gerekir. Ayrıca perdelerin rijitliği deprem etkisini arttırır ve deprem durumunda üst katlarda büyük eğilme ötelenmelerine yol açar. Bu sebeple, yüksek bir yapının taşıyıcı sistemi çerçeve perde duvarlarının beraber çalışması mantığı ile tasarlanırsa; yatay yük ötelenmeleri perdeler sayesinde, perdelerin rijitliğinden doğan yetersiz süneklikler ise çerçeveler sayesinde telafi edilmiş olur. Kuala Lumpur Petronas Kuleleri, Japonya Dünya Ticaret Merkezi, İstanbul Sabancı İş Merkezi Örnek olmak üzere Dünya'da ve Türkiye'de çok sık ve önemli yüksek binalarda tercih edilen bir taşıyıcı sistem modelidir.

Çerçeve ve perde duvarlı taşıyıcı sistem modeli, yatay yük mukavemeti bakımından üç tipte incelenebilir. Yatay yük taşıyıcı perde duvarlardan oluşan 1. tip sistemde tüm deprem ve rüzgar yüklerini perdeler karşılarken, düşey yükleri kiriş ve kolonlar alır. Yatay yük dayanımlı perde duvarların cephede olduğu sistemde, boşluklu cephe duvarları yatay yükleri büyük miktarda karşılar. Yine yatay yüklere dayanıklı çekirdeklerden oluşan sistemlerde, cephedeki çekirdekler binaya büyük oranda mukavemet ve rijitlik sağlar.

Çekirdek sistemler, 40 ila 60 katlı binalar için oldukça tercih edilen bir dizayn şeklidir. Yapının yatay yöndeki rijitliği, çekirdek ve çerçevenin beraber çalışması ile sağlanır. Sözü edilen beraber çalışma durumu, özellikle deprem bölgesinde inşa edilecek yüksek yapılar için son derece önemli bir olaydır.

Birlikte hareket eden Çerçeve-perde duvarlı taşıyıcı sistem elemanları sayesinde; üst katlarda hakim olan çerçeve davranışı, alt katlara inildikçe perde davranışına dönüşür. Bu sayede yatay kuvvetler, üst katlarda çerçeveler alt katlarda ise perdeler tarafından karşılanır (Özgen ve Sev, 2000).

2.2.4. Çekirdek sistemler

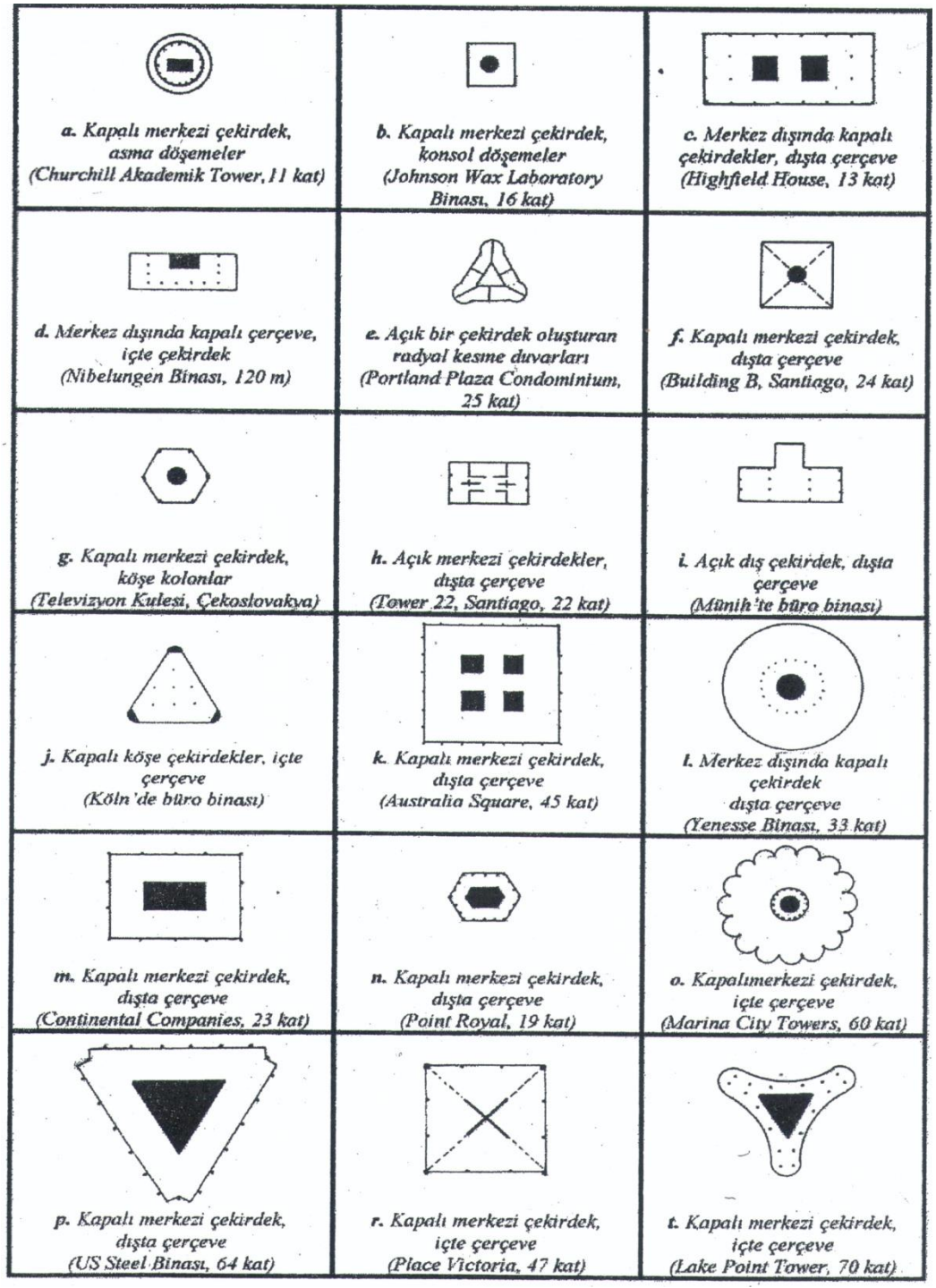
Birden fazla perdenin birleştirilmesiyle elde edilen çekirdekler, iki doğrultuda da perde şeklinde davranırlar. Düzgün planlı apartman ve otel binaları için uygun bir sistemdir. Ayrıca hem alan hem de perde gerektiren büro tipi binalarda çekirdek sistemlere sıkça başvurulur. Binanın mimarisine ve işlevine bağlı olarak; içte veya dışta, biçimi birbirinden farklı bir veya birden fazla, simetrik veya simetrik olmayan çekirdekler kullanılabilir.

Yüksek bir binanın kat planı; dış bölge, çevre bölge ve çekirdek olmak üzere üçe ayrılır. Dış bölge binanın cephesini içine alır. İç bölge, çevre bölge ile çekirdek arasında kalan kısımdır. Çekirdek ise asansör, merdiven ve koridorlardan oluşur.

Çekirdekte genel olarak asansör, merdiven ve koridor bulunur. En yaygın çekirdek tipi merkezi çekirdektir ve genelde kare binalarda tercih edilir. Ayrık çekirdek tipi ise dikdörtgen binalarda, çekirdeklerin daha büyük olan ana çekirdeğe bağlanmasıyla elde edilir.

Çekirdeğin plandaki yerleşim şekline göre, zorlanma tipleri de değişiklik gösterir. Simetrik bir sistem söz konusu ise, yatay yükler rijitlik merkezinden geçer ve sistem

yalnızca eğilme ve kesme zorlanması yaşar. Fakat asimetrik bir dizayn yapılmış ise, oluşacak dış merkezlik sonucu eğilme ve kayma etkilerinin yanı sıra burulma momenti de oluşur. Çekirdek bir sistem bu etkileri rahatlıkla karşılayabileceği için avantajlıdır.



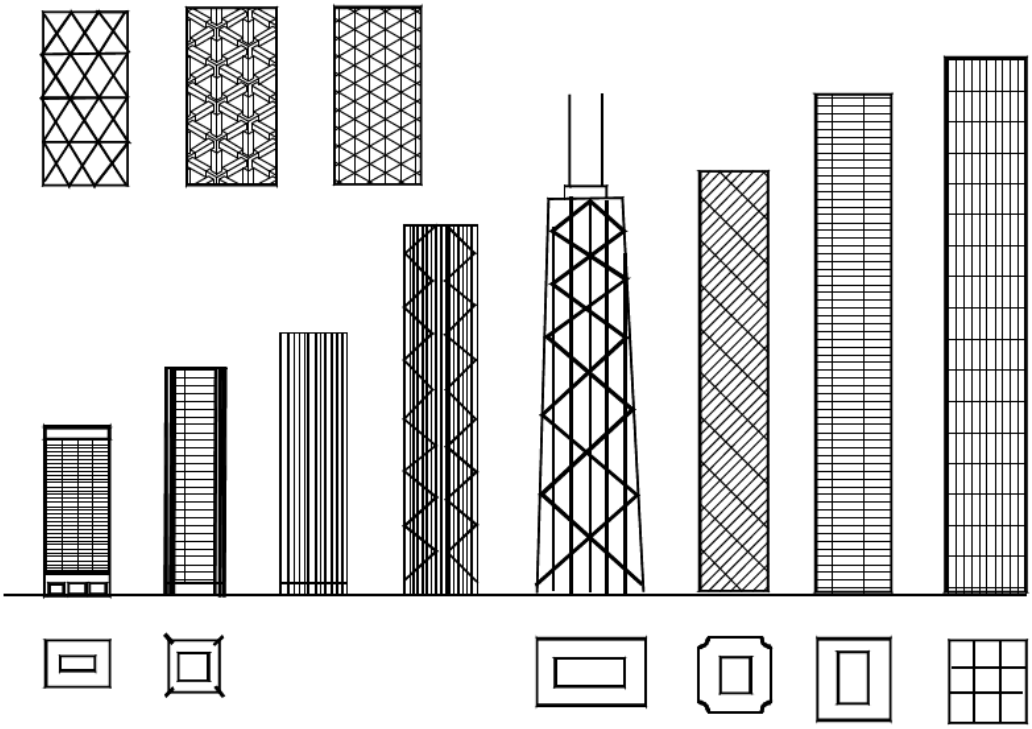
Şekil 2.2 : Çekirdek taşıyıcı sistem çeşitleri (Özgen ve Sev, 2000).

2.2.5.Tübüler sistemler

Tübüler taşıyıcı sistemler, çerçeveli tüp veya boru adı verilen birbirine yakın dış kolon ve kirişlerin oluşturduğu sistemlerdir. Tüpler binayı çevreler ve ana kirişlerle bağlanır. Tüpler; delikli kare veya dikdörtgen boru şekillerinde olabilir.

Bu tip sistemlerde cepheler, yatay yüklerin büyük bir kısmını karşılar fakat tüp sistem kullanılarak çok yüksek binalar tasarlandığı için iç tüpler ve çekirdek sistemden de faydalanılır.

Genellikle iki farklı tip çalışma şekli sergilerler. Bunlardan ilki, etkiyen yüke paralel cepheler çerçeve gibi davranıp kiriş ve kolon eğilmesi ile yüklerin karşılanması şeklindedir. İkinci tip çalışma, yapının tümünün konsol davranışı gösterip yüklere karşı koymasıdır.



Şekil 2.3 : Tübüler sistemler.

Yüksek yapılarda yaygın olarak kullanılan tüp sistem modelleri aşağıda gruplandırıldığı gibidir:

- Boş Tüp Sistemler

  -Çerçeveli Boş Tüp

  -Kafesli Boş Tüp

- İç Bağlantılı Tüp Sistemler

  -Paralel Perde Duvarlı Tüp

  -Tüp İçinde Tüp

  -Demet Tüp

  -Karma Tüp

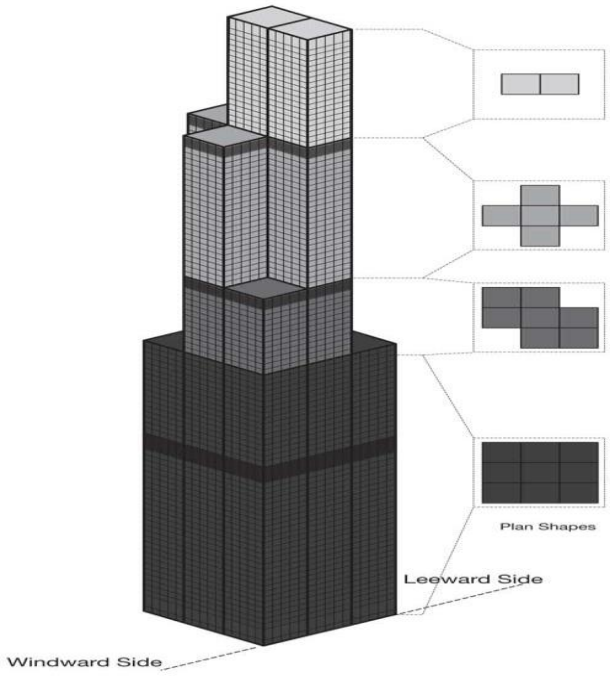
2.2.5.1 Boş tüp sistemler : Çerçeveli ve kafesli tüp sistemler olarak iki grupta incelenebilirler. Çerçeveli tüp sistemlerde, iç kısımdaki kolonlar yalnızca düşey yükleri taşır, dış tüpün rijitliğine katkı sağlamazlar. Yani kısaca, yatay yükleri çerçeve ve konsol tüpün ortak çalışması ile karşılarlar. Etkiyen yüklere paralel dış cephe duvarlarında kayma oluşur; yüke dik doğrultudaki kolonlarda ise, doğrusal olmayan gerilmelerin etkimesi sebebiyle zorlanmalar artar. Dizayn aşamasında cephe çerçevelerdeki kolonlar sıklaştırılmalıdır. Kafesli tüp sistemler ise, zaman içinde bina yüksekliklerin artması ile yetersiz kalan çerçeveli tüp sistemlere, kesme kuvvetlerini karşılayacak diyagonallerin eklenmesi ile elde edilmiştir. Diyagonal elemanlar, hem yatay yüklere hem de kayma deformasyonlarına karşı yatay rijitlik sağlamaktadır.

2.2.5.2 İç bağlantılı tüp sistemler : Dışta kolon tüp sistemin, içteki perde duvarlarla birlikte çalışması mantığı ile tasarlanır. Perde duvarlar sayesinde sistem rijitleşir ve kayma deformasyonları en aza indirgenir.

Tüp içinde tüp sistemlerde, çekirdek perdelerinden oluşan iç tüp ve sık kolonlardan oluşan dış tüpün beraber çalışması sonucu tüp içinde tüp sistemler elde edilir. Özellikle büyük bir çekirdeğe ihtiyaç duyulan büro vb. kolon istenmeyen ticari binalarda kullanıma uygun bir taşıyıcı sistem şeklidir. Boş tüp sistemlerle kıyaslanırsa, çekirdeğin varlığı hem düşey hem yatay yükleri taşıma açısından rijitlik sağlar. İç ve dış tüpler döşeme yoluyla birbirine bağlanır ve yatay yük dayanımına katkıda bulunur.

Demet tüp sistemler, prizmalar halinde düşey profillerden oluşur. Şekil açısından en avantajlı formları kare olsa da; üçgen, dikdörtgen, daire gibi formlara da uyarlanabilir.

Yatay yük doğrultusuna paralel duvarlar kesme ötelenmelerini en aza indirgerken, birbirine dik duvarların birleşim bölgelerinde her tüpün bireysel çalışmasından dolayı zorlanan alanlar oluşur. Düşey diyaframlar eksenel kuvvetleri eşit olarak dağılmaya zorlarken, kesme ötelenmeleri bu durumu tersine çevirmeye çalışır (Özgen ve Sev, 2000). Demet tüp taşıyıcı sistem modeli genellikle betonarme ve çelik malzemeler için uygundur. Uygulanmış en önemli örneklerinden biri, Chicago'da bulunan Sears Towers binasıdır.



Şekil 2.4 : Sears Towers.

Demet tüp sistemlerde taşıyıcı sistem, bir veya birden fazla tüpün taşıyıcı sistemlerle birbirine bağlanması ve yüklere birlikte karşı koyacak şekilde tasarlanmasından oluşur. Tüpler istenilen seviyelerde sonlandırılabilirler ve bu sayede farklı cephe görünümleri de elde edilebilir. Doğru bağlantılar yapıldığı takdirde, tüplerin birbirine benzer olma zorunluluğu yoktur. Aynı zamanda bu tip sistemlerde, dış cephede kolonlar arası açıklık arttırılabilir.

3. YÜKSEK BİNALARIN DÖŞEME SİSTEMLERİ

Döşemeler, üzerlerine etkiyen sabit ve hareketli yükleri yatay ve düşey taşıyıcı sistem elemanlarına aktaran, aynı zamanda katları birbirinden ayıran yatay düzlem elemanlardır. Bu aktarım kirişler aracılığı ile sağlanabileceği gibi doğrudan kolon ve betonarme perdeler ile de olabilir. Döşeme sistemleri, düşey yükleri taşımakla birlikte, kendi düzlemleri içinde rijit diyafram olarak tanımlanır ve yatay rüzgar ve deprem yüklerini yine kendi düzlemlerinde ileterek sonsuz rijit eleman görevi görürler. Yatay yüklerin etkisi altındaki döşemeler, düşey taşıyıcı elemanlarla birlikte yanal stabiliteyi sağlamakta görev alırlar. Yapıda kapalı bir sistem oluşturup, kolon ve kirişleri bir arada tutarlar ve yapıyı rijitleştirirler. Döşeme yüküne göre yapının düşey yüklerinin nasıl aktarılacağı, taşıyıcı sistem geometrisi ve kat yüksekliği gibi önemli detaylar belirlenir. Döşeme sistemleri genellikle dikdörtgen olmakla birlikte, yapının geometrisine göre farklılık gösterebilir (Celep ve Kumbasar, 2005).

Bu bölümde; binanın yapımında kullanılacak malzemeye göre betonarme, çelik, ahşap, prefabrik gibi malzemelerden üretilebilen döşeme çeşitlerinden yalnızca betonarme döşeme sistemleri açıklanacaktır.

Betonarme döşemeler yük aktarımlarına göre, tek doğrultuda çalışan ve çift doğrultuda çalışan döşeme sistemleri olarak iki grupta incelenebilir.

Yüksek yapılarda ise;

- Kirişli plak döşeme sistemleri,
- Dişli döşeme sistemleri,
- Kirişsiz döşeme sistemleri,
- Öngermeli döşeme sistemleri olmak üzere gruplandırılabilir.

3.1 Kirişli Plak Döşeme Sistemleri

En az bir kenarı kirişe mesnetlenen 8 ila 20 cm kalınlık aralığındaki plak elemanlar kirişli döşeme sistemlerini oluşturur. Günümüzde genel olarak en yaygın kullanılan döşeme sistemlerinden olan kirişli döşemelerin yalnızca bir kenarı kirişe oturabileceği gibi, dört tarafı da kirişe veya betonarme perdeye mesnetlenmiş olarak dizayn edilebilir. Konut tipi yapılarda ve yükleri ve kenarları çok büyük olmayan hacimlerde sıklıkla tercih edilen bu sistemlerin kısa kenarı 6-7 metreye kadar çıkabilir, aynı zamanda inşası kolay ve ekonomiktir (Topçu, 2013).



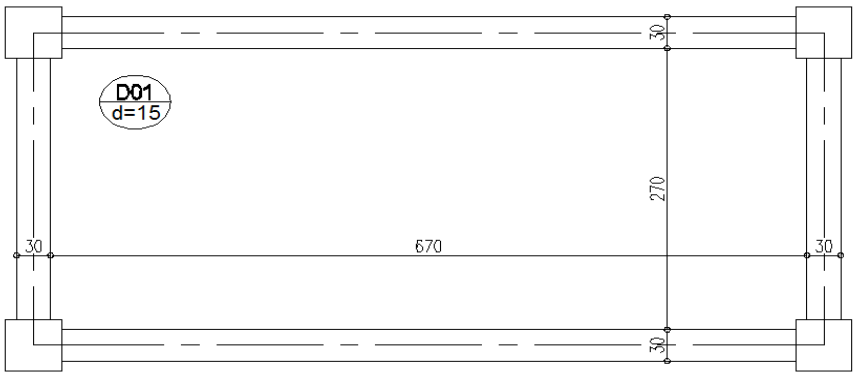
Şekil 3.1 : Kirişli plak döşeme.

Kirişli plak döşeme sistemleri; yük aktarımı bakımından, bir doğrultuda kirişli plak ve çift yönlü çalışan kirişli plak döşeme sistemleri olarak iki grupta çözümlenirler. Tüm kirişli plak döşeme tiplerinin boyutlandırma ve donatılandırma hesapları, TS 500'de belirtilen esaslara uygun biçimde yapılmalıdır.

3.1.1 Bir doğrultuda kirişli plak döşeme sistemleri

Uzun kenarının kısa kenarına oranı 2'den fazla olan ($L_l/L_s > 2$) döşeme tipleri tek yönde çalışan kirişli plak olarak tanımlanır. Bu tarz döşemeler düzgün yayılı yük taşırlar ve eğilme donatısı yalnızca kısa doğrultuya paralel olarak dizayn edilir, uzun kenar doğrultusunda yalnızca dağıtma donatısı atılır.

Birçok avantaj ve dezavantajı olan bu tip sistemler, 6 m. açıklığa ve 20 cm. genişliğe kadar kullanılabilirler. Başta merdiven olmak üzere gerekli boşluklara imkan ve esneklik sağlar, fakat büyük açıklıklarda kullanıldığında sehim ve çökme miktarı istenilenden fazla olabilir (Topçu, 2013).

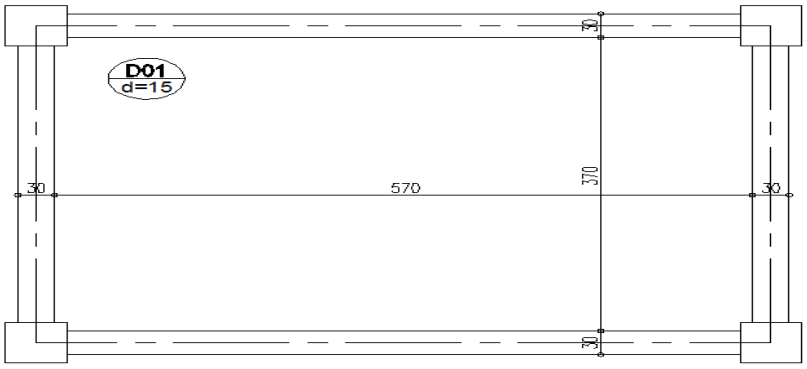


Şekil 3.2 : Bir doğrultuda kirişli plak döşeme sistemi (L_l/L_s >2) .

3.1.2 Çift yönlü çalışan kirişli plak döşeme sistemleri

Uzun kenarının kısa kenarına oranı 2 veya daha az olan ($L_l/L_s \leq 2$) döşeme tipleri, yükün her iki yönde de mesnetlere iletildiği düşünülerek iki yönde çalışan kirişli plak olarak tanımlanır. Bu tarz döşemeler düzgün yayılı yük taşırlar, iki eksenli eğilme etkisi altında yüklerini en kısa yoldan mesnetlere aktaracak şekilde davranırlar. Bu mesnetler kiriş yada duvarlar olabileceği gibi direkt kolonda olabilir.

Bu tip sistemler, 10-15 cm. kalınlığında olup, 3-6 m. açıklığındaki kirişlerle taşınabilirler, genellikle şekil ve boyut sıkıntısının yaşanmadığı sistemlerdir. Fakat yüksek kirişler kullanıldığı takdirde geniş boşluklarda sıkıntıya sebep olabilir. Yaygın olarak orta yükseklikteki konut tipi yapılarda uygulanır (Topçu, 2013).



Şekil 3.3 : Çift yönlü çalışan kirişli plak döşeme sistemi ($L_l/L_s \leq 2$) .

3.2 Dişli Döşeme Sistemleri

Dişli (nervürlü) döşemeler; birbirine paralel nervür kirişlerin ana kirişlere oturtulması ile edilen döşeme sistemleridir. Bir yada iki doğrultuda araları boşluklu olacak şekilde sık kirişler oluşturulur; açıklığın büyüklük durumuna göre bir veya iki yönde ızgara şeklinde dişler dizayn edilebilir. Nervür kirişlerin araları boş kalabileceği gibi, farklı dolgu malzemeleri ile de doldurulabilir. Bu şekilde düz bir tavan elde edilir, çapraz kirişlere olanak sağlanır, yapının tesisat sistemi için gerekli boşluklar daha kolay elde edilebilir ve katlar arası ses izolasyonuna imkan sağlanır.

Tüm dişli döşeme tiplerinin boyutlandırma ve donatılandırma hesapları, TS 500'de belirtilen esaslara uygun biçimde yapılmalıdır.

3.2.1 Bir doğrultuda dişli döşeme sistemleri

Bir doğrultuda sık aralıklı kirişlerin üzerine oturtulmuş plaklardan oluşan sistemlerdir. Nervür kiriş boyutları açıklık ve yüke bağlı olarak boyutlandırılıp, genellikle 10-25 cm eninde ve 25-50 cm yüksekliğinde oluşturulmaktadır. Büyük açıklıklı dikdörtgen döşemelerde yükün kısa kenara aktarımı, statik açısından uygun çözümdür (Celep ve Kumbasar, 2005).



Şekil 3.4 : Bir doğrultuda dişli döşeme sistemi.

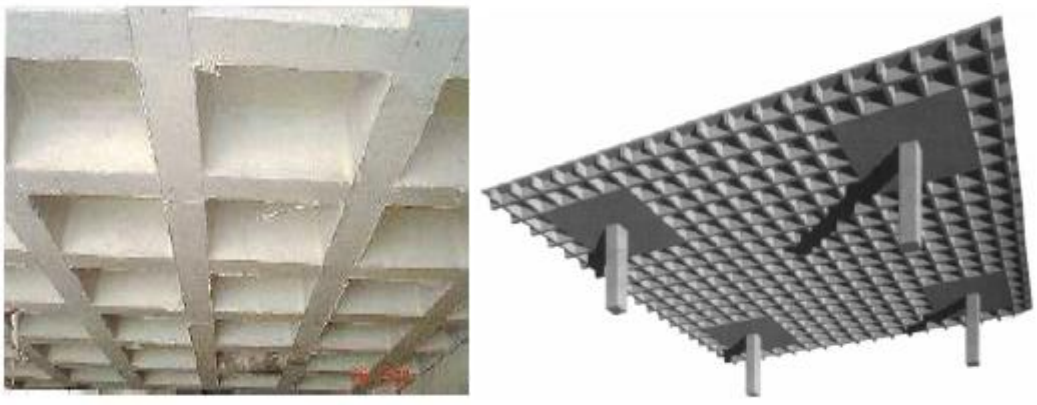
Döşeme kirişlere oturduğundan, yükler plaktan kirişler vasıtasıyla düşey taşıyıcılara iletilir. Dizayn aşamasında döşeme yükünün kısa açıklıklı kirişlere aktarılması amacı ile, dişlerin yönü uzun açıklıklı kirişlerle paralel olacak şekilde tasarlanması tercih edilir. Eğer dişli döşeme açıklıkları 4 m den daha fazla ise açıklık ortasına bir diş, 4 m ile 7 m arasında ise iki adet enine diş atılmalıdır. Bu ek dişler, esas dişlerin birlikte çalışmasında etkin rol alırlar.

Nervürlü döşemelerde dolgu malzemesi olarak birçok farklı malzeme kullanılabilir. Malzeme seçiminde en önemli etkenlerden biri olan yangın yönetmeliği, yanıcı tipte malzeme kullanımına izin vermemektedir. Beton veya pişmiş kil kullanıldığında asmolen döşeme sistemi elde edilmiş olur ve 6 m. den fazla açıklıklar için kullanılır. Bu tip sistemlerin dezavantajı, ağır olmaları ve deprem esnasında dolgu malzemesinin taşıyıcı sistemden ayrılıp hasara sebep olma ihtimalidir. Ana kirişlerin yüksekliği normalden daha düşük dizayn edildiğinden dolayı yatay yerdeğiştirmelerin daha fazla olma ihtimali yükselir ve yapı periyodu artabilir. Bu sebeple yatay yerdeğiştirmelerin sınırlandırılması son derece önemlidir.

3.2.2 İki doğrultuda dişli döşeme sistemleri

Döşeme açıklıklarının çok fazla büyümesi durumunda, çevre ana kirişlere yüklerini aktaran çift yönlü tali kirişli döşemeler dizayn edilir ve iki doğrultuda dişli döşeme sistemleri oluşturulur. Kaset döşeme olarakta adlandırılabilen bu sistemler, 10-25 metreye kadar olan açıklıklara uygun olup; en elverişli kullanımı için kare formun elde edilebilmesi yani döşeme boyutlarının birbirine yakın olduğu alanların seçilmesi uygun olur (Topçu, 2013). Hacim ortasında kolon istenmeyen büyük açıklıkların taşınması için elverişlidir. Dişler arasında boşluk bırakılabilir veya nadiren dolgu blokları kullanılarak kapatılabilir.

Kaset döşeme sistemlerinde yük, iki doğrultudaki dişlere paylaştırılarak aktarılır fakat paylaşma oranı döşeme sürekliliğine ve boyutlarına bağlı olarak değişiklik gösterir. Hesap aşamasında dikkat edilmesi gereken önemli noktalardan biri, ana kirişlerin atalet momentinin dişlere mesnetlik yapabilmeleri için dişlerin atalet momentinden daha büyük olması gerektiğidir (Celep ve Kumbasar, 2005)



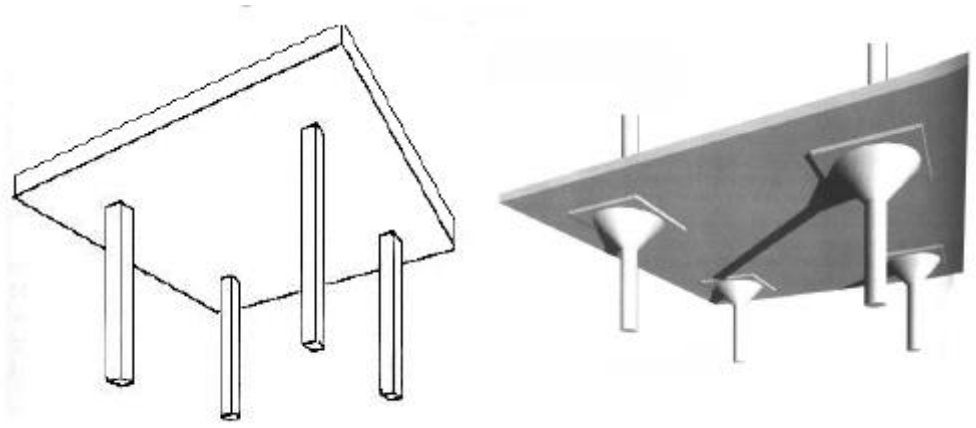
Şekil 3.5 : İki doğrultuda dişli döşeme sistemleri.

Kolonların baş kısımlarında, kaset aralarının dolgu malzemesi ile doldurulması; eğilme momenti ve kayma kuvvetini karşılamaları açısından sağlıklı bir sistem elde edilmesini sağlar. Kaset döşeme sistemleri, büyük döşeme boşluklarına elverişli sistemler değildir.

3.3 Kirişsiz Döşeme Sistemleri

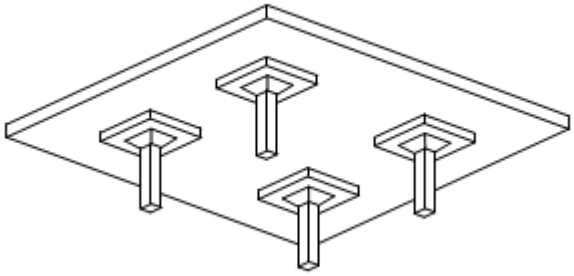
Betonarme plakların kirişlere mesnetlenmeden; yüklerini doğrudan, düzgün sıralı eşit açıklıklı ve birbirine dik eksenlere yerleştirilmiş kolonlara aktardığı taşıyıcı sistemlerdir. Düz tavanların tercih edildiği bölme duvarsız büyük alanlar için uygun bir döşeme sistemi olduğu gibi daha fazla kata da olanak sağlar. Sistemde kiriş olmadığından kalıp işçiliği ve donatı miktarı bakımından ekonomik ve uygulanması kolaydır fakat diğer sistemlere nazaran çok daha fazla döşeme plağı kalınlığı ve döşeme donatısı kullanılması gerekir.

Plak kalınlığı minimum 15 cm. olup en fazla 9-10 m açıklığa kadar kullanılabilir. Açıklıkların, kat yüksekliklerinin ve yüklerin fazla olmadığı yapılarda kullanılmaları daha uygundur (Topçu, 2013). Kalınlığının yeterince fazla olmaması sebebi ile, deprem dayanıklılığı çok yüksek bir sistem türü değildir. Bu tür döşemelerde kiriş bulunmadığından plak kalınlığı arttırılarak düşey yerdeğiştirmeler sınırlandırılmalıdır. Ayrıca döşeme plakları kare veya kareye olabildiğince yakın dizayn edilirse, sehimler ve yükün iki doğrultuda verimli aktarımı da daha kolay sağlanmış olur.



Şekil 3.6 : Kirişsiz plak döşeme sistemleri.

Yükler direkt olarak kolonlara aktarıldığından, kolon başlarında oluşan zımbalama etkisi büyük önem kazanır ve döşeme kalınlığı zımbalama hesabı sonucunda belirlenir. Yük iletimini daha sağlıklı hale getirmek için kolon başlarındaki beli bir alanda plak kalınlığı arttırılarak başlık bölgeleri oluşturulur. Köşe ve kenar kolonlarda gelen yüklerin iletimi için kullanılan zımbalama yüzeyi daha küçük olduğundan kirişsiz döşeme sistemi bile uygulansa, dış kolonların çevre kirişleri ile birbirine bağlanması uygun olur. Zımbalama göçmesi gevrek göçme grubuna girdiğinden, gerçekleştiğinde katların üstüste yığılması ve ani bina yıkımına sebep olur (Celep ve Kumbasar, 2005)



Şekil 3.7 : Başlıklı kirişsiz plak döşeme sistemi.

Kirişsiz plak döşemeler, yatay yüklere çok dayanıklı olmadığından, bu yüklerin yüksek yapı dizaynında deprem perdeleri veya çekirdeklerle karşılanması ve bu perdelerin döşeme sistemi ile ortak çalışacak şekilde tasarlanması gereklidir. Sistem dizayn ediliken, özellikle perde ve döşeme birleşim bölgelerinde büyük kuvvetler meydana geleceğinden bu bölgelere dikkat edilmelidir. Perdeler çekirdeğe veya dış cepheye yerleştirildiğinde, bu perdelerin bağ kirişleri ile bağlanması avantaj sağlar. Kirişler rijitlikleriyle yük aktarımını daha sağlıklı ve sorunsuz hale getirirler (Celep ve Kumbasar, 2005).

4. DEPREM BÖLGELERİNDE YAPILACAK BİNALAR HAKKINDA YÖNETMELİK KOŞULLARI

2007 Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmeliğin temel ilkesi; hafif şiddetli depremlerde yapısal ve yapısal olmayan elemanların hasar görmemesi, orta şiddetli depremlerde yapısal ve yapısal olmayan elemanlarda oluşacak hasarın sınırlı ve onarılabilir ölçülerde olması, şiddetli depremlerde ise kalıcı yapısal hasarın sınırlandırılması ve göçme ve can kaybının olmamasıdır. Bu bölümde, 2007 DBYBHY kapsamında belirtilen, bina tasarımındaki dizayn kriterleri, çözüm yöntemleri ve tasarım kurallarından bahsedilecektir.

Yönetmeliğin, yapıların taşıyıcı sistemlerine ilişkin genel ilkesinde belirtildiği üzere; deprem yüklerini sürekli ve güvenli bir şekilde zemine iletecek rijit, kararlı ve dayanıklı dizayn edilmesi gerekir. Bu deprem yüklerinin büyük bir kısmının sünek davranış tarafından tüketilmesi için süneklik ilkeleri göz önünde bulundurulmalıdır.

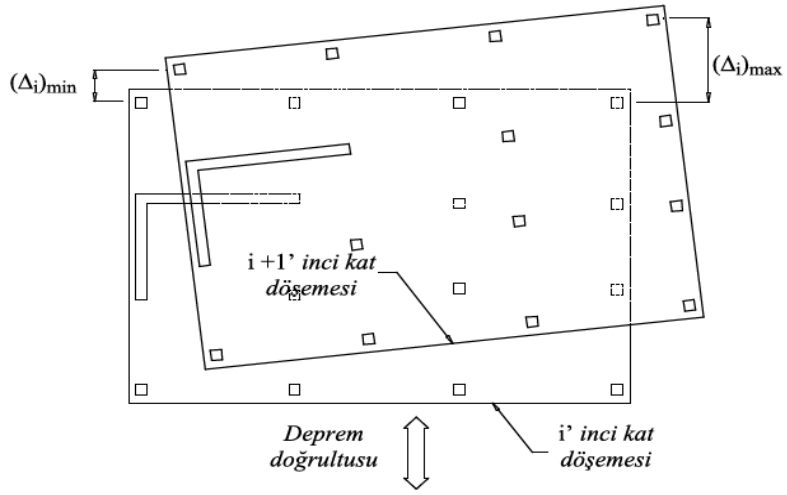
4.1 Düzensiz Binalar

Deprem etkisi altında olumsuz davranış sergilemeleri bakımından, tasarım ve yapım aşamasında yönetmeliğin belirttiği uzak durulması gereken noktalar, planda ve düşeyde düzensizlik durumları olarak iki grupta incelenebilir.

4.1.1 Planda düzensiz binalar

Burulma Düzensizliği (A1) : Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için herhangi bir kattaki maksimum göreli kat ötelenmesinin, katın aynı doğrultudaki ortalama göreli kat ötelenmesine oranının (η_{bi}) 1.2'den büyük olması durumudur.

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



Şekil 4.1 : Burulma düzensizliği (A1).

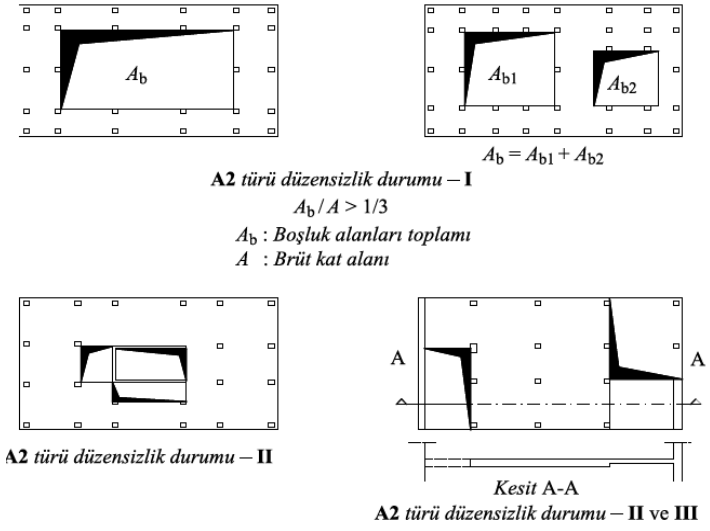
Döşeme Süreksizliği (A2) : Herhangi bir kattaki döşemede;

I. Tüm boşluk alanları toplamının, kat alanının 1/3'ünden fazla olması,

II. Deprem yüklerinin düşey taşıyıcı elemanlara aktarımını zorlaştıran yerel döşeme boşluklarının bulunması

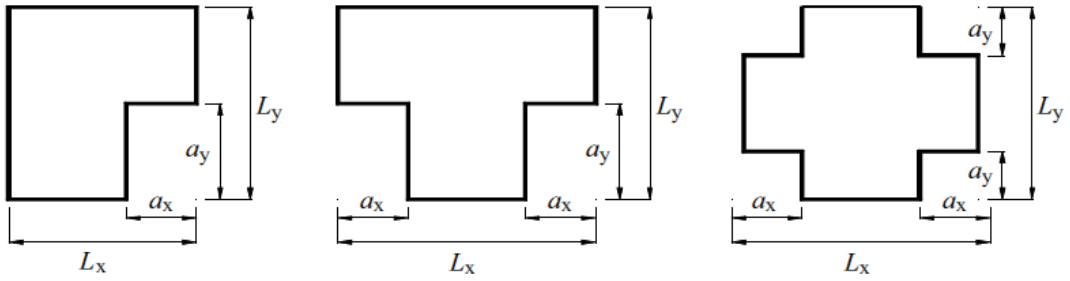
III. Döşemenin düzlem içi rijitliğinde ani azalmalar oluşması durumlarından biri veya birkaçının bulunması ile oluşur.

Planda Çıkıntılar Bulunması (A3) : Kat planındaki çıkıntıların birbirine dik iki doğrultudaki boyutlarının her ikisinin de, aynı doğrultudaki toplam kat planı boyutlarının %20'sinden büyük olması durumudur.



Şekil 4.2 : Döşeme süreksizliği (A2).

Planda Çıkıntılar Bulunması (A3) : Kat planındaki çıkıntıların birbirine dik iki doğrultudaki boyutlarının her ikisininde, aynı doğrultudaki toplam kat planı boyutlarının %20'sinden büyük olması durumudur.



Şekil 4.3 : Planda çıkıntılar bulunması (A3).

4.1.2 Düşeyde düzensiz binalar

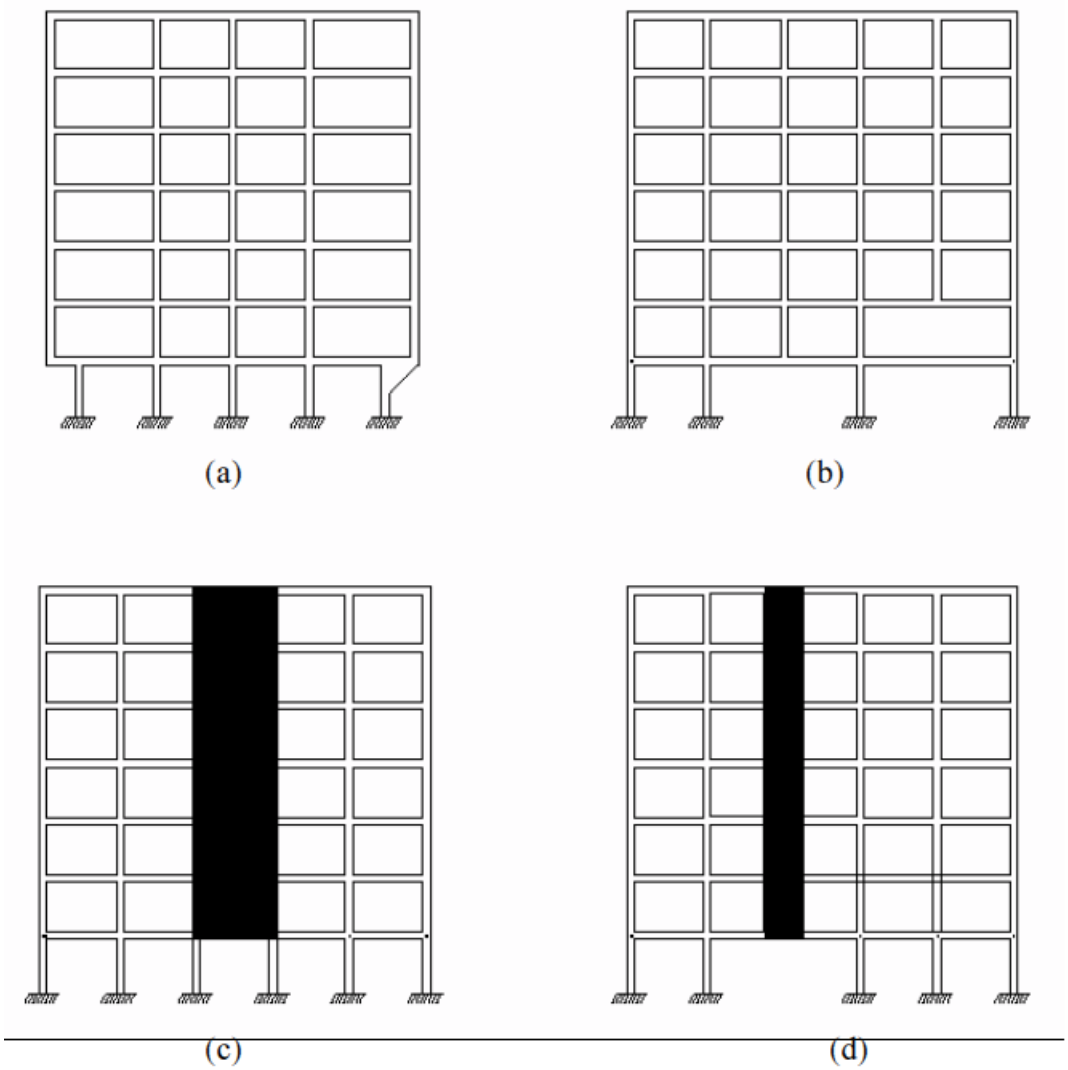
Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (Zayıf Kat/B1) : Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi birinde, herhangi bir kattaki etkili kesme alanının, bir üst kattaki ekili kesme alanına oranının (η_{ci}) 0.80'den küçük olması durumudur.

$$\eta_{ci} = (\Sigma A_e)_i / (\Sigma A_e)_{i+1} < 0.80 \qquad \textbf{(4.2)}$$

Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat/B2) : Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi birinde, herhangi bir kattaki ortalama göreli kat ötelenmesi oranının, bir üst veya bir alt kattaki ortalama göreli kat ötelenmesi oranına bölümünün (η_{ki}) 2.0'den fazla olması durumudur.

$$\eta_{ki} = (\Delta_i / h_i)_{ort} / (\Delta_{i\pm1} / h_{i\pm1})_{ort} > 2.0 \qquad \textbf{(4.3)}$$

Düşey Eleman Süreksizliği (B3) : Düşey taşıyıcı sistem elemanlarının bazı katlarda kaldırılarak kirişlere veya guseli kolonlara oturtulması yada perdelerin alt katlarda kolonlara oturtulması ile ortaya çıkan düzensizlik durumudur.



Şekil 4.4 : Düşey eleman süreksizliği (B3).

4.2 Deprem Yüklerinin Saptanması

Yapıya etkiyen deprem yüklerinin saptanabilmesi için Spektral İvme Katsayısı [A(T)] bulunmalıdır. %5 sönüm oranı için tanımlanan Elastik İvme Spektrumu'nun ordinatı Elastik Spektral İvme [$S_{ae}(T)$], spektral ivme katsayısı ile yerçekimi ivmesinin çarpımına eşittir (DBYBHY, 2007).

$$A(T) = A_0 \times I \times S(T) \quad \textbf{(4.4)}$$

$$S_{ae}(T) = A(T) \times g \quad \textbf{(4.5)}$$

Denklem **4.4**'de yer alan Etkin Yer İvmesi Katsayısı (A_0), Tablo 4.1'de; Bina Önem Katsayısı (I) ise Tablo 4.2'de ayrıntılı olarak verilmiştir.

Çizelge 4.1 : Etkin yer ivmesi katsayısı (A_0).

Deprem Bölgesi	A_o
1	0.40
2	0.30
3	0.20
4	0.10

Çizelge 4.2 : Bina önem katsayısı (I).

Binanın Kullanım Amacı veya Türü	*Bina Önem Katsayısı (I)*
1. Deprem sonrası kullanımı gereken binalar ve tehlikeli madde içeren binalar **a)** Deprem sonrasında hemen kullanılması gerekli binalar (Hastaneler, dispanserler, sağlık ocakları, itfaiye bina ve tesisleri, PTT ve diğer haberleşme tesisleri, ulaşım istasyonları ve terminalleri, enerji üretim ve dağıtım tesisleri; vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, ilk yardım ve afet planlama istasyonları) **b)** Toksik, patlayıcı, parlayıcı, vb özellikleri olan maddelerin bulunduğu veya depolandığı binalar	1.5
2. İnsanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu ve değerli eşyanın saklandığı binalar **a)** Okullar, diğer eğitim bina ve tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kışlalar, cezaevleri, vb. **b)** Müzeler	1.4
3. İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar Spor tesisleri, sinema, tiyatro ve konser salonları, vb.	1.2
4. Diğer binalar Yukarıdaki tanımlara girmeyen diğer binalar (Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları, vb)	1.0

Spektral ivme katsayısının saptanması için önemli olan bir diğer parametre Spektrum Katsayısı [S(T)], yerel zemin koşullarına ve bina doğal titreşim periyoduna (T) bağlı olarak aşağıda verilen denklemlerle hesaplanır.

$$S(T) = 1+1.5 \times (T/T_A) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (0 \leq T \leq T_A) \qquad \textbf{(4.6)}$$

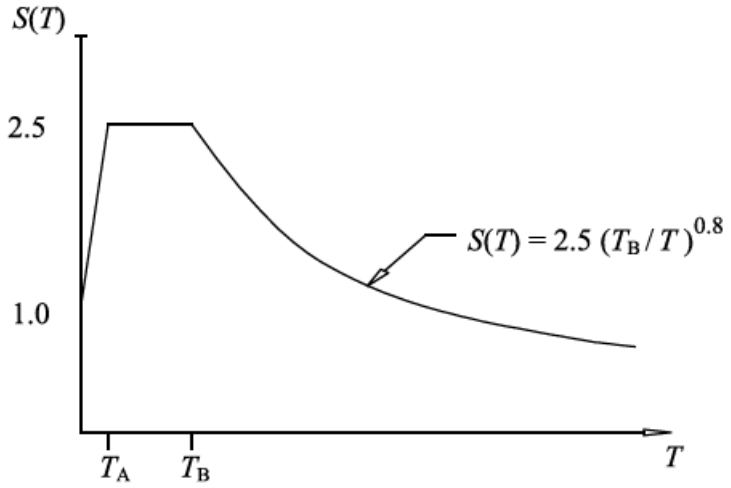
$$S(T) = 2.5 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (T_A \leq T \leq T_B) \qquad \textbf{(4.7)}$$

$$S(T) = 2.5 \times (T_B/T) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (T_B < T) \qquad \textbf{(4.8)}$$

Spektrum karakteristik periyotları (T_A, T_B), farklı yerel zemin sınıfları için Tablo 4.3'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.3 : Spektrum karakteristik periyotları (T_A, T_B).

Yerel Zemin Sınıfı	T_A (s)	T_B (s)
Z1	0.10	0.30
Z2	0.15	0.40
Z3	0.15	0.60
Z4	0.20	0.90



Şekil 4.5 : Tasarım ivme spektrumu.

Deprem esnasında taşıyıcı sistemin nonlineer davranışını göz önüne alarak, Spektral İvme Katsayısı'na göre bulunacak deprem yükleri, Deprem Yükü Azaltma Katsayısı'na [$R_a(T)$] bölünmelidir.

$$R_a(T) = 1.5 + (R-1.5) \times T/T_A \quad ..... \quad (0 \leq T \leq T_A) \qquad \textbf{(4.9)}$$

$$R_a(T) = R \quad ..... \quad (T_A < T) \qquad \textbf{(4.10)}$$

Deprem Yükü Azaltma Katsayısı, Tablo 4.4'de verilen Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı'na (R) ve yapının Doğal Titreşim Periyodu'na (T) bağlıdır (DBYBHY, 2007).

Çizelge 4.4 : Yerinde döküm betonarme taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R).

BİNA TAŞIYICI SİSTEMİ	*Süneklik Düzeyi Normal Sistemler*	*Süneklik Düzeyi Yüksek Sistemler*
(1) YERİNDE DÖKME BETONARME BİNALAR		
(1.1) Deprem yüklerinin tamamının çerçevelerle taşındığı binalar	4	8
(1.2) Deprem yüklerinin tamamının bağ kirişli (boşluklu) perdelerle taşındığı binalar.....	4	7
(1.3) Deprem yüklerinin tamamının boşluksuz perdelerle taşındığı binalar.....	4	6
(1.4) Deprem yüklerinin çerçeveler ile boşluksuz ve/veya bağ kirişli (boşluklu) perdeler tarafından birlikte taşındığı binalar..	4	7

4.3 Hesap Yöntemleri

Yönetmelikte, bina ve bina türü yapıların statik hesapları için Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi, Mod Birleştirme Yöntemi ve Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi olmak üzere üç farklı yöntem belirtilmiştir.

4.3.1 Eşdeğer deprem yükü yöntemi

Yönetmelikte belirtilen diğer hesap yöntemlerine göre uygulaması daha kolay bir yöntem olan eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulanabileceği yapılar ile ilgili sınırlamalar Tablo 4.5'de belirtilmiştir.

Çizelge 4.5 : Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'nin uygulanabileceği binalar.

Deprem Bölgesi	*Bina Türü*	*Toplam Yükseklik Sınırı*
1, 2	Her bir katta burulma düzensizliği katsayısının $\eta_{bi} \leq 2.0$ koşulunu sağladığı binalar	$H_N \leq 25$ m
1, 2	Her bir katta burulma düzensizliği katsayısının $\eta_{bi} \leq 2.0$ koşulunu sağladığı ve ayrıca **B2** türü düzensizliğinin olmadığı binalar	$H_N \leq 40$ m
3, 4	Tüm binalar	$H_N \leq 40$ m

Yöntemin ana ilkesi; her kata etkiyen deprem kuvvetinin, o katın zeminden yüksekliği ve ağırlığı ile doğru orantılı olduğudur. Hesaplarda 1. Mod esas alınır.

Göz önünde bulundurulan deprem doğrultusunda binanın bütününe etkiyen Toplam Eşdeğer Deprem Yükü (V_t), aşağıda verilen formül ile hesaplanır.

$$V_t = W\, A(T_1) / R_a(T_1) \geq 0.10\, A_o\, I\, W \qquad \textbf{(4.11)}$$

W, binaya etkiyecek deprem yüklerinin hesabında kullanılacak bina ağırlığıdır.

$$W = \sum_{i=1}^{N} w_i \tag{4.12}$$

$$w_i = g_i + n\, q_i \tag{4.13}$$

Denklem **4.12**'de görülen W_i her katın kendi ağırlığını, g_i zati yükleri, q_i hareketli yükleri, N ise kat adedini belirtir. Kat ağırlığı hesabının önemli bir etkeni olan Hareketli Yük Katılım Katsayısı (n) Tablo 4.6'deki parametrelere göre seçilir.

Çizelge 4.6 : Hareketli yük katılım katsayısı (n).

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

Eşdeğer deprem yükü yönteminde; binaya etkiyen toplam deprem yükü, katlara kütleleri ve yükseklikleri oranında statik yük olarak dağıtılır. Yükler orantılı olarak dağıtıldıktan sonra binanın en üst katına ek eşdeğer deprem yükü (ΔF_N) etkitilir.

$$F_i = (V_t - \Delta F_N)\, \frac{w_i H_i}{\sum_{j=1}^{N} (w_j H_j)} \tag{4.14}$$

$$\Delta F_N = 0.0075 \times N \times V_t \tag{4.15}$$

Bu yöntemin uygulanması durumunda, deprem doğrultusunda binanın hakim periyodu (T_1), Denklem **4.16** ile hesaplanan değerden daha büyük olmamalıdır.

$$T_1 = 2\pi \left[\sum_{i=1}^{N} (m_i d_{fi}^2) \Big/ \sum_{i=1}^{N} (F_{fi} d_{fi}) \right]^{1/2} \tag{4.16}$$

Yukarıda belirtildiği gibi bulunacak eşdeğer deprem yükleri her katın kütle merkezine ve ±%5 ek dışmerkezlik göz önüne alınarak belirlenen kaydırılmış kütle merkezlerine etkitilecektir.

Döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı sistemlerde, her katta iki yerdeğiştirme ve düşey eksen etrafında dönme serbestlikleri göz önüne alınacaktır.

4.3.2 Mod birleştirme yöntemi

Mod birleştirme yönteminde, deprem etkisi altında elemanlarda oluşacak iç kuvvetleri ve deplasmanları; binanın yeterli sayıda doğal titreşim modlarının her biri için hesaplanan katkılara göre istatistiksel olarak birleştirilmesi ile bulunur. Binaya etkiyen toplam deprem kuvveti katlara dağıtılırken mod şekilleri esas alınır. Eşdeğer deprem yükü yönteminin aksine; binaya etkiyen deprem yükü bulunurken, binanın diğer doğal titreşim periyotları ve mod şekilleri de göz önünde bulundurulur (DBYBHY, 2007).

Hesaba katılacak yeterli mod sayısı (Y) bulunurken, birbirine dik iki deprem doğrultusunun her birinde her mod için hesaplanan etkin kütlelerin toplamı bina kütlesinin %90'ından az olmaması gerekir.

Binaya etkiyen deprem yükü, kat kesme kuvveti, iç kuvvetler, yerdeğiştirmeler hesaplanırken her modun katkısı istatistiksel olarak birleştirilir.

Bu birleştirme ile ilgili koşullar aşağıdaki maddelerde belirtilmiştir:

a) $T_m<T_n$ olmak üzere, binanın göz önünde bulundurulan herhangi iki titreşim moduna ait doğal titreşim periyotlarının $T_m/T_n<0.80$ koşulunun sağlandığı sürece, maksimum mod katkılarının birleştirilmesi için Karelerin Toplamının Kare Kökü Kuralı uygulanabilir.

b) $T_m/T_n<0.80$ koşulunun sağlanamadığı takdirde, maksimum mod katkılarının birleştirilmesi için Tam Karesel Birleştirme (CQC) Kuralı uygulanmalıdır.

Mod birleştirme yöntemine göre bulunan toplam deprem yükünün eşdeğer deprem yükü yöntemine göre bulunan değerden küçük çıkması durumunda, mod birleştirme yöntemine göre elde edilen değerin eşdeğer deprem yükünün %80'ine eşit şekilde arttırılması gerekir. Eğer binada A1, B2, B3 düzensizliklerinden en az biri bulunuyorsa bu değer %90'a çıkartılmalıdır.

4.3.3 Zaman tanım alanında hesap yöntemi

Bina ve bina türü yapıların zaman tanım alanında lineer veya nonlineer deprem hesabı yapılırken; kaydedilmiş, benzeştirilmiş veya yapay yollarla üretilen deprem hareketleri kullanılır (DBYBHY, 2007).

Yapay üretilen yer hareketi kullanımında, aşağıdaki özelliklere göre en az 3 deprem kaydı üretilmelidir:

a) Kuvvetli yer hareketi bölümünün süresi, yapının birinci doğal titreşim periyodunun 5 katından ve 15 saniyeden daha kısa olmamalıdır.

b) Üretilen yer hareketinin sıfır periyoda karşılık gelen spektral ivme değerlerinin ortalaması $A_0 g$'den küçük olmamalıdır.

c) Üretilen her bir ivme kaydına göre %5 sönüm oranı için bulunacak spektral ivme değerlerinin ortalaması; göz önüne alınan deprem doğrultusundaki hakim periyot T_1'e göre $0.2T_1$ ile $2T_1$ arasındaki periyot değerleri için, elastik spektral ivmelerin %90'ından daha az olmamalıdır.

Yapay olarak üretilen 3 deprem hareketinin kullanılması durumunda sonuçların maksimumu, en az 7 yer hareketinin kullanılması durumunda ise sonuçların ortalaması tasarımda göz önüne alınmalıdır.

4.4 Taşıyıcı Sistem Elemanlarının Tasarım Kriterleri

Deprem bölgelerinde inşa edilecek yerinde dökme betonarme binaların hesabının ardından taşıyıcı sistem elemanlarının boyutlandırılması ve donatılandırılması yönetmelikteki Bölüm 3 kapsamında yapılmalıdır. Hesaplarda, çatlamamış kesite ait kesit rijitlikleri kullanılmalıdır fakat perdelere saplanan kirişlerde ve bağ kirişlerinde çatlamış kesit rijitlikleri kullanılmalıdır.

4.4.1 Süneklik düzeyi yüksek kolonlar

Yönetmelik koşullarına göre dikdörtgen kesitli kolonların en küçük kesiti minimum 250 mm, alanı 75000 mm^2; dairesel kesitli kolonların ise en küçük kesiti minimum 300 mm olmalıdır. Kolonun enkesit alanı (N_{dm}), düşey ve deprem yüklerinin etkisi altında hesaplanan eksenel basınç kuvvetlerinin en büyüğü olmak üzere; $A_c \geq N_{dm} / (0.50 f_{ck})$ koşulunu sağlamalıdır.

Dikdörtgen kesitli kolonlarda minimum boyuna donatı 4Ø16 veya 6Ø14, dairesel kesitli kolonlarda ise 6Ø14 olmalıdır.

Her kolonun alt ve üst uçlarında sarılma bölgeleri oluşturulmalı ve hem sarılma bölgelerinde hem de iki sarılma bölgesinin arasında kalan kolon orta bölgesinde Ø8'den küçük çaplı etriye kullanılmalıdır. Etriyeli kolonlarda $N_d > 0.20\ A_c\ f_{ck}$ olması durumunda, oluşturulan sarılma bölgelerindeki minimum toplam enine donatı aşağıda verilen koşulların en elverişsiz olanına göre hesaplanacaktır.

$$A_{sh} \geq 0.30\ s\ b_k\ [(A_c/A_{ck})\text{-}1]\ (f_{ck}/f_{ywk}) \qquad \textbf{(4.17)}$$

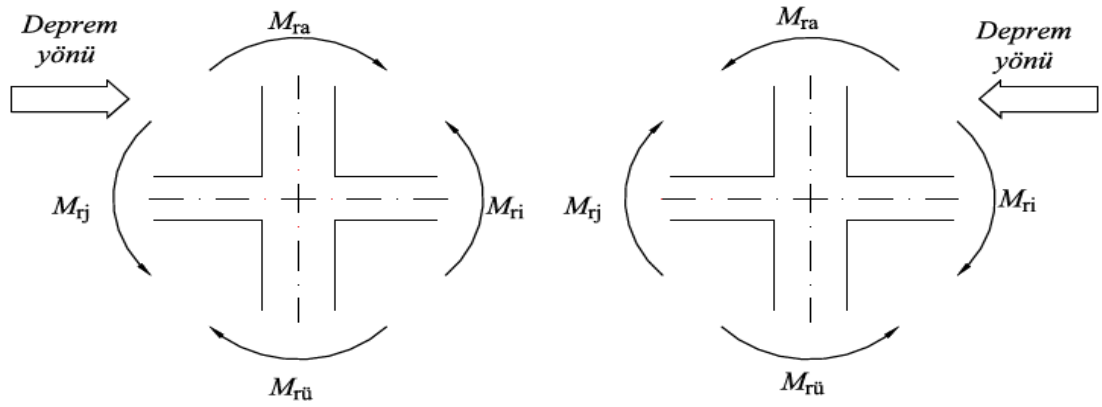
$$A_{sh} \geq 0.075\ s\ b_k\ (f_{ck}/f_{ywk}) \qquad \textbf{(4.18)}$$

$N_d < 0.20\ A_c\ f_{ck}$ durumunda ise, sarılma bölgeleri için hesaplanan donatıların en az 2/3'ü minimum etriye donatısı olarak hesaba katılacaktır.

Tasarım aşamasında dikkat edilmesi gereken önemli konulardan biri yönetmelikte de belirtilen kolonların kirişlerden daha güçlü olması koşuludur. Bu koşula göre, her kolon- kiriş birleşim noktasına bağlanan kolonların taşıma gücü momentlerinin toplamı, aynı düğüm noktasına bağlanan kirişlerin kirişlerin kolon yüzündeki taşıma gücü momentleri toplamının en az 1.20 katından daha büyük olmalıdır.

$$(M_{ra} + M_{rü}) \geq 1.2\ (M_{ri} + M_{rj}) \qquad \textbf{(4.19)}$$

Düğüm noktasına birleşen kolonların her birinde $N_d \leq 0.10 A_c f_{ck}$ olması durumunda ve kirişlerin saplandığı perdenin zayıf doğrultuda kolon gibi çalışması durumunda yukarıdaki denklemin sağlanması zorunlu değildir.Ayrıca tek katlı yada kolonları üst kata devam etmeyen çok katlı binaların birleşim noktalarında da güçlü kolon-zayıf kiriş kuralına bakılmayacaktır.



Şekil 4.6 : Güçlü kolon - zayıf kiriş kuralı.

Kolon donatılandırılmasında enine donatı hesabı yapılırken esas aınacak kesme kuvveti (V_e) aşağıda verilmiştir.

$$V_e = (M_a + M_{ü})/l_n \quad \textbf{(4.20)}$$

Hesaplanan kesme kuvveti, $V_e \leq V_r$ ve $V_e \leq 0.22A_w f_{cd}$ koşullarını sağlamak zorundadır. Ayrıca V_e, yük katsayıları ile çarpılmış Düşey ve deprem yüklerinin etkisi altında hesaplanan kesme kuvveti V_d'den daha küçük olmayacaktır.

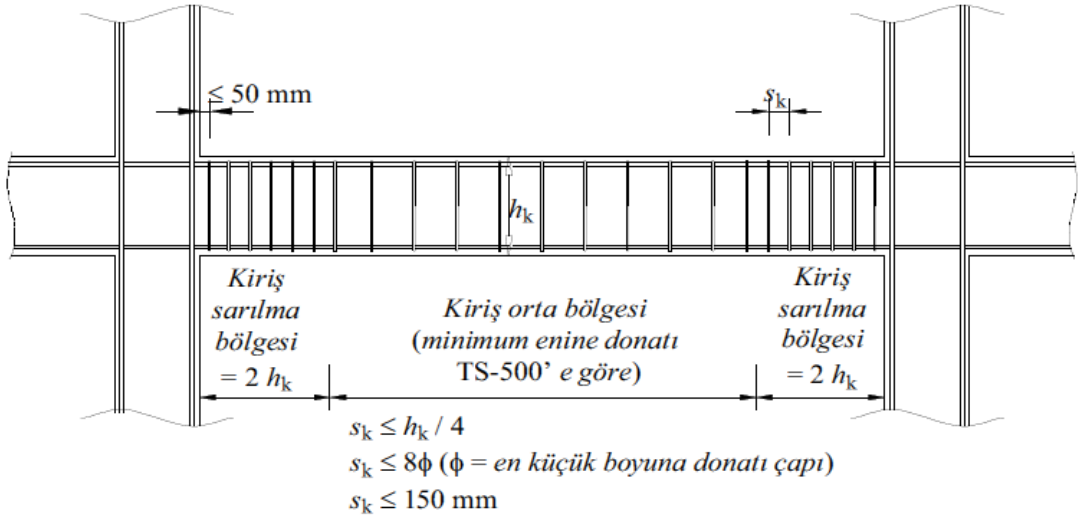
Taşıyıcı sistem tasarım esnasında kolonların dizaynında kaçınılması gereken bir diğer önemli nokta ise kısa kolon oluşumunun engellenmesidir. Kısa kolonlar, taşıyıcı sistem veya dolgu duvarlar ile kolonlar arsında bırakılan boşluklar sebebi ile oluşurlar. Kısa kolon oluşumunun kaçınılmaz olduğu durumlarda, kesme kuvveti V_e hesaplanırken kısa kolonun alt ve üst uçlarında $M_a \approx 1.4M_{ra}$ ve $M_{ü} \approx 1.4M_{rü}$ olarak alınacak, l_n ise kısa kolonun boyu olarak hesaplara dahil edilecektir.

4.4.2 Süneklik düzeyi yüksek kirişler

Düşey taşıyıcı sistem elemanları ile birlikte çerçeve oluşturan kirişlerin gövde genişliği, yönetmelikte belirtildiği üzere 250 mm.'den az olmamalıdır ve gövde genişliği kiriş yüksekliği ile kirişin birleştiği kolonun kirişe dik genişliğinin toplamını geçmemelidir. Aynı şekilde kiriş yüksekliği de, döşeme kalınlığının 3 katından ve 300 mm'den daha az, serbest açıklığın 1/4'ünden daha fazla olmamalıdır.

Tasarım aşamasında boyutlandırma ve donatılandırmada kullanılacak tasarım eksenel basınç kuvveti $N_d \leq 0.1A_c f_{ck}$ koşulunu sağlamalıdır. Kirişlerde kullanılacak boyuna donatıların çapı Ø12'den az olmamalıdır ve açıklık ve mesnetlerdeki çekme donatıları TS500'de belirtilen maksimum değerden fazla olmamalıdır.

Kirişlerin mesnetlerinde kolon yüzünden itibaren kiriş derinliğinin iki katı kadar uzunluktaki bölge sarılma bölgesi olarak tasarlanmalı ve deprem etriyeleri ile donatılmalıdır.



Şekil 4.7 : Süneklik düzeyi yüksek kirişlerin kesit ve donatı kuralları.

Kirişlere atılacak etriye hesabında esas alınacak kesme kuvveti (V_e) depremin etkime yönüne göre ve en elverişsiz sonucu verecek şekilde aşağıdaki denklem ile bulunacaktır.

$$V_e = V_{dy} \pm (M_{pi} + M_{pj}) / l_n \qquad \textbf{(4.21)}$$

Hesaplanan kesme kuvveti, $V_e \leq V_r$ ve $V_e \leq 0.22 b_w\, d\, f_{cd}$ sınırlamalarına uymalıdır. Koşullar sağlanamazsa eleman boyutları büyütülüp deprem hesabı tekrar yapılmalıdır.

Süneklik düzeyi yüksek kolon ve kirişlerden oluşan çerçeve sistemlerde kolon-kiriş birleşim noktaları; kirişlerin kolona dört taraftan birleşmesi ve her kirişin genişliğinin3/4'ünden daha az olmaması durumunda *Kuşatılmış Birleşim,* bu koşulun sağlanmaması durumunda ise *Kuşatılmamış Birleşim* olarak iki grupta incelenirler. Birleşim bölgelerindeki yapılacak hesaplar için kullanılacak kesme kuvveti,

$$V_e = 1.25\, f_{yk}\, (A_{s1} + A_{s2}) - V_{kol} \qquad \textbf{(4.22)}$$

Kirişler için hesaplanan kesme kuvvetinin aşmaması gereken sınırlar, çerçeve için hesaplanan kesme kuvveti için de geçerlidir. Bu sınırların aşılmamasına dikkat edilmelidir, aşılması durumunda ise eleman boyutları büyütülerek deprem hesabı tekrarlanmalıdır.

Kuşatılmış birleşimler için : $V_e \leq 0.60\, b_j\, h\, f_{cd}$ **(4.23)**

Kuşatılmamış birleşimler için : $V_e \leq 0.45\, b_j\, h\, f_{cd}$ **(4.24)**

4.4.3 Süneklik düzeyi yüksek perdeler

Perdeler, planda uzun kenarı kısa kenarının en az 7 katı olan düşey taşıyıcı sistem elemanlarıdır. Yönetmelikte belirtilen özel durumlar dışında, gövde bölgesindeki perde kalınlığı kat yüksekliğinin 1/20'sinden ve 200 mm'den az olmamalıdır.

Perde tasarımında dikkat edilmesi gereken önemli konulardan biri, kritik perde yüksekliğinin belirlenmesidir. Temel üstünden itibaren kritik perde yüksekliği, $2l_w$ değerini aşmamak üzere $H_{cr} \geq l_w$ ve $H_{cr} \geq H_w/6$ kriterlerinden olumsuz olanı sağlayacak şekilde belirlenmelidir.

$H_w / l_w > 2.0$ olan tüm perdelerde perde uç bölgeleri oluşturulmalıdır. Kritik perde yüksekliği boyunca uç bölgelerinin her birinin plandaki uzunluğu, perdenin plandaki toplam uzunluğunun %20'sinden ve perde kalınlığının iki katından az olmamalıdır. Kritik perde yüksekliğinin haricinde kalan kısımlarda ise; perde uç bölgelerinin her birinin plandaki uzunlukları, perdenin plandaki toplam uzunluğunun %10'undan ve perde kalınlığından az olmamalıdır.

Perdelerin gövde kısımları donatılandırılırken, gövde donatılarının toplam enkesit alanı düşey ve yatay donatıların her biri için başlık bölgesi hariç perde gövdesinin brüt alanının 0.0025'inden az olmaması kuralı göz önünde bulundurulmalıdır. Fakat

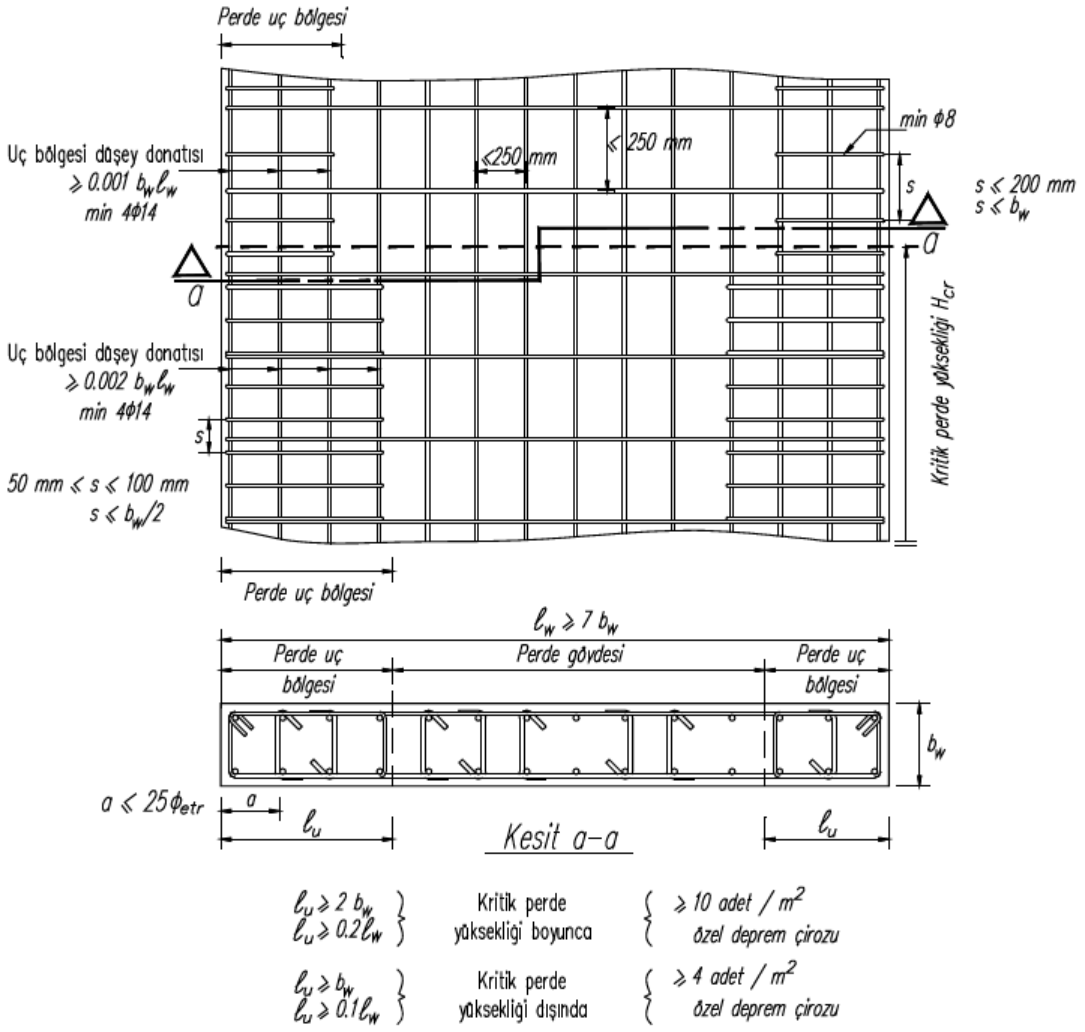
$H_w/l_W < 2.0$ durumunda, perde gövdesi olarak perdenin tüm kesiti hesaba katılacaktır. Hesap sonucu ne olursa olsun perdelerin boyuna ve enine donatılarının aralığı 25 cm'den daha fazla olmamalıdır. Yatay gövde donatıları, etriyelerle sarılı perde başlığının sonunda 90 derece kıvrılarak karşı yüzde köşedeki düşey donatıya 135 derecelik kanca ile bağlanmalıdır. Başlık bölgeleri haricinde perde gövdelerinin her iki yüzündeki donatı ağları, metrekarede en az 4 adet özel deprem çirozu ile karşılıklı bağlanmalıdır, kritik perde yüksekliği boyunca bu değer metrekarede 10 adet olarak hesaplanmalıdır.

Perde uç bölgelerinin donatılandırılması, özellikle kritik perde yüksekliği boyunca perde hesabının en önemli ve dikkat gerektiren unsurlarından biridir. Başlık bölgelerindeki düşey donatı miktarı 4Ø14'ten az olmamalıdır ve düşey donatıların toplam alanının perde brüt enkesit alanına oranı 0.001'den daha az olmamalıdır. Kritik perde yüksekliği boyunca bu oran 0.002 olarak hesaplanmalıdır.

Kullanılacak etriyelerin çapı yönetmeliğe göre Ø8'den ve çirozların arasındaki yatay uzaklık etriye çapının 25 katından fazla olmamalıdır. Kritik perde yüksekliği boyunca perde uç bölgelerindeki donatılar, kolon sarılma bölgelerinde hesaplanan miktarın en az 2/3'ü kadar olmalıdır. Düşey doğrultuda etriye ve çiroz aralığı perde kalınlığının yarısından ve 5 cm'den daha az, 10 cm'den daha fazla olmamalıdır. Aynı şekilde bu donatılar temelin içinde de en az perde kalınlığının iki katı kadar mesafe boyunca devam ettirilmelidir.

Perde hesabı esnasında, perde kedilerinin kesme dayanımı (V_r) Denklem **4.25** ile hesaplanır. Bulunan tasarım kesme kuveti, $V_e \leq V_r$ ve $V_e \leq 0.22 A_{ch} f_{cd}$ koşullarına uygun olmalıdır.

$$V_r = A_{ch} (0.65 f_{ctd} + \rho_{sh} f_{ywd}) \qquad \textbf{(4.25)}$$



Şekil 4.8 : Süneklik düzeyi yüksek perdelerin kesit ve donatı kuralları.

5. İSTANBUL YÜKSEK BİNALAR DEPREM YÖNETMELİĞİ KOŞULLARI

İstanbul Yüksek Binalar Deprem Yönetmeliği Taslağı; İstanbul Büyükşehir Belediyesi sınırları içinde inşa edilecek, yer seviyesinden itibaren yüksekliği en az 60 m olan yapıların depreme dayanıklı tasarlanması için uygulanan bir yönetmeliktir. Yönetmeliğin temel ilkesi deprem etkileri altında performansa göre tasarımdır. Bu tasarım yaklaşımı; belirli düzeylerdeki deprem etkisi altında, yüksek yapıların her bir taşıyıcı sistem elemanında, oluşan hasarın sayısal olarak tahminine ve hasarın kabul edilebilir sınırlar içinde olup olmadığına dayalıdır. Bu sınırlar, performans hedefi ile bağlantılı olarak deprem düzeyine göre tanımlanır. Eleman bazında hesaplanması gereken hasarlar, şiddetli deprem etkisi altında genellikle doğrusal elastik sınırlar ötesinde meydana geldiğinden; performansa göre tasarım, doğrusal olmayan analiz yöntemleri ve şekil değiştirmeye göre tasarımla doğrudan bağlantılıdır. Yönetmelikte hasarın sınırlı olmasının öngörüldüğü performans hedefleri için, dayanıma göre tasarım ilkesini baz alan doğrusal analiz yöntemlerinin de kullanımına izin verilmektedir.

5.1 Deprem Etkisinin Tanımlanması

Yönetmelik kapsamında, yüksek binaların performansa göre tasarımında göz önüne alınacak deprem düzeyleri D1, D2 ve D3 olmak üzere gruplandırılmıştır.

D1 Deprem Düzeyi: Yüksek binaların servis ömürleri boyunca meydana gelme olasılığı fazla olan, sık ancak yüksek şiddetli olmayan depremlerdir. 50 yılda aşılma olasılığı %50, dönüş periyodu 72 yıldır.

D2 Deprem Düzeyi: Yüksek binaların servis ömürleri boyunca meydana gelme olasılığı çok fazla olmayan, seyrek ancak şiddetli depremlerdir.50 yılda aşılma olasılığı %10, dönüş periyodu 475 yıldır.

D3 Deprem Düzeyi: Yüksek binaların maruz kalabileceği, yönetmelik kapsamındaki en şiddetli depremlerdir. 50 yılda aşılma olasılığı %2, dönüş periyodu 2475 yıldır.

5.2 Deprem Tasarım Spektrumları

D1, D2 ve D3 deprem düzeyleri için kısa (0.2 s) doğal titreşim periyodu ve 1 saniyelik doğal titreşim periyoduna karşı gelen yatay deprem spektral ivme değerleri, yönetmeliğin Ek-A bölümünde, referans alınan B ve C zemin sınıfları için verilmiştir. Diğer zemin sınıfları için spektral ivme değerleri Denklem **5.1** ve Denklem **5.2** ile hesaplanabilir.

$$S_{MS} = F_a \times S_s \quad \textbf{(5.1)}$$

$$S_{M1} = F_v \times S_1 \quad \textbf{(5.2)}$$

5.3 Zaman Tanım Alanında Deprem Etkisi

Zaman Tanım Alanında doğrusal olmayan analiz yapabilmek için, yönetmelikte belirtilen özelliklere sahip en az 7 deprem takımı seçilmelidir. İstanbul ili için, ivme kayıtlarının seçiminde yanal atımlı, $7.0 < M_w < 7.5$ moment büyüklüğünde, B ve C zemin sınıfında depremler ele alınacaktır. Deprem mesafesi ise, bina ile Ana Marmara Fay Hattı arası en kısa uzaklık alınacaktır.

Yeterli sayıda gerçek ivme kaydı bulunamazsa, üretilmiş yatay depremler kullanılabilir. Üretilecek yer hareketi simülasyonları, faylanma mekanizması, yırtılma özellikleri, deprem kaynağı ve kayıt istasyonu arasındaki ortamın jeolojik yapısını ele alan fiziksel bir modele dayanmalıdır.

5.4 Performans Düzeyleri, Bölgeleri, Hedefleri

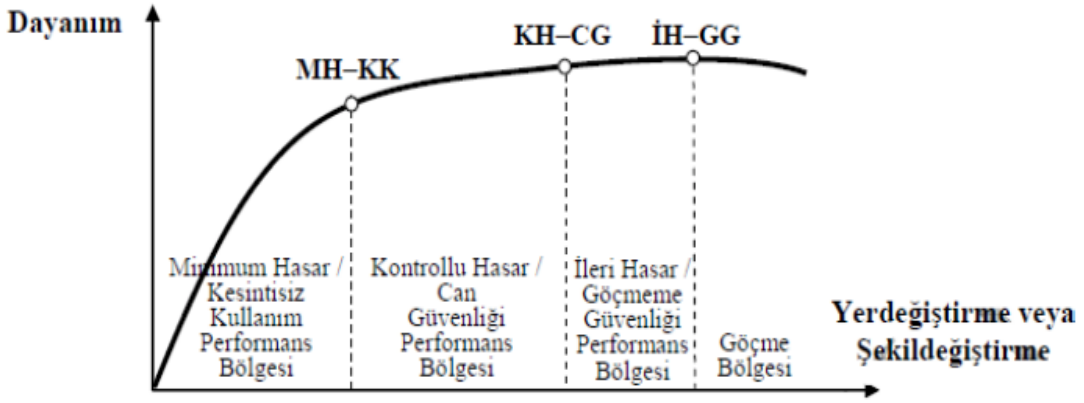
5.4.1 Performans düzeyleri

Minimum Hasar / Kesintisiz Kullanım (MH/KK): Yüksek binalarda ve binaların taşıyıcı sistem elemanlarında deprem etkisi altında hiç hasar meydana gelmemesi veya çok sınırlı düzeyde hasar oluşması durumudur. Yüksek bina, kesintisiz olarak kullanılmaya devam eder veya oluşacak hasar ve aksamalar birkaç gün içinde kolayca giderilebilir.

Kontrollü Hasar / Can Güvenliği (KH/CG): Yüksek binalarda ve binaların taşıyıcı sistem elemanlarında deprem etkisi altında, sınırlı ve onarılabilir düzeyde yapısal ve yapısal olmayan hasarın meydana gelmesine izin verilen performans düzeyidir. Binanın kullanımında kısa süreli aksamalar meydana gelebilir.

İleri Hasar / Göçmeme Güvenliği (İH/GG): Yüksek binalarda ve taşıyıcı sistem elemanlarında deprem etkisi altında göçme öncesinde oluşan ileri dereceli hasar durumudur. Binanın kullanımında uzun süreli aksamalar oluşabilir.

5.4.2 Performans bölgeleri



Şekil 5.1 : Performans bölgeleri ve hedefleri.

Performans bölgeleri, bir önceki bölümde tanımlanan performans düzeylerinin arasında kalan kısımlardır. MH-KK Performans Düzeyi'nin altında kalan kısım Minimum Hasar/Kesintisiz Kullanım Performans Bölgesi'dir. MH-KK Performans Düzeyi ile KH-CG Performans Düzeyi arasında kalan kısım Kontrollü Hasar/Can Güvenliği Performans Bölgesi'dir. KH-CG ile İH-CG Performans Düzeyleri arasındaki bölge İleri Hasar/Göçmeme Güvenliği Performans Bölgesi olarak adlandırılır ve İH-CG Performans Düzeyi'nin üstünde kalan kısım Göçme Bölgesi'dir (İYBDY, 2008).

5.4.3 Performans hedefleri

Çizelge 5.1 : Yüksek binalar için hedeflenen minimum performans hedefleri.

Kullanım Bakımından Bina Sınıfı	(D1) Deprem Düzeyi	(D2) Deprem Düzeyi	(D3) Deprem Düzeyi
Normal sınıf binalar: Konut, otel, ofis vb.	MH/KK	KH/CG	İH/CG
Özel sınıf binalar: Sağlık, eğitim, kamu vb.	-	MH/KK	KH/CG

Yüksek binalar için hedeflenen minimum performanslar, deprem düzeylerine göre Tablo 5.1'de verilmiştir.

Kullanım bakımından normal binalar sınıfına giren, konut otel ofis vb. amaçlı kullanılacak yüksek yapıların D1 depremi etkisi altında Minimum Hasar / Kesintisiz Kullanım Performans Bölgesi içinde, D2 depreminin etkisi altında Kontrollü Hasar / Can Güvenliği Performans Bölgesi'nde, D3 Depremi etkidiğinde ise İleri Hasar / Göçmeme Güvenliği Performans Bölgesi'nde bulunması hedeflenmektedir.

Özel sınıf Binalar grubuna dahil olan hastane, okul, kamu binası vb. yapılar için ise D2 düzeyindeki depremde Minimum Hasar / Kesintisiz Kullanım, D2 düzeyindeki depremde Kontrollü Hasar / Can Güvenliği performans bölgeleri hedeflenmektedir.

5.5 Yüksek Binalar için Analiz Yöntemleri

Yüksek binaların tasarım aşamasında yapılması öngörülen doğrusal elastik analizlerde 2007 DBYBHY'te verilen Mod Birleştirme Yöntemi kullanılmalı ve her mod katkısının birleştirilmesi için Tam Karesel Birleştirme Kuralı uygulanmalıdır. Hesaba katılacak yeterli mod sayısı, her kat için her doğrultuda hesaplanacak modal kat kesme kuvvetlerine göre belirlenmelidir. Bu bağıntılar yazılırken, bina kat döşemelerinin kendi düzlemleri içinde sonsuz rijit gibi davrandıkları varsayılmıştır.

$$V_{xin} = M_{xin} \times S_{aen} \tag{5.3}$$

$$M_{xin} = \Gamma_{xn} \sum_{j=i}^{N} m_j \Phi_{xjn} \tag{5.4}$$

$$\Gamma_{xn} = \frac{\sum_{j=1}^{N} m_j \Phi_{xjn}}{\sum_{j=1}^{N} m_j \Phi^2_{xjn} + m_j \Phi^2_{yjn} + m_{\theta j} \Phi^2_{\theta jn}} \tag{5.5}$$

Doğrusal olmayan analizlerde ise, Zaman Tanım Alanında Doğrudan Entegrasyon Yöntemi kullanılmalıdır. Birbirine dik iki doğrultudaki ivme kayıtlarının taşıyıcı sistemin asal eksenleri doğrultusunda aynı anda etkitilecek en az 7 deprem yer hareketi kullanılmalıdır. Ardından, ivme kayıtlarının eksenleri 90^0 döndürülerek analiz tekrarlanmalıdır. Tasarımda kullanılacak değerler, yapılan 14 analizin sonuçları alınarak bulunacaktır (İYBDY, 2008).

Analizlerde önemli bir etken olan Hareketli Yük Katılım Katsayısı (n);

$$n = 0.01\ (50 - N) \quad \text{.....} \quad N \leq 40 \qquad \textbf{(5.6)}$$

$$n = 0.10 \quad \text{.....} \quad N > 40 \qquad \textbf{(5.7)}$$

bağıntıları ile hesaplanmalıdır. İkinci mertebe etkilerinin göz önüne alınması zorunludur ve kullanılacak sönüm oranı maksimum ξ=0.5 alınmalıdır.

Doğrusal analizlerde; çerçeve elemanlar, çubuk sonlu elemanlar yöntemi ile; betonarme perde ve perde elemanlar ise kabuk sonlu elemanlar ile modellenmelidir. Çubuk elemanlardaki çatlamış kesite ait etkin eğilme rijitlikleri ile uyumluluk bakımından; kullanılan amprik bağıntılar, kabuk sonlu elemanların elastisite modülünün (E) azaltılması için de kullanılabilir.

Betonarme çubuk şeklinde idealleştirilen çerçeve elemanların modellenmesinde çatlamış kesite ait etkin eğilme rijitlikleri kullanılmalıdır. Ön boyutlandırma esnasında, DBYBHY 7. Bölüm'de verilen aşağıdaki denklemler kullanılabilir.

Kiriş için; $(EI)_e = 0.4\ (EI)_0$ **(5.8)**

Kolon ve Perde için; $N_D/(A_c f_{cm}) \leq 0.10$ ise $(EI)_e = 0.4\ (EI)_0$ **(5.9)**

$$N_D/(A_c f_{cm}) \geq 0.40 \text{ ise } (EI)_e = 0.8\ (EI)_0 \qquad \textbf{(5.10)}$$

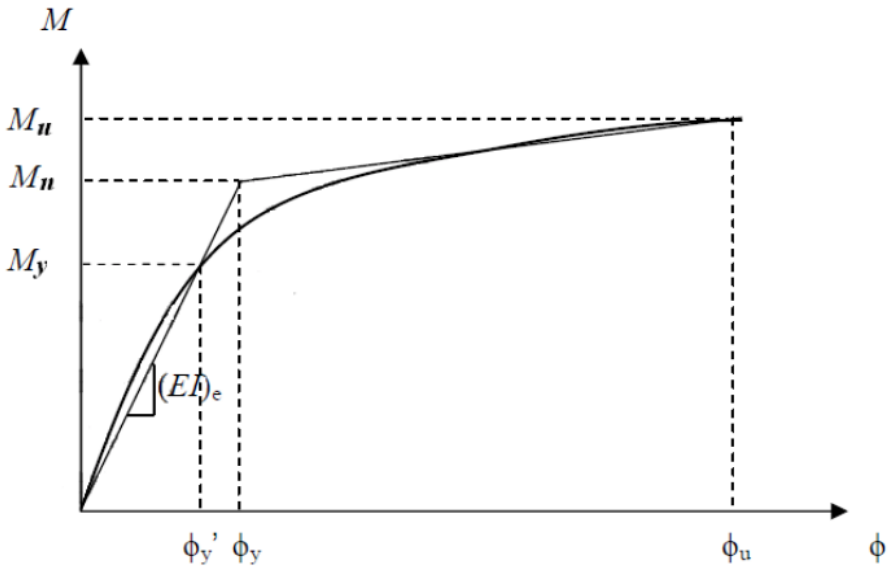
Doğrusal olmayan analizlerde ise yığılı plastisite yaklaşımı çerçevesinde plastik mafsallar tanımlandığı çubuk sonlu elemanlar yöntemi veya yayılı plastisite yaklaşımı çerçevesinde fiber elemanlar ile çerçeve elemanların modellenmesi gerçekleştirilebilir. Deprem yönetmeliğinde tanımlanan perde enkesit koşuları yüksekliği 75 m.den fazla olan binaların betonarme perdeleri için uygulanmayabilir fakat, perdelerin kayma rijitlikleri en uygun biçimde gözönüne alınmalıdır.

Daha sonraki tasarım ve gerçelleme aşamasında kullanılması gereken etkin eğilme rijitliği, hesaplanacak kesitin moment-eğrilik bağıntısından aşağıda verilen bağıntı ile elde edilecektir.

$$(EI)_c = M_y/\Phi'_y = M_N/\Phi_y \qquad \textbf{(5.11)}$$

Kesitteki ilk akma durumu M_y ve bu durumdaki eğrilik Φ'_y betonun birim şekil değiştirmesinin %0.2'sine veya donatı birim şekil değiştirmesinin akma şekil değiştirmesine erişmesine karşılık gelir. Φ_y etkin eğrilik ve etkin plastik moment M_N

betonun basınç birim şekil değiştirmesi 0.004 veya donatı birim şekildeğiştirmesi 0.015 alınarak bulunur.



Şekil 5.2 : Moment - eğrilik bağıntısı.

Yönetmeliğe göre, C50'den daha yüksek dayanım kullanılması söz konusu ise bağımsız kontrol grubunun onayı alınmalıdır.Elemanların ön boyutlama aşamasında beton, donatı ve yapı çeliğinin tasarım dayanımları, karakteristik dayanımlarının malzeme güvenlik katsayısına bölünmesi ile elde edilir. Gerçelleme aşamaları için ise, tasarım dayanımı olarak "Ortalama Dayanım" değerleri kullanılmalı ve malzeme güvenlik katsayıları gözönünde bulundurulmamalıdır. Ortalama dayanım değerleri ile karakteristik arasındaki bağıntılar, beton ve donatı çeliği için aşağıda verilmiştir.

Beton; $f_{ce} = 1.3\ f_{ck}$ **(5.12)**

Donatı çeliği; $f_{ye} = 1.17\ f_{yk}$ **(5.13)**

Taşıyıcı sistem tasarım aşamasında dikkat edilmesi gereken önemli konulardan biri transfer katlarıdır. Düşey taşıyıcı sistem elemanlarının yatay rijitliklerinde ani değişikliklerin bulunduğu katlarda yeterli rijitliğe ve dayanıma sahip aktarma (transfer) katları oluşturulmalıdır.

5.6 Performansa Göre Tasarım Aşamaları

5.6.1 Tasarım aşaması (I – A) : Kontrollü hasar/Can güvenliği hedef performansı için doğrusal analiz ile ön tasarım (Boyutlama)

Yönetmelikte beirtildiği üzere, Kontrollü Hasar/Can Güvenliği hedefli performans için ön boyutlandırma amaçlı olan bu tasarım aşamasında; Normal Sınıf Binalar için D2, Özel Sınıf Binalar için D3 düzeyindeki deprem etkileri altında doğrusal elastik analiz ve dayanıma göre tasarım yaklaşımı ile ön tasarım yapılır.

$$R_a(T) = 1.5 + (R-1.5)\,T/T_S \quad \ldots\ldots\ldots \quad (0 \le T \le T_S) \qquad \textbf{(5.14)}$$

$$R_a(T) = R \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (T_S < T) \qquad \textbf{(5.15)}$$

Binanın taşıyıcı sistem davranış katsayısına ve doğal titreşim periyoduna bağlı olarak hesaplanan, elastik deprem yüklerinin azaltılmasında kullanılması gereken Deprem Yükü Azaltma Katsayısı (R_a), Denklem **5.9** ve Denklem **5.10**'da verilmiştir.

Yüksek bina taşıyıcı sistemlerinin ön tasarımında, taşıyıcı sistem davranış katsayısı $R \le 7$ olmalı ve sistem dizayn edilirken sünekliğe önem verilmelidir. Betonarme sistemler için bu gruba dahil olan taşıyıcı sistem aşağıda tanımlanmıştır:

- Deprem yüklerinin bağ kirişli betonarme perdelerle taşındığı sistemler,

- Deprem yüklerinin tüp veya iç içe tüp sistemden oluşan rijit düğüm noktalı betonarme çerçevelerle birlikte taşındığı sistemler,

- Deprem yüklerinin boşluksuz veya bağ kirişli betonarme perdelerle ve/veya rijit düğüm noktalı betonarme çerçevelerle birlikte taşındığı taşıyıcı sistemler.

Ön tasarımda kullanılacak taban kesme kuvveti, deprem davranış katsayısından bağımsız olarak, aşağıda verilen denklem ile hesaplanan Vt_{min} değrerinden daha küçük olamaz.

$$Vt_{min} = 0.04.S_{MS(D2)}W \qquad \textbf{(5.16)}$$

Vt_{min} formülünde görülen $S_{MS(D2)}$ ifadesi, D2 düzeyindeki deprem için tanımlanan kısa periyot spektral ivmesini; W ise bina ağırlığını ifade eder.

Bu tasarım aşamasındaki lineer analiz esnasında; ek dışmerkezlik etkileri, eleman iç kuvvetleri, düşey taşıyıcı elemanların göreli kat ötelenmeleri, sargı donatısı koşulları ve kapasite tasarımı ilkeleri DBYBHY (2007)'de verildiği koşullarda gözönüne alınacaktır.

5.6.2 Tasarım aşaması (I – B) : Kontrollü hasar/Can güvenliği hedef performansı için doğrusal olmayan analiz ile tasarım

Yüksekliği 75 m. den fazla olan Normal Sınıf Binalar için D2, Özel Sınıf Binalar için ise D3 düzeyindeki deprem etkisi atında, tasarım aşaması I-A'da ön tasarımı yapılarak ön boyutları saptanan taşıyıcı sistem modelinin, yine aynı deprem etkileri altında KH/CG hedef performansı için doğrusal olmayan analiz ile tasarımının yapıldığı aşamadır.

Ek dışmerkezlik etkilerinin gözönüne alınmasının zorunlu olmadığı bu tasarım aşamasında, 2x7=14 analizden elde edilen hesap sonuçlarının ortalaması alınmalıdır. Her katta her bir düşey taşıyıcı elemanın göreli kat ötelemesi oranı 0.025 değerinden fazla olmamalıdır ve taşıyıcı sistem elemanlarının kesme kuvveti kapasiteleri DBYBHY (2007)'e göre ortalama dayanımlar esas alınarak yapılmalıdır. DBYBHY (2007)'de verilen sargı donatısı koşullarını sağlayan betonarme kesitler için, sargı donatısı içindeki bölgenin en dış lifindeki beton basınç birim değiştirmesi ile donatı çeliği birim şekildeğiştirmesi aşağıda verilen değerleri aşmamalıdır.

$$\varepsilon_{cg} = 0.013 \qquad \textbf{(5.17)}$$

$$\varepsilon_{s} = 0.040 \qquad \textbf{(5.18)}$$

5.6.3 Tasarım aşaması II : Minimum hasar/Kesintisiz kullanım hedef performansı için doğrusal analiz ile gerçelleme

Tasarım aşaması I-A'da ön tasarımı yapılarak ön boyutları saptanan, tasarım aşaması I-B'de ise tasarımı yapılan taşıyıcı sistem modeli; Normal Sınıf Binalarda D1, Özel Sınıf Binalarda D2 düzeyindeki depremlerin etkisi altında, MH/KK hedef performansı için yapılacak lineer analiz ile gerçellenir.

Yüksekliği 75 m.yi aşmayan binaların tasarımı bu aşama ile sona erdirilecektir. Gerçellemede kullanılacak iç kuvvetler, taşıyıcı sistem türünden bağımsız olarak lineer analizden elde edilen iç kuvvetlerin Ra=1.5'a bölünmesi ile hesaplanacaktır. Bu analiz aşamasında ekdışmerkezlik etkileri gözönünde bulundurulmayabilir. Her katta, her bir düşey taşıyıcı elemanın DBYBHY (2007) baz alınarak göre hesaplanan göreli kat ötelenmesi oranının 0.01 değerini aşmaması gerekir.

5.6.4 Tasarım aşaması III : İleri hasar/Göçmeme güvenliği hedef performansı için doğrusal olmayan analiz ile gerçelleme

Tasarım aşaması I-A'da ön tasarımı yapılan ve ön boyutları belirlenen, I-B'de tasarımı yapılan yüksek bina taşıyıcı sisteminin, D3 düzeyindeki deprem etkisi altında İH/GG hedef performansı için doğrusal olmayan analiz ile gerçellenmesi aşamasıdır. Ek dışmerkezlik etkileri gözönüne alınmayabilir. Önceki doğrusal olmayan analiz aşamalarında olduğu gibi 2×7=14 analizin sonuçları elde edilecek ve bu sonuçların ortalaması kullanılacaktır.

Her katta her bir düşey taşıyıcı elemanın göreli kat ötelemesi oranı 0.035 değerini aşmamalıdır. Betonarme taşıyıcı sistem elemanlarının kesme kuvveti kapasiteleri, DBYBHY (2007)'de belirtilen koşullara göre hesaplanmalıdır.

DBYBHY (2007)'de sargı donatısı koşullarına uyan kesitlerde, sargı donatısı içindeki bölgenin en dış lifindeki beton basınç birim şekildeğiştirmesi ile donatı çeliği birim şekildeğiştirmesi aşağıda verilen değerlerden büyük olmamalıdır.

$$\varepsilon_{cg} = 0.013 \quad \textbf{(5.19)}$$

$$\varepsilon_{s} = 0.040 \quad \textbf{(5.20)}$$

6. SAYISAL İNCELEMELER

Bu bölümde, 33 katlı betonarme yüksek bir binanın farklı döşeme tipleri altındaki davranış değişimi incelenmektedir. Bina, önceki bölümlerde açıklanan 2007 DBYBHY kapsamındaki doğrusal elastik hesap yöntemleri ile ETABS programı kullanılarak analiz edilmiştir. kullanım amacı ofis olarak tasarlanan yapı; 3 bodrum kat, 1 zemin kat ve 29 normal kattan oluşan toplamda 116.5 metre yüksekliğinde, her iki doğrultuda da simetrik kalıp planına sahiptir.

6.1 Yapı Genel Özellikleri

Yapı Parametreleri :

- Kat Sayısı — 33 (3B+1Z+29N)
- Yapı Toplam Yüksekliği — 116.50 m
- Fonksiyonu — Ofis
- Bina Oturma Alanı — 1044 m^2
- Kat Yüksekliği — Zemin Kat : 4.5 m; Normal Katlar : 3.5 m
- Plan Uzunlukları — X : 29.00 m; Y : 36.00 m

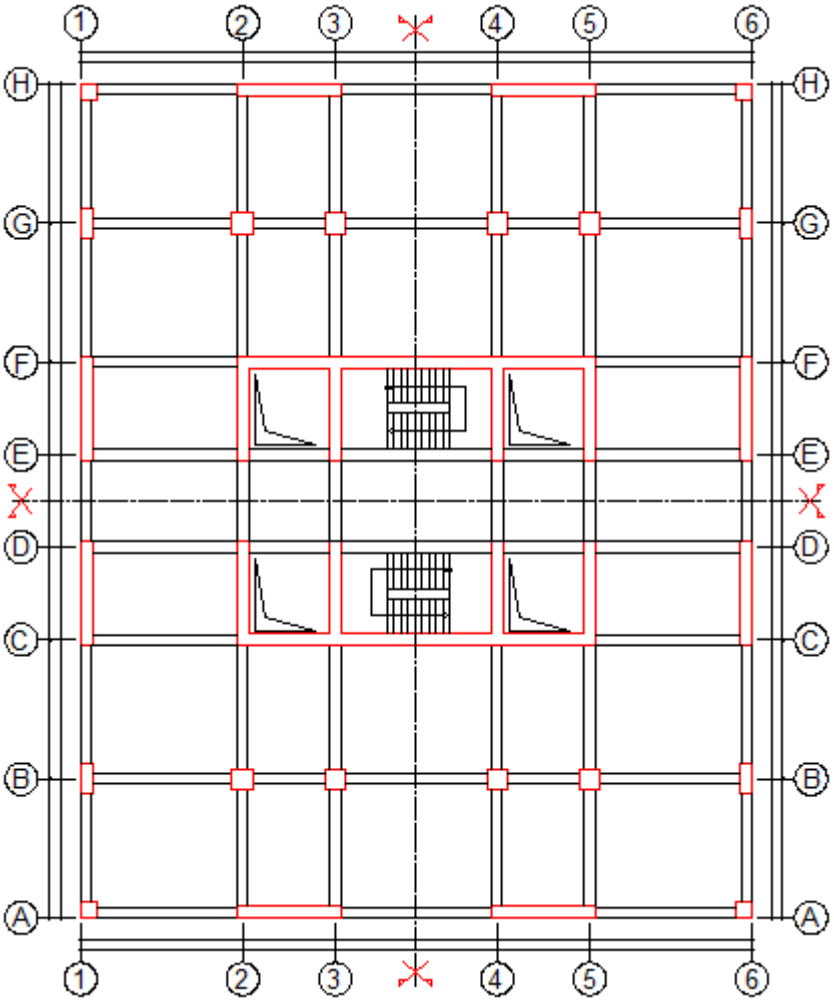
Deprem Parametreleri :

- Deprem Bölgesi — 1. Derece
- Etkin Yer İvmesi Katsayısı [A_o] — 0.40
- Yerel Zemin Sınıfı — Z2
- Spektrum Karakteristik Periyotları — T_A=0.15 s; T_B=0.40 s
- Bina Önem Katsayısı — 1.0
- Hareketli Yük Katılım Katsayısı [n] — 0.30
- Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı [R] — 7

Malzeme Parametreleri :

- Beton C50 [f_{ck}=50 MPa] [f_{cd}=33.33 MPa]
- Betonarme Elastisite Modülü [E_c] 37000 MPa
- Beton Malzeme Güvenlik Katsayısı 1.5
- Donatı Çeliği St420 [f_{yk}=420 MPa] [f_{yd}=365.22 MPa]
- Donatı Çeliği Elastisite Modülü [E_s] 200000 MPa
- Donatı Çeliği Malzeme Güvenlik Katsayısı 1.15

6.2 Taşıyıcı Sistem Özellikleri



Şekil 6.1 : Yapı taşıyıcı sistemi.

Analizi yapılacak olan binanın zemin kat kalıp planı Şekil 6.1 de verilmiştir. Yapının taşıyıcı sistemi; 2-5 ve C-F eksenleri arasında perdelerin birleştirilmesi ile oluşturulan çekirdek bölgesi, etrafında ise taşıyıcı kolon ve kirişlerden oluşturulmuş çerçevelerden meydana gelmektedir. Binanın temel mimarisi, kolon ve perde yerleri değiştirilmeden yalnızca farklı döşeme sistemleri tanımlanarak çalışılan bina, X-X ve Y-Y doğrultularında tam simetrik olduğundan hesap kolaylığı açısından sistemin dörtte biri ile çalışılmış olup; asansör, merdiven ve hava bacası boşlukları hesaba katılmamıştır. Taşıyıcı sistem elemanlarının boyutları Çizelge 6.1 de görüldüğü üzere, kotlara göre değişim göstermektedir.

Çizelge 6.1 : Düşey ve yatay taşıyıcı sistem eleman boyutları.

(-10.50) - (+36.00) KOTLARI ARASI								
KOLON	**İSİM**	**BOYUT (cm×cm)**	**PERDE**	**İSİM**	**BOYUT (cm×cm)**	**KİRİŞ**	**İSİM**	**BOYUT (cm×cm)**
	S01-S04-S35-S38	70/70		P02-P03-P36-P37	450/50		Çekirdek İçi	50/60
	S05-S10-S29-S34	50/130		P14-P19-P20-P25	450/50		Çekirdek Dışı	45/60
	S06-S07-S08-S09	90/90		Çekirdek	b=50			
	S30-S31-S32-S33							
(+36.00) - (+71.00) KOTLARI ARASI								
KOLON	**İSİM**	**BOYUT (cm×cm)**	**PERDE**	**İSİM**	**BOYUT (cm×cm)**	**KİRİŞ**	**İSİM**	**BOYUT (cm×cm)**
	S01-S04-S35-S38	60/60		P02-P03-P36-P37	450/50		Çekirdek İçi	50/60
	S05-S10-S29-S34	50/100		P14-P19-P20-P25	450/50		Çekirdek Dışı	45/60
	S06-S07-S08-S09	80/80		Çekirdek	b=50			
	S30-S31-S32-S33							
(+71.00) - (+106.00) KOTLARI ARASI								
KOLON	**İSİM**	**BOYUT (cm×cm)**	**PERDE**	**İSİM**	**BOYUT (cm×cm)**	**KİRİŞ**	**İSİM**	**BOYUT (cm×cm)**
	S01-S04-S35-S38	60/60		P02-P03-P36-P37	450/40		Çekirdek İçi	50/60
	S05-S10-S29-S34	45/90		P14-P19-P20-P25	450/40		Çekirdek Dışı	45/60
	S06-S07-S08-S09	70/70		Çekirdek	b=50			
	S30-S31-S32-S33							

Yapı, sırasıyla beş farklı tipte döşeme sistemi etkisi altında analiz edilmiştir.

- Kirişli plak döşeme sistemi : Tip I
- Bir doğrultuda çalışan dişli döşeme sistemi : Tip II
- Kirişsiz plak döşeme sistemi : Tip III
- Bina çevresinde kirişleri bulunan kirişsiz plak döşeme sistemi : Tip IV
- Rijit bodrum katlı kirişli plak döşeme sistemi : Tip V

6.3 Yüklerin Tespiti

6.3.1 Duvar yükü

Yapının kullanım amacı ofis olduğundan, zaman içindeki bölme duvar yerleşim değişikliklerine önlem olması amacı ile duvar yükleri, hareketli yüke 1.5 kN/m^2 eklenerek tüm döşemelere yayılı yük olarak etkitilmiştir.

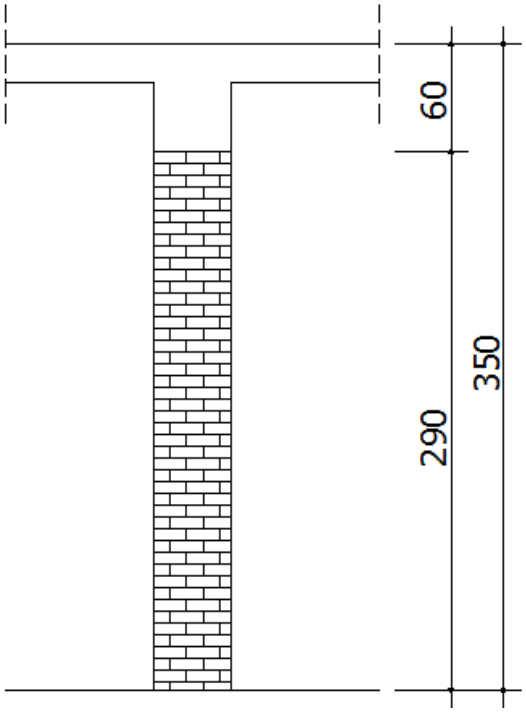
Dış cephe çevre kirişlerine ise giydirme cephe yükünü karşılaması bakımından 2.0 kN/m^2 duvar yükü etkitilmiştir.

- Normal katlardaki 60 cm kiriş harici temiz duvar yüksekliği :
  $h' = 3.5 - 0.60 = 2.90$ m

  $G_{duvar} = 2.90 \text{ m} \times 2.0 \text{ kN/m}^2 = 5.80 \text{ kN/m}$ olarak hesaplanmıştır.

- Zemin kattaki 60 cm kiriş harici temiz duvar yüksekliği :
  $h' = 4.5 - 0.60 = 2.90$ m

  $G_{duvar} = 3.90 \text{ m} \times 2.0 \text{ kN/m}^2 = 7.80 \text{ kN/m}$ olarak hesaplanmıştır.



Şekil 6.2 : Duvar yüksekliği tespiti (cm).

6.3.2 Kaplama yükü

İşlem kolaylığı bakımından her katta tüm döşemelere yayılı yük olarak, $G_{kaplama}$ = 2.0 kN/m^2 kaplama yükü tanımlanmıştır.

6.3.3 Hareketli yük

Yapının ekonomik ömrü süresince kullanım amacının değişmesi ihtimali ve bölme duvarların hareketliliği bakımından; tüm döşemelere yayılı yük olarak Q = 3.5 kN/m^2, koridor ve merdivenlere ise Q = 5.0 kN/m^2 hareketli yük etkitilmiştir.

6.3.4 Dizayn Yük Kombinasyonları

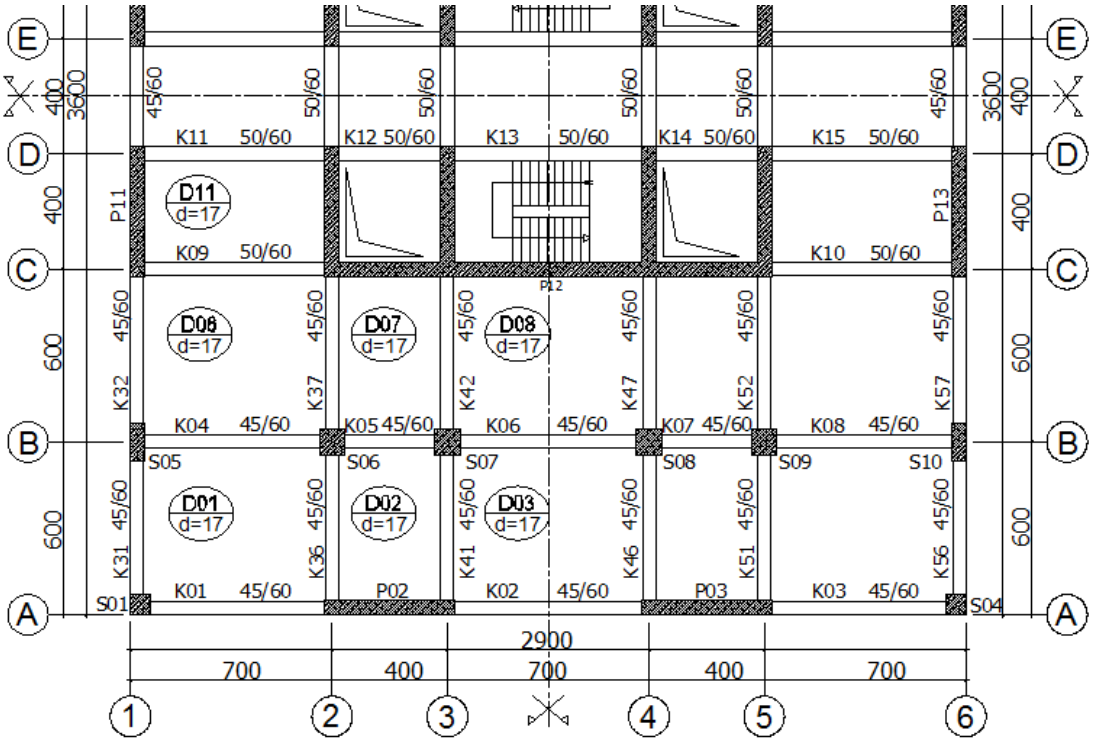
Tüm tiplerde esas analiz yöntemi olarak "Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi" kullanılmıştır fakat bina toplam deprem yüklerinin karşılaştırılması ve gerekli olması halinde Mod Birleştirme Yöntemi için kullanılacak büyütme katsayılarının hesaplanabilmesi amacı ile tüm bina tiplerine Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'de uygulanmıştır. Analiz esnasında kullanılan yük kombinasyonları aşağıda listelenmiştir. TS500'ün 6.2.6 "Yük Katsayıları ve Yük Birleşimleri" maddesinden yola çıkan kombinasyonlarda belirtilen G yükü, zati-ölü ve kaplama yüklerinin toplamı olup; Q yükü hareketli yük, SPECX ve SPECY yüklemeleri ise X-X ve Y-Y doğrultularındaki yatay deprem yüklemelerini belirtir. X ve Y doğrultusunda deprem yükleri yapıya ±%5 dışmerkezlik gözönüne alınarak etkitilmiştir. Yapıya etkiyen herhangi bir toprak yükü ve sıcaklık yükü bulunmadığından, bu yükler kombinasyonlara dahil edilmemiştir.

Mod Birleştirme Yöntemi için kullanılan yük kombinasyonları :

- DUSEY : 1.4G + 1.6Q
- DSPECX1 : G + Q + SPECX1
- DSPECX2 : G + Q + SPECX2
- DSPECY1 : G + Q + SPECY1
- DSPECY2 : G + Q + SPECY2
- DSPECX3 : 0.9G + SPECX1
- DSPECX4 : 0.9G + SPECX2
- DSPECY3 : 0.9G + SPECY1
- DSPECY4 : 0.9G + SPECY2

6.4 Kirişli Plak Döşeme Sistemi (Tip-I)

Tip-I, kirişli plak döşeme sisteminin tanımlandığı modeldir. Zemin kat tavan kalıp planı Şekil 6.3'de verilen sistemde, tüm döşemeler çift yönlü çalışmaktadır. Çevre kirişler 45cm/60cm, çekirdek içi kirişler ise 50cm/60cm seçilmiştir.



Şekil 6.3 : Tip-I zemin kat tavan kalıp planı.

6.4.1 Döşeme kalınlığı hesabı

Döşeme kalınlığı tespiti için iki yöndeki açıklığı en büyük ve süreksiz kenarı en fazla olan D01 döşemesi ele alınmıştır. D01 döşemesi, 7.0 m × 6.0 m boyutlarında ve iki süreksiz kenara sahiptir. TS500'de 11.4.2 ilkesinde yer alan aşağıdaki denklem kullanılarak minimum döşeme kalınlığı belirlenmiştir.

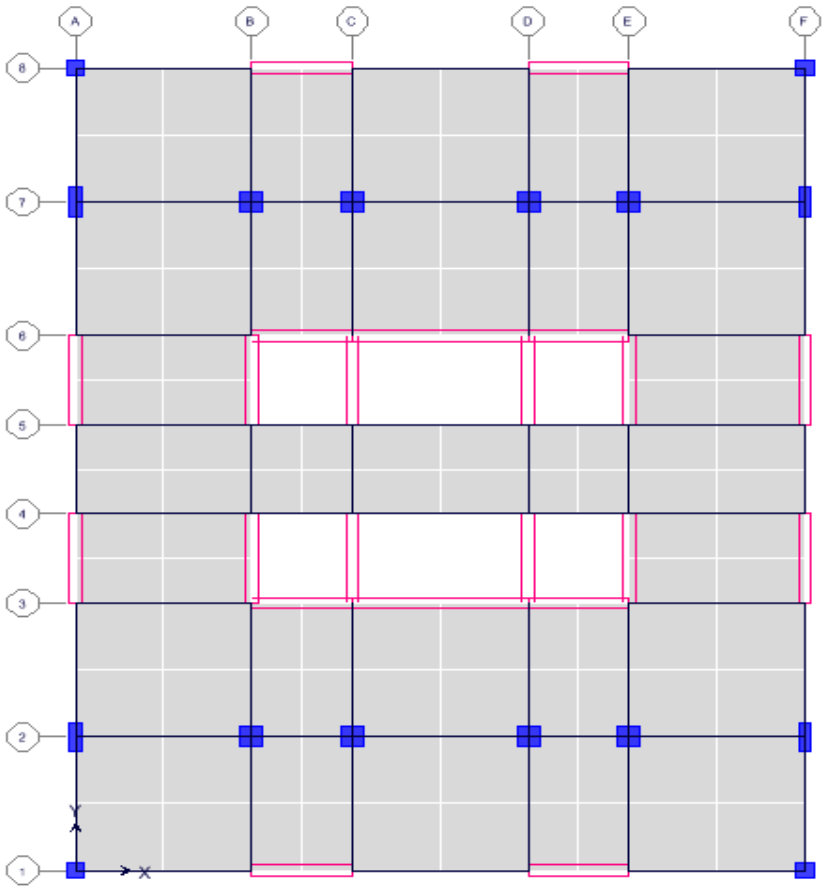
$$h \geq \frac{l_{kn}}{15+\frac{20}{m}}\left(1-\frac{\alpha_s}{4}\right) \quad \text{ve} \quad h \geq 80 \text{ mm} \qquad \textbf{(6.1)}$$

D01 döşemesi için $\alpha_s = \dfrac{532.5}{(532.5\times 2)+(632.5\times 2)} = 0.2285$

$h \geq \dfrac{532.5}{15+\dfrac{20}{700/600}}\left(1-\dfrac{0.2285}{4}\right)$ = 15.62 cm olduğundan, d=17 cm seçilmiştir.

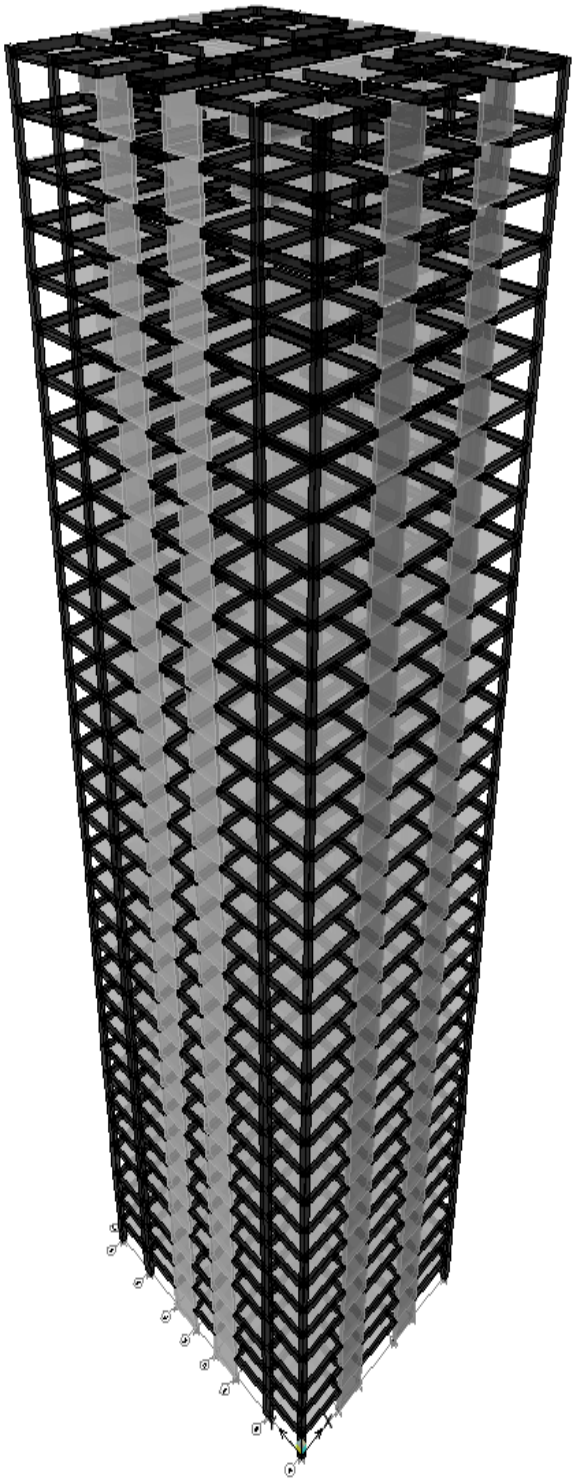
6.4.2 Modelleme aşaması

Çizelge 6.1'de belirtilen taşıyıcı sistem eleman boyutları ve Bölüm 6.3'te hesaplanan yüklemeler kullanılarak modellenen Tip-I Kirişli Plak Döşeme Sistemi'nin ETABS modelinden alınan zemin kat tavan kalıp planı Şekil 6.4'te görülmektedir.



Şekil 6.4 : Tip-I zemin kat tavan kalıp planı (ETABS).

Yapının kirişli plak döşeme sistemi ile, düşey yükler ve yatay deprem yüklerinin etkisi altında yapacağı davranışı belirlemek amacıyla üç boyutlu modeli oluşturulmuştur. Modelleme aşamasında; kolon ve kirişler çubuk eleman olarak atanmış olup, perdeler kabuk olarak tanımlanmıştır. Asansör ve merdivenlerin bulunduğu döşemelerde boşluk bırakılarak, 17 cm kalınlığında döşemeler tanımlanmış ve gerçeğe daha yakın sonuç almak amacı ile her döşeme yatay ve düşey doğrultuda ikişer mesh'e bölünmüştür. Döşemeler; her katta kendi düzlemleri içinde rijit çalıştığı kabul edilerek her kata rijit diyafram kabulü yapılmıştır. Kendi düzlemleri dışındaki kuvvet ve momentleri de hesaplayabilmek adına, döşemeler shell elemanlar olarak tanımlanmıştır.



Şekil 6.5 : Tip-I üç boyutlu ETABS modeli.

Binanın doğal titreşim periyodu ve ağırlığı, Şekil 6.6'da verilen "Story Shears" ve Şekil 6.7'de verilen "Modal Participating Mass Ratios" pencerelerinden de görüldüğü üzere Etabs programı ile hesaplanmıştır.

Story Shears

Edit View

Story Shears

Story	Load	Loc	P	VX	VY	T	MX	MY
STORY3	GWALL	Bottom	15380,40	0,00	0,00	0,000	282067,200	-217969,
STORY2	GSELF	Top	352008,50	0,00	0,00	0,000	6336153,000	-510412
STORY2	GSELF	Bottom	357087,00	0,00	0,00	0,000	6427566,000	-517776
STORY2	QLIVE	Top	109056,00	0,00	0,00	0,000	1963008,000	-1581312
STORY2	QLIVE	Bottom	109056,00	0,00	0,00	0,000	1963008,000	-1581312
STORY2	GCOVER	Top	59136,00	0,00	0,00	0,000	1064448,000	-857472,
STORY2	GCOVER	Bottom	59136,00	0,00	0,00	0,000	1064448,000	-857472,
STORY2	GWALL	Top	15948,80	0,00	0,00	0,000	292298,400	-226211,
STORY2	GWALL	Bottom	15948,80	0,00	0,00	0,000	292298,400	-226211,
STORY1	GSELF	Top	363459,00	0,00	0,00	0,000	6542262,000	-527015
STORY1	GSELF	Bottom	368537,50	0,00	0,00	0,000	6633675,000	-534379
STORY1	QLIVE	Top	112464,00	0,00	0,00	0,000	2024352,000	-1630728
STORY1	QLIVE	Bottom	112464,00	0,00	0,00	0,000	2024352,000	-1630728
STORY1	GCOVER	Top	60984,00	0,00	0,00	0,000	1097712,000	-884268,
STORY1	GCOVER	Bottom	60984,00	0,00	0,00	0,000	1097712,000	-884268,
STORY1	GWALL	Top	16517,20	0,00	0,00	0,000	302529,600	-234453,
STORY1	GWALL	Bottom	16517,20	0,00	0,00	0,000	302529,600	-234453,

OK

Şekil 6.6 : Analiz sonucunda elde edilen ağırlıklar (Tip-I).

Modal Participating Mass Ratios

Edit View

Modal Participating Mass Ratios

Mode	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX
1	2,574762	0,0000	72,4748	0,0000	0,0000	72,4748	0,0000	99,699
2	2,035278	65,6291	0,0000	0,0000	65,6291	72,4748	0,0000	0,000
3	1,913732	0,0000	0,0005	0,0000	65,6291	72,4753	0,0000	0,000
4	0,776247	0,0000	12,6760	0,0000	65,6291	85,1513	0,0000	0,011
5	0,578709	0,0001	0,0000	0,0000	65,6292	85,1513	0,0000	0,000
6	0,467285	18,7372	0,0000	0,0000	84,3664	85,1513	0,0000	0,000
7	0,388668	0,0000	4,5641	0,0000	84,3664	89,7154	0,0000	0,227
8	0,292952	0,0000	0,0000	0,0000	84,3664	89,7154	0,0000	0,000
9	0,237018	0,0000	2,5689	0,0000	84,3664	92,2843	0,0000	0,016
10	0,203830	6,4716	0,0000	0,0000	90,8380	92,2843	0,0000	0,000
11	0,181665	0,0000	0,0000	0,0000	90,8380	92,2843	0,0000	0,000
12	0,159552	0,0000	1,6585	0,0000	90,8380	93,9428	0,0000	0,024
13	0,127513	0,0001	0,0000	0,0000	90,8381	93,9428	0,0000	0,000
14	0,122559	3,0440	0,0000	0,0000	93,8822	93,9428	0,0000	0,000
15	0,114778	0,0000	1,1905	0,0000	93,8822	95,1333	0,0000	0,005
16	0,096000	0,0000	0,0000	0,0000	93,8822	95,1334	0,0000	0,000
17	0,086777	0,0000	0,9272	0,0000	93,8822	96,0605	0,0000	0,006

OK

Şekil 6.7 : Bina periyotları (s) (Tip-I).

Bina ağırlığı :

W = G + 0.3Q = (368537.5+60984.0+16517.2) + 0.3×(112464.0) = 479778 kN

Y Yönünde eşdeğer deprem yüklerinin tanımlanması :

T_{1Y} = 2.575 s $\rightarrow (T_{1Y}) = 2.5\ (0.40/T_{1Y})^{0.8} = 2.5\ (0.40/2.575)^{0.8} = 0.564$ s

DBYBHY 2007'de belirtildiği üzere, $V_{ty} \geq 0.10\ A_0\ I\ W$ koşulu sağlanmalıdır.

$0.10\ A_0\ I\ W = 0.10 \times 0.40 \times 1 \times 479778 = 19191$ kN

$V_{ty} = \frac{W.A_0.I.S(T_{1Y})}{R_a(T_1)} = \frac{479778 \times 0.40 \times 1 \times 0.564}{7} = 15463$ kN ≥ 19191 kN koşulu sağlanamadığından V_{ty} = 19191 kN değeri alınmıştır.

$C'_y = \frac{A_0.I.S(T_{1Y})}{R_a(T_1)} = \frac{0.40 \times 1 \times 0.564}{7} = 0.0322$

$\Delta F_{NY} = 0.0075.N.C'_y.W = 0.0075 \times 33 \times 0.0322 \times W = 0.00797W = 3824$ kN

X Yönünde eşdeğer deprem yüklerinin tanımlanması :

T_{1X} = 2.035 s $\rightarrow (T_{1X}) = 2.5\ (0.40/T_{1Y})^{0.8} = 2.5\ (0.40/2.035)^{0.8} = 0.680$ s

DBYBHY 2007'de belirtildiği üzere, $V_{tx} \geq 0.10\ A_0\ I\ W$ koşulu sağlanmalıdır.

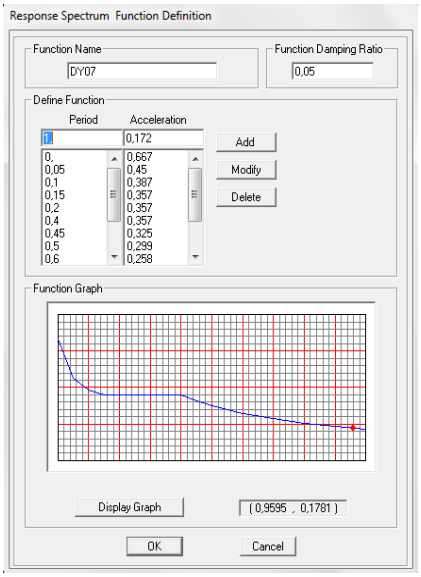
$0.10\ A_0\ I\ W = 0.10 \times 0.40 \times 1 \times 479778 = 19191$ kN

$V_{tx} = \frac{W.A_0.I.S(T_{1X})}{R_a(T_1)} = \frac{479778 \times 0.40 \times 1 \times 0.680}{7} = 18643$ kN ≥ 19191 kN koşulu sağlanamadığından V_{ty} = 19191.12 değeri alınmıştır.

$C'_x = \frac{A_0.I.S(T_{1x})}{R_a(T_1)} = \frac{0.40 \times 1 \times 0.680}{7} = 0.0389$

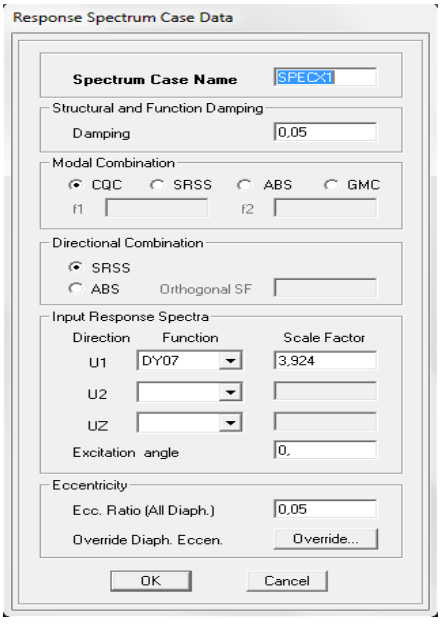
$\Delta F_{NX} = 0.0075.N.C'_x.W = 0.0075 \times 33 \times 0.0389 \times W = 0.00963W = 4619$ kN

Mod Birleştirme Yöntemi'ne göre yapılacak analiz esnasında kullanılacak ivme tasarım spektrumu, binanın yerel zemin koşulu olan Z2 gözönüne alınarak belirlenmiştir. T= 0 - 3 s arası hesaplanan $S(T)/R_a(T)$ değeri programa "Response Spectrum Functions" penceresinde tanıtılarak, azaltılmış ivme tasarım spektrum grafiği oluşturulmuştur (Şekil 6.8).



Şekil 6.8 : İvme tasarım spektrumu (Z2).

Oluşturulan elastik ivme spektrumunu kullanarak yapıya X ve Y yönünde etkiyecek deprem yüklerinin hesaplanabilmesi için; SPECX1, SPECX2, SPECY1 ve SPECY2 olmak üzere 4 adet spektrum fonksiyonu tanımlanmıştır (Şekil 6.9).



Şekil 6.9 : SPECX1 fonksiyonu tanımlaması.

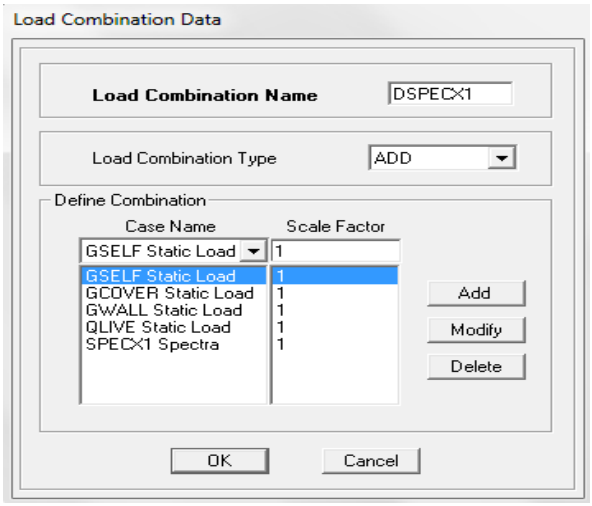
Tanımlanan DY07 adlı spektrum fonksiyonunu büyütmekte kullanılacak spektral ivme katsayısı, DBYBHY 2007'de bulunan Formül 2.4'ten yola çıkılarak hesaplanmıştır.

$$A(T) = A_0 \, I \, S(T) \quad \textbf{(6.2)}$$

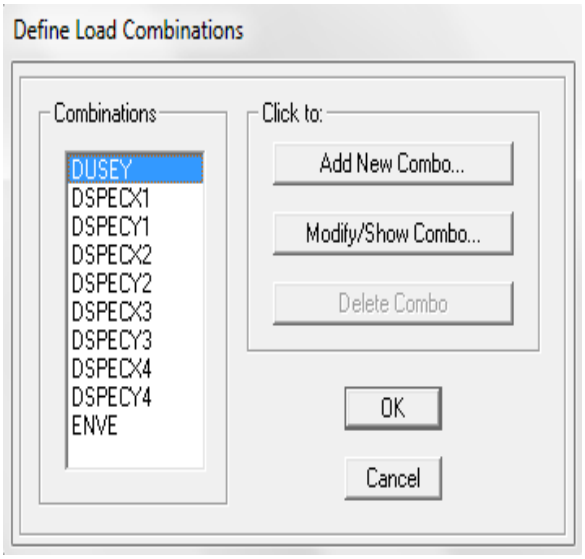
$$S_{ae} = A(T) \, g = A_0 \, I \, S(T) \, g \quad \textbf{(6.3)}$$

$$S_{ae}/S(T) = A_0 I \, g = 0.40 \times 1.0 \times 9.81 = 3.924 \quad \textbf{(6.4)}$$

Yukarıda tanımlanan spektrum fonksiyonları, Şekil 6.10'da da gösterildiği gibi kombinasyonlara dahil edilerek; program tarafından her iki yönden de ±%5 dışmerkezlik ile yapıya etkitilmesi sağlanmıştır. Ardından, her katta üç mod gözönüne alınarak bina analiz edilmiştir.



Şekil 6.10 : Kombinasyon tanımlaması.



Şekil 6.11 : Kombinasyon isimleri.

Bina ilk olarak Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'ne göre analiz edilmiştir. Bunun sebebi, Eşdeğer Deprem Yükü ve Mod Birleştirme Yöntemlerine göre yapılan analizler sonucunda program iki yöntem için de bina toplam deprem yükü hesaplamaktadır. DBYBHY 2007'de belirtildiği üzere; mod birleştirme yöntemine göre hesaplanan bina toplam deprem yükü değerinin, eşdeğer deprem yükü yöntemine göre hesaplanan değerden büyük olması gerekmektedir, aksi durumda mod birleştirme yöntemine göre hesaplanan kuvvetler büyütme katsayısı ile büyütülmelidir (Özmen ve diğ., 2005). Tip-I bina için yapılan analizler sonucunda elde edilen toplam deprem yükü değerleri ve büyütme katsayısı değerleri aşağıdaki tabloda görülmektedir. Hesaplanan katsayılara göre Mod Birleştirme Yöntemi ile analiz yenilenmiştir.

Çizelge 6.2 : Büyütme katsayıları (Tip-I).

	Eşdeğer Deprem Yükü (kN)	Mod Birleştirme Yöntemi (kN)	Büyütme Katsayısı
Vtx	18990.35	17477.4	1.086
Vty	18951.74	12904.73	1.468

6.4.3 Tip-I bina analizi sonucunda elde edilen veriler

Çizelge 6.3 : Modlara göre periyot ve kütle katılım oranları (Tip-I).

Mod	Periyot (s)	UX	UY	ΣUX	ΣUY
1	2,575	0,00	72,47	0,00	72,47
2	2,035	65,63	0,00	65,63	72,47
3	1,914	0,00	0,00	65,63	72,48
4	0,776	0,00	12,68	65,63	85,15
5	0,579	0,00	0,00	65,63	85,15
6	0,467	18,74	0,00	84,37	85,15
7	0,389	0,00	4,56	84,37	89,72
8	0,293	0,00	0,00	84,37	89,72
9	0,237	0,00	2,57	84,37	92,28
10	0,204	6,47	0,00	90,84	92,28
11	0,182	0,00	0,00	90,84	92,28
12	0,160	0,00	1,66	90,84	93,94
13	0,128	0,00	0,00	90,84	93,94
14	0,123	3,04	0,00	93,88	93,94
15	0,115	0,00	1,19	93,88	95,13
16	0,096	0,00	0,00	93,88	95,13
17	0,087	0,00	0,93	93,88	96,06
18	0,086	1,67	0,00	95,55	96,06
19	0,076	0,00	0,00	95,55	96,06
20	0,068	0,00	0,75	95,55	96,81
21	0,066	1,06	0,00	96,62	96,81
22	0,062	0,00	0,00	96,62	96,81
23	0,056	0,00	0,62	96,62	97,44
24	0,054	0,76	0,00	97,38	97,44
25	0,052	0,00	0,00	97,38	97,44
26	0,047	0,00	0,50	97,38	97,94
27	0,045	0,56	0,00	97,94	97,94
28	0,044	0,00	0,00	97,94	97,94
29	0,040	0,00	0,38	97,94	98,32
30	0,039	0,43	0,00	98,37	98,32
31	0,038	0,00	0,00	98,37	98,32
32	0,034	0,00	0,28	98,37	98,60
33	0,034	0,31	0,00	98,68	98,60

Tip-I bina analiz edilirken, her katta 2 ötelenme ve 1 dönme olmak üzere 3 adet mod sayısı gözönüne alınmıştır. Çizelge 6.3'de de görüldüğü gibi, 10. mod itibariyle iki

yöndeki kütle katılım oranları %90'ın üzerinde olup, çözüm için yeterli mod sayısına ulaşılmıştır. Çizelgelerde 33 mod için periyot ve kütle katılım oranları verilmiştir.

Çizelge 6.4'de, SPECX ve SPECY yüklemeleri altında, x ve y yönlerinde oluşan kat kesme kuvvetleri gösterilmiştir.

Çizelge 6.4 : X ve Y yönünde deprem etkisi altında oluşan kat kesme kuvvetleri (Tip-I).

Kat	Yükleme	VX (kN)	VY (kN)	Kat	Yükleme	VX (kN)	VY (kN)
29	SPECX	1634,14	0	29	SPECY	0	1713,53
28	SPECX	3248,04	0	28	SPECY	0	3225,78
27	SPECX	4560,93	0	27	SPECY	0	4420,26
26	SPECX	5622,07	0	26	SPECY	0	5408,42
25	SPECX	6474,60	0	25	SPECY	0	6234,57
24	SPECX	7151,98	0	24	SPECY	0	6929,73
23	SPECX	7683,93	0	23	SPECY	0	7526,96
22	SPECX	8097,88	0	22	SPECY	0	8053,91
21	SPECX	8418,82	0	21	SPECY	0	8533,64
20	SPECX	8669,74	0	20	SPECY	0	8983,25
19	SPECX	8879,13	0	19	SPECY	0	9426,3
18	SPECX	9066,88	0	18	SPECY	0	9866,13
17	SPECX	9249,60	0	17	SPECY	0	10298,54
16	SPECX	9443,67	0	16	SPECY	0	10722,29
15	SPECX	9662,69	0	15	SPECY	0	11135,15
14	SPECX	9917,09	0	14	SPECY	0	11534,68
13	SPECX	10213,69	0	13	SPECY	0	11918,58
12	SPECX	10556,04	0	12	SPECY	0	12285,98
11	SPECX	10944,26	0	11	SPECY	0	12637,23
10	SPECX	11375,38	0	10	SPECY	0	12973,78
9	SPECX	11852,70	0	9	SPECY	0	13305,40
8	SPECX	12367,08	0	8	SPECY	0	13635,46
7	SPECX	12905,87	0	7	SPECY	0	13967,29
6	SPECX	13458,76	0	6	SPECY	0	14306,88
5	SPECX	14014,14	0	5	SPECY	0	14657,87
4	SPECX	14559,70	0	4	SPECY	0	15021,02
3	SPECX	15083,42	0	3	SPECY	0	15392,99
2	SPECX	15573,20	0	2	SPECY	0	15762,46
1	SPECX	16017,88	0	1	SPECY	0	16114,97
Zemin	SPECX	16433,39	0	Zemin	SPECY	0	16460,97
1.Bodrum	SPECX	16736,68	0	1.Bodrum	SPECY	0	16718,93
2.Bodrum	SPECX	16951,95	0	2.Bodrum	SPECY	0	16910,96
3.Bodrum	SPECX	17081,33	0	3.Bodrum	SPECY	0	17048,44

Çizelge 6.5 : X ve Y yönünde deprem etkisi altında oluşan kat deplasmanları (Tip-I).

Kat	Yükleme	UX (m)	UY (m)	Yükleme	UX (m)	UY (m)
29	SPECX	0,07814	0,01462	SPECY	0,01636	0,11166
28	SPECX	0,07572	0,01439	SPECY	0,01611	0,10947
27	SPECX	0,07327	0,01414	SPECY	0,01583	0,10720
26	SPECX	0,07079	0,01388	SPECY	0,01554	0,10483
25	SPECX	0,06827	0,01361	SPECY	0,01524	0,10234
24	SPECX	0,06572	0,01332	SPECY	0,01491	0,09973
23	SPECX	0,06314	0,01301	SPECY	0,01457	0,09697
22	SPECX	0,06053	0,01268	SPECY	0,01420	0,09408
21	SPECX	0,05789	0,01234	SPECY	0,01381	0,09105
20	SPECX	0,05523	0,01197	SPECY	0,01340	0,08789
19	SPECX	0,05254	0,01159	SPECY	0,01296	0,08461
18	SPECX	0,04984	0,01119	SPECY	0,01251	0,08122
17	SPECX	0,04713	0,01077	SPECY	0,01203	0,07771
16	SPECX	0,04440	0,01033	SPECY	0,01153	0,07410
15	SPECX	0,04166	0,00987	SPECY	0,01101	0,07037
14	SPECX	0,03892	0,00939	SPECY	0,01046	0,06654
13	SPECX	0,03618	0,00888	SPECY	0,00989	0,06262
12	SPECX	0,03344	0,00836	SPECY	0,00931	0,05861
11	SPECX	0,03072	0,00782	SPECY	0,00870	0,05452
10	SPECX	0,02802	0,00727	SPECY	0,00808	0,05036
9	SPECX	0,02534	0,00669	SPECY	0,00744	0,04614
8	SPECX	0,02271	0,00611	SPECY	0,00679	0,04189
7	SPECX	0,02012	0,00552	SPECY	0,00613	0,03761
6	SPECX	0,01759	0,00492	SPECY	0,00546	0,03332
5	SPECX	0,01515	0,00432	SPECY	0,00479	0,02904
4	SPECX	0,01279	0,00371	SPECY	0,00412	0,02480
3	SPECX	0,01054	0,00312	SPECY	0,00347	0,02065
2	SPECX	0,00842	0,00254	SPECY	0,00282	0,01661
1	SPECX	0,00645	0,00198	SPECY	0,00220	0,01276
Zemin	SPECX	0,00465	0,00145	SPECY	0,00162	0,00916
1.Bodrum	SPECX	0,00266	0,00084	SPECY	0,00093	0,00509
2.Bodrum	SPECX	0,00140	0,00044	SPECY	0,00049	0,00255
3.Bodrum	SPECX	0,00047	0,00014	SPECY	0,00016	0,00076

Çizelge 6.5 'te, SPECX ve SPECY yüklemeleri altında her katın X ve Y yönlerinde yaptığı deplasmanlar verilmiştir.

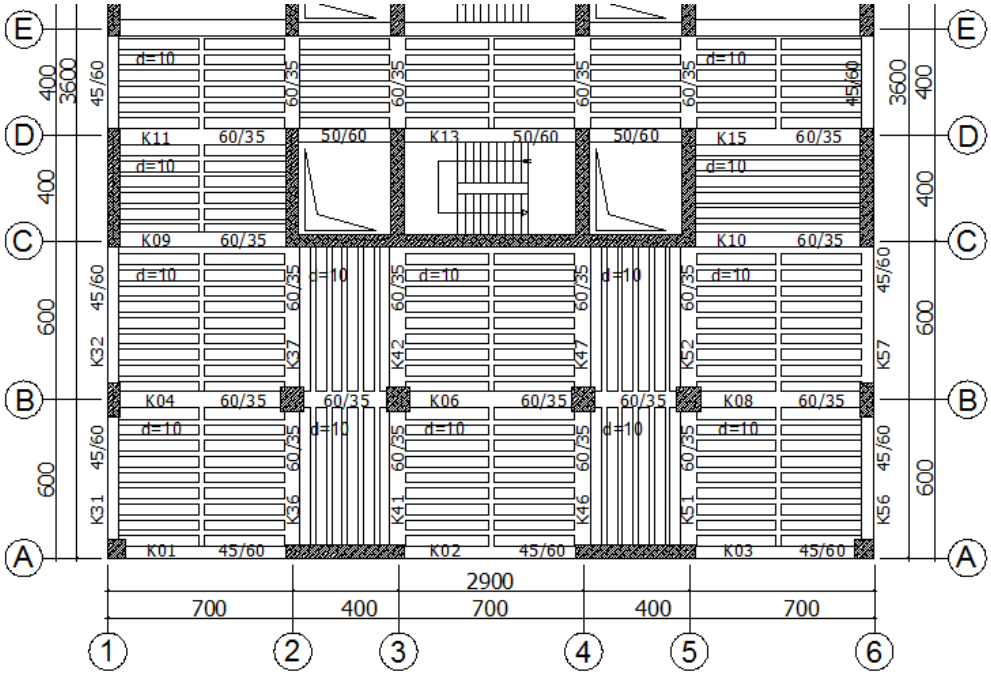
DBYBHY 2007, Bölüm 2.10 'da bahsedildiği üzere; her iki deprem doğrultusu için binanın herhangi bir katındaki düşey taşıyıcı elemanlarda hesaplanan δ_i, etkin göreli kat ötelemelerinin kat içindeki en büyük değeri, $\delta_{imax}/h_i \leq 0,02$ koşulunu sağlamak zorundadır. Çizelge 6.6 'te görüldüğü gibi bu kural her kat için sağlanmaktadır.

Çizelge 6.6 : X ve Y yönünde deprem etkisi altında oluşan göreli kat ötelemeleri (Tip-I).

Kat	d_{ix} (m)	Δ_{ix}	δ_i	δ_i/h_i	d_{iy} (m)	Δ_{iy}	δ_i	δ_i/h_i
29	0,078136	0,002414	0,016898	0,004828	0,111660	0,002191	0,015337	0,004382
28	0,075722	0,002452	0,017164	0,004904	0,109469	0,002269	0,015883	0,004538
27	0,073270	0,002483	0,017381	0,004966	0,107200	0,002368	0,016576	0,004736
26	0,070787	0,002517	0,017619	0,005034	0,104832	0,002488	0,017416	0,004976
25	0,068270	0,002549	0,017843	0,005098	0,102344	0,002619	0,018333	0,005238
24	0,065721	0,002581	0,018067	0,005162	0,099725	0,002755	0,019285	0,005510
23	0,063140	0,002611	0,018277	0,005222	0,096970	0,002892	0,020244	0,005784
22	0,060529	0,002639	0,018473	0,005278	0,094078	0,003028	0,021196	0,006056
21	0,057890	0,002664	0,018648	0,005328	0,091050	0,003159	0,022113	0,006318
20	0,055226	0,002687	0,018809	0,005374	0,087891	0,003284	0,022988	0,006568
19	0,052539	0,002697	0,018879	0,005394	0,084607	0,003390	0,023730	0,006780
18	0,049842	0,002714	0,018998	0,005428	0,081217	0,003505	0,024535	0,007010
17	0,047128	0,002727	0,019089	0,005454	0,077712	0,003616	0,025312	0,007232
16	0,044401	0,002737	0,019159	0,005474	0,074096	0,003725	0,026075	0,007450
15	0,041664	0,002742	0,019194	0,005484	0,070371	0,003827	0,026789	0,007654
14	0,038922	0,002742	0,019194	0,005484	0,066544	0,003925	0,027475	0,007850
13	0,036180	0,002736	0,019152	0,005472	0,062619	0,004012	0,028084	0,008024
12	0,033444	0,002724	0,019068	0,005448	0,058607	0,004092	0,028644	0,008184
11	0,030720	0,002705	0,018935	0,005410	0,054515	0,004160	0,029120	0,008320
10	0,028015	0,002676	0,018732	0,005352	0,050355	0,004218	0,029526	0,008436
9	0,025339	0,002634	0,018438	0,005268	0,046137	0,004251	0,029757	0,008502
8	0,022705	0,002586	0,018102	0,005172	0,041886	0,004280	0,029960	0,008560
7	0,020119	0,002525	0,017675	0,005050	0,037606	0,004290	0,030030	0,008580
6	0,017594	0,002449	0,017143	0,004898	0,033316	0,004277	0,029939	0,008554
5	0,015145	0,002358	0,016506	0,004716	0,029039	0,004235	0,029645	0,008470
4	0,012787	0,002249	0,015743	0,004498	0,024804	0,004159	0,029113	0,008318
3	0,010538	0,002121	0,014847	0,004242	0,020645	0,004035	0,028245	0,008070
2	0,008417	0,001970	0,013790	0,003940	0,016610	0,003854	0,026978	0,007708
1	0,006447	0,001793	0,012551	0,003586	0,012756	0,003598	0,025186	0,007196
Zemin	0,004654	0,001999	0,013993	0,003110	0,009158	0,004073	0,028511	0,006336
1.Bodrum	0,002655	0,001255	0,008785	0,002510	0,005085	0,002540	0,017780	0,005080
2.Bodrum	0,001400	0,000931	0,006517	0,001862	0,002545	0,001785	0,012495	0,003570
3.Bodrum	0,000469	0,000469	0,003283	0,000938	0,000760	0,000760	0,005320	0,001520

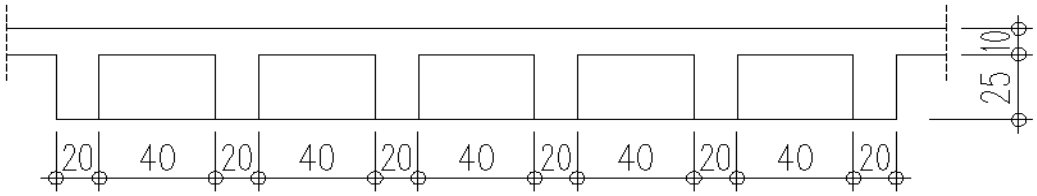
6.5 Bir Doğrultuda Çalışan Dişli Döşeme Sistemi (Tip-II)

Tip-II, bir doğrultuda dişli döşeme sisteminin tanımlandığı modeldir. Zemin kat tavan kalıp planı Şekil 6.12'da verilen bu tip sistemlerde yükler; birbirine paralel nervür kirişlerin, mesnetlendikleri ana kirişlere aktarmasıyla iletilir. Dişler yükleri kısa kenarda bulunan ana kirişe aktarılacak şekilde dizayn edilmiştir. Sistemde çevre kirişler 45cm/60cm, yatık kirişler 60cm/35cm, bağ kirişleri ise 50cm/60cm seçilmiştir.



Şekil 6.12 : Tip-II zemin kat tavan kalıp planı.

6.5.1 Döşeme özellikleri

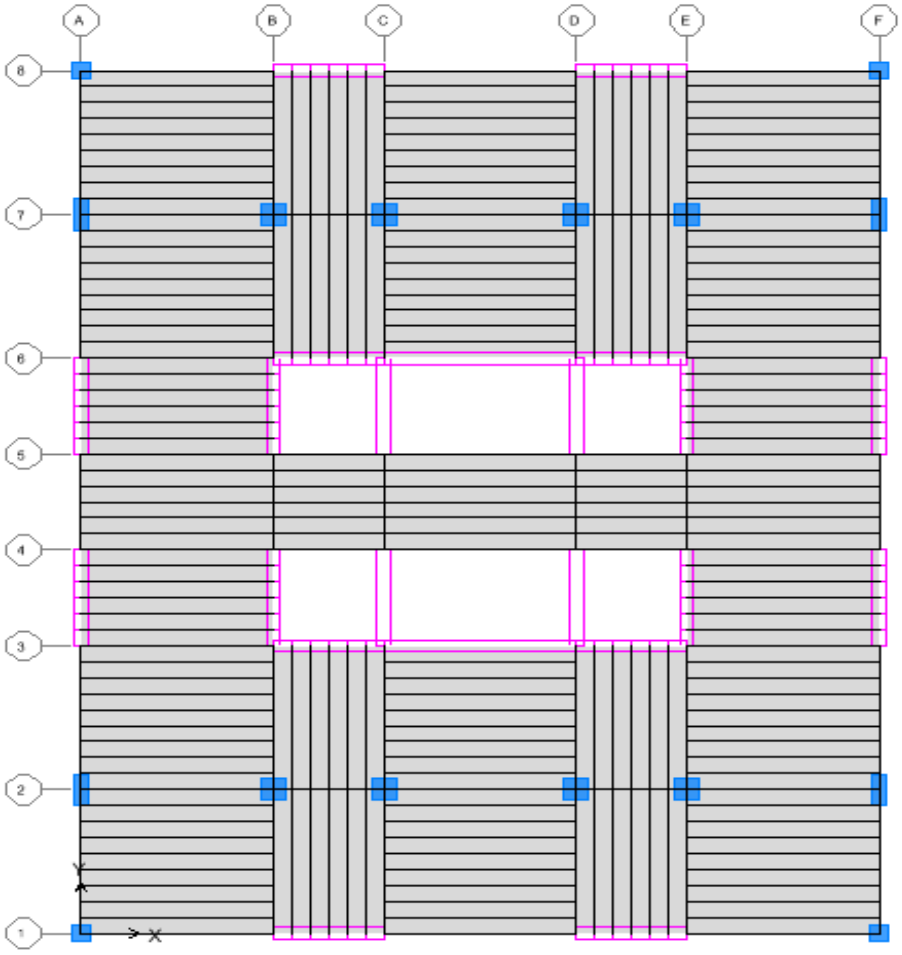


Şekil 6.13 : Dişli döşeme kesiti.

Bir doğrultuda dişli döşeme modeli olarak, 20 cm genişliğinde ve 35 cm yüksekliğinde dişler tanımlanmış olup, her diş arasında 40 cm boşluk bırakılmıştır. Diş kirişlerin boyutlandırılması TS-500 esaslarına göre belirlenmiştir. Kiriş tabla plağının kalınlığı 10 cm olarak seçilmiştir.

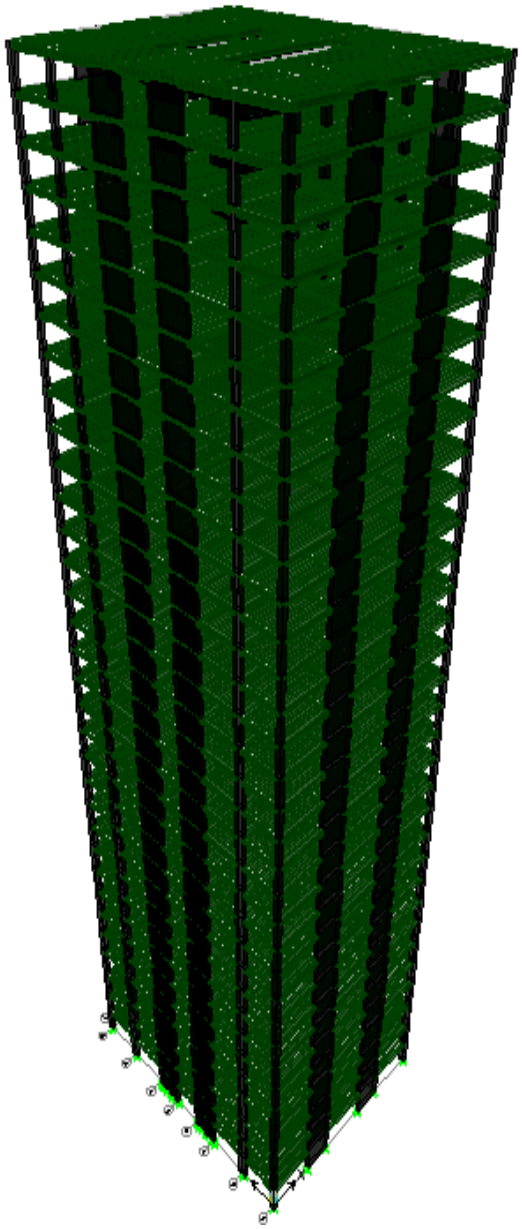
6.5.2 Modelleme aşaması

Çizelge 6.1'de belirtilen taşıyıcı sistem eleman boyutları ve Bölüm 6.3'te hesaplanan yüklemeler kullanılarak modellenen Tip-II Bir Doğrultuda Çalışan Dişli Döşeme Sistemi'nin ETABS modelinden alınan zemin kat tavan kalıp planı Şekil 6.14'de görülmektedir.



Şekil 6.14 : Tip-II zemin kat tavan kalıp planı (ETABS).

Yapının bir doğrultuda çalışan dişli döşeme sistemi ile, düşey yükler ve yatay deprem yüklerinin etkisi altında yapacağı davranışı belirlemek amacıyla üç boyutlu modeli oluşturulmuştur (Şekil 6.15). Modelleme aşamasında; kolonlar, ana ve diş kirişler çubuk eleman olarak atanmış olup, perdeler kabuk olarak tanımlanmıştır. Asansör ve merdivenlerin bulunduğu döşemelerde boşluk bırakılarak, dişlerin üzerine 10 cm kalınlığında döşemeler tanımlanmıştır. Döşemeler; her katta kendi düzlemleri içinde rijit çalıştığı kabul edilerek her kata rijit diyafram kabulü yapılmıştır. Kendi düzlemleri dışındaki kuvvet ve momentleri de hesaplayabilmek adına, döşemeler shell elemanlar olarak tanımlanmıştır.



Şekil 6.15 : Tip-II üç boyutlu ETABS modeli.

Analiz esnasında kullanılan ivme tasarım spektrumu ve binaya etkitilen ölü, hareketli ve yatay deprem yükleri; Tip-I Kirişli Plak Döşeme modelinde olduğu gibi tanımlanmıştır.

Binanın doğal titreşim periyodu ve ağırlığı, Şekil 6.16'da verilen "Story Shears" ve Şekil 6.17'de verilen "Modal Participating Mass Ratios" pencerelerinden de görüldüğü üzere Etabs programı ile hesaplanmıştır.

Story Shears

Edit View

Story Shears

Story	Load	Loc	P	VX	VY	T	MX	MY
STORY3	GWALL	Bottom	20265,20	0,00	0,00	0,000	369993,600	-288799,
STORY2	GSELF	Top	363936,50	0,00	0,00	0,000	6500457,000	-524011
STORY2	GSELF	Bottom	369015,00	0,00	0,00	0,000	6591870,000	-531375
STORY2	QLIVE	Top	98784,00	0,00	0,00	0,000	1707552,000	-1380624
STORY2	QLIVE	Bottom	98784,00	0,00	0,00	0,000	1707552,000	-1380624
STORY2	GCOVER	Top	56448,00	0,00	0,00	0,000	975744,000	-788928,
STORY2	GCOVER	Bottom	56448,00	0,00	0,00	0,000	975744,000	-788928,
STORY2	GWALL	Top	20833,60	0,00	0,00	0,000	380224,800	-297041,
STORY2	GWALL	Bottom	20996,00	0,00	0,00	0,000	383148,000	-299396,
STORY1	GSELF	Top	375387,75	0,00	0,00	0,000	6705004,500	-540500
STORY1	GSELF	Bottom	380466,25	0,00	0,00	0,000	6796417,500	-547864
STORY1	QLIVE	Top	102045,00	0,00	0,00	0,000	1764045,000	-1426291
STORY1	QLIVE	Bottom	102045,00	0,00	0,00	0,000	1764045,000	-1426291
STORY1	GCOVER	Top	58212,00	0,00	0,00	0,000	1006236,000	-813582,
STORY1	GCOVER	Bottom	58212,00	0,00	0,00	0,000	1006236,000	-813582,
STORY1	GWALL	Top	21564,40	0,00	0,00	0,000	393379,200	-307637,
STORY1	GWALL	Bottom	21726,80	0,00	0,00	0,000	396302,400	-309992,

OK

Şekil 6.16 : Analiz sonucunda elde edilen ağırlıklar (Tip-II).

Modal Participating Mass Ratios

Edit View

Modal Participating Mass Ratios

Mode	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX
1	2,698912	0,0000	72,6292	0,0000	0,0000	72,6292	0,0000	99,695
2	2,013761	65,6838	0,0000	0,0000	65,6838	72,6292	0,0000	0,000
3	1,994857	0,2863	0,0001	0,0000	65,9701	72,6293	0,0000	0,000
4	0,813126	0,0000	12,4934	0,0000	65,9701	85,1227	0,0000	0,007
5	0,601168	0,0002	0,0000	0,0000	65,9703	85,1227	0,0000	0,000
6	0,469401	18,5714	0,0000	0,0000	84,5417	85,1227	0,0000	0,000
7	0,406089	0,0000	4,6104	0,0000	84,5417	89,7330	0,0000	0,235
8	0,303090	0,0000	0,0000	0,0000	84,5417	89,7330	0,0000	0,000
9	0,246080	0,0000	2,5943	0,0000	84,5417	92,3274	0,0000	0,016
10	0,206004	6,3885	0,0000	0,0000	90,9302	92,3274	0,0000	0,000
11	0,187571	0,0000	0,0000	0,0000	90,9302	92,3274	0,0000	0,000
12	0,164850	0,0000	1,6708	0,0000	90,9302	93,9982	0,0000	0,024
13	0,131419	0,0001	0,0000	0,0000	90,9303	93,9982	0,0000	0,000
14	0,124123	3,0108	0,0000	0,0000	93,9411	93,9982	0,0000	0,000
15	0,118232	0,0000	1,1938	0,0000	93,9411	95,1920	0,0000	0,005
16	0,098863	0,0000	0,0000	0,0000	93,9412	95,1921	0,0000	0,000
17	0,089248	0,0000	0,9273	0,0000	93,9412	96,1194	0,0000	0,006

OK

Şekil 6.17 : Bina periyotları (s) (Tip-II).

Bina ağırlığı :

W = G + 0.3Q = (380466.25+58212.0+21564.4) + 0.3×(102045.0) = 490856.15 kN

Y Yönünde eşdeğer deprem yüklerinin tanımlanması :

T_{1Y} = 2.690 s ⟶ $S(T_{1Y}) = 2.5\ (0.40/T_{1Y})^{0.8} = 2.5\ (0.40/2.690)^{0.8}$ = 0.544 s

DBYBHY 2007'de belirtildiği üzere, $V_{ty} \geq 0.10\ A_0\ I\ W$ koşulu sağlanmalıdır.

$0.10\ A_0\ I\ W = 0.10 \times 0.40 \times 1 \times 490856.15$ = 19634.25 kN

$$V_{ty} = \frac{W.A_0.I.S(T_{1Y})}{R_a(T_1)} = \frac{490856.15 \times 0.40 \times 1 \times 0.544}{7}$$ = 15258.61 kN ≥ 19634.25 kN

koşulu sağlanamadığından V_{ty} = 19634.25 kN değeri alınmıştır.

$$C'_y = \frac{A_0.I.S(T_{1Y})}{R_a(T_1)} = \frac{0.40 \times 1 \times 0.544}{7}$$ = 0.0311

$\Delta F_{NY} = 0.0075.N.C'_y.W = 0.0075 \times 33 \times 0.0311 \times W = 0.00769W$ = 3778 kN

X Yönünde eşdeğer deprem yüklerinin tanımlanması :

T_{1X} = 2.014 s ⟶ $S(T_{1X}) = 2.5\ (0.40/T_{1X})^{0.8} = 2.5\ (0.40/2.014)^{0.8}$ = 0.687 s

DBYBHY 2007'de belirtildiği üzere, $V_{tx} \geq 0.10\ A_0\ I\ W$ koşulu sağlanmalıdır.

$0.10\ A_0\ I\ W = 0.10 \times 0.40 \times 1 \times 490856.15$ = 19634.25 kN

$$V_{tx} = \frac{W.A_0.I.S(T_{1X})}{R_a(T_1)} = \frac{490856.15 \times 0.40 \times 1 \times 0.687}{7}$$ = 19269.61 kN ≥ 19634.25 kN

koşulu sağlanamadığından V_{tx} = 19634.25 kN değeri alınmıştır.

$$C'_x = \frac{A_0.I.S(T_{1x})}{R_a(T_1)} = \frac{0.40 \times 1 \times 0.0.687}{7}$$ = 0.0392

$\Delta F_{NX} = 0.0075.N.C'_x.W = 0.0075 \times 33 \times 0.0392 \times W = 0.00970W$ = 4762 kN

Bina ilk olarak Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'ne göre analiz edilmiştir. Bunun sebebi, Eşdeğer Deprem Yükü ve Mod Birleştirme Yöntemlerine göre yapılan analizler sonucunda program iki yöntem için de bina toplam deprem yükü hesaplamaktadır. DBYBHY 2007'de belirtildiği üzere; mod birleştirme yöntemine göre hesaplanan bina toplam deprem yükü değerinin, eşdeğer deprem yükü yöntemine göre hesaplanan değerden büyük olması gerekmektedir, aksi durumda mod birleştirme yöntemine göre hesaplanan kuvvetler büyütme katsayısı ile büyütülmelidir (Özmen ve diğ., 2005). Tip-II bina için yapılan analizler sonucunda elde edilen toplam deprem yükü değerleri ve büyütme katsayısı değerleri aşağıdaki tabloda görülmektedir. Hesaplanan katsayılara göre Mod Birleştirme Yöntemi ile analiz yenilenmiştir.

Çizelge 6.7 : Büyütme katsayıları (Tip-II).

	Eşdeğer Deprem Yükü (kN)	Mod Birleştirme Yöntemi (kN)	Büyütme Katsayısı
Vtx	19657.98	18178.00	1.080
Vty	19657.22	12966.5	1.520

6.5.3 Tip-II bina analizi sonucunda elde edilen veriler

Çizelge 6.8 : Modlara göre periyot ve kütle katılım oranları (Tip-II).

Mode	Periyot (s)	UX	UY	SumUX	SumUY
1	2,699	0,00	72,63	0,00	72,63
2	2,014	65,68	0,00	65,68	72,63
3	1,995	0,29	0,00	65,97	72,63
4	0,813	0,00	12,49	65,97	85,12
5	0,601	0,00	0,00	65,97	85,12
6	0,469	18,57	0,00	84,54	85,12
7	0,406	0,00	4,61	84,54	89,73
8	0,303	0,00	0,00	84,54	89,73
9	0,246	0,00	2,59	84,54	92,33
10	0,206	6,39	0,00	90,93	92,33
11	0,188	0,00	0,00	90,93	92,33
12	0,165	0,00	1,67	90,93	94,00
13	0,131	0,00	0,00	90,93	94,00
14	0,124	3,01	0,00	93,94	94,00
15	0,118	0,00	1,19	93,94	95,19
16	0,099	0,00	0,00	93,94	95,19
17	0,089	0,00	0,93	93,94	96,12
18	0,087	1,66	0,00	95,60	96,12
19	0,078	0,00	0,00	95,60	96,12
20	0,070	0,00	0,75	95,60	96,87
21	0,067	1,06	0,00	96,66	96,87
22	0,064	0,00	0,00	96,66	96,87
23	0,057	0,00	0,62	96,66	97,48
24	0,054	0,76	0,00	97,42	97,48
25	0,053	0,00	0,00	97,42	97,48
26	0,048	0,00	0,49	97,42	97,98
27	0,046	0,06	0,00	97,48	97,98
28	0,046	0,50	0,00	97,98	97,98
29	0,041	0,00	0,37	97,98	98,34
30	0,040	0,01	0,00	97,99	98,34
31	0,039	0,41	0,00	98,40	98,34
32	0,035	0,00	0,27	98,40	98,61
33	0,035	0,20	0,00	98,61	98,62

Tip-II bina analiz edilirken, Tip-I'de olduğu gibi her katta 2 ötelenme ve 1 dönme olmak üzere 3 adet mod sayısı gözönüne alınmıştır. Çizelge 6.2'de de görüldüğü gibi, 10. mod itibariyle iki yöndeki kütle katılım oranları %90'ın üzerinde olup, çözüm için yeterli mod sayısına ulaşılmıştır. Çizelgelerde 33 mod için periyot ve kütle katılım oranları verilmiştir.

Çizelge 6.9'de, SPECX ve SPECY yüklemeleri altında, x ve y yönlerinde oluşan kat kesme kuvvetleri gösterilmiştir.

Çizelge 6.9 : X ve Y yönünde deprem etkisi altında oluşan kat kesme kuvvetleri (Tip-II).

Kat	Yükleme	VX (kN)	VY (kN)	Kat	Yükleme	VX (kN)	VY (kN)
29	SPECX	1872,22	0	29	SPECY	0	2025,43
28	SPECX	3722,51	0	28	SPECY	0	3796,84
27	SPECX	5230,75	0	27	SPECY	0	5180,13
26	SPECX	6453,30	0	26	SPECY	0	6312,54
25	SPECX	7439,38	0	25	SPECY	0	7251,73
24	SPECX	8226,87	0	24	SPECY	0	8037,43
23	SPECX	8849,20	0	23	SPECY	0	8711,10
22	SPECX	9337,21	0	22	SPECY	0	9307,48
21	SPECX	9719,16	0	21	SPECY	0	9854,44
20	SPECX	10021,05	0	20	SPECY	0	10371,57
19	SPECX	10275,19	0	19	SPECY	0	10884,79
18	SPECX	10503,80	0	18	SPECY	0	11397,41
17	SPECX	10725,16	0	17	SPECY	0	11903,61
16	SPECX	10957,46	0	16	SPECY	0	12400,58
15	SPECX	11215,90	0	15	SPECY	0	12884,52
14	SPECX	11512,14	0	14	SPECY	0	13351,82
13	SPECX	11853,98	0	13	SPECY	0	13799,03
12	SPECX	12245,56	0	12	SPECY	0	14224,60
11	SPECX	12687,34	0	11	SPECY	0	14628,82
10	SPECX	13176,40	0	10	SPECY	0	15013,49
9	SPECX	13716,55	0	9	SPECY	0	15389,83
8	SPECX	14298,01	0	8	SPECY	0	15762,49
7	SPECX	14906,95	0	7	SPECY	0	16136,43
6	SPECX	15532,07	0	6	SPECY	0	16519,67
5	SPECX	16160,53	0	5	SPECY	0	16917,50
4	SPECX	16778,50	0	4	SPECY	0	17331,84
3	SPECX	17372,35	0	3	SPECY	0	17760,24
2	SPECX	17928,25	0	2	SPECY	0	18190,08
1	SPECX	18433,40	0	1	SPECY	0	18604,08
Zemin	SPECX	18899,10	0	Zemin	SPECY	0	19008,64
1.Bodrum	SPECX	19243,62	0	1.Bodrum	SPECY	0	19317,75
2.Bodrum	SPECX	19488,53	0	2.Bodrum	SPECY	0	19549,34
3.Bodrum	SPECX	19632,61	0	3.Bodrum	SPECY	0	19710,83

Çizelge 6.10 : X ve Y yönünde deprem etkisi altında oluşan kat deplasmanları (Tip-II).

Kat	Yükleme	UX (m)	UY (m)	Yükleme	UX (m)	UY (m)
29	SPECX	0,08642	0,01741	SPECY	0,01920	0,13504
28	SPECX	0,08379	0,01712	SPECY	0,01889	0,13243
27	SPECX	0,08112	0,01682	SPECY	0,01857	0,12972
26	SPECX	0,07841	0,01651	SPECY	0,01823	0,12690
25	SPECX	0,07566	0,01617	SPECY	0,01786	0,12393
24	SPECX	0,07288	0,01582	SPECY	0,01748	0,12080
23	SPECX	0,07005	0,01544	SPECY	0,01707	0,11751
22	SPECX	0,06719	0,01505	SPECY	0,01663	0,11404
21	SPECX	0,06430	0,01463	SPECY	0,01618	0,11041
20	SPECX	0,06137	0,01419	SPECY	0,01569	0,10661
19	SPECX	0,05842	0,01373	SPECY	0,01518	0,10266
18	SPECX	0,05545	0,01324	SPECY	0,01464	0,09857
17	SPECX	0,05246	0,01274	SPECY	0,01408	0,09434
16	SPECX	0,04946	0,01221	SPECY	0,01349	0,08996
15	SPECX	0,04644	0,01165	SPECY	0,01287	0,08545
14	SPECX	0,04341	0,01108	SPECY	0,01223	0,08081
13	SPECX	0,04038	0,01048	SPECY	0,01157	0,07605
12	SPECX	0,03735	0,00986	SPECY	0,01088	0,07117
11	SPECX	0,03433	0,00921	SPECY	0,01017	0,06619
10	SPECX	0,03133	0,00855	SPECY	0,00943	0,06113
9	SPECX	0,02835	0,00787	SPECY	0,00868	0,05600
8	SPECX	0,02542	0,00718	SPECY	0,00792	0,05082
7	SPECX	0,02255	0,00648	SPECY	0,00715	0,04561
6	SPECX	0,01973	0,00577	SPECY	0,00637	0,04039
5	SPECX	0,01700	0,00506	SPECY	0,00559	0,03518
4	SPECX	0,01436	0,00435	SPECY	0,00481	0,03003
3	SPECX	0,01185	0,00365	SPECY	0,00404	0,02498
2	SPECX	0,00947	0,00297	SPECY	0,00329	0,02008
1	SPECX	0,00727	0,00231	SPECY	0,00257	0,01541
Zemin	SPECX	0,00525	0,00169	SPECY	0,00188	0,01106
1.Bodrum	SPECX	0,00300	0,00098	SPECY	0,00109	0,00614
2.Bodrum	SPECX	0,00159	0,00051	SPECY	0,00057	0,00308
3.Bodrum	SPECX	0,00053	0,00016	SPECY	0,00018	0,00092

Çizelge 6.10 'te, SPECX ve SPECY yüklemeleri altında her katın X ve Y yönlerinde yaptığı deplasmanlar verilmiştir.

DBYBHY 2007, Bölüm 2.10 'da bahsedildiği üzere; her iki deprem doğrultusu için binanın herhangi bir katındaki düşey taşıyıcı elemanlarda hesaplanan δ_i, etkin göreli

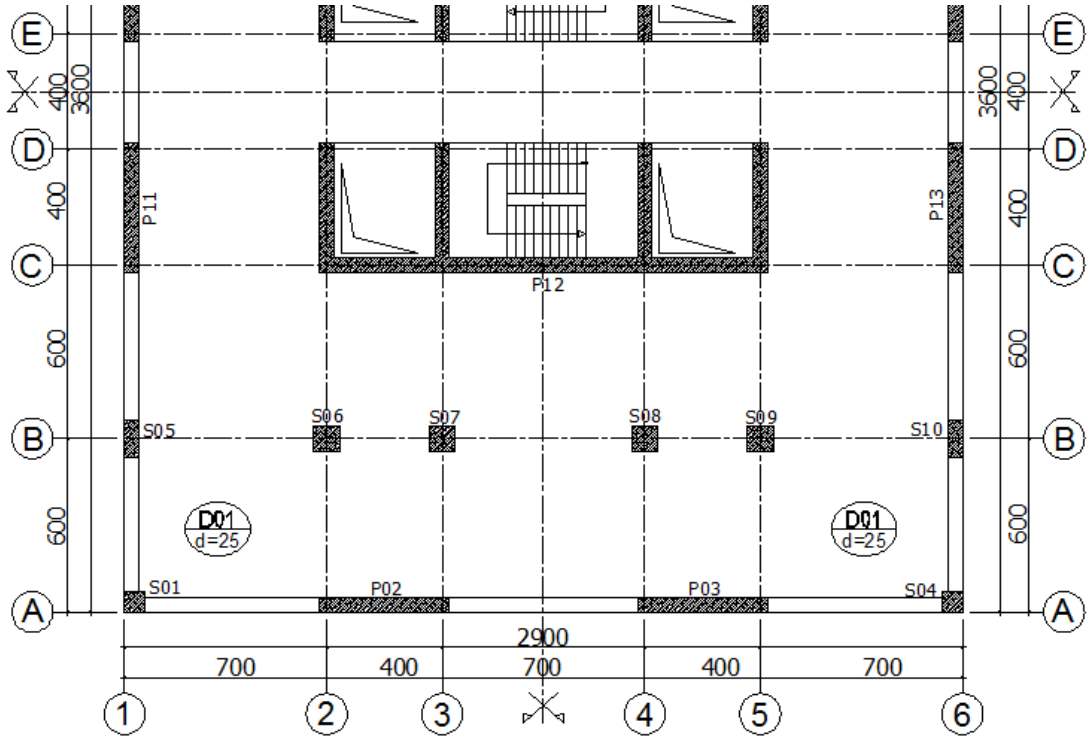
kat ötelemelerinin kat içindeki en büyük değeri, $\delta_{imax}/h_i \leq 0,02$ koşulunu sağlamak zorundadır. Çizelge 6.11 'te görüldüğü gibi bu kural her kat için sağlanmaktadır.

Çizelge 6.11 : X ve Y yönünde deprem etkisi altında oluşan göreli kat ötelemeleri (Tip-II).

Kat	d_{ix} (m)	Δ_{ix}	δ_i	δ_i/h_i	d_{iy} (m)	Δ_{iy}	δ_i	δ_i/h_i
29	0,08642	0,002629	0,018403	0,005258	0,13504	0,002612	0,018284	0,005224
28	0,08379	0,002672	0,018704	0,005344	0,13243	0,002704	0,018928	0,005408
27	0,08112	0,002710	0,018970	0,005420	0,12972	0,002824	0,019768	0,005648
26	0,07841	0,002748	0,019236	0,005496	0,12690	0,002970	0,020790	0,005940
25	0,07566	0,002787	0,019509	0,005574	0,12393	0,003127	0,021889	0,006254
24	0,07288	0,002824	0,019768	0,005648	0,12080	0,003295	0,023065	0,006590
23	0,07005	0,002860	0,020020	0,005720	0,11751	0,003464	0,024248	0,006928
22	0,06719	0,002895	0,020265	0,005790	0,11404	0,003633	0,025431	0,007266
21	0,06430	0,002925	0,020475	0,005850	0,11041	0,003796	0,026572	0,007592
20	0,06137	0,002953	0,020671	0,005906	0,10661	0,003953	0,027671	0,007906
19	0,05842	0,002967	0,020769	0,005934	0,10266	0,004089	0,028623	0,008178
18	0,05545	0,002988	0,020916	0,005976	0,09857	0,004234	0,029638	0,008468
17	0,05246	0,003006	0,021042	0,006012	0,09434	0,004375	0,030625	0,008750
16	0,04946	0,003020	0,021140	0,006040	0,08996	0,004511	0,031577	0,009022
15	0,04644	0,003029	0,021203	0,006058	0,08545	0,004642	0,032494	0,009284
14	0,04341	0,003032	0,021224	0,006064	0,08081	0,004763	0,033341	0,009526
13	0,04038	0,003030	0,021210	0,006060	0,07605	0,004876	0,034132	0,009752
12	0,03735	0,003020	0,021140	0,006040	0,07117	0,004976	0,034832	0,009952
11	0,03433	0,003001	0,021007	0,006002	0,06619	0,005061	0,035427	0,010122
10	0,03133	0,002973	0,020811	0,005946	0,06113	0,005133	0,035931	0,010266
9	0,02835	0,002929	0,020503	0,005858	0,05600	0,005177	0,036239	0,010354
8	0,02542	0,002878	0,020146	0,005756	0,05082	0,005211	0,036477	0,010422
7	0,02255	0,002814	0,019698	0,005628	0,04561	0,005223	0,036561	0,010446
6	0,01973	0,002732	0,019124	0,005464	0,04039	0,005204	0,036428	0,010408
5	0,01700	0,002635	0,018445	0,005270	0,03518	0,005152	0,036064	0,010304
4	0,01436	0,002515	0,017605	0,005030	0,03003	0,005052	0,035364	0,010104
3	0,01185	0,002375	0,016625	0,004750	0,02498	0,004897	0,034279	0,009794
2	0,00947	0,002208	0,015456	0,004416	0,02008	0,004670	0,032690	0,009340
1	0,00727	0,002014	0,014098	0,004028	0,01541	0,004352	0,030464	0,008704
Zemin	0,00525	0,002250	0,015750	0,003500	0,01106	0,004919	0,034433	0,007652
1.Bodrum	0,00300	0,001414	0,009898	0,002828	0,00614	0,003063	0,021441	0,006126
2.Bodrum	0,00159	0,001054	0,007378	0,002108	0,00308	0,002158	0,015106	0,004316
3.Bodrum	0,00053	0,000534	0,003738	0,001068	0,00092	0,000921	0,006447	0,001842

6.6 Kirişsiz Plak Döşeme Sistemi (Tip-III)

Tip-III, kirişsiz plak döşeme sisteminin tanımlandığı modeldir. Zemin kat tavan kalıp planı Şekil 6.18'de verilen bu tip sistemlerde, döşeme yükleri direkt olarak düşey taşıyıcı sistem elemanlarına aktarılmaktadır.



Şekil 6.18 : Tip-III zemin kat tavan kalıp planı.

6.6.1 Döşeme kalınlığı hesabı

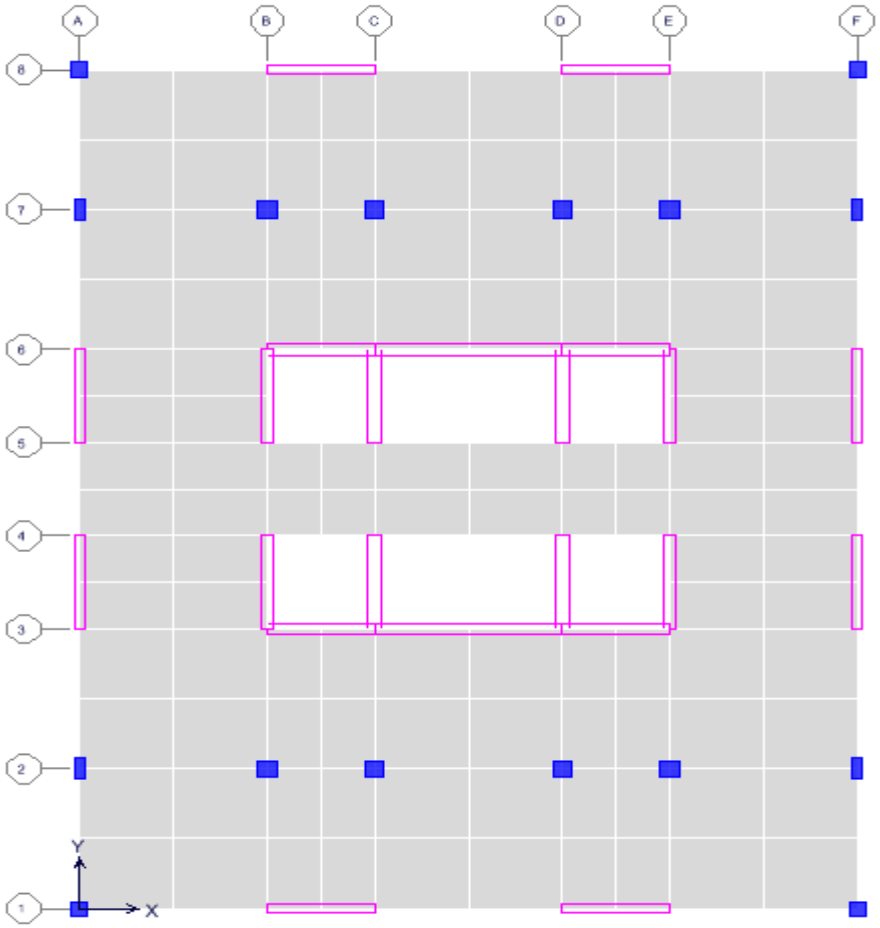
Kirişsiz plak döşemeler, mesnet koşullarına ve $l_l / l_s \leq 2{,}0$ oranına bakılmaksızın iki doğrultuda çalışan plaklar olarak hesaplanır. Döşeme kalınlığı tespiti için iki yöndeki açıklığı en büyük ve süreksiz kenarı en fazla olan D01 döşemesi ele alınmıştır. D01 döşemesi, 7.0 m x 6.0 m boyutlarında ve iki süreksiz kenara sahiptir. TS500'de 11.4.2 ilkesinde yer alan iki doğrultuda çalışan kirişsiz döşeme kalınlığı kuralı kullanılarak minimum döşeme kalınlığı belirlenmiştir. ln, döşemenin incelenen doğrultudaki serbest açıklığı olmak üzere;

$$h \geq \frac{ln}{30} \quad \text{ve} \quad h \geq 180 \text{ mm olmalıdır.}$$

D01 döşemesi için $\alpha_s = \frac{700}{30} = 23{,}3$ cm ve $h \geq 180$ olduğundan, d=25 cm seçilmiştir.

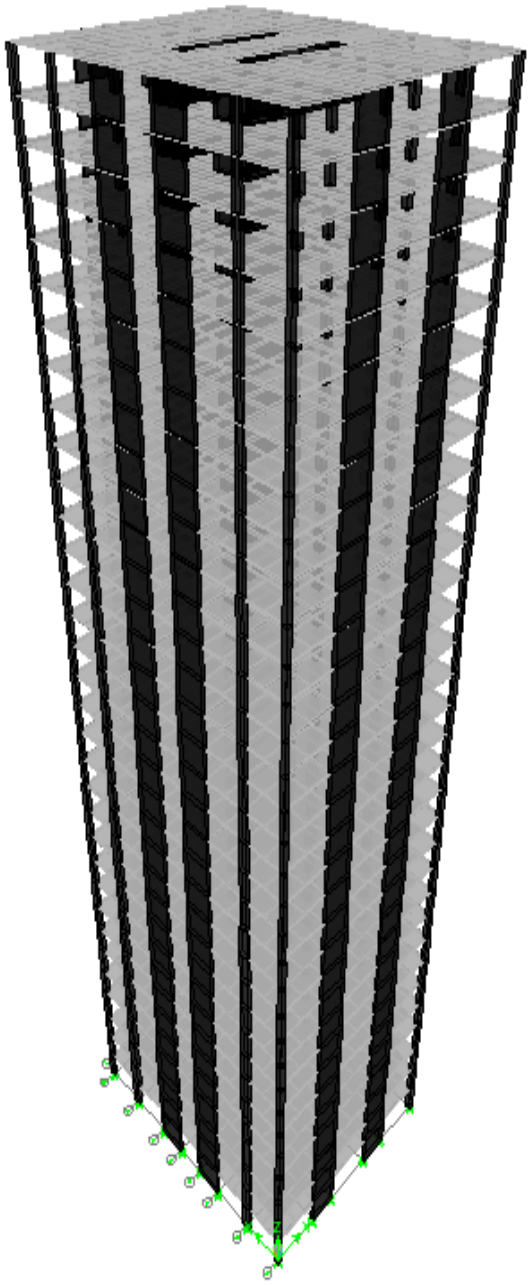
6.6.2 Modelleme aşaması

Çizelge 6.1'de belirtilen taşıyıcı sistem eleman boyutları ve Bölüm 6.3'te hesaplanan yüklemeler kullanılarak modellenen Tip-III Kirişsiz Plak Döşeme Sistemi'nin ETABS modelinden alınan zemin kat tavan kalıp planı Şekil 6.19'da görülmektedir.



Şekil 6.19 : Tip-III zemin kat tavan kalıp planı (ETABS).

Yapının kirişsiz plak döşeme sistemi ile, düşey yükler ve yatay deprem yüklerinin etkisi altında yapacağı davranışı belirlemek amacıyla üç boyutlu modeli oluşturulmuştur (Şekil 6.20). Modelleme aşamasında; kolonlar çubuk eleman olarak atanmış olup, perdeler kabuk olarak tanımlanmıştır. Asansör ve merdivenlerin bulunduğu döşemelerde boşluk bırakılarak, 25 cm kalınlığında kirişsiz plak döşeme elemanı tanımlanmış ve gerçeğe daha yakın sonuç almak amacı ile her yatay ve düşey doğrultuda meshlere bölünmüştür. Döşemeler; her katta kendi düzlemleri içinde rijit çalıştığı kabul edilerek her kata rijit diyafram kabulü yapılmıştır. Kendi düzlemleri dışındaki kuvvet ve momentleri de hesaplayabilmek adına, döşemeler shell elemanlar olarak tanımlanmıştır.



Şekil 6.20 : Tip-III üç boyutlu ETABS modeli.

Analiz esnasında kullanılan ivme tasarım spektrumu ve binaya etkitilen ölü, hareketli ve yatay deprem yükleri; Tip-I Kirişli Plak Döşeme modelinde olduğu gibi tanımlanmıştır.

Binanın doğal titreşim periyodu ve ağırlığı, Şekil 6.21'da verilen "Story Shears" ve Şekil 6.22'de verilen "Modal Participating Mass Ratios" pencerelerinden de görüldüğü üzere Etabs programı ile hesaplanmıştır.

Story Shears

Edit View

Story Shears

Story	Load	Loc	P	VX	VY	T	MX	MY
STORY3	GWALL	Bottom	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000	0,000
STORY2	GSELF	Top	335004,50	0,00	0,00	0,000	6030081,000	-485756
STORY2	GSELF	Bottom	340083,00	0,00	0,00	0,000	6121494,000	-493120
STORY2	QLIVE	Top	109056,00	0,00	0,00	0,000	1963008,000	-1581312
STORY2	QLIVE	Bottom	109056,00	0,00	0,00	0,000	1963008,000	-1581312
STORY2	GCOVER	Top	59136,00	0,00	0,00	0,000	1064448,000	-857472,
STORY2	GCOVER	Bottom	59136,00	0,00	0,00	0,000	1064448,000	-857472,
STORY2	GWALL	Top	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000	0,000
STORY2	GWALL	Bottom	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000	0,000
STORY1	GSELF	Top	345858,00	0,00	0,00	0,000	6225444,000	-501494
STORY1	GSELF	Bottom	350936,50	0,00	0,00	0,000	6316857,000	-508857
STORY1	QLIVE	Top	112464,00	0,00	0,00	0,000	2024352,000	-1630728
STORY1	QLIVE	Bottom	112464,00	0,00	0,00	0,000	2024352,000	-1630728
STORY1	GCOVER	Top	60984,00	0,00	0,00	0,000	1097712,000	-884268,
STORY1	GCOVER	Bottom	60984,00	0,00	0,00	0,000	1097712,000	-884268,
STORY1	GWALL	Top	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000	0,000
STORY1	GWALL	Bottom	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000	0,000

OK

Şekil 6.21 : Analiz sonucunda elde edilen ağırlıklar (Tip-III).

Modal Participating Mass Ratios

Edit View

Modal Participating Mass Ratios

Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY
3,680917	0,0000	70,7999	0,0000	0,0000	70,7999	0,0000	99,5147	0,000
2,567837	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	70,7999	0,0000	0,0000	0,000
2,231848	64,8242	0,0000	0,0000	64,8242	70,7999	0,0000	0,0000	98,106
1,029049	0,0000	12,7326	0,0000	64,8242	83,5325	0,0000	0,0868	0,000
0,684224	0,0000	0,0000	0,0000	64,8242	83,5325	0,0000	0,0000	0,000
0,474952	0,0000	5,3301	0,0000	64,8242	88,8626	0,0000	0,3073	0,000
0,474650	19,3251	0,0000	0,0000	84,1493	88,8626	0,0000	0,0000	1,608
0,313527	0,0000	0,0000	0,0000	84,1493	88,8626	0,0000	0,0000	0,000
0,269006	0,0000	2,9537	0,0000	84,1493	91,8164	0,0000	0,0378	0,000
0,202148	6,6149	0,0000	0,0000	90,7642	91,8164	0,0000	0,0000	0,228
0,186752	0,0000	0,0000	0,0000	90,7642	91,8164	0,0000	0,0000	0,000
0,172311	0,0000	1,8593	0,0000	90,7642	93,6757	0,0000	0,0286	0,000
0,128089	0,0000	0,0000	0,0000	90,7642	93,6757	0,0000	0,0000	0,000
0,120659	3,0835	0,0000	0,0000	93,8477	93,6757	0,0000	0,0000	0,037
0,120143	0,0000	1,2900	0,0000	93,8477	94,9657	0,0000	0,0090	0,000
0,095197	0,0000	0,0000	0,0000	93,8477	94,9657	0,0000	0,0000	0,000
0,089098	0,0000	0,9779	0,0000	93,8477	95,9436	0,0000	0,0066	0,000

OK

Şekil 6.22 : Bina periyotları (s) (Tip-III).

Bina ağırlığı :

W = G + 0.3Q = (350936.5+60984.0) + 0.3×(112464.0) = 445659.7 kN

Y Yönünde eşdeğer deprem yüklerinin tanımlanması :

T_{1Y} = 3.680 s ⟶ $S(T_{1Y}) = 2.5\ (0.40/T_{1Y})^{0.8} = 2.5\ (0.40/3.680)^{0.8}$ = 0.424 s

DBYBHY 2007'de belirtildiği üzere, $V_{ty} \geq 0.10\ A_0\ I\ W$ koşulu sağlanmalıdır.

$0.10\ A_0\ I\ W = 0.10 \times 0.40 \times 1 \times 445659.7$ = 17826 kN

$$V_{ty} = \frac{W.A_0.I.S(T_{1Y})}{R_a(T_1)} = \frac{445659.7 \times 0.40 \times 1 \times 0.424}{7}$$ = 10785 kN ≥ 17826 kN koşulu

sağlanamadığından V_{ty} = 17826 kN değeri alınmıştır.

$$C'_y = \frac{A_0.I.S(T_{1Y})}{R_a(T_1)} = \frac{0.40 \times 1 \times 0.424}{7} = 0.0242$$

$\Delta F_{NY} = 0.0075.N.C'_y.W = 0.0075 \times 33 \times 0.0242 \times W = 0.00599W$ = 2669 kN

X Yönünde eşdeğer deprem yüklerinin tanımlanması :

T_{1X} = 2.232 s ⟶ $S(T_{1X}) = 2.5\ (0.40/T_{1X})^{0.8} = 2.5\ (0.40/2.232)^{0.8}$ = 0.632 s

DBYBHY 2007'de belirtildiği üzere, $V_{tx} \geq 0.10\ A_0\ I\ W$ koşulu sağlanmalıdır.

$0.10\ A_0\ I\ W = 0.10 \times 0.40 \times 1 \times 445659.7$ = 17826 kN

$$V_{tx} = \frac{W.A_0.I.S(T_{1X})}{R_a(T_1)} = \frac{445659.7 \times 0.40 \times 1 \times 0.632}{7}$$ = 16088 kN ≥ 17826 kN koşulu

sağlanamadığından V_{ty} = 17826 kN değeri alınmıştır.

$$C'_x = \frac{A_0.I.S(T_{1x})}{R_a(T_1)} = \frac{0.40 \times 1 \times 0.632}{7} = 0.0361$$

$\Delta F_{NX} = 0.0075.N.C'_x.W = 0.0075 \times 33 \times 0.0361 \times W = 0.00893W$ = 3980 kN

Bina ilk olarak Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'ne göre analiz edilmiştir. Bunun sebebi, Eşdeğer Deprem Yükü ve Mod Birleştirme Yöntemlerine göre yapılan analizler sonucunda program iki yöntem için de bina toplam deprem yükü hesaplamaktadır. DBYBHY 2007'de belirtildiği üzere; mod birleştirme yöntemine göre hesaplanan bina toplam deprem yükü değerinin, eşdeğer deprem yükü yöntemine göre hesaplanan değerden büyük olması gerekmektedir, aksi durumda mod birleştirme yöntemine göre hesaplanan kuvvetler büyütme katsayısı ile büyütülmelidir (Özmen ve diğ., 2005). Tip-III bina için yapılan analizler sonucunda elde edilen toplam deprem yükü değerleri ve büyütme katsayısı değerleri aşağıdaki tabloda görülmektedir. Hesaplanan katsayılara göre Mod Birleştirme Yöntemi ile analiz yenilenmiştir.

Çizelge 6.12 : Büyütme katsayıları (Tip-III).

	Eşdeğer Deprem Yükü (kN)	Mod Birleştirme Yöntemi (kN)	Büyütme Katsayısı
Vtx	17716.73	15893.60	1.115
Vty	17735.10	10620.58	1.670

6.6.3 Tip-III bina analizi sonucunda elde edilen veriler

Çizelge 6.13 : Modlara göre periyot ve kütle katılım oranları (Tip-III).

Mod	Periyot (s)	UX	UY	ΣUX	ΣUY
1	3,681	0,00	70,80	0,00	70,80
2	2,568	0,00	0,00	0,00	70,80
3	2,232	64,82	0,00	64,82	70,80
4	1,029	0,00	12,73	64,82	83,53
5	0,684	0,00	0,00	64,82	83,53
6	0,475	0,00	5,33	64,82	88,86
7	0,475	19,33	0,00	84,15	88,86
8	0,314	0,00	0,00	84,15	88,86
9	0,269	0,00	2,95	84,15	91,82
10	0,202	6,61	0,00	90,76	91,82
11	0,187	0,00	0,00	90,76	91,82
12	0,172	0,00	1,86	90,76	93,68
13	0,128	0,00	0,00	90,76	93,68
14	0,121	3,08	0,00	93,85	93,68
15	0,120	0,00	1,29	93,85	94,97
16	0,095	0,00	0,00	93,85	94,97
17	0,089	0,00	0,98	93,85	95,94
18	0,084	1,69	0,00	95,54	95,94
19	0,075	0,00	0,00	95,54	95,94
20	0,069	0,00	0,78	95,54	96,73
21	0,065	1,07	0,00	96,61	96,73
22	0,061	0,00	0,00	96,61	96,73
23	0,056	0,00	0,64	96,61	97,37
24	0,052	0,76	0,00	97,37	97,37
25	0,050	0,00	0,00	97,37	97,37
26	0,046	0,00	0,51	97,37	97,88
27	0,044	0,57	0,00	97,94	97,88
28	0,043	0,00	0,00	97,94	97,88
29	0,039	0,00	0,39	97,94	98,27
30	0,038	0,43	0,00	98,36	98,27
31	0,037	0,00	0,00	98,36	98,27
32	0,034	0,00	0,29	98,36	98,56
33	0,033	0,31	0,00	98,67	98,56

Tip-III bina analiz edilirken, Tip-I'de olduğu gibi her katta 2 ötelenme ve 1 dönme olmak üzere 3 adet mod sayısı gözönüne alınmıştır. Çizelge 6.13'de de görüldüğü gibi, 10. mod itibariyle iki yöndeki kütle katılım oranları %90'ın üzerinde olup,

çözüm için yeterli mod sayısına ulaşılmıştır. Çizelgelerde 33 mod için periyot ve kütle katılım oranları verilmiştir.

Çizelge 6.14'de, SPECX ve SPECY yüklemeleri altında, x ve y yönlerinde oluşan kat kesme kuvvetleri gösterilmiştir.

Çizelge 6.14 : X ve Y yönünde deprem etkisi altında oluşan kat kesme kuvvetleri (Tip-III).

Kat	Yükleme	VX (kN)	VY (kN)	Kat	Yükleme	VX (kN)	VY (kN)
29	SPECX	1559,93	0	29	SPECY	0	1777,13
28	SPECX	3102,56	0	28	SPECY	0	3254,27
27	SPECX	4342,54	0	27	SPECY	0	4340,62
26	SPECX	5329,57	0	26	SPECY	0	5189,26
25	SPECX	6107,31	0	25	SPECY	0	5871,55
24	SPECX	6709,95	0	24	SPECY	0	6439,47
23	SPECX	7168,04	0	23	SPECY	0	6940,51
22	SPECX	7509,93	0	22	SPECY	0	7407,25
21	SPECX	7761,60	0	21	SPECY	0	7859,84
20	SPECX	7947,03	0	20	SPECY	0	8307,18
19	SPECX	8092,15	0	19	SPECY	0	8757,59
18	SPECX	8219,90	0	18	SPECY	0	9209,16
17	SPECX	8349,20	0	17	SPECY	0	9651,06
16	SPECX	8497,39	0	16	SPECY	0	10078,39
15	SPECX	8678,63	0	15	SPECY	0	10487,72
14	SPECX	8903,36	0	14	SPECY	0	10877,26
13	SPECX	9178,06	0	13	SPECY	0	11245,83
12	SPECX	9505,47	0	12	SPECY	0	11593,41
11	SPECX	9884,64	0	11	SPECY	0	11920,58
10	SPECX	10311,22	0	10	SPECY	0	12228,20
9	SPECX	10783,05	0	9	SPECY	0	12522,08
8	SPECX	11293,19	0	8	SPECY	0	12807,43
7	SPECX	11828,14	0	7	SPECY	0	13088,21
6	SPECX	12377,01	0	6	SPECY	0	13372,32
5	SPECX	12927,76	0	5	SPECY	0	13667,02
4	SPECX	13467,86	0	4	SPECY	0	13977,94
3	SPECX	13985,48	0	3	SPECY	0	14307,11
2	SPECX	14468,87	0	2	SPECY	0	14646,81
1	SPECX	14907,15	0	1	SPECY	0	14984,35
Zemin	SPECX	15312,11	0	Zemin	SPECY	0	15327,74
1.Bodrum	SPECX	15611,65	0	1.Bodrum	SPECY	0	15599,09
2.Bodrum	SPECX	15823,48	0	2.Bodrum	SPECY	0	15809,78
3.Bodrum	SPECX	15950,67	0	3.Bodrum	SPECY	0	15968,76

Çizelge 6.15 : X ve Y yönünde deprem etkisi altında oluşan kat deplasmanları (Tip-III).

Kat	Yükleme	UX (m)	UY (m)	Yükleme	UX (m)	UY (m)
29	SPECX	0,10561	0,02946	SPECY	0,03451	0,23170
28	SPECX	0,10215	0,02874	SPECY	0,03366	0,22650
27	SPECX	0,09864	0,02799	SPECY	0,03280	0,22118
26	SPECX	0,09511	0,02799	SPECY	0,03191	0,21572
25	SPECX	0,09154	0,02645	SPECY	0,03101	0,21006
24	SPECX	0,08794	0,02565	SPECY	0,03007	0,20418
23	SPECX	0,08431	0,02483	SPECY	0,02911	0,19806
22	SPECX	0,08064	0,02399	SPECY	0,02812	0,19167
21	SPECX	0,07695	0,02312	SPECY	0,02711	0,18502
20	SPECX	0,07323	0,02223	SPECY	0,02605	0,17809
19	SPECX	0,06949	0,02131	SPECY	0,02497	0,17088
18	SPECX	0,06574	0,02036	SPECY	0,02386	0,16341
17	SPECX	0,06197	0,01940	SPECY	0,02272	0,15570
16	SPECX	0,05820	0,01841	SPECY	0,02155	0,14774
15	SPECX	0,05443	0,01739	SPECY	0,02035	0,13956
14	SPECX	0,05066	0,01636	SPECY	0,01914	0,13117
13	SPECX	0,04691	0,01530	SPECY	0,01789	0,12261
12	SPECX	0,04318	0,01423	SPECY	0,01664	0,11389
11	SPECX	0,03948	0,01315	SPECY	0,01536	0,10505
10	SPECX	0,03583	0,01206	SPECY	0,01408	0,09613
9	SPECX	0,03224	0,01096	SPECY	0,01280	0,08716
8	SPECX	0,02872	0,00986	SPECY	0,01151	0,07820
7	SPECX	0,02529	0,00877	SPECY	0,01024	0,06929
6	SPECX	0,02197	0,00769	SPECY	0,00898	0,06050
5	SPECX	0,01876	0,00663	SPECY	0,00775	0,05188
4	SPECX	0,01571	0,00560	SPECY	0,00655	0,04353
3	SPECX	0,01282	0,00461	SPECY	0,00540	0,03552
2	SPECX	0,01013	0,00368	SPECY	0,00430	0,02795
1	SPECX	0,00766	0,00280	SPECY	0,00328	0,02095
Zemin	SPECX	0,00545	0,00200	SPECY	0,00234	0,01464
1.Bodrum	SPECX	0,00304	0,00111	SPECY	0,00130	0,00783
2.Bodrum	SPECX	0,00156	0,00056	SPECY	0,00066	0,00377
3.Bodrum	SPECX	0,00050	0,00017	SPECY	0,00020	0,00107

Çizelge 6.15 'te, SPECX ve SPECY yüklemeleri altında her katın X ve Y yönlerinde yaptığı deplasmanlar verilmiştir.

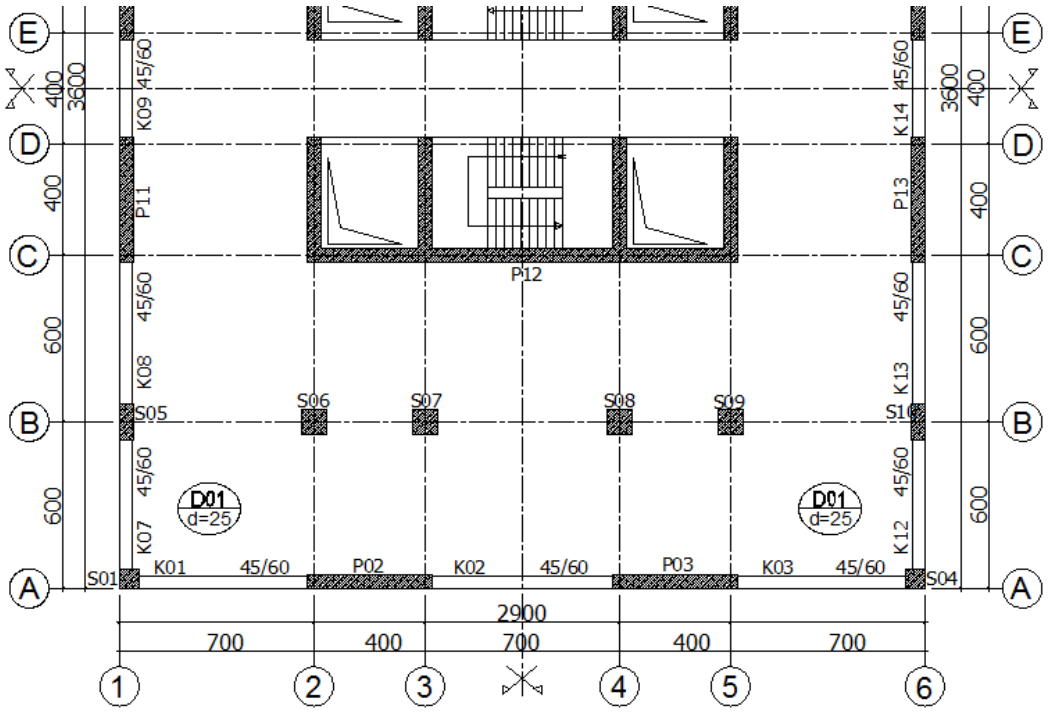
DBYBHY 2007, Bölüm 2.10 'da bahsedildiği üzere; her iki deprem doğrultusu için binanın herhangi bir katındaki düşey taşıyıcı elemanlarda hesaplanan δ_i, etkin göreli kat ötelemelerinin kat içindeki en büyük değeri, $\delta_{imax}/h_i \leq 0,02$ koşulunu sağlamak zorundadır. Çizelge 6.16 'te görüldüğü gibi bu kural her kat için sağlanmaktadır.

Çizelge 6.16 : X ve Y yönünde deprem etkisi altında oluşan göreli kat ötelemeleri (Tip-III).

Kat	d_{ix} (m)	Δ_{ix}	δ_i	δ_i/h_i	d_{iy} (m)	Δ_{iy}	δ_i	δ_i/h_i
29	0,10561	0,003466	0,024262	0,006932	0,23170	0,005203	0,036421	0,010406
28	0,10215	0,003503	0,024521	0,007006	0,22650	0,005313	0,037191	0,010626
27	0,09864	0,003534	0,024738	0,007068	0,22118	0,005465	0,038255	0,010930
26	0,09511	0,003568	0,024976	0,007136	0,21572	0,005658	0,039606	0,011316
25	0,09154	0,003601	0,025207	0,007202	0,21006	0,005879	0,041153	0,011758
24	0,08794	0,003633	0,025431	0,007266	0,20418	0,006125	0,042875	0,012250
23	0,08431	0,003664	0,025648	0,007328	0,19806	0,006384	0,044688	0,012768
22	0,08064	0,003691	0,025837	0,007382	0,19167	0,006655	0,046585	0,013310
21	0,07695	0,003718	0,026026	0,007436	0,18502	0,006929	0,048503	0,013858
20	0,07323	0,003741	0,026187	0,007482	0,17809	0,007208	0,050456	0,014416
19	0,06949	0,003754	0,026278	0,007508	0,17088	0,007466	0,052262	0,014932
18	0,06574	0,003766	0,026362	0,007532	0,16341	0,007717	0,054019	0,015434
17	0,06197	0,003773	0,026411	0,007546	0,15570	0,007956	0,055692	0,015912
16	0,05820	0,003773	0,026411	0,007546	0,14774	0,008180	0,057260	0,016360
15	0,05443	0,003767	0,026369	0,007534	0,13956	0,008386	0,058702	0,016772
14	0,05066	0,003752	0,026264	0,007504	0,13117	0,008566	0,059962	0,017132
13	0,04691	0,003728	0,026096	0,007456	0,12261	0,008718	0,061026	0,017436
12	0,04318	0,003695	0,025865	0,007390	0,11389	0,008840	0,061880	0,017680
11	0,03948	0,003650	0,025550	0,007300	0,10505	0,008925	0,062475	0,017850
10	0,03583	0,003592	0,025144	0,007184	0,09613	0,008968	0,062776	0,017936
9	0,03224	0,003519	0,024633	0,007038	0,08716	0,008962	0,062734	0,017924
8	0,02872	0,003432	0,024024	0,006864	0,07820	0,008907	0,062349	0,017814
7	0,02529	0,003326	0,023282	0,006652	0,06929	0,008793	0,061551	0,017586
6	0,02197	0,003202	0,022414	0,006404	0,06050	0,008613	0,060291	0,017226
5	0,01876	0,003056	0,021392	0,006112	0,05188	0,008355	0,058485	0,016710
4	0,01571	0,002886	0,020202	0,005772	0,04353	0,008010	0,056070	0,016020
3	0,01282	0,002692	0,018844	0,005384	0,03552	0,007564	0,052948	0,015128
2	0,01013	0,002468	0,017276	0,004936	0,02795	0,007003	0,049021	0,014006
1	0,00766	0,002213	0,015491	0,004426	0,02095	0,006308	0,044156	0,012616
Zemin	0,00545	0,002408	0,016856	0,003746	0,01464	0,006815	0,047705	0,010601
1.Bodrum	0,00304	0,001477	0,010339	0,002954	0,00783	0,004054	0,028378	0,008108
2.Bodrum	0,00156	0,001059	0,007413	0,002118	0,00377	0,002708	0,018956	0,005416
3.Bodrum	0,00050	0,000504	0,003528	0,001008	0,00107	0,001065	0,007455	0,002130

6.7 Bina Çevresinde Kirişleri Bulunan Kirişsiz Plak Döşeme Sistemi (Tip-IV)

Tip-IV, bina çevresinde kirişleri bulunan kirişsiz plak döşeme sisteminin tanımlandığı modeldir. Zemin kat tavan kalıp planı Şekil 6.23'de verilen sistemde, kirişsiz plak döşeme sistemi, binanın çevresine tanımlanmış olan 60 cm yüksekliğindeki kirişlere ve düşey taşıyıcılara oturmaktadır. Bu tip sistemlerde döşeme yükleri, döşeme ve çevre kirişleri vasıtasıyla düşey taşıyıcı sistem elemanlarına aktarılır.



Şekil 6.23 : Tip-IV zemin kat tavan kalıp planı.

6.7.1 Döşeme kalınlığı hesabı

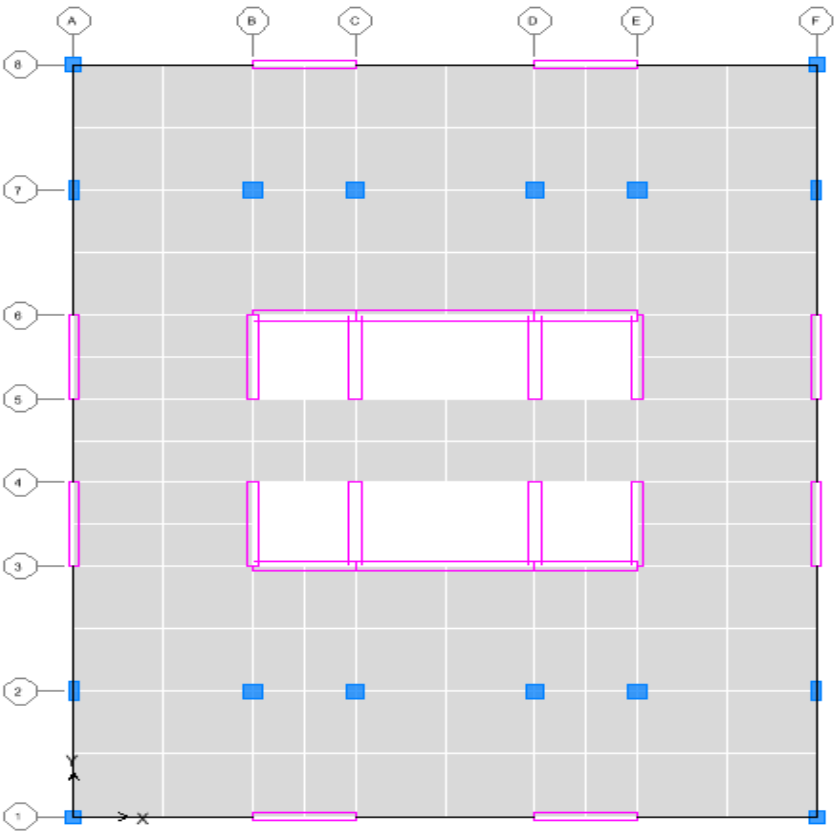
Bina çevresinde kirişleri bulunan kirişsiz plak döşeme sisteminde döşeme kalınlığı hesabı, kirişsiz plak döşeme sisteminde olduğu gibi hesaplanmıştır. Döşeme kalınlığı tespiti için iki yöndeki açıklığı en büyük ve süreksiz kenarı en fazla olan D01 döşemesi ele alınmıştır. D01 döşemesi, 7.0 m x 6.0 m boyutlarında ve iki süreksiz kenara sahiptir. TS500'de 11.4.2 ilkesinde yer alan iki doğrultuda çalışan kirişsiz döşeme kalınlığı kuralı kullanılarak minimum döşeme kalınlığı belirlenmiştir. ln, döşemenin incelenen doğrultudaki serbest açıklığı olmak üzere;

$$h \geq \frac{ln}{30} \quad \text{ve} \quad h \geq 180 \text{ mm olmalıdır.}$$

D01 döşemesi için $\alpha_s = \frac{700}{30} = 23{,}3$ cm ve $h \geq 180$ olduğundan, d=25 cm seçilmiştir.

6.7.2 Modelleme aşaması

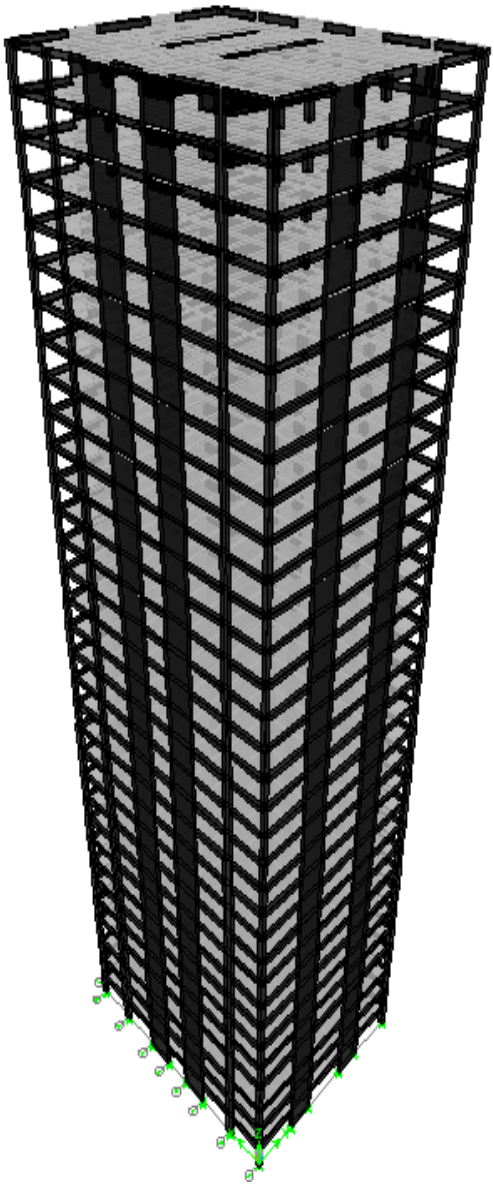
Çizelge 6.1'de belirtilen taşıyıcı sistem eleman boyutları ve Bölüm 6.3'te hesaplanan yüklemeler kullanılarak modellenen Tip-IV Bina Çevresinde Kirişleri Bulunan Kirişsiz Plak Döşeme Sistemi'nin ETABS modelinden alınan zemin kat tavan kalıp planı Şekil 6.24'de görülmektedir.



Şekil 6.24 : Tip-IV zemin kat tavan kalıp planı (ETABS).

Yapının bina çevresinde kirişleri bulunan kirişsiz plak döşeme sistemi ile, düşey yükler ve yatay deprem yüklerinin etkisi altında yapacağı davranışı belirlemek amacıyla üç boyutlu modeli oluşturulmuştur (Şekil 6.25). Modelleme aşamasında; kolonlar ve kirişler çubuk eleman olarak atanmış olup, perdeler kabuk olarak tanımlanmıştır. Asansör ve merdivenlerin bulunduğu döşemelerde boşluk bırakılarak, 25 cm kalınlığında kirişsiz plak döşeme elemanı tanımlanmış ve gerçeğe daha yakın sonuç almak amacı ile her yatay ve düşey doğrultuda meshlere bölünmüştür.

Döşemeler; her katta kendi düzlemleri içinde rijit çalıştığı kabul edilerek her kata rijit diyafram kabulü yapılmıştır. Kendi düzlemleri dışındaki kuvvet ve momentleri de hesaplayabilmek adına, döşemeler shell elemanlar olarak tanımlanmıştır.



Şekil 6.25 : Tip-IV üç boyutlu ETABS modeli.

Analiz esnasında kullanılan ivme tasarım spektrumu ve binaya etkitilen ölü, hareketli ve yatay deprem yükleri; Tip-I Kirişli Plak Döşeme modelinde olduğu gibi tanımlanmıştır.

Binanın doğal titreşim periyodu ve ağırlığı, Şekil 6.26'da verilen "Story Shears" ve Şekil 6.27'de verilen "Modal Participating Mass Ratios" pencerelerinden de görüldüğü üzere Etabs programı ile hesaplanmıştır.

Story Shears

Edit View

Story Shears

Story	Load	Loc	P	VX	VY	T	MX	MY
STORY3	GWALL	Bottom	15380,40	0,00	0,00	0,000	282067,200	-217969,
STORY2	GSELF	Top	355437,50	0,00	0,00	0,000	6397875,000	-515384
STORY2	GSELF	Bottom	360516,00	0,00	0,00	0,000	6489288,000	-522748
STORY2	QLIVE	Top	109056,00	0,00	0,00	0,000	1963008,000	-158131
STORY2	QLIVE	Bottom	109056,00	0,00	0,00	0,000	1963008,000	-158131
STORY2	GCOVER	Top	59136,00	0,00	0,00	0,000	1064448,000	-857472,
STORY2	GCOVER	Bottom	59136,00	0,00	0,00	0,000	1064448,000	-857472,
STORY2	GWALL	Top	15948,80	0,00	0,00	0,000	292298,400	-226211,
STORY2	GWALL	Bottom	15948,80	0,00	0,00	0,000	292298,400	-226211,
STORY1	GSELF	Top	366952,50	0,00	0,00	0,000	6605145,000	-532081
STORY1	GSELF	Bottom	372031,00	0,00	0,00	0,000	6696558,000	-539445
STORY1	QLIVE	Top	112464,00	0,00	0,00	0,000	2024352,000	-163072
STORY1	QLIVE	Bottom	112464,00	0,00	0,00	0,000	2024352,000	-163072
STORY1	GCOVER	Top	60984,00	0,00	0,00	0,000	1097712,000	-884268,
STORY1	GCOVER	Bottom	60984,00	0,00	0,00	0,000	1097712,000	-884268,
STORY1	GWALL	Top	16517,20	0,00	0,00	0,000	302529,600	-234453,
STORY1	GWALL	Bottom	16517,20	0,00	0,00	0,000	302529,600	-234453,

OK

Şekil 6.26 : Analiz sonucunda elde edilen ağırlıklar (Tip-IV).

Modal Participating Mass Ratios

Edit View

Modal Participating Mass Ratios

Mode	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX
1	3,167748	0,0000	71,5644	0,0000	0,0000	71,5644	0,0000	99,612
2	2,187410	65,1917	0,0000	0,0000	65,1917	71,5644	0,0000	0,000
3	2,165152	0,0000	0,0003	0,0000	65,1917	71,5647	0,0000	0,000
4	0,924107	0,0000	12,6809	0,0000	65,1917	84,2456	0,0000	0,041
5	0,632122	0,0000	0,0000	0,0000	65,1918	84,2456	0,0000	0,000
6	0,483103	19,0371	0,0000	0,0000	84,2289	84,2456	0,0000	0,000
7	0,445324	0,0000	4,9733	0,0000	84,2289	89,2189	0,0000	0,269
8	0,309235	0,0000	0,0000	0,0000	84,2289	89,2189	0,0000	0,000
9	0,261157	0,0000	2,7836	0,0000	84,2289	92,0026	0,0000	0,026
10	0,208102	6,5620	0,0000	0,0000	90,7908	92,0026	0,0000	0,000
11	0,189070	0,0000	0,0000	0,0000	90,7908	92,0026	0,0000	0,000
12	0,171076	0,0000	1,7781	0,0000	90,7908	93,7807	0,0000	0,026
13	0,131722	0,0001	0,0000	0,0000	90,7909	93,7807	0,0000	0,000
14	0,124594	3,0721	0,0000	0,0000	93,8631	93,7807	0,0000	0,000
15	0,120855	0,0000	1,2488	0,0000	93,8631	95,0295	0,0000	0,007
16	0,098776	0,0000	0,0000	0,0000	93,8631	95,0295	0,0000	0,000
17	0,090337	0,0000	0,9581	0,0000	93,8631	95,9876	0,0000	0,006

OK

Şekil 6.27 : Bina periyotları (s) (Tip-IV).

Bina ağırlığı :

W = G + 0.3Q = (372031.0+60984.0+16517.2) + 0.3×(112464.0) = 483271.4 kN

Y Yönünde eşdeğer deprem yüklerinin tanımlanması :

T_{1Y} = 3.168 s ⟶ $S(T_{1Y}) = 2.5\ (0.40/T_{1Y})^{0.8} = 2.5\ (0.40/3.168)^{0.8} = 0.478$ s

DBYBHY 2007'de belirtildiği üzere, $V_{ty} \geq 0.10\ A_0\ I\ W$ koşulu sağlanmalıdır.

$0.10\ A_0\ I\ W = 0.10 \times 0.40 \times 1 \times 483271.4 = 19331$ kN

$$V_{ty} = \frac{W.A_0.I.S(T_{1Y})}{R_a(T_1)} = \frac{483271.4 \times 0.40 \times 1 \times 0.478}{7} = 13200 \text{ kN} \geq 19331 \text{ kN}$$ koşulu

sağlanamadığından V_{ty} = 19331 kN değeri alınmıştır.

$$C'_y = \frac{A_0.I.S(T_{1Y})}{R_a(T_1)} = \frac{0.40 \times 1 \times 0.478}{7} = 0.0273$$

$\Delta F_{NY} = 0.0075.N.C'_y.W = 0.0075 \times 33 \times 0.0273 \times W = 0.00676W = 3265$ kN

X Yönünde eşdeğer deprem yüklerinin tanımlanması :

T_{1X} = 2.187 s ⟶ $S(T_{1X}) = 2.5\ (0.40/T_{1X})^{0.8} = 2.5\ (0.40/2.187)^{0.8} = 0.642$ s

DBYBHY 2007'de belirtildiği üzere, $V_{tx} \geq 0.10\ A_0\ I\ W$ koşulu sağlanmalıdır.

$0.10\ A_0\ I\ W = 0.10 \times 0.40 \times 1 \times 483271.4 = 19331$ kN

$$V_{tx} = \frac{W.A_0.I.S(T_{1X})}{R_a(T_1)} = \frac{483271.4 \times 0.40 \times 1 \times 0.642}{7} = 17729 \text{ kN} \geq 19331 \text{ kN}$$ koşulu

sağlanamadığından V_{ty} = 19331 kN değeri alınmıştır.

$$C'_x = \frac{A_0.I.S(T_{1x})}{R_a(T_1)} = \frac{0.40 \times 1 \times 0.642}{7} = 0.0367$$

$\Delta F_{NX} = 0.0075.N.C'_x.W = 0.0075 \times 33 \times 0.0367 \times W = 0.00906W = 4378$ kN

Bina ilk olarak Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'ne göre analiz edilmiştir. Bunun sebebi, Eşdeğer Deprem Yükü ve Mod Birleştirme Yöntemlerine göre yapılan analizler sonucunda program iki yöntem için de bina toplam deprem yükü hesaplamaktadır. DBYBHY 2007'de belirtildiği üzere; mod birleştirme yöntemine göre hesaplanan bina toplam deprem yükü değerinin, eşdeğer deprem yükü yöntemine göre hesaplanan değerden büyük olması gerekmektedir, aksi durumda mod birleştirme yöntemine göre hesaplanan kuvvetler büyütme katsayısı ile büyütülmelidir (Özmen ve diğ., 2005). Tip-IV bina için yapılan analizler sonucunda elde edilen toplam deprem yükü değerleri ve büyütme katsayısı değerleri aşağıdaki tabloda görülmektedir. Hesaplanan katsayılara göre Mod Birleştirme Yöntemi ile analiz yenilenmiştir.

Çizelge 6.17 : Büyütme katsayıları (Tip-IV).

	Eşdeğer Deprem Yükü (kN)	Mod Birleştirme Yöntemi (kN)	Büyütme Katsayısı
Vtx	19186.46	17128.79	1.120
Vty	19175.71	11661.53	1.644

6.7.3 Tip-IV bina analizi sonucunda elde edilen veriler

Çizelge 6.18 : Modlara göre periyot ve kütle katılım oranları (Tip-IV).

Mod	Periyot (s)	UX	UY	ΣUX	ΣUY
1	3,168	0,00	71,56	0,00	71,56
2	2,187	65,19	0,00	65,19	71,56
3	2,165	0,00	0,00	65,19	71,56
4	0,924	0,00	12,68	65,19	84,25
5	0,632	0,00	0,00	65,19	84,25
6	0,483	19,04	0,00	84,23	84,25
7	0,445	0,00	4,97	84,23	89,22
8	0,309	0,00	0,00	84,23	89,22
9	0,261	0,00	2,78	84,23	92,00
10	0,208	6,56	0,00	90,79	92,00
11	0,189	0,00	0,00	90,79	92,00
12	0,171	0,00	1,78	90,79	93,78
13	0,132	0,00	0,00	90,79	93,78
14	0,125	3,07	0,00	93,86	93,78
15	0,121	0,00	1,25	93,86	95,03
16	0,099	0,00	0,00	93,86	95,03
17	0,090	0,00	0,96	93,86	95,99
18	0,087	1,68	0,00	95,55	95,99
19	0,078	0,00	0,00	95,55	95,99
20	0,071	0,00	0,77	95,55	96,76
21	0,067	1,06	0,00	96,61	96,76
22	0,064	0,00	0,00	96,61	96,76
23	0,057	0,00	0,63	96,61	97,39
24	0,054	0,76	0,00	97,37	97,39
25	0,053	0,00	0,00	97,37	97,39
26	0,048	0,00	0,51	97,37	97,90
27	0,046	0,56	0,00	97,93	97,90
28	0,045	0,01	0,00	97,94	97,90
29	0,040	0,00	0,39	97,94	98,29
30	0,039	0,41	0,00	98,35	98,29
31	0,039	0,01	0,00	98,36	98,29
32	0,035	0,00	0,29	98,36	98,58
33	0,035	0,31	0,00	98,67	98,58

Tip-IV bina analiz edilirken, Tip-I'de olduğu gibi her katta 2 ötelenme ve 1 dönme olmak üzere 3 adet mod sayısı gözönüne alınmıştır. Çizelge 6.18'de de görüldüğü gibi, 10. mod itibariyle iki yöndeki kütle katılım oranları %90'ın üzerinde olup,

çözüm için yeterli mod sayısına ulaşılmıştır. Çizelgelerde 33 mod için periyot ve kütle katılım oranları verilmiştir.

Çizelge 6.19'de, SPECX ve SPECY yüklemeleri altında, x ve y yönlerinde oluşan kat kesme kuvvetleri gösterilmiştir.

Çizelge 6.19 : X ve Y yönünde deprem etkisi altında oluşan kat kesme kuvvetleri (Tip-IV).

Kat	Yükleme	VX (kN)	VY (kN)	Kat	Yükleme	VX (kN)	VY (kN)
29	SPECX	1693,05	0	29	SPECY	0	1905,03
28	SPECX	3347,65	0	28	SPECY	0	3503,29
27	SPECX	4682,12	0	27	SPECY	0	4706,48
26	SPECX	5749,31	0	26	SPECY	0	5662,43
25	SPECX	6595,73	0	25	SPECY	0	6436,67
24	SPECX	7257,84	0	24	SPECY	0	7076,65
23	SPECX	7768,22	0	23	SPECY	0	7628,26
22	SPECX	8156,87	0	22	SPECY	0	8125,86
21	SPECX	8451,14	0	21	SPECY	0	8593,76
20	SPECX	8676,15	0	20	SPECY	0	9046,08
19	SPECX	8859,61	0	19	SPECY	0	9497,2
18	SPECX	9024,48	0	18	SPECY	0	9949,16
17	SPECX	9188,90	0	17	SPECY	0	10394,16
16	SPECX	9369,71	0	16	SPECY	0	10828,28
15	SPECX	9580,62	0	15	SPECY	0	11248,12
14	SPECX	9831,84	0	14	SPECY	0	11651,34
13	SPECX	10129,73	0	13	SPECY	0	12035,9
12	SPECX	10477,22	0	12	SPECY	0	12401,26
11	SPECX	10873,86	0	11	SPECY	0	12748,01
10	SPECX	11316,21	0	10	SPECY	0	13077,4
9	SPECX	11807,82	0	9	SPECY	0	13399,19
8	SPECX	12338,92	0	8	SPECY	0	13716,69
7	SPECX	12896,47	0	7	SPECY	0	14034,18
6	SPECX	13469,92	0	6	SPECY	0	14359,41
5	SPECX	14047,32	0	5	SPECY	0	14698,45
4	SPECX	14615,87	0	4	SPECY	0	15055,32
3	SPECX	15162,94	0	3	SPECY	0	15430,29
2	SPECX	15675,73	0	2	SPECY	0	15813,31
1	SPECX	16142,35	0	1	SPECY	0	16189,41
Zemin	SPECX	16579,14	0	Zemin	SPECY	0	16570,52
1.Bodrum	SPECX	16899,15	0	1.Bodrum	SPECY	0	16863,97
2.Bodrum	SPECX	17126,91	0	2.Bodrum	SPECY	0	17089,72
3.Bodrum	SPECX	17264,11	0	3.Bodrum	SPECY	0	17257,52

Çizelge 6.20 : X ve Y yönünde deprem etkisi altında oluşan kat deplasmanları (Tip-IV).

Kat	Yükleme	UX (m)	UY (m)	Yükleme	UX (m)	UY (m)
29	SPECX	0,09088	0,01879	SPECY	0,02214	0,16598
28	SPECX	0,08799	0,01843	SPECY	0,02172	0,16250
27	SPECX	0,08506	0,01806	SPECY	0,02129	0,15893
26	SPECX	0,08209	0,01767	SPECY	0,02083	0,15523
25	SPECX	0,07909	0,01726	SPECY	0,02036	0,15137
24	SPECX	0,07606	0,01684	SPECY	0,01986	0,14734
23	SPECX	0,07300	0,01640	SPECY	0,01934	0,14312
22	SPECX	0,06990	0,01594	SPECY	0,01879	0,13870
21	SPECX	0,06678	0,01545	SPECY	0,01822	0,13409
20	SPECX	0,06363	0,01495	SPECY	0,01762	0,12927
19	SPECX	0,06046	0,01442	SPECY	0,01699	0,12427
18	SPECX	0,05728	0,01388	SPECY	0,01634	0,11909
17	SPECX	0,05408	0,01331	SPECY	0,01566	0,11373
16	SPECX	0,05088	0,01272	SPECY	0,01496	0,10820
15	SPECX	0,04767	0,01211	SPECY	0,01423	0,10250
14	SPECX	0,04445	0,01147	SPECY	0,01348	0,09666
13	SPECX	0,04125	0,01082	SPECY	0,01270	0,09067
12	SPECX	0,03806	0,01014	SPECY	0,01190	0,08456
11	SPECX	0,03489	0,00945	SPECY	0,01108	0,07834
10	SPECX	0,03175	0,00874	SPECY	0,01024	0,07204
9	SPECX	0,02865	0,00801	SPECY	0,00939	0,06568
8	SPECX	0,02561	0,00728	SPECY	0,00853	0,05929
7	SPECX	0,02263	0,00654	SPECY	0,00766	0,05289
6	SPECX	0,01973	0,00580	SPECY	0,00679	0,04653
5	SPECX	0,01693	0,00506	SPECY	0,00593	0,04023
4	SPECX	0,01425	0,00433	SPECY	0,00507	0,03406
3	SPECX	0,01170	0,00362	SPECY	0,00424	0,02807
2	SPECX	0,00930	0,00292	SPECY	0,00343	0,02234
1	SPECX	0,00709	0,00226	SPECY	0,00266	0,01695
Zemin	SPECX	0,00509	0,00165	SPECY	0,00193	0,01200
1.Bodrum	SPECX	0,00288	0,00094	SPECY	0,00110	0,00654
2.Bodrum	SPECX	0,00151	0,00048	SPECY	0,00057	0,00321
3.Bodrum	SPECX	0,00050	0,00015	SPECY	0,00018	0,00093

Çizelge 6.20 'te, SPECX ve SPECY yüklemeleri altında her katın X ve Y yönlerinde yaptığı deplasmanlar verilmiştir.

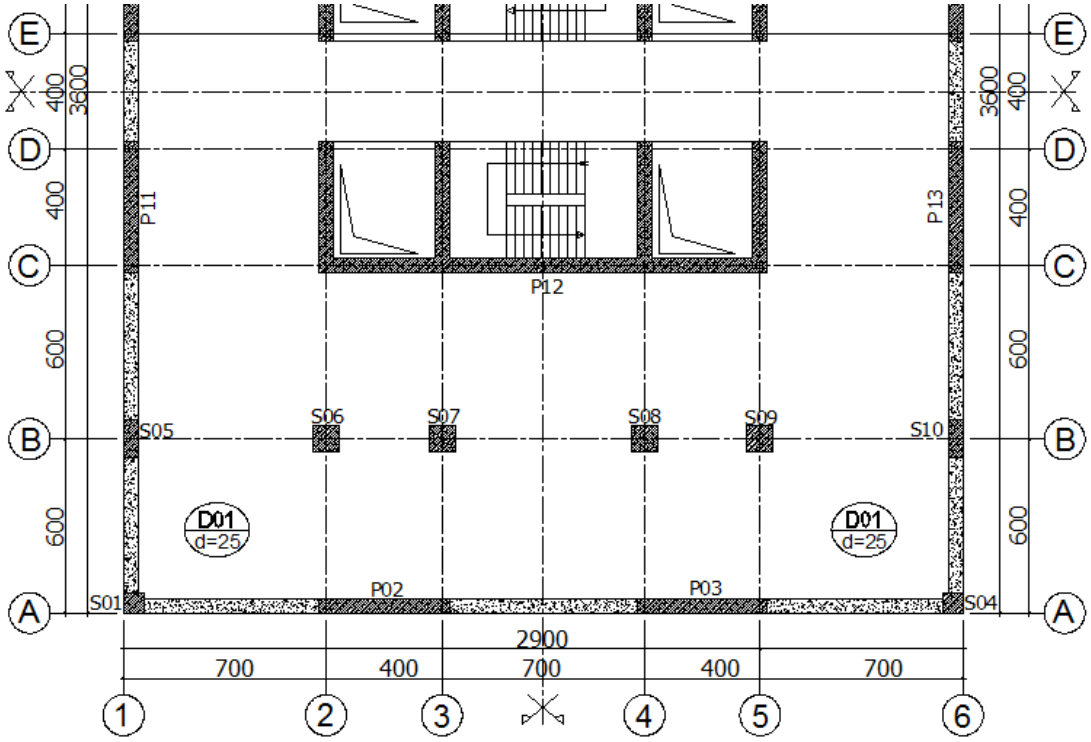
DBYBHY 2007, Bölüm 2.10 'da bahsedildiği üzere; her iki deprem doğrultusu için binanın herhangi bir katındaki düşey taşıyıcı elemanlarda hesaplanan δ_i, etkin göreli kat ötelemelerinin kat içindeki en büyük değeri, $\delta_{imax}/h_i \leq 0,02$ koşulunu sağlamak zorundadır. Çizelge 6.21 'te görüldüğü gibi bu kural her kat için sağlanmaktadır.

Çizelge 6.21 : X ve Y yönünde deprem etkisi altında oluşan göreli kat ötelemeleri (Tip-IV).

Kat	d_{ix} (m)	Δ_{ix}	δ_i	δ_i/h_i	d_{iy} (m)	Δ_{iy}	δ_i	δ_i/h_i
29	0,09088	0,002891	0,020237	0,005782	0,16598	0,003478	0,024346	0,006956
28	0,08799	0,002932	0,020524	0,005864	0,16250	0,003573	0,025011	0,007146
27	0,08506	0,002965	0,020755	0,005930	0,15893	0,003701	0,025907	0,007402
26	0,08209	0,002999	0,020993	0,005998	0,15523	0,003856	0,026992	0,007712
25	0,07909	0,003032	0,021224	0,006064	0,15137	0,004033	0,028231	0,008066
24	0,07606	0,003064	0,021448	0,006128	0,14734	0,004221	0,029547	0,008442
23	0,07300	0,003095	0,021665	0,006190	0,14312	0,004417	0,030919	0,008834
22	0,06990	0,003123	0,021861	0,006246	0,13870	0,004615	0,032305	0,009230
21	0,06678	0,003149	0,022043	0,006298	0,13409	0,004814	0,033698	0,009628
20	0,06363	0,003170	0,022190	0,006340	0,12927	0,005007	0,035049	0,010014
19	0,06046	0,003182	0,022274	0,006364	0,12427	0,005181	0,036267	0,010362
18	0,05728	0,003196	0,022372	0,006392	0,11909	0,005358	0,037506	0,010716
17	0,05408	0,003205	0,022435	0,006410	0,11373	0,005529	0,038703	0,011058
16	0,05088	0,003212	0,022484	0,006424	0,10820	0,005694	0,039858	0,011388
15	0,04767	0,003211	0,022477	0,006422	0,10250	0,005846	0,040922	0,011692
14	0,04445	0,003206	0,022442	0,006412	0,09666	0,005987	0,041909	0,011974
13	0,04125	0,003192	0,022344	0,006384	0,09067	0,006111	0,042777	0,012222
12	0,03806	0,003170	0,022190	0,006340	0,08456	0,006217	0,043519	0,012434
11	0,03489	0,003139	0,021973	0,006278	0,07834	0,006302	0,044114	0,012604
10	0,03175	0,003098	0,021686	0,006196	0,07204	0,006364	0,044548	0,012728
9	0,02865	0,003042	0,021294	0,006084	0,06568	0,006390	0,044730	0,012780
8	0,02561	0,002977	0,020839	0,005954	0,05929	0,006396	0,044772	0,012792
7	0,02263	0,002897	0,020279	0,005794	0,05289	0,006365	0,044555	0,012730
6	0,01973	0,002800	0,019600	0,005600	0,04653	0,006292	0,044044	0,012584
5	0,01693	0,002685	0,018795	0,005370	0,04023	0,006172	0,043204	0,012344
4	0,01425	0,002551	0,017857	0,005102	0,03406	0,005989	0,041923	0,011978
3	0,01170	0,002394	0,016758	0,004788	0,02807	0,005734	0,040138	0,011468
2	0,00930	0,002211	0,015477	0,004422	0,02234	0,005393	0,037751	0,010786
1	0,00709	0,002002	0,014014	0,004004	0,01695	0,004944	0,034608	0,009888
Zemin	0,00509	0,002209	0,015463	0,003436	0,01200	0,005465	0,038255	0,008501
1.Bodrum	0,00288	0,001376	0,009632	0,002752	0,00654	0,003328	0,023296	0,006656
2.Bodrum	0,00151	0,001008	0,007056	0,002016	0,00321	0,002277	0,015939	0,004554
3.Bodrum	0,00050	0,000497	0,003479	0,000994	0,00093	0,000932	0,006524	0,001864

6.8 Rijit Bodrum Katlı Kirişsiz Plak Döşeme Sistemi (Tip-V)

Tip-V, rijit bodrum katlı kirişsiz plak döşeme sisteminin tanımlandığı modeldir. 1. bodrum kat tavan kalıp planı Şekil 6.28'de verilen bu sistemde, kirişsiz plak döşeme sistemi Tip-III'de olduğu gibi tanımlanmış, farklı olarak üç bodrum kat boyunca çevre perdeleri eklenmiştir.



Şekil 6.28 : Tip-V 1. bodrum kat tavan kalıp planı.

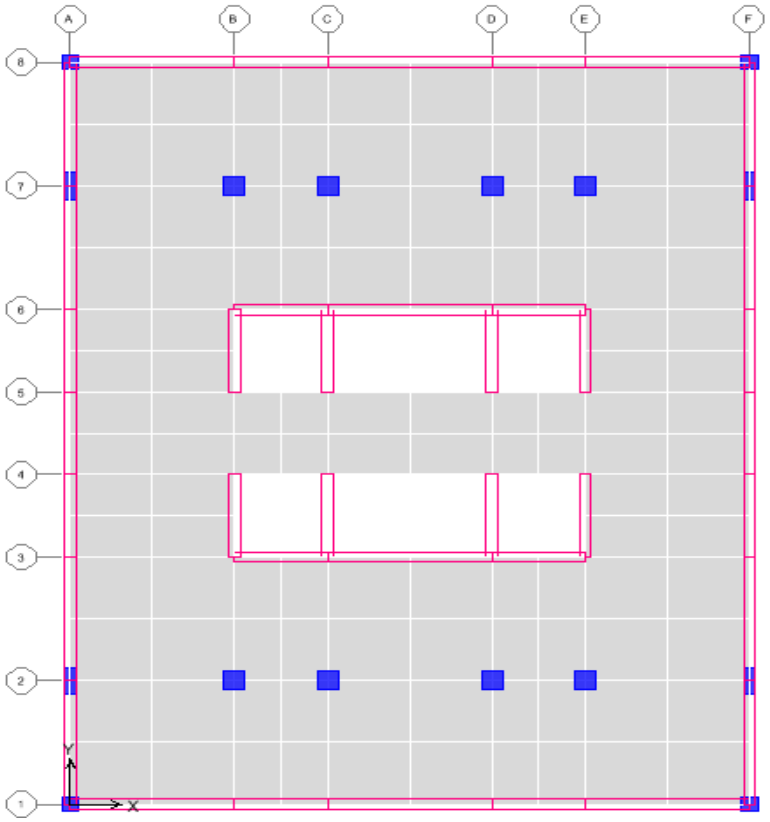
Tip-V modelini diğer modellerden ayıran en önemli özellik, rijit bodrum kat tanımanmış olmasıdır. Binanın tüm kat döşemeleri 25 cm kalınlığında tanımlanıp sabit tutulmuş, 1. bodrum kat tavan döşemesinde ani rijitlik değişiminden dolayı oluşan zorlanmalar incelenmiştir. Minimum döşeme kalınlığı TS-500'de bulunan 11.4.2 ilkesinde yer alan iki dorultulu çalışan kirişsiz döşeme kalınlığı kuralı doğrultusunda hesaplanmıştır. ln, döşemenin incelenen doğrultudaki serbest açıklığı olmak üzere;

$$h \geq \frac{ln}{30} \quad \text{ve} \quad h \geq 180 \text{ mm olmalıdır.}$$

D01 döşemesi için $\alpha_s = \frac{700}{30} = 23{,}3$ cm ve $h \geq 180$ olduğundan, d=25 cm seçilmiştir.

6.8.1 Modelleme aşaması

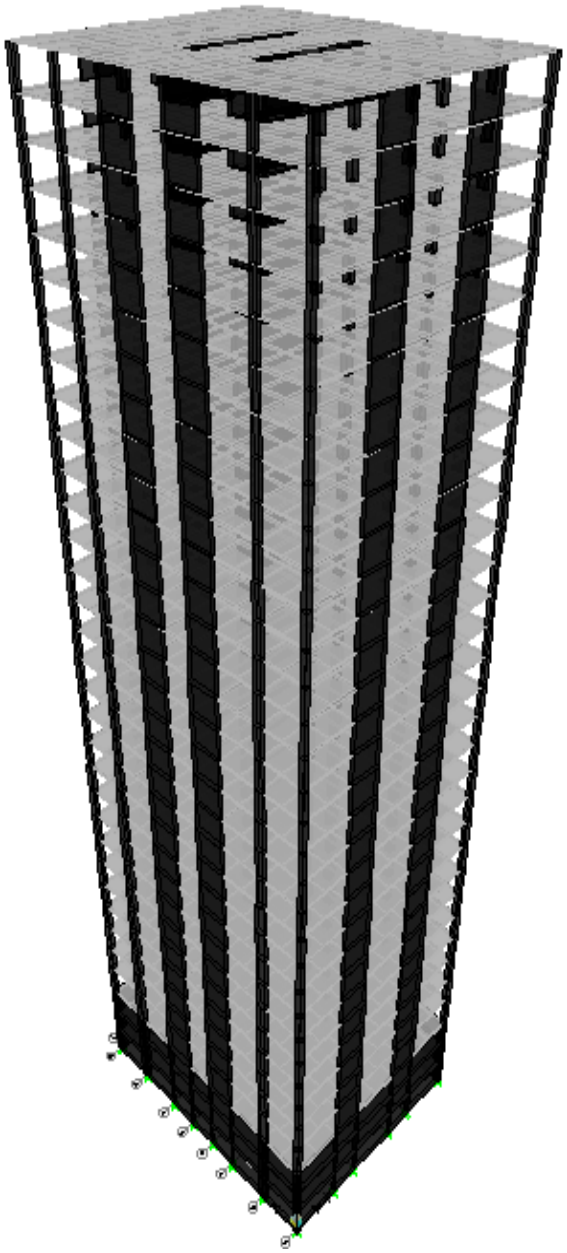
Çizelge 6.1'de belirtilen taşıyıcı sistem eleman boyutları ve Bölüm 6.3'te hesaplanan yüklemeler kullanılarak modellenen Tip-V Rijit Bodrum Katlı Kirişsiz Plak Döşeme Sistemi'nin ETABS modelinden alınan 1. bodrum kat tavan kalıp planı Şekil 6.29'te görülmektedir.



Şekil 6.29 : Tip-V 1. bodrum kat tavan kalıp planı (ETABS).

Yapının rijit bodrum katlı kirişsiz plak döşeme sistemi ile, düşey yükler ve yatay deprem yüklerinin etkisi altında yapacağı davranışı belirlemek amacıyla üç boyutlu modeli oluşturulmuştur (Şekil 6.30). Hesap aşamasında perdelerde dışta toprak itkisi gözönünde bulundurulmamıştır. Modelleme aşamasında; kolonlar çubuk eleman olarak atanmış olup, perdeler kabuk olarak tanımlanmıştır. 3 bodrum kat boyunca, 35 cm kalınlığında çevre perdeleri tanımlanmıştır. Asansör ve merdivenlerin bulunduğu döşemelerde boşluk bırakılarak döşemeler tanımlanmış ve gerçeğe daha yakın sonuç almak amacı ile her döşeme yatay ve düşey doğrultuda ikişer mesh'e bölünmüştür.

Döşemeler; her katta kendi düzlemleri içinde rijit çalıştığı kabul edilerek her kata rijit diyafram kabulü yapılmıştır. Kendi düzlemleri dışındaki kuvvet ve momentleri de hesaplayabilmek adına, döşemeler kabuk (shell) elemanlar olarak tanımlanmıştır.



Şekil 6.30 : Tip-V üç boyutlu ETABS modeli.

Analiz esnasında kullanılan ivme tasarım spektrumu ve binaya etkitilen ölü, hareketli ve yatay deprem yükleri; Tip-I Kirişli Plak Döşeme modelinde olduğu gibi tanımlanmıştır.

6.8.2 Tip-V bina analizi sonucunda elde edilen veriler

Çizelge 6.22 : Modlara göre periyot ve kütle katılım oranları (Tip-V).

Mod	Periyot (s)	UX	UY	ΣUX	ΣUY
1	3,3813	0,00	64,70	0,00	64,70
2	2,3959	0,00	0,00	0,00	64,70
3	2,1518	61,87	0,00	61,87	64,70
4	0,9306	0,00	12,11	61,87	76,81
5	0,6208	0,00	0,00	61,87	76,81
6	0,4480	18,00	0,00	79,87	76,81
7	0,4256	0,00	5,32	79,87	82,13
8	0,2803	0,00	0,00	79,87	82,13
9	0,2404	0,00	3,17	79,87	85,30
10	0,1895	6,38	0,00	86,25	85,30
11	0,1669	0,00	0,00	86,25	85,30
12	0,1545	0,00	2,25	86,25	87,55
13	0,1147	0,00	0,00	86,25	87,55
14	0,1135	3,40	0,00	89,65	87,55
15	0,1085	0,00	1,83	89,65	89,38
16	0,0855	0,00	0,00	89,65	89,38
17	0,0811	0,00	1,70	89,65	91,07
18	0,0801	2,28	0,00	91,93	91,07
19	0,0671	0,00	0,00	91,93	91,07
20	0,0638	0,00	1,74	91,93	92,81
21	0,0618	1,78	0,00	93,71	92,81
22	0,0546	0,00	0,00	93,71	92,81
23	0,0521	0,00	1,81	93,71	94,62
24	0,0504	1,53	0,00	95,24	94,62
25	0,0456	0,00	0,00	95,24	94,62
26	0,0440	0,00	1,66	95,24	96,28
27	0,0428	1,28	0,00	96,53	96,28
28	0,0391	0,00	0,00	96,53	96,28
29	0,0378	0,00	1,16	96,53	97,44
30	0,0372	0,97	0,00	97,49	97,44
31	0,0342	0,00	0,00	97,49	97,44
32	0,0329	0,00	0,66	97,49	98,10
33	0,0329	0,64	0,00	98,13	98,10

Tip-V bina modelleri analiz edilirken, Tip-I'de olduğu gibi her katta 2 ötelenme ve 1 dönme olmak üzere 3 adet mod sayısı gözönüne alınmıştır. Çizelgelerde 33 mod için periyot ve kütle katılım oranları verilmiştir. Çizelge 6.22'de de görüldüğü gibi, diğer modellerden farklı olarak 18. mod itibariyle iki yöndeki kütle katılım oranları %90'ın

üzerinde olup, çözüm için yeterli mod sayısına ulaşılmıştır. Çizelgelerde 33 mod için periyot ve kütle katılım oranları verilmiştir.

Çizelge 6.23'de, SPECX ve SPECY yüklemeleri altında, x ve y yönlerinde oluşan kat kesme kuvvetleri gösterilmiştir.

Çizelge 6.23 : X ve Y yönünde deprem etkisi altında oluşan kat kesme kuvvetleri (Tip-V).

Kat	Yükleme	VX (kN)	VY (kN)	Kat	Yükleme	VX (kN)	VY (kN)
29	SPECX	1846,47	0	29	SPECY	0	2253,29
28	SPECX	3609,92	0	28	SPECY	0	3894,55
27	SPECX	4978,25	0	27	SPECY	0	5028,46
26	SPECX	6055,76	0	26	SPECY	0	5960,20
25	SPECX	6911,78	0	25	SPECY	0	6683,70
24	SPECX	7578,79	0	24	SPECY	0	7239,01
23	SPECX	8083,72	0	23	SPECY	0	7722,27
22	SPECX	8457,48	0	22	SPECY	0	8177,21
21	SPECX	8729,93	0	21	SPECY	0	8619,81
20	SPECX	8928,01	0	20	SPECY	0	9066,58
19	SPECX	9081,31	0	19	SPECY	0	9528,02
18	SPECX	9217,89	0	18	SPECY	0	9996,41
17	SPECX	9361,87	0	17	SPECY	0	10456,50
16	SPECX	9534,39	0	16	SPECY	0	10900,65
15	SPECX	9752,19	0	15	SPECY	0	11320,37
14	SPECX	10027,71	0	14	SPECY	0	11710,71
13	SPECX	10367,86	0	13	SPECY	0	12072,40
12	SPECX	10774,29	0	12	SPECY	0	12407,98
11	SPECX	11243,44	0	11	SPECY	0	12721,09
10	SPECX	11766,59	0	10	SPECY	0	13020,64
9	SPECX	12338,06	0	9	SPECY	0	13322,85
8	SPECX	11766,59	0	8	SPECY	0	13640,24
7	SPECX	13574,57	0	7	SPECY	0	13980,94
6	SPECX	14204,07	0	6	SPECY	0	14354,14
5	SPECX	14819,41	0	5	SPECY	0	14760,31
4	SPECX	15403,99	0	4	SPECY	0	15186,94
3	SPECX	15944,35	0	3	SPECY	0	15614,26
2	SPECX	16428,77	0	2	SPECY	0	16020,46
1	SPECX	16843,07	0	1	SPECY	0	16388,10
Zemin	SPECX	17194,76	0	Zemin	SPECY	0	16741,13
1.Bodrum	SPECX	17468,29	0	1.Bodrum	SPECY	0	17124,96
2.Bodrum	SPECX	17756,05	0	2.Bodrum	SPECY	0	17647,02
3.Bodrum	SPECX	17975,54	0	3.Bodrum	SPECY	0	18075,68

Çizelge 6.24 'te, SPECX ve SPECY yüklemeleri altında her katın X ve Y yönlerinde yaptığı deplasmanlar verilmiştir.

Çizelge 6.24 : X ve Y yönünde deprem etkisi altında oluşan kat deplasmanları (Tip-V).

Kat	Yükleme	UX (m)	UY (m)	Yükleme	UX (m)	UY (m)
29	SPECX	0,111745	0,031068	SPECY	0,039007	0,220363
28	SPECX	0,107920	0,030233	SPECY	0,037967	0,214812
27	SPECX	0,104054	0,029379	SPECY	0,036905	0,209145
26	SPECX	0,100151	0,028506	SPECY	0,035819	0,203320
25	SPECX	0,096209	0,027611	SPECY	0,034705	0,197296
24	SPECX	0,092229	0,026692	SPECY	0,033560	0,191042
23	SPECX	0,088213	0,025748	SPECY	0,032382	0,184538
22	SPECX	0,084161	0,024777	SPECY	0,031168	0,177769
21	SPECX	0,080077	0,023779	SPECY	0,029916	0,170727
20	SPECX	0,075964	0,022752	SPECY	0,028626	0,163410
19	SPECX	0,071824	0,021696	SPECY	0,027297	0,155817
18	SPECX	0,067671	0,020613	SPECY	0,025933	0,147972
17	SPECX	0,063505	0,019505	SPECY	0,024535	0,139886
16	SPECX	0,059333	0,018371	SPECY	0,023104	0,131577
15	SPECX	0,055163	0,017213	SPECY	0,021643	0,123064
14	SPECX	0,051003	0,016033	SPECY	0,020154	0,114375
13	SPECX	0,046864	0,014834	SPECY	0,018643	0,105541
12	SPECX	0,042756	0,013620	SPECY	0,017115	0,096598
11	SPECX	0,038692	0,012395	SPECY	0,015574	0,087589
10	SPECX	0,034688	0,011165	SPECY	0,014028	0,078562
9	SPECX	0,030757	0,009936	SPECY	0,012484	0,069570
8	SPECX	0,026920	0,008715	SPECY	0,010953	0,060680
7	SPECX	0,023196	0,007511	SPECY	0,009442	0,051956
6	SPECX	0,019605	0,006332	SPECY	0,007964	0,043481
5	SPECX	0,016175	0,005190	SPECY	0,006531	0,035348
4	SPECX	0,012932	0,004097	SPECY	0,005159	0,027666
3	SPECX	0,009909	0,003067	SPECY	0,003866	0,020561
2	SPECX	0,007144	0,002121	SPECY	0,002676	0,014182
1	SPECX	0,004688	0,001284	SPECY	0,001623	0,008707
Zemin	SPECX	0,002609	0,000599	SPECY	0,000759	0,004351
1.Bodrum	SPECX	0,000845	0,000097	SPECY	0,000124	0,001017
2.Bodrum	SPECX	0,000446	0,000051	SPECY	0,000066	0,000451
3.Bodrum	SPECX	0,000172	0,000022	SPECY	0,000029	0,000161

Bu Tip-V durumunda kat döşemelerinde düzlem içi etkilerin (basınç ve çekme kuvveti ve gerilmesi gibi) özellikle 1. bodrum kat tavan döşemesi ile zemin kat ve normal kat döşemelerinde farklılık oluşması beklenir. Bu etkilerin karşılanması için döşeme kesitlerinde alta ve üste donatı yerleştirilmesi uygun olup, bu hususun gözönünde tutulması önemlidir.

7. KARŞILAŞTIRMALAR, SONUÇLAR VE ÖNERİLER

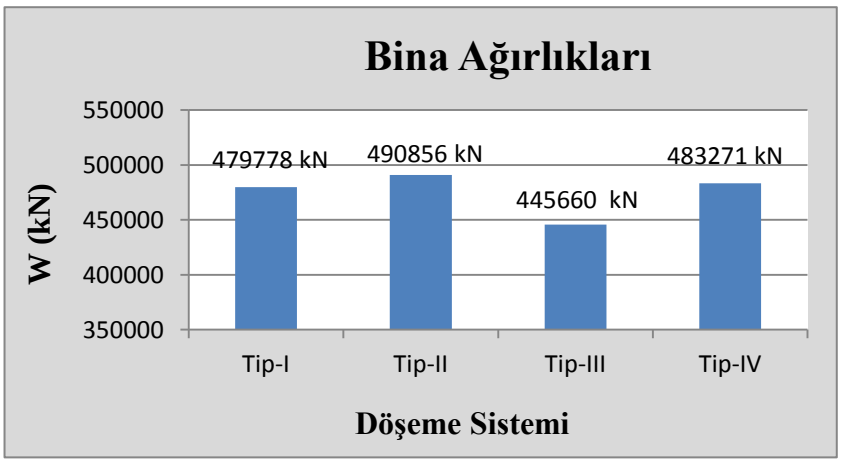
7.1 Karşılaştırmalar

Bir önceki bölümde analiz aşamaları ve bireysel sonuçları verilen beş farklı döşeme modelinin kendi aralarında karşılaştırmaları ve elde edilen sonuçlar bu bölümde açıklanmıştır.

Çizelge 7.1 : Döşeme sistemi tanımlamaları.

Tip-I	Kirişli plak döşeme
Tip-II	Bir doğrultuda çalışan dişli döşeme
Tip-III	Kirişsiz plak döşeme
Tip-IV	Bina çevresinde kirişleri bulunan kirişsiz plak

İlk olarak Şekil 7.1'de, dört bina tipi için hesaplanan bina ağırlıkları kıyaslaması verilmiştir. Şekilden de anlaşıldığı üzere, dört farklı döşeme sistemi arasında en fazla ağırlığa sahip olan sistem Tip-II yani dişli döşeme sistemidir. Dişli döşeme sistemini, kirişli plak döşeme sistemi takip etmekte olup, 3. en ağır bina modeli bina çevresinde kirişleri bulunan kirişsiz döşeme sisteminde hesaplanmıştır. Modeller arasında en hafif değerdeki döşeme sistemi kirişsiz plak döşeme sisteminde elde edilmiştir.

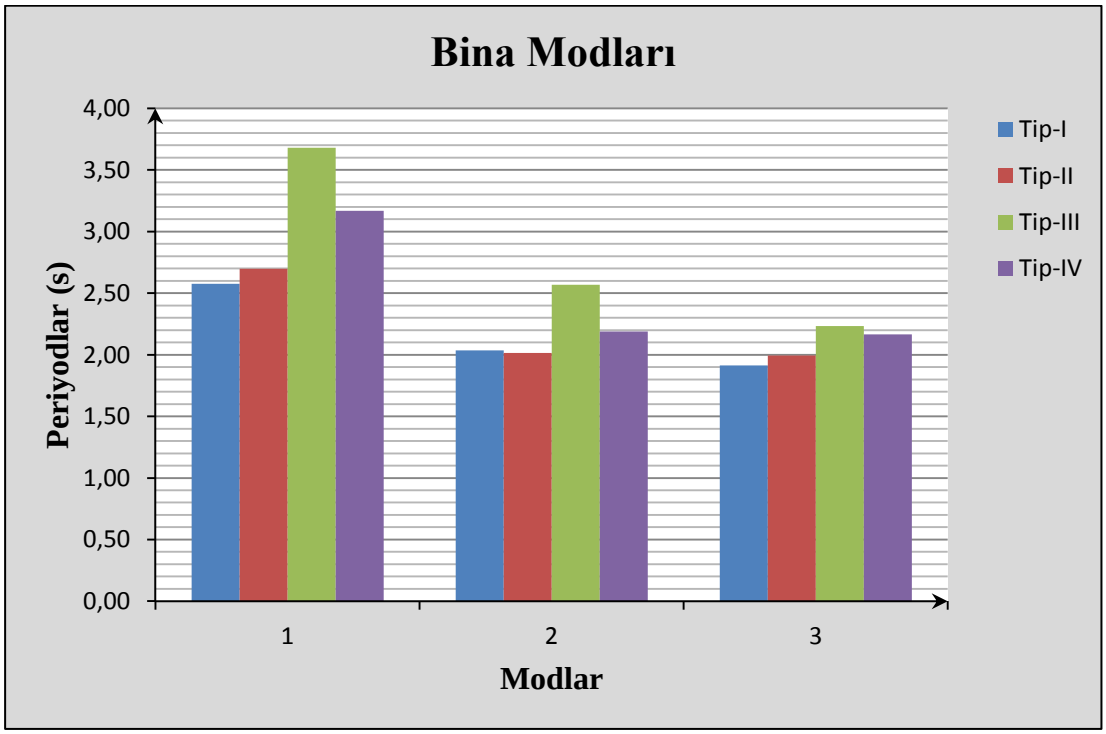


Şekil 7.1 : Her modele ait toplam bina ağırlıkları.

Çizelge 7.2 ve Şekil 7.2'de her döşeme sistemi için yapılan analizler sonucunda elde edilen bina periyot değerleri ve kütle katılım oranları verilmiştir. İrdeleme esnasında hakim olan ilk üç periyot için değerler kullanılmıştır.

Çizelge 7.2 : Modellerin ilk 3 periyodlarının ve kütle katılım oranlarının karşılaştırması.

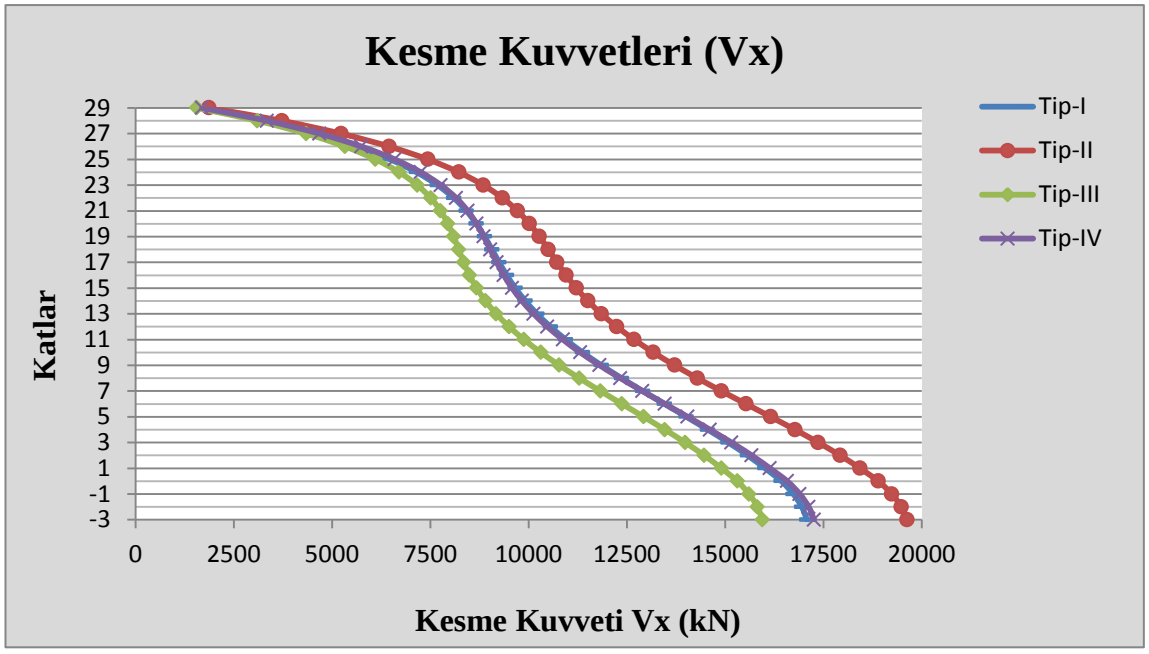
	Mod	Periyot (s)	UX	UY	ΣUX	ΣUY
Tip-I	1	2,575	0,00	72,47	0,00	72,47
	2	2,035	65,63	0,00	65,63	72,47
	3	1,914	0,00	0,00	65,63	72,48
Tip-II	1	2,699	0,00	72,63	0,00	72,63
	2	2,014	65,68	0,00	65,68	72,63
	3	1,995	0,29	0,00	65,97	72,63
Tip-III	1	3,681	0,00	70,80	0,00	70,80
	2	2,568	0,00	0,00	0,00	70,80
	3	2,232	64,82	0,00	64,82	70,80
Tip-IV	1	3,168	0,00	71,56	0,00	71,56
	2	2,187	65,19	0,00	65,19	71,56
	3	2,165	0,00	0,00	65,19	71,56



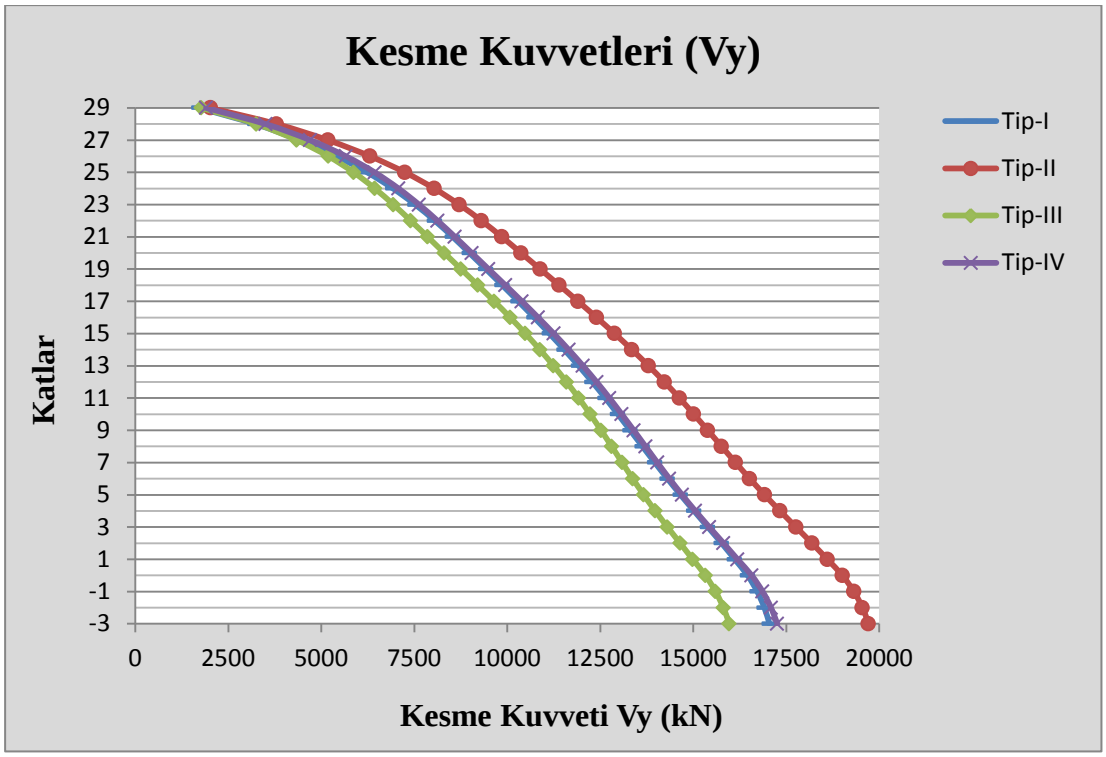
Şekil 7.2 : Her modele ait ilk üç mod için periyot değerleri.

Bütün döşeme tipleri için binanın hakim periyodu Y yönündedir. Çizelge 7.2'de görüldüğü üzere modeller arasında en düşük periyoda sahip döşeme sistemi kirişli plak döşemedir. Bir doğrultuda dişli döşeme sistemi için periyot değerlerinin kirişli plak döşeme sistemine oldukça yakın olduğu da yine tablodan görülmektedir. Kirişsiz plak döşeme sistemi için elde edilen periyot değerleri her mod için geçerli olmak üzere en büyük değerdedir. Bunun sebebi sistemde hiç ana ve/veya diş kiriş bulunmadığından yatay rijitliği sağlayan taşıyıcı sistem elemanlarının yalnızca döşemelerden oluşması ve bina ağırlığının diğer modellerden daha az olmasıdır. Bina çevresinde kirişleri bulunan kirişsiz plak döşeme sistemi için ise değerler, kirişsiz döşeme sisteminden daha azdır; fakat kirişli plak döşeme ve bir doğrutuda dişli döşeme sisteminden daha fazladır. Analiz sonuçlarından da açıkça görülüyor ki kirişlerin yatay rijitliğe katkısı son derece fazla olmakla birlikte, kirişli döşeme sistemlerinde elde edilen periyot değerleri diğer modellerden oldukça azdır ve sistem daha rijit durumdadır.

Çizelge 7.3'de, her farklı döşeme sistemi için X ve Y yönünde etkiyen deprem yüklerinin katlarda oluşturduğu kesme kuvvetleri tablolaştırılmıştır. Şekil 7.3 SPECX yüklemesi altında oluşan kat kesme kuvvetlerini, Şekil 7.4 ise SPECY yüklemesi altında oluşan kat kesme kuvvetlerini grafik şeklinde karşılaştırmaktadır.



Şekil 7.3 : SPECX yüklemesi altında katlarda oluşan taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması.



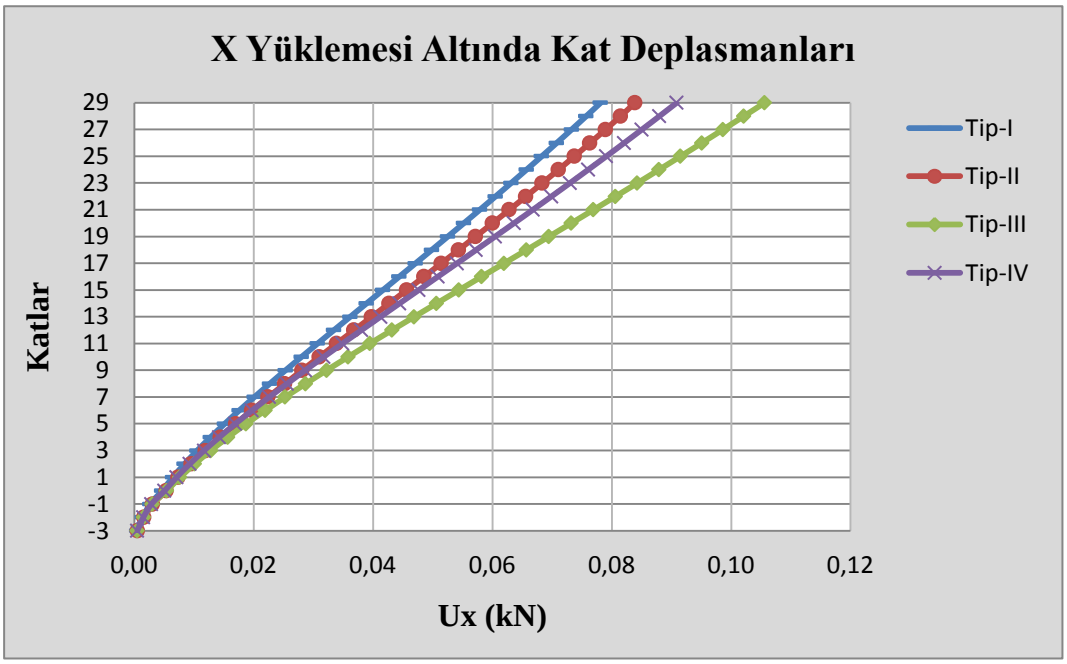
Şekil 7.4 : SPECY yüklemesi altında katlarda oluşan taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması.

Katlara gelen kesme kuvvetlerini etkileyen en önemli parametre bina ağırlığı ve periyot değeridir. İki deprem yönü içinde görülmektedir ki Tip-II bir doğrultuda dişli döşeme sistemi, en fazla ağırlığa sahip olduğundan, periyodu en fazla olmamasına rağmen en büyük taban kesme kuvveti bu döşeme sisteminde ortaya çıkmıştır. 33 katlı yüksek bir yapıdaki dişli döşeme ağırlığının diğer döşeme sistemlerine nazaran çok daha fazla kesme kuvveti karşıladığı belirlenmiştir. Kirişli plak döşeme sistemi ve bina çevresinde kirişleri bulunan kirişsiz plak döşeme sisteminin, iki deprem doğrultusu için de geçerli olmak üzere birbirine çok yakın kesme kuvveti değerlerine sahip olduğu grafiklerden görülmektedir. Periyot olarak en yüksek değerlere sahip olmasına rağmen bina ağırlığı bakımından en az ağırlıktaki kirişsiz plak döşeme sistemi, bütün modeller arasında iki yönde de en az kesme kuvvetinin etkidiği model olmuştur.

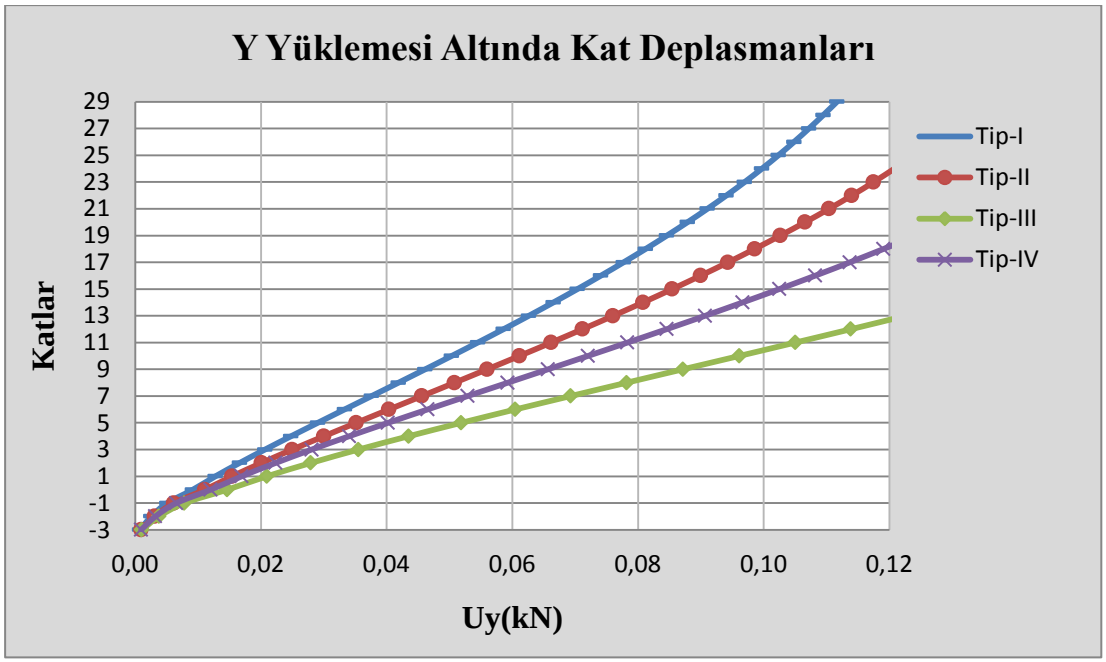
Çizelge 7.3 : SPECX ve SPECY yüklemeleri altında her model için katlarda oluşan kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması.

		Vx (kN)					Vy (kN)			
Kat	Yükleme	Tip-I	Tip-II	Tip-III	Tip-IV	Yükleme	Tip-I	Tip-II	Tip-III	Tip-IV
29	SPECX	1634,14	1872,22	1559,93	1693,05	SPECY	1713,53	2025,43	1777,13	1905,03
28	SPECX	3248,04	3722,51	3102,56	3347,65	SPECY	3225,78	3796,84	3254,27	3503,29
27	SPECX	4560,93	5230,75	4342,54	4682,12	SPECY	4420,26	5180,13	4340,62	4706,48
26	SPECX	5622,07	6453,30	5329,57	5749,31	SPECY	5408,42	6312,54	5189,26	5662,43
25	SPECX	6474,60	7439,38	6107,31	6595,73	SPECY	6234,57	7251,73	5871,55	6436,67
24	SPECX	7151,98	8226,87	6709,95	7257,84	SPECY	6929,73	8037,43	6439,47	7076,65
23	SPECX	7683,93	8849,20	7168,04	7768,22	SPECY	7526,96	8711,10	6940,51	7628,26
22	SPECX	8097,88	9337,21	7509,93	8156,87	SPECY	8053,91	9307,48	7407,25	8125,86
21	SPECX	8418,82	9719,16	7761,60	8451,14	SPECY	8533,64	9854,44	7859,84	8593,76
20	SPECX	8669,74	10021,05	7947,03	8676,15	SPECY	8983,25	10371,57	8307,18	9046,08
19	SPECX	8879,13	10275,19	8092,15	8859,61	SPECY	9426,30	10884,79	8757,59	9497,2
18	SPECX	9066,88	10503,80	8219,90	9024,48	SPECY	9866,13	11397,41	9209,16	9949,16
17	SPECX	9249,60	10725,16	8349,20	9188,90	SPECY	10298,54	11903,61	9651,06	10394,16
16	SPECX	9443,67	10957,46	8497,39	9369,71	SPECY	10722,29	12400,58	10078,39	10828,28
15	SPECX	9662,69	11215,90	8678,63	9580,62	SPECY	11135,15	12884,52	10487,72	11248,12
14	SPECX	9917,09	11512,14	8903,36	9831,84	SPECY	11534,68	13351,82	10877,26	11651,34
13	SPECX	10213,69	11853,98	9178,06	10129,73	SPECY	11918,58	13799,03	11245,83	12035,9
12	SPECX	10556,04	12245,56	9505,47	10477,22	SPECY	12285,98	14224,60	11593,41	12401,26
11	SPECX	10944,26	12687,34	9884,64	10873,86	SPECY	12637,23	14628,82	11920,58	12748,01
10	SPECX	11375,38	13176,40	10311,22	11316,21	SPECY	12973,78	15013,49	12228,20	13077,4
9	SPECX	11852,70	13716,55	10783,05	11807,82	SPECY	13305,40	15389,83	12522,08	13399,19
8	SPECX	12367,08	14298,01	11293,19	12338,92	SPECY	13635,46	15762,49	12807,43	13716,69
7	SPECX	12905,87	14906,95	11828,14	12896,47	SPECY	13967,29	16136,43	13088,21	14034,18
6	SPECX	13458,76	15532,07	12377,01	13469,92	SPECY	14306,88	16519,67	13372,32	14359,41
5	SPECX	14014,14	16160,53	12927,76	14047,32	SPECY	14657,87	16917,50	13667,02	14698,45
4	SPECX	14559,70	16778,50	13467,86	14615,87	SPECY	15021,02	17331,84	13977,94	15055,32
3	SPECX	15083,42	17372,35	13985,48	15162,94	SPECY	15392,99	17760,24	14307,11	15430,29
2	SPECX	15573,20	17928,25	14468,87	15675,73	SPECY	15762,46	18190,08	14646,81	15813,31
1	SPECX	16017,88	18433,40	14907,15	16142,35	SPECY	16114,97	18604,08	14984,35	16189,41
Zemin	SPECX	16433,39	18899,10	15312,11	16579,14	SPECY	16460,97	19008,64	15327,74	16570,52
1.Bodrum	SPECX	16736,68	19243,62	15611,65	16899,15	SPECY	16718,93	19317,75	15599,09	16863,97
2.Bodrum	SPECX	16951,95	19488,53	15823,48	17126,91	SPECY	16910,96	19549,34	15809,78	17089,72
3.Bodrum	SPECX	17081,33	19632,61	15950,67	17264,11	SPECY	17048,44	19710,83	15968,76	17257,52

Çizelge 7.4'de, X ve Y doğrultularındaki SPECX ve SPECY yüklemeleri altında, farklı döşeme modelleri tanımlanarak analiz edilen dört farklı modelin her katının yaptığı deplasman değerleri verilmiştir. Tabloda sunulan deplasman değerleri metre cinsindendir. Şekil 7.5 ve Şekil 7.6 ise bu deplasman değerlerini grafik halinde sunmaktadır.



Şekil 7.5 : SPECX yüklemesi altında katlarda oluşan deplasmanların karşılaştırılması.



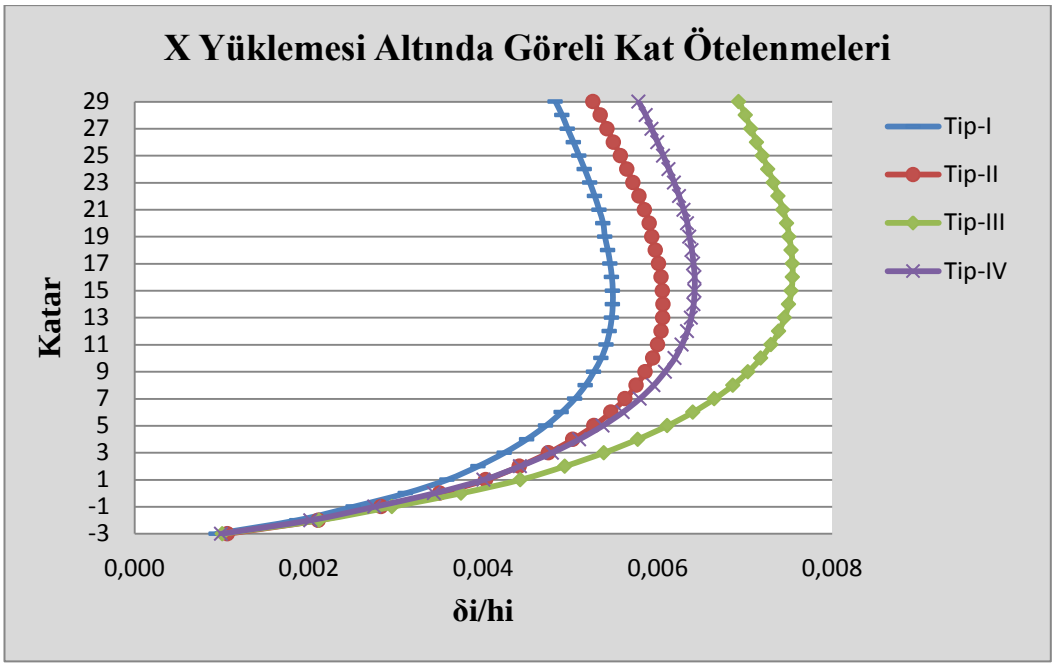
Şekil 7.6 : SPECY yüklemesi altında katlarda oluşan deplasmanların karşılaştırılması.

Çizelge 7.4 : SPECX ve SPECY yüklemeleri altında her model için katların yaptığı deplasmanların karşılaştırılması.

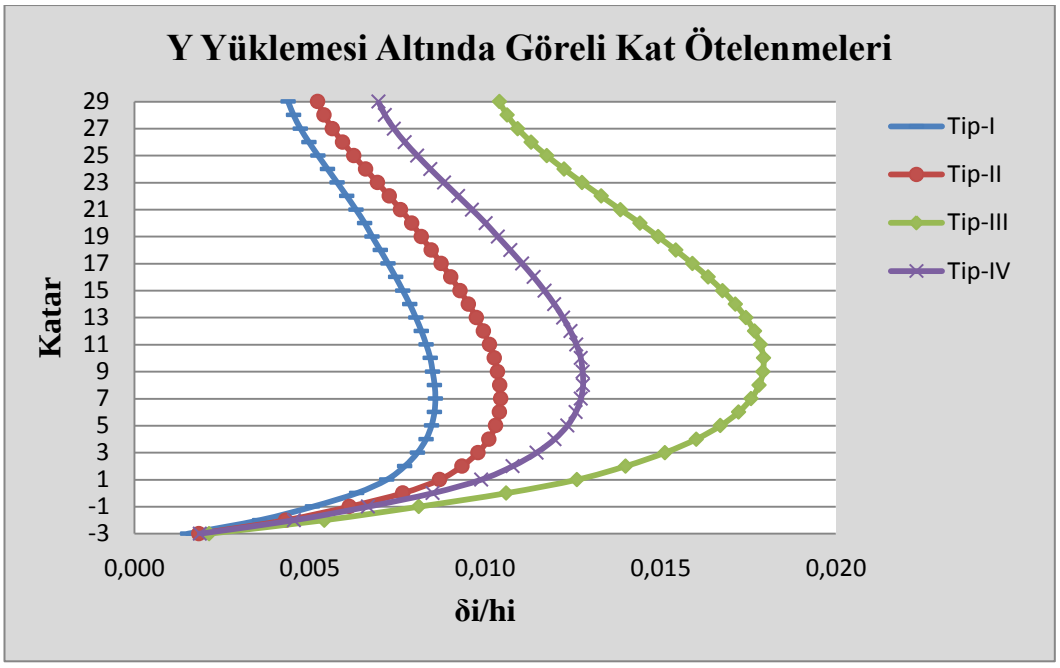
		Ux (m)					Uy (m)			
Kat	Yükleme	Tip-I	Tip-II	Tip-III	Tip-IV	Yükleme	Tip-I	Tip-II	Tip-III	Tip-IV
29	SPECX	0,07814	0,08391	0,10561	0,09088	SPECY	0,11166	0,13504	0,23170	0,16598
28	SPECX	0,07572	0,08148	0,10215	0,08799	SPECY	0,10947	0,13243	0,22650	0,16250
27	SPECX	0,07327	0,07895	0,09864	0,08506	SPECY	0,10720	0,12972	0,22118	0,15893
26	SPECX	0,07079	0,07637	0,09511	0,08209	SPECY	0,10483	0,12690	0,21572	0,15523
25	SPECX	0,06827	0,07375	0,09154	0,07909	SPECY	0,10234	0,12393	0,21006	0,15137
24	SPECX	0,06572	0,07108	0,08794	0,07606	SPECY	0,09973	0,12080	0,20418	0,14734
23	SPECX	0,06314	0,06838	0,08431	0,07300	SPECY	0,09697	0,11751	0,19806	0,14312
22	SPECX	0,06053	0,06563	0,08064	0,06990	SPECY	0,09408	0,11404	0,19167	0,13870
21	SPECX	0,05789	0,06285	0,07695	0,06678	SPECY	0,09105	0,11041	0,18502	0,13409
20	SPECX	0,05523	0,06004	0,07323	0,06363	SPECY	0,08789	0,10661	0,17809	0,12927
19	SPECX	0,05254	0,05719	0,06949	0,06046	SPECY	0,08461	0,10266	0,17088	0,12427
18	SPECX	0,04984	0,05434	0,06574	0,05728	SPECY	0,08122	0,09857	0,16341	0,11909
17	SPECX	0,04713	0,05146	0,06197	0,05408	SPECY	0,07771	0,09434	0,15570	0,11373
16	SPECX	0,04440	0,04856	0,05820	0,05088	SPECY	0,07410	0,08996	0,14774	0,10820
15	SPECX	0,04166	0,04564	0,05443	0,04767	SPECY	0,07037	0,08545	0,13956	0,10250
14	SPECX	0,03892	0,04272	0,05066	0,04445	SPECY	0,06654	0,08081	0,13117	0,09666
13	SPECX	0,03618	0,03978	0,04691	0,04125	SPECY	0,06262	0,07605	0,12261	0,09067
12	SPECX	0,03344	0,03685	0,04318	0,03806	SPECY	0,05861	0,07117	0,11389	0,08456
11	SPECX	0,03072	0,03392	0,03948	0,03489	SPECY	0,05452	0,06619	0,10505	0,07834
10	SPECX	0,02802	0,03100	0,03583	0,03175	SPECY	0,05036	0,06113	0,09613	0,07204
9	SPECX	0,02534	0,02811	0,03224	0,02865	SPECY	0,04614	0,05600	0,08716	0,06568
8	SPECX	0,02271	0,02526	0,02872	0,02561	SPECY	0,04189	0,05082	0,07820	0,05929
7	SPECX	0,02012	0,02245	0,02529	0,02263	SPECY	0,03761	0,04561	0,06929	0,05289
6	SPECX	0,01759	0,01970	0,02197	0,01973	SPECY	0,03332	0,04039	0,06050	0,04653
5	SPECX	0,01515	0,01702	0,01876	0,01693	SPECY	0,02904	0,03518	0,05188	0,04023
4	SPECX	0,01279	0,01443	0,01571	0,01425	SPECY	0,02480	0,03003	0,04353	0,03406
3	SPECX	0,01054	0,01195	0,01282	0,01170	SPECY	0,02065	0,02498	0,03552	0,02807
2	SPECX	0,00842	0,00960	0,01013	0,00930	SPECY	0,01661	0,02008	0,02795	0,02234
1	SPECX	0,00645	0,00740	0,00766	0,00709	SPECY	0,01276	0,01541	0,02095	0,01695
Zemin	SPECX	0,00465	0,00538	0,00545	0,00509	SPECY	0,00916	0,01106	0,01464	0,01200
1.Bodrum	SPECX	0,00266	0,00310	0,00304	0,00288	SPECY	0,00509	0,00614	0,00783	0,00654
2.Bodrum	SPECX	0,00140	0,00166	0,00156	0,00151	SPECY	0,00255	0,00308	0,00377	0,00321
3.Bodrum	SPECX	0,00047	0,00057	0,00050	0,00050	SPECY	0,00076	0,00092	0,00107	0,00093

Çizelge ve şekillerden de görüldüğü üzere, her iki deprem doğrultusu için de maksimum kat deplasmanları Tip-II kirişsiz plak döşemenin tanımlandığı modelde gerçekleşmiştir. Bina deplasman değeri rijitlik ile ters orantılı bir değerdir ve kirişsiz plak döşeme sisteminin tanımlandığı modelin en fazla deplasmanı yapmasının sebebi, aynı sistemin periyodunun diğer döşeme tiplerine göre oldukça yüksek ve rijitliğinin diğer sistemlere nazaran daha az olmasıdır. Kirişsiz plak döşeme sistemi takiben, ikinci en fazla deplasman yapan döşeme sistemi bina çevresinde kirişleri bulunan kirişsiz plak döşemedir. Yatay taşıyıcı sistem elemanlarından olan kirişler bu sistemde kirişsiz döşeme sistemine göre daha fazla olsa bile, diğer sistemlerin rijitliği daha fazla olduğundan deplasman değerleri daha azdır. Her iki deprem doğrultusu için en rijit ve en az deplasman yapan sistem kirişli plak döşeme sistemidir.

Binaların farklı döşeme sistemlerinin etkisi altında X ve Y deprem doğrultusunda yaptığı deplasmanlardan yola çıkılarak, DBYBHY 2007 Bölüm 2.10 kapsamında belirtilen kurallara göre her kat için göreli kat ötelenmelerinin kontrolü yapılmıştır. İki deprem doğrultusu için de binanın herhangi bir katındaki düşey taşıyıcı elemanlarda hesaplanan δ_i, etkin göreli kat ötelemelerinin kat içindeki en büyük değeri, $\delta_{imax}/h_i \leq 0{,}02$ koşulunu sağlamak zorundadır. Şekil 7.7 ve Şekil 7.8'de bu değerlerin 0.02'nin altında kaldığı görülmektedir fakat tüm sistemlerin Y doğrutusunda, X doğrultusunda olduğundan daha zayıf olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 7.7 : X doğrultusunda göreli kat ötelemeleri kontrolü.



Şekil 7.8 : Y doğrultusunda göreli kat ötelemeleri kontrolü.

7.2 Sonuçlar ve Öneriler

Bu tez çalışmasında; 33 katlı betonarme bir yüksek binanın taşıyıcı sistemi, düşey ve yatay yükler altında Deprem Yönetmeliği 2007 ve TS500'e göre boyutlandırılmıştır. Yüksek binanın dört farklı döşeme sistemine sahip olması durumları için taşıyıcı sistemin davranışına etkisi ele alınmıştır. Buna göre döşeme sistemlerinin; kirişli plak, bir doğrultuda dişli, kirişsiz plak ve bina çevresinde kirişleri bulunan kirişsiz plak döşeme olması öngörülmüştür. Bu amaçla bina taşıyıcı sisteminin üç boyutlu modeli ETABS yazılımı kullanılarak oluşturulmuş, modellere döşemeler de dahil edilmiştir. Yapılan analizlerden, farklı döşeme sistemlerinin davranışa etkisi sayısal olarak elde edilmiş ve sonuçlar tablo ve şekillerde verilmiştir.

Bina davranışını etkileyen en önemli parametrelerden olan bina ağırlığı ve taşıyıcı sistem rijitliğine bağlı olarak serbest titreşim periyotları farklılık göstermiştir. Yüksek bir binada dişli döşeme sisteminin kullanılması, yapı ağırlığını diğer döşeme sistemlerine göre ksmen arttırmış olup, kirişsiz döşeme sistemi durumunda yapı ağırlığı en az olarak hesaplanmıştır. Bina ağırlığı azalmakla birlikte, çerçeve sistem oluşamaması nedeniyle taşıyıcı sistem rijitliği azaldığından en yüksek birinci serbest titreşim periyodu kirişsiz plak döşeme sistemi durumunda elde edilmiştir. Periyodu en düşük olan model ise, kirişli plak döşeme sistemidir. Yatay ve düşey tüm taşıyıcı sistem elemanları (perde, kolon, kiriş, döşeme) simetrik bir kalıp planı ile bünyesinde bulunduran bu döşeme sistemi, düzenli çerçeveler oluşması ve kiriş boyutlarına bağlı olarak rijitliği yüksek çerçeve sistem oluşması nedeniyle rijitlik bakımından en yüksek modeldir.

Binalara X ve Y doğrultusunda ayrı ayrı statik eşdeğer deprem kuvvetleri uygulanarak analizler yapıldığında, taban kesme kuvvetini etkileyen en önemli parametrelerin bina ağırlığı ve periyot olduğu ortadadır. İki deprem doğrultusu içinde bir doğrultuda dişli döşeme sistemi, en fazla ağırlığa sahip olduğundan, en büyük taban kesme kuvvetinin elde edildiği sistem olmuştur. Kirişli plak döşeme sistemi ve bina çevresinde kirişleri bulunan kirişsiz plak döşeme sisteminin, iki deprem doğrultusu için de geçerli olmak üzere birbirine çok yakın taban kesme kuvveti değerlerini verdiği; periyot olarak en yüksek değerlere sahip olmasına rağmen bina ağırlığı bakımından en az ağırlıktaki kirişsiz plak döşeme sisteminin, bütün döşeme

modelleri arasında iki doğrultuda da en az taban kesme kuvvetinin etkidiği model olduğu tespit edilmiştir.

İki doğrutuda deprem etkisi durumunda maksimum kat yerdeğiştirmeleri kirişsiz plak döşeme olan ortaya çıkmıştır. Binalarda yerdeğiştirmeler rijitlik ile ters orantılı olduğundan, kirişsiz plak döşeme sisteminin tanımlandığı modelin en fazla yerdeğiştirmeyi yapmasının sebebi, aynı sistemin periyodunun diğer döşeme sistemlerine göre oldukça yüksek ve rijitliğinin diğer sistemlere göre daha az olmasındandır. Kirişsiz plak döşeme sistemini takiben, ikinci en fazla yerdeğiştirme yapan döşeme sistemi, bina çevresinde kirişleri bulunan kirişsiz döşemedir. Her iki deprem doğrultusu için en rijit ve en az yerdeğiştirme yapan sistem kirişli plak döşeme sistemidir.

Bu tez çalışmasında yapılan sayısal çözümlemeler ve değerlendirmeden görülmüştür ki, betonarme yüksek bir binada doğru taşıyıcı sistem tasarımı, binanın deprem etkisi altındaki davranışını son derece etkilemektedir. Yatay taşıyıcı sistem elemanlarından olan kirişlerin kullanılması ve döşeme sisteminin amaca yönelik doğru seçimi, hem bina ağırlığını hem de rijitliğini belirlemekte, dolayısıyla aynı kalıp planı ve bina parametre durumunda davranışta farklı sonuçlar elde edilmesine neden olmaktadır. Taşıyıcı sistem davranışını ve bina maliyetini olumsuz yönde etkileyecek döşeme sistemi tasarımından kaçınılmalıdır.

Bu konuya yönelik bundan sonra yapılabilecek çalışmalar olarak, rijit bodrum katları modellenerek, döşemelerde oluşacak düzlem içi etkiler hesaplanabilir ve ayrıca yapı-zemin etkileşimi gözönünde bulundurulabilir. Taşıyıcı sistem elemanlarının donatıları belirlenerek, maliyet hesabı yapılmasıyla, hangi döşeme sisteminin daha ekonomik olacağı irdelenebilir. Ayrıca, mevcut tez çalışmasında bina modelleri tabanda ankastre kabul edilmiş, zemin parametreleri ve temel tanımlanmamıştır. Modellere temel sistemi eklenerek ve zemin parametreleri kullanılarak, gerçeğe daha yakın bir tasarım ve davranış elde edilebilir.

KAYNAKLAR

ACI318-11, 2011. Building Code Requirements for Structural Concrete, *American Concrete Institute,* New York.

Aydınoğlu, N. ve Celep, Z., 2009. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik - Örnekler Kitabı, *Bayındırlık ve İskan Bakanlığı*, Ankara.

Beedle, L. S., 1998. Second Century of Skyscrapers, *Council on Tall Buildings and Urban Habitat*, New York.

Celep, Z. ve Kumbasar, N., 2004. Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Daynıklı Yapı Tasarımı, *Beta Yayıncılık*, İstanbul.

Celep, Z. ve Kumbasar, N., 2005. Betonarme Yapılar, *Beta Yayıncılık,* İstanbul.

Commitee 9A/10, 2005. Council on Tall Buildings and Urban Habitat, New York.

DBYBHY, 2007. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, *Bayındırlık ve İskan Bakanlığı*, Ankara.

Demirok, A., 2009 . Perdeli Çerçeve Taşıyıcı Sisteme Sahip Bir Betonarme Yapıda Farklı Döşeme Türlerinin Davranışa Etkisi, *Yükek Lisans Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Ersoy, U. ve Özcebe, G., 2001. Betonarme, *Evrim Yayınevi*, İstanbul.

ETABS, 2000. Extended 3D Analysis of Building Systems, *Computers and Structures Inc.*, Berkeley, California.

Eurocode 2, 2005. Design of Concrete Structures, United Kingdom.

İYBDY, 2008. İstanbul Yüksek Binalar Deprem Yönetmeliği (Taslak), *Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü*, İstanbul.

Karaçöp, A., 1988 . Betonarme Bir Yüksek Binanın İstanbul Yüksek Binalar Deprem Yönetmeliği'ne Göre İncelenmesi, *Yükek Lisans Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Koç, Y., Gütekin, A. B., Durmuş, G. ve Dikmen, Ç. B., 2009. Yüksek Yapı Tasarımının Malzeme ve Taşıyıcı Sistem Kapsamında İncelenmesi, *5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu*, Karabük.

Özden, K. ve Kumbasar, N., 1993. Betonarme Yüksek Binalar, *İnşaat Mühendisliği Matbaası*, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.

Özgen. A. ve Sev, A. 2000. Çok Katlı Yüksek Yapılarda Taşıyıcı Sistemler, *Birsen Yayınevi*, İstanbul.

Özmen. G., Orakdöğen, E. ve Darılmaz, K., 2005. Örneklerle ETABS, *Birsen Yayınevi*, İstanbul.

Tall Building Initiative, 2011. Task 12 Final Report, Pacific Earthquake Research Center.

TS-498, 1984. Betonarme Elemanların Boyutlandırılmasında Alınacak Yükler, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.

TS-500 2000. Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.

CTBUH, 2011. Tallest 20 in 2020 Project, *Council on Tall Buildings and Urban Habitat*. http://www.ctbuh.org/

Topçu, A., 2013. Döşemeler (Plaklar), Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir. Alındığı tarih : 13.03.2014, adres: http://mmf2.ogu.edu.tr/atopcu/index_dosyalar/Dersler/Betonarme2/Sunular/Betonarme_2_5.pdf

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad:	Deniz UZUN
Doğum Yeri ve Tarihi:	İzmir, 02/11/1987
Adres:	Karşıyaka, İZMİR
E-Posta:	dnuzun@gmail.com
Lisans:	Celal Bayar Üniversitesi, MANİSA (2006-2010)