

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ÇELİK BİR YAPIDA DEPREM YÜKLERİNİN ÇELİK
ÇAPRAZLAR VEYA BETONARME PERDELERLE
TAŞINMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İnş. Müh. Dilek CELEP**

Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

Programı : YAPI MÜHENDİSLİĞİ

EYLÜL 2007

**ÇELİK BİR YAPIDA DEPREM YÜKLERİNİN ÇELİK
ÇAPRAZLAR VEYA BETONARME PERDELERLE
TAŞINMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İnş. Müh. Dilek CELEP
(501041029)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 14 Eylül 2007
Tezin Savunulduğu Tarih : 28 Eylül 2007**

**Tez Danışmanı : Yrd.Doç.Dr. Halet Almila BÜYÜKTAŞKIN
Diğer Jüri Üyeleri Prof.Dr. Nesrin YARDIMCI (İ.T.Ü)
Prof.Dr. Gülay ALTAY (B.Ü.)**

EYLÜL 2007

ÖNSÖZ

İ.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü Yapı Mühendisliği Yüksek Lisans Programı çerçevesinde hazırlamış olduğum bu yüksek lisans tezinde, çok katlı bir çelik yapının, deprem yüklerinin çelik çaprazlı perdeler tarafından taşınması durumu ile betonarme perdeler tarafından taşınması durumları uygulamalı olarak karşılaştırılmıştır.

Tezin hazırlanmasında bana yol gösteren ve çalışmalarımı yönlendiren danışman hocam Yrd.Doç.Dr. Halet Almıla BÜYÜKTAŞKIN'a, sevgili aileme ve tezimin hazırlanmasında bana yardımcı olan başta İnş. Müh. Sümeyra ÇEVİRME ve tüm arkadaşlarıma en içten dileklerimle teşekkür ederim.

Eylül 2007

İnş. Müh. Dilek CELEP

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	v
TABLO LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	vii
SEMBOL LİSTESİ	viii
ÖZET	x
SUMMARY	xi
1. GİRİŞ	1
1.1. Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımında Sınır Durumlar	1
1.1.1. Kullanılabilirlik sınır durumu	2
1.1.2. Hasar kontrolü sınır durumu	2
1.1.3. Göçme kontrolü sınır durumu	2
1.2. Depreme Dayanıklı Yapılarda Aranılan Özellikler	3
1.2.1. Yapının genel davranışı	3
1.2.2. Rijitlik ve dayanım	3
1.2.3. Süneklik	4
1.3. Depreme Dayanıklı Çelik Yapı Tasarımı	5
1.4. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	6
1.4.1. Çok katlı binaların stabilitesi	7
1.4.2. Çok katlı binalarda taşıyıcı sistemler	7
1.4.3. Rijit çerçeveli sistemler	8
1.4.4. Düşey stabilite perdeli sistemler	10
2. DEPREM YÜKLERİNİN TAMAMININ DIŞMERKEZ ÇAPRAZLI PERDELER TARAFINDAN TAŞINDIĞI YAPI	11
2.1. Taşıyıcı Sistemin Tanıtılması	11
2.2. Düşey Yükler	15
2.2.1. Sabit yükler	15
2.2.2. Hareketli yükler	15
2.3. Yatay Yükler	16
2.3.1. Rüzgar yükleri	16
2.3.2. Deprem yükleri	16
2.4. Yük Analizi	17
2.4.1. Düşey yük analizi	17
2.4.2. Yatay yük analizi	19
2.4.2.1. Rüzgar yükleme	19
2.4.2.2. Deprem yükleri	19
2.5. Yüklerin Sap2000 Modele Etkitilmesi	22
2.5.1. Yük durumları ve kombinasyonlar	22
2.5.1.1. Yük durumları	22
2.5.1.2. Kombinasyonlar	22
2.5.2. Sap2000 modeli	25

2.6. Sistem Analizi	26
2.6.1. Görelî kat ötelemelerinin kontrolü	26
2.6.2. Taşıyıcı sistem elemanlarının hesabı	28
2.6.2.1. Ana kirişlerin boyutlandırılması	28
2.6.2.2. Dışmerkez çapraz sistemin bağ kirişlerinin boyutlandırılması	29
2.6.2.3. Düşey çaprazların boyutlandırılması	35
2.6.2.4. Kolonların boyutlandırılması	38
2.6.2.5. Tali kirişlerin boyutlandırılması	41
2.6.2.6. Taşıyıcı sistem elemanlarının enkesit profilleri	44
3. DEPREM YÜKLERİNİN TAMAMININ YERİNDE DÖKME BETONARME PERDELER TARAFINDAN TAŞINDIĞI YAPI	45
3.1. Taşıyıcı Sistemin Tanıtılması	45
3.2. Düşey Yükler	48
3.2.1. Sabit yükler	48
3.2.2. Hareketli yükler	48
3.3. Yatay Yükler	49
3.3.1. Rüzgar yükleri	49
3.3.2. Deprem yükleri	49
3.4. Yük Analizi	50
3.4.1. Düşey yük analizi	50
3.4.2. Yatay yük analizi	52
3.4.2.1. Rüzgar yüklemesi	52
3.4.2.2. Deprem yükleri	52
3.5. Yüklerin Sap2000 Modele Etkitilmesi	54
3.5.1. Yük durumları ve kombinasyonlar	54
3.5.1.1. Yük durumları	54
3.5.1.2. Kombinasyonlar	55
3.5.2. Sap2000 modeli	56
3.6. Sistem Analizi	58
3.6.1. Görelî kat ötelemelerinin kontrolü	58
3.6.2. Taşıyıcı sistem elemanlarının hesabı	59
3.6.2.1. Ana kirişlerin boyutlandırılması	59
3.6.2.2. Kolonların boyutlandırılması	60
3.6.2.3. Tali kirişlerin boyutlandırılması	62
3.6.2.4. Betonarme perdenin boyutlandırılması	62
3.6.2.4.1. Konstrüktif kurallar	62
3.6.2.4.2. Donatı hesabı	66
3.6.2.5. Taşıyıcı sistem elemanlarının enkesit profilleri	67
4. SONUÇLAR	68
KAYNAKLAR	71
ÖZGEÇMİŞ	72

KISALTMALAR

DBYBHY	: Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
TS-498	: Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri
TS-648	: Çelik Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları
TS-500	: Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1 : Yüksekliğe bağlı olarak rüzgar hızı ve basıncı	16
Tablo 2.2 : Toplam bina yükleri	18
Tablo 2.3 : (x) yönünde katlara etkiyen deprem yüklerinin tayini.....	21
Tablo 2.4 : (y) yönünde katlara etkiyen deprem yüklerinin tayini	21
Tablo 2.5 : Büyütme katsayıları	23
Tablo 2.6 : (x) Doğrultusunda görelî kat ötelemelerinin kontrolü	27
Tablo 2.7 : (y) Doğrultusunda görelî kat ötelemelerinin kontrolü	27
Tablo 2.8 : Da Arttırma katsayıları	34
Tablo 2.9 : Enkesit koşulları	37
Tablo 2.10 : Taşıyıcı sistem elemanları enkesit profilleri	44
Tablo 3.1 : Yüksekliğe bağlı olarak rüzgar hızı ve basıncı	49
Tablo 3.2 : Toplam bina yükleri	51
Tablo 3.3 : (x) yönünde katlara etkiyen deprem yüklerinin tayini	53
Tablo 3.4 : (y) yönünde katlara etkiyen deprem yüklerinin tayini	54
Tablo 3.5 : (x) Doğrultusunda görelî kat ötelemelerinin kontrolü	58
Tablo 3.6 : (y) Doğrultusunda görelî kat ötelemelerinin kontrolü	58
Tablo 3.7 : Taşıyıcı sistem elemanları enkesit profilleri	67

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1 : Süneklik tanımı.....	4
Şekil 1.2 : Çelik yüksek binalarda sistem m ² ağırlığı	8
Şekil 1.3 : Rijid düğüm noktalı çerçeveler	9
Şekil 1.4 : İki kattan yüksek çelik binalar için yanlış bir çözüm	9
Şekil 1.5 : Düşey stabilite perdesi türleri	10
Şekil 2.1 : Tipik kat döşemesi plan görünüşü	12
Şekil 2.2 : Tipik enkesit görünüşü(1, 3, 4 Aksları).....	13
Şekil 2.3 : Tipik enkesit görünüşü (A, B, C, D Aksları)	14
Şekil 2.4 : Sap2000 3D statik sistem modeli	26
Şekil 2.5 : Bağ kirişi dönme açısı sınır değerleri	33
Şekil 2.6 : Kompozit döşeme statik sistemi	42
Şekil 2.7 : Kompozit döşeme kesit görünüşleri	42
Şekil 2.8 : Kompozit döşeme statik en kesiti	43
Şekil 3.1 : Tipik kat döşemesi plan görünüşü	45
Şekil 3.2 : Tipik enkesit görünüşü(1, 3, 4 Aksları).....	46
Şekil 3.3 : Tipik enkesit görünüşü (A, B, C, D Aksları)	47
Şekil 3.4 : Sap2000 3D statik sistem modeli	57
Şekil 3.5 : Perde donatı çizelgesi (DBYBHY 2006)	65
Şekil 3.6 : Perde donatıları	66

SEMBOL LİSTESİ

A_0	: Etkin yer ivmesi katsayısı
I	: Bina önem katsayısı
n	: Hareketli yük katılım katsayısı
Z_4	: Yerel zemin sınıfı
T_A, T_B	: Spektrum karakteristik periyotları
R	: Taşıyıcı sistem davranış katsayısı
T_{1A}	: Binanın ampirik bağıntı ile hesaplanan birinci doğal titreşim periyodu
T_1	: Binanın birinci doğal titreşim periyodu
m_i	: Binanın i 'inci katının kütlesi
w_i	: Binanın i 'inci katının, hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak hesaplanan ağırlığı
g_i	: Binanın i 'inci katındaki toplam sabit yük
q_i	: Binanın i 'inci katındaki toplam hareketli yük
g	: Yerçekimi ivmesi ($9,81\text{m/s}^2$)
H_i	: Binanın i 'inci katının temel üstünden itibaren ölçülen yüksekliği
T	: Bina doğal titreşim periyodu
$S(T)$	: Spektrum katsayısı
$A(T)$	: Spektral ivme katsayısı
$\sum W$	: Yapının toplam ağırlığı
$R_a(T)$	: Deprem yükü azaltma katsayısı
ΔF_N	: Binanın tepesine etkileyen ek eşdeğer deprem yükü
F_i	: Eşdeğer deprem yükü yönteminde i 'inci kata etkileyen eşdeğer deprem yükü
$(\Delta_i)_{\max}$	: Binanın i 'inci katındaki maksimum görelî kat ötelemesi
$(\Delta_i)_{\min}$	: Binanın i 'inci katındaki minimum görelî kat ötelemesi
$(\Delta_i)_{\text{ort}}$	: Binanın i 'inci katındaki ortalama görelî kat ötelemesi
d_i	: Binanın i 'inci katında deprem yüklerine göre hesaplanan yer değiştirme
h_i	: Binanın i 'inci katının kat yüksekliği
$\sum w_j$	: i 'inci katın üstündeki kat ağırlıkları toplamı
q_w	: Emme (hız basıncı)
p_w	: Rüzgar basıncı
C_p	: Emme katsayısı
h	: Profil yüksekliği
b	: Profil başlık genişliği
t_w	: Profil gövde kalınlığı
t_f	: Profil başlık kalınlığı

A	: Profil enkesit alanı
d	: Profil gövdesinin düz kısmının uzunluğu
I_y	: Kuvvetli eksen atalet momenti
I_z	: Zayıf eksen atalet momenti
W_y	: Kuvvetli eksen elastik mukavemet momenti
W_z	: Zayıf eksen elastik mukavemet momenti
W_{pl,y}	: Kuvvetli eksen plastik mukavemet momenti
W_{pl,z}	: Zayıf eksen plastik mukavemet momenti
i_y	: Kuvvetli eksen atalet yarıçapı
i_z	: Zayıf eksen atalet yarıçapı
I_w	: Enkesitin çarpılma dayanımı
F_b	: Profilin tek bir başlık alanı
F_g	: Profil gövde alanı
d'	: Pas payı
f_{yd}	: Donatı tasarım akma gerilmesi
h	: Kompozit kiriş yüksekliği
d	: Beton başlık yüksekliği
b	: Çalışan beton başlık genişliği
h_a	: Çelik profil yüksekliği
M	: Tesir eğilme momenti
β_R	: Betonun hesap mukavemeti
σ_F	: Çelik malzemenin akma gerilmesi
x_{pl}	: Tarafsız eksenin beton başlığın üst seviyesine olan mesafesi
z_a	: Çekme kuvveti ile beton başlık üst seviyesi arasındaki mesafe
e	: Trapezoidal levha dış yüksekliği
z	: Çekme ve basınç kuvvetleri arasındaki mesafe
Z_a	: Çekme kuvveti
D_b	: Basınç kuvveti
b_{eff}	: Çalışan efektif tabla genişliği
D_a	: Çelik başlığa etkiyen basın kuvveti
E_b	: Betonun elastisite modülü
max D_s	: Kamaların maksimum kayma kuvveti taşıma kapasitesi
n_{pl}	: Gerekli kama sayısı
s_{ky}	: Kuvvetli eksenin burkulma boyu
s_{kz}	: Zayıf eksenin burkulma boyu

ÇELİK BİR YAPIDA DEPREM YÜKLERİNİN ÇELİK ÇAPRAZLAR VEYA BETONARME PERDELERLE TAŞINMASI

ÖZET

Yüksek lisans tezi olarak hazırlanan bu çalışmada, çok katlı bir çelik büro yapısı, deprem yükleri açısından iki farklı sistem altında çözülmüş ve bu iki taşıyıcı sistem yapı ağırlık ve maliyet açısından karşılaştırılmıştır. Sistemlerden ilki deprem yüklerinin tamamının dışmerkez çaprazlı perdeler tarafından taşındığı bir yapı, diğeri ise deprem yüklerinin tamamının yerinde dökme betonarme perdeler tarafından taşındığı bir yapıdır. Sistemler x doğrultusunda 18,50 metre boya ve y doğrultusunda 15,50 metre enine sahiptir. X ve y yönünde toplam 3 açıklık bulunmaktadır. Bina bürolu yapısı olarak dizayn edilmiştir. Toplam olarak 8 kattan oluşmaktadır. Bütün kat yükseklikleri 3 metre olup toplam bina yüksekliği 24,00 metredir. Bina 2006 DBYBHY'ye göre 1. derece deprem bölgesindedir, yerel zemin sınıfı ise Z2'dir.

Dört bölümden oluşan çalışmanın ilk bölümünde konu ve amaç açıklanmıştır.

İkinci bölümde deprem yüklerinin tamamının dışmerkez çaprazlı perdeler tarafından taşındığı çelik büro yapısının elastik analiz bilgileri, statik sistem tanımı, yapıya etkiyen düşey ve yatay yükler, yük kombinasyonları ve kesit hesapları verilmiştir. Tüm yapı elemanları hadde profillerden teşkil edilmiştir.

Üçüncü bölümde deprem yüklerinin tamamının yerinde dökme betonarme perdeler tarafından taşındığı çelik büro yapısının elastik analiz bilgileri, statik sistem tanımı, yapıya etkiyen düşey ve yatay yükler, yük kombinasyonları ve kesit hesapları verilmiştir.

Her iki sistem de Sap2000 Yapısal Analiz Programı yardımıyla çözülmüştür. Döşeme sistemi hem ekonomik bir çözüm elde edebilmek hem de Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi uyarınca döşemelerin rijit diyafram olarak çalışmasını sağlamak amacıyla kompozit döşeme olarak seçilmiştir. Dizayn kriterleri olarak deprem yükü etkisinde deplasman sınırları ve kullanılabilirlik göz önünde bulundurulmuştur.

Son bölümde, ikinci ve üçüncü bölümlerde tanımlanan taşıyıcı sistemler ağırlık ve maliyet açısından karşılaştırılmıştır.

BEHAVIOUR OF STEEL BRACED FRAMES OR CONCRETE SHEAR WALL UNDER EARTHQUAKE LOADS FOR A STEEL STRUCTURE

SUMMARY

In this study, a multi storey steel structure are calculated by two different statical system and this systems are compared to each other about their weight and cost analysis. One of systems is a steel structure that has eccentrically steel braced frames under earthquake loads, the other system has reinforced concrete shear wall under earthquake loads. The structures have the same plan. The system length of structures on direction x is 18,50 m and the length of structure on direction y is 15,50 m. Span numbers of direction x and y is 3. There are 8 storeys in the structures. All storey has 3,00 m height and the structures' height is 24,00 m. The structures are in seismic zone 1 and soil class is Z2 according to Design Specifications for Building in Earthquake Regions (2006).

The first chapter of the study, which is composed of four chapters, covers the description of the subject and aim.

In the second chapter, the structure, that has eccentrically steel braced frames under earthquake loads, are defined and the information of elastic analysis, description of statical system, vertical and horizontal loads and the load combinations, calculations of members are given.

In the third chapter, the structure, that has reinforced concrete shear walls under earthquake loads, are defined and the information of elastic analysis, description of statical system, vertical and horizontal loads and the load combinations, calculations of members are given.

Statical analysis of the structures are calculated by Sap2000 Structural Analysis Programming. For economical benefit, storey slabs have been designed as a composite.

In the last chapter, two structures are compared to each other with their weight and cost analysis.

1. GİRİŞ

Doğal afetlerin en önemlilerinden biri olan depremin, meydana getirdiği etkiler yönünden de dikkate değer pek çok özelliği vardır. Deprem; toprak kaymaları, yapılarda hasar ve göçmeler meydana getirerek can kaybına neden olur. Deprem etkisinin en önemli özelliği, meydana gelen can kayıplarının hemen hemen hepsinin, insanlar tarafından inşa edilen yapıların davranışıyla ilgili olmasıdır. Bu nedenle bu etkinin incelenmesi ve depreme dayanıklı bina tasarımı da, özel bir mühendislik yaklaşımı gerektirir.

Depremin diğer bir özelliği de önceden bir uyarı gelmeden meydana gelmesidir. Deprem meydana gelmeden önce bazı ön işaretler görülebilirse de, günümüzde depremin önceden tahmin edilmesi konusunda güvenilir sonuçlar henüz mevcut değildir. Gerçekte, depremin oluş zamanı yeter doğrulukta tahmin edilerek haber verilebilse ve böylece insanların hayatı kurtarılabilsen bile, yapılarda meydana gelen hasar ve göçmeler toplumun ekonomisinde önemli kayıplara neden olacağından, yapıların yine deprem etkisine dayanıklı inşa edilmesi gerekir.

1.1. Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımında Sınır Durumlar

Deprem kayıtlarının ve yeryüzünün tektonik yapısının incelenmesiyle deprem bölgeleri belirlenmiştir. Buna karşılık yapının ömrü boyunca meydana gelebilecek en büyük deprem hakkında tahmin yapmak zordur. 'Depreme dayanıklı yapı tasarımında tüm dünyada uygulanan ilke, yapının sık ve küçük şiddetteki depremleri elastik sınırlar içerisinde kalarak; orta şiddetteki depremleri elastik sınırların ötesinde, fakat taşıyıcı sistemde kolayca onarılabilecek önemsiz hasarlarla; çok seyrek olan şiddetli depremleri, büyük hasarla fakat taşıyıcı sistem tamamen göçmeden, can kaybı olmaksızın taşıyabilmesidir. Depremden hemen sonra yapının işlevine devam edebilmesi, meydana gelen deprem hasarının sınırlı ve onarılabılır olması, yapı içindekilerin can güvenliğinin sağlanması ve göçmenin önlenmesi şeklinde olmak üzere, değişik sınır durumlara (kullanılabilirlik, hasar kontrolü ve göçme kontrolü

sınır durumlarına) karşı belirli düzeylerde güvenlik sağlanması amaçlanmaktadır. Bu sınır durumları aşağıda açıklanmıştır.

1.1.1. Kullanılabilirlik sınır durumu

Yapının ömrü boyunca çok sayıda tekrarlanan hafif şiddetteki depremler altında, yapı taşıyıcı sisteminde ve yapısal olmayan elemanlarda hasar oluşmamalı, böylece yapının işlevini aksatmadan sürdürmesi sağlanmalıdır. Bu koşul yer değiştirmelerin öngörülen sınır değerlerden daha küçük olmasıyla sağlanır.

1.1.2. Hasar kontrolü sınır durumu

Tekrarlama olasılığı daha düşük olan orta şiddetteki depremler altında, yapı taşıyıcı sisteminde ve/veya yapısal olmayan elemanlarda onarılabilecek düzeyde olan hasara izin verilebilir. Ancak bu hasarın ekonomik olarak onarılabilir düzeyde kalması gerekmektedir. Bu ikinci sınır durum, ekonomik olarak onarılıp güçlendirilebilecek durum (kullanılabilirlik sınır durumu) ile onarılıp güçlendirilmesi ekonomik olarak mümkün olmayan sınır durumu (göçme kontrolü sınır durumu) birbirinden ayırır. Yapının ömrü boyunca, taşıyıcı sistemi bu sınır durumuna getirecek depremin oluşma ihtimalinin düşük olması gerekir. Bu sınır durumu, genellikle deprem yönetmeliğinde boyutlamaya etkili olacak deprem ivmesinin dolayısıyla kuvvetlerin öngörülmesi şeklinde ortaya çıkar.

1.1.3. Göçme kontrolü sınır durumu

Ender olarak meydana gelebilecek çok şiddetli depremler altında, yapı taşıyıcı sisteminde ve yapısal olmayan elemanlarda onarılamayacak hasarın meydana gelmesi kaçınılmazdır. Ancak, böyle bir durumda göçme mekanizmasının kontrol edilerek, yapının kısmen veya tamamen göçmesinin meydana gelmesinin engellenmesi ve yapının içindekilerin hayatının korunması bu sınır durumu tanımlar.

Bu koşulun sağlanabilmesi için yapı sisteminin yeterli bir dayanıma sahip olması ve göçme yükünden önce yeterli düzeyde elastik olmayan şekil değiştirme yapabilmesi istenir. Böylece, deprem enerjisinin bir bölümünün elastik olmayan şekil değiştirmeler yoluyla tüketilmesi amaçlanmaktadır.

1.2. Depreme Dayanıklı Yapılarda Aranacak Özellikler

Önceki bölümde açıklanan üç sınır duruma karşı öngörülen güvenliğin sağlanabilmesi; yapının genel davranışının kontrol edilmesiyle ve yapının yeterli seviyede yatay rijitlik, dayanım ve süneklilik özelliklerine sahip olmasıyla mümkün olmaktadır. Bu özellikler aşağıda açıklanmıştır.

1.2.1. Yapının genel davranışı

Yapının genel davranışının istendiği gibi olabilmesi için, taşıyıcı sistemin düzenlenmesinde aşağıdaki özelliklerin ortaya çıkmasına özen gösterilmelidir.

- Taşıyıcı sistemin basitliği: Deprem etkilerinin meydana geldiği yerden zemine, açık ve dolaysız yollardan iletilmesi sağlanmalıdır. Bu tür basitlik durumunda, taşıyıcı sistemin modellenmesi, çözümlenmesi, boyutlanması ve inşa edilmesi çok daha az belirsizlik içerir ve bu tür bir yapının deprem davranışının belirlenmesi çok daha güvenilirlerdir.
- Düzgünlük ve simetri: Taşıyıcı sistem elemanları planda düzgün dağıtılmalıdır, gerekirse bina parçalara bölünerek bu özellik sağlanmalıdır.
- Döşemelerin düzlemleri içinde rijit diyafram etkisi: Binanın döşemeleri; taşıyıcı sistemin deprem davranışında, deprem kuvvetlerinin toplanması, dağıtılması ve sistemin beraber çalışması bakımından önemli bir rol oynar. Bu nedenle döşemelerin yeterli rijitliğe sahip olması çok önemlidir. Planda çok dağınık veya çok uzun dikdörtgen şeklinde bina düzeninden ve büyük boşluklardan, döşemenin rijit diyafram etkisini önleyeceği için kaçınılmalıdır.
- Yeterli temel: Temelin ve üst yapıya bağlantısının yeterli seviyede düzenlenmesiyle, bütün binanın deprem etkisinde düzgün bir şekilde zorlanması ve ek etkilerin oluşmaması sağlanmalıdır.

1.2.2. Rijitlik ve dayanım

Öngörülen bir deprem etkisine karşı taşıyıcı sistemin gerekli rijitliğe sahip olması, yatay ve düşey yükler altında, yapının yerdeğiştirmelerinin doğrusal elastik bölgede kalması ve sınırlı olmasıyla karşılanır. Böylece, kullanılabilirlik sınır durumuna karşı' belirli bir güvenlik sağlanabilmektedir.

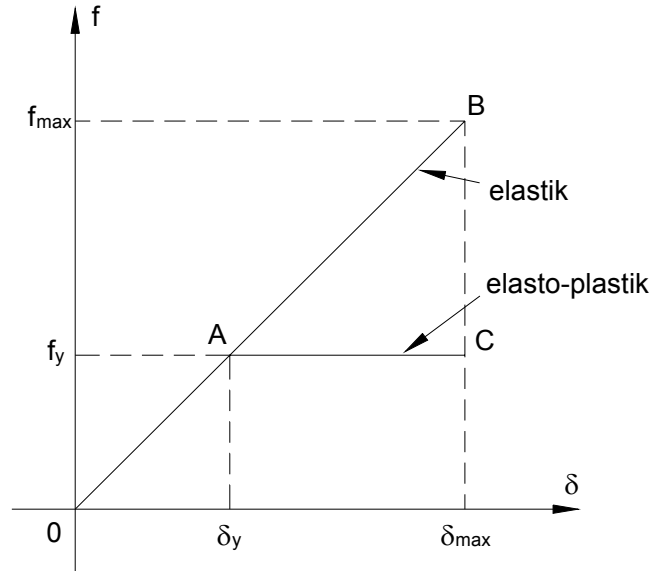
Öngörülen bir deprem etkisine karşı taşıyıcı sistemin gerekli dayanıma sahip olması boyutlamanın esasını teşkil eder. Yapının göçme yükü yeterince büyük olmalı, tasarıma esas olan yatay ve düşey hesap yükleri altında bölgesel ve ani göçmeler meydana gelmemelidir.

Yapı, yanal rijitlik ve dayanım yanında; yeterli burulma rijitliği ve dayanımına da sahip olmalıdır.

1.2.3. Süneklik

Süneklik, bir kesitin veya bir elemanın veya bir taşıyıcı sistemin, dış yükte önemli bir değişme olmaksızın, elastik sınırın ötesinde şekildeğiştirme, dolayısıyla yerdeğiştirme yapma özelliğinin ölçüsüdür. Sayısal tanım olarak sistem süneklik oranı, göçme sırasındaki toplam şekildeğiştirmelerin doğrusal şekildeğiştirmelere oranıdır.

Şekil 1.1 'de bir elemanın kuvvet-yerdeğiştirme değişimi gösterilmiştir. OAC elemanın mevcut elasto-plastik davranışına; OAB ise elastik özelliğin devam etmesi durumunda erişilen g_{max} en büyük yerdeğiştirmesine karşı gelmektedir.



Şekil 1.1: Süneklik tanımı

Yapıların doğrusal elastik olarak kabul edilip hesaplanması daha kolaydır. Buna göre doğrusal olmayan bir deprem hesabı; doğrusal elastik bir hesap yapılarak bulunan etkilerin süneklik oranında azaltılmasıyla elde edilen değerlere göre

elemanların boyutlamasıyla yaklaşık olarak gerçekleştirilebilir. Bu nedenle, modern deprem yönetmeliklerinde süneklik düzeyine bağlı olarak: bir yapı davranış katsayısı (R) tanımlanmakta ve hesaplamalarda yapıya etkitilecek olan deprem kuvvetleri bu davranış katsayısına bölünerek azaltılmaktadır.

1.3. Depreme Dayanıklı Çelik Yapı Tasarımı

Çelik yapılar, yüksek dayanım ve süneklik özelliklerinden dolayı büyük deprem performansına sahip olduklarından deprem bölgelerinde çoğunlukla tercih edilmektedirler. Uygun deprem tasarımı yapıda; kullanılabilirlik, hasar kontrolü ve göçme kontrolü sınır durumları olarak: belirlenen temel gereksinimleri karşılayacak: şekilde tasarlanmalıdır. Sınır durumlarının göz önüne alınması olası bir depremin yıkıcı gücüyle çok ilgilidir. Hatta kullanılabilirlik sınır durumu kontrolünde yapının ömrü boyunca birçok kez etkiyen düşük şiddetli depremler için yapı tümüyle yeterli dayanıma sahip olmalıdır. Bu kontrol yapısal olan ve yapısal olmayan bileşenlerde hiç hasar olmamasını gerektirir. Bundan başka yapının yapım amacına bağlı olarak fonksiyonuna devam etmesi sağlanmalıdır.

Anlaşılabacağı gibi bu gereksinimlerin sağlanabilmesi için, yapının tasarımı elastik sınır içinde kalmalıdır ve böylece de yapısal bileşenlerde hiç hasar oluşmaması sağlanmalıdır. Ayrıca, yeterli rijitliğin sağlanabilmesi için yapısal olmayan bileşenlerde hasar oluşmasından ve de yapının yapım amacına bağlı olarak: gerçekleşen faaliyetlerinin yanda kesilmesinden kaçınılmalıdır.

Orta şiddetli depremlerde kullanma sınır durumu kontrolü aranmaz. Bu tür depremler sonucunda yapısal olmayan bileşenlerde hasar oluşabilir, istisna olarak: sivil savunma için önemli olan yapılar kapsam dışıdır.

Son olarak da göçme sınır durumuyla, güvenliğin göz önüne alındığı şiddetli depremler için depremin geri-dönüş periyodu yapının geri-dönüş periyodundan büyüktür. Bu durumda göçme kontrolü sınır durum kontrolü için, yapı deprem esnasında gelen enerjiyi tüketerek karşılamalı ki, eğer yapıda onarılamayacak kadar büyük bir hasar olursa yapının tümünden göçmesi engellenmeli ve yapının içindekilerin hayatının korunmasını sağlanmalıdır.

Süneklik tanımı ve taşıyıcı sistemin enerji tüketme kapasitesi arasındaki ilişki taşıyıcı sistemin depreme karşı davranışını belirler. Deprem riskinden korunmak için

geliştirilen yeni tekniklerin dışında, deprem enerjisi, tasarımda belirli koşulların yerine getirilmesiyle enerjinin tüketileceği bölgelere yönltilmekte ve yoğunlaştırılmaktadır. Yatay yük etkisindeki çelik yapı tasarımında bu gereksinimler şu üç farklı yapı tipi sayesinde karşılanabilir:

- moment taşıyabilen çerçeveler,
- merkezi çaprazlı çerçeveler,
- dışmerkez çaprazlı çerçeveler.

Kullanılabilirlik ve hasar kontrolü sınır durumları iyi seviyede olduğu süre boyunca, yapı tipine bağlı olarak farklı öneme sahip olurlar. En önemli tasarım kontrolü her durumda göçmeye karşı güvenliğin sağlanmasıdır. Çeliğin en önemli iki özelliği, sünekliği ve çevrimsel plastik yükleme etkisindeki enerji tüketme kapasitesidir. Yukarıda belirtilen yapı tipleri için tasarım kuralları genel olarak yatay yükleri lineer elastik bölgede kalarak iletmek için verilmekteydi. Bu taşıyıcı sistemlerin tasarımında belirli kurallara uyulduğunda deprem etkisi altında plastik çevrimsel cevaplarının arttırılabildiği, başka bir deyişle süneklik düzeyi yüksek taşıyıcı sistemler elde edilebileceği yapılan araştırmalarla gösterilmiştir.

Merkezi çaprazlı çerçevelerle dışmerkez çaprazlı çerçevelerin elastik ötesi davranışlarının incelenmesi enerji tüketme kapasitelerinin anlaşılmasını kolaylaştırmaktadır. Dışmerkez çaprazlı çerçeveler, moment taşıyabilen çerçevelerle merkezi çaprazlı çerçeveler arasında bir davranış gösterirler.

1.4. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Yüksek lisans tezi olarak hazırlanan bu çalışmada çok katlı bir çelik okul binası deprem yükleri altında iki farklı statik sistem kurularak çözülmüş ve sonuçları karşılaştırılmıştır. İlk sistem, deprem yüklerinin dışmerkez çaprazlı perdeler tarafından taşındığı bir yapı, diğeri ise deprem yüklerinin yerinde dökme betonarme perdeler tarafından taşındığı bir yapıdır. Her iki sistemde ana malzeme çeliktir. Bunun sebebi çelik malzemenin yukarıda bahsedilen temel niteliklere sahip olmasıdır.

Yapılan çalışmada çelik ve betonarme perdeli sistemi birlikte kullanıp, daha ekonomik, daha rijit bir yapıya ulaşma amacı güdülmüştür.

Bir yapı hem tümüyle, hem de kendisini oluşturan her bir elemanı ile kararlı dengede bulunmalıdır. Bunun için de, dış ortamdan üzerine gelen her türlü etkilerin, bunlar için öngörölmüş özel düzenlerle yapının oturduğu sağlam tabana, temele aktarılması gereklidir. Çelik yapıların hesap ve projelendirilmesinde, yapı elemanlarının kendi düzlemlerindeki ve düzlemlerine dik ağırlık, rüzgar, deprem ve benzeri etkiler uygun bir şekilde göz önüne alınmaktadır. Yapı elemanlarının düzlemlerine dik gelen deprem ve benzeri yanal etkileri almak, sistemin yanal şekil değıştirmelerini önleyerek elemanların ana yüklere göre hesaplarına temel olan başlangıç konumlarını sağlamak, montaj süresince devrilmeyi önlemek ve bu ana görevlerin yanı sıra elemanların basınç başlıklarının yanal burkulma boylarını azaltmak amaçlarıyla yapıda düzenlene bağlantılara “stabilite bağlantıları” denir. Çelik yapılarda, stabilite bağlantılarının, stabilizeyi her doğrultuda sağlayacak şekilde düzenlenmeleri gerekir.

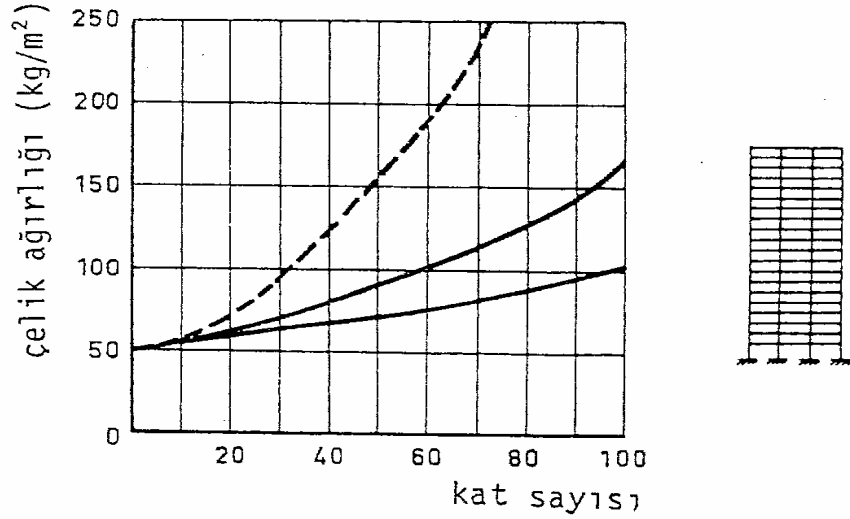
1.4.1 Çok katlı binaların stabilitesi

Çok katlı çelik bina tanımına, ikiden çok katlı yapılar girer. Bunlar üç ya da daha çok katlı endüstri binaları ve büro ya da konut nitelikli yüksek binalardır. Yüksek yapı olarak tanımlanabilecek yapılarda az katlı yapılara göre rüzgar, deprem v.b. yatay yük ve etkiler, en az düşey yük ve etkiler kadar zorlayıcıdır.

Çok katlı ya da az katlı yapılarda taşıyıcı sistemin iç kuruluşu ne olursa olsun, binanın yatay etkiler altındaki genel davranışı, tabanında zemine ankastre bir düşey konsol kiriş niteliğindedir. Yapının tümsel stabilitesi sorunu, bu konsol sisteminin devrilmemesinin sağlanması olup öncelikle zemin ve temelle ilgilidir. Ancak yüklerin temel düzeyine uygun bir biçimde aktarılmasını sağlayan taşıyıcı sistemlerin olumlu etkileri de söz konusu olur.

1.4.2 Çok katlı binalarda taşıyıcı sistemler

Yatay yüklerin etkinliği, bina yüksekliği arttıkça üstel bir fonksiyon biçimindedir. Geleneksel sistemli (çerçeve ve tüp) çelik yüksek yapılarda taşıyıcı sistemin m^2 ağırlıklarını veren bir diyagram bu konuda aydınlatıcıdır (Şekil 1.2):



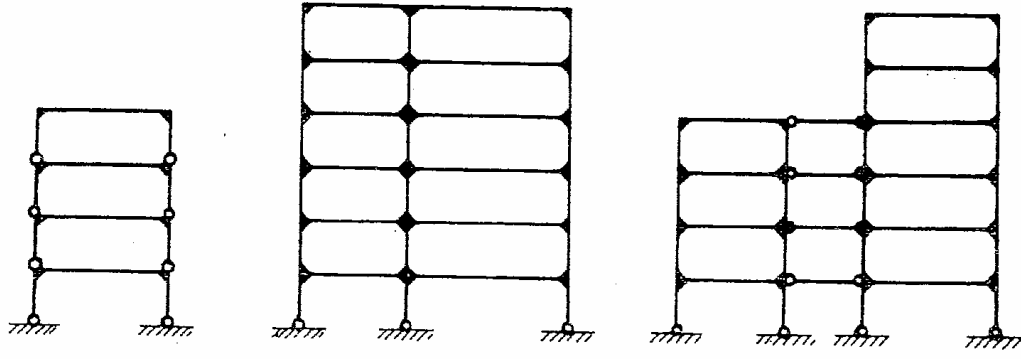
Şekil 1.2: Çelik yüksek binalarda sistem m² ağırlığı

- a) Yalnız düşey yüklerden ileri gelen
- b) Düşey + yatay yüklerden ileri gelen
- (1-kafes tüp sistemi, 2-diğer sistemler)

Çok katlı binalarda, bina kat sayısına göre, alçaktan yükseğe doğru izleyen taşıyıcı sistemlerden biri kullanılmaktadır: Geleneksel rijit çerçeveli sistem, düşey dolu ya da kafes perdeli sistemler, çekirdekli sistemler, çerçeveli tüp, iç içe tüp, bölmeli tüp sistemler ve kafes bağlı tüp sistem. Burada tezle ilgili olan rijit çerçeveli sistemler ve düşey stabilite perdeli sistemler anlatılacaktır.

1.4.3 Rijit çerçeveli sistemler

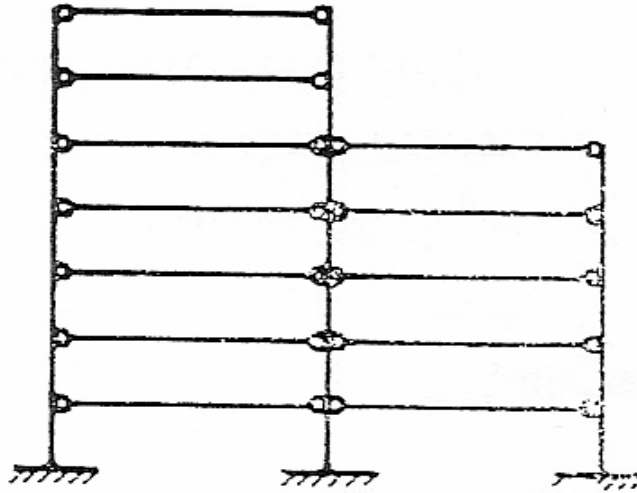
Kat sayısı sınırlı olan çelik binalarda (genellikle 10-15), düşey yükler yanında yatay yükleri de taşımak için geleneksel rijit düğüm noktalı çerçeveler kullanılmaktadır (Şekil 1.3). Bu tür çerçevelerde, bina yükseldikçe özellikle alt kat elemanlarındaki kesit zorları aşırı ölçüde büyür. Bu nedenle, gereğinden fazla yer işgal eden büyük kesitli kolonlar ve istenmeyen ölçüde sarkan kirişler, zor gerçekleştirilebilen ve göze hantal görünümlü düğüm noktaları sorunları ortaya çıkar. Bu aşırı malzeme sarfı, aynı zamanda önemli bir ekonomik sakıncadır.



Şekil 1.3: Rijid düğüm noktalı çerçeveler

Malzeme olarak çeliğin, büyük kesit zorlarına rağmen, diğer malzemelere kıyasla verdiği narin kesitler, bu tür bir taşıyıcı sistemde bina yüksekliği arttıkça yatay yer ve şekil-değiştirme sorununun da çözümünü olanaksızlaştırmaktadır.

Tabanından ankastre kolonlara, moment aktarmayan düğüm noktalarıyla birleşen kirişlerden oluşan bir çerçeve (Şekil 1.4), sistem olarak ilk bakışta ve teoride stabil görünse de, çelik gibi narin kesitler veren bir malzemede, kat sayısı ikiden çok ise hiçbir zaman stabil bir sistem olarak kabul edilmez. Tabanından ankastre düşey elemanlardan en az biri, bir perde gibi yeterince rijitliğe sahip değilse sistem yerinde durmaz.

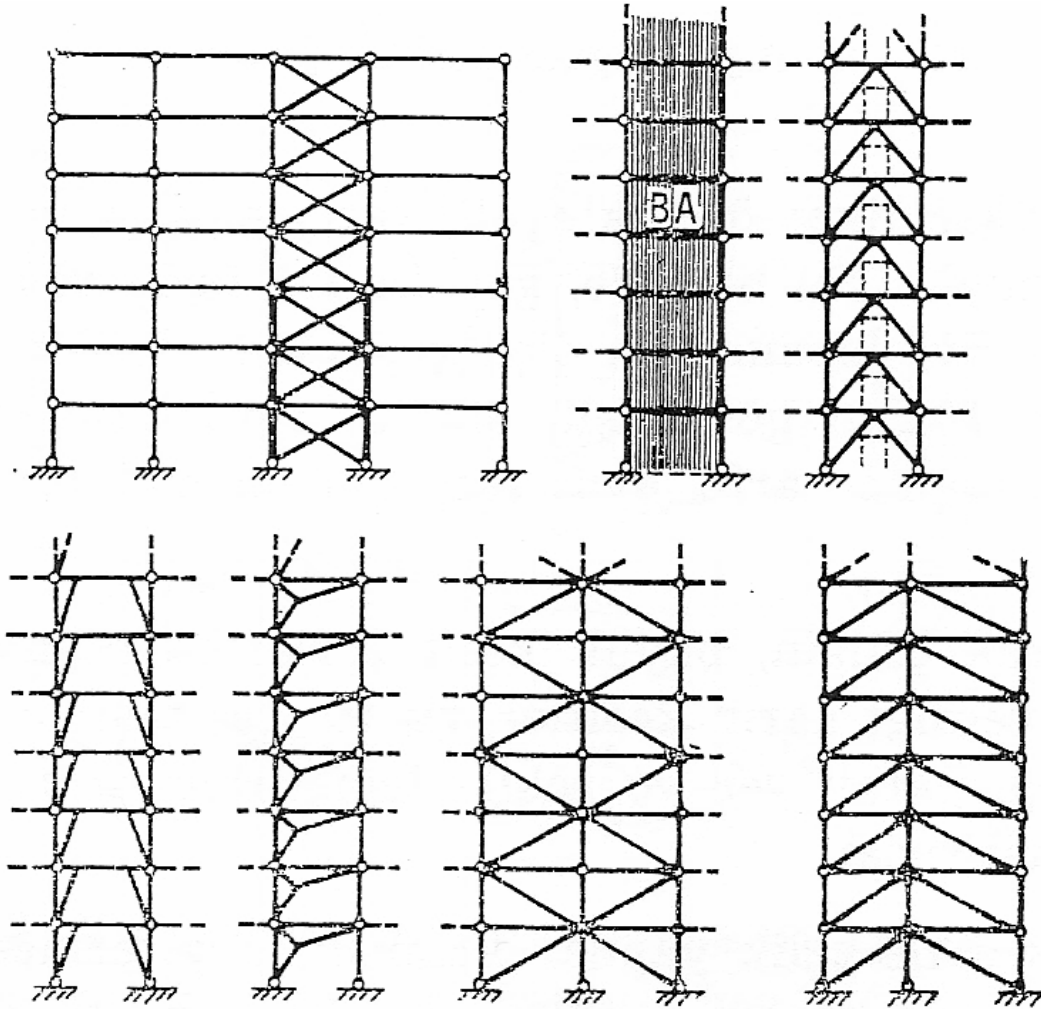


Şekil 1.4: İki kattan yüksek çelik binalar için yanlış bir çözüm

1.4.4 Düşey stabilite perdeli sistemler

Bir önceki alt-bölümde, bina yüksekliği arttıkça rijit düğüm noktalı çerçevelerin ortaya çıkardıkları sakıncalara değinilmişti. Gerek kesitlerin büyümesini önlemek ve gerekse yatay yer-değiştirmeleri sınırlamak için akla gelen ilk çözüm, binaya etkiyen kendilerini taşımak üzere planlanan tabanlarından ankastre düşey perdeler aracılığıyla, yapının diğer elemanlarını zorlamadan zemine iletmektir. Sözü geçen düşey stabilite perdeleri, tabanlarından temele ankastre elastik konsol çalışması gösterirler ve kendi düzlemlerindeki yatay etkileri zemine iletirler.

Düşey stabilite perdeleri, dolu gövdeli yerinde dökülen betonarme perdeler ya da çelik kafes sistemler türünde düşünülebilirler (Şekil 1.5).



Şekil 1.5: Düşey stabilite perdesi türleri

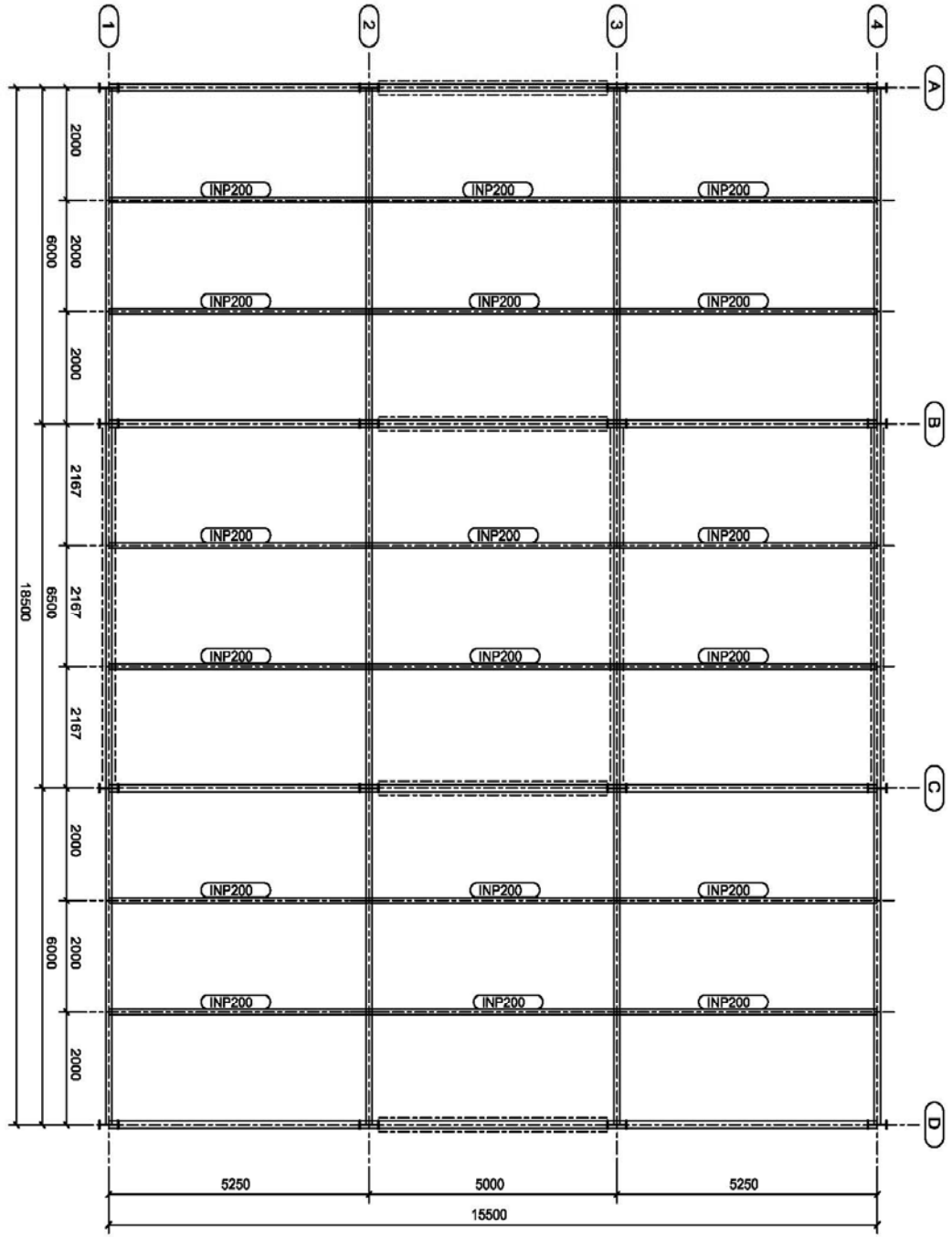
2. DEPREM YÜKLERİNİN TAMAMININ DIŞMERKEZ ÇAPRAZLI PERDELER TARAFINDAN TAŞINDIĞI YAPI

2.1 Taşıyıcı Sistemin Tanıtılması

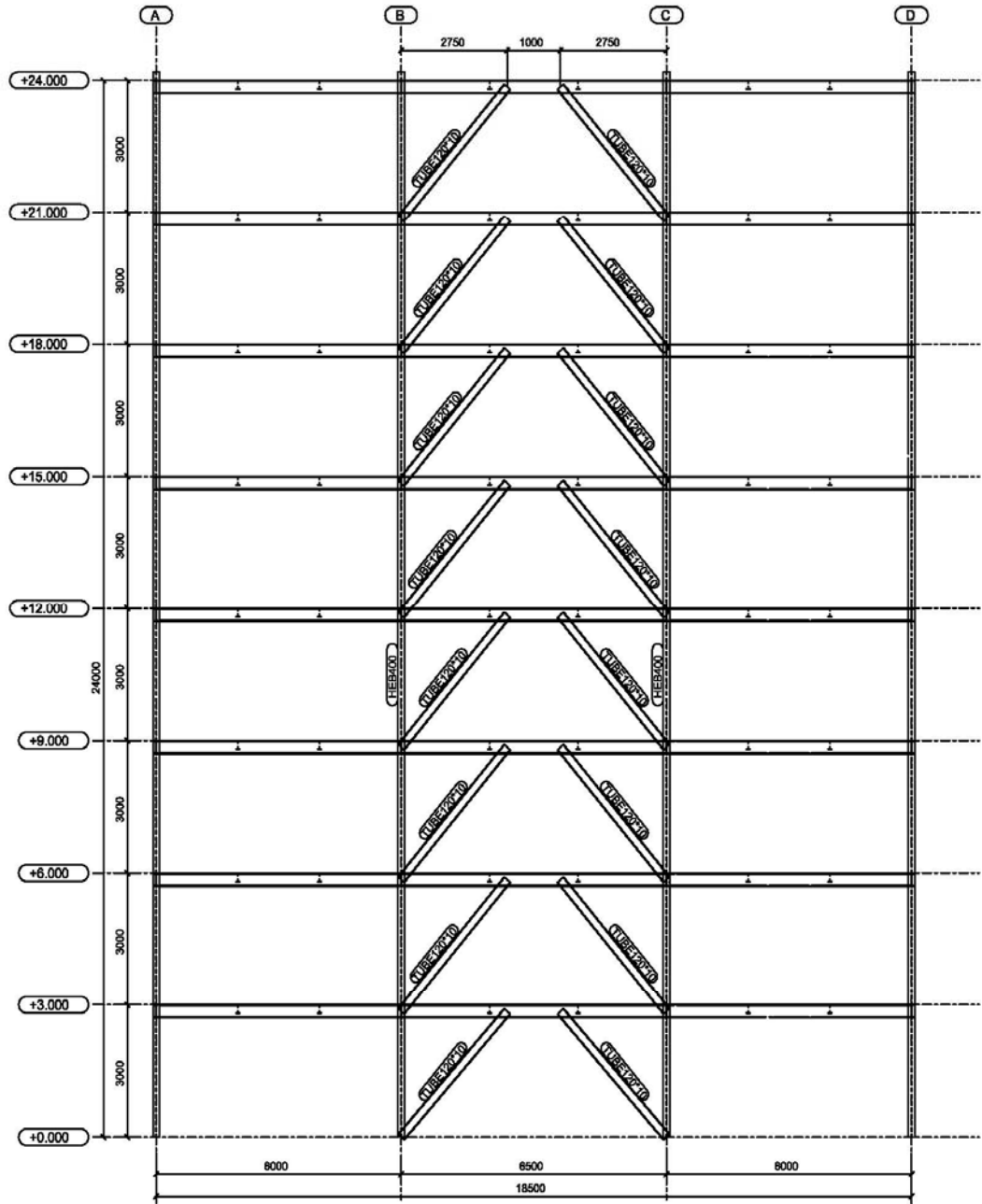
Yapı 287 m² (18,5 x 15,5) alana sahip 8 katlı bir büro yapısıdır. Bir katın yüksekliği 3 m, toplam yükseklik 24 m dir. Yapının kat planı ve enkesit görünüşü Şekil 2.1 ve Şekil 2.2’de gösterilmiştir.

Binanın (x) ve (y) doğrultusundaki yatay yük taşıyıcı sistemi, süneklik düzeyi yüksek dışmerkez çelik çaprazlı perdelerden oluşmaktadır.

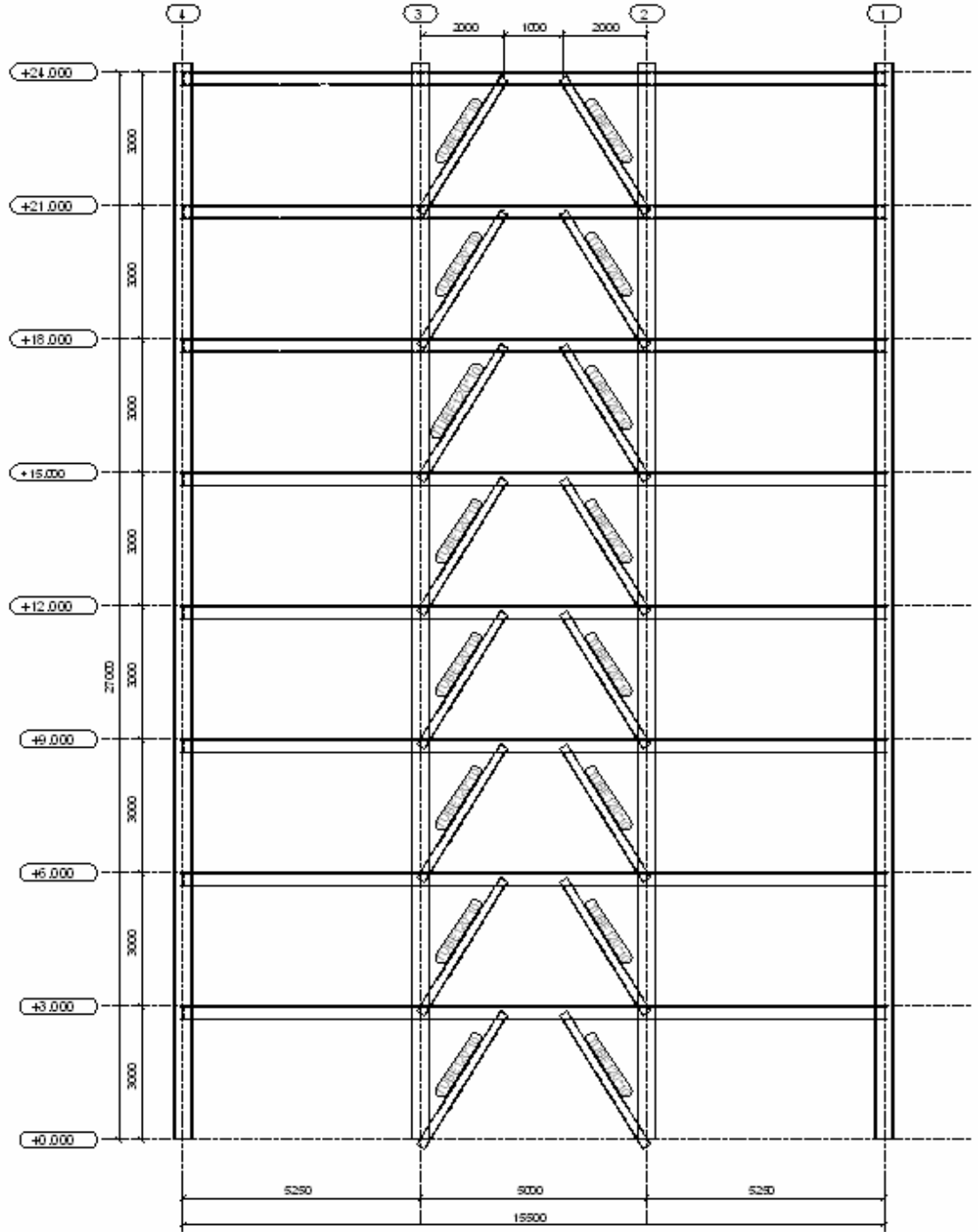
Kat döşemeleri, çelik kirişlere mesnetlenen ve trapez sac levhalar üzerinde yerinde dökme betonarme olarak inşa edilen kompozit döşeme sisteminden meydana gelmektedir. Çelik kirişler ile betonarme döşeme, saplama elemanları vasıtası ile birlikte çalışırlar. Yapıda yalnız tali kirişler betonarme döşeme ile birlikte düşünülerek, kompozit hesap yapılmıştır.



Şekil 2.1: Tipik kat döşemesi plan görünüşü



Şekil 2.2: Tipik enkesit görünüşü(1, 3, 4 Aksları)



Şekil 2.3: Tipik enkesit görünüşü(A, B, C, D Aksları)

Bina kat planlarında çıkıntılarının olmaması, döşeme süreksizliklerinin ve döşemelerde büyük boşlukların bulunmaması, yatay yük taşıyıcı sistemlerin planda düzenli olarak yerleşmesi nedeniyle planda düzensizlik durumları mevcut değildir.

Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarında süreksizliklerin ve ani rijitlik değişimlerinin olmaması ve kat kütlelerinin yapı yüksekliği boyunca değişiklik göstermemesi nedeniyle düşey doğrultuda düzensizlik durumları da mevcut değildir.

2.2 Düşey Yükler

2.2.1 Sabit yükler

Çatı Katı Yükleri (+24.00m Kotu Yükleri)

Betonarme plak yükü ($h_f = 8 \text{ cm}$).....	=200 kg/m ²
Asma tavan + tesisat + ısı yalıtımı.....	=25 kg/m ²
Kat kirişleri zati yükü.....	=25 kg/m ²
Kolonların zati yükü.....	=25 kg/m ²
Çatı Konstrüksiyon.....	=25 kg/m ²
$\Sigma g_1 = 200 + 25 + 25 + 25 + 25 =$	300 kg/m^2

Normal Kat Yükleri (+3.00m,.....,+21.00m Kotu Yükleri)

Kaplama yükü (5 cm fayans).....	=110 kg/m ²
Betonarme plak yükü ($h_f = 10 \text{ cm}$).....	=250 kg/m ²
Asma tavan + tesisat + ısı yalıtımı	=25 kg/m ²
Kat kirişleri zati yükü.....	=30 kg/m ²
Kolonların zati yükü.....	=50 kg/m ²
$\Sigma g_2 = 110 + 250 + 25 + 30 + 50 =$	465 kg/m^2

2.2.2 Hareketli yükler

Kar Yüğü

Kar yükü P_k ;

$P_k = m \times P_{ko}$ olarak hesaplanır. Burada $m = 1$ ($\alpha < 30^\circ$) , $P_{ko} = 75 \text{ kg/m}^2$ dir. **(2.1)**

Denklem 2.1'e göre kar yükü $P_k = 1 \times 75 = 75 \text{ kg/m}^2$ olarak elde edilmiştir.

Normal Kat Döşeme Hareketli Yüğü

TS 498 yönetmeliğine göre büro için hareketli yük $p=200 \text{ kg/m}^2$ dir.

Çatı Katı Döşeme Hareketli Yüğü

TS 498 yönetmeliğine göre çatı katı platform hareketli yükü $p=200 \text{ kg/m}^2$ dir.

2.3 Yatay Yüğüler

2.3.1 Rüzgar yüğüleri

TS 498 yönetmeliğı uyarınca rüzgar yükü $W=C_p \times q$ olarak hesaplanır. **(2.2)**

C_p emme katsayısı olup yönetmelik uyarınca 1,2 olarak alınmıştır.Yapıya etkiyen rüzgar basıncı (q) yüksekliğe bağılı olarak aşağıda gösterildiğı gibi hesaplanmıştır.

Tablo 2.1: Yüksekliğe bağılı olarak rüzgar hızı ve basıncı

Zemin Üzerinden Yükseklik (m)	Rüzgar Hızı m/sn	Rüzgar Basıncı t/m^2
0-8	28,00	0,05
9-20	36,00	0,08
21-100	42,00	0,11

2.3.2 Deprem yüğüleri

Deprem yüğülerinin belirlenmesinde “DBYBHY” dikkate alınmıştır. Buna göre;

Deprem bölgesi.....	1
Bina önem katsayısı (I).....	1,0
Hareketli yük katılım katsayısı (n).....	0,3
Etkin yer ivmesi katsayısı (A_o).....	0,40
Taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R).....	7
Yerel zemin sınıfı (Z_n).....	Z2
Spektrum karakteristik periyodu (T_A).....	0,15sn
Spektrum karakteristik periyodu (T_B).....	0,40sn

Taşıyıcı sistem davranış katsayısının seçimi ; deprem yüğüleri, enine ve boyuna yönde süneklik düzeyi yüksek dışmerkez çapraz perdelerle ($R=7$), aktarılacaktır.

Binanın birinci doğal titreşim periyodu T_{1A} , Sap2000 modelden alınmıştır:

(y) yönünde birinci doğal titreşim periyodu $T_{1y}= 0,85 \text{ sn}$.

(x) yönünde birinci doğal titreşim periyodu $T_{1x}= 0,83 \text{ sn}$.

Spektrum Katsayısı S(T), DBYBHY Madde 2.4.3.1 uyarınca ;

$$T_B < T_{1A} \Rightarrow S(T) = 2,5 \left(\frac{T_B}{T_{1A}} \right)^{0,8} \quad (2.3)$$

formülü ile hesaplanır.

$$S(T_{1y}) = 2,5 \left(\frac{0,40}{0,85} \right)^{0,8} = 1,37 \text{ ve } S(T_{1x}) = 2,5 \left(\frac{0,40}{0,83} \right)^{0,8} = 1,39$$

Toplam eşdeğer deprem yükü ;

$$V_t = \frac{W \times A(T_1)}{Ra(T_1)} \quad (2.4)$$

$$A(T_1) = A_o \times I \times S(T) \quad (2.5)$$

$A(T_{1y}) = 0,40 \times 1,0 \times 1,37 = 0,548$ ve $Ra(T_1) = R = 7$ ($T_{1y} > T_A$) olarak bulunur.

$A(T_{1x}) = 0,40 \times 1,0 \times 1,39 = 0,556$ ve $Ra(T_1) = R = 7$ ($T_{1x} > T_A$) olarak bulunur.

2.4 Yük Analizi

2.4.1 Düşey yük analizi

Çatı Katı Yükleri

Sabit yükler → Çatı katı sabit yükleri

$$\Sigma g = 300 \text{ kg/m}^2, A_{plt} = 18,50\text{m} \times 15,50\text{m} = 287 \text{ m}^2$$

$$G = A_{plt} \times \Sigma g_1 = 287 \times 300 = 861,000 \text{ kN}$$

Hareketli yükler → Kar yükü

$$p = 75 \text{ kg/m}^2, A_{\text{çatı}} = A_{plt} = 287 \text{ m}^2$$

$$Q_1 = A_{\text{çatı}} \times p = 287 \times 75 = 215,250 \text{ kN}$$

Hareketli yükler → Çatı katı platform hareketli yükü

$$p = 200 \text{ kg/m}^2, A_{\text{çatı}} = A_{plt} = 287 \text{ m}^2$$

$$Q_2 = A_{\text{çatı}} \times p = 287 \times 200 = 574,000 \text{ kN}$$

Çatı katı toplam yükleri: $\Sigma G = 861,000 \text{ kN}$

$$\Sigma Q = Q_1 + Q_2 = 215,250 + 574,000 = 789,250 \text{ kN}$$

$$\Sigma W_1 = \Sigma G + \Sigma Q = 861,000 + 789,250 = 1650,250 \text{ kN}$$

$$\Sigma W_{EQ1} = \Sigma G + n \times \Sigma Q = \Sigma G + 0,3 \times \Sigma Q = 861,000 + 0,3 \times 789,250 = 1334,550 \text{ kN}$$

Normal Kat Yükleri

Sabit yükler → Normal kat zati yükleri

$$\Sigma g_2 = 465 \text{ kg/m}^2, A_{plt} = 287 \text{ m}^2$$

$$G_2 = A_{plt} \times \Sigma g_2 = 465 \times 287 = 1334,550 \text{ kN (1 kat için)}$$

$$\Sigma G_2 = 7 \times G_2 = 7 \times 1334,550 = 9341,850 \text{ kN (7 kat için)}$$

Hareketli yükler → Normal kat platform hareketli yükü

$$p = 200 \text{ kg/m}^2, A_{plt} = 287 \text{ m}^2$$

$$Q_1 = A_{plt} \times p = 287 \times 200 = 574,000 \text{ kN (1 kat için)}$$

$$\Sigma Q_1 = 7 \times Q_1 = 7 \times 574,000 = 4018,000 \text{ kN (7 kat için)}$$

$$\text{Ara kat toplam yükleri: } \Sigma G = \Sigma G_2 = 9341,850 \text{ kN}$$

$$\Sigma Q = \Sigma Q_1 = 4018,000 \text{ kN}$$

$$\Sigma W_2 = \Sigma G + \Sigma Q = 9341,850 + 4018,000 = 13359,850 \text{ kN}$$

$$\Sigma W_{EQ2} = \Sigma G + n \times \Sigma Q = \Sigma G + 0,3 \times \Sigma Q = 9341,850 + 0,3 \times 4018,000 = 10547,250 \text{ kN}$$

Toplam bina yükleri aşağıda Tablo 2.2’de verilmiştir.

Tablo 2.2: Toplam bina yükleri

Kat İsmi	ΣG (kN)	ΣQ (kN)	ΣW_E (kN)	ΣW_{EQ} (kN)
1.Kat	1334,550	574,000	1908,550	1506,750
2.Kat	1334,550	574,000	1908,550	1506,750
3.Kat	1334,550	574,000	1908,550	1506,750
4.Kat	1334,550	574,000	1908,550	1506,750
5.Kat	1334,550	574,000	1908,550	1506,750
6.Kat	1334,550	574,000	1908,550	1506,750
7.Kat	1334,550	574,000	1908,550	1506,750
8.Kat	861,000	789,250	1650,250	1334,550
				+ _____
				11881,800

$$\text{Toplam bina yükü} = 1650,250 + 7 \times 1908,550 = 15010,100 \text{ kN}$$

$$\text{Yapının çelik zati ağırlığı} = 1782,150 \text{ kN}$$

2.4.2 Yatay yük analizi

2.4.2.1 Rüzgar yükleri

±X Rüzgar yüklemesi için → $\Sigma W_x = C_p \times q \times A$

$$\Sigma W_x = (0,8+0,4) \times 0,05 \times (15,5 \times 8,0) + 0,08 \times (15,5 \times (20-8)) + 0,11 \times (15,5 \times (24-20)) = 335 \text{ kN}$$

±Y Rüzgar yüklemesi için → $\Sigma W_y = C_p \times q \times A$

$$\Sigma W_y = (0,8+0,4) \times 0,05 \times (18,5 \times 8,0) + 0,08 \times (18,5 \times (20-8)) + 0,11 \times (18,5 \times (24-20)) = 400 \text{ kN}$$

2.4.2.2 Deprem yükleri

Binanın (x) doğrultusundaki taban kesme kuvveti V_{tx} ; Denklem 2.4 uyarınca

$$V_{tx} = \frac{\sum W_{EQ} \times A(T_1)}{Ra(T_1)} = \frac{11881,800 \times 0,556}{7} \geq 0,10 \times A_0 \times I \times \Sigma W_{EQ}$$
$$= 943,754 \text{ kN} \geq 475,230 \text{ kN}$$

$V_{tx} = 943,754 \text{ kN}$ olarak elde edilmiştir.

Binanın (y) doğrultusundaki taban kesme kuvveti V_{ty} ; Denklem 2.4 uyarınca

$$V_{ty} = \frac{\sum W_{EQ} \times A(T_1)}{Ra(T_1)} = \frac{11881,800 \times 0,548}{7} \geq 0,10 \times A_0 \times I \times \Sigma W_{EQ}$$
$$= 930,180 \text{ kN} \geq 475,230 \text{ kN}$$

$V_{ty} = 930,180 \text{ kN}$ olarak elde edilmiştir.

Deprem yükünün katlara dağılımı;

$$V_t = \Delta F_N + \sum_{i=1}^N F_i \quad (2.6)$$

Denklemleri ile hesaplanır.

DBYBHY Madde 2.7.2.2 uyarınca ; binanın N'ninci katına (tepesine) etkiyen ek eşdeğer deprem yükü ΔF_N ' in değeri

$$\Delta F_N = 0.0075 N V_t \quad (2.7)$$

formülü ile hesaplanacaktır.

Binanın (x) doğrultusundaki ek eşdeğer deprem yükü:

$$\Delta F_{Nx} = 0.0075 \times 8 \times 943,754 = 56,625 \text{ kN}$$

Toplam eşdeğer deprem yükünün ΔF_N dışında geri kalan kısmı, N'inci kat dahil olmak üzere, bina katlarına denklem 2.7 ile dağıtılacaktır.

$$F_i = (V_T - \Delta F_N) \frac{w_i H_i}{\sum_{j=1}^N w_j H_j} \quad (2.8)$$

$$(V_{Tx} - \Delta F_{Nx}) = 943,754 - 56,625 = 887,129 \text{ kN}$$

Binanın (y) doğrultusundaki ek eşdeğer deprem yükü:

$$\Delta F_{Ny} = 0.0075 \times 8 \times 930,180 = 55,810 \text{ kN}$$

$$(V_{Ty} - \Delta F_{Ny}) = 930,180 - 55,810 = 874,370 \text{ kN}$$

Binanın katlarına (x) ve (y) doğrultularında etkiyen deprem yükleri aşağıda Tablo 2.3 ve Tablo 2.4'de verilmiştir. DBYBHY Madde 2.2.2.4 uyarınca, deprem yükleri ile rüzgar yüklerinin binaya aynı anda etkilemediği varsayılacak ve her bir yapı elemanının boyutlandırılmasında, deprem ya da rüzgar etki için hesaplanan büyüklüklerin elverişsiz olanı göz önüne alınacaktır. Deprem yükleri rüzgar yüklerinden fazla olduğu için rüzgar yükleri ihmal edilmiş ve yalnızca deprem yüklemesi yapılmıştır.

$$\text{Çatı katı için depremli durumda ağırlık: } w_i = 1334,550 \text{ kN}$$

$$\text{Normal katlar için depremli durumda ağırlık: } w_i = 1506,750 \text{ kN}$$

DBYBHY Madde 2.7.3.1'e göre, burulma düzensizliğinin bulunmadığı binalarda katlara etkiyen eşdeğer deprem yüklerinin, ek dışmerkezlik etkisinin hesaba katılabilmesi amacı ile, göz önüne alınan deprem doğrultusuna dik doğrultudaki kat boyutunun +%5'i ve -%5'i kadar kaydırılması ile belirlenen noktalara ve ayrıca kat kütle merkezine uygulanması öngörülmektedir. (x) ve (y) doğrultularındaki ek dışmerkezlikler

$$e_x = \pm 0,05 \times 18,5 = \pm 0,925 \text{ m} \text{ ve } e_y = \pm 0,05 \times 15,5 = \pm 0,775 \text{ m}$$

değerlerini almaktadır.

Tablo 2.3: (x) yönünde katlara etkiyen deprem yüklerinin tayini

Kat	$H_i(m)$	$w_i(kN)$	$w_i H_i$	$w_i H_i$	$(V_{tx} - \Delta F_{Nx})(kN)$	$F_{ix}(kN)$
				$\sum w_i H_i$		
1	3,00	1506,750	4520,250	0,03	887,129	25,285
2	6,00	1506,750	9040,500	0,06	887,129	50,569
3	9,00	1506,750	13560,75	0,09	887,129	75,854
4	12,00	1506,750	18081,000	0,12	887,129	101,138
5	15,00	1506,750	22601,250	0,16	887,129	126,423
6	18,00	1506,750	27121,500	0,18	887,129	151,708
7	21,00	1506,750	31641,750	0,21	887,129	176,992
8	24,00	1334,550	32029,200	0,15	887,129	179,159+56,625
			+ _____ 158596,200	+ _____ 1,00		+ _____ 943,754

Tablo 2.4: (y) yönünde katlara etkiyen deprem yüklerinin tayini

Kat	$H_i(m)$	$w_i(kN)$	$w_i H_i$	$w_i H_i$	$(V_{ty} - \Delta F_{Ny})(kN)$	$F_{iy}(kN)$
				$\sum w_i H_i$		
1	3,00	1506,750	4520,250	0,03	874,370	24,920
2	6,00	1506,750	9040,500	0,06	874,370	49,840
3	9,00	1506,750	13560,75	0,09	874,370	74,760
4	12,00	1506,750	18081,000	0,12	874,370	99,680
5	15,00	1506,750	22601,250	0,16	874,370	124,600
6	18,00	1506,750	27121,500	0,18	874,370	149,530
7	21,00	1506,750	31641,750	0,21	874,370	174,450
8	24,00	1334,550	32029,200	0,15	874,370	176,580+55,810
			+ _____ 158596,200	+ _____ 1,00		+ _____ 930,180

2.5 Yüklerin Sap2000 Modele Etkitilmesi

2.5.1 Yük durumları ve kombinasyonlar

Binanın çözülmesi için dikkate alınan yükler ve yük durumları aşağıda verilmiştir. Deprem yüklerinin sistem üzerindeki etkisi, rüzgar yüklerinin sistem üzerindeki etkisinden daha fazla olduğu için rüzgar yükleme kombinasyonlarda ihmal edilmiştir. En elverişsiz tesirleri verecek kombinasyonlar aşağıda gösterilmiştir.

2.5.1.1 Yük durumları

DEAD	: Taşıyıcı sistem zati ağırlığı (Sap2000 programında otomatik etkitildi.)
DL	: Sabit yükler
LL	: Hareketli yükler
EX	: X yönü deprem yükleme
EXP	: X yönü (+) %5 dışmerkez deprem yükleme
EXN	: X yönü (-) %5 dışmerkez deprem yükleme
EY	: Y yönü deprem yükleme
EYP	: Y yönü (+) %5 dışmerkez deprem yükleme
EYN	: Y yönü (-) %5 dışmerkez deprem yükleme
TEPEX	: X yönü ek eşdeğer deprem yükleme
TEPEXP	: X yönü (+) %5 dışmerkez ek eşdeğer deprem yükleme
TEPEXN	: X yönü (-) %5 dışmerkez ek eşdeğer deprem yükleme
TEPEY	: Y yönü ek eşdeğer deprem yükleme
TEPEYP	: Y yönü (+) %5 dışmerkez ek eşdeğer deprem yükleme
TEPEYN	: Y yönü (-) %5 dışmerkez ek eşdeğer deprem yükleme

2.5.1.2 Kombinasyonlar

Yük kombinasyonlarının bir bölümü TS 498 VE DBYBHY'06 ya uygun olarak Denklem (2.9), (2.10) şeklinde 32 adet oluşturulmuştur. Yönetmelikte 'Süneklik Düzeyi Yüksek Dışmerkez elik aprazlı Perdeler' bölümünde kolon taşıma kapasitesinin kontrolü için yine yönetmelikteki arttırılmış yüklere göre (2.11), (2.12) gibi ilave 32 adet kombinasyon oluşturulmuştur(Tablo 2.5).

$$1.0 G + 1.0 Q \pm E \quad (2.9)$$

$$0,9G \pm E \quad (2.10)$$

Tablo 2.5: Büyütme katsayıları

Taşıyıcı Sistem Türü	Ω_0
Süneklik düzeyi yüksek çerçeveler	2.5
Süneklik düzeyi normal çerçeveler	2.0
Merkezi çelik çaprazlı perdeler (süneklik düzeyi yüksek veya normal)	2.0
Dışmerkez çelik çaprazlı perdeler	2.5

$$1.0 G + 1.0 Q \pm \Omega_0 E \quad (2.11)$$

$$0.9G \pm \Omega_0 E \quad (2.12)$$

Ω_0 katsayısı BDYBHY de dışmerkez çelik çaprazlı perdeler için 2,5 olarak verilmiştir.

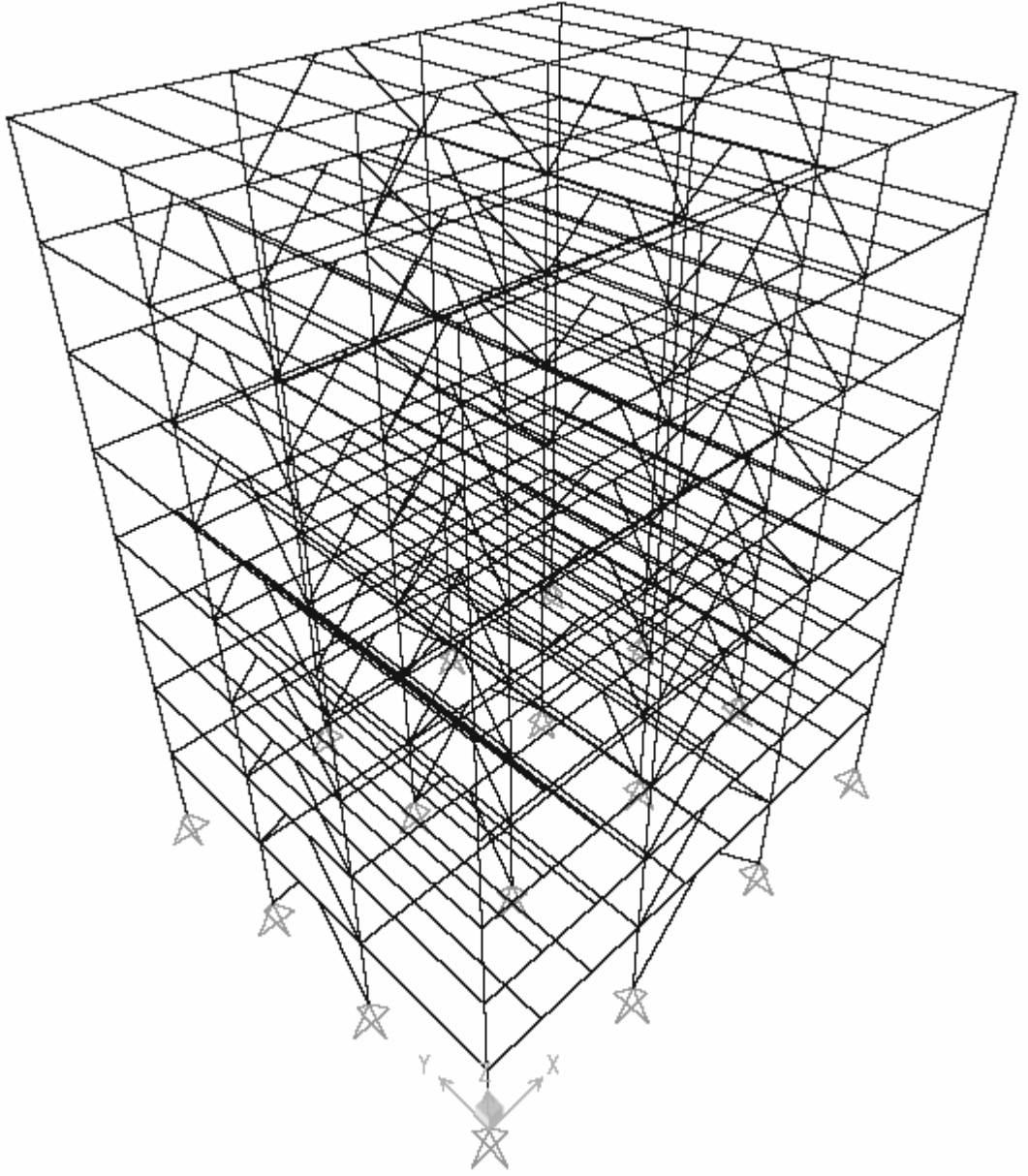
- COMB1 : DEAD+DL+LL (G+Q)
- COMB2 : G+Q+(EXP+TEPEXP)+0,3(EY+TEPEY)
- COMB3 : G+Q+(EXP+TEPEXP)-0,3(EY+TEPEY)
- COMB4 : G+Q-(EXP+TEPEXP)+0,3(EY+TEPEY)
- COMB5 : G+Q-(EXP+TEPEXP)-0,3(EY+TEPEY)
- COMB6 : G+Q+(EXN+TEPEXN)+0,3(EY+TEPEY)
- COMB7 : G+Q+(EXN+TEPEXN)-0,3(EY+TEPEY)
- COMB8 : G+Q-(EXN+TEPEXN)+0,3(EY+TEPEY)
- COMB9 : G+Q-(EXN+TEPEXN)-0,3(EY+TEPEY)
- COMB10 : G+Q+(EYP+TEPEYP)+0,3(EX+TEPEX)
- COMB11 : G+Q+(EYP+TEPEYP)-0,3(EX+TEPEX)
- COMB12 : G+Q-(EYP+TEPEYP)+0,3(EX+TEPEX)
- COMB13 : G+Q-(EYP+TEPEYP)-0,3(EX+TEPEX)
- COMB14 : G+Q+(EYN+TEPEYN)+0,3(EX+TEPEX)
- COMB15 : G+Q+(EYN+TEPEYN)-0,3(EX+TEPEX)
- COMB16 : G+Q-(EYN+TEPEYN)+0,3(EX+TEPEX)
- COMB17 : G+Q-(EYN+TEPEYN)-0,3(EX+TEPEX)
- COMB18 : 0,9G+(EXP+TEPEXP)+0,3(EY+TEPEY)
- COMB19 : 0,9G +(EXP+TEPEXP)-0,3(EY+TEPEY)
- COMB20 : 0,9G -(EXP+TEPEXP)+0,3(EY+TEPEY)
- COMB21 : 0,9G -(EXP+TEPEXP)-0,3(EY+TEPEY)
- COMB22 : 0,9G +(EXN+TEPEXN)+0,3(EY+TEPEY)

COMB23 : $0,9G + (EXN + TEPEXN) - 0,3(EY + TEPEY)$
 COMB24 : $0,9G - (EXN + TEPEXN) + 0,3(EY + TEPEY)$
 COMB25 : $0,9G - (EXN + TEPEXN) - 0,3(EY + TEPEY)$
 COMB26 : $0,9G + (EYP + TEPEYP) + 0,3(EX + TEPEX)$
 COMB27 : $0,9G + (EYP + TEPEYP) - 0,3(EX + TEPEX)$
 COMB28 : $0,9G - (EYP + TEPEYP) + 0,3(EX + TEPEX)$
 COMB29 : $0,9G - (EYP + TEPEYP) - 0,3(EX + TEPEX)$
 COMB30 : $0,9G + (EYN + TEPEYN) + 0,3(EX + TEPEX)$
 COMB31 : $0,9G + (EYN + TEPEYN) - 0,3(EX + TEPEX)$
 COMB32 : $0,9G - (EYN + TEPEYN) + 0,3(EX + TEPEX)$
 COMB33 : $0,9G - (EYN + TEPEYN) - 0,3(EX + TEPEX)$
 COMB34 : $G + Q + 2,5(EXP + TEPEXP) + 0,75(EY + TEPEY)$
 COMB35 : $G + Q + 2,5(EXP + TEPEXP) - 0,75(EY + TEPEY)$
 COMB36 : $G + Q - 2,5(EXP + TEPEXP) + 0,75(EY + TEPEY)$
 COMB37 : $G + Q - 2,5(EXP + TEPEXP) - 0,75(EY + TEPEY)$
 COMB38 : $G + Q + 2,5(EXN + TEPEXN) + 0,75(EY + TEPEY)$
 COMB39 : $G + Q + 2,5(EXN + TEPEXN) - 0,75(EY + TEPEY)$
 COMB40 : $G + Q - 2,5(EXN + TEPEXN) + 0,75(EY + TEPEY)$
 COMB41 : $G + Q - 2,5(EXN + TEPEXN) - 0,75(EY + TEPEY)$
 COMB42 : $G + Q + 2,5(EYP + TEPEYP) + 0,75(EX + TEPEX)$
 COMB43 : $G + Q + 2,5(EYP + TEPEYP) - 0,75(EX + TEPEX)$
 COMB44 : $G + Q - 2,5(EYP + TEPEYP) + 0,75(EX + TEPEX)$
 COMB45 : $G + Q - 2,5(EYP + TEPEYP) - 0,75(EX + TEPEX)$
 COMB46 : $G + Q + 2,5(EYN + TEPEYN) + 0,75(EX + TEPEX)$
 COMB47 : $G + Q + 2,5(EYN + TEPEYN) - 0,75(EX + TEPEX)$
 COMB48 : $G + Q - 2,5(EYN + TEPEYN) + 0,75(EX + TEPEX)$
 COMB49 : $G + Q - 2,5(EYN + TEPEYN) - 0,75(EX + TEPEX)$
 COMB50 : $0,9G + 2,5(EXP + TEPEXP) + 0,75(EY + TEPEY)$
 COMB51 : $0,9G + 2,5(EXP + TEPEXP) - 0,75(EY + TEPEY)$
 COMB52 : $0,9G - 2,5(EXP + TEPEXP) + 0,75(EY + TEPEY)$
 COMB53 : $0,9G - 2,5(EXP + TEPEXP) - 0,75(EY + TEPEY)$
 COMB54 : $0,9G + 2,5(EXN + TEPEXN) + 0,75(EY + TEPEY)$
 COMB55 : $0,9G + 2,5(EXN + TEPEXN) - 0,75(EY + TEPEY)$
 COMB56 : $0,9G - 2,5(EXN + TEPEXN) + 0,75(EY + TEPEY)$

COMB57 : $0,9G - 2,5(EXN + TEPEXN) - 0,75(EY + TEPEY)$
 COMB58 : $0,9G + 2,5(EYP + TEPEYP) + 0,75(EX + TEPEX)$
 COMB59 : $0,9G + 2,5(EYP + TEPEYP) - 0,75(EX + TEPEX)$
 COMB60 : $0,9G - 2,5(EYP + TEPEYP) + 0,75(EX + TEPEX)$
 COMB61 : $0,9G - 2,5(EYP + TEPEYP) - 0,75(EX + TEPEX)$
 COMB62 : $0,9G + 2,5(EYN + TEPEYN) + 0,75(EX + TEPEX)$
 COMB63 : $0,9G + 2,5(EYN + TEPEYN) - 0,75(EX + TEPEX)$
 COMB64 : $0,9G - 2,5(EYN + TEPEYN) + 0,75(EX + TEPEX)$
 COMB65 : $0,9G - 2,5(EYN + TEPEYN) - 0,75(EX + TEPEX)$

2.5.2 Sap 2000 modeli

Taşıyıcı sistem statik modelinin oluşturulmasında Sap2000 programından faydalanılmıştır. Taşıyıcı sistem modeli Sap2000 programının frame (çubuk) elemanları kullanılmak suretiyle modellenmiştir. Sap2000 programı çubuk elemanların çözümünü matris deplasman yöntemini kullanarak gerçekleştirmektedir.



Şekil 2.4: Sap2000 3D statik sistem modeli

2.6 Sistem Analizi

2.6.1 Göreli kat ötelemelerinin kontrolü

Görelî kat ötelemelerinin kontrolü DBYYHY'06 Madde 2.10.1' e göre yapılacaktır.

Herhangi bir kolon için, ardışık iki kat arasındaki yerdeğiştirme farkını ifade eden azaltılmış göreli kat ötelemesi, Δ_i :

$$\Delta_i = d_i - d_{i-1} \quad (2.13)$$

denklemleri ile hesaplanır. Burada d_i ve d_{i-1} , her bir deprem doğrultusu için binanın ardışık iki katında, herhangi bir kolonun uçlarında, deprem yüklerinden meydana gelen en büyük yerdeğiştirmeleri göstermektedir.

Her bir deprem doğrultusunda, binanın i 'inci katındaki kolonlar için etkin görece kat ötelemesi δ_i :

$$\delta_i = R \Delta_i \quad (2.14)$$

ile hesaplanacaktır.

(x) ve (y) doğrultularında %5 ek dışmerkezlikle uygulanan deprem yükleri altında, yapının analizi ile elde edilen d_{ix} ve d_{iy} yatay yerdeğiştirmelerinin her katta aldığı değerler ve ardışık katlar arasındaki azaltılmış görece kat ötelemeleri Tablo 2.6 ve Tablo 2.7'de verilmiştir.

Tablo 2.6: (x) Doğrultusunda görece kat ötelemelerinin kontrolü

Kat	h_i (cm)	d_{ix} (cm)	Δ_{ix} (cm)	$\delta_{ix} = R \Delta_{ix}$ (cm)	δ_{ix}/h_i
8	300	2,900	0,290	2,030	0,0068
7	300	2,610	0,330	2,310	0,0077
6	300	2,280	0,380	2,660	0,0089
5	300	1,900	0,400	2,800	0,0093
4	300	1,500	0,420	2,940	0,0098
3	300	1,080	0,400	2,800	0,0093
2	300	0,680	0,370	2,590	0,0086
1	300	0,310	0,310	2,170	0,0072

Tablo 2.7: (y) Doğrultusunda görece kat ötelemelerinin kontrolü

Kat	h_i (cm)	d_{iy} (cm)	Δ_{iy} (cm)	$\delta_{iy} = R \Delta_{iy}$ (cm)	δ_{iy}/h_i
8	300	3,000	0,300	2,100	0,0070
7	300	2,700	0,360	2,520	0,0084
6	300	2,340	0,400	2,800	0,0093
5	300	1,940	0,430	3,010	0,0100
4	300	1,510	0,430	3,010	0,0100
3	300	1,080	0,410	2,870	0,0096
2	300	0,670	0,410	2,870	0,0096
1	300	0,310	0,310	2,170	0,0072

(x) yönünde en büyük δ_{ix}/h_i oranı 0,0098,

(y) yönünde en büyük δ_{iy}/h_i oranı 0,0100' dur.

DBYBHY'06' ya göre;

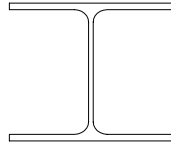
$(\delta_i/h_i) < 0,02$ olmalıdır. Bu koşul sağlanmaktadır.

2.6.2 Taşıyıcı sistem elemanlarının hesabı

2.6.2.1 Ana kirişlerin boyutlandırılması

Basit çalışan döşeme kirişleri eğilme etkisi altında bulunan dolu gövdeli kirişler olarak dizayn edilecektir. Yapılacak kontroller aşağıdadır.

Seçilen Kesit: HEB 280



$A = 131 \text{ cm}^2$	$W_y = 471 \text{ cm}^3$	$t_w = 1,05 \text{ cm}$
$I_x = 19270 \text{ cm}^4$	$i_x = 12,1 \text{ cm}$	$h_w = 24,4 \text{ cm}$
$I_y = 6590 \text{ cm}^4$	$i_y = 7,09 \text{ cm}$	$l_{kx} = 650 \text{ cm}$
$W_x = 1380 \text{ cm}^3$	$t_f = 1,8 \text{ cm}$	$l_{ky} = 650 \text{ cm}$
$F_f = 28 \times 1,8 = 50,4 \text{ cm}^2$		$b = 28 \text{ cm}$

Kesit Tesirleri H Yüklemesi (G+Q) :

$Q = 70 \text{ kN}$; $M_x = 14910 \text{ kNcm}$

a) Enkesit Kontrolü:

DBYBHY'06 ya göre eğilme etkisindeki kesitlerin Tablo 2.9' daki koşulları sağlaması gereklidir. Buna göre:

$$\frac{b/2}{t} \leq 0,3 \sqrt{E_s / \sigma_a} \quad (2.15)$$

$$\frac{h}{t_w} \leq 3,2 \sqrt{E_s / \sigma_a} \quad (2.16)$$

$$\sqrt{E_s / \sigma_a} = \sqrt{21000 / 24} = 29,6$$

$$\frac{28/2}{1,8} = 7,78 \leq 0,3 \times 29,6 = 8,88$$

$$\frac{28}{1,05} = 26,7 \leq 3,2 \times 29,6 = 94,72$$

Enkesit koşulları sağlanmaktadır.

b) Eğilme Gerilmesi Kontrolü:

$$\sigma_{Hem} = \frac{M_x}{W_x} < 14,4 \text{ kN/cm}^2 \quad (2.17)$$

$$\sigma_{Hem} = \frac{14910}{1380} = 10,8 \text{ kN/cm}^2 < 14,4 \text{ kN/cm}^2$$

c) Makaslama Gerilmesi Kontrolü:

$$\tau_{Hem} = \frac{Q}{t_w \times h_w} < \frac{14,4}{\sqrt{3}} = 8,31 \text{ kN/cm}^2 \quad (2.18)$$

$$\tau_{Hem} = \frac{70}{1,05 \times 19,6} = 3,4 \text{ kN/cm}^2 < 8,31 \text{ kN/cm}^2$$

d) Kıyaslama Gerilmesi Kontrolü:

Kirişte kesme kuvveti ve momentin bulunduğu noktada kıyaslama gerilmesi kontrolü yapılmalıdır. $Q=70$ kN olduğu noktada eğilme momenti değeri $M_x=14850$ kNcm değerindedir.

$$\sigma_{vHem} = \sqrt{\sigma^2 + 3 \times \tau^2} < 0,75 \times 24 = 18 \text{ kN/cm}^2 \quad (2.19)$$

$$\sigma_{vHem} = \sqrt{\left(\frac{14850}{1380}\right)^2 + 3 \times 3,4^2} = 12,3 \text{ kN/cm}^2 < 18 \text{ kN/cm}^2$$

e) Sehim Kontrolü:

$$f = \frac{5}{48} \times \frac{M \times \ell^2}{E \times I} < \ell/300 \quad (2.20)$$

$$f = \frac{5}{48} \times \frac{14910 \times 650^2}{21000 \times 19270} = 1,62 \text{ cm} = \ell/400 < \ell/300$$

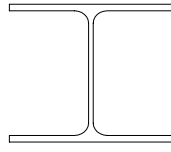
f) Yanal Burkulma Kontrolü:

Betonarme döşemenin kompozit etkisi nedeniyle kiriş üst başlığının yan al burkulması önlenmektedir.

2.6.2.2 Dışmerkez çapraz sistemin bağ kirişlerinin boyutlandırılması

Bağ kirişleri en elverişsiz yüklemeye göre boyutlandırılacaktır. Yapılacak kontroller:

Seçilen Kesit: HEB 280



$$\begin{aligned}
 A &= 131 \text{ cm}^2 & W_y &= 471 \text{ cm}^3 & t_w &= 1,05 \text{ cm} \\
 I_x &= 19270 \text{ cm}^4 & i_x &= 12,1 \text{ cm} & h_w &= 24,4 \text{ cm} \\
 I_y &= 6590 \text{ cm}^4 & i_y &= 7,09 \text{ cm} & l_{kx} &= 650 \text{ cm} \\
 W_x &= 1380 \text{ cm}^3 & t_f &= 1,8 \text{ cm} & l_{ky} &= 650 \text{ cm} \\
 F_f &= 28 \times 1,8 = 50,4 \text{ cm}^2 & S_x &= 767 \text{ cm}^3 & b &= 28 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Kesit Tesirleri HEQ Yüklemesi (G+Q+EXN-0,3EY) :

$$Q = 250 \text{ kN}; M_x = 9290 \text{ kNm}; N = 30 \text{ kN}$$

a) Enkesit Kontrolü:

DBYBHY'06 ya göre kolon için seçilen kesitin Tablo 2.9'daki koşulları sağlaması gereklidir. Buna göre:

$$\frac{b/2}{t} \leq 0,3\sqrt{E_s/\sigma_a} \Rightarrow \frac{28/2}{1,8} = 7,78 \leq 0,3 \times 29,6 = 8,88$$

$$\frac{h}{t_w} \leq 3,2\sqrt{E_s/\sigma_a} \Rightarrow \frac{28}{1,05} = 26,7 \leq 3,2 \times 29,6 = 94,72$$

Enkesit koşulları sağlanmaktadır.

b) Bağ Kirişinin Yanal Doğrultuda Mesnetlenmesi:

TS648 Madde 3.3.4.2' ye göre, basınç başlığının dolu dikdörtgen kesit olması ve enkesit alanının çekme başlığı enkesit alanından daha küçük olmaması halinde, basınç emniyet gerilmesi

$$\sigma_B = \frac{840000 \times C_b}{S \times d / F_b} \quad (2.21)$$

denklemiyle hesaplanır.

Burada "S" kirişin basınç başlığının yanal burkulmaya karşı esnetlendiği noktalar arası uzaklık, "C_b" ise kirişin yanal desteklerinin olduğu uç momentlerinin oranı ile hesaplanan bir katsayıdır. Yanal mesnetler arasında herhangi bir noktadaki moment, uç momentinden büyük olduğu için yönetmeliğe göre "C_b" katsayısı 1 alınmıştır.

$$\sigma_B = \frac{840000 \times 1}{650 \times 28 / 50,4} = 23,26 \text{ kN} / \text{cm}^2 > 0,6 \times 24 = 14,40 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

$$\sigma_{Bem} = 14,40 \text{ kN / cm}^2$$

Basınç başlığı yanal burkulması tehlikesi yoktur.

c) Eğilme Gerilmesi Kontrolü:

$$\sigma_{Hem} = \frac{M_x}{W_x} = \frac{9290}{1380} = 6,7 \text{ kN/cm}^2 < 1,33 \times 14,4 = 19,2 \text{ kN/cm}^2$$

d) Makaslama Gerilmesi Kontrolü:

$$\tau_{Hem} = \frac{Q \times S_x}{I_x \times t_w} < 1,33 \times \frac{14,4}{\sqrt{3}} = 11,1 \text{ kN/cm}^2 \quad (2.22)$$

$$\tau_{Hem} = \frac{25 \times 767}{19270 \times 1,05} = 6,4 \text{ kN/cm}^2 < 11,1 \text{ kN/cm}^2$$

e) Kıyaslama Gerilmesi Kontrolü:

$$\sigma_{VHem} = \sqrt{\sigma^2 + 3 \times \tau^2} = \sqrt{0,67^2 + 3 \times 0,95^2} = 17,7 \text{ kN/cm}^2 < 0,80 \times 24 = 19,2 \text{ kN/cm}^2$$

f) Sehim Kontrolü:

$$f = \frac{5}{48} \times \frac{9290 \times 650^2}{21000 \times 19270} = 1,01 \text{ cm} = \frac{\ell}{643} < \frac{\ell}{300}$$

g) Bağ Kirişi Boyunun Kontrolü:

DBYBHY'06 Madde 4.8.2.2'ye göre kolona birleşen bağ kirişinin dışında, bağ kirişi boyu,

$$1 \times \frac{M_p}{V_p} \leq e \leq 5 \times \frac{M_p}{V_p} \quad (2.23)$$

Koşulunu sağlamalıdır. Bu bağlantıya göre;

Bağ kirişinin eğilme momenti kapasitesi:

$$M_p = W_p \times \sigma_a \quad (2.24)$$

$$M_p = 1534 \times 24 = 36816 \text{ kNcm}$$

Bağ kirişinin kesme kuvveti kapasitesi:

$$V_p = 0,6 \times \sigma_a \times A_k \quad (2.25)$$

$$V_p = 0,6 \times 24 \times 1,05 \times 24,4 = 368,9 \text{ kN}$$

$e=100$ cm seçilmişti.

$$\frac{36816}{368,9} \leq e = 100 \text{ cm} \leq 5 \times \frac{36816}{368,9}$$

$$99,8 \text{ cm} \leq e = 100 \text{ cm} \leq 498,9 \text{ cm}$$

Bağ kirişi boyu uygundur.

h) Bağ Kirişinin Tasarım Kesme Kuvvetinin Kontrolü:

DBYBHY'06 4.8.2.4 Maddesine göre bağ kirişinin tasarım kesme kuvveti:

$$\frac{N_d}{\sigma_a A} < 0,15 \quad (2.26)$$

için,

$$V_d \leq V_p \quad (2.27)$$

$$V_d \leq 2 M_p / e \quad (2.28)$$

koşullarını sağlaması gerekir.

$$\frac{30}{24 \times 131} = 0,01 < 0,15$$

$$V_d = 250 \text{ kN} \leq V_p = 369 \text{ kN}$$

$$V_d = 250 \text{ kN} \leq 2 \times 36816 / 100 = 736 \text{ kN}$$

i) Bağ Kirişinin Dönme Açısının Kontrolü:

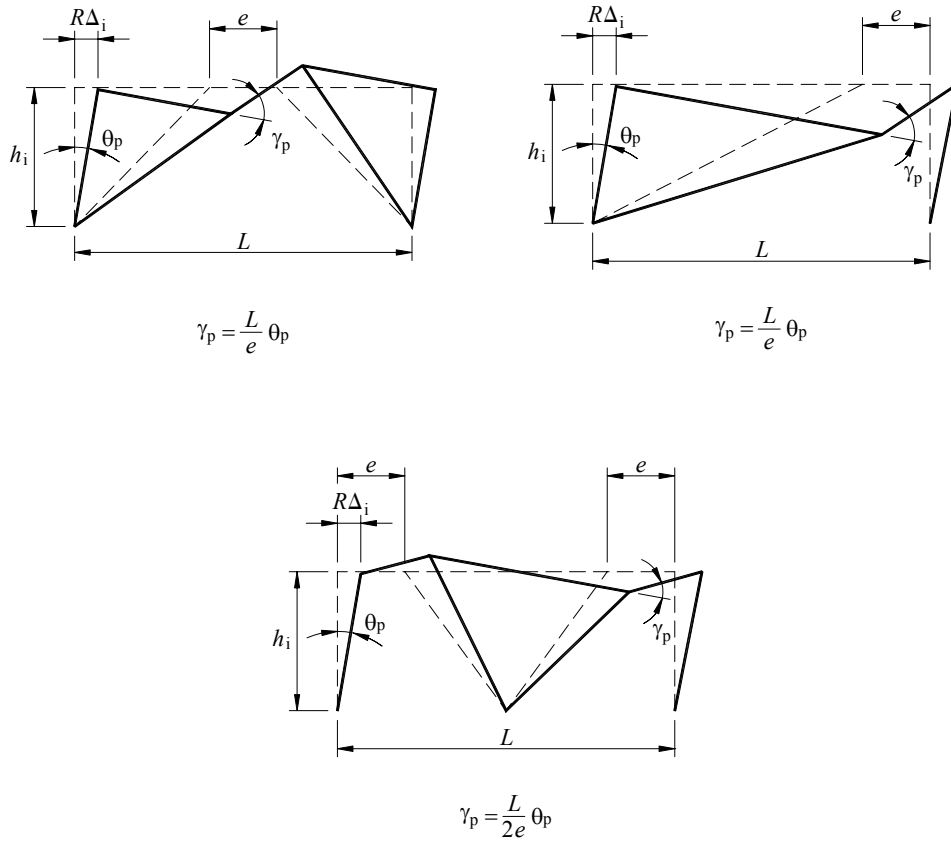
İncelenen bağ kirişinin 1. katta (x) doğrultusunda görelî kat öteleme açısı

$$\theta_p = R \frac{\Delta_i}{h_i} = \frac{\delta_i}{h_i} = 0,0072 \text{ değerindeydi.}$$

Bu görelî kat ötelemesi açısından dolayı, bağ kirişi ile bu kirişin uzantısındaki kat kirişi arasında meydana gelen γ_p bağ kirişi dönme açısı DBYBHY'06'ya göre

$$\gamma_p = \frac{\ell}{e} \theta_p \quad (2.29)$$

formülüyle hesaplanacaktır (Şekil 2.4).



Şekil 2.5: Bağ kirişi dönme açısı sınır değerleri

$$\gamma_p = \frac{650}{100} 0,0072 = 0,0468$$

Bağ kirişi uzunluğu

$$100\text{cm} = 1 \times \frac{M_p}{V_p} < 1,6 \times \frac{M_p}{V_p} \text{ olduğundan}$$

$$\gamma_p = 0,0072 < 0,10 \text{ koşulu sağlanmaktadır.}$$

j) Kat Kirişinin Bağ Kirişi Dışında Kalan Bölümünün Kontrolü:

DBYBHY'06 4.8.6.3 maddesine göre kat kirişinin bağ kirişi bölümünün, bağ kirişinin plastikleşmesine neden olan yüklemenin $1.1D_a$ katından oluşan iç kuvvetlere göre boyutlandırılması gerekmektedir. Yönetmeliğe göre bağ kirişinin plastikleşmesine neden olan yükleme, deprem etkilerinden oluşan iç kuvvetlerin, bağ

kirişinin kesit seçimi sonunda belirlenen $\frac{M_p}{M_d}$ ve $\frac{V_p}{V_d}$ tasarım büyütme katsayılarını

küçüğü ile çarpımı suretiyle belirlenecektir. Buna göre;

$$\frac{M_p}{M_d} = \frac{36816}{9290} = 3,96 \text{ ve } \frac{V_p}{V_d} = \frac{368,9}{250} = 1,48 \text{ olmaktadır.}$$

Kat kirişinin bağ kirişi dışında kalan kısımların tasarımında esas alınacak yükler DBYBHY'06'dan alınan $D_a=1,2$ arttırma katsayısıyla çarpılarak (Tablo 2.8);

Tablo 2.8: D_a Arttırma katsayıları

Yapı Çeliği Sınıfı ve Eleman Türü	D_a
Fe 37 çeliğinden imal edilen hadde profilleri	1.2
Diğer yapı çeliklerinden imal edilen hadde profilleri	1.1
Tüm yapı çeliklerinden imal edilen levhalar	1.1

$$\overline{V}_p = 1,1 \times 1,2 \times 25 \times 1,48 = 486,9\text{kN}$$

$$\overline{M}_p = 1,1 \times 1,2 \times 9290 \times 1,48 = 18148,9\text{kNcm}$$

$$M_p = 36816\text{kNcm} > 18148,9\text{kNcm}$$

olduğundan kesit eğilme açısından yeterlidir, ancak kat kirişinin bağ kirişi dışında kalan kısmının kesme kuvvetine karşı takviye edilmesi gerekmektedir.

2.6.2.3 Düşey çaprazların boyutlandırılması

Düşey çaprazlar en elverişsiz yüklemeye göre boyutlandırılacaktır. Yapılacak kontroller:

Seçilen Kesit: $120 \times 120 \times 10$



$$A = 44 \text{ cm}^2 \quad S_{kx}=S_{ky}=407 \text{ cm} \\ i = 4,51 \text{ cm}$$

Kesit Tesirleri HEQ Yükleme (G+Q+EXP+0,3EY) :

$$N_{G+Q} = -86,41 \text{ kN}$$

$$N_E = 232,1 \text{ kN} \quad N_{G+Q+E} = -318,52 \text{ kN}$$

a) Enkesit Kontrolü:

DBYBHY'06 Madde 4.8.1.1' e göre süneklik düzeyi yüksek dışmerkez çaprazlı perdelerin çaprazlarının Tablo 2.9'daki enkesit özelliklerini sağlaması gerekmektedir. Tabloya göre basınç etkisindeki dikdörtgen kutu kesitler için:

$$\frac{h}{t_w} \leq 0,7 \sqrt{E_s / \sigma_a} \quad (2.30)$$

$$\frac{12 - 2 \times 1}{1} \leq 0,7 \times 29,6 = 20,72 \text{ enkesit koşulu sağlanmaktadır.}$$

b) Narinlik Kontrolü:

DBYBHY'06 Madde 4.8.1.2' ye göre süneklik düzeyi yüksek dışmerkez çaprazlı perdelerin çaprazlarının narinlik oranı (çubuk burkulma boyu/atalet yarıçapı);

$$\lambda = \frac{S}{i_{\min}} \leq 4,23 \sqrt{E_s / \sigma_a} \quad (2.31)$$

sınır değerini aşmayacaktır.

$$\lambda = \frac{407}{4,51} = 90,2 \leq 4,23 \times 29,6 = 125,21 \text{ koşulu sağlanmaktadır.}$$

c) Gerilme Kontrolü:

TS648'de St 37 yapı çeliği için $\lambda=90,2$ değerine karşı gelen ω değeri:

$$\lambda = 90,2 \Rightarrow \omega = 1,77$$

Emniyet gerilmesi kontrolü;

$$\sigma_b = \omega \frac{N}{A} = 1,77 \times \frac{318,52}{44} = 12,81 \text{ kN / cm}^2 < 19,2 \text{ kN / cm}^2 \text{ sağlanmaktadır.}$$

d) Kapasite Kontrolü:

DBYBHY'06 Madde 4.8.6.2' ye göre çaprazların, bağ kirişinin plastikleşmesine neden olan yüklemenin $1,25D_a$ katından oluşan iç kuvvetlere göre boyutlandırılacaktır. Tasarım büyütme katsayısı 1,48 hesaplanmıştı. Buna göre tasarımda kullanılacak esas eksenel basınç kuvveti:

$$\overline{N}_p = 1,25 \times 1,2 \times 1,48 \times 232,11 + 8,641 = 600,16 \text{ kN olarak hesaplanır.}$$

Eksenel basınç kapasitesi:

$$N_{bp} = 1,7 \times \sigma_{bem} \times A \quad (2.32)$$

$$N_{bp} = 1,7 \times \frac{14,4}{1,77} \times 44 = 608,9 \text{ kN}$$

$$\frac{\overline{N}_p}{N_{bp}} = \frac{600,16}{608,9} = 0,99 < 1 \text{ Kapasite kontrolü sağlanmaktadır.}$$

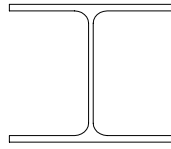
Tablo 2.9: Enkesit koşulları

<i>Eleman Tanımı</i>	<i>Narinlik Oranları</i>	<i>Sınır Değerler</i>	
		<i>Süneklik Düzeyi Yüksek Sistem</i>	<i>Süneklik Düzeyi Normal Sistem</i>
Eğilme etkisindeki I Kesitleri U Kesitleri	b/t	$0.3\sqrt{E_s/\sigma_a}$	$0.4\sqrt{E_s/\sigma_a}$
Eğilme etkisindeki I Kesitleri U Kesitleri	h/t_w	$3.2\sqrt{E_s/\sigma_a}$	$4.0\sqrt{E_s/\sigma_a}$
Basınç etkisindeki T Kesitleri L Kesitleri	h/t_w	$0.3\sqrt{E_s/\sigma_a}$	$0.4\sqrt{E_s/\sigma_a}$
Eğilme ve eksenel basınç etkisindeki I Kesitleri U Kesitleri	h/t_w	$ N_d/\sigma_a A \leq 0.10$ için $3.2\sqrt{E_s/\sigma_a} \left(1 - 1.7 \left \frac{N_d}{\sigma_a A} \right \right)$	$ N_d/\sigma_a A \leq 0.10$ için $4.0\sqrt{E_s/\sigma_a} \left(1 - 1.7 \left \frac{N_d}{\sigma_a A} \right \right)$
		$ N_d/\sigma_a A > 0.10$ için $1.33\sqrt{E_s/\sigma_a} \left(2.1 - \left \frac{N_d}{\sigma_a A} \right \right)$	$ N_d/\sigma_a A > 0.10$ için $1.66\sqrt{E_s/\sigma_a} \left(2.1 - \left \frac{N_d}{\sigma_a A} \right \right)$
Eğilme veya eksenel basınç etkisindeki dairesel halka kesitler (borular)	D/t	$0.05 \frac{E_s}{\sigma_a}$	$0.07 \frac{E_s}{\sigma_a}$
Eğilme veya eksenel basınç etkisindeki dikdörtgen kutu kesitler	b/t veya h/t_w	$0.7\sqrt{E_s/\sigma_a}$	$1.1\sqrt{E_s/\sigma_a}$
Tanımlar b : I kesitlerinde yarım başlık genişliği U kesitleri ve dikdörtgen kutu kesitlerde başlık genişliği h : I, U, T kesitleri ve dikdörtgen kutu kesitlerde gövde yüksekliği L kesitlerinde büyük kenar uzunluğu D : dairesel halka kesitlerde (borularda) dış çap t : I, U, T kesitleri ve dikdörtgen kutu kesitlerde başlık kalınlığı halka kesitlerde (borularda) kalınlık t_w : I, U, T, L kesitleri ve dikdörtgen kutu kesitlerde gövde kalınlığı			

2.6.2.4 Kolonların boyutlandırılması

Kolonlar TS 648 Madde 2.4 eksenel basınç ve eğilmeye çalışan çubuklar bölümü kurallarına uygun olarak boyutlandırılacaktır. Buna göre yapılacak kontroller;

Seçilen Kesit: HEB 400



$A = 198 \text{ cm}^2$	$W_y = 721 \text{ cm}^3$	$t_w = 1,35 \text{ cm}$
$I_x = 57680 \text{ cm}^4$	$i_x = 17,1 \text{ cm}$	$h_w = 35,2 \text{ cm}$
$I_y = 10820 \text{ cm}^4$	$i_y = 7,40 \text{ cm}$	$l_{kx} = 300 \text{ cm}$
$W_x = 2880 \text{ cm}^3$	$t_f = 2,4 \text{ cm}$	$l_{ky} = 300 \text{ cm}$
$F_f = 30 \times 2,4 = 72 \text{ cm}^2$		$b = 30 \text{ cm}$

Kesit Tesirleri HEQ Yüklemesi (G+Q-EX-0,3EY) :

$N = -2390,0 \text{ kN}$; $M_x = 770,0 \text{ kNcm}$; $M_y = 200,0 \text{ kNcm}$; $Q = 3 \text{ kN}$

a) Enkesit Kontrolü:

DBYBHY'06 ya göre kolon için seçilen kesitin Tablo 2.9'daki koşulları sağlaması gereklidir. Buna göre:

$$\frac{b/2}{t} \leq 0,3\sqrt{E_s/\sigma_a} \quad (2.33)$$

$$\left| \frac{N_d}{\sigma_a A} \right| \leq 0,10 \text{ ise } \frac{h}{t_w} \leq 3,2\sqrt{E_s/\sigma_a} \quad (2.34)$$

$$\left| \frac{N_d}{\sigma_a A} \right| > 0,10 \text{ ise } \frac{h}{t_w} \leq 1,33\sqrt{E_s/\sigma_a} \left(2,1 - \left| \frac{N_d}{\sigma_a A} \right| \right) \quad (2.35)$$

$$\sqrt{E_s/\sigma_a} = \sqrt{21000/24} = 29,6$$

$$\frac{b/2}{t} = \frac{30/2}{2,4} = 6,25 \leq 0,3 \times 29,6 = 8,80$$

$$\left| \frac{N_d}{\sigma_a A} \right| = \left| \frac{2390}{24 \times 198} \right| = 0,50 > 0,10$$

$$\frac{h}{t_w} = \frac{29,8}{1,35} = 22 \leq 1,33 \times 29,6 \times (2,1 - 0,50) = 62,99$$

Enkesit koşulları sağlanmaktadır.

b) Gerilme Kontrolü:

Eksenel basınç ve eğilme etkisinde bulunan kolonda;

$$\frac{\sigma_b}{\sigma_{bem}} + \frac{C_{mx} \sigma_{bx}}{\left(1 - \frac{\sigma'_b}{\sigma_{ex}}\right) \sigma_{Bx}} + \frac{C_{my} \sigma_{by}}{\left(1 - \frac{\sigma'_b}{\sigma_{ey}}\right) \sigma_{By}} \leq 1 \quad (2.36)$$

ve

$$\frac{\sigma_b}{0,6 \times \sigma_a} + \frac{\sigma_{bx}}{\sigma_{Bx}} + \frac{\sigma_{by}}{\sigma_{By}} \leq 1 \quad (2.37)$$

Kontrolleri yapılacaktır. Burada;

$$\sigma_b = \frac{N}{A} : \text{Yalnız basınç etkisinde gerilme,}$$

$$\sigma_{bem} = \frac{\sigma_{cem}}{\omega} : \text{Yalnız basınç etkisinde emniyet gerilmesi,}$$

$$\sigma_{bx} = \frac{M_x}{W_x}, \sigma_{by} = \frac{M_y}{W_y} : \text{Yalnız } M_x, M_y \text{ etkisinde eğilme basınç başlığı gerilmesi,}$$

$$\sigma_{Bx}, \sigma_{By} : \text{Yalnız } M_x, M_y \text{ etkisinde eğilme basınç başlığı emniyet gerilmesi,}$$

$$\sigma'_e = \frac{\pi^2 E}{(K S_b / i_b)} \times \frac{1}{2,5}$$

C_{mx}, C_{my} : M_x, M_y momentlerine ve düzleme dik doğrultuda tutulma düzenine bağlı katsayılar.

$$\sigma_b = \frac{2390}{198} = 12,1 \text{ kN}$$

$$S_{kx} = S_{ky} = 300 \text{ cm}, \lambda_x = \frac{S_{kx}}{i_x} = \frac{300}{17,1} = 18, \lambda_y = \frac{S_{ky}}{i_y} = \frac{300}{7,4} = 41$$

$$\lambda_x = 18 \Rightarrow \omega_x = 1, \lambda_y = 41 \Rightarrow \omega_y = 1,18$$

$$\sigma_{bem} = \frac{19,2}{1,18} = 16,3, \frac{\sigma_b}{\sigma_{bem}} = \frac{12,1}{16,3} = 0,74 > 0,15$$

$$\sigma_{bx} = \frac{M_x}{W_x} = \frac{770}{2880} = 0,3 \text{ kN/cm}^2,$$

$$C_b = 1,75 + 1,05 \left(\frac{M_1}{M_2} \right) + 0,3 \left(\frac{M_1}{M_2} \right)^2 \leq 2,3 \quad (2.38)$$

$$C_b = 1,75 - 1,05 \left(\frac{556}{770} \right) + 0,3 \left(\frac{556}{770} \right)^2 = 1,15 \leq 2,3$$

$$\sigma_{Bx} = \frac{840000 \times C_b}{S \times d / F_b} = \frac{840000 \times 1,15 \times 72}{300 \times 40} = 57,96 \text{ kN/cm}^2 > 0,6 \times 24 = 14,4 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{Bx} = 14,4 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{by} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{200}{721} = 0,28 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma'_{ex} = \frac{\pi^2 E}{(K S_x / i_x)} \times \frac{1}{2,5} = \frac{82900}{18^2} = 256 \text{ kN/cm}^2,$$

$$\sigma'_{ey} = \frac{\pi^2 E}{(K S_y / i_y)} \times \frac{1}{2,5} = \frac{82900}{41^2} = 49 \text{ kN/cm}^2$$

$$C_{mx} = C_{my} = 0,85$$

$$\frac{12,1}{16,3} + \frac{0,85 \times 0,3}{\left(1 - \frac{12,1}{256}\right) 14,4} + \frac{0,85 \times 0,28}{\left(1 - \frac{12,1}{49}\right) 14,4} = 0,78 \leq 1$$

$$\frac{12,1}{14,4} + \frac{0,3}{14,4} + \frac{0,28}{14,4} = 0,88 \leq 1 \quad \text{Kolon kesidi yeterlidir.}$$

c) Kapasite Kontrolü:

DBYBHY'06 Madde 4.8.6.4' e göre, kolonun taşıma kapasitesi aşağıda tanımlanan iç kuvvetlerden küçük olanını sağlayacaktır.

-Bağ kirişinin plastikleşmesine neden olan yüklemenin $1.1D_a$ katından oluşan iç kuvvetler.

-Arttırılmış yüklemelerden meydana gelen iç kuvvetler.

Kolonun eksenel basınç kapasitesi:

$$N_{bp} = 1,7 \times \sigma_{bem} \times A = 1,7 \times 16,3 \times 198 = 5490 \text{ kN}$$

-Bağ kirişinin plastikleşmesine neden olan yüklemenin $1.1D_a$ katı:

$$\bar{N}_p = 1,1 \times 1,2 \times 1,48 \times 2390 = 4669 \text{ kN}$$

-Arttırılmış yüklemelerden meydana gelen iç kuvvetler:

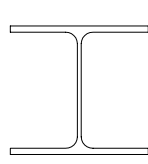
$$N_a = 3650 \text{ kN} \rightarrow \text{Sap2000(COMB49)}$$

$$N_{bp} > \bar{N}_p > N_a \Rightarrow \text{Basınç kapasitesi yeterlidir.}$$

2.6.2.5 Tali kirişlerin boyutlandırılması

Tali kirişler kompozit kiriş olarak dizayn edilecektir. Betonarme döşeme plaklarıyla çelik döşeme kirişlerinin ortak çalıştırılmasıyla ortaya çıkan kompozit kirişler, üzerine serbestçe oturan bir betonarme plağı yalnız başlarına taşımaya çalışan çelik kirişlere göre çok ekonomiktir. Çünkü bir kompozit (karma) kirişte, eğilmeden ileri gelen kuvvet çiftinin çekme bileşeni çelik profilce, basınç bileşeni ise yalnız betonarme plakça, ya da betonarme plak ve çelik profilin bir bölümünce ortak olarak taşınmaktadır. Dolayısıyla da çelik profil, eğilmenin basınç bileşenini taşımaktan ya bütünüyle ya da büyük ölçüde kurtulmaktadır. Kesit hesapları;

Seçilen Kesit: INP 200



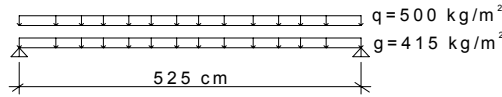
$$\begin{aligned} A &= 33,4 \text{ cm}^2 & t_f &= 1,13 \text{ cm} \\ I_x &= 2140 \text{ cm}^4 & b &= 90 \text{ mm} \\ I_y &= 117 \text{ cm}^4 & W_x &= 214 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$g = 415 \text{ kg/m}^2 \text{ (bkz. yükler)}$$

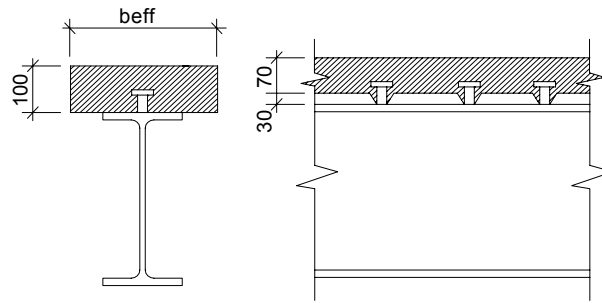
$$q = 500 \text{ kg/m}^2 \text{ (bkz. yükler)}$$

$$l_m = 525 \text{ cm (kiriş mesnet açıklığı)}$$

$$l_x = 216,7 \text{ cm (yk etki aralığı)}$$



şekil 2.6: Kompozit döşeme statik sistemi



şekil 2.7: Kompozit döşeme kesit görünüşleri

$$q_u = (g+q) \times l_x = (415+500) \times 2,167 = 1980 \text{ kg/m} = 1,98 \text{ t/m}$$

$$M_u = \frac{q_u \times 1,7 \times l_m^2}{8} = \frac{1,98 \times 1,7 \times 5,25^2}{8} = 11,59 \text{ t.m (Dizayn için kullanılacak.)}$$

$$M_{ul} = \frac{q_u \times l_m^2}{8} = \frac{1,98 \times 5,25^2}{8} = 6,82 \text{ t.m (Sehim hesabı için kullanılacak.)}$$

$$b_{eff} \leq \begin{cases} I_x \\ 1/4 \\ 16d + b_{ao} \end{cases} \leq \begin{cases} 216,7 \text{ cm} \\ 525/4 = 131,25 \text{ cm} \\ 16 \times 10 + 9 = 169 \text{ cm} \end{cases} \Rightarrow b_{eff} = 125 \text{ cm seçilmiştir.} \quad (2.39)$$

$$Z = \alpha_a \times \sigma_f \times F_a = 0,94 \times 2,4 \times 33,4 = 75,35 \text{ t.} \quad (2.40)$$

Tarafsız eksenin yeri ;

$$y = \frac{Z}{\alpha_b \times \sigma_{br} \times b_{eff}} = \frac{75,35}{0,74 \times 0,30 \times 125} = 2,72 \text{ cm} < 7 \text{ cm olduğundan tarafsız eksen}$$

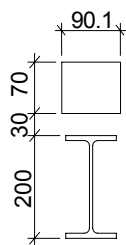
beton basınç bölgesinde kalmaktadır. (2.41)

$$M_{pl} = Z \times e = Z \times \left(\frac{h}{2} + d - \frac{y}{2} \right) = 75,35 \times \left(\frac{20}{2} + 10 - \frac{2,72}{2} \right) = 14,04 \text{ t.m} \quad (2.42)$$

$$M_{pl} = 14,04 \text{ t.m} > M_u = 11,59 \text{ t.m}$$

Sehim Hesabı: Uzun süreli yük etkisi altında betonun zamana bağlı deformasyonlarını göz önüne almak ve İngiliz yönetmeliğine göre karma kesit için tekbir atalet momenti ile hesap yapmak için, beton kesit 2n'e bölünmüştür.

$$n = \frac{E_s}{E_b} = \frac{2100}{302,5} = 6,94 \rightarrow 2n = 13,88 \quad b^* = \frac{b_{eff}}{2n} = \frac{125}{13,88} = 9,01 \text{ cm} \quad (2.43)$$



$$I_x = 8340 \text{ cm}^4$$

$$y = 0,78 \text{ cm}$$

$$f = \frac{5}{48} \times \frac{M \times l^2}{E \times I}$$

Şekil 2.8: Kompozit döşeme statik en kesiti

$$f = \frac{5}{48} \times \frac{682 \times 525^2}{2100 \times 8340} = 1,12 \text{ cm} = \frac{1}{470} < \frac{1}{300} = \frac{525}{300} = 1,75 \text{ cm}$$

Kayma Bağlantıları: Bulon kama 7/8'' $d_1 = 22 \text{ mm}$, $h/d_1 = 80/22 = 3,64 \rightarrow \alpha = 0,93$

$$H_{lu} \leq \begin{cases} 0,32 \times 0,93 \times 2,2^2 \sqrt{300 \times 302500} = 13,72 \text{ ton} \\ 0,55 \times 2,2^2 \times 3,5 = 9,317 \text{ ton} \end{cases} \rightarrow H_{lu} = 9,317 \text{ t} \quad (2.44)$$

$$D_b = 0,74 \times 0,300 \times 125 \times 10 = 277,5 \text{ t} \rightarrow H = \min(Z, D_b) = 75,35 \text{ t} \quad (2.45)$$

$$n_H = \frac{75,35}{0,85 \times 9,317} = 10 \text{ adet}$$

$$e_b = \frac{525/2}{10} = 26,25 \text{ cm, } e=20 \text{ cm seçilmiştir.}$$

2.6.2.6 Taşıyıcı sistem elemanlarının enkesit profilleri

Tezde en elverişsiz durumlar için en çok zorlanan elemanlarda yapılan tahkikler yer almıştır. Aynı şekilde seçilen diğer taşıyıcı sistem elemanları Tablo 2.10 da verilmiştir.

Tablo 2.10: Taşıyıcı sistem elemanları enkesit profilleri

Taşıyıcı Sistem Elemanı	Enkesit Profili
Tüm katlarda tali kirişler	INP200
1,2,3,4 Aksları ana kirişler	HEB280
A-1,2 Aksları ve A-3,4 Aksları arası kirişler	HEB160
D-1,2 Aksları ve D-3,4 Aksları arası kirişler	HEB160
A,B,C,D-2,3 Aksları arası kirişler	HEB280
B-1,2 Aksları ve B-3,4 Aksları arası kirişler	HEB200
C-1,2 Aksları ve C-3,4 Aksları arası kirişler	HEB200
1 ve 4 Aksları kolonları	HEB300
A ve D Aksları kolonları	HEB300
2,3 ve B,C Aksları kesişimi kolonlar	HEB400
Tüm katlarda çapraz sistemi elemanları	120x120x10

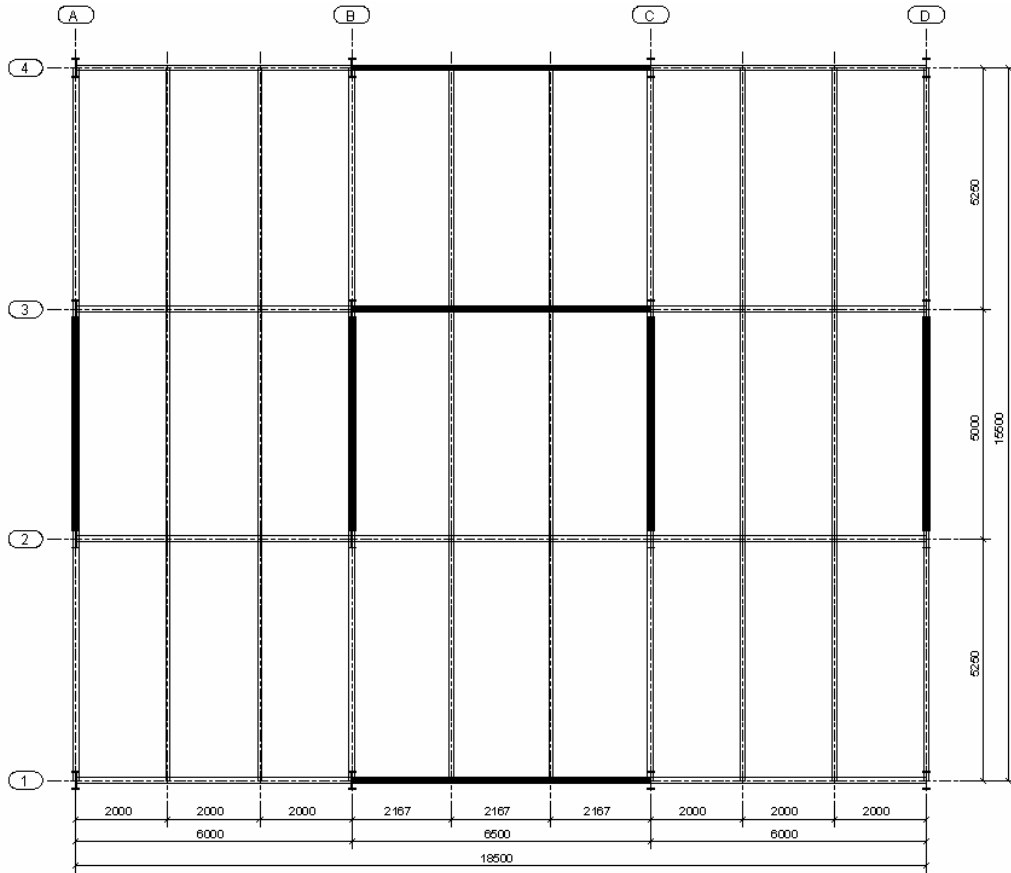
3. DEPREM YÜKLERİNİN TAMAMININ YERİNDE DÖKME BETONARME PERDELER TARAFINDAN TAŞINDIĞI YAPI

3.1 Taşıyıcı Sistemin Tanıtılması

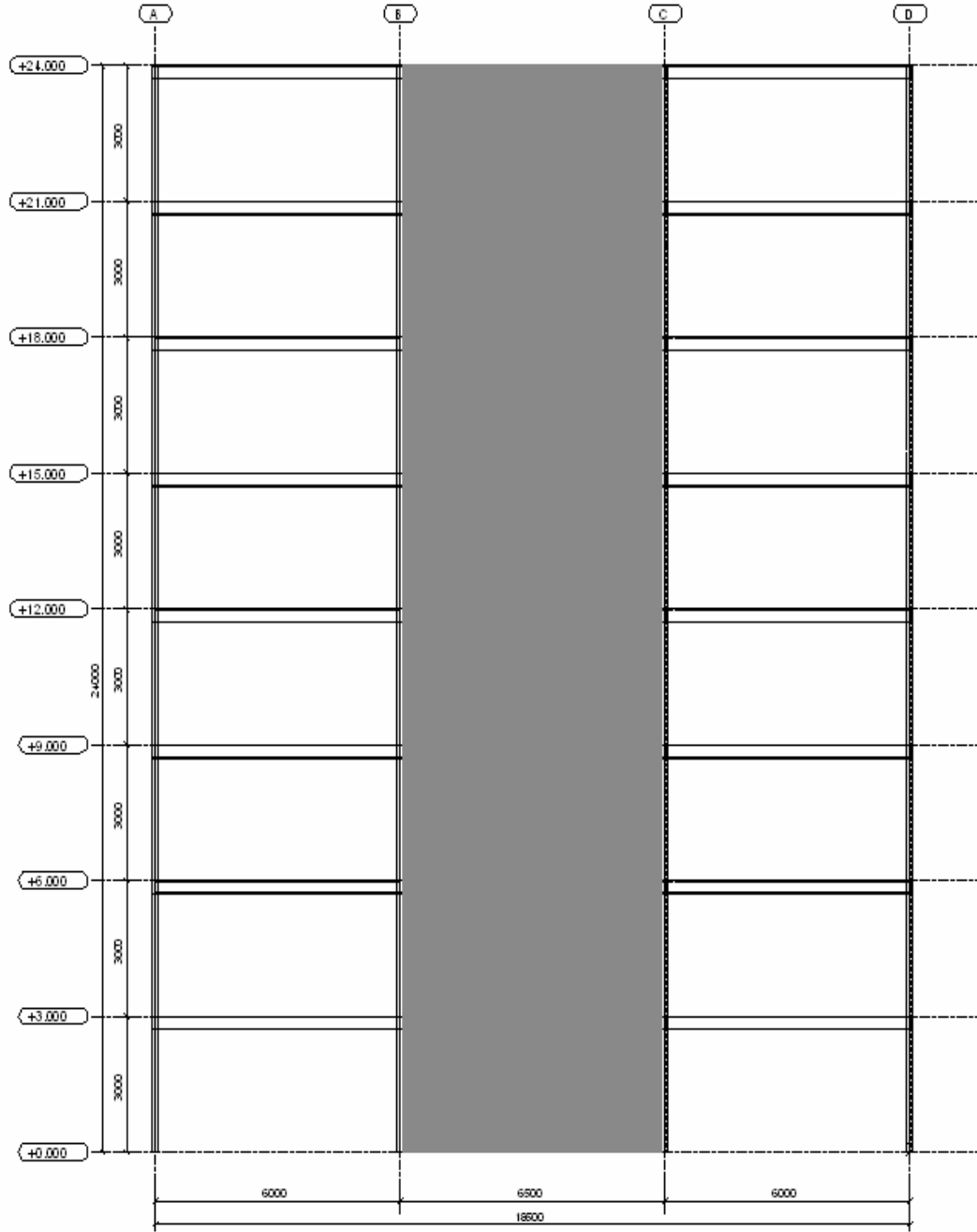
Yapı 287 m² (18,5 x 15,5) alana sahip 8 katlı bir büro yapısıdır. Bir katın yüksekliği 3 m, toplam yükseklik 24 m dir. Yapının kat planı ve enkesit görünüşü Şekil 3.1 ve Şekil 3.2’de gösterilmiştir.

Binanın (x) ve (y) doğrultusundaki yatay yük taşıyıcı sistemi, süneklik düzeyi yüksek yerinde dökme betonarme perdelerden oluşmaktadır.

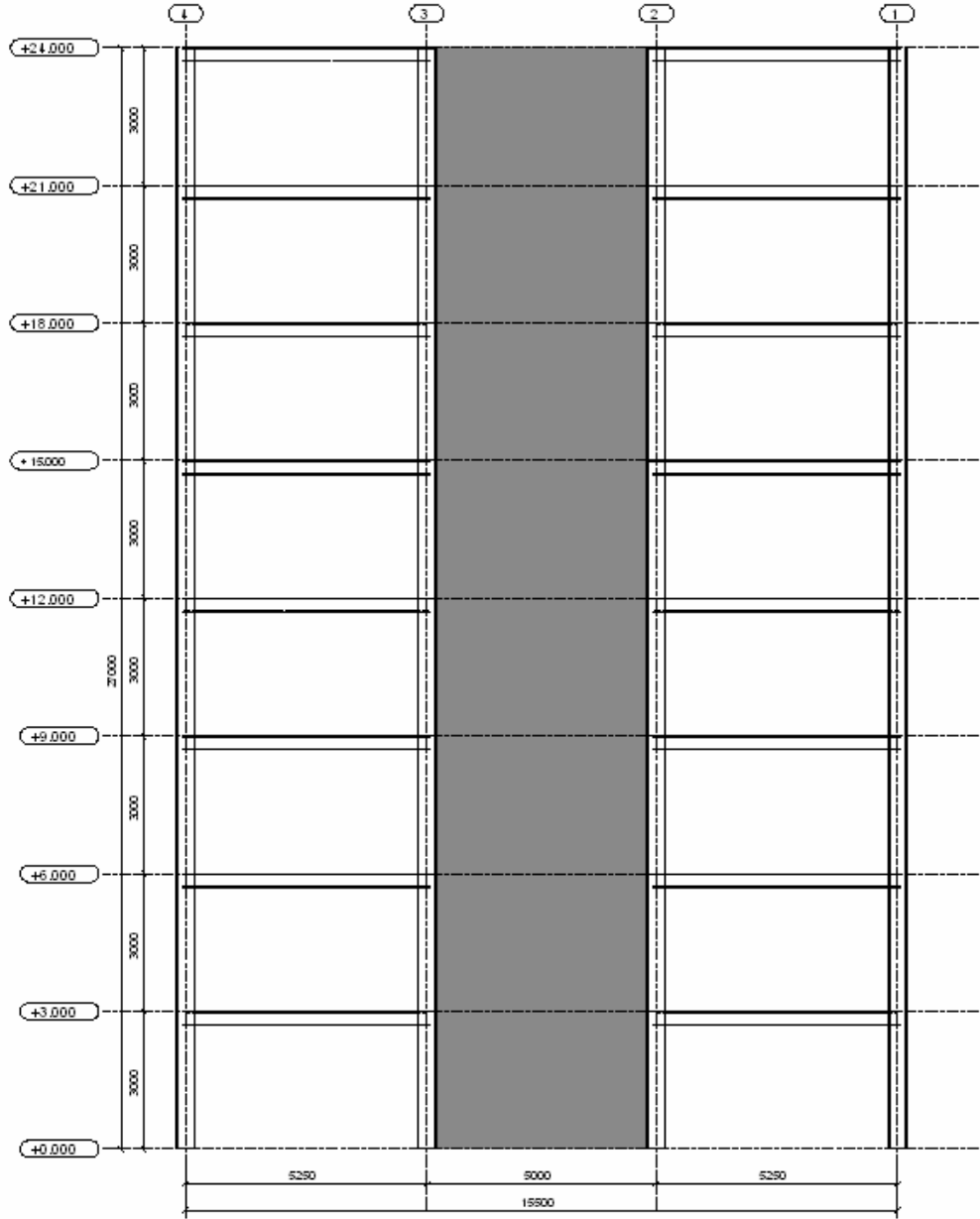
Kat döşemeleri, çelik kirişlere mesnetlenen ve trapez sac levhalar üzerinde yerinde dökme betonarme olarak inşa edilen kompozit döşeme sisteminden meydana gelmektedir. Çelik kirişler ile betonarme döşeme, saplama elemanları vasıtası ile birlikte çalışırlar. Yapıda yalnız tali kirişler betonarme döşeme ile birlikte düşünülerek, kompozit hesap yapılmıştır.



Şekil 3.1: Tipik kat döşemesi plan görünüşü



Şekil 3.2: Tipik enkesit görünüşü (1, 3, 4 Aksları)



Şekil 3.3: Tipik enkesit görünüşü (A, B, C, D Aksları)

Bina kat planlarında çıkıntıların olmaması, döşeme süreksizliklerinin ve döşemelerde büyük boşlukların bulunmaması, yatay yük taşıyıcı sistemlerin planda düzenli olarak yerleşmesi nedeniyle planda düzensizlik durumları mevcut değildir.

Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarında süreksizliklerin ve ani rijitlik değişimlerinin olmaması ve kat kütlelerinin yapı yüksekliği boyunca değişiklik göstermemesi nedeniyle düşey doğrultuda düzensizlik durumları da mevcut değildir.

3.2 Düşey Yükler

3.2.1 Sabit yükler

Çatı Katı Yükleri (+24.00m Kotu Yükleri)

Betonarme plak yükü ($h_f = 8 \text{ cm}$).....	=200 kg/m ²
Asma tavan + tesisat + ısı yalıtımı.....	=25 kg/m ²
Kat kirişleri zati yükü.....	=20 kg/m ²
Kolonların zati yükü.....	=20 kg/m ²
Çatı Kostrüksiyon.....	=25 kg/m ²
Betonarme perde.....	=105 kg/m ²

$$\Sigma g_1 = 200 + 25 + 20 + 20 + 25 + 105 = 395 \text{ kg/m}^2$$

Normal Kat Yükleri (+3.00m,.....,+21.00m Kotu Yükleri)

Kaplama yükü (5 cm fayans).....	=110 kg/m ²
Betonarme plak yükü ($h_f = 10 \text{ cm}$).....	=250 kg/m ²
Asma tavan + tesisat + ısı yalıtımı	=25 kg/m ²
Kat kirişleri zati yükü.....	=20 kg/m ²
Kolonların zati yükü.....	=30 kg/m ²
Betonarme perde.....	=210 kg/m ²

$$\Sigma g_2 = 110 + 250 + 25 + 20 + 30 + 210 = 645 \text{ kg/m}^2$$

3.2.2 Hareketli yükler

Kar Yüğü

Kar yükü P_k ;

$P_k = m \times P_{ko}$ olarak hesaplanır. Burada $m = 1$ ($\alpha < 30^\circ$) , $P_{ko} = 75 \text{ kg/m}^2$ dir. (3.1)

Denklem 2.1'e göre kar yükü $P_k = 1 \times 75 = 75 \text{ kg/m}^2$ olarak elde edilmiştir.

Normal Kat Döşeme Hareketli Yüğü

TS 498 yönetmeliğine göre okullar için hareketli yük $p = 200 \text{ kg/m}^2$ dir.

Çatı Katı Döşeme Hareketli Yüğü

TS 498 yönetmeliğine göre çatı katı platform hareketli yükü $p = 200 \text{ kg/m}^2$ dir.

3.3 Yatay Yükler

3.3.1 Rüzgar yükleri

TS 498 yönetmeliği uyarınca rüzgar yükü $W=C_p \times q$ olarak hesaplanır. **(3.2)**
 C_p emme katsayısı olup yönetmelik uyarınca 1,2 olarak alınmıştır.Yapıya etkiyen rüzgar basıncı (q) yüksekliğe bağlı olarak aşağıda gösterildiği gibi hesaplanmıştır:

Tablo 3.1: Yüksekliğe bağlı olarak rüzgar hızı ve basıncı

Zemin Üzerinden Yükseklik (m)	Rüzgar Hızı m/sn	Rüzgar Basıncı t/m ²
0-8	28,00	0,05
9-20	36,00	0,08
21-100	42,00	0,11

3.3.2 Deprem yükleri

Deprem yüklerinin belirlenmesinde “DBYBHY” dikkate alınmıştır. Buna göre;

Deprem bölgesi.....	1
Bina önem katsayısı (I).....	1,0
Hareketli yük katılım katsayısı (n).....	0,3
Etkin yer ivmesi katsayısı (A _o).....	0,40
Taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R).....	6
Yerel zemin sınıfı (Z _n).....	Z2
Spektrum karakteristik periyodu (T _A).....	0,15sn
Spektrum karakteristik periyodu (T _B).....	0,40sn

Taşıyıcı sistem davranış katsayısının seçimi ; deprem yükleri, enine ve boyuna yönde yerinde dökme betonarme perdelerle (R=6) aktarılacaktır.

Binanın birinci doğal titreşim periyodu T_{1A}, Sap2000 modelden alınmıştır:

(y) yönünde birinci doğal titreşim periyodu T_{1y}= 0,53 sn.

(x) yönünde birinci doğal titreşim periyodu T_{1x}= 0,47 sn.

Spektrum Katsayısı S(T), DBYBHY Madde 2.4.3.1 uyarınca ;

$$T_B < T_{1A} \Rightarrow S(T) = 2,5 \left(\frac{T_B}{T_{1A}} \right)^{0,8} \quad (3.3)$$

formülü ile hesaplanır.

$$S(T_{ly}) = 2,5 \left(\frac{0,40}{0,53} \right)^{0,8} = 1,996 \text{ ve } S(T_{lx}) = 2,5 \left(\frac{0,40}{0,47} \right)^{0,8} = 2,197$$

Toplam eşdeğer deprem yükü ;

$$V_t = \frac{W \times A(T_1)}{Ra(T_1)} \quad (3.4)$$

$$A(T_1) = A_0 \times I \times S(T) \quad (3.5)$$

$A(T_{ly}) = 0,40 \times 1,0 \times 1,996 = 0,798$ ve $Ra(T_1) = R = 6$ ($T_{ly} > T_A$) olarak bulunur.

$A(T_{lx}) = 0,40 \times 1,0 \times 2,197 = 0,879$ ve $Ra(T_1) = R = 6$ ($T_{lx} > T_A$) olarak bulunur.

3.4 Yük Analizi

3.4.1 Düşey yük analizi

Çatı Katı Yükleri

Sabit yükler → Çatı katı sabit yükleri

$$\Sigma g = 395 \text{ kg/m}^2, A_{plt} = 18,50\text{m} \times 15,50\text{m} = 287 \text{ m}^2$$

$$G = A_{plt} \times \Sigma g_1 = 287 \times 395 = 1133,65 \text{ kN}$$

Hareketli yükler → Kar yükü

$$p = 75 \text{ kg/m}^2, A_{\text{çatı}} = A_{plt} = 287 \text{ m}^2$$

$$Q_1 = A_{\text{çatı}} \times p = 287 \times 75 = 215,250 \text{ kN}$$

Hareketli yükler → Çatı katı platform hareketli yükü

$$p = 200 \text{ kg/m}^2, A_{\text{çatı}} = A_{plt} = 287 \text{ m}^2$$

$$Q_2 = A_{\text{çatı}} \times p = 287 \times 200 = 574,000 \text{ kN}$$

Çatı katı toplam yükleri: $\Sigma G = 1133,65 \text{ kN}$

$$\Sigma Q = Q_1 + Q_2 = 215,250 + 574,000 = 789,250 \text{ kN}$$

$$\Sigma W_1 = \Sigma G + \Sigma Q = 1133,65 + 789,250 = 1922,9 \text{ kN}$$

$$\Sigma W_{EQ1} = \Sigma G + n \times \Sigma Q = \Sigma G + 0,3 \times \Sigma Q = 1133,65 + 0,3 \times 789,250 = 1370,425 \text{ kN}$$

Normal Kat Yükleri

Sabit yükler → Normal kat zati yükleri

$$\Sigma g_2 = 645 \text{ kg/m}^2, A_{\text{plt}} = 287 \text{ m}^2$$

$$G_2 = A_{\text{plt}} \times \Sigma g_2 = 645 \times 287 = 1851,150 \text{ kN (1 kat için)}$$

$$\Sigma G_2 = 7 \times G_2 = 7 \times 1851,150 = 12958,050 \text{ kN (7 kat için)}$$

Hareketli yükler → Normal kat platform hareketli yükü

$$p = 200 \text{ kg/m}^2, A_{\text{plt}} = 287 \text{ m}^2$$

$$Q_1 = A_{\text{plt}} \times p = 287 \times 200 = 574,000 \text{ kN (1 kat için)}$$

$$\Sigma Q_1 = 7 \times Q_1 = 7 \times 574,000 = 4018,000 \text{ kN (7 kat için)}$$

$$\text{Ara kat toplam yükleri: } \Sigma G = \Sigma G_2 = 12958,050 \text{ kN}$$

$$\Sigma Q = \Sigma Q_1 = 4018,000 \text{ kN}$$

$$\Sigma W_2 = \Sigma G + \Sigma Q = 12958,050 + 4018,000 = 16976,050 \text{ kN}$$

$$\Sigma W_{EQ2} = \Sigma G + n \times \Sigma Q = \Sigma G + 0,3 \times \Sigma Q = 12958,050 + 0,3 \times 4018,000 = 14163,450 \text{ kN}$$

Toplam bina yükleri aşağıda Tablo 3.2’de verilmiştir.

Tablo 3.2: Toplam bina yükleri

Kat İsmi	ΣG (kN)	ΣQ (kN)	ΣW_E (kN)	ΣW_{EQ} (kN)
1.Kat	1851,150	574,000	2425,150	2023,350
2.Kat	1851,150	574,000	2425,150	2023,350
3.Kat	1851,150	574,000	2425,150	2023,350
4.Kat	1851,150	574,000	2425,150	2023,350
5.Kat	1851,150	574,000	2425,150	2023,350
6.Kat	1851,150	574,000	2425,150	2023,350
7.Kat	1851,150	574,000	2425,150	2023,350
8.Kat	1133,650	789,250	1922,900	1370,425
			+ _____	+ _____
			18898,950 kN	15533,875 kN

$$\text{Toplam bina yükü} = 1922,900 + 7 \times 2425,150 = 18898,950 \text{ kN}$$

$$\text{Yapının çelik zati ağırlığı} = 1300,560 \text{ kN}$$

$$\text{Yapının betonarme zati ağırlığı} = 4555,650 \text{ kN}$$

3.4.2 Yatay yükler

3.4.2.1 Rüzgar yüklemesi

±X Rüzgar yüklemesi için → $\Sigma W_x = C_p \times q \times A$

$$\Sigma W_x = (0,8+0,4) \times 0,05 \times (15,5 \times 8,0) + 0,08 \times (15,5 \times (20-8)) + 0,11 \times (15,5 \times (24-20)) = 335 \text{ kN}$$

±Y Rüzgar yüklemesi için → $\Sigma W_y = C_p \times q \times A$

$$\Sigma W_y = (0,8+0,4) \times 0,05 \times (18,5 \times 8,0) + 0,08 \times (18,5 \times (20-8)) + 0,11 \times (18,5 \times (24-20)) = 400 \text{ kN}$$

3.4.2.2 Deprem yükleri

Binanın (x) doğrultusundaki taban kesme kuvveti V_{tx} ;Denklem 3.4 uyarınca

$$V_{tx} = \frac{\sum W_{EQ} \times A(T_{1x})}{Ra(T_1)} = \frac{15533,875 \times 0,879}{6} \geq 0,10 \times A_o \times I \times \Sigma W_{EQ}$$
$$= 2275,71 \text{ kN} \geq 621,355 \text{ kN}$$

$V_{tx} = 2275,710 \text{ kN}$ olarak elde edilmiştir.

Binanın (y) doğrultusundaki taban kesme kuvveti V_{ty} ;Denklem 3.4 uyarınca

$$V_{ty} = \frac{\sum W_{EQ} \times A(T_{1y})}{Ra(T_1)} = \frac{15533,875 \times 0,798}{6} \geq 0,10 \times A_o \times I \times \Sigma W_{EQ}$$
$$= 2066,005 \text{ kN} \geq 621,355 \text{ kN}$$

$V_{ty} = 2066,005 \text{ kN}$ olarak elde edilmiştir. Deprem yükünün katlara dağılımı;

$$V_t = \Delta F_N + \sum_{i=1}^N F_i \text{ olarak hesaplanır.} \quad (3.6)$$

DBYBHY Madde 2.7.2.2 uyarınca ; binanın N'ninci katına (tepesine) etkiyen ek eşdeğer deprem yükü ΔF_N ' in değeri

$$\Delta F_N = 0.0075 N V_t \quad (3.7)$$

formülü ile hesaplanacaktır.

Binanın (x) doğrultusundaki ek eşdeğer deprem yükü:

$$\Delta F_{Nx} = 0.0075 \times 8 \times 2275,710 = 136,543 \text{ kN}$$

Toplam eşdeğer deprem yükünün ΔF_N dışında geri kalan kısmı, N'inci kat dahil olmak üzere, bina katlarına denklem 3.7 ile dağıtılacaktır.

$$F_i = (V_T - \Delta F_N) \frac{w_i H_i}{\sum_{j=1}^N w_j H_j} \quad (3.8)$$

$$(V_{Tx} - \Delta F_{Nx}) = 2275,710 - 136,543 = 2139,167 \text{ kN}$$

Binanın (y) doğrultusundaki ek eşdeğer deprem yükü:

$$\Delta F_{Ny} = 0.0075 \times 8 \times 2066,005 = 123,960 \text{ kN}$$

$$(V_{Ty} - \Delta F_{Ny}) = 2066,005 - 123,960 = 1942,045 \text{ kN}$$

Binanın katlarına (x) ve (y) doğrultularında etkiyen deprem yükleri aşağıda Tablo 3.3 ve Tablo 3.4’de verilmiştir. Deprem yükleri rüzgar yüklerinden fazla olduğu için DBYBHY Madde 2.2.2.4 uyarınca, deprem yükleri ile rüzgar yüklerinin binaya aynı anda etkimeidiği varsayılacak ve her bir yapı elemanının boyutlandırılmasında, deprem ya da rüzgar etki için hesaplanan büyüklüklerin elverişsiz olanı göz önüne alınacaktır.

Çatı katı için depremli durumda ağırlık: $w_i = 1370,425 \text{ kN}$

Normal katlar için depremli durumda ağırlık: $w_i = 2023,350 \text{ kN}$

Tablo 3.3: (x) yönünde katlara etkiyen deprem yüklerinin tayini

Kat	$H_i(\text{m})$	$w_i(\text{kN})$	$w_i H_i$	$w_i H_i$	$(V_{Tx} - \Delta F_{Nx}) (\text{kN})$	$F_{ix}(\text{kN})$
				$\sum w_i H_i$		
1	3,00	2023,350	6070,050	0,03	2139,167	64,012
2	6,00	2023,350	12104,100	0,06	2139,167	128,023
3	9,00	2023,350	18210,150	0,09	2139,167	192,035
4	12,00	2023,350	24280,200	0,12	2139,167	256,046
5	15,00	2023,350	30350,250	0,16	2139,167	320,058
6	18,00	2023,350	36420,300	0,18	2139,167	384,069
7	21,00	2023,350	42490,350	0,21	2139,167	448,081
8	24,00	1370,425	32890,200	0,15	2139,167	346,843+136,543
			+ _____ 202851,6	+ _____ 1,00		+ _____ 2275,71

Tablo 3.4: (y) yönünde katlara etkiyen deprem yüklerinin tayini

Kat	$H_i(m)$	$w_i(kN)$	$w_i H_i$	$w_i H_i$	$(V_{ty} - \Delta F_{Ny})(kN)$	$F_{iy}(kN)$
				$\sum w_i H_i$		
1	3,00	2023,350	6070,050	0,03	1942,045	58,113
2	6,00	2023,350	12104,100	0,06	1942,045	115,881
3	9,00	2023,350	18210,150	0,09	1942,045	174,339
4	12,00	2023,350	24280,200	0,12	1942,045	232,452
5	15,00	2023,350	30350,250	0,16	1942,045	290,565
6	18,00	2023,350	36420,300	0,18	1942,045	348,678
7	21,00	2023,350	42490,350	0,21	1942,045	406,791
8	24,00	1370,425	32890,200	0,15	1942,045	314,882+123,960
			+ 202851,6	+ 1,00		+ 2066,005

3.5 Yüklerin Sap2000 Modele Etkitilmesi

3.5.1 Yük durumları ve kombinasyonlar

Binanın çözülmesi için dikkate alınan yükler ve yük durumları aşağıda verilmiştir. Deprem yüklerinin sistem üzerindeki etkisi, rüzgar yüklerinin sistem üzerindeki etkisinden daha fazla olduğu için rüzgar yüklemesi kombinasyonlarda ihmal edilmiştir. En elverişsiz tesirleri verecek kombinasyonlar aşağıda gösterilmiştir.

3.5.1.1 Yük durumları

DEAD : Taşıyıcı sistem zati ağırlığı (Sap2000 programında otomatik etkitildi.)

DL : Sabit yükler

LL : Hareketli yükler

EX : X yönü deprem yüklemesi

EXP : X yönü (+) %5 dışmerkez deprem yüklemesi

EXN : X yönü (-) %5 dışmerkez deprem yüklemesi

EY : Y yönü deprem yüklemesi

EYP : Y yönü (+) %5 dışmerkez deprem yüklemesi

EYN : Y yönü (-) %5 dışmerkez deprem yüklemesi

TEPEX : X yönü ek eşdeğer deprem yüklemesi

TEPEXP : X yönü (+) %5 dışmerkez ek eşdeğer deprem yüklemesi

TEPEXN : X yönü (-) %5 dışmerkez ek eşdeğer deprem yüklemesi

TEPEY : Y yönü ek eşdeğer deprem yüklemesi

TEPEYP : Y yönü (+) %5 dışmerkez ek eşdeğer deprem yüklemesi

TEPEYN : Y yönü (-) %5 dışmerkez ek eşdeğer deprem yüklemesi

3.5.1.2 Kombinasyonlar

Yük kombinasyonları TS 498 VE DBYBHY'06 ya uygun olarak Denklem (3.9), (3.10) şeklinde 33 adet oluşturulmuştur.

$$1.0 G + 1.0 Q \pm E \quad (3.9)$$

$$0,9G \pm E \quad (3.10)$$

COMB1 : DEAD+DL+LL (G+Q)

COMB2 : G+Q+(EXP+TEPEXP)+0,3(EY+TEPEY)

COMB3 : G+Q+(EXP+TEPEXP)-0,3(EY+TEPEY)

COMB4 : G+Q-(EXP+TEPEXP)+0,3(EY+TEPEY)

COMB5 : G+Q-(EXP+TEPEXP)-0,3(EY+TEPEY)

COMB6 : G+Q+(EXN+TEPEXN)+0,3(EY+TEPEY)

COMB7 : G+Q+(EXN+TEPEXN)-0,3(EY+TEPEY)

COMB8 : G+Q-(EXN+TEPEXN)+0,3(EY+TEPEY)

COMB9 : G+Q-(EXN+TEPEXN)-0,3(EY+TEPEY)

COMB10 : G+Q+(EYP+TEPEYP)+0,3(EX+TEPEX)

COMB11 : G+Q+(EYP+TEPEYP)-0,3(EX+TEPEX)

COMB12 : G+Q-(EYP+TEPEYP)+0,3(EX+TEPEX)

COMB13 : G+Q-(EYP+TEPEYP)-0,3(EX+TEPEX)

COMB14 : G+Q+(EYN+TEPEYN)+0,3(EX+TEPEX)

COMB15 : G+Q+(EYN+TEPEYN)-0,3(EX+TEPEX)

COMB16 : G+Q-(EYN+TEPEYN)+0,3(EX+TEPEX)

COMB17 : G+Q-(EYN+TEPEYN)-0,3(EX+TEPEX)

COMB18 : 0,9G+(EXP+TEPEXP)+0,3(EY+TEPEY)

COMB19 : 0,9G+(EXP+TEPEXP)-0,3(EY+TEPEY)

COMB20 : 0,9G -(EXP+TEPEXP)+0,3(EY+TEPEY)

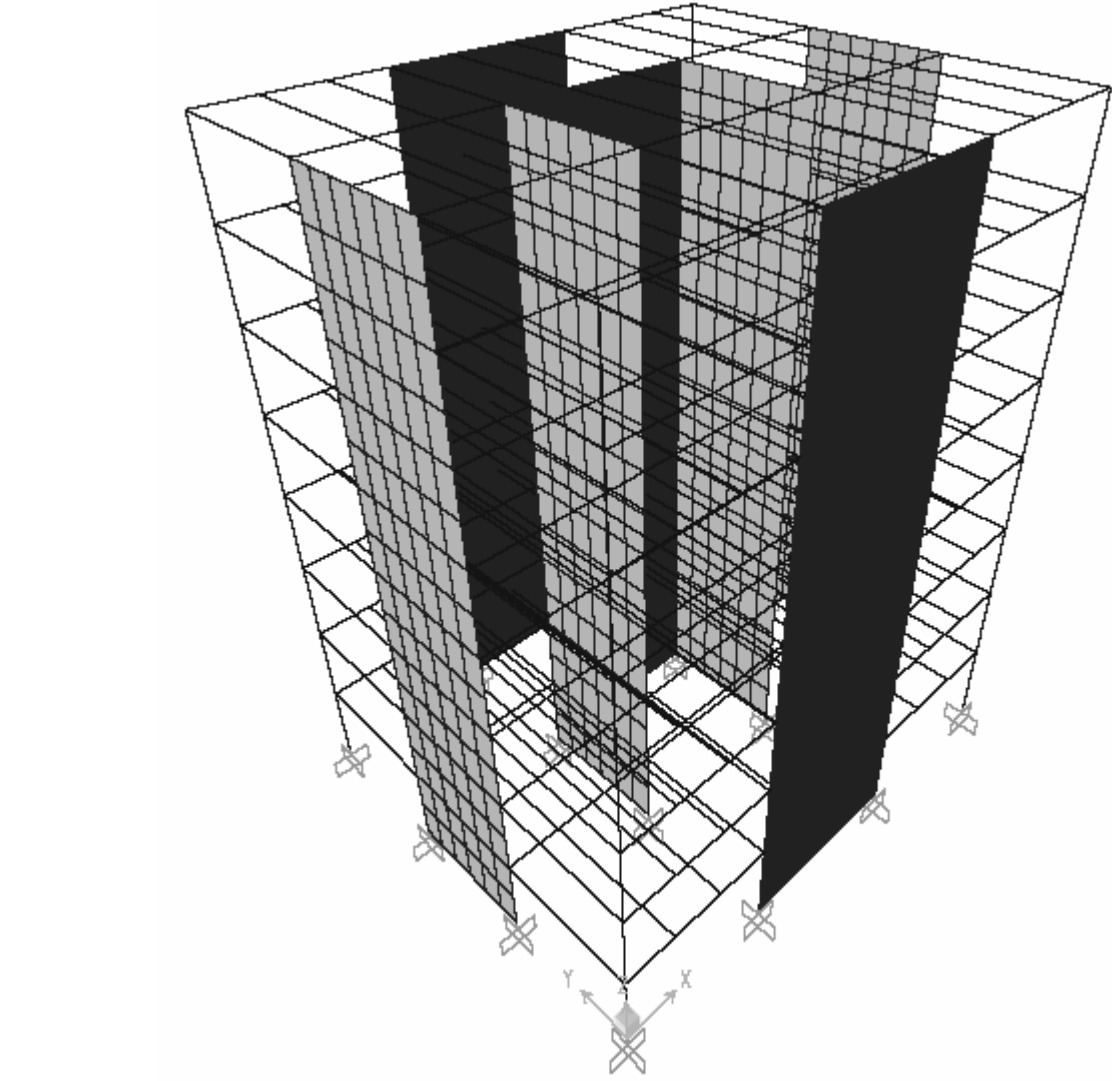
COMB21 : 0,9G -(EXP+TEPEXP)-0,3(EY+TEPEY)

COMB22 : 0,9G +(EXN+TEPEXN)+0,3(EY+TEPEY)

COMB23 : $0,9G + (EXN + TEPEXN) - 0,3(EY + TEPEY)$
 COMB24 : $0,9G - (EXN + TEPEXN) + 0,3(EY + TEPEY)$
 COMB25 : $0,9G - (EXN + TEPEXN) - 0,3(EY + TEPEY)$
 COMB26 : $0,9G + (EYP + TEPEYP) + 0,3(EX + TEPEX)$
 COMB27 : $0,9G + (EYP + TEPEYP) - 0,3(EX + TEPEX)$
 COMB28 : $0,9G - (EYP + TEPEYP) + 0,3(EX + TEPEX)$
 COMB29 : $0,9G - (EYP + TEPEYP) - 0,3(EX + TEPEX)$
 COMB30 : $0,9G + (EYN + TEPEYN) + 0,3(EX + TEPEX)$
 COMB31 : $0,9G + (EYN + TEPEYN) - 0,3(EX + TEPEX)$
 COMB32 : $0,9G - (EYN + TEPEYN) + 0,3(EX + TEPEX)$
 COMB33 : $0,9G - (EYN + TEPEYN) - 0,3(EX + TEPEX)$

3.5.2 Sap 2000 modeli

Taşıyıcı sistem statik modelinin oluşturulmasında Sap2000 programından faydalanılmıştır. Taşıyıcı sistem modeli sap2000 programının frame (çubuk) elemanları kullanılmak suretiyle modellenmiştir, perdeler shell(kabuk) elemanları ile oluşturulmuştur.



Şekil 3.4: Sap2000 3D statik sistem modeli

3.6 Sistem Analizi

3.6.1 Görelî kat ötelemelerinin kontrolü

(x) ve (y) doğrultularında %5 ek dışmerkezlilikle uygulanan deprem yükleri altında, yapının analizi ile elde edilen d_{ix} ve d_{iy} yatay yerdeğiştirmelerinin her katta aldığı değerler ve adışık katlar arasındaki azaltılmış görelî kat ötelemeleri Tablo 3.5 ve Tablo 3.6’de verilmiştir.

Tablo 3.5: (x) Doğrultusunda Görelî Kat Ötelemelerinin Kontrolü

Kat	h_i (cm)	d_{ix} (cm)	Δ_{ix} (cm)	$\delta_{ix} = R \Delta_{ix}$ (cm)	δ_{ix}/h_i
8	300	1,600	0,264	1,584	0,0053
7	300	1,336	0,262	1,572	0,0052
6	300	1,074	0,255	1,530	0,0051
5	300	0,819	0,241	1,446	0,0048
4	300	0,578	0,217	1,302	0,0043
3	300	0,361	0,178	1,068	0,0036
2	300	0,183	0,126	0,756	0,0025
1	300	0,057	0,057	0,342	0,0011

Tablo 3.6: (y) Doğrultusunda Görelî Kat Ötelemelerinin Kontrolü

Kat	h_i (cm)	d_{iy} (cm)	Δ_{iy} (cm)	$\delta_{iy} = R \Delta_{iy}$ (cm)	δ_{iy}/h_i
8	300	2,449	0,416	2,496	0,0083
7	300	2,033	0,412	2,472	0,0082
6	300	1,621	0,398	2,388	0,0080
5	300	1,223	0,370	2,220	0,0074
4	300	0,853	0,328	1,968	0,0066
3	300	0,525	0,265	1,590	0,0053
2	300	0,260	0,183	1,098	0,0037
1	300	0,077	0,077	0,462	0,0015

(x) yönünde en büyük δ_{ix}/h_i oranı 0,0053,

(y) yönünde en büyük δ_{iy}/h_i oranı 0,0083’ dur.

DBYBHY’06’ ya göre;

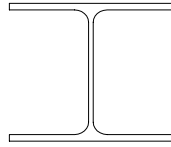
$(\delta_i/h_i) < 0,02$ olmalıdır. Bu koşul sağlanmaktadır.

3.6.2 Taşıyıcı sistem elemanlarının hesabı

3.6.2.1 Ana kirişlerin boyutlandırılması

Basit çalışan döşeme kirişleri eğilme etkisi altında bulunan dolu gövdeli kirişler olarak dizayn edilecektir. Yapılacak kontroller aşağıdadır.

Seçilen Kesit: HEB 300



$A = 149 \text{ cm}^2$	$W_y = 571 \text{ cm}^3$	$t_w = 1,1 \text{ cm}$
$I_x = 25170 \text{ cm}^4$	$i_x = 13 \text{ cm}$	$h_w = 26,2 \text{ cm}$
$I_y = 8560 \text{ cm}^4$	$i_y = 7,58 \text{ cm}$	$l_{kx} = 650 \text{ cm}$
$W_x = 1680 \text{ cm}^3$	$t_f = 1,9 \text{ cm}$	$l_{ky} = 650 \text{ cm}$
$F_f = 30 \times 1,9 = 57 \text{ cm}^2$		$b = 30 \text{ cm}$

Kesit Tesirleri HEQ Yüklemesi (G+Q+EXP+0,3EY) :

$Q = 100 \text{ kN}$; $M_x = 21945 \text{ kNm}$

a) Enkesit Kontrolü:

DBYBHY'06 ya göre eğilme etkisindeki kesitlerin Tablo 2.9' daki koşulları sağlaması gereklidir. Buna göre:

$$\frac{b/2}{t} = \frac{30/2}{1,9} = 7,9 \leq 0,3\sqrt{E_s/\sigma_a} = 0,3 \times 29,6 = 8,9$$

$$\frac{h}{t_w} = \frac{30}{1,1} = 27,3 \leq 3,2\sqrt{E_s/\sigma_a} = 3,2 \times 29,6 = 94,7$$

Enkesit koşulları sağlanmaktadır.

b) Eğilme Gerilmesi Kontrolü:

$$\sigma_{Hem} = \frac{M_x}{W_x} = \frac{21945}{1680} = 13,1 \text{ kN/cm}^2 < 1,33 \times 14,4 = 19,2 \text{ kN/cm}^2$$

c) Makaslama Gerilmesi Kontrolü:

$$\tau_{Hem} = \frac{Q}{t_w \times h_w} = \frac{100}{1,1 \times 26,2} = 3,5 \text{ kN/cm}^2 < \frac{19,2}{\sqrt{3}} = 11,1 \text{ kN/cm}^2$$

d) Kıyaslama Gerilmesi Kontrolü:

Kirişte kesme kuvveti ve momentin bulunduğu noktada kıyaslama gerilmesi kontrolü yapılmalıdır. $Q=100$ kN olduğu noktada eğilme momenti değeri $M_x=21759$ kNcm değerindedir.

$$\sigma_{VHem} = \sqrt{\sigma^2 + 3 \times \tau^2} < 0,80 \times 24 = 19,2 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{VHem} = \sqrt{\left(\frac{21852}{1680}\right)^2 + 3 \times 3,5^2} = 15,2 \text{ kN/cm}^2 < 19,2 \text{ kN/cm}^2$$

e) Sehim Kontrolü:

$$f = \frac{5}{48} \times \frac{M \times \ell^2}{E \times I} = \frac{5}{48} \times \frac{21945 \times 650^2}{21000 \times 25170} = 1,83 \text{ cm} = \frac{\ell}{356} < \frac{\ell}{300}$$

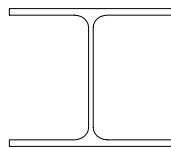
f) Yanal Burkulma Kontrolü:

Betonarme döşemenin kompozit etkisi nedeniyle kiriş üst başlığının yanıl burkulması önlenmektedir.

3.6.2.2 Kolonların boyutlandırılması

Kolonlar TS 648 Madde 2.4 aksenal basınç ve eğilmeye çalışan çubuklar bölümü kurallarına uygun olarak boyutlandırılacaktır. Buna göre yapılacak kontroller;

Seçilen Kesit: HEB 300



$A = 149 \text{ cm}^2$	$W_y = 571 \text{ cm}^3$	$t_w = 1,1 \text{ cm}$
$I_x = 25170 \text{ cm}^4$	$i_x = 13 \text{ cm}$	$h_w = 26,2 \text{ cm}$
$I_y = 8560 \text{ cm}^4$	$i_y = 7,58 \text{ cm}$	$l_{kx} = 650 \text{ cm}$
$W_x = 1680 \text{ cm}^3$	$t_f = 1,9 \text{ cm}$	$l_{ky} = 650 \text{ cm}$
$F_f = 30 \times 1,9 = 57 \text{ cm}^2$		$b = 30 \text{ cm}$

Kesit Tesirleri HEQ Yüklemesi (G+Q-EX-0,3EY) :

$N = -647,0 \text{ kN}$; $M_x = 792,0 \text{ kNcm}$; $M_y = 206,0 \text{ kNcm}$; $Q = 2 \text{ kN}$

a) Enkesit Kontrolü:

DBYBHY'06 ya göre kolon için seçilen kesitin Tablo 2.9' daki koşulları sağlaması gereklidir. Buna göre:

$$\frac{b/2}{t} = \frac{30/2}{2,4} = 6,25 \leq 0,3 \times \sqrt{E_s/\sigma_a} = 0,3 \times 29,6 = 8,80$$

$$\sqrt{E_s/\sigma_a} = \sqrt{21000/24} = 29,6$$

$$\left| \frac{N_d}{\sigma_a A} \right| = \left| \frac{647}{24 \times 149} \right| = 0,18 > 0,10$$

$$\frac{h}{t_w} = \frac{26,2}{1,1} = 23,8 \leq 1,33 \sqrt{E_s/\sigma_a} \left(2,1 - \left| \frac{N_d}{\sigma_a A} \right| \right) = 1,33 \times 29,6 \times (2,1 - 0,18) = 75,6$$

Enkesit koşulları sağlanmaktadır.

b) Gerilme Kontrolü:

Eksenel basınç ve eğilme etkisinde bulunan kolonda;

$$\sigma_b = \frac{N}{A} = \frac{647}{149} = 4,3 \text{ kN}$$

$$S_{kx} = S_{ky} = 300 \text{ cm}, \lambda_x = \frac{S_{kx}}{i_x} = \frac{300}{13} = 23, \lambda_y = \frac{S_{ky}}{i_y} = \frac{300}{7,58} = 40$$

$$\lambda_x = 23 \Rightarrow \omega_x = 1,04, \lambda_y = 40 \Rightarrow \omega_y = 1,17$$

$$\sigma_{bem} = \frac{\sigma_{cem}}{\omega} = \frac{19,2}{1,17} = 16,4, \frac{\sigma_b}{\sigma_{bem}} = \frac{4,3}{16,4} = 0,26 > 0,15$$

$$\sigma_{bx} = \frac{M_x}{W_x} = \frac{792}{1680} = 0,47 \text{ kN/cm}^2,$$

$$C_b = 1,75 - 1,05 \left(\frac{341}{792} \right) + 0,3 \left(\frac{341}{792} \right)^2 = 1,35 \leq 2,3$$

$$\sigma_{Bx} = \frac{840000 \times C_b}{S \times d / F_b} = \frac{840000 \times 1,35 \times 57}{300 \times 30} = 71,82 \text{ kN/cm}^2 > 0,6 \times 24 = 14,4 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{Bx} = 14,4 \text{ kN / cm}^2$$

$$\sigma_{by} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{206}{571} = 0,36 \text{ kN / cm}^2$$

$$\sigma'_{ex} = \frac{\pi^2 E}{(K S_x / i_x)} \times \frac{1}{2,5} = \frac{82900}{23^2} = 157 \text{ kN / cm}^2,$$

$$\sigma'_{ey} = \frac{\pi^2 E}{(K S_y / i_y)} \times \frac{1}{2,5} = \frac{82900}{40^2} = 52 \text{ kN / cm}^2$$

$$C_{mx} = C_{my} = 0,85$$

$$\frac{\sigma_b}{\sigma_{bem}} + \frac{C_{mx} \sigma_{bx}}{\left(1 - \frac{\sigma_b}{\sigma'_{ex}}\right) \sigma_{Bx}} + \frac{C_{my} \sigma_{by}}{\left(1 - \frac{\sigma_b}{\sigma'_{ey}}\right) \sigma_{By}} = \frac{4,3}{16,4} + \frac{0,85 \times 0,47}{\left(1 - \frac{4,3}{157}\right) 14,4} + \frac{0,85 \times 0,36}{\left(1 - \frac{4,3}{52}\right) 14,4} = 0,31 \leq 1$$

$$\frac{\sigma_b}{0,6 \times \sigma_a} + \frac{\sigma_{bx}}{\sigma_{Bx}} + \frac{\sigma_{by}}{\sigma_{By}} = \frac{4,3}{14,4} + \frac{0,47}{14,4} + \frac{0,36}{14,4} = 0,36 \leq 1 \quad \text{Kolon kesidi yeterlidir.}$$

c) Kapasite Kontrolü:

$$N_{bp} = 1,7 \times \sigma_{bem} \times A = 1,7 \times 16,4 \times 149 = 4154 \text{ kN}$$

$N_{bp} > N \Rightarrow$ Basınç kapasitesi yeterlidir.

3.6.2.3 Tali kirişlerin boyutlandırılması

Tali kirişler kompozit kiriş olarak dizayn edilecektir. Döşeme yükleri 2. Bölüm'de yer alan çelik sistemle benzer olduğu için kompozit hesap burada tekrarlanmayacaktır. Seçilen kesit INP200'dür.

3.6.2.4 Betonarme perdenin boyutlandırılması

3.6.2.4.1 Konstrüktif kurallar

Yapıda bulunan yerinde dökme betonarme perdeler BS25 kalitesinde ve süneklik düzeyi yüksek perdelerdir. Perdeler ile ilgili DBYBHY'06 da istenilen durumlar aşağıda belirtilmiştir.

a) Enkesit Koşulları:

-Perdeler, planda uzun kenarının kalınlığına oranı en az yedi olan düşey taşıyıcı sistem elemanlarıdır.

$$b_w=20 \text{ cm}, \ell_w = 650\text{cm} \geq 7b_w = 7 \times 20 = 140\text{cm}$$

-Perde kalınlığı, binadaki en yüksek katın yüksekliğinin 1/20'sinden ve 150 mm den az olmayacaktır.

$$b_w = 20\text{cm} \geq H_k/20 = 300/20 = 15\text{cm} \text{ ve } b_w = 20\text{cm} \geq 15\text{cm}$$

-Temel üstünden itibaren toplam perde boyunun, perdenin plandaki boyuna oranının 2' den büyük olduğu perdelerde perde uç bölgeleri oluşturulur. Bu bölgeler mevcut perde kalınlığında oluşturulabildiği gibi, perdenin ucunda genişletilmiş bir kesitte de düzenlenebilir (Şekil 3.4).

-Temel üstünden veya perdenin plandaki uzunluğunun %20'den daha fazla küçüldüğü seviyeden itibaren kritik perde yüksekliği verilen koşulların elverişsiz olanını sağlamak zorundadır.

$$2\ell_w \geq H_{cr} \geq \ell_w \quad (3.11)$$

$$H_{cr} \geq H_w/6 \quad (3.12)$$

$H_{cr}=650 \text{ cm}$ seçilmiştir.

$$2 \times \ell_w = 1300\text{cm} \geq 650\text{cm} \geq \ell_w = 650\text{cm} \text{ ve } 650 \geq 2400/6 = 400\text{cm}$$

a) Donatı Koşulları:

-Perdenin her iki yüzündeki gövde donatılarının toplam enkesit alanı, düşey ve yatay donatıların her biri için, perde uç bölgelerinin arasında kalan perde gövdesi brüt enkesit alanının 0,0025'inden az olmayacaktır. Perde gövdesinin boyuna ve enine donatı aralığı 250 mm'den fazla olmayacaktır.

-Uç bölgeleri dışında, perde gövdelerinin her iki yüzündeki donatı ağırları, beher metrekaare perde yüzünde en az 4 adet özel deprem çirozu ile karşılıklı olarak bağlanacaktır. Kritik perde yüksekliği boyunca, uç bölgeleri dışında beher metrekaare

perde yüzünde en az 10 adet özel deprem çirozu kullanılacaktır. Çirozların çapı, en az yatay donatının çapı kadar olacaktır.

- Perdelerin yatay gövde donatıları, etriyelerle sarılı perde uç bölgesinin sonunda 90 derece kıvrılarak karşı yüzde köşedeki düşey donatıya 135 derecelik kanca ile bağlanacaktır veya yatay gövde donatılarının perde ucunda 90 derece kıvrım yapılmaksızın bitirilmesi durumunda, perdenin her iki ucuna gövde donatısı ile aynı çapta olan $\supset$ biçiminde yatay donatılar yerleştirilecektir. Bu donatılar, perde uç bölgesinin iç sınırından itibaren perde gövdesine doğru en az kenetlenme boyu kadar uzatılacaklardır (Şekil 3.4).

-Perde uç bölgelerinin her birinde, düşey donatı toplam alanının perde brüt enkesit alanına oranı 0.001'den az olmayacaktır. Ancak kritik perde yüksekliği boyunca bu oran 0.002'ye çıkarılacaktır. Perde uç bölgelerinin her birinde düşey donatı miktarı $4\phi 14$ 'ten az olmayacaktır (Şekil 3.4).

- Perde uç bölgelerindeki düşey donatılar, aşağıdaki kurallara uyularak, kolonlarda olduğu gibi etriyeler ve/veya çirozlardan oluşan enine donatılarla sarılacaktır.

a) Uç bölgelerinde kullanılacak enine donatının çapı 8 mm'den az olmayacaktır. Etriye kollarının ve/veya çirozların arasındaki yatay uzaklık, a , etriye ve çiroz çapının 20 katından fazla olmayacaktır.

b) Kritik perde yüksekliği boyunca perde uç bölgelerine, kolonların sarılma bölgeleri için denklem (3.13)'in ikinci koşulu ile belirlenen enine donatının en az $2/3$ 'ü konulacaktır. Düşey doğrultuda etriye ve/veya çiroz aralığı perde kalınlığının yarısından ve 100 mm'den daha fazla, 50 mm'den daha az olmayacaktır (Şekil 3.4). Bu donatılar, temelin içinde de en az perde kalınlığının iki katı kadar bir yükseklik boyunca devam ettirilecektir.

c) Kritik perde yüksekliğinin dışında kalan perde uç bölgelerinde düşey doğrultudaki etriye ve/veya çiroz aralığı, perde duvar kalınlığından ve 200 mm'den daha fazla olmayacaktır (Şekil 3.4). Ancak, perde uç bölgelerindeki enine donatının çapı ve aralığı, hiçbir zaman perde gövdesindeki yatay donatıdan az olmayacaktır.

$$\begin{aligned} A_{sh} &\geq 0.30 s b_k [(A_c / A_{ck}) - 1] (f_{ck} / f_{ywk}) \\ A_{sh} &\geq 0.075 s b_k (f_{ck} / f_{ywk}) \end{aligned} \quad (3.13)$$

3.6.2.4.2 Donatı hesabı

Taban kesitinde 3 aksında bulunan perdede (G+Q+E) yükleme durumunda meydana gelen kesit tesirleri: $N=3601$ kN, $M=5252,05$ kNm

$$n = \frac{N}{b \times h \times f_{cd}} \quad (3.14)$$

$$m = \frac{M}{b \times h^2 \times f_{cd}} \quad (3.15)$$

$$n = \frac{3601}{200 \times 6500 \times 17} = 0,16 \text{ ve } m = \frac{5252,05 \times 10^6}{200 \times 6500^2 \times 17} = 0,037$$

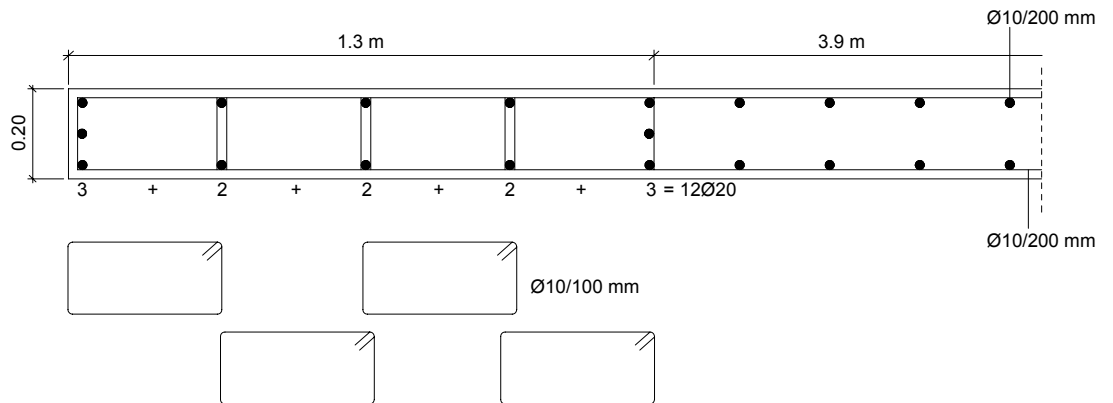
Abaktan bir değer okunamamaktadır. Minimum donatı kullanılacak.

Buna göre perde uç ve gövde donatısı:

$$A_{s,uç} = 0,0025 \times 200 \times 6500 = 3250 \text{ mm}^2 \Rightarrow \text{Seçilen } 12\phi 20$$

$$A_{gövde} = A_s / 6 = 3250 / 6 = 542 \text{ mm}^2 \Rightarrow \phi 10 / 200 \text{ mm } (393 \text{ mm}^2 / \text{m} \times 3,9 \text{ m} = 1533 \text{ mm}^2)$$

$$A_{min,uç} = 0,002 \times 200 \times 6500 = 2600 \text{ mm}^2$$



Şekil 3.6: Perde donatıları

3.6.2.5 Taşıyıcı sistem elemanlarının enkesit profilleri

Çelik taşıyıcı sistem elemanları Tablo 3.7 de verilmiştir.

Tablo 3.7: Taşıyıcı sistem elemanları enkesit profilleri

Taşıyıcı Sistem Elemanı	Enkesit Profili
Tüm katlarda tali kirişler	INP200
1,2,3,4 Aksları ana kirişler	HEB280
A, B, C,D Aksları ana kirişler	HEB280
2 Aksı ve B, C Aksları arası kirişler	HEB300
Kolonlar	HEB300

4. SONUÇLAR

İki sistemin karşılaştırılmasından elde edilen sonuçlar şu şekilde özetlenebilir:

Deprem yüklerinin çelik çaprazlı perdeler tarafından taşındığı yapıda, yerdeğiştirme koşullarını sağlamak için çelik elemanların kesitleri büyümektedir ve bu durum çelik zati yapı ağırlığının artmasına neden olmaktadır.

İlk sistemde çelik zati ağırlığı 180,4 t iken betonarme perdeli ikinci sistemde çelik zati ağırlığı 130 tondur. Bunun yanında ikinci sistemde zati yük 400 ton gibi bir artış göstermiştir. Nedeni de 455 ton zati ağırlığa sahip betonarme perdelerdir. Bu da çelik inşaatın yanında betonarme kalıp sisteminin kurulması anlamına gelir. Ancak birinci sistemde de çelik çaprazların bulunması artı çelik maliyeti ve artı çelik işçilik demektir.

Dışmerkez çelik çaprazlı sistemde çelik zati ağırlığı=180 t

Bina toplam döşeme alanı=18,5x15,5x8=2294 m²

Metrekareye düşen çelik ağırlık=180/2294=78 kg/ m² iken bu oran diğer sistemde:

B.arme perdeli sistemde çelik zati ağırlığı=130 t

Metrekareye düşen çelik ağırlık=130/2294=57 kg/ m² dir.

Piyasada çalışan meslektaşlarımdan alınan birim fiyatlara göre, iki sistemin yalnızca çelik ve betonarme malzemelerinin maliyetini açısından karşılaştırılması (1 USD =1.3318 YTL) :

- Çelik St-37 kalitesindeki çeşitli profillerin ve levhaların satın alınması, nakliyesi, projesine göre kesme, kaynaklama, birleştirme işlerinin şartnameye göre birleştirilmesi, kumlanması, kaynak temizliği, boya şartnamesine göre boyanması, iş yerinde projeye göre montajı, montaj için gerekli işçilik, iskele, vinç kirası/gideri, her tür işçilik, nakliye, zayıat, kaynak veya bulon gideri, yüklenici kar ve genel gideri dahil 1800 USD/ton' dur.

- Beton dökülecek kısmın projesine göre düz veya eğri yüzölçümü vb. her türlü hazırlanması, gerekli çelik veya tahta mesnet, kadronlar, kuşaklar, destekler ile taşıyıcı iskele yapılması, mekanik ve elektrik tesisatı ile ilgili olarak konması gereken tesisat rezervasyon deliği, boş boru, sorti ve takozlarının yerleştirilmesi, yapılacak laboratuvar deneyleri ve granülometrik analizlere ve istenilen mukavemeti temin edecek oranlar dahilinde ve ağırlık esasına göre granülometrik kum,çakıl veya

kırma taş, su ve çimentonun beton tesisinde karıştırılarak beton imali, betona akışkanlık, priz hızlandırıcı veya geciktirici ya da su geçirimsizlik temin edici katkı malzemesi eklenmesi, ayrışmaya mani olacak nakil vasıtaları ile nakli, beton pompası veya seri asansör ile her derinlik ve yüksekliğe taşınarak yerine konması, vibratör ile sıkıştırılması, gerektiğinde sulanması, soğuktan, sıcaktan ve diğer tesirlerden korunması, imal edilen betonun TS500'e göre istenilen mukavemette olup olmadığını anlamak üzere her 50 m³'de bir deney için 6 adet numune alınması, gerekli deneylerin yapılması, deney bedelleri, kalıp ve kalıp iskelesinin beton yeterli mukavemetini aldıktan sonra sökülmesi, inşaat yerindeki her türlü yatay ve düşey taşımalar, her türlü malzeme ve zayıatı, işçilik, alet edavat giderleri, müteahhit karı ve genel giderler dahil BS25 için 70YTL/m³'dür.

Birinci sistemin çelik maliyeti: 180x1800=324.000 USD=431.503,2 YTL

İkinci sistemin çelik maliyeti: 130x1800=234.000 USD=311.641,2 YTL

İkinci sistemin beton maliyeti: 199x70=13.930 YTL

İkinci sistemin donatı maliyeti: 23x160=3.680 YTL

Birinci sistemde kabaca çelik maliyet 431.503,2 YTL iken, ikinci sistemde kabaca çelik+beton+donatı maliyeti 329.251 YTL değerindedir. Buna göre betonarme perdeli ikinci sistem ile dışmerkez çelik çaprazlı diğer sistem arasında %24 gibi bir fiyat farkı ortaya çıkmaktadır. Bu farkı ekonomi olarak değerlendirmek yanlış olur. Çünkü bu karşılaştırma yalnızca kaba üstyapı malzemesinin fiyatlarıyla yapılmıştır. Unutulmamalıdır ki çalışmada değerlendirme yapılırken yapı temelinin fiyat ve ağırlığı, iskele ve zaman gibi etkenler göz önüne alınmamıştır. Bu unsurlar da hesaba katılmadan betonarme perdeli yapı, çelik çaprazlı yapıya göre daha ekonomik diyemeyiz. Bu oran yalnızca kabaca bir fikir verebilir. Kaba bir maliyet analizi de ekonomiklik kriteri olamaz. Bu bağlamda betonarme perdeli yapı daha ekonomiktir demek yanlış olur.

İki sistem karşılaştırılırken, mimari açıdan benzer olmasına dikkat edilmiştir. Bunun için ilk sistemde çelik çaprazların bulunduğu yerlere ikinci sistemde betonarme perdeler yerleştirilmiştir. Bu tip bir yapı betonarme perdeli düzenlenirken, perdeler çekirdek dediğimiz orta kısımlara yerleştirilebilir ve planda uzunlukları kısa kalabilir. Çalışmada perdeler her çerçevede yerleştirildiği için büyük uzunluklarda olmuş ve bu da aşırı rijit bir sistem oluşturup, yerdeğiştirmeleri büyük ölçüde

azaltarak ikinci sistemde elik kolonların daha kk profillerde olmasına dolayısıyla da ikinci sistemin elik malzeme ağırlığının az olmasına neden olmuştur. Bu da iki sistem arasında oluşan maliyet farkının nedenlerinden biridir.

Sonuç olarak, kaba inşaat malzemesi üzerinden yapılan bu çalışmaya, temel, iskele, kalıp ve zaman gibi etkenlerin de eklenmesi daha geeki bir değerlendirmenin bulunmasına yardımcı olacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] **Deren, H., Uzgider, E. ve Piroğlu, F.**, 2003. Çelik Yapılar, Çağlayan Kitabevi, İstanbul.
- [2] **DBYBHY**, 2007. Deprem bölgelerinde yapılacak binalar hakkında yönetmelik, *İnşaat Mühendisleri Odası*, İstanbul .
- [3] **TS-648**, 1982. Çelik yapıların hesap ve yapım kuralları, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- [4] **TS-498**, 1997. Yapı elemanlarının boyutlandırılmasında alınacak yüklerin hesap değerleri, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- [5] **TS-500**, 1985. Betonarme yapıların hesap ve yapım kuralları, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- [6] **Arda, Tevfik S.**, 1978. Çelik çatı ve binalarda rüzgar karşıt-düzenleri ve stabilite bağlantıları, Matbaa Teknisyenleri Basımevi, İstanbul.
- [7] **Arda, Tevfik S., Yardımcı, N.**, 1991. Çelik yapıda karma elemanların plastik hesabı, Kurtiş Matbaası, İstanbul.
- [8] **Odabaşı, Y.**, 2000. Ahşap ve çelik yapı elemanları, Beta Dağıtım, İstanbul.
- [9] **Celep, Z., Kumbasar, N.**, 2001. Betonarme Yapılar, Rehber Matbaacılık, İstanbul.
- [10] **Celep, Z., Kumbasar, N.**, 2000. Deprem Mühendisliğine Giriş ve depreme dayanıklı yapı tasarımı, Beta Dağıtım, İstanbul.
- [11] **Özer, E.**, 2006. Deprem bölgelerinde yapılacak binalar için meslekiçi eğitim programı, İstanbul.

ÖZGEÇMİŞ

1982 yılında İstanbul’da doğan Dilek CELEP, ilk ve orta öğrenimini İstanbul’da, lise öğrenimini 1999 yılında Edirne’de tamamladı. Aynı yıl İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği bölümünü kazandı. 2004 yılında lisans eğitimini tamamladıktan sonra İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsüne bağlı İnşaat Mühendisliği Bölümü bünyesindeki Yapı Mühendisliği yüksek lisans programında lisansüstü öğrenimine başladı.