

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ÇOK KATLI ÇELİK BİR HASTANE BİNASININ EUROCODE 3' E
GÖRE ÇERÇEVE KUSURLARI DİKKATE ALINARAK
KARŞILAŞTIRMALI BOYUTLANDIRILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İnş. Müh. Aydın TAŞDEMİR
501041012**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 20 Aralık 2006
Tezin Savunulduğu Tarih : 30 Ocak 2007**

Tez Danışmanı : Doç.Dr. Güliz BAYRAMOĞLU

Diğer Jüri Üyeleri : Prof.Dr. Alpay ÖZGEN (İ.T.Ü)

Yrd.Doç.Dr. Nilgün AKTAN (Y.T.Ü)

OCAK 2007

ÖNSÖZ

Tezin hazırlanması sırasındaki çalışmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren başta sayın hocam Doç. Dr. Güliz BAYRAMOĞLU'na ve Prof. Dr. Alpay ÖZGEN'e ayrıca manevi destekleri ile beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan çok değerli aileme teşekkürü bir borç bilirim.

Aralık, 2006

Aydın TAŞDEMİR
İnşaat Mühendisi

ÖNSÖZ	ii
KISALTMALAR	vi
ŞEKİL LİSTESİ	vii
ŞEKİL LİSTESİ	viii
SEMBOL LİSTESİ	x
ÖZET	xiv
SUMMARY	xv
1. GİRİŞ	1
1.1 Giriş ve Çalışmanın Amacı	1
1.2 Sistemin Genel Olarak Tanıtılması	1
2 EUROCODE 3' ÜN GENEL TASARIM İLKELERİ	5
2.1 EC 3 Hakkında Genel Bilgi	5
2.2 Genel İlkeler	6
2.2.1 Yapı Malzemesinin Hesap Değerleri	8
2.2.2 Yükler	9
2.2.3 Kesit Dayanımı Hesabında Kullanılan Enkesit Değerleri	9
2.2.4 Taşıyıcı Elemanların Enkesitlerinin Sınıflandırılması	10
2.3 Birleşimler	11
2.3.1 Bulonlu Birleşimlerin Hesabı	11
2.3.1.1 Kısmi Güvenlik Katsayıları	11
2.3.1.2 Bulonlu Birleşimlerin sınıflandırılması	11
2.3.1.3 Bulon Aralıklarının Belirlenmesi	13
2.3.1.4 Kesit Etkilerinin Birleşim Araçlarına Dağılımı	13
2.3.1.5 Delik Cidarında Ezilme Dayanımı Kontrolü	14
2.3.1.6 Makaslama Dayanımı Kontrolü	14
2.3.1.7 Çekme Dayanımı Kontrolü	14
2.3.1.8 Bulon eksenine dik ve eksen doğrultusunda kuvvetlerin aynı anda aktarılması	15
2.3.1.9 Yüksek Mukavemetli Bulonlarda Kayma Dayanımlı Birleşimler	15
2.3.2 Kaynaklı Birleşimler	16
2.3.2.1 Kaynak Dikişi Tipleri	16
2.3.2.2 Kaynaklı Birleşimlerin Hesabı	18
2.3.2.2.1 Köşe Kaynak Dikişinin Dayanımı	18
2.3.2.2.2 Küt Kaynak Dikişinin Dayanımı	19
2.4 Çekme Çubuklarının Boyutlandırılması	19
2.5 Basınç Çubuklarının Boyutlandırılması	19
2.5.1 Tek Parçalı Basınç Çubukları	20
2.5.2 Çok Parçalı Basınç Çubukları	23
2.5.2.1 Çok Parçalı Örgü Çubuklu Basınç Çubukları	23
2.5.2.2 Çok Parçalı Bağ Levhali Basınç Çubukları	25
2.6 Kirişlerin Boyutlandırılması	26
2.6.1 Eğilme Dayanımı	26
2.6.2 Kesme Kuvveti Dayanımı	26
2.6.3 Eğilme Momenti ve Kesme Kuvveti Dayanımı	28

2.6.4	Kullanılabilirlik Sehim Durumlarında Kirişlerin Sehimleri	28
2.7	Normal Kuvvet ve Eğilme Momentine Maruz Elemanlar	29
2.7.1	Enkesit Kontrolü	29
2.7.1.1	Eğilme Momenti ve Normal Kuvvet Etkisi	29
2.7.1.2	Eğilme Momenti, Kesme Kuvveti ve Normal Kuvvet Etkisi	29
2.7.1.3	Eğilme Momenti, ve Eksenel Çekme Etkisi	30
2.7.2	Stabilite Kontrolleri	30
2.7.2.1	Yanal Burulmalı Burkulma Dayanımı	30
2.7.2.2	Eğilme Momenti ve Eksenel Basınç Etkisi	32
2.7.3	Çerçeve Kusurları	33
3	SİSTEME ETKİYEN YÜKLER	35
3.1	Zati Yükler	35
3.1.1	Çatı Katı Yükleri (+ 36,00 m kotu Yükleri)	35
3.1.2	Ara Kat Yükleri	35
3.1.2.1	(+ 32,50 m, + 29,00m, + 25.50m, kotu Yükleri)	35
3.1.2.2	(+ 22,00 m, + 18,50m, + 15.00m, kotu Yükleri)	36
3.1.2.3	(+ 11,50 m, + 8,00m, kotu Yükleri)	36
3.1.2.4	(+ 4,50 m kotu Yükleri)	36
3.2	Hareketli Yükler	37
3.2.1	Kar Yüğü	37
3.2.2	Ara Kat Hareketli Yükleri	37
3.2.3	Çatı Katı Hareketli Yükleri	37
3.3	Yatay Yükler	37
3.3.1	Rüzgar Yükleri	37
3.3.2	Deprem Yükleri	39
3.4	Düşey Yükler	40
3.4.1	Çatı Katı Yükleri (+ 36,00 m kotu Yükleri)	40
3.4.2	Ara Kat Yükleri	41
3.4.2.1	(+ 32,50 m, + 29,00m, + 25.50m, kotu Yükleri)	41
3.4.2.2	(+ 22,00 m, + 18,50m, + 15.00m, kotu Yükleri)	41
3.4.2.3	(+ 11,50 m, + 8,00m, kotu Yükleri)	41
3.4.2.4	(+ 4,50 m kotu Yükleri)	41
4	DEPLASMAN KONTROLLERİ	43
4.1	Görelî Kat Ötelemeleri	43
4.2	Görelî Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması	46
4.3	Düzensizlik Durumları	47
5	YÜK DURUMLARI VE KOMBİNASYONLAR	47
5.1	Yük Durumları	47
5.2	Kombinasyonlar	48
6	TAŞIYICI ELEMANLARIN ENKESİT ÖZELLİKLERİ	49
6.1	Kullanılan Profillerin Enkesit Özellikleri	49
6.2	Kullanılan Malzeme Özellikleri	51
7	TAŞIYICI SİSTEM ELEMANLARININ BOYUTLANDIRILMASI	52
7.1	Kolonların Enkesit Hesabı	52
7.2	Çerçeve Kirişlerinin Hesabı	55
7.3	Basit Mesnetli Kat Kirişlerinin Hesabı	57
7.4	Düşey Stabilite Bağlantılarının Boyutlandırılması	58
7.5	Döşeme Kirişleri Hesabı	59
7.5.1	Basit Hadde Kiriş Hesabı	59

7.5.2	Sürekli Hadde Kiriş Hesabı	61
7.5.3	Petek Kiriş Hesabı	62
7.5.4	Kompozit Hadde Kiriş Hesabı	66
7.5.5	Kompozit Petek Kiriş Hesabı	69
8	BİRLEŞİM VE DETAY HESAPLARI	71
8.1	Kolon Ekleri	71
8.2	Rijit Bağlı Kiriş Ekleri	75
8.3	Rijit Kolon Kiriş Birleşim Hesabı	79
8.4	Döşeme Kirişlerinin Kat Kirişlerine Basit Birleşimi	80
8.5	Dışmerkez Çaprazların Teşkili ve Bağlantısı	82
8.6	Ankastre Kolon Ayağı Hesabı	90
9	ÇERÇEVE KUSURLARININ BOYUTLANDIRMADAKİ ETKİSİ	95
9.1	Çerçeve Kusurlarından Meydana Gelen Ek Tesirler	95
9.1.1	Öz Ağırlıktan Meydana Gelen Tesirler	95
9.1.2	Hareketli Yükten Meydana Gelen Tesirler	96
9.2	Deplasman Kontrolleri	98
9.2.1	Görelî Kat Ötelemeleri	98
9.2.2	Görelî Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması	101
9.2.3	Düzensizlik Durumları	101
9.3	Yük Durumları ve Kombinasyonlar	102
9.3.1	Yük Durumları	102
9.3.2	Kombinasyonlar	103
9.4	Taşıyıcı Sistem Elemanlarının Boyutlandırılması	104
9.4.1	Kolonların Enkesit Hesabı	104
9.4.2	Çerçeve Kirişlerinin Hesabı	107
9.4.3	Basit Mesnetli Kat Kirişlerinin Hesabı	109
9.4.4	Düşey Stabilite Bağlantılarının Boyutlandırılması	110
9.5	Temel Hesabı	111
9.5.1	Yük Kombinasyonları	113
9.5.2	Betonarme Radye Temel Donatılarının Belirlenmesi	114
10	SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ	117
10.1	Döşeme Kirişlerinin Karşılaştırılması	117
10.2	Çerçeve Kusurlarından Meydana Gelen Ek Tesirlerin Dizayn Aşamasındaki Etkileri	119
10.3	Sonuç	120
	KAYNAKLAR	121
	ÖZGEÇMİŞ	122

KISALTMALAR

EC 3 : Eurocode 3

ABYYHY : Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik

TS 498 : Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri

TS 500 : Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1 : Kısmi güvenlik katsayılarının değerleri.....	7
Tablo 2.2 : Çeliğin f_y akma gerilmesinin ve f_u çekme dayanımının nominal değerleri.....	8
Tablo 2.3 : Bulonların f_{yb} akma gerilmesinin ve f_u çekme dayanımının nominal değerleri.....	8
Tablo 2.4 : Kesit dayanımı hesabında kullanılan enkesit değerleri.....	9
Tablo 2.5 : Bulonlu birleşimlerin teşkil şekilleri.....	11
Tablo 2.6 : Bulonlu birleşimlerin etkilere göre sınıflandırılması.....	12
Tablo 2.7 : Bulon çaplarına göre As değerleri.....	14
Tablo 2.8 : Kaynak dikişi tipleri.....	17
Tablo 2.9 : Çelik sınıflarına göre düzeltme katsayıları değerleri.....	18
Tablo 2.10 : Çekme kontrolü.....	19
Tablo 2.11 : Enkesitlerin burkulma gerilmesi eğrileri.....	21
Tablo 2.12 : χ indirgeme katsayılarının tablo şeklinde gösterimi.....	22
Tablo 2.13 : A_v kesme kuvveti enkesit alanı.....	27
Tablo 2.14 : Kesme kuvvetine maruz elemanlarda maksimum d / t oranları.....	27
Tablo 2.15 : k_r buruşma katsayısı.....	28
Tablo 2.16 : Düşey yerdeğiştirme sınır değerleri.....	28
Tablo 2.17 : Etkili boy katsayıları.....	31
Tablo 3.1 : Yüksekliğe Bağlı Olarak Rüzgar Hızı ve Emme (TS 498).....	37
Tablo 3.2 : Toplam Bina Yükleri.....	42
Tablo 6.1 : Kolon, kiriş, düşey çapraz profillerinin enkesit özellikleri.....	50
Tablo 6.2 : Fe-430 ve BS 25'in malzeme özellikleri.....	51
Tablo 9.1 : Etkili temel yüksekliğine bağlı olarak V_{pd} ve V_{pr} değerlerinin gösterilmesi.....	112
Tablo 10.1 : Döşeme kirişleri.....	117

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1 : Tipik kalıp planı.....	2
Şekil 1.2 : 1 ve 4 No'lu akasların görünüşü.....	2
Şekil 1.3 : 2 ve 3 No'lu akasların görünüşü.....	3
Şekil 1.4 : A, B, C, D, E, F, G, H akslarının görünüşü.....	4
Şekil 1.5 : Döşemede yük aktarımının genel olarak gösterimi.....	4
Şekil 2.1 : Kesme kuvvetine maruz yapı elemanlarında bulonlar arası mesafelerin gösterimi.....	13
Şekil 2.2 : Normal kuvvete maruz yapı elemanlarında bulonlar arası mesafelerin gösterimi.....	13
Şekil 2.3 : Bulonlarda makaslama ve çekme kuvvetleri arasındaki karşılıklı etkileşim.....	15
Şekil 2.4 : İki parçalı örgü çubuklu basınç çubukları.....	24
Şekil 2.5 : C_1 değerleri ve ψ' nin tanımı.....	31
Şekil 2.6 : Başlangıç dönme kusurundan meydana gelen yatay yükler.....	33
Şekil 2.7 : Eşdeğer yatay kuvvetler.....	34
Şekil 3.1 : Pozitif X yönü rüzgar yükleri.....	38
Şekil 3.2 : Pozitif Y yönü rüzgar yükleri.....	39
Şekil 7.1 : Hesabı yapılan kolonun zayıf eksen burkulma boyu düzlemi.....	53
Şekil 7.2 : Çerçeve kirişinin en elverişsiz durumdaki kesme kuvveti diyagramı.....	55
Şekil 7.3 : Çerçeve kirişinin en elverişsiz durumdaki moment diyagramı.....	56
Şekil 7.4 : Basit mesnetli kirişlere etkili alan yöntemiyle yük aktarımı.....	57
Şekil 7.5 : Petek kirişinin geometrik özelliklerinin gösterimi.....	63
Şekil 7.6 : T – Başlığının geometrik özelliklerinin gösterimi.....	63
Şekil 7.7 : Tarafsız eksenin beton başlıktan geçmesi halinde M_{p1} plastik momentinin hesabı.....	67
Şekil 7.8 : Kompozit petek kiriş geometrisinin gösterimi.....	69
Şekil 7.9 : Kompozit Petek kiriş enkesitine gelen yüklerin gösterimi.....	70
Şekil 8.1 : Kolon eki detayı.....	74
Şekil 8.2 : HE280 A kiriş ekinin enkesit görünümü (değerler mm cinsindedir).....	75
Şekil 8.3 : HE280 A kirişinin başlık ekinin boyutu ve bulonların yerleşiminin görünümü.....	76
Şekil 8.4 : HE280 A kirişinin gövde ekinin boyutu ve bulonların yerleşiminin görünümü.....	77
Şekil 8.5 : Kolon kiriş birleşim detayı ve birleşime etki eden kuvvetlerin gösterimi.....	79
Şekil 8.6 : Kolon kiriş birleşim detayının üstten görünümü.....	79

Şekil 8.7	: Kat kirişleri ile döşeme kirişlerinin birleşim detayı.....	80
Şekil 8.8	: Makaslama kopması dayanımında kullanılan geometrik değerlerin gösterimi.....	82
Şekil 8.9	: Ters V çaprazının geometrik özellikleri.....	82
Şekil 8.10	: Ters V çaprazlarında kuvvetlerin etki yönlerinin gösterimi.....	83
Şekil 8.11	: Çaprazların dışmerkez olarak kirişe birleşim detayı.....	83
Şekil 8.12	: Çaprazların kolona birleşiminin ve kolon kiriş basit birleşiminin gösterimi.....	87
Şekil 8.13	: Taban levhasının geometrik özellikleri.....	90
Şekil 8.14	: Ankastre kolon ayağı detayı.....	91
Şekil 9.1	: Başlangıç dönme kusurundan meydana gelen yatay yükler.....	95
Şekil 9.2	: Öz ağırlıktan dolayı meydana gelen yatay çerçeve yüklerinin gösterimi.....	96
Şekil 9.3	: Hareketli yükten dolayı meydana gelen yatay çerçeve yüklerinin gösterimi.....	97
Şekil 9.4	: Hesabı yapılan kolonun zayıf eksen burkulma boyu düzlemi.....	105
Şekil 9.5	: Çerçeve kirişinin en elverişsiz durumdaki kesme kuvveti diyagramı.....	107
Şekil 9.6	: Çerçeve kirişinin en elverişsiz durumdaki moment diyagramı.....	108
Şekil 9.7	: Basit mesnetli kirişlere etkili alan yöntemiyle yük aktarımı.....	109
Şekil 9.8	: Zımbalama çevresinin görünümü.....	112
Şekil 9.9	: X doğrultusu gerekli donatı alanları.....	115
Şekil 9.10	: Y doğrultusu gerekli donatı alanları.....	116

SEMBOL LİSTESİ

A_o	: Etkin yer ivmesi katsayısı
I	: Bina önem katsayısı
n	: Hareketli yük atılım katsayısı
Z_n	: Yerel zemin sınıfı
T_A, T_B	: Spektrum karakteristik periyotları
T	: Bina doğal titreşim periyodu
$S(T)$: Spektrum katsayısı
$A(T)$: Spektral ivme katsayısı
$R_a(T)$: Deprem yükü azaltma katsayısı
ΔF_N	: Binanın tepesine etkileyen ek eşdeğer deprem yükü
V_t	: Eşdeğer deprem yükü
H_N	: Binanın toplam yüksekliği
ΣG	: Yapının toplam zati yük ağırlığı
ΣQ	: Yapının toplam hareketli yük ağırlığı
ΣW	: Yapının zatiyük ve hareketli yük toplam ağırlığı
ΣW_{EQ}	: Yapının toplam eşdeğer yükü
$(\Delta i)_{max}$: Binanın i ' inci katındaki maksimum görelî kat ötelemesi
$(\Delta i)_{min}$: Binanın i ' inci katındaki minimum görelî kat ötelemesi
$(\Delta i)_{ort}$: Binanın i ' inci katındaki ortalama görelî kat ötelemesi
η_{bi}	: i ' inci kattaki burulma düzensizliği katsayısı
η_{ki}	: i ' inci kattaki rijitlik düzensizliği katsayısı
h_i	: Binanın i ' inci katının kat yüksekliği
h	: Profil yüksekliği
b	: Profil başlık genişliği
t_w	: Profil gövde kalınlığı
t_f	: Profil başlık kalınlığı
r	: Profil boyun eğriliği
A	: Profil enkesit alanı
A_{net}	: Net enkesit alanı
d	: Profil gödesinin 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
\dot{I}_y	: Kuvvetli eksen atalet yarıçapı
\dot{I}_z	: Zayıf eksen atalet yarıçapı
I_t	: Enkesit burulma dayanımı
I_w	: Enkesitin çarpılma dayanımı
E	: Elastisite modülü
ρ	: Yoğunluk

α	: Isı genleşme katsayısı
G	: Kayma modülü
f_y	: Akma gerilmesi
f_u	: Çekme dayanımı
S_d	: Etkilerin tasarım değeri
$S_{d,ser}$: Kullanılabilirlik sınır durumunda etkilerin tasarım değeri
R_d	: Etkilerin dayanım değeri
$R_{d,ser}$: Kullanılabilirlik sınır durumunda etkilerin dayanım değeri
$G_{k,j}$: Sabit etkilerin karakteristik değerleri
$Q_{k,1}$: Değişken bir etkinin karakteristik değeri
$Q_{k,i}$: Diğer değişken etkilerin karakteristik değerleri
$\gamma_{G,j}$: $G_{k,j}$ Sabit etkisinin kısmi güvenlik katsayıları
$\gamma_{Q,i}$: $Q_{k,i}$ Hareketli etkilerinin kısmi güvenlik katsayıları
R_k	: Mukavemetin karakteristik değerleri
$\gamma_{Mo}, \gamma_{Mb}, \gamma_{M2}$: Kısmi güvenlik katsayıları
$F_{v,Sd}$: Taşıma yükü sınır durumunda her bir bulonun makaslama tasarımı kuvveti
$F_{v,Rd}$: Her bir bulonun makaslama dayanımı kuvveti
$F_{b,Rd}$: Her bir bulonun delik cidarında ezilme dayanımı kuvveti
$F_{s,Rd}$: Taşıma yükü sınır durumunda her bir bulonun kayma dayanımı kuvveti
$F_{t,Sd}$: Taşıma yükü sınır durumunda her bir bulonun çekme dayanımı kuvveti
$F_{t,Rd}$: Her bir bulonun çekme dayanımı kuvveti
N_{sd}	: Eksenel yük tasarım değeri
M_{sd}	: Eğilme momenti tasarım değeri
V_{sd}	: Kesme kuvveti tasarım değeri
$N_{pl,Rd}$: Brüt enkesit plastik tasarım dayanımı
$N_{u,Rd}$: Net enkesit sınır tasarım dayanımı
$N_{b,Rd}$: Enkesit burkulma dayanımı
d	: Bulon çapı
e_1	: Kuvvet doğrultusunda delik ekseninden levha kenarına olan mesafe
e_2	: Kuvvete dik doğrultuda delik ekseninden levha kenarına olan mesafe
p_1	: Kuvvet doğrultusunda bir birleşim elemanı ekseninden diğer bir birleşim elemanı eksenine olan mesafe
p_2	: Kuvvete dik doğrultuda bir birleşim elemanı ekseninden diğer bir birleşim elemanı eksenine olan mesafe
k_s	: Delik büyüklüğünün ve formunun etkisini göz önüne alan katsayı
μ	: Yüksek mukavemetli bulonlarda sürtünme katsayısı
n	: Kullanılan bulon sayısı
$F_{s,Rd}$: Öngermeli yüksek mukavemetli bulonların sürtünme dayanımı
L_j	: kuvvet doğrultusunda bindirme boyu
$F_{w,Rd}$: Birim kaynak boyunun dayanımı
β_w	: Düzeltme katsayısı
a	: Kaynak kalınlığı
B_A	: İndirgeme katsayısı
λ	: Narinlik

λ_1	: Kıyaslam narinliği
χ	: İndirgeme katsayısı
α	: Kusur katsayısı
$N_{f,SD}$: Çubuk ortasında başlık çubuk kuvveti
e_o	: Ön eğrilik
S_v	: Örgünün kayma rijitliği
A_f	: Bir başlık çubuğunun enkesit alanı
h_o	: Başlık çubuklarının ağırlık merkezleri arasındaki mesafedir
I_{eff}	: Etkili atalet momenti
n	: Paralel örgü düzlemi sayısı
k_τ	: Buruşma katsayısı
δ_{max}	: Mesnetleri birleştiren doğruya göre en son durumda sehim
δ_2	: Değişken yüklerle birlikte sabit yüklerin zaman bağılı olarak meydana getirdikleri sehim
W_{com}	: Basınca maruz kenar life göre elastik mukavemet momenti
Ψ	: Mesnetlenmemiş parçanın uç momentlerinin küçüğünün büyüğe olan oranı
χ_{LT}	: Yanal burulmalı burkulma indirgeme katsayısı
λ_{LT}	: Yanal burulmalı burkulma geometrik narinliği
M_{cr}	: Kritik moment
k, k_w	: Etkili boy katsayıları
l_{LT}	: Burkulma boyu
L_{LT}	: Yanal doğrultuda tutulu noktalar arasındaki mesafe
C_1	: Yanal burulmalı burkulmada kullanılan bir katsayı
\emptyset	: Başlangıç dönmesi
n_c	: Çerçeve düzlemindeki kolon sayısı
n_s	: kat sayısı
h_f	: Betonarme plak kalınlığı
g	: Birim alandaki zati yük
q	: Birim alandaki hareketli yük
P_k, P_{ko}	: Kar yükü
K	: Kolon rijitlik katsayısı
η_A, η_B	: Kolonda dağıtma katsayıları
s_{ky}	: Kuvvetli eksenin burkulma boyu
s_{kz}	: Zayıf eksenin burkulma boyu
p_g	: Birim boydaki zati yük + hareketli yük
P_q	: Birim boydaki hareketli yük
e	: Petek kirişte tekrarlanan kesiş yolu mesafesi
h_s	: Petek kirişin düz kısmının yüksekliği
X	: T başlığında ağırlık merkezine olan mesafe
b	: Çalışan beton başlık genişliği
h_a	: Profilin yüksekliği
σ_F	: Çeliğin akma gerilmesi
β_R	: Beton mukavemeti
X_{pl}	: Tarafsız eksenin beton başlığın üst seviyesine olan mesafesi
Z_a	: Beton başlık üst seviyesi ile çekme kuvveti arasındaki mesafe
Z	: Basıç ve çekme kuvveti arasındaki mesafe
$N_{pl,a}$: Çekme kuvveti
D_b	: Basınc kuvveti
h	: Kama yüksekliği

d_1	: Kama gövdesinin çapı
d_2	: Kama başlığının çapı
$\max D_s$: Kamaların maksimum kayma kuvveti taşıma kapasitesi
n_{pl}	: Gerekli kama sayısı
d	: Çelik lifin çapı
F_b	: T profilin başlık alanı
D	: Beton başlığa gelen basınç kuvveti
Z_b	: Profilin başlıklarına etkiyen çekme kuvveti
Q_{pl}	: Plastik kesme kuvveti
σ_M	: İndirgenmiş akma gerilmesi
s	: Başlıkta gövde kalınlığı
Z	: Tek bir başlık ekine etkiyen çekme kuvveti
e	: Gövde eki bulonlarının merkezinin dışmerkezliği
I_p	: Polar atalet momenti
$\sum I_{ek}$: Ek levhaların toplam atalet momenti
Z_1	: Başlık ek levhalarından alttakine gelen çekme kuvveti
Z_2	: Başlık ek levhalarından üsttekine gelen çekme kuvveti
N_m	: Tek bir bulona etkiyen yatay kuvvet
N_v	: Tek bir bulona etkiyen düşey kuvvet
N_R	: Tek bir bulona etkiyen bileşke kuvvet
$L_1, L_2, L_3, L_{v,eff}$: Makaslama kopması kontrolünde kullanılan uzunluklar
$d_{o,v}$: Makaslama bölgesinde delik boyutu
l_o	: Bağlantı kirişi kritik uzunluğu
t_{be}	: Berkitme kalınlığı
R_{fy}	: Birleştirilen parçanın plastik dayanımı
R_d	: Birleşimin dayanımı
K_2	: Kirişin kolon gövdesine bağlandığı durumda kirişin üstüne etkiyen diyagonalin N_{sd} değeri
K_{2v}	: K_2 ' nin düşey bileşeni
K_{2h}	: K_2 ' nin yatay bileşeni
a	: Köşe kaynak dikişi kalınlığı
$F_{w,Rd}$: Köşe kaynak dayanımı
e	: Dış merkezlik
t_p	: Taban levhası kalınlığı
b_p	: Taban levhası genişliği
l_p	: Taban levhası uzunluğu
h_z	: Çekme ankrajının basınç kenarına mesafesi
k_x	: Lineer birim uzama diyagramı kabulünde tarafsız eksenin basınç kenarından mesafesi oranı
k_z	: k_x ' e göre belirlenen bir sayı
m_x, m_y	: Dikdörtgen plağın moment katsayıları
$M_{p,x}, M_{p,y}$: Taban plağı ortasındaki momen değerleri

ÖZET

Yüksek lisans tezi olarak hazırlanan bu çalışmada çok katlı bir çelik hastane binasının EC 3'e göre statik hesabı ve dizaynı yapılmıştır.

Sistem x doğrultusunda 35,00 m uzunluğa ve y doğrultusunda 12,50 m genişliğe sahiptir. Sistemin planı bölüm 1'de verilmiştir. X yönünde toplam 7 açıklık, y yönünde ise 3 açıklık bulunmaktadır. Bina hastane olarak dizayn edilmiştir. Toplam olarak 10 kattan oluşmaktadır. Zemin kat yüksekliği 4,5 m ve diğer katların yükseklikleri 3,5 m olup toplam bina yüksekliği 36 m' dir. Bina 2. derece deprem bölgesindedir. Yerel zemin sınıfı ise Z2' dir. Deprem ve rüzgar nedeniyle meydana gelecek yer değiştirmeleri sınırlamak ve binanın rijitliğini artırmak amacıyla boyuna yönde süneklik düzeyi yüksek dışmerkez çaprazlar kullanılmıştır. Enine yönde süneklik düzeyi yüksek çerçeveler tasarlanmıştır. Malzeme olarak Fe 430 yapı çeliği ve BS 25 betonu kullanılmıştır.

Sistemin statik hesabının yapılmasında bilgisayar programlarından faydalanılmıştır. Statik hesap Eurocode 3 yönetmeliğine göre yapılmıştır. Deprem yönetmeliğine göre deprem bölgesi 2.sınıf olması ve bina toplam yüksekliğinin 75 metreden az olmasından dolayı eşdeğer deprem yükü yöntemi esas olarak kullanılmıştır. Kesit etkileri bilgisayar verilerinden alınmıştır. Taşıyıcı elemanlarda en elverişsiz yükleme durumları için mukavemet dayanımları kontrol edilmiştir. Dizayn kriterleri olarak deplasman sınırları da göz önünde bulundurularak hesaplar yapılmıştır. Bu sebepten bazı durumlarda kesit gerilmeleri düşük değerlerde olmasına karşın deplasman koşullarını sağlayacak kesitlerin seçilmesine dikkat edilmiştir.

Döşeme kirişleri için karşılaştırmalı olarak çeşitli alternatifler denenmiştir. Ayrıca sistemde çerçeve kusurları da göz önünde bulundurularak yeniden bir çözüm yapılmıştır ve çerçeve kusurlarının kesitleri boyutlandırmadaki etkisi irdelenmiştir.

Kesit etkileri çok fazla yer kapladığından dolayı veriler disket halinde ekte sunulmuştur. Ayrıca gerekli çizimler ekte konulmuştur.

Sonuç olarak bina deprem ve rüzgar yüklerini ve diğer tüm etkileri yönetmeliklerde verilenler doğrultusunda karşılayacak biçimde tasarlanmıştır.

SUMMARY

In this study, prepared as a M.S thesis, the static calculation of a multistory steel structure has been made according to Eurocode 3.

The structure's lengths are in x direction 35,00 meter and in y direction 12,50 meter. The system plans can be found section 1. The building have 7 span at the x direction and 3 span at the y direction. The structure has been designed as an hospital building. It has got 10 stories. The basement story is 4,5 meter high and the other stories are 3,5 meter high. The total height of the building is 36 meter. The structure is in seismic zone 2. Due to earthquake and wind lateral loads effects, high ductile vertical bracing has been designed for longitudinal direction, high ductile moment frame has been design for transversal direction. As a material ; for steel Fe 430 and for concrete BS 25 used. All member of the structure, except for vertical bracing profile, are rolling profile. The vertical bracing profile has been selected as a pipe profile. Compozite slab system have been designed.

Computer aid has been used for static calculations. Static calculations has been made according to Eurocode3 standart. Because of the earthquake region is two and the total height of the building is under 75 meter, equivalent earthquake load method has been used for earthquake analysis. Inner forces taken from program analysis output. The strength resistance of the all members have been checked according to the critical combinations. The designing of the member have been made by concerning displacement conditions. Because of this reason, sometimes the member stress ratio is lower than expected.

There are a lot of alternatives for the floor beams. Besides, second solution has been done for the initial frame imperfection, and observed that what is the effect of initial frame imperfection on load bearing system.

As a result, the hospital building has been designed able to resist to earthquake, wind and all the other effects according to the standarts.

1. GİRİŞ

1.1 Giriş ve Çalışmanın Amacı

Bu çalışmanın amacı çok katlı bir hastane binasının statik hesabını Eurocode 3'e göre yaparak, yapının döşeme kirişlerinde çeşitli alternatifleri karşılaştırmalı olarak deneyerek ekonomik bir sonuç elde etmektir. Ayrıca yapıya çerçeve kusurlarından dolayı etkiyen ek yüklemelerin binanın dizaynında kullanılacak profillerin seçiminde ne derecede etkili olacağını da gözlemlemektir.

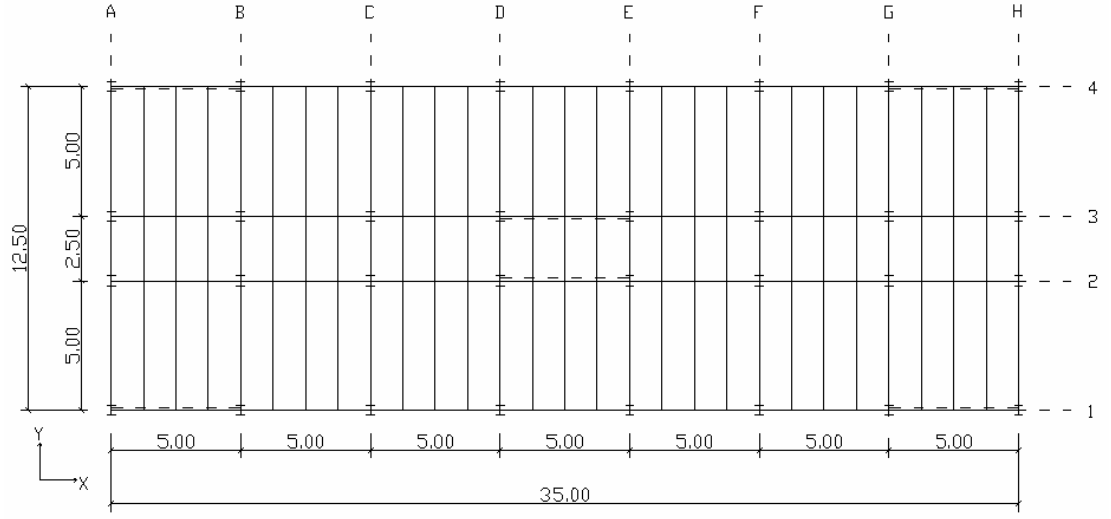
Binanın statik hesabında sap 2000 programından yararlanılmıştır. İlk olarak sistem geometrisi programa girilmiş ve analiz sonucunda kolon ve kirişlerin kesitleri belirlenmiştir. Daha sonra bu kesitlerin Eurocode 3'e göre bütün gerekli tahkikleri yapılmış ve gerçek kolon ve kiriş kesitleri kesin olarak belirlenmiştir. Birleşim hesaplarında bilgisayar programından alınan en elverişsiz kesit tesirleri kullanılmıştır. Çizimler Autocad programının yardımıyla yapılmıştır.

1.2 Sistemin Genel Olarak Tanıtılması

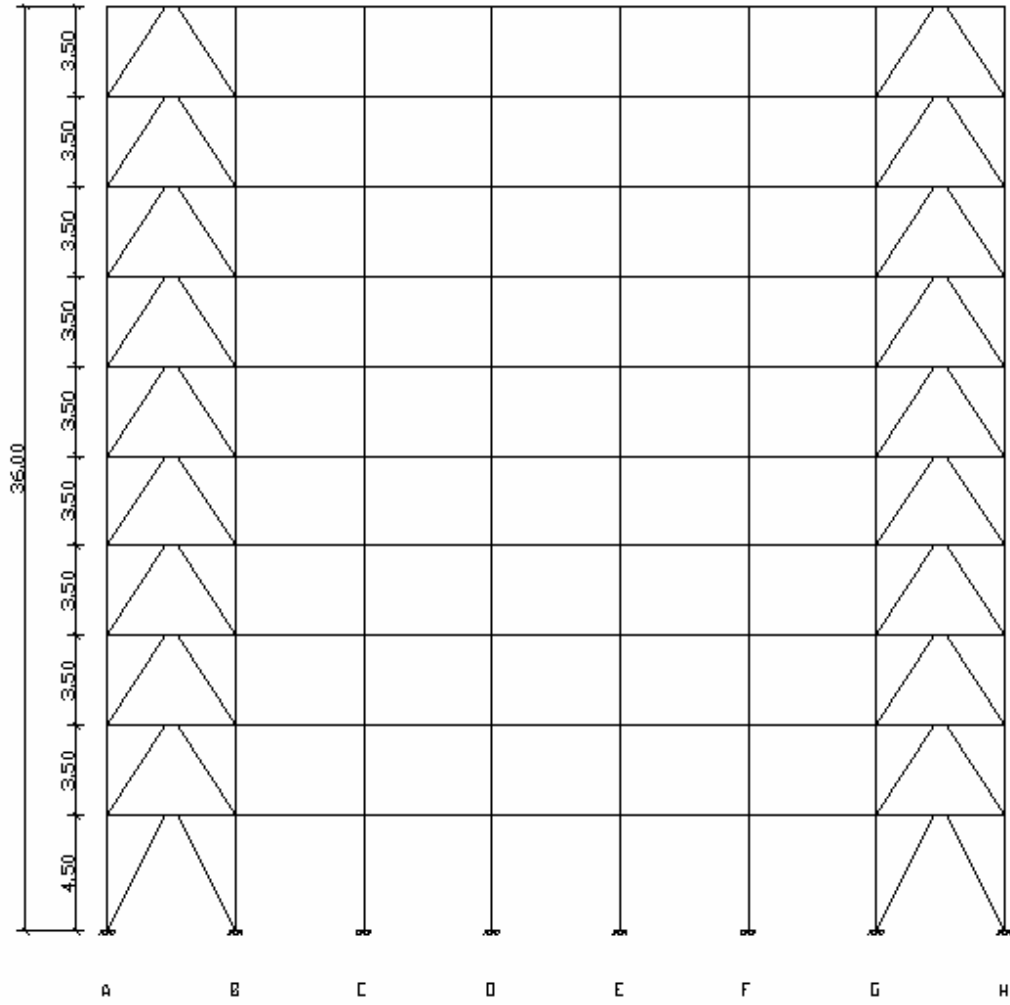
Bu kısımda sistemin kat planı ve aksların görünümü verilmiştir. Bina x eksenine paralel 4 akstan (1, 2, 3, 4 No'lu akslar) ve y eksenine paralel 8 akstan (A, B, C, D, E, F, G, H aksları) meydana gelmektedir.

Yapının x doğrultusunda düşey çaprazlar kullanılmıştır. Yapının y doğrultusunda ise çerçeveler teşkil edilmiştir. Çaprazlar 1 ve 4 no'lu akslar boyunca ilk ve son açıklıklarda (A1-B1 , G1-H1 , A4-B4 , G4-H4) kullanılırken 2 ve 3 no'lu akslarda ise tam orta açıklıkta (D2-E2 , D3-E3) ve yapının tüm yüksekliği boyunca dışmerkez olarak teşkil edilmiştir.

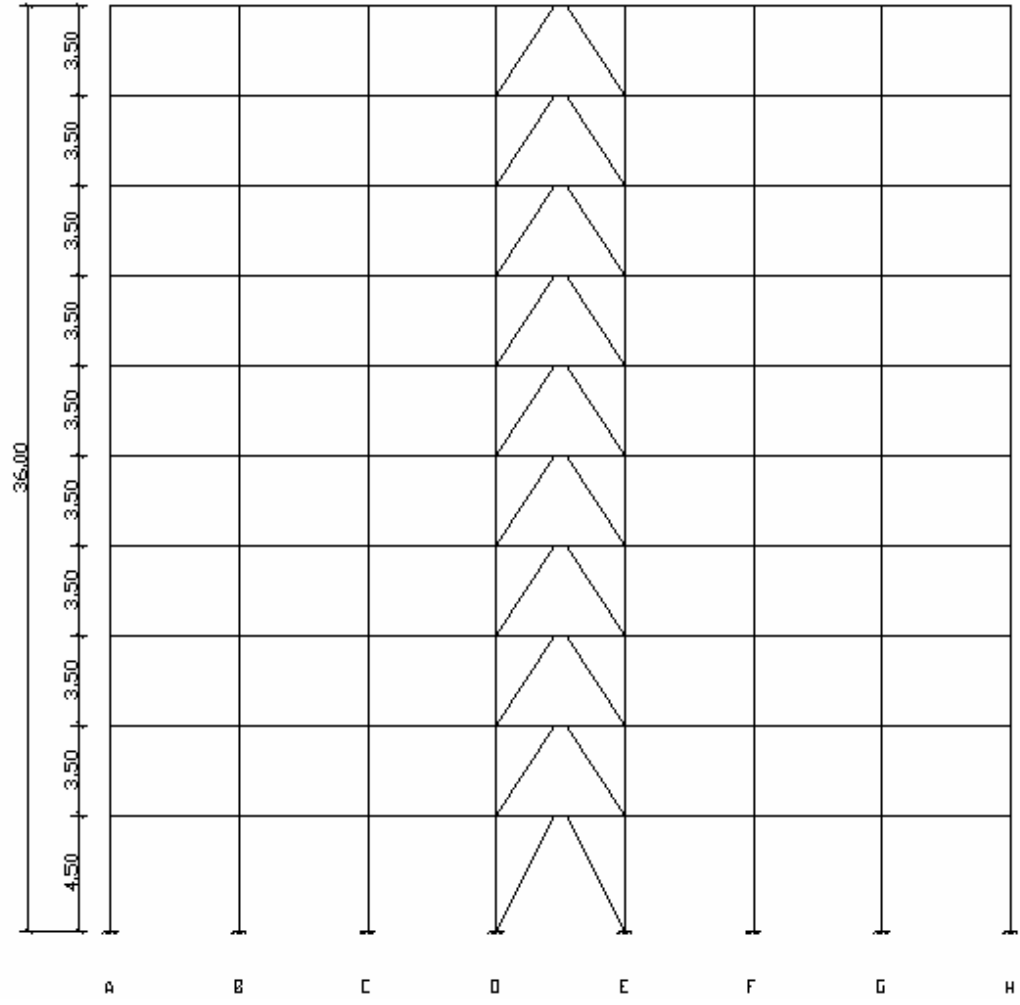
Yapının çerçeve olarak teşkil edilen y doğrultusunda kolon kiriş birleşimleri rijit, çaprazların bulunduğu x doğrultusunda ise kolon kiriş birleşimleri basit olarak teşkil edilmiştir.



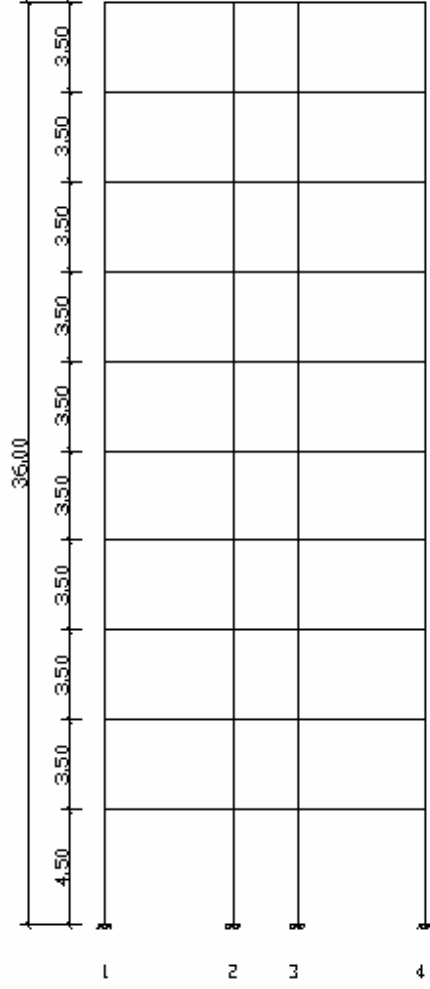
Şekil 1.1 : Tipik kalıp planı



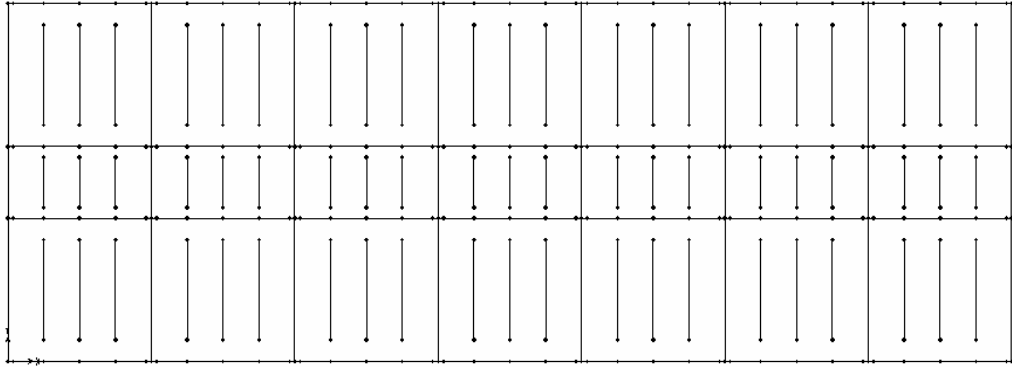
Şekil 1.2 : 1 ve 4 No'lu akasların görünüşü



Şekil 1.3 : 2 ve 3 No'lu akasların görünüşü



Şekil 1.4 : A, B, C, D, E, F, G, H akslarının görünüşü



Şekil 1.5 : Döşemde yük aktarımının genel olarak gösterimi

2 EUROCODE 3' ÜN GENEL TASARIM İLKELERİ

2.1 EC 3 Hakkında Genel Bilgi

Eurocode'lar limit durum tasarım prensibi üzerine kurulmuşlardır. Bu prensip belirli koşullarının hem kullanılabilirlik kontrolünün hem de taşıma güvenliğinin kontrolünün yapılmasını gerektirir. Temelde yüklerdeki ve malzemenin dayanımında gözlemlenen farklılıklar kısmi emniyet katsayılarının kullanılması ile hesaplara dahil edilirler. Kısmi emniyet faktörü aynı zamanda global emniyet katsayısını da kapsamaktadır.

Eurocode'ların amacı yapısal tasarımlar için güvenilir, emniyetli ve ekonomik bir rehberlik görevi görmektir.

Eurocode 3 toplam üç tasarım koşulu tanımlar. Bunlardan birincisi yapının normal kullanım koşullarına karşılık gelirken ikincisi imalat ya da onarım gibi kısa süreli durumları ele alır. Üçüncüsü ise tesadüf eseri meydana gelen durumlardır. Farklı etkiler mesela çeşitli yük kombinasyonları, sıcaklık ve zemin oturması gibi diğer etkilerde ele alınmalıdır.

Kontrol edilmesi gereken oldukça fazla sayıdaki duruma karşılık birçok durumda dayanım ve stabiliteyi esas alan ardından da deformasyonların belirli limitler içinde kaldığını gösteren tasarım yeterli olmaktadır. Diğer sınır durumlar incelenmemektedir ya da oldukça basit hesaplamalarla tasarım sürecini etkilemedikleri gösterilmektedir.

Bu nedenle limit duruma göre tasarımda izlenen yöntem aşağıdaki biçimde özetlenebilir:

Yapı davranışının kontrol edilmesinin gerektiği sınır durumlarının belirlenmesi. Belirlenen her sınır durum için uygun etkilerin saptanması.

Tasarım için uygun yapısal modelin kullanılması ve geometrik verileri ve malzeme özellikleri gibi değişkenlik gösteren parametreleri de hesaba katarak incelenen hiçbir sınır durumda sınırın aşılmadığının doğrulanması. Parametrelerdeki çeşitlilik kısmi emniyet katsayıları kullanılarak hesaba katılmaktadır.

2.2 Genel İlkeler

Yapı elemanları ve birleşimler sınır durum yöntemlerine göre boyutlandırılır. Etkilerin boyutlandırma değerleri, mukavemetin boyutlandırma değerleri ile karşılaştırılır.

$S_d \leq R_d$ Burada ,

S_d = Etkilerin tasarım değerleri

R_d = Mukavemetin tasarım değerleri

Yüksek yapılarda etkilerin boyutlandırma değerleri S_d ,

Yalnız en elverişsiz hareketli etkinin göz önüne alınması halinde;

$$S_d = \sum_j \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1}$$

Tüm elverişsiz hareketli etkilerin göz önüne alınması halinde;

$$S_d = \sum_j \gamma_{G,j} G_{k,j} + 0,9 \sum_{i \geq 1} \gamma_{Q,i} Q_{k,i} \quad \text{olarak verilmiştir. Bu ifadelerde:}$$

$G_{k,j}$ = Sabit etkilerin karakteristik değerleri

$Q_{k,1}$ = Değişken bir etkinin karakteristik değeri

$Q_{k,i}$ = Diğer değişken etkilerin karakteristik değerleri

$\gamma_{G,j} = G_{kj}$ Sabit etkisinin kısmi güvenlik katsayıları

$\gamma_{Q,i} = Q_{kj}$ Hareketli etkilerinin kısmi güvenlik katsayıları

Tablo 2.1 : Kısmi güvenlik katsayılarının değerleri

Etkiler (Yükle)	
Taşıma yükü sınır durumu	Kullanılabilirlik sınır durumu
Yalnız en elverişsiz etki eden hareketli yük Q $S_d = 1,35\sum G_{k,j} + 1,5Q_{k,1}$ Tüm hareketli yükler $S_d = 1,35\sum G_{k,j} + 1,35\sum Q_{k,i}$	Yalnız en elverişsiz etki eden hareketli yük Q $S_d = \sum G_{k,j} + Q_{k,1}$ Tüm hareketli yükler $S_d = \sum G_{k,j} + 0,9\sum Q_{k,i}$
En elverişsiz yük kombinasyonu esas alınır.	

Mukavemet (Dayanım)	
Taşıma yükü sınır durumu	Kullanılabilirlik sınır durumu
$R_d = R_k / \gamma_M$ $R_k = f (f_y)$ ise $\gamma_M = 1,1$ $R_k = f (f_u)$ ise $\gamma_M = 1,25$	$R_d = R_k / \gamma_M$ $\gamma_M = 1,0$
R_k : mukavemetin karakteristik değerleri F_y : akma gerilmesi F_u : çekme dayanımı	

Gerekli kontroller :

Enkesit dayanımı kontrolü

Eleman dayanımı kontrolü

Birleşim dayanımı kontrolü

Münferit elemanlarda stabilite kontrolü

Tüm taşıyıcı sistemde stabilite kontrolü

Statik denge kontrolü

Yorulma dayanımı kontrolü

Kullanılabilirlik kontrolü

2.2.1 Yapı Malzemesinin Hesap Değerleri

Tablo 2.2 : Çeliğin f_y akma gerilmesinin ve f_u çekme dayanımının nominal değerleri

Nominal Çelik kalitesi	Kalınlık t (mm)			
	$t \leq 40$ mm		$40 < t \leq 100$ mm	
	f_y (N/mm ²)	f_u (N/mm ²)	f_y (N/mm ²)	f_u (N/mm ²)
Fe 360	235	360	215	340
Fe 430	275	430	255	410
Fe 510	355	510	355	490

t : Yapı elemanının nominal kalınlığıdır.
- Hadde profillerinde başlık kalınlığı
-Kaynaklı yapı elemanlarında münferit elemanların kalınlığı (başlık,gövde)
 f_y = Akma gerilmesi
 f_u = Çekme Dayanımı

Tablo 2.3 : Bulonların f_{yb} akma gerilmesinin ve f_u çekme dayanımının nominal değerleri

Bulon kalitesi	4.6	5.6	8.8	10.9
F_{yb} (N/mm ²)	240	300	640	900
F_{ub} (N/mm ²)	400	500	800	1000

Elastisite modülü (E) = 210000 N/mm²

Kayma modülü (G) = 81000 N/mm²

Isı genleşme katsayısı (α) = 12×10^{-6} 1/K

Yoğunluk (ρ) = 78,50 kN/m³

2.2.2 Yükler

Yapı elemanlarının zağırlıklarının oluşturduğu sabit yükler, yapının kullanma safhasında ortaya çıkan, hareketli karakterde olan işletme yükleri, kar yükü, deprem yükleri olarak gruplandırılabilir. Demiryolu ve karayolu köprülerinde, endüstri yapılarında kren kirişi ve köprülerinde, su yapılarında yüklerin dinamik ve darbe etkileri, malzeme yorulması, mesnet çökmesi, ısı etkileri de dikkate alınmalıdır. Tasarımda sabit, işletme, kar, rüzgar ve deprem yüklerinin belirli kombinasyonları yapılarak konstrsyonda en elverişsiz kesit etkileri araştırılır.

2.2.3 Kesit Dayanımı Hesabında Kullanılan Enkesit Değerleri

Tablo 2.4 : Kesit dayanımı hesabında kullanılan enkesit değerleri

Kesit etkisi	Gerilme şekli	Kesit dayanımının hesabında kullanılan enkesit değerleri	
		N ve V	M_B ve M_T
Normal kuvvet	Basınc	A	
	ekme	A_{net}	
Eğilme momenti M_B	Basınc		W_{el} , W_{pl}
	ekme		W_{el} , W_{pl}^*
Normal kuvvet N ve Eğilme momenti M_B	Basınc	A	W_{el} , W_{pl}
	ekme	A_{net}	W_{el} , W_{pl}^*
Kesme kuvveti V	Kayma	A_v , S, I, t^*	
Burulma momenti			

A : Brüt enkesit alanı
 A_{net} : Net enkesit alanı
 A_v : Kesme alanı
S : Statik moment
I : Atalet momenti
 W_{el} : Elastik mukavemet momenti
 W_{pl} : Elastik mukavemet momenti
t : Kayma gerilmelerini aktaran enkesit kısımlarının kalınlığı
* : Delik zayıflaması göz önüne alınmalıdır.

2.2.4 Taşıyıcı Elemanların Enkesitlerinin Sınıflandırılması

Elemanların enkesitleri dört sınıfa ayrılmaktadır.

1. sınıf enkesitler (plastik enkesitler) : Yeterli dönme kapasiteli plastik mafsallar oluştururlar.

2. sınıf enkesitler (kompakt enkesitler) : Maksimum plastik dayanımına sahip olup, sınırlı dönme kapasitesindedirler.

3 sınıf enkesitler (yarı kompakt enkesitler) : En elverişsiz enkesit lifinde akma gerilmesine ulaşılır, fakat yerel buruşmalar (burkulmalar) nedeniyle plastik rezervler kullanılmaz.

4. sınıf enkesitler (narin enkesitler) : basınca maruz enkesit kısımlarında meydana gelen yerel buruşmalar (burkulmalar) nedeniyle, tam elastik dayanıma ulaşamaz; enkesitte göme elastik kesitte meydana gelir. Bu nedenle bu kesitler moment ve basınç dayanımları (mukavemetleri), yerel buruşma göz önüne alınarak hesaplanmalıdır.

4.sınıf enkesitlerde enkesit buruşması sonucu enkesit dayanımı etkili genişlik kullanılarak hesaplanır.

Enkesitler, basınca maruz kısımlarının boyut oranlarına bağlı olarak sınıflandırılır.

Basınca maruz kısımlar, herhangi bir yükleme durumunda aksel kuvvet veya eğilme momentiyle, tamamen veya kısmen zorlanan enkesit kısımlarıdır.

Bir enkesitte basınca maruz kısımlar (başlık veya gövde) farklı sınıflara ayrılabilir.

Bir enkesit, basınca maruz elemanlarının en elverişsiz sınıfına göre sınıflandırılır.

Basınca maruz kısımların 1., 2. ve 3. sınıflara ayrılmasında sınır oranlar tablo 2.5 ~ 2.8' den alınabilir. Basınca maruz bir enkesit kısmı sınıf 3'ün sınır oranlarını sağlamadığı takdirde sınıf 4'e girer.

Tablo 2.5 eğilme eksenine dik iki taraftan mesnetli gövde levhası kısımlarına ait değerleri, tablo 2.6 eğilme eksenine paralel iki taraftan mesnetli başlık kısımlarına ait değerleri, tablo 2.7 tek taraftan mesnetli başlık kısımlarına ait değerleri, tablo 2.8 ise korniyer ve boru enkesitlere ait değerleri göstermektedir.

2.3 Birleşimler

Bu bölümde birleşimler bulonlu ve kaynaklı birleşimler olmak üzere iki grupta incelenecektir. Kaynak dikişleri ile yapılan birleşimler çözülemeyen birleşimler, bulonlar ile yapılan birleşimler çözülebilen birleşimlerdir.

2.3.1 Bulonlu Birleşimlerin Hesabı

2.3.1.1 Kısmi Güvenlik Katsayıları

Bulonlar : $\gamma_{Mb} = 1,25$

Kayma mukavemetli bulonlu birleşimler

a) Kullanılabilirlik sınır durumu : $\gamma_{Ms,ser} = 1,10$

b) Taşıma yükü sınır durumu : $\gamma_{Ms,ult} = 1,25$

Delik cidarı ezilmesinde malzeme göçmesi : $\gamma_{Mb} = 1,25$

Bulonlu birleşimde çekmede, net enkesitte yapı elemanında : $\gamma_{M2} = 1,25$

2.3.1.2 Bulonlu Birleşimlerin sınıflandırılması

Tablo 2.5 : Bulonlu birleşimlerin teşkil şekilleri

Bileşim	SL	SLP	GV	GVP
Malzeme kaliteleri	4.6, 5.6, 8.8, 10.9	4.6, 5.6, 8.8, 10.9	8.8, 10.9	8.8, 10.9
İzin verilen	$\leq 1\text{mm M12}\sim\text{M16}$ $\leq 2\text{mm M16}\sim\text{M24}$ $\leq 3\text{mm M27} \sim$	$\leq 0,3\text{mm}$	$\leq 3\text{mm M12}$ $\leq 4\text{mm M16}\sim\text{M22}$ $\leq 6\text{mm M24}$ $\leq 8\text{mm M27} \sim$	$\leq 0,3\text{mm}$
Kullanıldığı yapılar	Sabit yüklere maruz	Sabit yüklere maruz	Dinamik yüklere maruz	Dinamik yüklere maruz

Tablo 2.6 : Bulonlu birleşimlerin etkilere göre sınıflandırılması

Makaslama, delik cidarında ezilme ve kayma dayanımlı birleşimler		
Birleşim tipi	Koşul	Açıklama
A Makaslama, delik cidarında ezilmeye çalışan birleşim	$F_{v,Sd} \leq F_{v,Rd}$ $F_{v,sd} \leq F_{b,Rd}$	Öngerme gereksiz bulon malzeme kalitesi (4.6)~(10.6)
B Kullanılabilirlik sınır durumunda kayma dayanımlı birleşim	$F_{v,Sd,ser} \leq F_{s,Rd,ser}$ $F_{v,Sd} \leq F_{v,Rd}$ $F_{v,Sd} \leq F_{b,Rd}$	Yüksek mukavemetli öngermeli bulonlar; Kullanılabilirlik sınır durumunda kayma yok
C Taşıma yükü sınır durumunda kayma dayanımlı birleşim	$F_{v,Sd} \leq F_{s,Rd}$ $F_{v,Sd} \leq F_{b,Rd}$	Yüksek mukavemetli öngermeli bulonlar; Taşıma yükü sınır durumunda kayma yok
Çekmeye maruz birleşimler		
Birleşim tipi	Koşul	Açıklama
D Öngermesiz	$F_{t,Sd} \leq F_{t,Rd}$	Öngerme gereksiz bulon malzeme kalitesi (4.6)~(10.6)
E Öngermeli	$F_{t,Sd} \leq F_{t,Rd}$	Yüksek mukavemetli öngermeli bulonlar

Burada :

$F_{v,Sd,ser}$ = Kullanılabilirlik sınır durumunda her bir bulonun makaslama tasarımı kuvveti

$F_{v,Sd}$ = Taşıma yükü sınır durumunda her bir bulonun makaslama tasarımı kuvveti

$F_{v,Rd}$ = Her bir bulonun makaslama dayanımı kuvveti

$F_{b,Rd}$ = Her bir bulonun delik cidarında ezilme dayanımı kuvveti

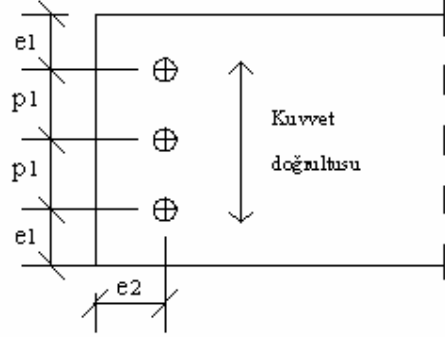
$F_{s,Rd,ser}$ = Kullanılabilirlik sınır durumunda her bir bulonun kayma dayanımı kuvveti

$F_{s,Rd}$ = Taşıma yükü sınır durumunda her bir bulonun kayma dayanımı kuvveti

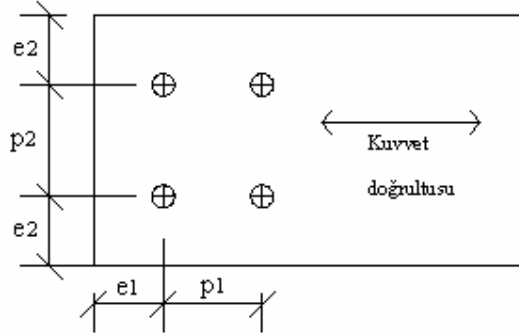
$F_{t,Sd}$ = Taşıma yükü sınır durumunda her bir bulonun çekme tasarımı kuvveti

$F_{t,Rd}$ = Her bir bulonun çekme dayanımı kuvveti

2.3.1.3 Bulon Aralıklarının Belirlenmesi



Şekil 2.1 : Kesme kuvvetine maruz yapı elemanlarında bulonlar arası mesafelerin gösterimi



Şekil 2.2 : Normal kuvvete maruz yapı elemanlarında bulonlar arası mesafelerin gösterimi

$$1,2d_0 \leq e_1 \leq \max (12t ; 150\text{mm})$$

$$1,5d_0 \leq e_2 \leq \max (12t ; 150\text{mm})$$

$$1,2d_0 \leq p_1 \leq \max (14t ; 200\text{mm})$$

$$1,2d_0 \leq p_2 \leq \max (14t ; 200\text{mm})$$

Burada d_0 delik çapıdır, t ise birleştirilen levhalardan ince olanının kalınlığıdır.

2.3.1.4 Kesit Etkilerinin Birleşim Araçlarına Dağılımı

Başlıca makaslama ve delik cidarında ezilme kontrolleri yapılır.

Bunun için iki yöntem mevcuttur.

- 1) Genel durum : $F_{v,Rd} < F_{b,Rd}$ ise, yani taşıma yükü sınır durumunda bulonun göçmesine izin verilirse, kuvvetler birleşim araçlarına lineer olarak aktarılır.
- 2) $F_{b,Rd} < F_{v,Rd}$ ise, yani delik cidarında ezilme esas ise, kuvvetler birleşim araçlarına plastik olarak aktarılır.

2.3.1.5 Delik Cidarında Ezilme Dayanımı Kontrolü

Aktarılabilir kuvvet, bulonun gövdesi arasındaki ezilmeye göre hesaplanır.

$$F_{b,Rd} = F_{b,Rk} / \gamma_{Mb}$$

$F_{b,Rk} = 2,5 \times \alpha \times f_u \times d \times t$ = Delik cidarında ezilme dayanımının karakteristik değeri

$$\alpha = \min \left[\frac{e}{3d_o}; \frac{p_1}{3d_o} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1 \right], \quad d = \text{bulon çapı}, \quad t = \text{birleşim levha kalınlığı}$$

2.3.1.6 Makaslama Dayanımı Kontrolü

Aktarılabilir kuvvet, bulonun gövdesinde makaslama alanıyla aktardığı kuvvettir.

$$F_{v,Rd} = F_{v,Rk} / \gamma_{Mb}$$

$F_{v,Rk} = C_1 \times f_{ub} \times A_s$ = Makaslama dayanımı karakteristik değeri

4.6, 5.6, 8.8 bulonları için $C_1 = 0,6$ olarak alınır.

4.8, 5.8, 6.8, 10.9 bulonları için $C_1 = 0,5$ olarak alınır.

Tablo 2.7 : Bulon çaplarına göre A_s değerleri

Bulon çapı d (mm)	12	16	20	22	24	27	30	36
A_s (mm ²)	84,3	157	245	303	353	459	561	817

2.3.1.7 Çekme Dayanımı Kontrolü

Bulonun enkesit alanıyla aktardığı kuvvettir.

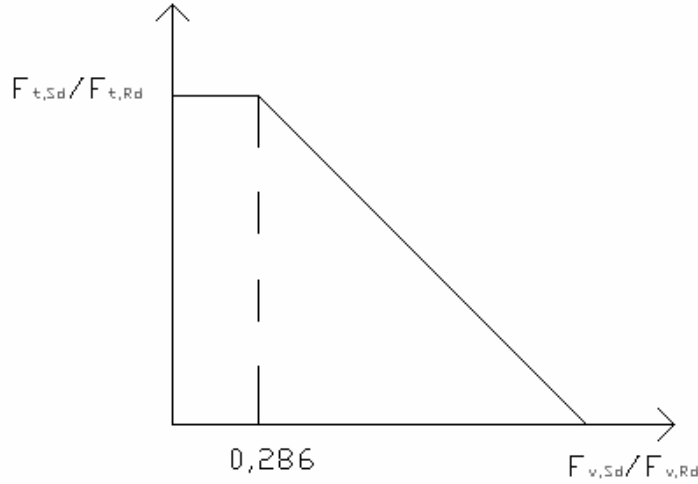
$$F_{t,Rd} = F_{t,Rk} / \gamma_{Mb}$$

$$F_{t,Rk} = 0,9 \times f_{ub} \times A_s = \text{Çekme dayanımı karakteristik değeri}$$

2.3.1.8 Bulon eksenine dik ve eksen doğrultusunda kuvvetlerin aynı anda aktarılması

Bir birleşimi oluşturan bulonlar aynı anda çekme ve makaslama zorlanıyor ise aşağıdaki karşılıklı etki koşulu sağlanmalıdır:

$$\frac{F_{v,Sd}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Sd}}{1,4 \times F_{t,Rd}} \leq 1$$



Şekil 2.3 : Bulonlarda makaslama ve çekme kuvvetleri arasındaki karşılıklı etkileşim

Şekil 2.3'e göre bulon tam dayanımlı olarak makaslama maruz kalması halinde ilave bir çekme kuvveti artık aktaramaz. Buna karşılık, çekmenin tam olarak kullanılması halinde, hala makaslama dayanımı kuvvetinin % 28,6'sına eşit bir makaslama kuvvetini aktarabilmektedir.

2.3.1.9 Yüksek Mukavemetli Bulonlarda Kayma Dayanımlı Birleşimler

Kayma dayanımlı birleşimler öngörülen bir öngerme kuvveti ile gerilerek, birleştirilen parçaların temas yüzeylerinde bulon eksenine dik sürtünme ile kuvvet aktarılır. Kayma dayanımlı birleşimler dinamik yüklere maruz yapı elemanlarında kullanılır.

$$F_{s,Rd} = (F_{s,Rk} / \gamma_{Ms}) \times n \times k_s$$

$F_{s,Rk} = 0,7 \times \mu \times f_{ub} \times A_s =$ Her bir bulon ve sürtünme yüzeyi için karakteristik sürtünme dayanımı.

$n =$ Sürtünme oluşturan yüzey sayısı

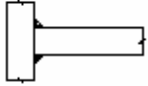
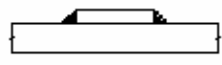







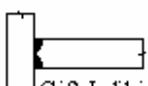


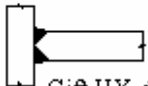

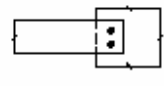

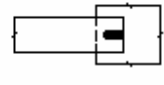
$k_s =$ Delik büyüklüğünün ve formunun etkisini gözönüne alan katsayı. Bulon ile delik arasında normal bir boşluk olması durumunda $k_s = 1,0$, bulon ile delik arasında aşırı büyük boşluk veya dar uzun delik olması durumunda $k_s = 0,85$, büyük uzun delik olması durumunda $k_s = 0,7$ olarak alınır. μ katsayısı ise yüzey durumuna göre belirlenen bir katsayıdır. Kum püskürtülerek gevşek pas uzaklaştırılmış veya yine kum püskürtülerek çinko veya alüminyum bazlı bir kat boya sürülmüş yüzeylerde $\mu = 0,5$ (A sınıfı) olarak, kum püskürtülerek alkali çinko silikat bir boya sürülmüş yüzeylerde $\mu = 0,4$ (B sınıfı) olarak, tel fırçayla veya alev püskürtülerek temizlenen ve gevşek pasın uzaklaştırıldığı yüzeylerde $\mu = 0,3$ (C sınıfı) olarak ve işlenmeyen yüzeylerde de $\mu = 0,2$ (D sınıfı) olarak alınır.

2.3.2 Kaynaklı Birleşimler

2.3.2.1 Kaynak Dikişi Tipleri

Kaynak dikişi tipleri küt dikişler, köşe dikişleri, yarık dikişler, nokta dikişleri olmak üzere tablo 2.8'de verilmiştir.

Tablo 2.8 : Kaynak dikiş tipleri

Kaynak dikiş çeşidi			
	Küt ek	T Küt ek	Bindirmeli ek
Köşe dikiş			
Tam nüfuziyetli küt dikiş	 V dikiş  Çift V dikiş  U dikiş  Çift U dikiş	 HV dikiş  Çift HV dikiş  J dikiş  Çift J dikiş	
Kısmi nüfuziyetli küt dikiş	 Çift Y dikiş  Çift U dikiş	 Çift HY dikiş	
Nokta kaynak			
Yarı kaynak			

2.3.2.2 Kaynaklı Birleşimlerin Hesabı

Kaynaklı birleşimlerde kullanılacak yapı elemanı kalınlığı en az 4 mm olmalıdır. İnce cidarlı elemanlar için ($t < 4$ mm) koşullar farklıdır. Kaynaklı konstrüksiyonlarda Fe 360, Fe 430 veya Fe 510 kalitelerinde çelikler ve özel alaşımlı Fe E 275 veya Fe E 355 kalite çelikleri kullanılabilir. Kaynak malzemesinin kalitesi kullanılan yapı çeliğinin kalitesine uygun olmalıdır.

2.3.2.2.1 Köşe Kaynak Dikişinin Dayanımı

Köşe kaynaklarında kaynak kalınlığı (a) 3 mm'den az olmamalıdır. Kaynak dikişi parça köşelerinde kesilmeyerek $3a$ kadar döndürülür. Kaynak boyu 40 mm'den ve kaynak kalınlığının 6 katından az olmamalıdır. Kaynak kalınlığının 150 katından uzun bindirmeli eklerde kaynak boyu β_{Lw} katsayısıyla çarpılarak indirgenir.

$$\beta_{Lw} = 1,2 - (0,2 \times L_j / 150 \times a) \leq 1,0$$

L_j = Kuvvet doğrultusunda bindirme boyu

Birim kaynak boyunun dayanımı :

$$F_{w,Rd} = f_{vw,d} \times a \quad , \quad f_{vw,d} = \frac{f_u}{\sqrt{3} \times \beta_w \times \gamma_{Mw}}$$

Burada f_u , birleşimin daha zayıf elemanının nominal çekme dayanımıdır. β_w ise düzeltme katsayısı olup aldığı değerler tablo 2.9'de gösterilmiştir.

Tablo 2.9 : Çelik sınıflarına göre düzeltme katsayıları değerleri

Çelik	Çekme dayanımı f_u	Düzeltilme katsayısı β_w
EN 10025		
Fe 360	360 N/mm ²	0,80
Fe 430	430 N/mm ²	0,85
Fe 510	510 N/mm ²	0,90
prEN 10113		
Fe E 275	390 N/mm ²	0,80
Fe E 355	490 N/mm ²	0,90

2.3.2.2.2 Küt Kaynak Dikişinin Dayanımı

Küt kaynak dikişlerinde kaynak kalınlığı birleştirilen elmanların en incisinin kalınlığına eşittir. Küt kaynak dikişlerin kaynak boyu birleştirilen elemanların genişliğine eşittir.

Tam bir küt kaynak dikişinin tasarım dayanımı, birleştirdiği parçalardan zayıf olanın tasarım dayanımına eşittir. Burada kaynak dikişinin, uygun bir elektrotla çekildiği ve akma ve kopma gerilmesi değerlerinin en az kaynaklı numunelerle yapılan çekme deneylerinde, çeliğin akma ve kopma değerlerinde olduğu kabul edilir. Kısmi küt dikişlerin tasarım dayanımı köşe kaynaklarında olduğu gibi hesaplanır.

2.4 Çekme Çubuklarının Boyutlandırılması

Çekme çubukları aksenal doğrultuda çekme kuvveti aktaran çubuklardır. Analiz sonucu dış etkilerden meydana gelen en elverişsiz çekme kuvvetinin boyutlandırma değeri elde edilir. Çekme kuvvetinin elde edilen boyutlandırma değeri aşağıda tablodaki kontrolleri sağlamalıdır.

Tablo 2.10 : Çekme kontrolü

Çekme kontrolü $N_{sd} \leq N_{t,Rd}$	
Enkesit dayanımının kontrolü	Deliklerden geçen kritik kesite göre net enkesit alanının sınır dayanımının kontrolü
$N_{sd} \leq N_{pl,Rd} = A \times f_y / \gamma_{M0}$	$N_{sd} \leq N_{u,Rd} = 0,9 \times A_{net} \times f_u / \gamma_{M2}$
N_{sd} = Dış etkilerden meydana gelen çekme kuvveti tasarım değeri $N_{pl,Rd}$ = Brüt enkesit plastik tasarım dayanımı $N_{u,Rd}$ = Net enkesitin sınır tasarım dayanımı A_{net} = Net enkesit alanı Güvenlik katsayıları : $\gamma_{M0} = 1,10$, $\gamma_{M2} = 1,25$	

2.5 Basınç Çubuklarının Boyutlandırılması

Basınç çubukları aksenal doğrultuda basınç kuvveti aktaran elemanlardır. Çelik yapılarda kolonlarda, kafes kirişlerde ve stabilite bağlantılarında basınç elemanları olarak kullanılırlar. Çekme çubuklarında malzeme dayanımı aşıldığında kopma

meydana gelirken, basınç çubuklarında çok daha küçük gerilmelerde çubuk burkulma sonucu stabilitesini kaybederek taşıma dayanımına ulaşır. Basınç çubuklarında enkesit seçiminde enkesit alanının, enkesit formunun, uygulanacak birleşim tipine uygunluğunun yanı sıra, burkulma tehlikesini azaltmak için, enkesitin yeterli rijitlikte olması da gözönünde tutulmalıdır.

Basınç çubuklarında burkulma yükünün hesabında basınç çubuğu için geometrik sınır koşullarına uygun, keyfi fakat anlamlı bir deformasyon şekli kabul edilir. Basınç çubuğunun deforme olmuş bu hali için $\sum H = 0$, $\sum V = 0$, $\sum M = 0$ denge denklemleri yazılarak homojen bir denklem elde edilir. Bu denklemin çözümü P_{ki} kritik yükünü verir.

Doğrusal çubukların aksenal basınç kuvveti altında burkulma güvenliğinin kontrolü :

$$\gamma_F \times N_s \leq N_{b,Rd} = (\chi \times \beta_A \times A \times f_y) / \gamma_M$$

burada $N_{b,Rd}$ enkesitin burkulma dayanımı, β_A kesit indirgeme katsayısıdır. β_A 1., 2., 3. sınıf enkesitlerde 1 olarak alınır. 4. sınıf enkesitlerde ise A_{eff} / A şeklinde hesaplanır. γ_M malzeme kısmi güvenlik katsayısı olup 1,10 olarak alınır.

2.5.1 Tek Parçalı Basınç Çubukları

Bu gruba giren basınç çubukları, tek profillerden veya bu profillerin çubuk boyunca sürekli olarak lama veya profillerle güçlendirilmiş birleşik kesitleri olarak oluşturulur. Oluşturulan tek parçalı doğrusal çubukların aksenal basınç kuvveti altında burkulma güvenliğinin kontrolü şu şekilde yapılır.

1) Çubuğun asal eksenlerine dik doğrultularda burkulma boyu tayin edilir.

2) Enkesit karakteristik özelliklerine göre burkulma eğrisi tayin edilir.

3) Asal eksenlere dik doğrultularda ;

a) Narinlik $\lambda = l / i$

b) Kıyaslama narinliği $\lambda_1 = \pi \times \sqrt{E / f_y}$

c) $\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\lambda_1} \times \sqrt{\beta_A} = \sqrt{\frac{N_{pl}}{N_{cr}}}$

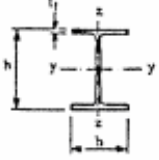
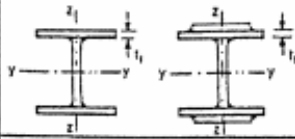

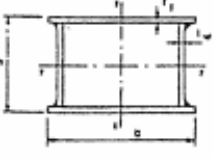

d) χ indirgeme katsayısı

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda}} \leq 1$$

$\phi = \frac{1}{2} \times \left[1 + \alpha \times (\lambda - 0,2) + \lambda^2 \right]$ bağıntılarıyla hesaplanır. Burada α kusur katsayısıdır

ve burkulma gerilmesi eğrisine bağlı olarak değeri değişmektedir. Gerime eğrisi a iken $\alpha = 0,21$, b iken $\alpha = 0,34$, c iken $\alpha = 0,49$, d iken $\alpha = 0,76$ değerlerini alır. χ indirgeme kasayıları ise tablo 2.12’da verilmiştir.

Tablo 2.11 : Enkesitlerin burkulma gerilmesi eğrileri

Enkesit	Sınırlar	Eksenine dik burkulma	Burkulma eğrisi
Hadde I kesitler 	$h/b > 1,2$ $t_f \leq 40\text{mm}$	y-y z-z	a b
	$40\text{mm} < t_f \leq 100\text{mm}$	y-y z-z	b c
	$h/b \leq 1,2$ $t_f \leq 100\text{mm}$ $t_f > 100\text{mm}$	y-y z-z y-y z-z	b c d d
Kaynaklı I kesitler 	$t_f \leq 40\text{mm}$ $t_f > 40\text{mm}$	y-y z-z y-y z-z	b c c d
Boru ve Kutu kesitler 	Sıcak haddelenmiş	Herhangi	a
	Soğukta şekil verilmiş; $f_y b^{*3}$ kullanılıyor.	Herhangi	b
	Soğukta şekil verilmiş; $f_y a^{*3}$ kullanılıyor.	Herhangi	c
	Genel olarak (aşağıdaki durumlar hariç)	Herhangi	b
	Kalın kaynak dikişleri ve $b/t_f < 30$ $h/t_w < 30$	y-y z-z	c c
U-, L-, T- ve dolu kesitler 		Herhangi	c

Tablo 2.12 : χ indirgeme katsayılarının tablo şeklinde gösterimi

$\bar{\lambda}$	Burkulma gerilmesi eğrisi			
	a	b	c	d
0,2	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
0,3	0,9775	0,9641	0,9491	0,9235
0,4	0,9528	0,9261	0,8973	0,8504
0,5	0,9243	0,8842	0,8430	0,7793
0,6	0,8900	0,8371	0,7854	0,7100
0,7	0,8477	0,7837	0,7247	0,6431
0,8	0,7957	0,7245	0,6622	0,5797
0,9	0,7339	0,6612	0,5998	0,5208
1,0	0,6656	0,5970	0,5399	0,4671
1,1	0,5960	0,5352	0,4842	0,4189
1,2	0,5300	0,4781	0,4338	0,3762
1,3	0,4703	0,4269	0,3888	0,3385
1,4	0,4179	0,3817	0,3492	0,3055
1,5	0,3724	0,3422	0,3145	0,2766
1,6	0,3332	0,3079	0,2842	0,2512
1,7	0,2994	0,2781	0,2577	0,2289
1,8	0,2702	0,2521	0,2345	0,2093
1,9	0,2449	0,2294	0,2141	0,1920
2,0	0,2229	0,2095	0,1962	0,1766
2,1	0,2036	0,1920	0,1803	0,1630
2,2	0,1867	0,1765	0,1662	0,1508
2,3	0,1717	0,1628	0,1537	0,1399
2,4	0,1585	0,1506	0,1425	0,1302
2,5	0,1467	0,1397	0,1325	0,1214
2,6	0,1362	0,1299	0,1234	0,1134
2,7	0,1267	0,1211	0,1153	0,1062
2,8	0,1182	0,1132	0,1079	0,0997
2,9	0,1105	0,1060	0,1012	0,0937
3,0	0,1036	0,0994	0,0951	0,0882

2.5.2 Çok Parçalı Basınç Çubukları

Yük taşıma kapasitesini artırma bakımından ve konstrüktif nedenlerle, iki veya daha fazla profilin birbirlerine, düzgün aralıkta ve beraber çalışacak şekilde özel bir bağlantı (örgü çubukları veya bağ levhaları) ile bağlanmasıyla teşkil edilirler.

2.5.2.1 Çok Parçalı Örgü Çubuklu Basınç Çubukları

Burkulma güvenliğinin kontrolü tek parçalı basınç çubuklarındaki gibi yapılır. Ancak malzemesiz eksene dik burkulmada I_{eff} etkili atalet momenti hesaplanmalıdır.

$I_{eff} = 2 \times A_f \times (h_o / 2)^2$ Burada A_f bir başlık çubuğunun enkesit alanı ve h_o 'da başlık çubuklarının ağırlık merkezleri arasındaki mesafedir.

Başlık çubuklarında burkulma kontrolü :

$$e_o = 1 / 500$$

$$M_s = \frac{N_{sd} \times e_o}{1 - \frac{N_{sd}}{N_{cr}} - \frac{N_{sd}}{S_v}} \quad N_{cr} = (\pi^2 \times E \times I_{eff}) / l^2$$

Çubuk ortasında başlık kuvveti $N_{f,sd} = 0,5 \times N_{sd} + (M_s / h_o)$

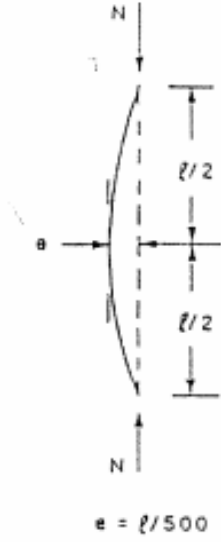
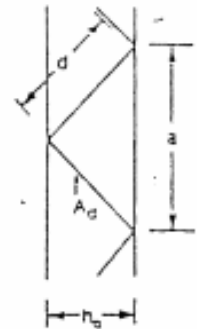
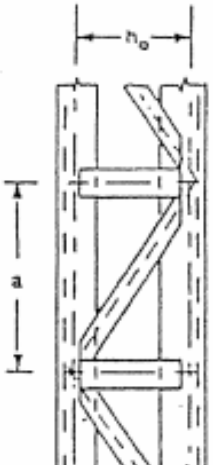
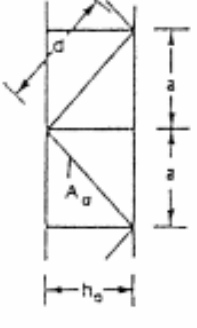
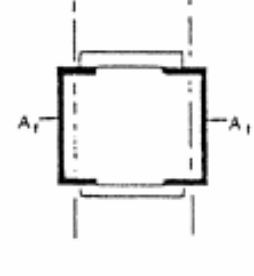
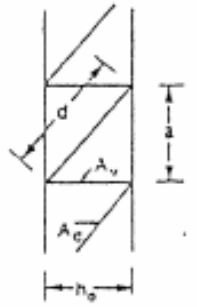
$S_v =$ Örgünün kayma rijitliği

Örgü çubuklarında kuvvetler çubuk uçlarındaki V_s kesme kuvvetine göre hesaplanır.

$$V_s = (\pi \times M_s) / l$$

Bir diyagonalde N_d çubuk kuvveti :

$N_d = \pm \frac{V_s \times d}{n \times h_o}$ olarak hesaplanır. Buradaki d , n , h_o değerleri şekil 2.4' te tanımlanmıştır.

	Sistem	S _v
 <p style="text-align: center;">$e = l/500$</p>		$\frac{n E A_d a h_o^2}{2 d^3}$
		$\frac{n E A_d a h_o^2}{d^3}$
		$\frac{n E A_d a h_o^2}{d^3 \left[1 + \frac{A_d h_o^2}{A_v d^2} \right]}$
<p>$n =$ paralel örgü düzlemi sayısı</p> <p>A_d ve A_v bir örgü düzlemindeki değerlerdir</p>		

Şekil 2.4 : İki parçalı örgü çubuklu basınç çubukları

2.5.2.2 Çok Parçalı Bağ Levhalı Basınç Çubukları

Bu bölümde verilen tasarım kuralları, N_{sd} basınç kuvvetine maruz iki eş kesitte paralel başlık çubuğu ve bunlara düzgün aralıklarla rijit olarak bağlanan bağ levhalarından oluşan çerçeve çubukları kapsar.

Burkulma güvenliğinin kontrolü tek parçalı basınç çubuklarındaki gibi yapılır. Anvak malzemesiz eksene dik burkulmada I_{eff} etkili atalet momenti hesaplanmalıdır.

$$I_{eff} = 0,5 \times h_o^2 \times A_f + 2 \times \mu \times I_f$$

Burada A_f bir başlık enkesitinin alanıdır.

$$i_o = \sqrt{\frac{0,5 \times I_1}{A_f}} \quad I_1 = I_{eff} \quad (\mu = 1) \text{ plmak üzere } \lambda = l / i_o \text{ 'dır.}$$

$$\lambda \leq 75 \text{ ise } \mu = 1$$

$$75 < \lambda < 150 \text{ ise } \mu = 2 - \lambda / 75$$

$$\lambda \geq 75 \text{ ise } \mu = 0 \text{ olarak alınır.}$$

Başlık çubuklarında burkulma kontrolü :

$$e_o = l / 500$$

$$M_s = \frac{N_{sd} \times e_o}{1 - \frac{N_{sd}}{N_{cr}} - \frac{N_{sd}}{S_v}} \quad N_{cr} = (\pi^2 \times E \times I_{eff}) / l^2$$

Çubuk ortasında başlık kuvveti $N_{f,sd} = 0,5 \times [N_{sd} + (M_s \times h_o \times A_f) / I_{eff}]$ olur.

Bağ levhalarında ve başlık çubuklarında kontrol :

$$V_s = (\pi \times M_s) / l$$

$$\frac{N_{sd}}{N_{b,Rd}} + \frac{k \times M_{sd}}{M_{Rd}} \leq 1 \quad \text{kontrolü yapılır. Bu kontrolde başlık çubuklarına } 0,5N_{sd}$$

kuvveti etki ettirilir. Burada $k \leq 1,5$, $N_{b,Rd}$ başlık çubuğunun burkulma dayanımı ve M_{Rd} 'de başlık enkesitinin moment dayanımıdır.

2.6 Kirişlerin Boyutlandırılması

Kirişler genelde eğilmeye çalışan elemanlardır. Eğilme momentinin yanında kesme kuvveti ve bazen de normal kuvvet aktarabilirler. Kirişler yapılarına göre profil kirişler ve yapma kirişler olarak ikiye ayrılır.

2.6.1 Eğilme Dayanımı

Analiz sonucu dış etkilerden meydana gelen eğilme momentinin en elverişsiz tasarım değeri eğilme dayanımından küçük olmalıdır.

$$M_{sd} \leq M_{c,Rd}$$

$M_{c,Rd}$ Eğilme dayanımı :

1. ve 2. sınıf enkesitlerde $M_{c,Rd} = W_{pl} \times f_y / \gamma_{M0}$

3. sınıf enkesitlerde $M_{c,Rd} = W_{el} \times f_y / \gamma_{M0}$

4. sınıf enkesitlerde $M_{c,Rd} = W_{eff} \times f_y / \gamma_{M1}$ olarak hesaplanır. Burada γ_{M0} ve γ_{M1} kısmi güvenlik katsayıları 1,10 olarak alınır.

Hesaplamalarda çekme bölgesindeki enkesit zayıflaması da göz önüne alınmalıdır. Ancak aşağıdaki formülün geçerli olduğu durumlarda çekme bölgesindeki enkesit zayıflaması da ihmal edilebilir.

$$0,9 \times \frac{A_{f,net}}{A_f} \geq \frac{f_y \times \gamma_{M2}}{f_u \times \gamma_{M0}} \quad \text{ise enkesit zayıflaması ihmal edilebilir. Burada } A_f \text{ çekme}$$

bölgesinin brüt enkesit alanı $A_{f,net}$ ise çekme bölgesinin net enkesit alanıdır. Ayrıca kısmi güvenlik katsayısı olan $\gamma_{M2} = 1,25$ 'dir.

2.6.2 Kesme Kuvveti Dayanımı

Analiz sonucu dış etkilerden meydana gelen kesme kuvvetinin en elverişsiz tasarım değeri kesme dayanımından küçük olmalıdır.

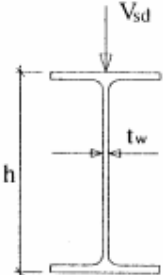
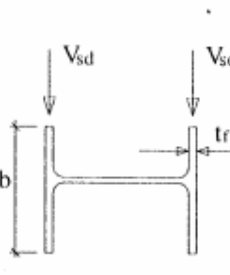
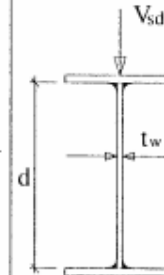
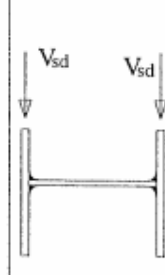
$$V_{sd} \leq V_{pl,Rd} = \frac{A_v \times f_y}{\sqrt{3} \times \gamma_{M0}}$$

$$\frac{A_{v,net}}{A_v} \geq \frac{f_y}{f_u} \quad \text{ise enkesit zayıflamasından dolayı enkesit kesme kuvveti alanında}$$

indirgeme yapılmayabilir.

Buradaki A_v kesme alanının hesap yöntemi aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

Tablo 2.13 : A_v kesme kuvveti enkesit alanı

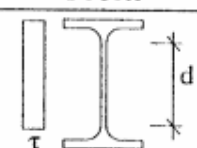

				
	hadde	hadde	kaynakli	kaynakli
A_v	$1.04 h t_w$	$2 b t_r + (t_w + r)t_w$	$d t_w$	$A-d t_w$

Ayrıca birleşim bölgesinde makaslama kopması olmaması için

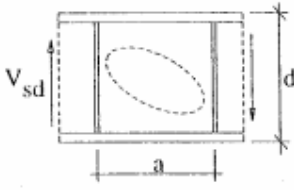
$$V_{sd} \leq V_{eff,Rd} = \frac{A_{v,eff} \times f_y}{\sqrt{3} \times \gamma_{Mo}} \text{ koşulu sağlanmalıdır.}$$

Kirişlerde makaslama maruz kısımlarda d / t oranı aşağıdaki tabloda verilen değerleri aşmadığı takdirde, gövdede kayma buruşması kontrolüne gerek yoktur.

Tablo 2.14 : Kesme kuvvetine maruz elemanlarda maksimum d / t oranları

Profil	Kesme kuvvetine maruz yapı elemanı
	$d/t \leq 69\epsilon$
	$d/t \leq 69\epsilon$
Düsey takviyeler varsa	$d/t \leq 30\epsilon\sqrt{k\tau}$
$\epsilon = \sqrt{235/f_y}$	S 235 çeliği için $\epsilon: 1.00$ S 275 çeliği için $\epsilon: 0.92$ S 355 çeliği için $\epsilon: 0.81$

Tablo 2.15 : k_{τ} buruşma katsayısı

a/d	< 1	≥ 1	
k_{τ}	$4 + 5.34 / (a/d)^2$	$5.34 + 4 / (a/d)^2$	

2.6.3 Eğilme Momenti ve Kesme Kuvveti Dayanımı

Bir kesitte tarasım için elde edilmiş olan kesme kuvveti değeri plastik kesme kuvveti dayanımının yarısını aştığı takdirde, plastik moment dayanımı indirgenir.

Kuvvetli eksen etrafında eğilen simetrik kirişlerde :

$$M_{v,Rd} = \left[W_{pl} - \frac{\rho \times A_v^2}{4 \times t_w} \right] \times \frac{f_y}{\gamma_{Mo}} \leq M_{c,Rd} , \quad \rho = \left(2 \times \frac{V_{sd}}{V_{pl,Rd}} - 1 \right)^2$$

Diğer hallerde enkesitin $M_{v,Rd}$ plastik moment dayanımı etkili kayma alanında $(1-\rho) \times f_y$ indirgenmiş akma gerilmesi ile hesaplanır.

2.6.4 Kullanılabilirlik Sehım Durumlarında Kirişlerin Sehımleri

Kullanılabilirlik sınırdurumunda hesaplamalar sonucu elde edilen yerdeğitirmeler aşağıdaki tabloda verilen sınır sehım değerlerini aşmamalıdır.

Tablo 2.16 : Düşey yerdeğitirme sınır değerleri

Koşullar	δ_{max}	δ_2
Genel olarak çatılar	L / 200	L / 250
Bakım dışında, sıkça insanların bulunduğu çatılar	L / 250	L / 300
Genel olarak döşemeler	L / 250	L / 300
Malzeme ve bölme duvar taşıyan döşeme ve çatılar	L / 250	L / 350
Kolonların mesnetlendiği döşemeler	L / 400	L / 500
δ_{max} 'ın yapı görüntüsünü bozduğu yerlerde	L / 250	

2.7 Normal Kuvvet ve Eğilme Momentine Maruz Elemanlar

Normal kuvvetle birlikte eğilme momentine maruz elemanlardır ve bu elemanlarda enkesit dayanımlarının kontrolü dışında, ayrıca stabilite kontrolleri yapılmalıdır.

2.7.1 Enkesit Kontrolü

2.7.1.1 Eğilme Momenti ve Normal Kuvvet Etkisi

Kesme kuvveti olmaksızın eğilme momenti ve normal kuvvet etkimesi halinde sınıf 1 ve sınıf 2' ye ait enkesitlerde

$$\frac{N_{sd}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,sd}}{M_{y,pl,Rd}} + \frac{M_{z,sd}}{M_{z,pl,Rd}} \leq 1 \text{ kontrolü yapılır.}$$

Sınıf 3' e ait enkesitlerde

$$\frac{N_{sd}}{A \times f_{yd}} + \frac{M_{y,sd}}{W_{y,el} \times f_{yd}} + \frac{M_{z,sd}}{W_{z,el} \times f_{yd}} \leq 1 \text{ kontrolü yapılır.}$$

Sınıf 4' e ait enkesitlerde

$$\frac{N_{sd}}{A_{eff} \times f_{yd}} + \frac{M_{y,sd} + N_{sd} \times e_{y,N}}{W_{y,eff} \times f_{yd}} + \frac{M_{z,sd} + N_{sd} \times e_{z,N}}{W_{z,eff} \times f_{yd}} \leq 1 \text{ kontrolü yapılır. Burada } A_{eff}$$

üniform basınç gerilmesi dağılımında etkili enkesit alanı, W_{eff} yalnız eğilme momenti altında etkili enkesitin mukavemet momenti, e_N ise üniform basınç gerilmesi dağılımında etkili enkesitte yapılan indirgeme nedeniyle eksende meydana gelen ötelemedir.

2.7.1.2 Eğilme Momenti, Kesme Kuvveti ve Normal Kuvvet Etkisi

Kesme kuvveti, enkesitin plastik kesme dayanım değerini % 50 aştığı takdirde, plastik moment dayanımı kesme kuvveti ve normal kuvvet etkileri nedeniyle indirgenir. $V_{sd} < 0,50 \times V_{pl,Rd}$ ise, herhangi bir indirgeme yapılmaz.

$V_{sd} > 0,50 \times V_{pl,Rd}$ ise, etkili kayma alanı için indirgenmiş bir akma gerilmesi $(1-\rho) \times f_y$ esas alınarak eğilme momenti ile normal kuvvet arasındaki karşılıklı

etkileşim bağıntıları kullanılır. Burada $\rho = \left(2 \times \frac{V_{sd}}{V_{pl,Rd}} - 1 \right)^2$ dir.

2.7.1.3 Eğilme Momenti, ve Eksenel Çekme Etkisi

Eğilme momenti ve çekme kuvvetinin birlikte etkideği yapı elemanlarında eğilmeli burulmalı burkulma tahkiki yapılmalıdır. Eğilme momenti ve çekme kuvvetinin birbirinden bağımsız değişmesi halinde, çekme kuvvetinin tasarım değeri $\psi = 0,8$ katsayısı ile indirgenir.

$$M_{\text{eff,Sd}} = W_{\text{com}} \times \sigma_{\text{com,Ed}} \leq M_{\text{b,Rd}}$$

$\sigma_{\text{com,Ed}} = \frac{M_{\text{Sd}}}{W_{\text{com}}} - \psi \times \frac{N_{\text{t,Sd}}}{A}$ burada W_{com} basınca maruz kenar life göre elastik mukavemet momenti, $N_{\text{t,Sd}}$ ise çekme kuvveti tasarım değeridir.

2.7.2 Stabilite Kontrolleri

2.7.2.1 Yanal Burulmalı Burkulma Dayanımı

Kesitte yanal burulmalı burkulma dayanımı $M_{\text{b,Rd}} = \chi_{\text{LT}} \times M_{\text{c,Rd}}$ bağıntısıyla hesaplanır.

Burada $\chi = \chi_{\text{LT}}$ (yanal burulmalı burkulma indirgeme katsayısı) olup daha önce verilmiş olan tablo 2.16' dan alınır.

λ_{LT} yanal burulmalı burkulma geometrik narinliği bütün enkesit sınıfları için

$$\lambda_{\text{LT}} = \sqrt{\frac{\pi^2 \times E \times W_{y,pl}}{M_{\text{cr}}}}$$
 bağıntısıyla belirlenir.





M_{cr} kritik moment çifti simetri eksenli kesitlerin yanal doğrultuda tutulu noktalarında uç momentleriyle yüklenmesi halinde

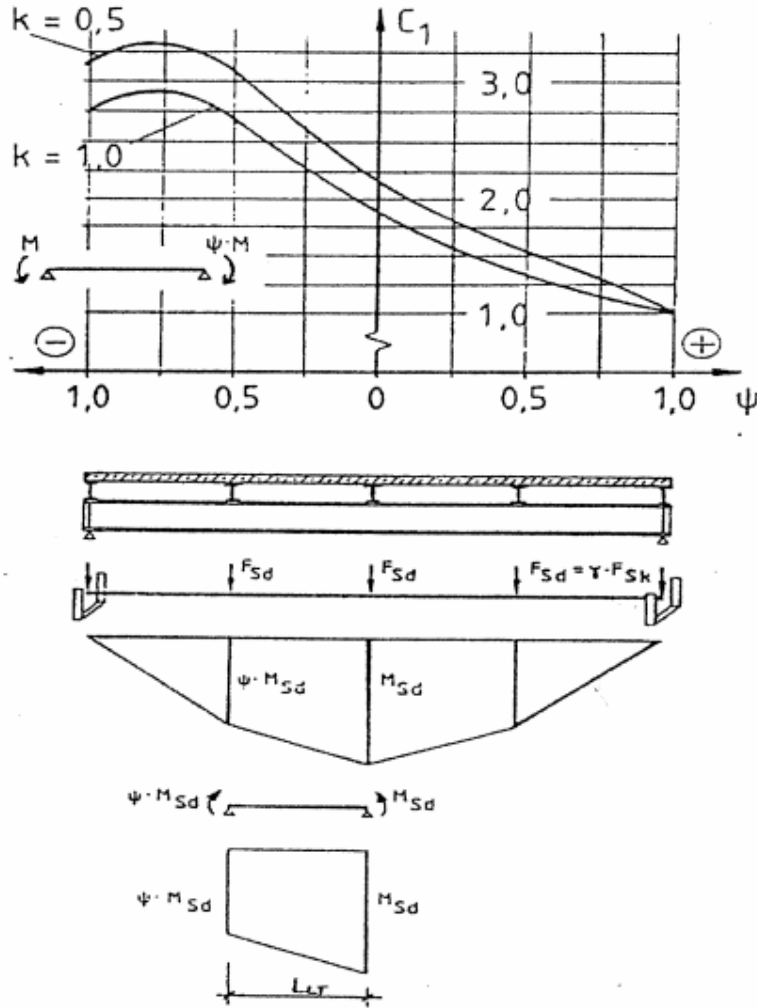
$$M_{\text{cr}} = C_1 \times \frac{\pi^2 \times E \times I_z}{I_{\text{LT}}^2} \sqrt{\frac{(k/k_w)^2 \times I_w + 0,039 \times I_{\text{LT}}^2 \times I_t}{I_z}}$$
 bağıntısıyla hesaplanır.

Burada I_t enkesitin burulma mukavemetini, I_w enkesitin çarpılma mukavemetini, k , k_w etkili boy katsayılarını, I_{LT} burkulma boyunu, L_{LT} yanal doğrultuda tutulu noktalar arasındaki uzunluğu, C_1 şekil 2.5' den alınan bir katsayıyı göstermektedir.

$\lambda_{\text{LT}} \leq 0,4$ olması halinde $\chi_{\text{LT}} = 1$ alınır ve yanal burulmalı burkulma kontrolüne gerek kalmaz.

Tablo 2.17 : Etkili boy katsayıları

Düzlem dışına eğilmede uç koşulları		Çarpılmada uç koşulları	
	$k=1,0$		$k_w=1,0$
	$k=0,5$		$k_w=0,5$



Şekil 2.5 : C_1 değerleri ve ψ ' nin tanımı

2.7.2.2 Eğilme Momenti ve Eksenel Basınç Etkisi

Eğilme momenti ve eksenel basınç etkisindeki sınıf 1 ve sınıf 2 elemanlarında eğilmeli burkulma

$$\frac{N_{sd}}{\chi_{min} \times A \times f_y / \gamma_{M1}} + \frac{k_y \times M_{y,sd}}{W_{y,pl} \times f_y / \gamma_{M1}} + \frac{k_z \times M_{z,sd}}{W_{z,pl} \times f_y / \gamma_{M1}} \leq 1 \text{ bağıntısıyla kontrol edilir.}$$

$$\text{Burada } k_y = 1 - \frac{\mu_y \times N_{sd}}{\chi_y \times A \times f_y} \leq 1,5, \quad k_z = 1 - \frac{\mu_z \times N_{sd}}{\chi_z \times A \times f_y} \leq 1,5$$

$$\mu_y = \bar{\lambda}_y \times (2 \times \beta_{My} - 4) + \left(\frac{W_{y,pl} - W_{y,el}}{W_{y,el}} \right) \leq 0,90$$

$$\mu_z = \bar{\lambda}_z \times (2 \times \beta_{Mz} - 4) + \left(\frac{W_{z,pl} - W_{z,el}}{W_{z,el}} \right) \leq 0,90 \text{ olarak ifade edilmiştir.}$$

Sınıf 1 ve sınıf 2 enkesitli yapı elemanlarının eğilmeli burulmalı burkulmaya göre kontrolü :

$$\frac{N_{sd}}{\chi_z \times A \times f_y / \gamma_{M1}} + \frac{k_{LT} \times M_{y,sd}}{\chi_{LT} \times W_{y,pl} \times f_y / \gamma_{M1}} + \frac{k_z \times M_{z,sd}}{W_{z,pl} \times f_y / \gamma_{M1}} \leq 1 \text{ bağıntısıyla yapılır.}$$

$$k_{LT} = 1 - \frac{\mu_{LT} \times N_{sd}}{\chi_z \times A \times f_y} \leq 1$$

$$\mu_{LT} = 0,15 \times \bar{\lambda}_z \times \beta_{M,LT} - 0,15 \leq 0,9$$

Eğilme momenti ve eksenel basınç etkisindeki sınıf 3 enkesitli yapı elemanlarında eğilmeli burkulma kontrolü :

$$\frac{N_{sd}}{\chi_{min} \times A \times f_y / \gamma_{M1}} + \frac{k_y \times M_{y,sd}}{W_{y,el} \times f_y / \gamma_{M1}} + \frac{k_z \times M_{z,sd}}{W_{z,el} \times f_y / \gamma_{M1}} \leq 1$$

Sınıf 3 enkesitli yapı elemanlarının eğilmeli burulmalı burkulmaya göre kontrolü :

$$\frac{N_{sd}}{\chi_z \times A \times f_y / \gamma_{M1}} + \frac{k_{LT} \times M_{y,sd}}{\chi_{LT} \times W_{y,el} \times f_y / \gamma_{M1}} + \frac{k_z \times M_{z,sd}}{W_{z,el} \times f_y / \gamma_{M1}} \leq 1$$

Eğilme momenti ve eksenel basınç etkisindeki sınıf 3 enkesitli yapı elemanlarında eğilmeli burkulma kontrolü :

$$\frac{N_{sd}}{\chi_{min} \times A_{eff} \times f_y / \gamma_{M1}} + \frac{k_y \times M_{y,sd} + N_{sd} \times e_{y,N}}{W_{y,eff} \times f_y / \gamma_{M1}} + \frac{k_z \times M_{z,sd} + N_{sd} \times e_{z,N}}{W_{z,eff} \times f_y / \gamma_{M1}} \leq 1$$

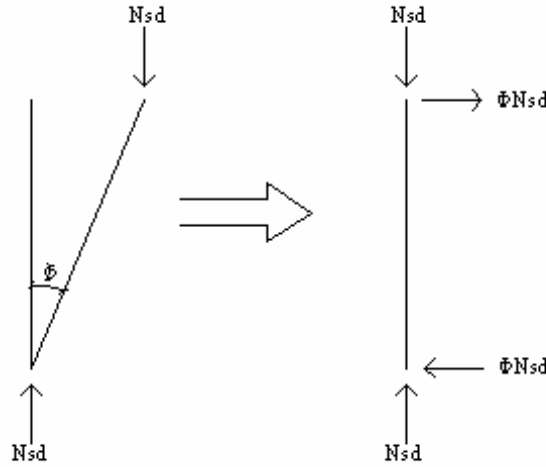
Sınıf 4 enkesitli yapı elemanlarının eğilmeli burulmalı burkulmaya göre kontrolü :

$$\frac{N_{sd}}{\chi_z \times A_{eff} \times f_y / \gamma_{M1}} + \frac{k_{LT} \times M_{y,sd} + N_{sd} \times e_{y,N}}{\chi_{LT} \times W_{y,eff} \times f_y / \gamma_{M1}} + \frac{k_z \times M_{z,sd} + N_{sd} \times e_{z,N}}{W_{z,eff} \times f_y / \gamma_{M1}} \leq 1 \text{ şeklinde}$$

yapılır.

2.7.3 Çerçeve Kusurları

Çerçevelerde kusurların etkisi, bir ϕ başlangıç dönmesi şeklinde eşdeğer geometrik bir kusurla çerçeve analizinde gözönüne alınır.



Şekil 2.6 : Başlangıç dönme kusurundan meydana gelen yatay yükler

$$\phi = k_c \times k_s \times \phi_0$$

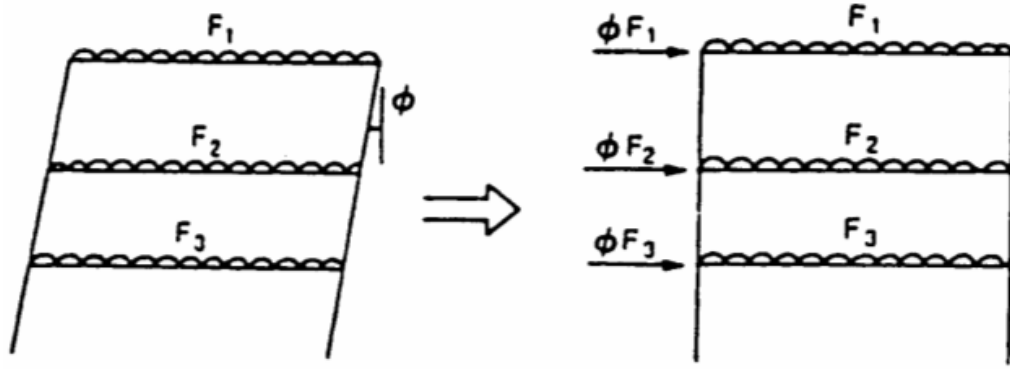
$$\phi_0 = 1 / 200 ,$$

$$k_c = (0,5 + 1 / n_c)^{0,5} \leq 1,0$$

$$k_s = (0,2 + 1 / n_s)^{0,5} \leq 1,0$$

burada n_c çerçeve düzlemindeki kolon sayısını, n_s ise kat sayısını göstermektedir.

Çerçeve kusurlarından meydana gelen ek tesirlerin çerçeveye etkilme biçimi şekil 2.7' de gösterilmiştir.



Şekil 2.7 : Eşdeğer yatay kuvvetler

3 SİSTEME ETKİYEN YÜKLER

3.1 Zati Yükler

3.1.1 Çatı Katı Yükleri (+ 36,00 m kotu Yükleri)

İzolasyon + çatı kaplaması.....	= 1 kN/m ²
Trapezoidal saç yükü.....	= 0,15 kN/m ²
Betonarme plak yükü (hf = 15cm).....	= 3,75 kN/m ²
A asma tavan + tesisat.....	= 0,30 kN/m ²
Döşeme kirişleri yükü.....	= 0,13 kN/m ²
Çerçeve kirişleri yükü.....	= 0,41 kN/m ²
Kolonların zati yükü.....	= 0,30 kN/m ²
Dış cephe yükü.....	= 0,40 kN/m ²

$$\Sigma g = 6,44 \text{ kN/m}^2$$

3.1.2 Ara Kat Yükleri

3.1.2.1 (+ 32,50 m, + 29,00m, + 25.50m, kotu Yükleri)

Kaplama yükü (karomozaik 1cm).....	= 0,22 kN/m ²
Trapezoidal saç yükü.....	= 0,15 kN/m ²
Betonarme plak yükü (hf = 15cm).....	= 3,75 kN/m ²
A asma tavan + tesisat.....	= 0,30 kN/m ²
Bölme duvarlar.....	= 1 kN/m ²
Döşeme kirişleri yükü.....	= 0,13 kN/m ²
Çerçeve kirişleri yükü.....	= 0,41 kN/m ²
Kolonların zati yükü.....	= 0,60kN/m ²
Dış cephe yükü.....	= 0,40 kN/m ²

$$\Sigma g = 6,96 \text{ kN/m}^2$$

3.1.2.2 (+ 22,00 m, + 18,50m, + 15.00m, kotu Yükləri)

Kaplama yükü (karomozaik 1cm).....	= 0,22 kN/m ²
Trapezoidal saç yükü.....	= 0,15 kN/m ²
Betonarme plak yükü (hf = 15cm).....	= 3,75 kN/m ²
Asma tavan + tesisat.....	= 0,30 kN/m ²
Bölme duvarlar.....	= 1 kN/m ²
Döşeme kirişleri yükü.....	= 0,13 kN/m ²
Çerçeve kirişleri yükü.....	= 0,41 kN/m ²
Kolonların zati yükü.....	= 0,62kN/m ²
Dış cephe yükü.....	= 0,40 kN/m ²

$$\Sigma g = 6,98 \text{ kN/m}^2$$

3.1.2.3 (+ 11,50 m, + 8,00m, kotu Yükləri)

Kaplama yükü (karomozaik 1cm).....	= 0,22 kN/m ²
Trapezoidal saç yükü.....	= 0,15 kN/m ²
Betonarme plak yükü (hf = 15cm).....	= 3,75 kN/m ²
Asma tavan + tesisat.....	= 0,30 kN/m ²
Bölme duvarlar.....	= 1 kN/m ²
Döşeme kirişleri yükü.....	= 0,13 kN/m ²
Çerçeve kirişleri yükü.....	= 0,41 kN/m ²
Kolonların zati yükü.....	= 0,63kN/m ²
Dış cephe yükü.....	= 0,40 kN/m ²

$$\Sigma g = 6,99 \text{ kN/m}^2$$

3.1.2.4 (+ 4,50 m kotu Yükləri)

Kaplama yükü (karomozaik 1cm).....	= 0,22 kN/m ²
Trapezoidal saç yükü.....	= 0,15 kN/m ²
Betonarme plak yükü (hf = 15cm).....	= 3,75 kN/m ²
Asma tavan + tesisat.....	= 0,30 kN/m ²
Bölme duvarlar.....	= 1 kN/m ²
Döşeme kirişleri yükü.....	= 0,13 kN/m ²
Çerçeve kirişleri yükü.....	= 0,41 kN/m ²
Kolonların zati yükü.....	= 0,72kN/m ²
Dış cephe yükü.....	= 0,40 kN/m ²

$$\Sigma g = 7,08 \text{ kN/m}^2$$

3.2 Hareketli Yükleler

3.2.1 Kar Yüğü

TS 498 yönetmeliğine göre kar yüğü; $P_k = m \times P_{ko}$ (2.1)

30° ‘ ye kadar eğimli çatılarda kar yüğü hesap değeri (P_k), kar yüğü (P_{ko}) değerine eşit kabul edilir ve çatı alanının plandaki düzgün yayılı yüğü olarak dikkate alınır. Ayrıca yapı yerinin denizden yüksekliğinin $h < 400m$ olması ve II. Bölgede yer alması sebebiyle $P_k = P_{ko} = 0,75 \text{ kN/m}^2$ ‘ dir.

3.2.2 Ara Kat Hareketli Yüğüleri

TS 498 yönetmeliğine göre hastane yapısı için;

Odalarda : $q = 3,50 \text{ kN/m}^2$

Koridorlarda : $q = 5,00 \text{ kN/m}^2$

3.2.3 Çatı Katı Hareketli Yüğüleri

TS 498 yönetmeliğine göre $q = 2,00 \text{ kN/m}^2$ alınmıştır.

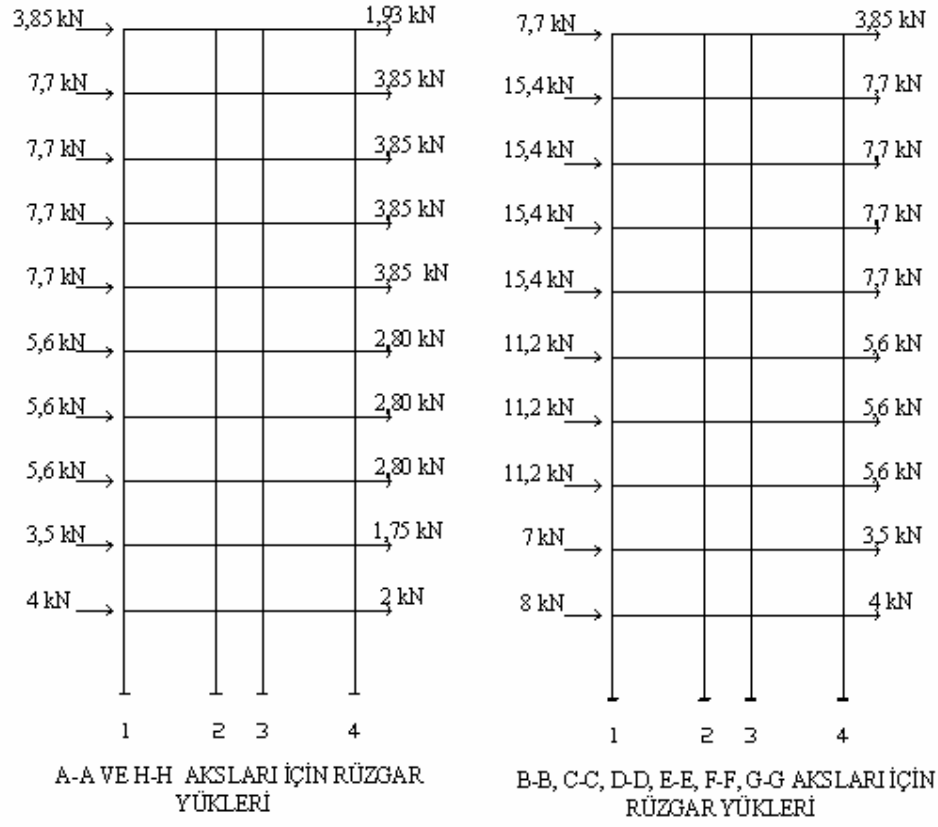
3.3 Yatay Yükleler

3.3.1 Rüzgar Yüğüleri

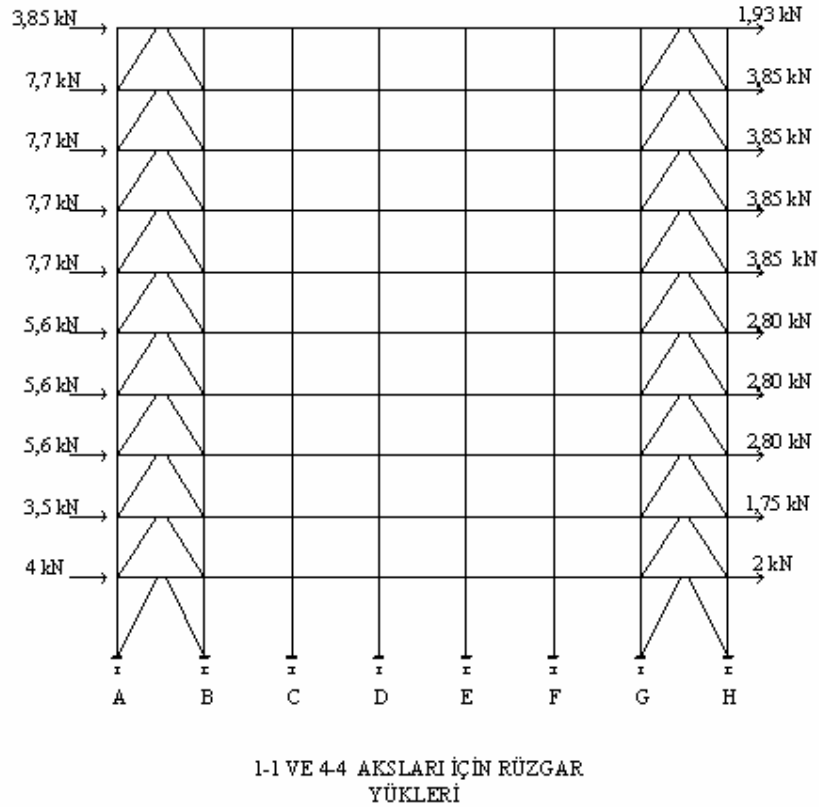
Tablo 3.1 : Yüksekliğe Bağlı Olarak Rüzgar Hızı ve Emme (TS 498)

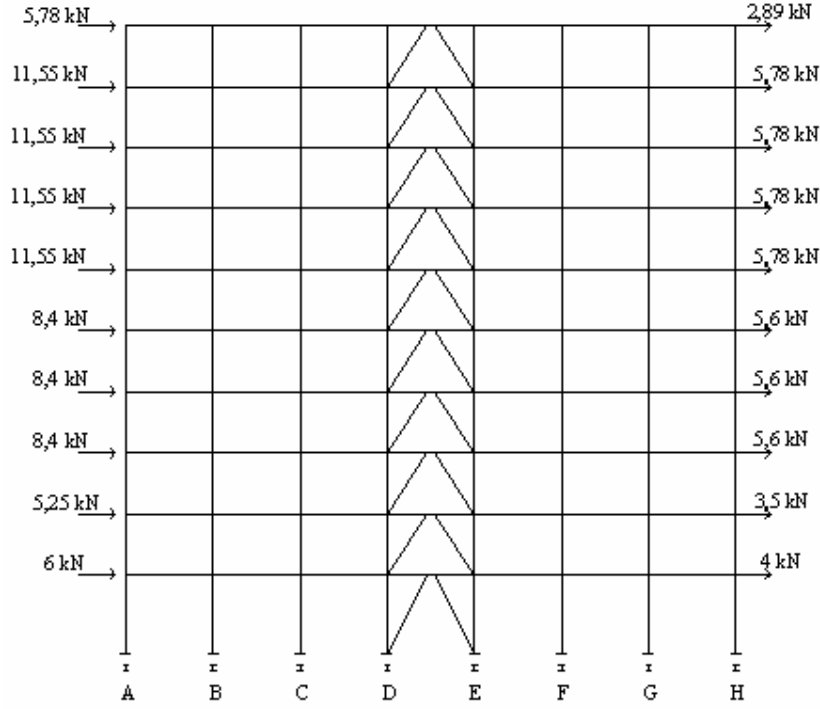
Zeminden Yükseklik (m)	Rüzgar Hızı (m/sn)	Emme q (kN/m^2)
0 – 8	28	0,50
9 – 20	36	0,80
21 – 100	42	1,10
>100	46	1,30

Rüzgar yüğüleri sisteme yapının zeminden yüksekliğine bağlı olarak etkili alan metodu yardımı ile düğüm noktalarına yapının her iki doğrultusunda etkilmiştir.



Şekil 3.1 : Pozitif X yönü rüzgar yükleri





2-2 VE 3-3 AKSLARI İÇİN RÜZGAR YÜKLERİ

Şekil 3.2 : Pozitif Y yönü rüzgar yükleri

3.3.2 Deprem Yükleri

Deprem yüklerinin belirlenmesinde “ABYYHY” dikkate alınmıştır.

Deprem bölgesi.....	II
Bina önem katsayısı (I).....	1,5
Hareketli yük katılım katsayısı (n).....	0,3
Etkin yer ivmesi katsayısı (A ₀).....	0,3
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
Binanın doğal periyodu (T).....	1,81sn
Spektrum katsayısı (S(T)).....	0,74sn

Deprem kuvvetleri yukarıdaki veriler kullanılarak sap 2000 programına hesaplatılmıştır. Ayrıca elle de hesaplanarak kontrol edilmiştir.

$$T > T_B \text{ ise } S(T) = 2,5 \times (T_B / T)^{0,8} \quad (2.2)$$

$$S(T) = 2,5 \times (0,4 / 1,81)^{0,8} = 0,74 \text{sn}$$

$$\text{Toplam eşdeğer deprem yükü ; } V_t = W \times A(T_1) / R_a(T_1) \quad (2.3)$$

$$A(T_1) = A_0 \times I \times S(T) = 0,3 \times 1,5 \times 0,74 = 0,333 \quad (2.4)$$

$$V_t = 34730 \times 0,333 / 7 = 1652,2 \text{ kN} > 0,1 \times A_0 \times I \times W = 1562,8 \text{ kN}$$

$$V_t = 1652,2 \text{ kN}$$

ABYYHY ' e göre $H_N > 25\text{m}$ olduğu için yapının en üst katına etkililen ek eşdeğer deprem yükü (ΔF_N), binanın birinci doğal titreşim periyoduna bağlı olarak hesaplanmıştır.

$$\Delta F_N = 0,07 \times T \times V_t \leq 0,2 \times V_t \quad (2.5)$$

$$\Delta F_N = 0,07 \times 1,82 \times 1652,2 = 210,5 \text{ kN}$$

3.4 Düşey Yükler

3.4.1 Çatı Katı Yükleri (+ 36,00 m kotu Yükleri)

$$\text{Yapının plandaki alanı} = 35 \times 12,5 = 437,5 \text{ m}^2$$

$$\sum G = \sum g \times A$$

$$(6,44 - 0,40) \times 437,5 = 2644 \text{ kN}$$

$$\text{Dış cephe yükü} = 0,40 \times 166 = 66 \text{ kN}$$

$$\sum G = 2644 + 66 = 2710 \text{ kN}$$

$$\sum Q = \sum q \times A$$

$$\sum Q = (2,00 + 0,75) \times 437,5 = 1203 \text{ kN}$$

$$\sum W = \sum G + \sum Q = 2710 + 1203 = 3913 \text{ kN}$$

$$\sum W_{EQ} = \sum G + n \sum Q = 2710 + 0,3 \times 1203 = 3070 \text{ Kn}$$

3.4.2 Ara Kat Yükleri

3.4.2.1 (+ 32,50 m, + 29,00m, + 25.50m, kotu Yükleri)

$$\sum G = \sum g \times A , \quad (6,96 - 0,40) \times 437,5 = 2872 \text{ kN}$$

$$\text{Dış cephe yükü} = 0,40 \times 332,5 = 133 \text{ kN}, \quad \sum G = 2872 + 133 = 3005 \text{ kN}$$

$$\sum Q = \sum q \times A \quad \text{Alan (koridor)} = 87,5 \text{ m}^2, \quad \text{Alan (oda)} = 350 \text{ m}^2$$

$$\sum Q = (5,00 \times 87,5 + 3,50 \times 350) = 1663 \text{ kN}$$

$$\sum W = \sum G + \sum Q = 3005 + 1663 = 4668 \text{ kN}$$

$$\sum W_{EQ} = \sum G + n \sum Q = 3005 + 0,3 \times 1663 = 3504 \text{ kN}$$

3.4.2.2 (+ 22,00 m, + 18,50m, + 15.00m, kotu Yükleri)

$$\sum G = \sum g \times A , \quad (6,98 - 0,40) \times 437,5 = 2881 \text{ kN}$$

$$\text{Dış cephe yükü} = 0,40 \times 332,5 = 133 \text{ kN}, \quad \sum G = 2881 + 133 = 3014 \text{ kN}$$

$$\sum Q = \sum q \times A \quad \text{Alan (koridor)} = 87,5 \text{ m}^2, \quad \text{Alan (oda)} = 350 \text{ m}^2$$

$$\sum Q = (5,00 \times 87,5 + 3,50 \times 350) = 1663 \text{ kN}$$

$$\sum W = \sum G + \sum Q = 3014 + 1663 = 4677 \text{ kN}$$

$$\sum W_{EQ} = \sum G + n \sum Q = 3014 + 0,3 \times 1663 = 3513 \text{ kN}$$

3.4.2.3 (+ 11,50 m, + 8,00m, kotu Yükleri)

$$\sum G = \sum g \times A , \quad (6,99 - 0,40) \times 437,5 = 2885 \text{ kN}$$

$$\text{Dış cephe yükü} = 0,40 \times 332,5 = 133 \text{ kN}, \quad \sum G = 2885 + 133 = 3018 \text{ kN}$$

$$\sum Q = \sum q \times A \quad \text{Alan (koridor)} = 87,5 \text{ m}^2, \quad \text{Alan (oda)} = 350 \text{ m}^2$$

$$\sum Q = (5,00 \times 87,5 + 3,50 \times 350) = 1663 \text{ kN}$$

$$\sum W = \sum G + \sum Q = 3018 + 1663 = 4681 \text{ kN}$$

$$\sum W_{EQ} = \sum G + n \sum Q = 3018 + 0,3 \times 1663 = 3517 \text{ kN}$$

3.4.2.4 (+ 4,50 m kotu Yükleri)

$$\sum G = \sum g \times A , \quad (7,08 - 0,40) \times 437,5 = 2924 \text{ kN}$$

$$\text{Dış cephe yükü} = 0,40 \times 380 = 152 \text{ kN}, \quad \sum G = 2924 + 152 = 3076 \text{ kN}$$

$$\sum Q = \sum q \times A \quad \text{Alan (koridor)} = 87,5 \text{ m}^2, \quad \text{Alan (oda)} = 350 \text{ m}^2$$

$$\sum Q = (5,00 \times 87,5 + 3,50 \times 350) = 1663 \text{ kN}$$

$$\sum W = \sum G + \sum Q = 3076 + 1663 = 4739 \text{ kN}$$

$$\sum W_{EQ} = \sum G + n\sum Q = 3076 + 0,3 \times 1663 = 3575 \text{ kN}$$

Tablo 3.2 : Toplam Bina Yüklere

Kat İsmi	$\sum G$ (kN)	$\sum Q$ (kN)	$\sum W$ (kN)	$\sum W_{EQ}$ (kN)
1	3076	1663	4739	3575
2	3018	1663	4681	3517
3	3018	1663	4681	3517
4	3014	1663	4677	3513
5	3014	1663	4677	3513
6	3014	1663	4677	3513
7	3005	1663	4668	3504
8	3005	1663	4668	3504
9	3005	1663	4668	3504
10	2710	1203	3913	3070
				$\sum W_{EQ} = 34730 \text{ kN}$

4 DEPLASMAN KONTROLLERİ

4.1 Göreli Kat Ötelemeleri

KAT DEPLASMANLARI: (değerler cm cinsindedir)

X DOĞRULTUSU	KAT10	Y DOĞRULTUSU								
<table border="1"><tr><td>4.121</td><td>4.121</td></tr><tr><td>3.839</td><td>3.839</td></tr></table>	4.121	4.121	3.839	3.839		<table border="1"><tr><td>4.614</td><td>6.510</td></tr><tr><td>4.614</td><td>6.510</td></tr></table>	4.614	6.510	4.614	6.510
4.121	4.121									
3.839	3.839									
4.614	6.510									
4.614	6.510									
(Δi)max= 0.31900 (Δi)min= 0.30500 (Δi)ort= 0.31200 ηbi = 1.02244 A1 Düzensizliği YOK ηki = 0.31200 B2 Düzensizliği YOK		(Δi)max= 0.27800 (Δi)min= 0.18700 (Δi)ort= 0.23250 ηbi = 1.19570 A1 Düzensizliği YOK ηki = 0.23250 B2 Düzensizliği YOK								
X DOĞRULTUSU	KAT9	Y DOĞRULTUSU								
<table border="1"><tr><td>3.802</td><td>3.802</td></tr><tr><td>3.534</td><td>3.534</td></tr></table>	3.802	3.802	3.534	3.534		<table border="1"><tr><td>4.427</td><td>6.232</td></tr><tr><td>4.427</td><td>6.232</td></tr></table>	4.427	6.232	4.427	6.232
3.802	3.802									
3.534	3.534									
4.427	6.232									
4.427	6.232									
(Δi)max= 0.36300 (Δi)min= 0.34400 (Δi)ort= 0.35350 ηbi = 1.02687 A1 Düzensizliği YOK ηki = 1.13301 B2 Düzensizliği YOK		(Δi)max= 0.40500 (Δi)min= 0.27400 (Δi)ort= 0.33950 ηbi = 1.19293 A1 Düzensizliği YOK ηki = 1.46022 B2 Düzensizliği YOK								

X DOĞRULTUSU

KAT8

Y DOĞRULTUSU

3.439	3.439
3.190	3.190

4.153	5.827
4.153	5.827

$(\Delta i)_{\max} = 0.40300$

$(\Delta i)_{\min} = 0.37900$

$(\Delta i)_{\text{ort}} = 0.39100$

$\eta_{bi} = 1.03069$ A1 Düzensizliği YOK

$\eta_{ki} = 1.10608$ B2 Düzensizliği YOK

$(\Delta i)_{\max} = 0.52900$

$(\Delta i)_{\min} = 0.36600$

$(\Delta i)_{\text{ort}} = 0.44750$

$\eta_{bi} = 1.18212$ A1 Düzensizliği YOK

$\eta_{ki} = 1.31811$ B2 Düzensizliği YOK

X DOĞRULTUSU

KAT7

Y DOĞRULTUSU

3.036	3.036
2.811	2.811

3.787	5.298
3.787	5.298

$(\Delta i)_{\max} = 0.43300$

$(\Delta i)_{\min} = 0.40500$

$(\Delta i)_{\text{ort}} = 0.41900$

$\eta_{bi} = 1.03341$ A1 Düzensizliği YOK

$\eta_{ki} = 1.07161$ B2 Düzensizliği YOK

$(\Delta i)_{\max} = 0.64000$

$(\Delta i)_{\min} = 0.45100$

$(\Delta i)_{\text{ort}} = 0.54550$

$\eta_{bi} = 1.17324$ A1 Düzensizliği YOK

$\eta_{ki} = 1.21899$ B2 Düzensizliği YOK

X DOĞRULTUSU

KAT6

Y DOĞRULTUSU

2.603	2.603
2.406	2.406

3.336	4.658
3.336	4.658

$(\Delta i)_{\max} = 0.45000$

$(\Delta i)_{\min} = 0.41900$

$(\Delta i)_{\text{ort}} = 0.43450$

$\eta_{bi} = 1.03567$ A1 Düzensizliği YOK

$\eta_{ki} = 1.03699$ B2 Düzensizliği YOK

$(\Delta i)_{\max} = 0.73400$

$(\Delta i)_{\min} = 0.52200$

$(\Delta i)_{\text{ort}} = 0.62800$

$\eta_{bi} = 1.16879$ A1 Düzensizliği YOK

$\eta_{ki} = 1.15124$ B2 Düzensizliği YOK

X DOĞRULTUSU

KAT5

Y DOĞRULTUSU

2.153	2.153
1.987	1.987

2.814	3.924
2.814	3.924

$$(\Delta i)_{\max} = 0.45600$$

$$(\Delta i)_{\min} = 0.42200$$

$$(\Delta i)_{\text{ort}} = 0.43900$$

$$\eta_{bi} = 1.03872 \text{ A1 Düzensizliği YOK}$$

$$\eta_{ki} = 1.01036 \text{ B2 Düzensizliği YOK}$$

$$(\Delta i)_{\max} = 0.80100$$

$$(\Delta i)_{\min} = 0.57400$$

$$(\Delta i)_{\text{ort}} = 0.68750$$

$$\eta_{bi} = 1.16509 \text{ A1 Düzensizliği YOK}$$

$$\eta_{ki} = 1.09475 \text{ B2 Düzensizliği YOK}$$

X DOĞRULTUSU

KAT4

Y DOĞRULTUSU

1.697	1.697
1.565	1.565

2.240	3.123
2.240	3.123

$$(\Delta i)_{\max} = 0.44700$$

$$(\Delta i)_{\min} = 0.41100$$

$$(\Delta i)_{\text{ort}} = 0.42900$$

$$\eta_{bi} = 1.04196 \text{ A1 Düzensizliği YOK}$$

$$\eta_{ki} = 0.97722 \text{ B2 Düzensizliği YOK}$$

$$(\Delta i)_{\max} = 0.84700$$

$$(\Delta i)_{\min} = 0.61000$$

$$(\Delta i)_{\text{ort}} = 0.72850$$

$$\eta_{bi} = 1.16266 \text{ A1 Düzensizliği YOK}$$

$$\eta_{ki} = 1.05964 \text{ B2 Düzensizliği YOK}$$

X DOĞRULTUSU

KAT3

Y DOĞRULTUSU

1.250	1.250
1.154	1.154

1.630	2.276
1.630	2.276

$$(\Delta i)_{\max} = 0.42200$$

$$(\Delta i)_{\min} = 0.38700$$

$$(\Delta i)_{\text{ort}} = 0.40450$$

$$\eta_{bi} = 1.04326 \text{ A1 Düzensizliği YOK}$$

$$\eta_{ki} = 0.94289 \text{ B2 Düzensizliği YOK}$$

$$(\Delta i)_{\max} = 0.85500$$

$$(\Delta i)_{\min} = 0.61800$$

$$(\Delta i)_{\text{ort}} = 0.73650$$

$$\eta_{bi} = 1.16090 \text{ A1 Düzensizliği YOK}$$

$$\eta_{ki} = 1.01098 \text{ B2 Düzensizliği YOK}$$

X DOĞRULTUSU		KAT2	Y DOĞRULTUSU	
0.828	0.828		1.012	1.421
0.767	0.767		1.012	1.421
$(\Delta i)_{max} = 0.40200$ $(\Delta i)_{min} = 0.36900$ $(\Delta i)_{ort} = 0.38550$ $\eta_{bi} = 1.04280$ A1 Düzensizliği YOK $\eta_{ki} = 0.95303$ B2 Düzensizliği YOK			$(\Delta i)_{max} = 0.79800$ $(\Delta i)_{min} = 0.57400$ $(\Delta i)_{ort} = 0.68600$ $\eta_{bi} = 1.16327$ A1 Düzensizliği YOK $\eta_{ki} = 0.93143$ B2 Düzensizliği YOK	

X DOĞRULTUSU		KAT1	Y DOĞRULTUSU	
0.426	0.426		0.438	0.623
0.398	0.398		0.438	0.623
$(\Delta i)_{max} = 0.42600$ $(\Delta i)_{min} = 0.39800$ $(\Delta i)_{ort} = 0.41200$ $\eta_{bi} = 1.03398$ A1 Düzensizliği YOK $\eta_{ki} = 1.06874$ B2 Düzensizliği YOK			$(\Delta i)_{max} = 0.62300$ $(\Delta i)_{min} = 0.43800$ $(\Delta i)_{ort} = 0.53050$ $\eta_{bi} = 1.17436$ A1 Düzensizliği YOK $\eta_{ki} = 0.77332$ B2 Düzensizliği YOK	

$$(\Delta i)_{max}/h_i \leq 0.0035$$

$$(\Delta i)_{max}/h_i \leq 0.02/R$$

$$0.00244 < 0.0025 \quad \text{UYGUN}$$

$$\eta_{bi} = (\Delta i)_{max} / (\Delta i)_{ort} > 1.2$$

$$\eta_{ki} = (\Delta i)_{ort} / (\Delta i+1)_{ort} > 1.5$$

4.2 Göreli Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması

Her katta ilgili deprem doğrultusu için $(\Delta i)_{max} / h_i \leq 0,0035$ veya $\leq 0,02 / R$ olmalıdır. Sistemde $(\Delta i)_{max} / h_i = 0,00236 < (0,02 / R) = 0,0025$ olduğundan sistemin yapmış olduğu deplasmanlar kabul edilebilir sınırlar içerisinde.

4.3 Düzensizlik Durumları

A1 Burulma Düzensizliği : $\eta_{bi} = (\Delta_i)_{max} / (\Delta_i)_{ort} > 1.2$ koşulu hiçbir katta gerçekleşmediğinden yapıda A1 türü düzensizlik yoktur.

A2 Döşeme Süreksizlikleri : Katlarda yerel döşeme boşlukları bulunmamaktadır. Katlar kendi içinde rijit diyafram olarak çalışmaktadır. Yapıda A2 türü düzensizlik bulunmamaktadır.

A3 Planda Çıkıntılar Bulunması : Yapıda planda bir çıkıntı bulunmadığından A3 türü düzensizlik bulunmamaktadır.

A4 Taşıyıcı Eleman Eksenlerinin Paralel Olmaması : Yapıda asal eksenleri deprem doğrultularına paralel olmayan taşıyıcı sistem elemanı olmadığından A4 türü düzensizlik yoktur.

B1 Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (Zayıf Kat) : Çelik bina B1 türü düzensizlik yoktur.

B2 Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat) :

$\eta_{bi} = (\Delta_i)_{ort} / (\Delta_{i+1})_{ort} > 1.5$ koşulu hiçbir katta gerçekleşmediğinden yapıda A1 türü düzensizlik yoktur.

B3 Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizliği : Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarında süreksizlik sözkonusu olmadığından B3 türü düzensizlik yoktur.

5 YÜK DURUMLARI VE KOMBİNASYONLAR

5.1 Yük Durumları

Self = Taşıyıcı sistem zati ağırlığı

G = Sabit yükler

Q = Hareketli yükler

EXP = + %5 dışmerkezlikli + X yönü deprem yüklemesi

EXN = - %5 dışmerkezlikli + X yönü deprem yüklemesi

EYP = + %5 dışmerkezlikli + Y yönü deprem yüklemesi

EYN = - %5 dışmerkezlikli + Y yönü deprem yüklemesi

FNX = + X yönü ek eşdeğer deprem yüklemesi

FNY = + Y yönü ek eşdeğer deprem yüklemesi

WXP = + X yönü rüzgar yüklemesi

WXN = - X yönü rüzgar yüklemesi

WYP = + Y yönü rüzgar yüklemesi

WYN = - Y yönü rüzgar yüklemesi

5.2 Kombinasyonlar

$1,35G + 1,5Q = 1,35 \times \text{zati ağırlık} + 1,5 \times \text{hareketli yükler}$

XPDP = + X deprem yüklemesi (+ %5 dışmerkezlikli) + zati ağırlık + sabit yükler + hareketli yükler

XPDN = - X deprem yüklemesi (+ %5 dışmerkezlikli) + zati ağırlık + sabit yükler + hareketli yükler

XNDP = + X deprem yüklemesi (- %5 dışmerkezlikli) + zati ağırlık + sabit yükler + hareketli yükler

XNDN = - X deprem yüklemesi (- %5 dışmerkezlikli) + zati ağırlık + sabit yükler + hareketli yükler

YPDP = + Y deprem yüklemesi (+ %5 dışmerkezlikli) + zati ağırlık + sabit yükler + hareketli yükler

YPDN = - Y deprem yüklemesi (+ %5 dışmerkezlikli) + zati ağırlık + sabit yükler + hareketli yükler

YNDP = + Y deprem yüklemesi (- %5 dışmerkezlikli) + zati ağırlık + sabit yükler + hareketli yükler

YNDN = - Y deprem yüklemesi (- %5 dışmerkezlikli) + zati ağırlık + sabit yükler + hareketli yükler

$1,35GQWXP = 1,35 \times (\text{zati ağırlık} + \text{sabit yükler} + \text{hareketli yükler} + +X \text{ yönü rüzgar yüklemesi})$

$1,35GQWXN = 1,35 \times (\text{zati ağırlık} + \text{sabit yükler} + \text{hareketli yükler} + -X \text{ yönü rüzgar yüklemesi})$

$1,35GQWYP = 1,35 \times (\text{zati ağırlık} + \text{sabit yükler} + \text{hareketli yükler} + +Y \text{ yönü rüzgar yüklemesi})$

$1,35GQWYN = 1,35 \times (\text{zati ağırlık} + \text{sabit yükler} + \text{hareketli yükler} + -Y \text{ yönü rüzgar yüklemesi})$

$1,35G + 1,5WXP = 1,35 \times (\text{zati ağırlık} + \text{sabit yükler}) + 1,5 \times (+ X \text{ yönü rüzgar Yüklemesi})$

$1,35G + 1,5WXN = 1,35 \times (\text{zati ağırlık} + \text{sabit yükler}) + 1,5 \times (- X \text{ yönü rüzgar Yüklemesi})$

$1,35G + 1,5WYP = 1,35 \times (\text{zati ağırlık} + \text{sabit yükler}) + 1,5 \times (+ Y \text{ yönü rüzgar Yüklemesi})$

$1,35G + 1,5WYN = 1,35 \times (\text{zati ağırlık} + \text{sabit yükler}) + 1,5 \times (- Y \text{ yönü rüzgar Yüklemesi})$

6 TAŞIYICI ELEMANLARIN ENKESİT ÖZELLİKLERİ

6.1 Kullanılan Profillerin Enkesit Özellikleri

Sistemin dizaynında 3 ayrı kolon profili kullanılmıştır. Yapının 9,75m yüksekliğine kadar olan kısımda HE340 M , 9,75m'den 20,25m'ye kadar olan kısımda HE320 M, 20,25m'den sonra yapının en üst noktasına kadar (36m' ye kadar) HE300 M profili kullanılmıştır.

Kat kirişlerinde tek bir profil kullanılmıştır. Hem rijit bağlı kat kirişlerinde hem de basit bağlı kat kirişlerinde HE280 A profili kullanılmıştır.

Döşeme kirişlerinde birçok alternatif denenmiş olup bunların karşılaştırılması kesit hesaplarında gösterilmiştir. Dizayn aşamasında döşeme kirişleri kompozit olarak tercih edilmiş olup IPE200 profili kullanılmıştır.

Yapının X doğrultusunda rijitliğini artıran süneklik düzeyi yüksek dışmerkez çelik çaprazlar kullanılmıştır. Kullanılan çaprazlar boru kesit olup D168,3 x 4 profilidir.

Tablo 6.1’de sistemde kullanılan tüm profillerin enkesit özellikleri verilmiş olup kullanılan sembollerin anlamları da aşağıda açıklanmıştır.

h : Profil yüksekliği

b : Profil başlık genişliği

t_w : Profil gövde kalınlığı

t_f : Profil başlık kalınlığı

r : Profil boyun eğriliği

A : Profil enkesit alanı

d : Profil gödesinin 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_t : Enkesit burulma dayanımı

I_w : Enkesitin çarpılma dayanımı

Tablo 6.1 : Kolon, kiriş, düşey çapraz profillerinin enkesit özellikleri

Profil Enkesiti	h (mm)	b (mm)	t_w (mm)	t_f (mm)	r (mm)	A (cm ²)	d (mm)	I_y (cm ⁴)	W_y (cm ³)
HE300M	340	310	21	39	27	303,1	208	59200	3482
HE320M	359	309	21	40	27	312,0	225	68130	3796
HE340M	377	309	21	40	27	315,8	243	76370	4052
HE280A	270	280	8	13	24	97,26	196	13670	1013
IPE200	200	100	5,6	8,5	12	28,48	159	1943	194,3
D168,3	---	---	4	---	---	20,6	---	697	82,8
Profil Enkesiti	$W_{pl,y}$ (cm ³)	i_y (cm)	I_z (cm ⁴)	W_z (cm ³)	$W_{pl,z}$ (cm ³)	i_z (cm)	I_T (cm ⁴)	$I_w 10^3$ (cm ⁶)	

HE300M	4078	13,98	19400	1252	1913	8,00	1408	4386	
HE320M	4435	14,78	19710	1276	1951	7,95	1501	5004	
HE340M	4718	15,55	19710	1276	1953	7,90	1506	5584	
HE280A	1112	11,86	4763	340,2	518,1	7	62,1	785,4	
IPE200	220,6	8,26	142,4	28,47	44,61	2,24	6,98	12,99	
D168,3	108	5,81	697	82,8	108	5,81	1394	---	

6.2 Kullanılan Malzeme Özellikleri

Tüm taşıyıcı sistem elemanlarında Fe-430 sınıfı çelik kullanılmıştır. Döşeme ve temel betonu olarak BS 25 sınıfı beton kullanılmıştır. Çelik ve betonun malzeme özellikleri tablo 6.2’de verilmiştir.

Tablo 6.2 : Fe-430 ve BS 25’in malzeme özellikleri

Malzeme	Fe - 430	BS 25
Birim hacim kütlesi (kN/m ³)	7,85	2,5
Birim hacim ağırlığı (kN/m ³)	76,98	24,52
Elastisite modülü (kN/m ²)	2,1x10 ⁸	3x10 ⁷
Poisson oranı	0,3	0,3
Materyal tipi	İzotropik	İzotropik
Akma gerilmesi (kN/m ²)	275000	
Çekme dayanımı (kN/m ²)	430000	
Beton tasarım basınç dayanımı (kN/m ²)		16700

7 TAŞIYICI SİSTEM ELEMANLARININ BOYUTLANDIRILMASI

7.1 Kolonların Enkesit Hesabı

Sistemin sap 2000 programı ile analizi sonucu en elverişsiz durumdaki iç kuvvetler dikkate alınarak hesaplamalar gerçekleştirilmiştir. En elverişsiz durumdaki iç kuvvetler daha önce seçilen HE340 M profiline etkimektedir.

Seçilen kolon kesiti: HE340 M

(1. Kattaki C2,C3,F2,F3 akslarında bulunan kolonlar için)

Kesit Tesirleri: $N_{sd} = - 2645 \text{ kN}$; $M_{sd} = 240 \text{ kNm}$; $V_{sd} = 70 \text{ kN}$

Enkesit sınıfının saptanması: $\varepsilon = \sqrt{235/f_y} = \sqrt{235/275} = 0,92$

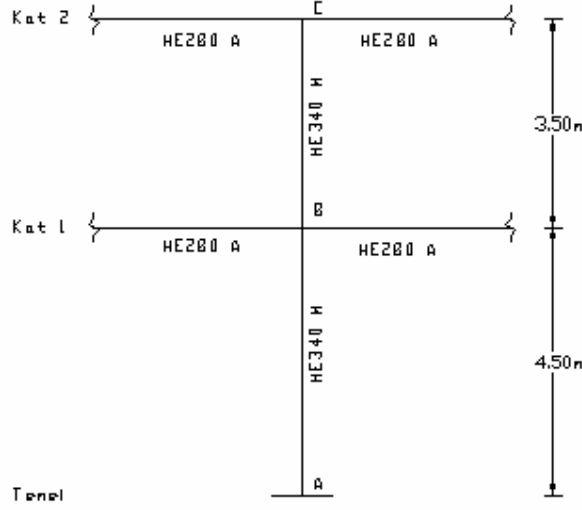
Başlık enkesit sınıfı : $c / t_f = 15,45 / 4 = 3,86 \leq 10\varepsilon$ olduğundan başlık enkesit sınıfı 1

$$\alpha = \frac{1}{2} \times \left(\frac{0,3 \times A}{d \times t_w} + 1 \right) = \frac{1}{2} \times \left(\frac{0,3 \times 315,8}{243 \times 2,1} + 1 \right) = 1,428 > 0,5$$

Gövde enkesit sınıfı : $\frac{d}{t_w} \leq \frac{396\varepsilon}{13\alpha - 1}$ koşulu sağlanırsa gövde enkesiti de sınıf 1'dir.

$$\frac{24,3}{2,1} \leq \frac{396 \times 0,92}{(13 \times 1,428 - 1)} \Rightarrow 11,57 < 20,74 \quad \text{gövde enkesit sınıfı 1 ve tüm enkesit de sınıf 1'e aittir.}$$

Eğilmeli burkulma kontrolü :



Şekil 7.1 : Hesabı yapılan kolonun zayıf eksen burkulma boyu düzlemi

$L_{kiriş} = 500\text{cm}$, $I_y = 13670\text{ cm}^4$ etkili kiriş katsayıları birbirlerine eşit olup ;

$$K = \frac{13670}{500} = 27,34 \quad L_{AB} = 450\text{ cm}, L_{BC} = 350\text{ cm}, I_y = 76370\text{ cm}^4$$

$$K_{AB} = \frac{76370}{450} = 169,71 \quad K_{BC} = \frac{76370}{350} = 218,2$$

AB kolonunda dağıtma katsayıları :

$$\eta_A = 0 \text{ (ankastre)} \quad \eta_B = \frac{169,71 + 218,2}{169,71 + 218,2 + 27,34 \times 2} = \frac{387,91}{442,59} = 0,876$$

AB kolonunda burkulma boyu (yanal doğrultuda öteleme var)

$$\frac{1}{L} = \left(\frac{1 - 0,2 \times (\eta_1 + \eta_2) - 0,12 \times \eta_1 \times \eta_2}{1 - 0,8 \times (\eta_1 + \eta_2) - 0,6 \times \eta_1 \times \eta_2} \right)^{0,5} \Rightarrow \frac{1}{L} = \left(\frac{1 - 0,2 \times (\eta_1 + \eta_2) - 0,12 \times \eta_1 \times \eta_2}{1 - 0,8 \times (\eta_1 + \eta_2) - 0,6 \times \eta_1 \times \eta_2} \right)^{0,5}$$

$$\frac{1}{L} = 1,66 \quad s_{ky} = 1,66 \times 450 = 747\text{cm} , \quad s_{kz} = 450\text{ cm}$$

$$\lambda_y = \frac{s_{ky}}{i_y} = \frac{747}{15,55} = 48,04 \quad \lambda_z = \frac{s_{kz}}{i_z} = \frac{450}{7,9} = 56,96$$

$$\lambda_1 = \pi \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \pi \times \sqrt{\frac{21000}{27,5}} = 86,82$$

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = \frac{48,04}{86,82} = 0,55 \quad \bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = \frac{56,96}{86,82} = 0,66$$

Profil geometrisi :

$$\frac{h}{b} = \frac{377}{309} = 1,22 > 1,2 \quad t_f = 4,0\text{mm} \leq 40\text{mm} \text{ olduğundan y-y eksenine dik burkulmada}$$

a eğrisi, z-z eksenine dik burkulmada b eğrisi kullanılacaktır.

$$\bar{\lambda}_y = 0,55 \rightarrow \text{a eğrisi} \rightarrow \chi_y = 0,90715 \quad \bar{\lambda}_z = 0,66 \rightarrow \text{b eğrisi} \rightarrow \chi_z = 0,80506$$

$$k_y = 1,7$$

$$\text{Eğilmeli burkulma tahkiki} = \frac{N_{sd}}{\chi_{min} \times A \times f_y / \gamma_{M1}} + \frac{k_y \times M_{ysd}}{W_{y,pl} \times f_y / \gamma_{M1}} + \frac{k_z \times M_{zsd}}{W_{z,pl} \times f_y / \gamma_{M1}} \leq 1$$

İhmal edilebilir

$$\frac{2645}{0,80506 \times 315,8 \times 27,5 / 1,1} + \frac{1,7 \times 24000}{4718 \times 27,5 / 1,1} = 0,76 \leq 1$$

$$\text{Eğilmeli burulmalı burkulma tahkiki} = \frac{N_{sd}}{\chi_z \times A \times f_y / \gamma_{M1}} + \frac{k_{LT} \times M_{ysd}}{\chi_{LT} \times W_{y,pl} \times f_y / \gamma_{M1}} \leq 1$$

$L_{LT} = 450\text{cm}$, $k = k_w = 0,75$ (uçları eksenlerine dik doğrultuda öteleme yapan çubuklar) $\psi = 0,7$ $C_1 = 1,6$ olarak alınmıştır. $I_{LT} = 0,75 \times 450 = 337,5 \text{ cm}$

$$M_{cr} = C_1 \times \frac{\pi^2 \times E \times I_z}{I_{LT}^2} \times \sqrt{\frac{(k/k_w)^2 \times I_w + 0,039 \times I_{LT}^2 \times I_t}{I_z}}$$

$$M_{cr} = 1,6 \times \frac{\pi^2 \times 21000 \times 19710}{337,5^2} \times \sqrt{\frac{(1)^2 \times 5584000 + 0,039 \times 337,5^2 \times 1506}{19710}}$$

$$M_{cr} = 1431960 \text{ kNcm}$$

$$\lambda_{LT} = \sqrt{\frac{\pi^2 \times E \times W_{y,pl}}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{\pi^2 \times 21000 \times 4718}{1431960}} = 26,13$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \frac{\lambda_{LT}}{\lambda_1} = \frac{26,13}{86,82} = 0,3 \rightarrow \text{a} \rightarrow \chi_{LT} = 0,9775 \quad \chi_z = 0,80506 \quad k_{LT} = 1$$

$$\frac{N_{sd}}{\chi_z \times A \times f_y / \gamma_{M1}} + \frac{k_{LT} \times M_{ysd}}{\chi_{LT} \times W_{y,pl} \times f_y / \gamma_{M1}} \leq 1$$

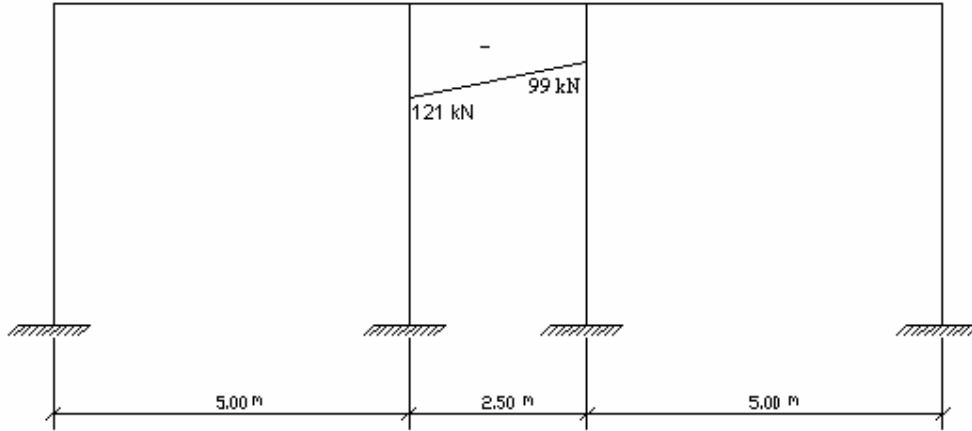
$$\frac{2645}{0,80506 \times 315,8 \times 27,5 / 1,1} + \frac{1 \times 24000}{0,9775 \times 4718 \times 27,5 / 1,1} = 0,63 \leq 1$$

7.2 Çerçeve Kirişlerinin Hesabı

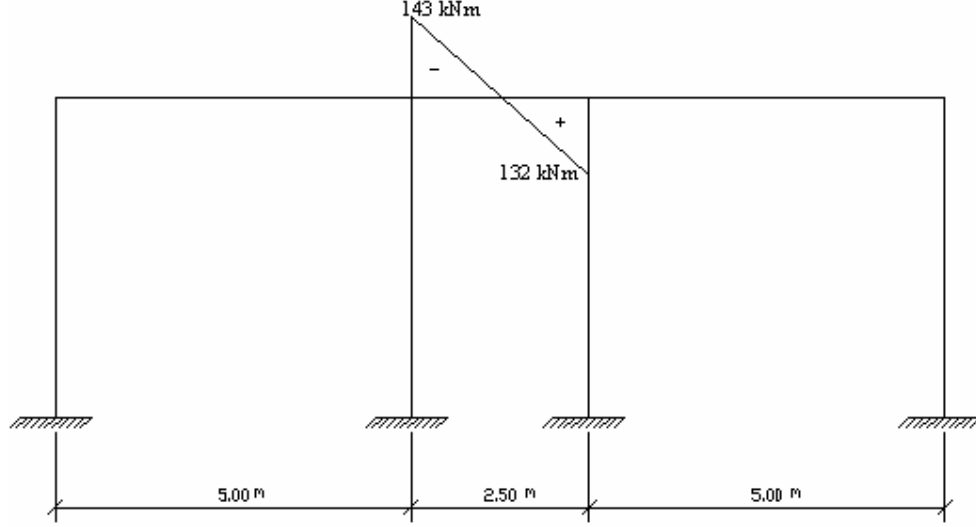
Seçilen kiriş kesiti: HE280 A

Kesit Tesirleri: $M_{sd} = -143 \text{ kNm}$; $V_{sd} = -121 \text{ kN}$

Bilgisayar analizinin incelenmesi sonucunda çerçeve kirişlerini etkileyen en büyük tesir kuvvetlerinin rüzgar yükünün bulunduğu kombinasyonlarda olduğu gözlenmiştir. Aşağıda en elverişsiz kombinasyon altında kirişte meydana gelen kesme kuvveti ve moment diyagramları görülmektedir.



Şekil 7.2 : Çerçeve kirişinin en elverişsiz durumdaki kesme kuvveti diyagramı



Şekil 7.3 : Çerçeve kirişinin en elverişsiz durumdaki moment diyagramı

$$\text{Enkesit sınıfının saptanması: } \varepsilon = \sqrt{235/f_y} = \sqrt{235/275} = 0,92$$

Başlık enkesit sınıfı : $c / t_f = 14 / 1,3 = 10,17 \leq 15\varepsilon$ olduğundan başlık enkesit sınıfı 3

$$\alpha = \frac{1}{2} \times \left(\frac{0,3 \times A}{d \times t_w} + 1 \right) = \frac{1}{2} \times \left(\frac{0,3 \times 97,26}{19,6 \times 0,8} + 1 \right) = 1,4 > 0,5$$

Gövde enkesit sınıfı : $\frac{d}{t_w} \leq \frac{456\varepsilon}{13\alpha - 1}$ koşulu sağlanırsa gövde enkesiti de sınıf 1'dir.

$$\frac{196}{8} \leq \frac{456 \times 0,92}{(13 \times 1,4 - 1)} \Rightarrow 24,5 \leq 24,5 \text{ gövde enkesit sınıfı 2 ve tüm enkesit sınıfı 3'e}$$

aittir.

Kesme dayanımı kontrolü :

$$V_{sd} \leq V_{pl,Rd} = \frac{A_v \times f_y}{\sqrt{3} \times \gamma_{Mo}}$$

$$A_v = 1,04 \times h \times t_w = 1,04 \times 27 \times 0,8 = 22,464 \text{ cm}^2$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{22,464 \times 27,5}{\sqrt{3} \times 1,1} = 324 \text{ kN} > 121 \text{ kN}$$

$0,5 \times V_{pl,Rd} = 162 \text{ kN} > V_{sd} = 121 \text{ kN}$ olduğundan dolayı kirişte kesme kuvvetinden dolayı moment dayanımında bir indirgemeye gidilmesine gerek yoktur.

Eğilme dayanımı kontrolü :

$M_{sd} \leq M_{c,Rd}$ olmalıdır. Kullanılan kiriş profili 3. sınıf enkesit olduğu için eğilme

$$\text{dayanımı ; } M_{c,Rd} = \frac{W_{el} \times f_y}{\gamma_{Mo}}$$

$$M_{c,Rd} = \frac{1013 \times 27,5}{1,1} = 25325 \text{ kNcm} = 253,25 \text{ kNm} > M_{sd} = 143 \text{ kNm}$$

Gövdede kayma buruşması:

$d / t_w = 196 / 8 = 24,5 < 69\epsilon = 63,48$ olduğundan gövdede kayma buruşması kontrolü yapılmasına gerek yoktur.

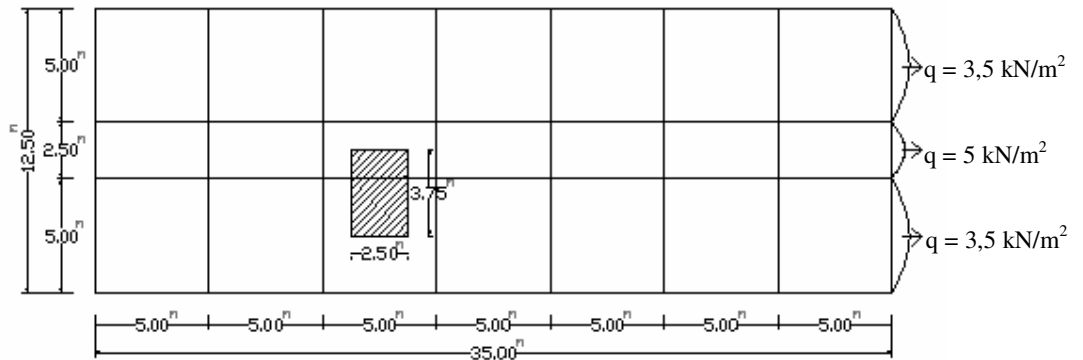
7.3 Basit Mesnetli Kat Kirişlerinin Hesabı

Seçilen kiriş kesiti: HE280 A

Kesit Tesirleri: $M_{sd} = 147 \text{ kNm}$; $V_{sd} = 30,3 \text{ kN}$

Analiz sonucunda elde edilen en elverişsiz kesit tesirleri yukarıda belirtilmiştir. Çerçeve kirişleri ile basit mesnetli kat kirişlerinde aynı profil kullanıldığı için ve basit mesnetli kat kirişlerinde oluşan iç kuvvet tesirleri çerçeve kirişlerinde oluşan iç kuvvet tesirlerinden daha olumsuz bir durum oluşturamayacağından dolayı aynı tahkiklerin tekrar yapılmasına gerek duyulmamıştır. Fakat bu kirişlerde sehim kontrolü yapılmıştır.

Sehim kontrolü : Kirişlerin sehim kontrolünde hesaplar tali kirişlere gelen yükler göz önünde bulundurularak etkili alan yöntemiyle yapılmıştır.



Şekil 7.4 : Basit mesnetli kirişlere etkili alan yöntemiyle yük aktarımı

$g = 4,55 \text{ kN/m}^2$, $q = 3,5 \text{ kN/m}^2$ (odalarda) , $q = 5 \text{ kN/m}^2$ (koridorlarda)

$g = 4,55 \times 1,25 = 5,69 \text{ kN/m}$, $q = (3,5+5)/2 \times 1,25 = 5,3 \text{ kN/m}$

$$P_g = \frac{(5,69 + 5,3) \times 3 \times \left(\frac{5 + 2,5}{2} \right)}{5} = 24,73 \text{ kN/m}$$

$$P_q = \frac{5,3 \times 3 \times \left(\frac{5 + 2,5}{2} \right)}{5} = 11,925 \text{ kN/m}$$

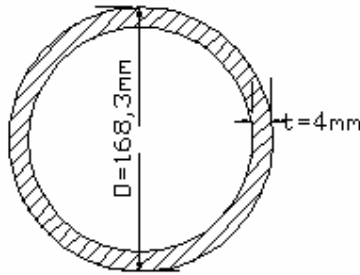
$$\delta_{\max} = \frac{5}{384} \times \frac{P_g \times l^4}{E \times I_y} < \frac{1}{250} \quad , \quad \delta_2 = \frac{5}{384} \times \frac{P_q \times l^4}{E \times I_y} < \frac{1}{350}$$

$$\delta_{\max} = \frac{5}{384} \times \frac{24,73 \times 500^4}{2,1 \times 10^6 \times 13670} = 0,7 \text{ cm} < \frac{500}{250} = 2 \text{ cm}$$

$$\delta_2 = \frac{5}{384} \times \frac{11,925 \times 500^4}{2,1 \times 10^6 \times 13670} = 0,34 \text{ cm} < \frac{500}{350} = 1,43 \text{ cm}$$

7.4 Düşey Stabilite Bağlantılarının Boyutlandırılması

Seçilen kesit: D168,3 x 4



$$A = 20,6 \text{ cm}^2$$

$$I_y = I_z = 5,81 \text{ cm}^4$$

$$L = 430 \text{ cm}$$

Kesit Tesirleri: $N_{sd} = -243 \text{ kN}$

Burkulma boyları ; $S_{ky} = S_{kz} = 1 \times 430 = 430 \text{ cm}$

$$\lambda_y = \lambda_z = 430 / 5,81 = 74$$

Kıyaslama narinliğinin tayini :

$$\lambda_1 = \pi \times \sqrt{\frac{21000}{27,5}} = 86,82 \quad \lambda_{y1}^- = \lambda_{z1}^- = \frac{74}{86,82} = 0,85$$

$$\text{Enkesit sınıfının saptanması: } \varepsilon = \sqrt{235/f_y} = \sqrt{235/275} = 0,92$$

Boru enkesit sınıfı : $d / t = 16,83 / 0,4 = 42,08 \leq 50\varepsilon^2 = 42,32$ olduğundan enkesit sınıfı 1'e aittir. $B_A = 1$ olarak alınır. İndirgeme katsayılarının tayini ;

$$\bar{\lambda}_{y1} = \bar{\lambda}_{z1} = 0,85 \rightarrow a \text{ eğrisi} \rightarrow \chi = 0,69$$

$$N_{sd} = -243 \text{ kN}$$

$$N_{b,Rd} = \chi \times A \times f_y / \gamma = 0,69 \times 20,6 \times 27,5 / 1,1 = 355 \text{ kN}$$

$N_{sd} < N_{b,Rd}$ olduğundan burkulma güvenliği sağlanmaktadır.

7.5 Döşeme Kirişleri Hesabı

7.5.1 Basit Hadde Kiriş Hesabı

Seçilen kesit : IPE 200

Malzeme = Fe 430 , Mesnet açıklığı = 5m , Kiriş açıklıkları = 1,25m

Yük analizi :

Kaplama.....	= 0,22 kN/m ²
Aasma tavan + tesisat.....	= 0,30 kN/m ²
Trapezoidal saç yükü.....	= 0,15 kN/m ²
Betonarme plak yükü (hf = 15cm).....	= 3,75 kN/m ²
Kiriş zati yükü.....	= 0,13 kN/m ²
Hareketli yük.....	= 3,50 kN/m ²

Birim alana gelen yük:

$$\sum g = 4,55 \text{ kN/m}^2 , \sum q = 3,5 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Birim boya gelen yük} = 1,25 \times (1,35 \times 4,55 + 1,5 \times 3,5) = 14,2 \text{ kN/m}$$

$$\text{Enkesit sınıfının saptanması: } \varepsilon = \sqrt{235/f_y} = \sqrt{235/275} = 0,92$$

Başlık enkesit sınıfı : $c / t_f = 50 / 8,5 = 5,88 \leq 10\varepsilon$ olduğundan başlık enkesit sınıfı 1

$$\alpha = \frac{1}{2} \times \left(\frac{0,3 \times A}{d \times t_w} + 1 \right) = \frac{1}{2} \times \left(\frac{0,3 \times 28,48}{15,9 \times 0,56} + 1 \right) = 0,98 > 0,5$$

Gövde enkesit sınıfı : $\frac{d}{t_w} \leq \frac{396\epsilon}{13\alpha - 1}$ koşulu sağlanırsa gövde enkesiti de sınıf 1'dir.

$\frac{159}{5,6} \leq \frac{396 \times 0,92}{(13 \times 0,98 - 1)} \Rightarrow 28,4 < 31,03$ olduğundan gövde enkesiti sınıf 1 ve tüm enkesitte sınıf 1 'e aittir.

Kesit tesirleri :

$$M_{sd} = pl^2 / 8 = (14,2 \times 5^2 / 8) = 44,375 \text{ kNm}$$

$$N_{sd} = M / h = 44,375 / 0,2 = 221,9 \text{ kN} , \quad V_{sd} = pl / 2 = (14,2 \times 5 / 2) = 35,5 \text{ kN}$$

$$N_{pl,Rd} = A \times f_y / \gamma = (28,48 \times 27,5 / 1,1) = 712 \text{ kN} > N_{sd} = 221,9 \text{ kN}$$

$$\text{Kesme dayanımı kontrolü : } V_{pl,Rd} = \frac{A_v \times f_y}{\sqrt{3} \times \gamma_{Mo}}$$

$$A_v = 1,04 \times h \times t_w = 1,04 \times 20 \times 0,56 = 11,648 \text{ cm}^2$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{11,648 \times 27,5}{\sqrt{3} \times 1,1} = 168 \text{ kN} > V_{sd} = 35,5 \text{ kN}$$

$0,5 \times V_{pl,Rd} = 84 \text{ kN} > V_{sd} = 35,5 \text{ kN}$ olduğundan plastik moment dayanımında indirgemeye gerek yoktur.

Eğilme dayanımı

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{pl} \times f_y}{\gamma_{Mo}} = \frac{220,6 \times 27,5}{1,1} = 5515 \text{ kNcm} = 55,15 \text{ kNm} > M_{sd} = 44,375 \text{ kNm}$$

Gövdede kayma buruşması : $d / t_w = 28,4 < 69\epsilon = 63,48$ olduğundan gövdede kayma buruşması kontrolüne gerek yoktur.

Sehim kontrolü :

$$g = 4,55 \text{ kN/m}^2 , \quad q = 3,5 \text{ kN/m}^2$$

$$g = 4,55 \times 1,25 = 5,68 \text{ kN/m}$$

$$q = 3,5 \times 1,25 = 4,375 \text{ kN/m}$$

$$\delta_{\max} = \frac{5}{384} \times \frac{P_g \times l^4}{E \times I_y} < \frac{1}{250} , \quad \delta_2 = \frac{5}{384} \times \frac{P_q \times l^4}{E \times I_y} < \frac{1}{300}$$

$$\delta_{\max} = \frac{5}{384} \times \frac{(5,68 + 4,375) \times 500^4}{2,1 \times 10^6 \times 1943} = 1,99 \text{ cm} < \frac{500}{250} = 2 \text{ cm}$$

$$\delta_2 = \frac{5}{384} \times \frac{4,375 \times 500^4}{2,1 \times 10^6 \times 1943} = 0,87 \text{ cm} < \frac{500}{300} = 1,67 \text{ cm}$$

7.5.2 Sürekli Hadde Kiriş Hesabı

Seçilen kesit : IPE 180

Malzeme = Fe 430 , Mesnet açıklığı = 5m , Kiriş açıklıkları = 1,25m

Yük analizi :

Kaplama.....	= 0,22 kN/m ²
Aasma tavan + tesisat.....	= 0,30 kN/m ²
Trapezoidal saç yükü.....	= 0,15 kN/m ²
Betonarme plak yükü (hf = 15cm).....	= 3,75 kN/m ²
Kiriş zati yükü.....	= 0,11 kN/m ²
Hareketli yük.....	= 3,50 kN/m ²

Birim alana gelen yük:

$$\sum g = 4,53 \text{ kN/m}^2 , \sum q = 3,5 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Birim boya gelen yük} = 1,25 \times (1,35 \times 4,6 + 1,5 \times 3,5) = 14,2 \text{ kN/m}$$

$$\text{Enkesit sınıfının saptanması: } \varepsilon = \sqrt{235/f_y} = \sqrt{235/275} = 0,92$$

Başlık enkesit sınıfı : $c / t_f = 45 / 8 = 5,69 \leq 10\varepsilon$ olduğundan başlık enkesit sınıfı 1

$$\alpha = \frac{1}{2} \times \left(\frac{0,3 \times A}{d \times t_w} + 1 \right) = \frac{1}{2} \times \left(\frac{0,3 \times 23,95}{0,53 \times 14,6} + 1 \right) = 0,96 > 0,5$$

Gövde enkesit sınıfı : $\frac{d}{t_w} \leq \frac{396\varepsilon}{13\alpha - 1}$ koşulu sağlanırsa gövde enkesiti de sınıf 1'dir.

$$\frac{146}{5,3} \leq \frac{396 \times 0,92}{(13 \times 0,96 - 1)} \Rightarrow 27,5 < 31,74 \text{ olduğundan gövde enkesiti sınıf 1 ve tüm}$$

enkesitte sınıf 1 'e aittir.

Kesit tesirleri :

$$M_{sd} = pl^2 / 11 = (14,2 \times 5^2 / 11) = 32,27 \text{ kNm}$$

$$N_{sd} = M / h = 32,27 / 0,18 = 179,3 \text{ kN} , V_{sd} = pl / 2 = (14,2 \times 5 / 2) = 35,5 \text{ kN}$$

$$N_{pl,Rd} = A \times f_y / \gamma = (23,95 \times 27,5 / 1,1) = 598,7 \text{ kN} > N_{sd} = 179,3 \text{ kN}$$

$$\text{Kesme dayanımı kontrolü : } V_{pl,Rd} = \frac{A_v \times f_y}{\sqrt{3} \times \gamma_{Mo}}$$

$$A_v = 1,04 \times h \times t_w = 1,04 \times 18 \times 0,53 = 9,92 \text{ cm}^2$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{9,92 \times 27,5}{\sqrt{3} \times 1,1} = 143,2 \text{ kN} > V_{sd} = 35,5 \text{ kN}$$

$0,5 \times V_{pl,Rd} = 71,6 \text{ kN} > V_{sd} = 35,5 \text{ kN}$ olduğundan plastik moment dayanımında indirgemeye gerek yoktur.

Eğilme dayanımı

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{pl} \times f_y}{\gamma_{Mo}} = \frac{166,6 \times 27,5}{1,1} = 4160 \text{ kNcm} = 41,60 \text{ kNm} > M_{sd} = 32,27 \text{ kNm}$$

Gövdede kayma buruşması : $d / t_w = 27,55 < 69\epsilon = 63,48$ olduğundan gövdede kayma buruşması kontrolüne gerek yoktur..

Sehim kontrolü :

$$g = 4,53 \text{ kN/m}^2, \quad q = 3,5 \text{ kN/m}^2$$

$$g = 4,53 \times 1,25 = 5,66 \text{ kN/m}$$

$$q = 3,5 \times 1,25 = 4,375 \text{ kN/m}$$

$$\delta_{\max} = \frac{5}{384} \times \frac{P_g \times l^4}{E \times I_y} < \frac{1}{250}, \quad \delta_2 = \frac{5}{384} \times \frac{P_q \times l^4}{E \times I_y} < \frac{1}{300}$$

$$\delta_{\max} = \frac{5}{384} \times \frac{(5,66 + 4,375) \times 500^4}{2,1 \times 10^6 \times 1317} = 2,9 \text{ cm} < \frac{500}{250} = 2 \text{ cm}$$

$$\delta_2 = \frac{5}{384} \times \frac{4,375 \times 500^4}{2,1 \times 10^6 \times 1317} = 1,29 \text{ cm} < \frac{500}{300} = 1,67 \text{ cm}$$

Görüldüğü gibi IPE 180 döşeme kirişi sehim limitini aşmıştır. Burada kesitin büyütülmesi veya bu kesite ters sehim verilmesi gerekmektedir.

7.5.3 Petek Kiriş Hesabı

Seçilen kesit : IPE 180

Malzeme = Fe 430 , Mesnet açıklığı = 5m , Kiriş açıklıkları = 1,25m

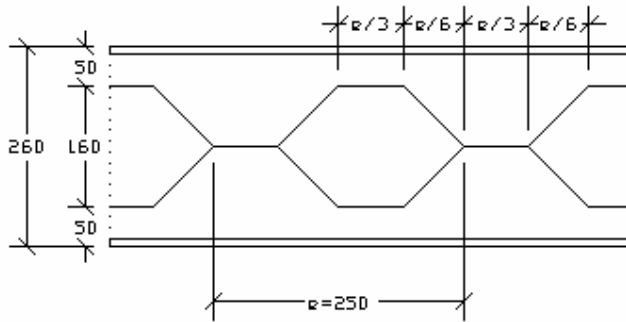
Yük analizi :

Kaplama.....	= 0,22 kN/m ²
Asma tavan + tesisat.....	= 0,30 kN/m ²
Trapezoidal saç yükü.....	= 0,15 kN/m ²
Betonarme plak yükü (hf = 15cm).....	= 3,75 kN/m ²
Kiriş zati yükü.....	= 0,13 kN/m ²
Hareketli yük.....	= 3,50 kN/m ²

Birim alana gelen yük:

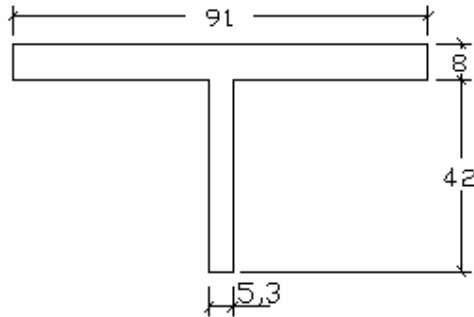
$$\Sigma g = 4,53 \text{ kN/m}^2, \Sigma q = 3,5 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Birim boya gelen yük} = 1,25 \times (1,35 \times 4,6 + 1,5 \times 3,5) = 14,2 \text{ kN/m}$$



Şekil 7.5 : Petek kirişinin geometrik özelliklerinin gösterimi

$$T - \text{Başlığının enkesit sınıfının saptanması: } \varepsilon = \sqrt{235/f_y} = \sqrt{235/275} = 0,92$$



Şekil 7.6 : T – Başlığının geometrik özelliklerinin gösterimi

$$\text{enkesit sınıfı : } c / t_f = 45,5 / 8 = 5,69 < 10\varepsilon$$

$$d / t_w = 42 / 5,3 = 7,9 < 10\varepsilon \text{ enkesit sınıf 1'e aittir.}$$

$$T\text{-kesitinin alanı : } F_T = (9,1 \times 0,8 + 4,2 \times 0,53) \times 2 = 19 \text{ cm}^2$$

$$h_s = 24,4 \text{ cm}$$

$$V_{sd} = 0, M_{sd} = (p \times l^2) / 8 = (14,2 \times 5^2) / 8 = 44,375 \text{ kNm}$$

$$N_{T,sd} = M / h_s = 4437,5 / 24,4 = 181,9 \text{ kN}$$

$$N_{T,Rd} = A \times f_y / \gamma = (19 \times 27,5 / 1,1) = 475 \text{ kN} > N_{T,sd} = 181,9 \text{ kN}$$

(5 - 6) gözünde kontrol : ($X = 5,5 \times 25 = 137,5 \text{ cm}$ 'de)

$$V_{\max,sd} = (14,2 \times 5) / 2 = 35,5 \text{ kN} , V_{sd} = 35,5 - 14,2 \times 1,375 = 15,98 \text{ kN}$$

$$M_{sd} = 35,5 \times 1,375 - [14,2 \times (1,375^2 / 2)] = 33,29 \text{ kNcm}$$

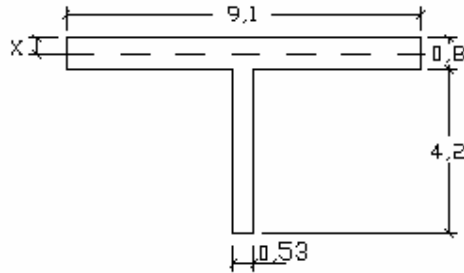
$$M_{T,sd} = (V_{sd} / 2) \times (e / 6) = (15,98 / 2) \times (25 / 6) = 38,25 \text{ kN}$$

$$V_{T,Rd} = \frac{A \times f_y}{\sqrt{3} \times \gamma} = \frac{5 \times 0,53 \times 27,5}{\sqrt{3} \times 1,1} = 38,25 \text{ KN}$$

$V_{T,sd} = V_{sd} / 2 = 15,98 / 2 = 7,99 < 0,5 \times V_{T,Rd} = 19,13 \text{ kN}$ olduğundan M - V etkileşimi yoktur.

$$N_{T,sd} = M_{sd} / h_s = < 0,25 \times N_{R,sd}$$

$3540 / 24,4 = 145 \text{ kN} > 0,25 \times 475 = 118 \text{ kN}$ olduğundan M - N etkileşimi vardır.



$$9,1X = 9,1(0,8-X) + 0,53 \times 4,2$$

$$18,2X = 9,506$$

$$X = 0,52 \text{ cm}$$

$$M_{T,Rd} = \left[9,1 \times \frac{0,52^2}{2} + \frac{(0,8 - 0,52)^2}{2} \times 9,1 + 0,53 \times 4,2 \left(\frac{4,2}{2} + 0,28 \right) \right] \times \frac{27,5}{1,1} = 172 \text{ kNcm}$$

$$M_{N,Rd} = M_{T,Rd} \times \left[1 - \left(\frac{N_{T,sd}}{N_{T,Rd}} \right)^2 \right] > M_{T,sd}$$

$$M_{N,Rd} = 172 \times \left[1 - \left(\frac{145}{475} \right)^2 \right] = 156 \text{ kNcm} > M_{T,sd} = 33,29 \text{ kNcm}$$

İlk gözde kontrol :

$$V_{\max,sd} = 35,5 \text{ kN} , M_{sd} = 0$$

$$M_{T,sd} = (V_{\max,sd} / 2) \times (e / 6) = 835,5 / 2) \times (25 / 6) = 74 \text{ kNcm}$$

$$V_{T,sd} = (V_{\max,sd} / 2) < 0,5 \times V_{T,Rd}$$

$V_{T,sd} = 35,5 / 2 = 17,75 \text{ kN} < 0,5 \times 38,25 = 19,13 \text{ kN}$ olduğundan M – V etkileşimi yoktur.

Derin nüfuziyetli olduklarından küt kaynaklarda kontrol gerekmemektedir.

Sehim kontrolü :

$$g = 4,53 \text{ kN/m}^2, \quad q = 3,5 \text{ kN/m}^2$$

$$g = 4,53 \times 1,25 = 5,66 \text{ kN/m}$$

$$q = 3,5 \times 1,25 = 4,375 \text{ kN/m}$$

$$\delta_{\max} = \frac{5}{384} \times \frac{P_g \times l^4}{E \times I_y} < \frac{l}{250}, \quad \delta_2 = \frac{5}{384} \times \frac{P_q \times l^4}{E \times I_y} < \frac{l}{300}$$

$$\delta_{\max} = \frac{5}{384} \times \frac{(5,66 + 4,375) \times 500^4}{2,1 \times 10^6 \times 2810} = 1,38 \text{ cm} < \frac{500}{250} = 2 \text{ cm}$$

$$\delta_2 = \frac{5}{384} \times \frac{4,375 \times 500^4}{2,1 \times 10^6 \times 2810} = 0,6 \text{ cm} < \frac{500}{300} = 1,67 \text{ cm}$$

7.5.4 Kompozit Hadde Kiriş Hesabı

Seçilen kesit : IPE 200

Malzeme = Fe 430 , Mesnet açıklığı = 5m , Kiriş açıklıkları = 1,25m

Yük analizi :

Kaplama.....	= 0,22 kN/m ²
Asma tavan + tesisat.....	= 0,30 kN/m ²
Trapezoidal saç yükü.....	= 0,15 kN/m ²
Betonarme plak yükü (hf = 15cm).....	= 3,75 kN/m ²
Kiriş zati yükü.....	= 0,13 kN/m ²
Hareketli yük.....	= 3,50 kN/m ²

Birim alana gelen yük:

$$\sum g = 4,55 \text{ kN/m}^2 , \sum q = 3,5 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Birim boya gelen yük} = 1,25 \times (1,35 \times 4,55 + 1,5 \times 3,5) = 14,2 \text{ kN/m}$$

$$\text{Enkesit sınıfının saptanması: } \varepsilon = \sqrt{235/f_y} = \sqrt{235/275} = 0,92$$

Başlık enkesit sınıfı : $c / t_f = 50 / 8,5 = 5,88 \leq 10\varepsilon$ olduğundan başlık enkesit sınıfı 1

$$\alpha = \frac{1}{2} \times \left(\frac{0,3 \times A}{d \times t_w} + 1 \right) = \frac{1}{2} \times \left(\frac{0,3 \times 28,48}{15,9 \times 0,56} + 1 \right) = 0,98 > 0,5$$

Gövde enkesit sınıfı : $\frac{d}{t_w} \leq \frac{396\varepsilon}{13\alpha - 1}$ koşulu sağlanırsa gövde enkesiti de sınıf 1'dir.

$$\frac{159}{5,6} \leq \frac{396 \times 0,92}{(13 \times 0,98 - 1)} \Rightarrow 28,4 > 31,03 \text{ olduğundan gövde enkesiti de sınıfı 1'dir ve}$$

tüm enkesit sınıf 1'ye aittir

Kesit tesirleri :

$$M_{sd} = pl^2 / 8 = (14,2 \times 5^2 / 8) = 44,375 \text{ kNm}$$

$$N_{sd} = M / h = 44,375 / 0,20 = 221,875 \text{ kN} , V_{sd} = pl / 2 = (14,2 \times 5 / 2) = 35,5 \text{ kN}$$

$$N_{pl,Rd} = A \times f_y / \gamma = (28,48 \times 27,5 / 1,1) = 712 \text{ kN} > N_{sd} = 221,875 \text{ kN}$$

$$\text{Kesme dayanımı kontrolü : } V_{pl,Rd} = \frac{A_v \times f_y}{\sqrt{3} \times \gamma_{Mo}}$$

$$A_v = 1,04 \times h \times t_w = 1,04 \times 20 \times 0,56 = 11,648 \text{ cm}^2$$

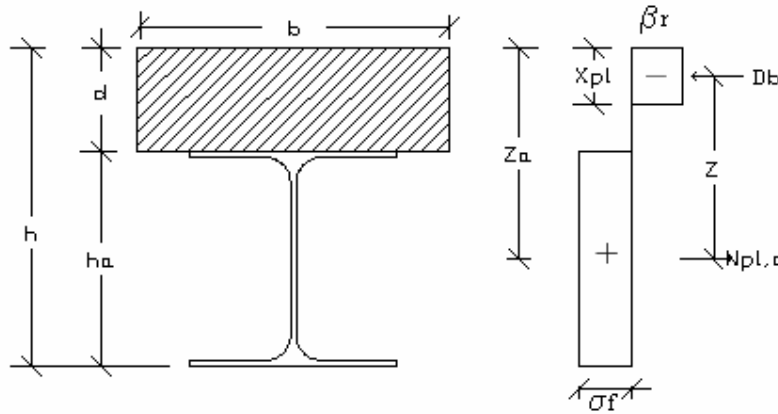
$$V_{pl,Rd} = \frac{11,648 \times 27,5}{\sqrt{3} \times 1,1} = 168,12 \text{ kN} > V_{sd} = 35,5 \text{ kN}$$

$0,5 \times V_{pl,Rd} = 84,06 \text{ kN} > V_{sd} = 35,5 \text{ kN}$ olduğundan plastik moment dayanımında indirgemeye gerek yoktur.

Eğilme dayanımı

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{pl} \times f_y}{\gamma_{Mo}} = \frac{220,6 \times 27,5}{1,1} = 5515 \text{ kNcm} = 55,15 \text{ kNm} > M_{sd} = 44,375 \text{ kNm}$$

Gövdede kayma buruşması : $d / t_w = 28,4 < 69\epsilon = 63,48$ olduğundan gövdede kayma buruşması kontrolüne gerek yoktur.



Şekil 7.7 : Tarafsız eksenin beton başlıktan geçmesi halinde M_{pl} plastik momentinin hesabı

$b = 1 / 5$ alırsak $b = 5 / 5 = 1 \text{ m}$ 'dir.

Beton sınıfı (BS) 25 için $f_{cd} = 17 \text{ N/mm}^2$

Hesapta kullanılacak akma gerilmesi değeri $\sigma_f = 275 / 1,1 = 250 \text{ N/mm}^2$

$B_r = 0,85 \times f_{cd} = 0,85 \times 17 = 14,45 \text{ N/mm}^2$

$$X_{pl} = \frac{\sigma_f \times A}{b \times \beta_r} = \frac{2500 \times 28,48}{100 \times 144,5} = 4,93 \text{ cm}$$

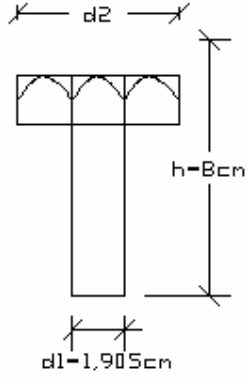
$$X_{pl} / d = 4,93 / 15 = 0,33 < 1 - (e / d) = 1 - (4 / 15) = 0,73$$

$$M_{pl} = 25 \times 28,48 \times [(0,28 / 2) + 0,15 + 0,04 - (0,0493 / 2)]$$

$$M_{pl} = 217 \text{ kNm} > M_{sd} = 44,375 \text{ kNm}$$

Kayma kamalarının hesabı :

Kullanılan beton BS 25 : Eb (elastisite modülü) = 3025,00 kN/cm²



$$h > 50 \text{ mm}$$

$$d_1 / t_f < 4$$

$$\text{plak kalınlığı}(d) = 15 \text{ cm}$$

$$\sigma_f = 27,50 \text{ kN/cm}^2$$

$$\beta_r = 2,50 \text{ kN/cm}^2$$

$$h / d_1 = 4,2 \text{ ise } \alpha = 1$$

$$\max D_s \leq \begin{matrix} 1 \times 0,25 \times 1,905^2 \times \sqrt{3025,00 \times 2,50} = 78,90 \text{ kN} \\ 0,55 \times 1,905^2 \times 27,50 \text{ kN} \end{matrix}$$

$$D_s = 54,89 \text{ kN} , D_b = 2,5 \times 100 \times 4,93 = 1232,5 \text{ kN}$$

$$n_{pl} = D_b / D_s = 1232,5 / 54,89 = 22,45 \text{ ise } 23 \text{ adet kama}$$

$$\text{germ} = 22,45 \times (44,375 / 217) = 4,6 \text{ ise } 5 \text{ adet kama}$$

Kamaların çift sıra konması için gereken minimum kiriş başlık genişliği :

$$2 \times 50 + 4d_1 = 100 + 4 \times 1,905 = 17,62 \text{ cm}$$

$b = 10 \text{ cm} < 17,62 \text{ cm}$ olduğundan kamalar tek sıra konacaktır.

Kiriş boyu = 500 cm , $500 / 38 = 13,16 \text{ cm}$ (kamaların aralık boyları)

Boyuna kama aralıklarının sınırlandırılması :

$$5d_1 = 9,525 \text{ cm} < b = 13,16 \text{ cm} < 60 \text{ cm}$$

Sehim kontrolü :

$$g = 4,55 \text{ kN/m}^2 , q = 3,5 \text{ kN/m}^2$$

$$g = 4,55 \times 1,25 = 5,68 \text{ kN/m} , q = 3,5 \times 1,25 = 4,375 \text{ kN/m}$$

$$\delta_{\max} = \frac{5}{384} \times \frac{(g+q) \times l^4}{E \times I_y} < \frac{1}{250} , \quad \delta_2 = \frac{5}{384} \times \frac{q \times l^4}{E \times I_y} < \frac{1}{300}$$

$$\delta_{\max} = \frac{5}{384} \times \frac{(5,68 + 4,375) \times 500^4}{2,1 \times 10^6 \times 1943} = 1,99 \text{ cm} < \frac{500}{250} = 2 \text{ cm}$$

$$\delta_2 = \frac{5}{384} \times \frac{4,375 \times 500^4}{2,1 \times 10^6 \times 1943} = 0,87 \text{ cm} < \frac{500}{300} = 1,67 \text{ cm}$$

7.5.5 Kompozit Petek Kiriş Hesabı

Seçilen kesit : IPE 160

Malzeme = Fe 430 , Mesnet açıklığı = 5m , Kiriş açıklıkları = 1,25m

Yük analizi :

Kaplama.....	= 0,22 kN/m ²
Asma tavan + tesisat.....	= 0,30 kN/m ²
Trapezoidal saç yükü.....	= 0,15 kN/m ²
Betonarme plak yükü (hf = 15cm).....	= 3,75 kN/m ²
Kiriş zati yükü.....	= 0,095 kN/m ²
Hareketli yük.....	= 3,50 kN/m ²

Birim alana gelen yük:

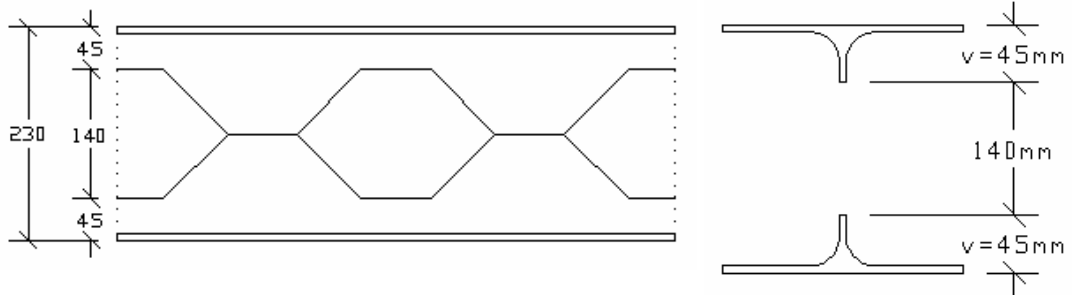
$$\sum g = 4,52 \text{ kN/m}^2 , \sum q = 3,5 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Birim boya gelen yük} = 1,25 \times (1,35 \times 4,52 + 1,5 \times 3,5) = 14,2 \text{ kN/m}$$

Kesit tesirleri :

$$M_{sd} = pl^2 / 8 = (14,2 \times 5^2 / 8) = 44,375 \text{ kNm}$$

$$V_{sd} = pl / 2 = (14,2 \times 5 / 2) = 35,5 \text{ kN}$$

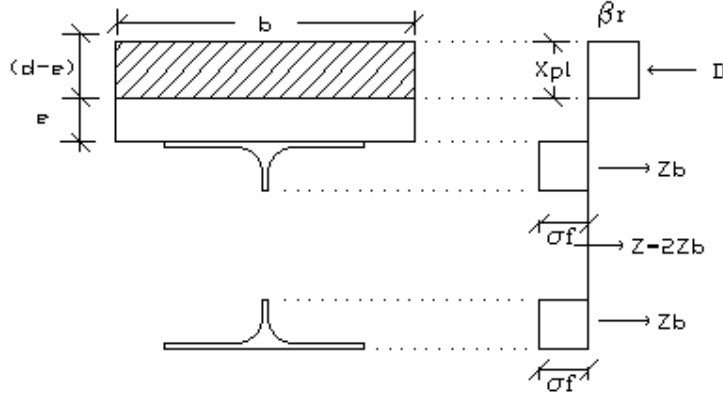


Şekil 7.8 : Kompozit petek kiriş geometrisinin gösterimi

Elde edilen yeni profilin başlık alanı :

$$F_b = 8,2 \times 0,74 + 0,5 \times (4,5 - 0,74) = 7,95 \text{ cm}^2$$

$$\Sigma F = 2F_b = 2 \times 7,95 = 15,9 \text{ cm}^2$$



Şekil 7.9 : Kompozit Petek kiriş enkesitine gelen yüklerin gösterimi

$$\text{BS 25 için : } f_{cd} = 17 \text{ N/mm}^2$$

$$B_r = 0,85 \times f_{cd} = 0,85 \times 17 = 14,45 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_f = 275 / 1,1 = 250 \text{ N/mm}^2 = 25000 \text{ N/cm}^2$$

$$Z = \Sigma F \times \sigma_f = 15,9 \times 25000 = 397500 \text{ N} = 397,5 \text{ kN}$$

$$D = \beta_r \times A = 14,45 \times 1000 \times X_{pl} = Z$$

$14450X_{pl} = 397500$ ise $X_{pl} = 27,51 \text{ mm} = 2,75 \text{ cm} < (d - e) = 11 \text{ cm}$ tarafsız eksen beton başlık içerisinde kalmaktadır.

Kesme kuvveti :

$$Q_{pl} = s \times h_s \times \frac{\sigma_f}{\sqrt{3}} = 0,5 \times 21,52 \times \frac{25}{\sqrt{3}} = 146,14 \text{ kN}$$

$$q = v / Q_{pl} = 35,5 / 146,14 = 0,243$$

İndirgenmiş akma gerilmesi :

$$\sigma_M = 25 \times \sqrt{1 - 0,243^2} = 24,25 \text{ kN/cm}^2$$

Gövdede akma koşulu incelenirse :

$$\tau = v / \Sigma F = 35,5 / 15,9 = 2,23 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_M^2 + 3\tau^2 = 24,25^2 + 3 \times 2,23^2 = 603 < \sigma_F^2 = 625$$

$$Z = \sigma_{MF}$$

$$Z = 24,25 \times 15,9 = 385,6$$

$$385,6 = 1,445 \times 100 \times X_{pl} \text{ ise } X_{pl} = 2,67 \text{ cm} < (d-e) = 11 \text{ cm}$$

Plastik moment hesabı :

$$M_{pl} = Z \times [(H / 2) + (15 - 2,67)] = 385,6 \times [(23 / 2) + (15 - 2,67)] = 9188,85 \text{ kNcm}$$

$$M_{pl} = 91,89 \text{ kNm}$$

$M_{max} / M_{pl} = 44,375 / 91,89 = 0,48 < 1$ seçilen kesit plastik momente ulaşmadan etkiyen maksimum eğilme momentini karşılamaktadır.

Sehim kontrolü :

$$g = 4,52 \text{ kN/m}^2, \quad q = 3,5 \text{ kN/m}^2$$

$$g = 4,52 \times 1,25 = 5,65 \text{ kN/m}$$

$$q = 3,5 \times 1,25 = 4,375 \text{ kN/m}$$

$$\delta_{max} = \frac{5}{384} \times \frac{P_g \times l^4}{E \times I_y} < \frac{1}{250}, \quad \delta_2 = \frac{5}{384} \times \frac{P_q \times l^4}{E \times I_y} < \frac{1}{300}$$

$$\delta_{max} = \frac{5}{384} \times \frac{(5,65 + 4,375) \times 500^4}{2,1 \times 10^6 \times 1820} = 2,14 \text{ cm} > \frac{500}{250} = 2 \text{ cm}$$

$$\delta_2 = \frac{5}{384} \times \frac{4,375 \times 500^4}{2,1 \times 10^6 \times 1820} = 0,93 \text{ cm} < \frac{500}{300} = 1,67 \text{ cm}$$

Görüldüğü gibi IPE 160 profilinden teşkil edilen kompozit petek döşeme kirişi sehim limitini aşmıştır. Burada kesitin büyütülmesi veya bu kesite ters sehim verilmesi gerekmektedir.

8 BİRLEŞİM VE DETAY HESAPLARI

8.1 Kolon Ekleri

10 katlı 36m yüksekliğinde olan yapıda 3 katta (9,75m, 20,25m, 30,75m) kolon eki yapılmıştır. Bu eklerin iki tanesinde kolon enkesiti değişmektedir. Yapıda kullanılan kolon enkesitleri HE340 M , HE320 M ve HE300 M profilleridir. Kolon ekleri kat yüksekliğinin ortasında teşkil edilmiştir. Burada +9,75m kotundaki HE340 M ve

HE320 M kolon ekinin hesabı gösterilecektir. Bilgisayar analizinden alınan en elverişsiz yük kombinasyonunda ortaya çıkan iç kuvvet tesiri :

$$N_{sd} = 2040 \text{ kN} \quad (1,35GQWYN)$$

Seçilen bulon : gövdede kullanılacak maksimum bulon çapı ;

$$d = \sqrt{5 \times t} - 0,2 \quad t_w = 2,1 \text{ cm} \quad (\text{HE340 M ve HE320 M için})$$

$d = \sqrt{5 \times 2,1} - 0,2 = 3,04 \text{ cm} \Rightarrow \text{M30}$ Başlıklarda kullanılacak maksimum bulon M27' dir. Başlık ve gövdede kullanılan bulonlar M27 (10.9-SL) olarak seçilmiştir. HE320 M için :

$$F_{\text{başlık}} = t_f \times b = 4 \times 30,9 = 123,6 \text{ cm}^2$$

$$F_{\text{gövde}} = F - (2 \times t_f \times b) = 312 - (2 \times 123,6) = 64,8 \text{ cm}^2$$

Profil başlığına ve gövdesine etki eden kuvvetler :

$$P_b = N_{sd} \times F_{\text{başlık}} / F \Rightarrow P_b = 2040 \times 123,6 / 312 = 809 \text{ kN}$$

$$P_g = N_{sd} \times F_{\text{gövde}} / F \Rightarrow P_g = 2040 \times 64,8 / 312 = 424 \text{ kN}$$

Başlık ek levhalarında seçilen boyutlar : ∇ 45 x 800 x 309

Gövde ek levhalarında seçilen boyutlar : ∇ 17,5 x 420 x 200

$$F_{\text{başlık,ek}} = 4,5 \times 30,9 = 139,05 \text{ cm}^2 > F_b = 123,6 \text{ cm}^2$$

$$F_{\text{gövde,ek}} = 1,75 \times 2 \times 20 = 70 \text{ cm}^2 > F_g = 64,8 \text{ cm}^2$$

Başlık ek levhasında tek bir bulon dayanımı :

$$\alpha = \min \left[\frac{e}{3_{do}}; \frac{p_1}{3_{do}} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1 \right] \quad \alpha = \min \left[\frac{50}{3 \times 30}; \frac{75}{3 \times 30} - \frac{1}{4}; \frac{100}{43}; 1 \right] = 0,56$$

$$F_{b,Rd} = 2,5 \times \alpha \times f_u \times d \times t_{\min} / \gamma$$

$$F_{b,Rd} = 2,5 \times 0,56 \times 43 \times 2,7 \times 4 / 1,25 = 520,2 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = \frac{C_1 \times f_{ub} \times A_{sm}}{\gamma_{Mb}} \times n = \frac{0,5 \times 100 \times 4,59}{1,25} \times 1 = 183,6 \text{ kN}$$

10 tane bulon için : $183,6 \times 10 = 1836 \text{ kN} > P_b = 809 \text{ kN}$

Gövde ek levhasında tek bir bulon dayanımı :

$$\alpha = \min \left[\frac{e}{3_{do}}; \frac{p_1}{3_{do}} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1 \right] \quad \alpha = \min \left[\frac{65}{3 \times 30}; \frac{80}{3 \times 30} - \frac{1}{4}; \frac{100}{43}; 1 \right] = 0,64$$

$$F_{b,Rd} = 2,5 \times \alpha \times f_u \times d \times t_{\min} / \gamma_{Mb}$$

$$F_{b,Rd} = 2,5 \times 0,64 \times 43 \times 2,7 \times 2,1 / 1,25 = 520,2 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = \frac{C_1 \times f_{ub} \times A_{sm}}{\gamma_{Mb}} \times n = \frac{0,5 \times 100 \times 4,59}{1,25} \times 2 = 367,2 \text{ kN}$$

4 tane bulon için : $312 \times 4 = 1248 \text{ kN} > P_g = 424 \text{ kN}$

Başlık levhasında kontrol :

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_M} = \frac{4,5 \times 30,9 \times 27,5}{1,1} = 3476 \text{ kN} > P_b = 809 \text{ kN}$$

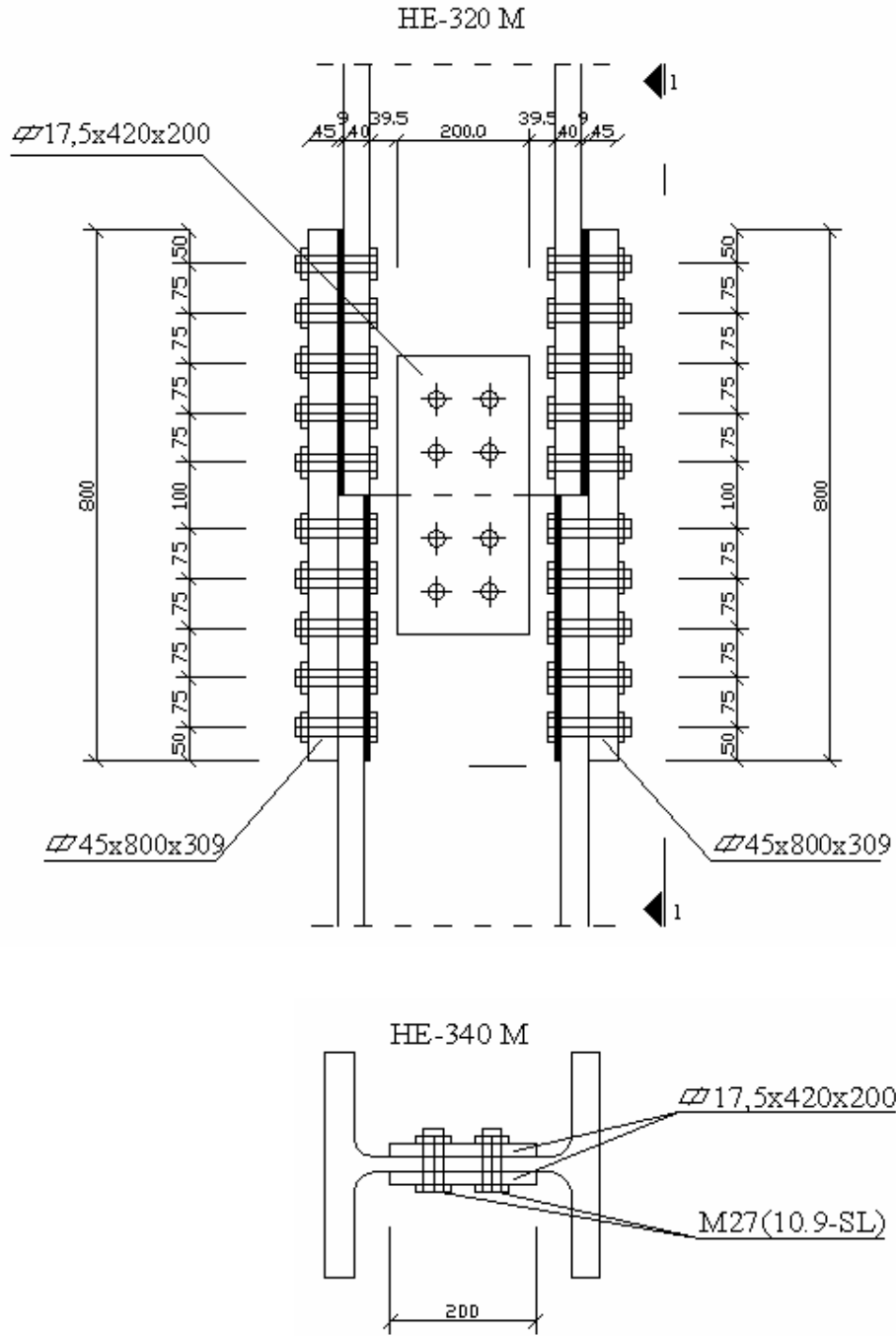
$$N_{u,Rd} = \frac{0,9 \times A_{net} \times f_u}{\gamma_{Mb}} = \frac{0,9 \times (139,05 - 2 \times 4,5 \times 3) \times 43}{1,25} = 3469 \text{ kN} > P_b = 809 \text{ kN}$$

Gövde levhasında kontrol :

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_M} = \frac{2 \times 1,75 \times 20 \times 27,5}{1,1} = 1750 \text{ kN} > P_g = 424 \text{ kN}$$

$$N_{u,Rd} = \frac{0,9 \times A_{net} \times f_u}{\gamma_{Mb}} = \frac{0,9 \times (70 - 4 \times 3 \times 1,75) \times 43}{1,25} = 1517 \text{ kN} > P_g = 424 \text{ kN}$$

Ayrıca HE340 M ve HE320 M profilleri arasında 18 mm'lik yükseklik farkı bulunduğundan profil başlıkları arasında her iki kısımda 9 mm kalınlığında besleme levhası kullanılmıştır.



Şekil 8.1 : Kolon eki detayı

8.2 Rijit Bağlı Kiriş Ekleri

Kullanılan kiriş profilinin enkesitinde değişiklik olmaksızın her yerde HE280 A profili kullanılmıştır dolayısıyla burada aynı olan iki profil arasında ek hesabı gösterilmiştir.

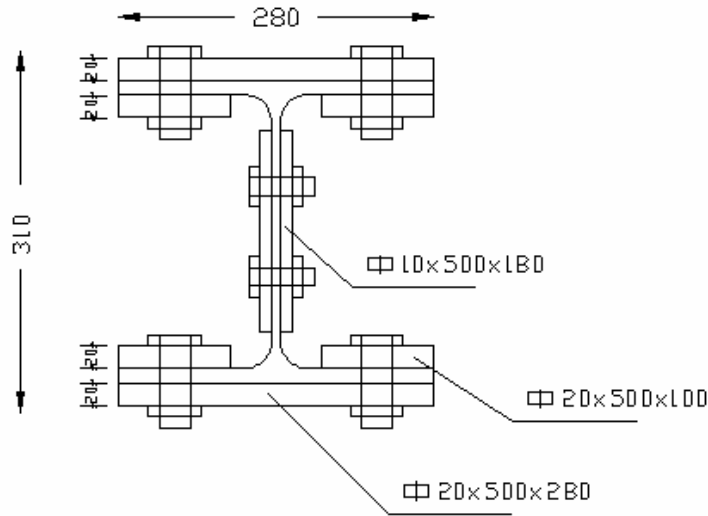
Ekte kullanılan bulonlar :

Başlıkta M27 (10.9-SL) , Gövdede M16 (10.9-SL)

HE280 A için $t_w = 0,8 \text{ cm}$, $d = \sqrt{5 \times t} - 0,2$

$d = \sqrt{5 \times 0,8} - 0,2 = 1,8 \text{ cm} \Rightarrow \text{M16 (gövdede)}$

Başlıkların altına konulan levhanın uzunluğu $= 100 \text{ mm} < 280 - 8 - 2 \times 24 / 2 = 112$ olduğundan uygundur.



Şekil 8.2 : HE280 A kiriş ekinin enkesit görünümü (değerler mm cinsindedir)

Başlık ek levhalarına etkiyen kuvvetler :

$$\sum I_{ek} = [(b \times h^3) + A \times d^2 (\cancel{\text{20x500x280}})] + [(b \times h^3) + A \times d^2 (\cancel{\text{20x500x100}})] \\ + [(b \times h^3) + A \times d^2 (\cancel{\text{10x500x180}})]$$

ihmal

ihmal

$$\sum I_{ek} = (2 \times 2 \times 28 \times 14,5^2) + (4 \times 2 \times 10 \times 12,5^2) + (2 \times 1 \times 18^3 / 12)$$

$$\sum I_{ek} = 23548 + 12500 + 972 = 37020 \text{ cm}^4$$

$$\sum I_{başlık} = 23548 + 12500 = 36048 \text{ cm}^4$$

$$\sum I_{\text{gövde}} = 972 \text{ cm}^4$$

$$M_{\text{sd}} = 14700 \text{ kNcm}$$

$$M_{\text{sd}}^{\text{başlık}} = 14700 \times 36048 / 37020 = 14314 \text{ kNcm}$$

$$M_{\text{sd}}^{\text{gövde}} = 14700 \times 972 / 37020 = 386 \text{ kNcm}$$

$$Z = - D = 14314 / (27 - 1,3) = 557 \text{ kN}$$

Başlık bulonları çift tesirlidir. M27 (10.9 – SL)

Bulon aralıkları : $e_1 = 70 \text{ mm}$, $e_2 = 50 \text{ mm}$, $p_1 = 110 \text{ mm}$, $p_2 = 180 \text{ mm}$

$$\alpha = \min \left[\frac{e}{3d_0}; \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1 \right] \quad \alpha = \min \left[\frac{70}{3 \times 30}; \frac{110}{3 \times 30} - \frac{1}{4}; \frac{100}{43}; 1 \right] = 0,78$$

$$F_{b,Rd} = 2,5 \times \alpha \times f_u \times d \times t_{\min} / \gamma_{Mb}$$

$$F_{b,Rd} = 2,5 \times 0,78 \times 43 \times 2,7 \times 1,3 / 1,25 = 235 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = \frac{C_1 \times f_{ub} \times A_{sm}}{\gamma_{Mb}} \times n = \frac{0,5 \times 100 \times 4,59}{1,25} \times 2 = 367,2 \text{ KN}$$

$n = 557 / 235 = 2,37$ (4 adet bulon seçilmiştir.)

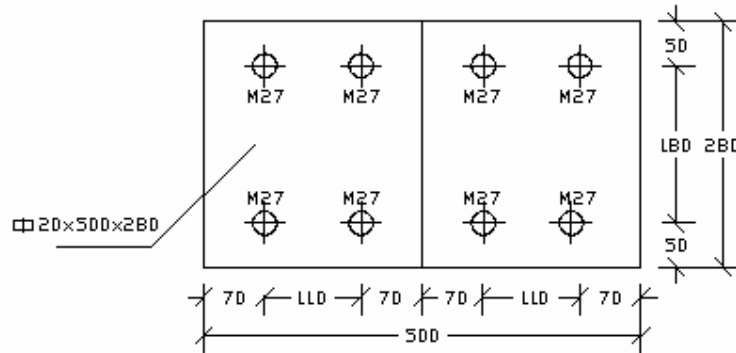
Başlık ekinde bulonların yerleşimi :

$$1,2d_0 \leq e_1 \leq \max (12t : 150 \text{ mm }) ; 36 \text{ mm} \leq e_1 \leq 156 \text{ mm}$$

$$1,5d_0 \leq e_2 \leq \max (12t : 150 \text{ mm }) ; 45 \text{ mm} \leq e_2 \leq 156 \text{ mm}$$

$$2,2d_0 \leq p_1 \leq \max (14t : 200 \text{ mm }) ; 66 \text{ mm} \leq p_1 \leq 182 \text{ mm}$$

$$3,0d_0 \leq p_2 \leq \max (14t : 200 \text{ mm }) ; 90 \text{ mm} \leq p_2 \leq 182 \text{ mm}$$



Şekil 8.3 : HE280 A kirişinin başlık ekinin boyutu ve bulonların yerleşiminin görünümü

Gövde bulonlarında kontrol :

$$M_{sd\ gövde} = 14700 \times 972 / 37020 = 386 \text{ kNcm}$$

$$V_{sd} = 110 \text{ kN (analiz sonucunda en elverişsiz değer alınmıştır.)}$$

Tek bir gövde bulonuna etkiyen kuvvet ($e = 12,5\text{cm}$, $y = 4\text{cm}$, $x = 7,5\text{cm}$)

$$M_{sd\ gövde} = 386 + 110 \times 12,5 = 1761 \text{ kNcm}$$

$$I_p = 4 \times 7,5^2 + 6 \times 4^2 = 321 \text{ cm}^2$$

$$N_m = (1761 / 321) \times 4 = 21,94 \text{ kN} , N_v = (110 / 6) + (1761 / 321) \times 7,5 = 59,48 \text{ kN}$$

$$N_R = \sqrt{21,94^2 + 59,48^2} = 64 \text{ kN}$$

Gövdede kullanılan bulonlar çift tesirlidir.

Tek bir bulon dayanımı : $e_1 = 50 \text{ mm}$, $e_2 = 50 \text{ mm}$, $p_1 = 80 \text{ mm}$, $p_2 = 75 \text{ mm}$

$$\alpha = \min \left[\frac{e}{3d_0}; \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1 \right] \quad \alpha = \min \left[\frac{70}{3 \times 30}; \frac{110}{3 \times 30} - \frac{1}{4}; \frac{100}{43}; 1 \right] = 0,78$$

$$F_{b,Rd} = 2,5 \times \alpha \times f_u \times d \times t_{\min} / \gamma_{Mb}$$

$$F_{b,Rd} = 2,5 \times 0,78 \times 43 \times 2,7 \times 1,3 / 1,25 = 235 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = \frac{C_1 \times f_{ub} \times A_{sm}}{\gamma_{Mb}} \times n = \frac{0,5 \times 100 \times 1,57}{1,25} \times 2 = 125,6 \text{ kN} > N_R = 64 \text{ kN}$$

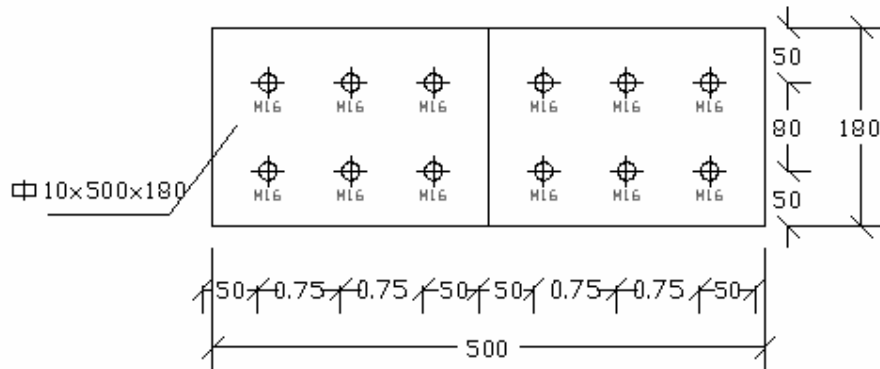
Başlık ekinde bulonların yerleşimi :

$$1,2d_0 \leq e_1 \leq \max (12t : 150 \text{ mm}) ; 21,6 \text{ mm} \leq e_1 \leq 150 \text{ mm}$$

$$1,5d_0 \leq e_2 \leq \max (12t : 150 \text{ mm}) ; 27 \text{ mm} \leq e_2 \leq 150 \text{ mm}$$

$$2,2d_0 \leq p_1 \leq \max (14t : 200 \text{ mm}) ; 39,6 \text{ mm} \leq p_1 \leq 112 \text{ mm}$$

$$3,0d_0 \leq p_2 \leq \max (14t : 200 \text{ mm}) ; 54 \text{ mm} \leq p_2 \leq 112 \text{ mm}$$



Şekil 8.4 : HE280 A kirişinin gövde ekinin boyutu ve bulonların yerleşiminin görünümü

Başlık ek levhalarında kontrol :

$$Z = 557 \text{ kN}$$

$$Z_1 = [(10 \times 2) / (2 \times 10 \times 2 + 2 \times 28)] \times 557 = 116 \text{ kN}$$

$$Z_2 = 557 - 2 \times 116 = 325 \text{ kN}$$

$$A_{1,\text{net}} = (10 - 3) \times 2 = 14 \text{ cm}^2 \quad A_a = 2 \times 10 = 20 \text{ cm}^2$$

$$N_{\text{pl,Rd}} = \frac{A \times f_y}{\gamma_M} = \frac{20 \times 27,5}{1,1} = 500 \text{ kN}$$

$$N_{\text{u,Rd}} = \frac{0,9 \times A_{\text{net}} \times f_u}{\gamma_{\text{Mb}}} = \frac{0,9 \times 14 \times 43}{1,25} = 433 \text{ kN} > Z_1 = 116 \text{ kN}$$

$$A_{2,\text{net}} = (28 - 2 \times 3) \times 2 = 44 \text{ cm}^2 \quad A_2 = 2 \times 28 = 56 \text{ cm}^2$$

$$N_{\text{pl,Rd}} = \frac{A \times f_y}{\gamma_M} = \frac{56 \times 27,5}{1,1} = 1400 \text{ kN}$$

$$N_{\text{u,Rd}} = \frac{0,9 \times A_{\text{net}} \times f_u}{\gamma_{\text{Mb}}} = \frac{0,9 \times 44 \times 43}{1,25} = 1362 \text{ kN} > Z_2 = 325 \text{ kN}$$

Gövde ek levhalarında kontrol :

$$M_{\text{sd gövde}} = 386 \text{ kNcm}$$

$$V_{\text{sd}} = 110 \text{ kN}$$

$$A_{3,\text{net}} = (18 - 2 \times 1,8) \times 1 = 14,4 \text{ cm}^2 \quad A_3 = 1 \times 18 = 18 \text{ cm}^2$$

$$\frac{A_{3\text{net}}}{A_3} = \frac{14,4}{18} = 0,8 > \frac{27,5}{43} = 0,64$$

$$V_{\text{sd}} \leq V_{\text{pl,Rd}} = \frac{A_v \times f_y}{\sqrt{3} \times \gamma_{\text{Mo}}} \quad V_{\text{pl,Rd}} = \frac{18 \times 27,5}{\sqrt{3} \times 1,1} = 259,8 \text{ kN} > V_{\text{sd}} = 110 \text{ kN} \text{ olduğundan}$$

kesme kuvveti alanında indirgeme yapılmasına gerek yoktur.

$$A_{3\text{t,net}} = [(18 / 2) - 1 \times 1,8] \times 1 = 7,2 \text{ cm}^2$$

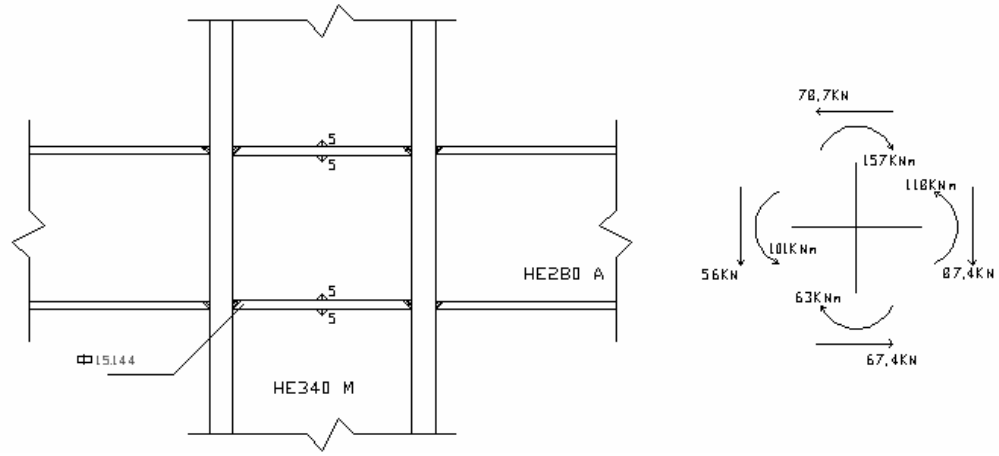
$$\frac{0,9 \times 7,2}{2 \times 18 \times 1} = 0,18 < \frac{27,5 \times 1,25}{43 \times 1,1} = 0,73 \text{ olduğundan çekme bölgesinde enkesit}$$

zayıflaması ele alınacaktır.

$$W_{\text{pl,Rd}} = \frac{1 \times 18^2 \times 2}{4} - (2 \times 1,8 \times 1 \times 4) = 147,6 \text{ cm}^3$$

$$M_{\text{pl,Rd}} = \frac{W_{\text{pl}} \times f_y}{\gamma_{\text{Mo}}} = \frac{147,6 \times 27,5}{1,1} = 3690 \text{ kNcm} > M_{\text{sd}} = 386 \text{ kNcm}$$

8.3 Rijit Kolon Kiriş Birleşim Hesabı



Şekil 8.5 : Kolon kiriş birleşim detayı ve birleşime etki eden kuvvetlerin gösterimi

Kirişlerde normal kuvvet ihmal edilmiştir.

$$t = 15 \text{ mm} > 13 \text{ mm}$$

kolon gövdesinde kayma dayanımı :

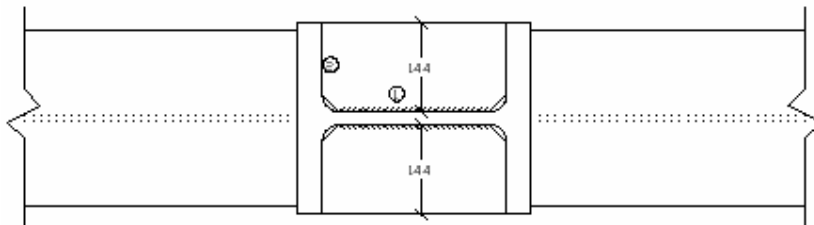
$$A_{v,c} = 1,04 \times h_c \times t_{wc} = 1,04 \times 37,7 \times 2,1 = 82,34 \text{ cm}^2$$

$$V_{w,pl,Rd} = \frac{A_{v,c} \times f_y}{\sqrt{3} \times \gamma} = \frac{82,34 \times 27,5}{\sqrt{3} \times 1,1} = 1188,5 \text{ kN}$$

$$Z = 270 - 13 = 257 \text{ mm}$$

$$V_{w,sd} = [(15700 + 6300) / 25,7] - 67,4 = 789 \text{ kN} < 1188,5 \text{ kN} \text{ Kolon gövdesinin kayma dayanımı yeterlidir.}$$

Berkitme kaynakları :



Şekil 8.6 : Kolon kiriş birleşim detayının üstten görünümü

$$F_s = (10100 + 11800) / (27 - 1,3) = 852,14 \text{ kN}$$

$$F_1 = 852,14 \times [(14,4 - 2,7) / 30,9] = 322,66 \text{ kN}$$

$$e_1 = (144 + 27) / 2 = 85,5 \text{ mm} \quad e_2 = (377 - 2 \times 40) = 297 \text{ mm}$$

$$F_2 = (322,6 \times 8,55) / 29,7 = 92,89 \text{ kN}$$

$$F_R = \sqrt{322,66^2 + 92,89^2} = 335,8 \text{ kN}$$

1 dikişinde kontrol :

$$V_{w,Rd} = a \times \frac{f_u}{\sqrt{3} \times \beta_w \times \gamma} = 2 \times 0,5 \times [37,7 - 2 \times (4 + 2,7)] \times \frac{43}{\sqrt{3} \times 0,85 \times 1,25}$$

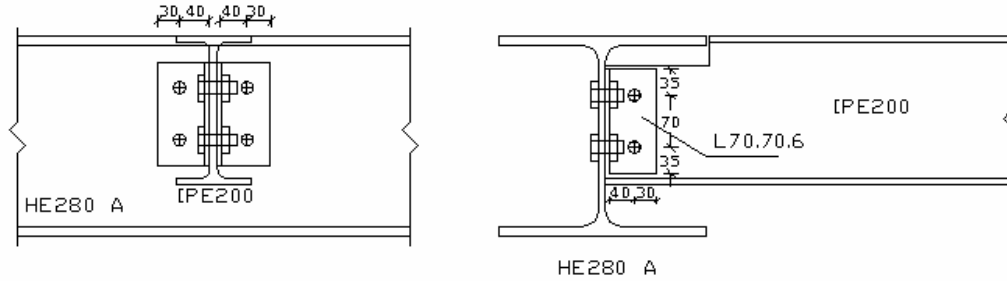
$$V_{w,Rd} = 567,8 \text{ kN} > 322,66 \text{ kN}$$

2 dikişinde kontrol :

$$V_{w,Rd} = a \times \frac{f_u}{\sqrt{3} \times \beta_w \times \gamma} = 2 \times 1,5 \times [(30,9 - 2,1 - 2 \times 2,7) / 2] \times \frac{43}{\sqrt{3} \times 0,85 \times 1,25}$$

$$V_{w,Rd} = 820 \text{ kN} > 335,8 \text{ kN}$$

8.4 Döşeme Kirişlerinin Kat Kirişlerine Basit Birleşimi



Şekil 8.7 : Kat kirişleri ile döşeme kirişlerinin birleşim detayı

Seçilen bulon : M16 (4,6 SL)

Birim boya gelen yük = 14,2 kN/m

$$V_{sd} = 14,2 \times 5 / 2 = 35,5 \text{ kN}$$

Kat gövdesinde bir bulona gelen kuvvet (tek tesirli) :

$$M_{sd} = 35,5 / 2 \times 4 = 71 \text{ kNcm}$$

$$N_M = 71 / 7 = 10,14 \text{ kN} \quad , \quad N_V = (35,5 / 2) / 2 = 8,875 \text{ kN}$$

$$N_R = \sqrt{N_M^2 + N_V^2} = \sqrt{10,14^2 + 8,875^2} = 13,5 \text{ kN}$$

Döşeme kirişi gövdesinde bir bulona gelen kuvvet (çift tesirli) :

$$M_{sd} = 35,5 \times 4 = 142 \text{ kNcm}$$

$$N_M = 142 / 7 = 20,29 \text{ kN} , N_V = 35,5 / 2 = 17,75 \text{ kN}$$

$$N_R = \sqrt{N_M^2 + N_V^2} = \sqrt{20,29^2 + 17,75^2} = 26,96 \text{ kN}$$

Tek tesirli bulonlarda kontrol :

$$\text{Makaslama dayanımı} = F_{v,Rd} = \frac{F_{v,Rk}}{\gamma_{Mb}} = \frac{37,7}{1,25} = 30,16 \text{ kN}$$

$$\alpha = \min \left[\frac{e}{3d_o}; \frac{p_1}{3d_o} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1 \right] \quad \alpha = \min \left[\frac{35}{3 \times 18}; \frac{70}{3 \times 18} - \frac{1}{4}; \frac{40}{43}; 1 \right] = 0,65$$

Delik cidarındaki ezilme dayanımı = $F_{b,Rd}$

$$F_{b,Rd} = 2,5 \times \alpha \times f_u \times d \times t_{\min} / \gamma_{Mb}$$

$$F_{b,Rd} = 2,5 \times 0,65 \times 43 \times 1,6 \times 0,6 / 1,25 = 53,66 \text{ kN}$$

$$F_{Rd} = 30,16 \text{ kN} > N_R = 13,5 \text{ kN}$$

Çift tesirli bulonlarda kontrol :

$$\text{Makaslama dayanımı} = F_{v,Rd} = \frac{F_{v,Rk}}{\gamma_{Mb}} = \frac{37,7}{1,25} \times 2 = 60,32 \text{ kN}$$

Delik cidarındaki ezilme dayanımı = $F_{b,Rd}$

$$F_{b,Rd} = 2,5 \times \alpha \times f_u \times d \times t_{\min} / \gamma_{Mb}$$

$$F_{b,Rd} = 2,5 \times 0,65 \times 43 \times 1,6 \times 0,56 / 1,25 = 50,1 \text{ kN}$$

$$F_{Rd} = 50,1 \text{ kN} > N_R = 26,96 \text{ kN}$$

Korniyelerde kontrol :

$$V_{sd} = 35,5 / 2 = 17,75 \text{ kN} , M_{sd} = 142 / 2 = 71 \text{ kNcm}$$

$$A_t = 14 \times 0,6 / 2 = 4,2 \text{ cm}^2 , A_{t,net} = [(14 \times 0,6) / 2] - 1 \times 0,6 \times 1,8 = 3,12 \text{ cm}^2$$

$0,9 \times (3,12 / 4,2) = 0,67 < (27 / 43) \times (1,25 / 1,1) = 0,73$ olduğundan çekme bölgesinde enkesit zayıflaması göz önüne alınmalıdır.

$$W_{pl} = [(0,6 \times 1,4^2) / 4] - 1,8 \times 0,6 \times 5 = 24 \text{ cm}^2$$

$$M_{pl,Rd} = 24 \times 27,5 / 1,1 = 600 \text{ kNcm} > 71 \text{ kNcm}$$

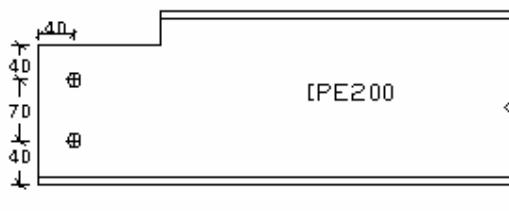
$$A_v = 14 \times 0,6 = 8,4 \text{ cm}^2 , A_{v,net} = (14 \times 0,6) - 2 \times 0,6 \times 1,8 = 6,24 \text{ cm}^2$$

$(6,24 / 8,4) = 0,74 < (27,5 / 43) = 0,64$ olduğundan enkesit zayıflamasından dolayı kesme kuvveti alanında indirgeme yapılmayabilir.

$$V_{pl} = \frac{8,4 \times 27,5}{\sqrt{3} \times 1,1} = 121,24 \text{ kN} > V_{sd} 17,75 \text{ kN}$$

$V_{sd} = 17,75 \text{ kN} > 0,5 \times V_{pl} = 60,62 \text{ kN}$ olduğundan kesme kuvvetinden dolayı plastik moment dayanımının indirgenmesine gerek yoktur.

Döşeme kirişi mesnedinde gövdede makaslama kopması dayanımı kontrolü :



$$a_1 = 40 \text{ mm} , a_2 = 40 \text{ mm}$$

$$k = 0,5 , d_{0,t} = d_{0,v} = 18 \text{ mm}$$

$$L_v = 70 \text{ mm}$$

Şekil 8.8 : Makaslama kopması dayanımında kullanılan geometrik değerlerin gösterimi

$$L_1 = a_1 = 40 \text{ mm} < 5 \times 16 = 80 \text{ mm}$$

$$L_2 = (40 - 0,5 \times 18) \times (43 / 27,5) = 48,47 \text{ mm}$$

$$L_3 = 70 + 40 + 50 = 160 \text{ mm}$$

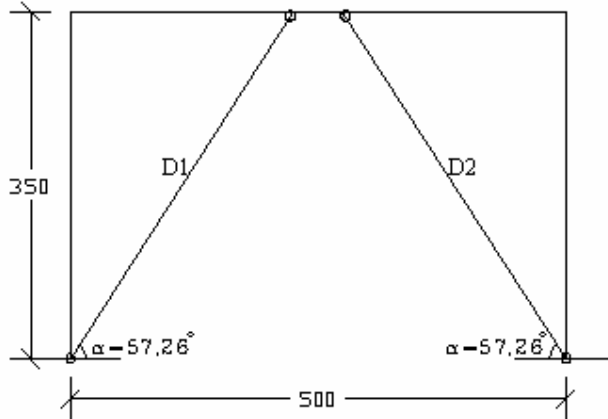
$$L_{v,eff} = 70 + 40 + 48,47 = 158,47 \text{ mm} < 160 \text{ mm}$$

$$(70 + 40 + 50 - 2 \times 18) \times (43 / 27,5) = 193,9 \text{ mm} > 160 \text{ mm}$$

$$A_{v,eff} = 15,847 \times 0,74 = 11,73 \text{ cm}^2$$

$$V_{eff,Rd} = \frac{27,5 \times 11,73}{\sqrt{3} \times 1,1} = 169,3 \text{ kN} > V_{sd} = 35,5 \text{ kN}$$

8.5 Dışmerkez Çaprazların Teşkili ve Bağlantısı



Şekil 8.9 : Ters V çaprazının geometrik özellikleri

Analiz sonuçlarından alınan en elverişsiz aksenal kuvvet : $N_{sd} = -243 \text{ kN}$

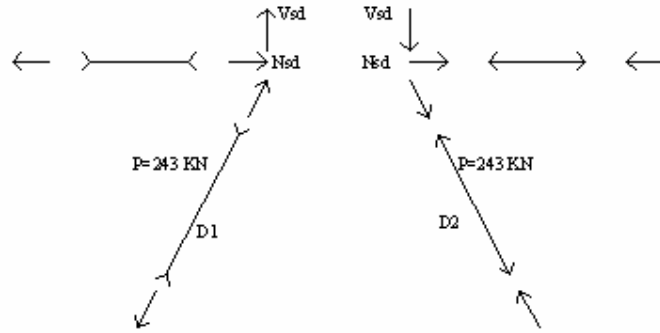
$$\tan \alpha = 350 / 225 = 1,556 \quad \arctan 1,556 = 57,26^\circ$$

Diyagonal eleman için seçilen kesit : D168,3x4 (boru kesit)

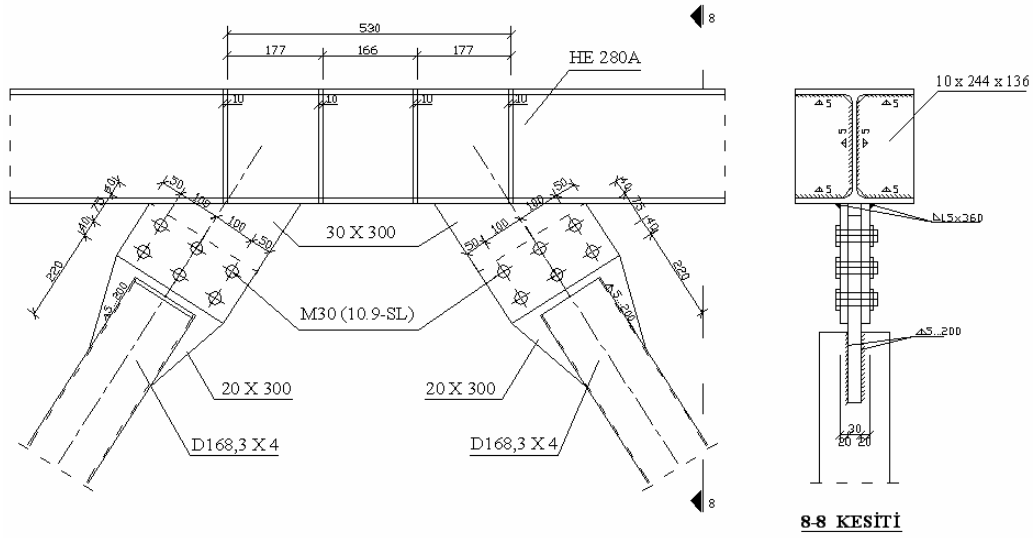
Diyagonallerin kirişlerde meydana getirdikleri etkiler :

$$N_{sd} = 243 \times \cos 57,26^\circ = 131,42 \text{ kN}$$

$$V_{sd} = 243 \times \sin 57,26^\circ = 204,4 \text{ kN}$$



Şekil 8.10 : Ters V çaprazlarında kuvvetlerin etki yönlerinin gösterimi



Şekil 8.11 : çaprazların dışmerkez olarak kirişe birleşim detayı

Kirişin çekme kuvvetine maruz kısmında inceleme :

$$M_{sd} = 27 \text{ kNm} = 2700 \text{ kNcm} , V_{sd} = 204,4 \text{ kN} , N_{sd} = 131,42 \text{ kN}$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v \times f_y}{\sqrt{3} \times \gamma_{Mo}}$$

$$A_v = 1,04 \times h \times t_w = 1,04 \times 27 \times 0,8 = 22,464 \text{ cm}^2$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{22,464 \times 27,5}{\sqrt{3} \times 1,1} = 324 \text{ kN} > V_{sd} = 204,4 \text{ kN}$$

$0,5 \times V_{pl,Rd} = 162 \text{ kN} < V_{sd} = 204,4 \text{ kN}$ olduğundan plastik moment dayanımında indirgemeye gidilecektir.

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_M} = \frac{97,26 \times 27,5}{1,1} = 2431,5 \text{ kN}$$

$$N_{w,Rd} = \frac{d \times t_w \times f_y}{\gamma_M} = \frac{1,96 \times 0,8 \times 27,5}{1,1} = 392 \text{ kN}$$

$$0,25N_{pl,Rd} = 607,875 \text{ kN} > N_{sd} = 131,42 \text{ kN}$$

$0,5N_{w,Rd} = 196 \text{ kN} > N_{sd} = 131,42 \text{ kN}$ aksel kuvvetten dolayı moment dayanımında indirim yapılmasına gerek yoktur.

$$M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl,y} \times f_y}{\gamma_{Mo}} = \frac{1112 \times 27,5}{1,1} = 27800 \text{ kNcm}$$

$$M_{N,V,Rd} = M_{p,I,Rd} \times (1 - \rho) \quad , \quad \rho = \left(2 \times \frac{V_{sd}}{V_{Rd}} - 1\right)^2 = \left(2 \times \frac{204,4}{324,24} - 1\right)^2 = 0,068$$

$$M_{N,V,Rd} = 27800 \times (1 - 0,068) = 25909,6 \text{ kNcm} > 2700 \text{ kNcm}$$

Basınç alan giriş dikmesinde inceleme :

$$N_{sd} = 131,42 \text{ kN}$$

$$\lambda_z = 500 / 7 = 71,43 \quad , \quad \lambda_1 = \pi \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \pi \times \sqrt{\frac{21000}{27,5}} = 86,82$$

$$\lambda_{z1} = 71,43 / 86,82 = 0,82$$

$$h / b = 27 / 28 = 0,96 < 1,2 \quad \text{ve} \quad t_f = 13 \text{ mm} < 100 \text{ mm}$$

z-z eksenine dik doğrultuda burkulma için c burkulma eğrisinden $\chi = 0,49$ bulunur.

$$d / t_w = 19,6 / 0,8 = 24,5 < 33\epsilon = 30,36 \quad \text{sınıf 1}$$

$$c / t_f = 14 / 1,3 = 10,76 < 15\varepsilon = 13,8 \quad \text{sınıf 3}$$

Tüm enkesit sınıf 3'e aittir. $B_A = 1$

$$N_{b,Rd} = \chi \times B_A \times A \times f_y / \gamma = 0,49 \times 1 \times 97,26 \times 27,5 / 1,1 = 1191,4 \text{ kN}$$

$$N_{b,Rd} = 1191,4 \text{ kN} > N_{sd} = 131,42 \text{ kN}$$

Bağlantı kirişinde kontrol :

$$N_{sd} = 0 \quad , \quad V_{sd} = 204,4 \text{ kN} \quad , \quad M_{sd} = 2700 \text{ kNcm}$$

$$\text{Enkesit değişimi olmadığından } V_{pl,Rd} = 324 \text{ kN}$$

$$0,5 V_{pl,Rd} = 162 \text{ kN} > V_{sd} = 204,4 \text{ kN} \quad \text{olduğundan plastik moment dayanımında}$$

İndirgemeye gidilecektir.

$$M_{N,V,Rd} = 27800 \times (1 - 0,068) = 25909,6 \text{ kNcm} > 2700 \text{ kNcm}$$

Bağlantı kirişinin uzunluğunun belirlenmesi :

Seçilen uzunluk : 50 cm'dir.

$$L_o = (2 \times M_{Rd}) / V_{Rd} = (2 \times 27800) / 324 = 171,5 \text{ cm}$$

$$M_{sd} / M_{pl,Rd} = 1850 / 27800 = 0,097 < 0,7$$

$$N_{sd} / N_{pl,Rd} = 0 < 0,15$$

$$V_{wp,Rd} = \frac{(27 - 2 \times 1,3) \times 0,8 \times 27,5}{\sqrt{3} \times 1,1} = 281,75 \text{ kN}$$

$$V_{sd} / V_{wp,Rd} = 204,4 / 281,75 = 0,73 < 1$$

Berkitmelerde kontrol :

$$a = 17,6 - 1 = 16,6 \text{ cm} \quad , \quad d_w = 27 - 2 \times 1,3 = 24,4 \text{ cm}$$

$a / d_w = 16,6 / 24,4 = 0,68 < 1$ ve $d / t_w < 30 \times \varepsilon \times \sqrt{k \times \tau}$ olduğundan kayma burkulması kontrolüne gerek yoktur.

$$\text{Berkitmelerin kalınlığı : } t_{bc} (10 \text{ mm} ; t_w)_{\max} = \max (10 \text{ mm}, 8 \text{ mm}) = 10 \text{ mm}$$

Kolonda ve diyagonallerde kapasite katsayıları :

$$\alpha = \min \left(\frac{V_{pl,Rd}}{V_{sd}}, \frac{M_{pl,Rd}}{M_{sd}} \right) = \min \left(\frac{324}{204,4}, \frac{27800}{2700} \right) = \min(1,064 ; 10,3) = 1,064$$

$$\text{Diyagonalde kontrol : } N_{sd} = 243 \text{ kN}$$

$$\text{Kapasite normal kuvveti : } N_{sd} = 1,20 \times (N_{sd,G} + \alpha \times N_{sd,E}) = 1,2 \times (0 + 1,064 \times 163,5)$$

$$N_{sd} = 310,3 \text{ kN} < N_{b,Rd} = 355 \text{ kN}$$

Kolonda kontrol :

$$N_{sd,E} = 0$$

$$\text{Kapasite normal kuvveti} = N_{sd} = 1,2 \times 2645 = 3174 \text{ kN}$$

$$N_{sd} = 3174 \text{ kN} < N_{b,Rd} = 5908 \text{ kN (analiz sonucu)}$$

Diyagonalin kiriş birleşimi (enerji sönmleyici bölgede) :

Köşe kaynaklı ve bulonlu birleşimlerde $R_d \geq 1,20 \times R_{fy}$ olmalıdır.

Burada ; R_d EC 3'e göre birleşimin dayanımı ve R_{fy} ise birleştirilen parçanın plastik dayanımıdır.

$$R_{fy} = 20,6 \times 27,5 = 566,5 \text{ kN}$$

$$R_d = 1,2 \times 566,5 = 679,8 \text{ kN}$$

Kaynaklarda :

$$R_{wd} = 4 \times 20 \times 0,5 \times \frac{43}{\sqrt{3} \times 0,85 \times 1,25} = 934,6 \text{ kN} > 679,8 \text{ kN}$$

Bulonlarda : M30 (10.9-SL)

$$F_{v,Rd} = \frac{F_{v,Rk}}{\gamma_{Mb}} \times n = \frac{280,5}{1,25} \times 2 = 448,8 \text{ kN (1 bulon için)}$$

$$6 \text{ bulon için } F_{v,Rd} = 6 \times 448,8 = 2692,8 \text{ kN} > 679,8 \text{ kN}$$

$$\alpha = \min \left[\frac{e}{3d_o}; \frac{p_1}{3d_o} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1 \right] \quad \alpha = \min \left[\frac{40}{3 \times 33}; \frac{75}{3 \times 33} - \frac{1}{4}; \frac{100}{43}; 1 \right] = 0,404$$

$$F_{b,Rd} = 2,5 \times \alpha \times f_u \times d \times t_{\min} / \gamma_{Mb}$$

$$F_{b,Rd} = 2,5 \times 0,404 \times 43 \times 3 \times 3 / 1,25 = 312,7 \text{ kN} \times 6 = 1876 \text{ kN} > 679,8 \text{ kN}$$

$F_{b,Rd} < F_{v,Rd}$ EC 8'e göre enerji yutma bölgesinde birleşimlerde.

Birleşim levhasında kontrol ($t = 30\text{mm}$)

Diyagonal eleman levhadan önce akmalıdır.

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_M} = \frac{20,6 \times 27,5}{1,1} = 515 \text{ kN}$$

$$N_{u,Rd} = \frac{0,9 \times A_{\text{net}} \times f_u}{\gamma_{Mb}} = \frac{0,9 \times (20,6 - 2 \times 0,4 \times 3) \times 43}{1,25} = 563,5 \text{ kN}$$

$N_{u,Rd} > N_{pl,Rd}$ (sünek davranış koşulu)

$$N_{Rd} = 515 \text{ kN}$$

Levhada :

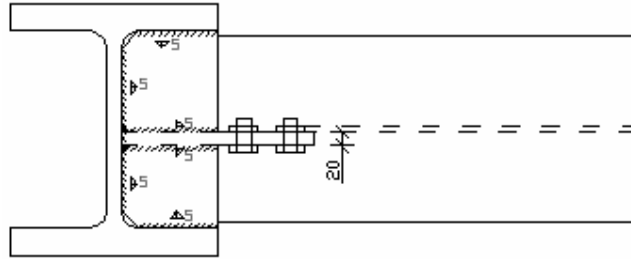
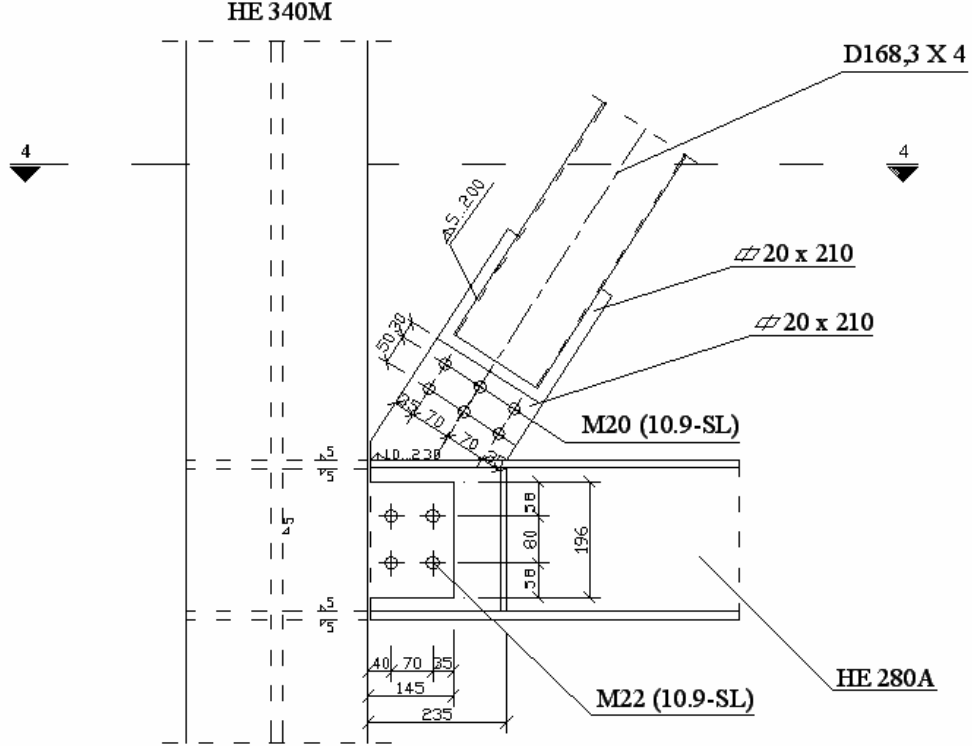
$$N_{pl,Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_M} = \frac{30 \times 3 \times 27,5}{1,1} = 2250 \text{ kN}$$

$$N_{u,Rd} = \frac{0,9 \times A_{net} \times f_u}{\gamma_{Mb}} = \frac{0,9 \times (30 - 3 \times 3,3) \times 3 \times 43}{1,25} = 1866,9 \text{ kN}$$

$$N_{t,Rd} = 1866,9 \text{ kN} > N_{Rd} = 515 \text{ kN}$$

Birleşim levhasını kirişe bağlayan kaynaklar :

$$F_{w,Rd} = 2 \times 1,5 \times 36 \times \frac{43}{\sqrt{3} \times 0,85 \times 1,25} = 2523 \text{ kN} > 679,8 \text{ kN}$$



4-4 KESİTİ

Şekil 8.12 : çaprazların kolona birleşiminin ve kolon kiriş basit birleşiminin gösterimi

Kiriş diyagonalden dolayı etkiyen kuvvetler :

$$K_2 = 243 \text{ kN}$$

$$K_{2v} = 243 \times \sin 57,26^\circ = 204,4 \text{ kN}$$

$$K_{2h} = 243 \times \cos 57,26^\circ = 131,42 \text{ kN}$$

Diyagonalin kirişe birleşimi :

$$R_{fy} = 20,6 \times 27,5 = 566,5 \text{ kN}$$

$$R_d = 1,2 \times 566,5 = 679,8 \text{ kN}$$

Kaynaklarda :

$$R_{wd} = 4 \times 20 \times 0,5 \times \frac{43}{\sqrt{3} \times 0,85 \times 1,25} = 934,6 \text{ kN} > 679,8 \text{ kN}$$

Bulonlarda :

$$F_{v,Rd} = \frac{F_{v,Rk}}{\gamma_{Mb}} \times n = \frac{122,5}{1,25} \times 2 = 196 \text{ kN (1 bulon için)}$$

$$6 \text{ bulon için } F_{v,Rd} = 6 \times 196 = 1176 \text{ kN} > 679,8 \text{ kN}$$

$$\alpha = \min \left[\frac{e}{3d_o}; \frac{p_1}{3d_o} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1 \right] \quad \alpha = \min \left[\frac{30}{3 \times 22}; \frac{50}{3 \times 22} - \frac{1}{4}; \frac{100}{43}; 1 \right] = 0,46$$

$$F_{b,Rd} = 2,5 \times \alpha \times f_u \times d \times t_{\min} / \gamma_{Mb}$$

$$F_{b,Rd} = 2,5 \times 0,46 \times 43 \times 2 \times 1,5 / 1,25 = 118,68 \text{ kN} \times 6 = 712,1 \text{ kN} > 679,8 \text{ kN}$$

Birleşim levhasında kontrol (t = 20mm)

Diyagonal eleman levhadan önce akmalıdır.

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_M} = \frac{20,6 \times 27,5}{1,1} = 515 \text{ kN}$$

$$N_{u,Rd} = \frac{0,9 \times A_{\text{net}} \times f_u}{\gamma_{Mb}} = \frac{0,9 \times (20,6 - 2 \times 2 \times 0,4) \times 43}{1,25} = 588,24 \text{ kN}$$

$$N_{u,Rd} > N_{pl,Rd} \text{ (sünek davranış koşulu)}$$

$$N_{Rd} = 515 \text{ kN}$$

Levhada :

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_M} = \frac{21 \times 2 \times 27,5}{1,1} = 1050 \text{ kN}$$

$$N_{u,Rd} = \frac{0,9 \times A_{net} \times f_u}{\gamma_{Mb}} = \frac{0,9 \times (21 - 3 \times 2,2) \times 2 \times 43}{1,25} = 891,6 \text{ kN}$$

$$N_{t,Rd} = 891,6 \text{ kN} > N_{Rd} = 515 \text{ kN}$$

Birleşim levhasını kirişe bağlayan kaynaklar :

$$F_{w,Rd} = 2 \times 1 \times 23 \times \frac{43}{\sqrt{3} \times 0,85 \times 1,25} = 1075 \text{ kN} > 679,8 \text{ kN}$$

Birleşimin merkezinde :

$$V_{sd} = 204,4 + 0,375 \times 14,2 \times 10^{-2} \times 250 = 217,7 \text{ kN}$$

$$M_{sd} = 204,4 \times (7 / 2) - 131,42 \times (27 / 2) = -1058,77 \text{ kNcm}$$

$$N_{sd} = 0$$

$$\text{Kirişte : } V_{pl,Rd} = \frac{A_v \times f_y}{\sqrt{3} \times \gamma_{Mo}} = \frac{22,464 \times 27,5}{\sqrt{3} \times 1,1} = 324 \text{ kN} > V_{sd} = 204,4 \text{ kN}$$

Bulonlarda : M22 (10.9-SL)

$$F_{v,Rd} = \frac{F_{v,Rk}}{\gamma_{Mb}} = \frac{151,5}{1,25} = 121,2 \text{ kN}$$

$$\alpha = \min \left[\frac{e}{3 d_o}; \frac{p_1}{3 d_o} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1 \right] \quad \alpha = \min \left[\frac{58}{3 \times 24}; \frac{80}{3 \times 24} - \frac{1}{4}; \frac{100}{43}; 1 \right] = 0,81$$

$$F_{b,Rd} = 2,5 \times \alpha \times f_u \times d \times t_{min} / \gamma_{Mb}$$

$$F_{b,Rd} = 2,5 \times 0,81 \times 43 \times 2,2 \times 0,8 / 1,25 = 122,6 \text{ kN (1 bulon için)}$$

Bulonlara etki eden tesirler :

$$V_1 = 217,7 / 4 = 54,4 \text{ kN}, H_1 = (1058,77 / 8) \times 0,5 = 66,17 \text{ kN}$$

$$R = \sqrt{54,4^2 + 66,17^2} = 85,7 \text{ kN} < F_{b,Rd} = 122,6 \text{ kN}$$

Birleşim levhasında dip kesitte kontrol :

$$V_{sd} = 204,4 \text{ kN}, N_{sd} = 0, M_{sd} = 13,3 \times (0,5 + 3,5 + (7/2)) = 99,75 \text{ kNcm}$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{19,6 \times 2 \times 27,5}{\sqrt{3} \times 1,1} = 565,8 \text{ kN} > V_{sd} = 204,4 \text{ kN}$$

$0,5 \times V_{pl,Rd} = 282,9 \text{ kN} > V_{sd} = 204,4 \text{ kN}$ olduğundan plastik moment dayanımında indirgemeye gerek yoktur.

$$M_{pl,Rd} = 2 \times (19,6^2 / 4) \times 27,5 / 1,1 = 4802 \text{ kNcm} > M_{sd} = 99,75 \text{ kNcm}$$

Berkitmelerde kontrol :

$$V_{sd} = 204,4 \text{ kN} , N_{sd} = 0 , M_{sd} = 99,75 \text{ kNcm}$$

Yatay köşe kaynaklar :

$$F_{w,Rd} = 2 \times 0,5 \times 12 \times \frac{43}{\sqrt{3} \times 0,85 \times 1,25} = 280,4 \text{ kN} > \frac{99,75}{27 - 2 \times 1,3} = 4,1 \text{ kN}$$

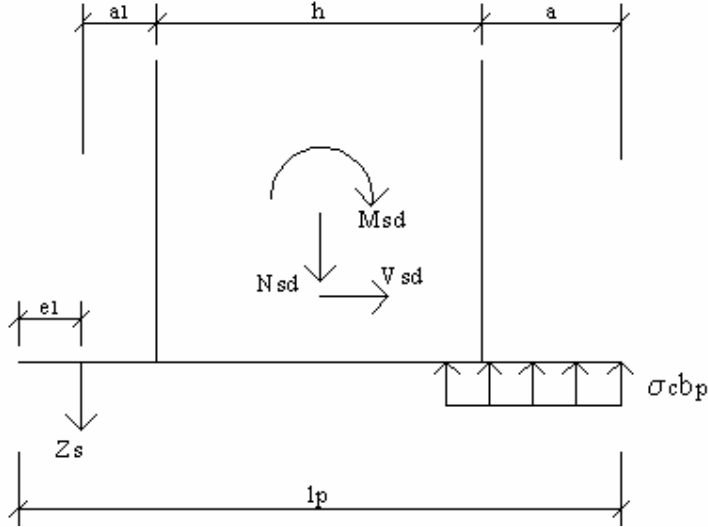
Düşey köşe kaynaklar :

$$F_{w,Rd} = 2 \times 0,5 \times 24,3 \times \frac{43}{\sqrt{3} \times 0,85 \times 1,25} = 568 \text{ kN} > V_{sd} = 204,4 \text{ kN}$$

8.6 Ankastre Kolon Ayağı Hesabı

Analiz sonucunda en elverişsiz durumda oluşan tesirler :

$$M_{sd} = 24000 \text{ kNcm} , N_{sd} = 2645 \text{ kN} , V_{sd} = 70 \text{ kN}$$



Şekil 8.13 : Taban levhasının geometrik özellikleri

$$e = M_{sd} / N_{sd} = 24000 / 2645 = 9,07 \text{ cm}$$

$$k_x k_z = \frac{N_{sd} \times \left(e + h_z - \frac{lp}{2} \right)}{0,68 \times b_p \times h_z^2 \times f_{cd}} = \frac{2645 \times \left(9,07 + 67 - \frac{75}{2} \right)}{0,68 \times 40 \times 67^2 \times 1,67} = 0,5 < 0,6$$

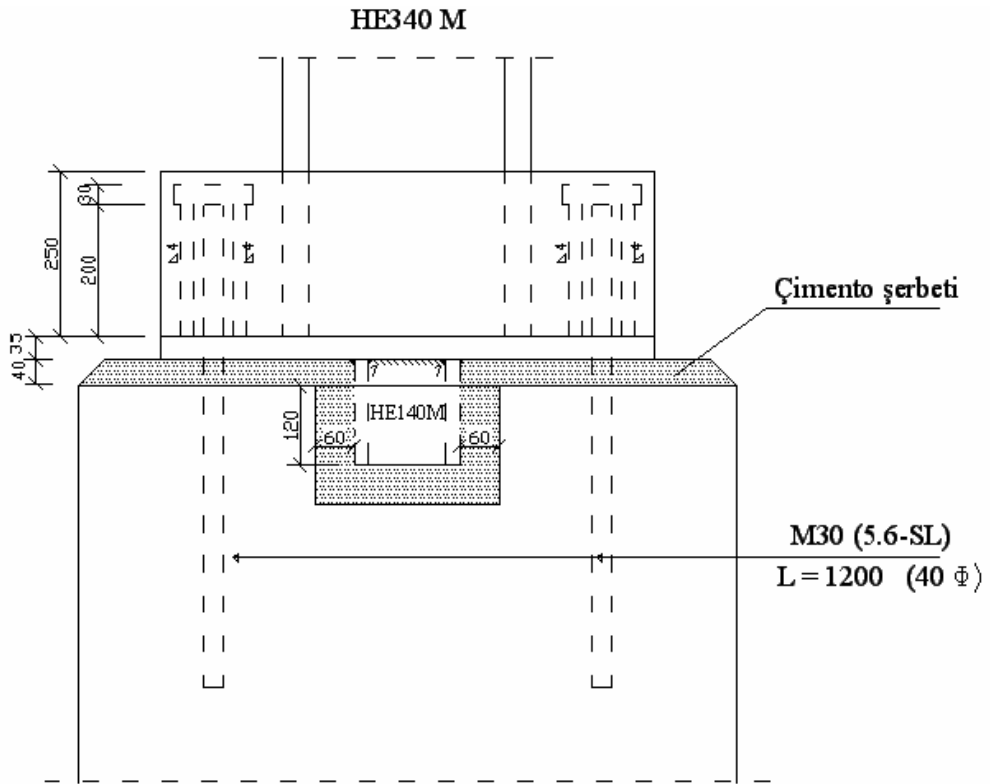
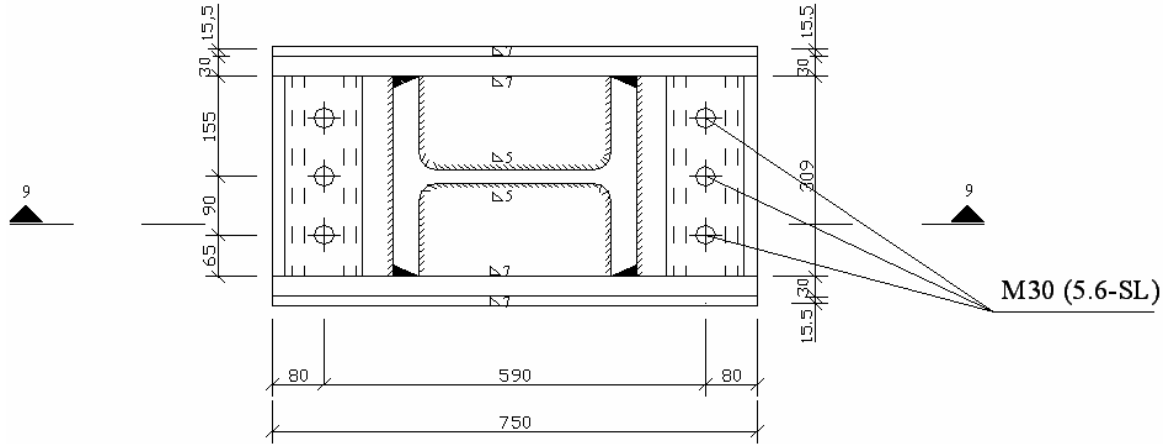
$$k_x = 1,25 - \sqrt{1,25^2 - 2,5 \times k_x k_z} = 1,25 - \sqrt{1,25^2 - 2,5 \times 0,5} = 0,69 < 1$$

$$k_z = 1 - (0,4 \times k_x) = 1 - (0,4 \times 0,69) = 0,72$$

$$Z_s = 0,68 \times k_x \times b_p \times h_z \times f_{cd} - N_{sd}$$

$$Z_s = 0,68 \times 0,69 \times 40 \times 67 \times 1,67 - 2645 = -545 \text{ kN}$$

$$I_c = 0,8 \times 0,69 \times 67 = 37 \text{ cm}$$



9-9 KESİTİ

Şekil 8.14 : Ankastre kolon ayağı detayı

Ankraj Bulonları : M30 (5,6-SL)

$$F_{t,Rk} = 252,5 \text{ kN}$$

$$F_{t,Rd} = 0,85 \times 252,5 / 1,25 = 171,7 \text{ kN}$$

$$3 \text{ bulon için } F_{t,Rd} = 3 \times 171,7 = 515 \text{ kN} > 308 \text{ kN}$$

Taban plağı :

$$309 / 186,5 = 1,65 \text{ ise } m_x = 20,03 \text{ , } m_y = 60,75$$

$$M_{p,x} = 0,85 \times 1,67 \times 30,9 \times 18,65 / 20,03 = 40,84 \text{ kNcm}$$

$$M_{p,y} = 0,85 \times 1,67 \times 30,9 \times 18,65 / 60,75 = 13,47 \text{ kNcm}$$

Plak ortasında kiriş eğilmesi :

$$M_{b,x} = 0,85 \times 1,67 \times 40 \times 18,65^2 / 8 = 2469 \text{ kNcm}$$

Taban levhası kalınlığı :

$$t_p \geq \sqrt{\frac{6 \times M_{p,x}}{f_y / \gamma_{Mo}}} = \sqrt{\frac{6 \times 40,84}{27,5/1,1}} = 3,13 \text{ cm seçilen kalınlık} = 3,5 \text{ cm}$$

Enkesit değerleri :

$$e_u = \frac{3 \times 25 \times (12,5 + 1,75) \times 2}{2 \times 3 \times 25 + 3,5 \times 40} + 1,75 = 9,12 \text{ cm}$$

$$e_o = 28,5 - 9,12 = 19,38 \text{ cm}$$

$$I_y = 2 \times \left[3 \times \frac{25^3}{12} + 3 \times 25 \times \left(19,38 - \frac{25}{2} \right)^2 \right] + 3,5 \times 40 \times (9,12 - 1,75)^2 = 22517 \text{ cm}^4$$

$$W_{y,o} = 22517 / 19,38 = 1161,9 \text{ cm}^3$$

$$W_{y,u} = 22517 / 9,12 = 2468,9 \text{ cm}^3$$

Taban levhasında akma koşulu :

$$\sigma_{x,Ed} = \frac{40,84}{3,5^2/6} + \frac{2469}{22517/(9,12 - 3,5)} = 20 + 0,61 = 20,61 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{x,Ed} = \frac{13,47}{3,5^2/6} = 6,6 \text{ kN/cm}^2$$

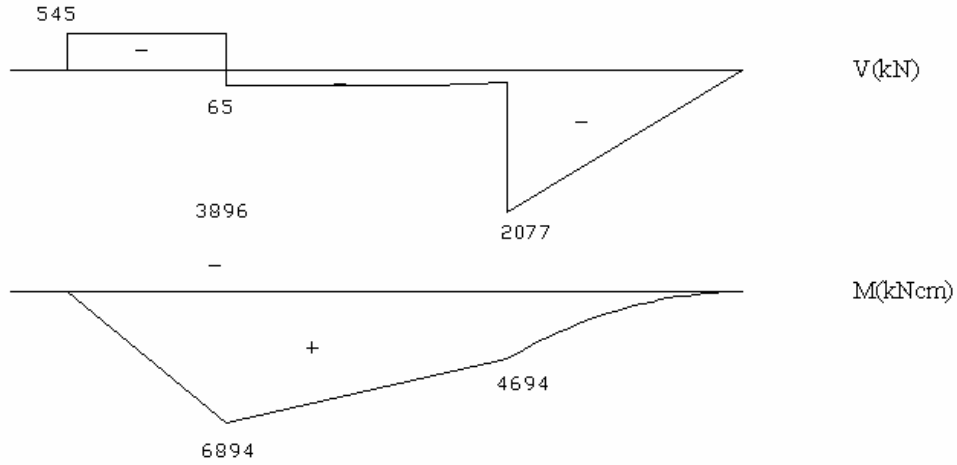
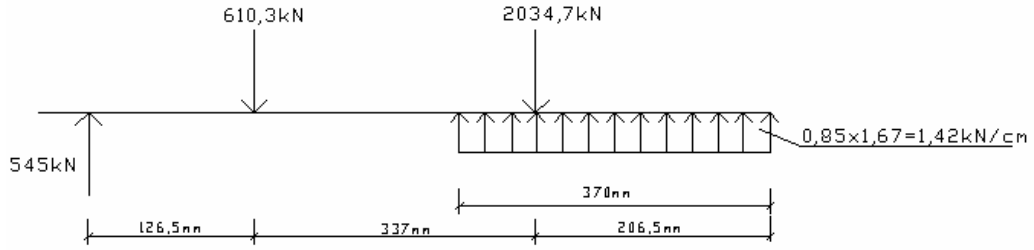
$$\left(\frac{\sigma_{x,Ed}}{f_y / \gamma_{Mo}} \right)^2 + \left(\frac{\sigma_{y,Ed}}{f_y / \gamma_{Mo}} \right)^2 - \left(\frac{\sigma_{x,Ed}}{f_y / \gamma_{Mo}} \right) \times \left(\frac{\sigma_{y,Ed}}{f_y / \gamma_{Mo}} \right) \leq 1$$

$$\left(\frac{20,61}{27,5/1,1} \right)^2 + \left(\frac{6,6}{27,5/1,1} \right)^2 - \left(\frac{20,61}{27,5/1,1} \right) \times \left(\frac{6,6}{27,5/1,1} \right) = 0,7 < 1$$

Ayak kirişi :

$$F_z = [24000 / (37,7 - 4)] - (2645 / 2) = -610,3 \text{ kN}$$

$$F_d = [24000 / (37,7 - 4)] + (2645 / 2) = 2034,7 \text{ kN}$$



$$V_{Rd} = 2 \times 3 \times 25 \times \frac{27,5}{\sqrt{3} \times 1,1} = 2165 \text{ kN} > 2077 \text{ kN}$$

$$A = 2 \times 3 \times 25 + 3,5 \times 40 = 290 \text{ cm}^2$$

$$W_{pl} = 2 \times 3 \times 25 \times 12,5 + 3,5 \times 40 \times 1,75 = 2120 \text{ cm}^3$$

$$M_{Rd} = 2120 \times 27,5 / 1,1 = 53000 \text{ kNcm} > 6894 \text{ kNcm}$$

Boyun dikişleri :

$$\tau = \frac{2077 \times 3,5 \times 40 \times 1,75}{22517 \times 4 \times 0,7} = 8,1 \text{ kN/cm}^2 < \frac{43}{\sqrt{3} \times 0,85 \times 1,25} = 23,4 \text{ kN/cm}^2$$

Kolonu ayak levhasına bağlayan dikişler :

$$F_d = 2034,7 \text{ kN} < 2 \times 4 \times 25 \times 23,4 = 4680 \text{ kN}$$

Kolon gövdesini taban levhasına bağlayan dikişler :

$$V_{sd} = 70 \text{ kN} < 2 \times 0,5 \times 24,3 \times 23,4 = 568,62 \text{ kN}$$

Ankraj kirişini ayak levhasına birleştiren dikişler :

$$Z_s = 545 \text{ kN} < 4 \times 0,4 \times 20 \times 23,4 = 748,8 \text{ kN}$$

Kayma kamasında kontrol :

Kayma kaması olarak HE140 M seçilmiştir. Temel betonu BS 25 $f_{cd} = 1,67 \text{ kN/cm}^2$.

Betonda kontrol : $V_{c,Rd} = 14,6 \times 12 \times 1,67 = 292,6 \text{ kN} > V_{sd} = 70 \text{ kN}$

Kama başlığında kontrol :

$$M_{sd} = \frac{70}{14,6 \times 12} \times \left(\frac{14,6 - 1,3 - 2 \times 1,2}{2} \right)^2 \times 0,5 = 6 \text{ kNcm/cm}$$

$$M_{Rd} = \frac{2,2^2}{6} \times \frac{27,5}{1,1} = 20,17 \text{ kNcm/cm} > 6 \text{ kNcm/cm}$$

Kama gövdesinde kayma kontrolü :

$$A_v = 1,04 \times 16 \times 1,3 = 21,632 \text{ cm}^2$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{21,632 \times 27,5}{\sqrt{3} \times 1,1} = 312,23 \text{ kN} > V_{sd} = 70 \text{ kN}$$

Kamayı taban levhasına birleştiren köşe kaynaklarının kontrolü :

$$M_{sd} = 70 \times [4 + (12/2)] = 700 \text{ kNcm}$$

$$V_{w,Rd} = [2 \times 0,7 \times (16 - 2 \times 2,2 - 2 \times 1,2)] \times 23,36 = 300,9 \text{ kN} > V_{sd} = 70 \text{ kN}$$

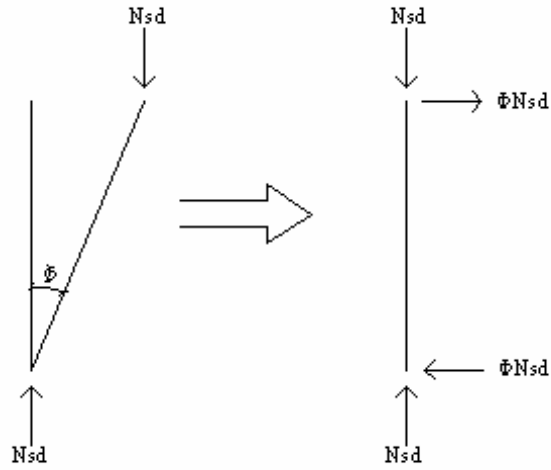
$$N_{wf,Rd} = 0,7 \times (2 \times 14,6 - 1,3 - 2,4) \times 23,36 = 417,69 \text{ kN} > 700 / (16 - 1,2) = 48 \text{ kN}$$

9 ÇERÇEVE KUSURLARININ BOYUTLANDIRMADAKİ ETKİSİ

9.1 Çerçeve Kusurlarından Meydana Gelen Ek Tesirler

9.1.1 Öz Ağırlıktan Meydana Gelen Tesirler

Çerçevelerde kusurların etkisi, bir ϕ başlangıç dönmesi şeklinde eşdeğer geometrik bir kusurla çerçeve analizinde gözönüne alınır.



Şekil 9.1 : Başlangıç dönme kusurundan meydana gelen yatay yükler

$$\phi = k_c \times k_s \times \phi_0$$

$$\phi_0 = 1 / 200 ,$$

$$k_c = (0,5 + 1 / n_c)^{0,5} \leq 1,0 , \quad k_c = (0,5 + 1 / 4)^{0,5} = 0,866 < 1,0$$

$$k_s = (0,2 + 1 / n_s)^{0,5} \leq 1,0 , \quad k_s = (0,2 + 1 / 10)^{0,5} = 0,548 < 1,0$$

$$\phi = 0,866 \times 0,548 \times (1 / 200) = 2,37 \times 10^{-3}$$

Yük analizinden alınan değerlere göre :

$$G_{1.kat} = 3076 \text{ kN}$$

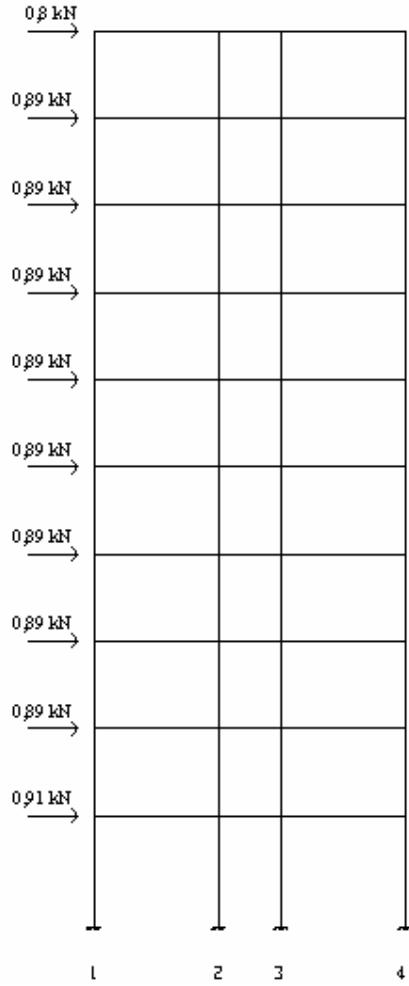
$$G_{araka\text{t}lar} = 3018 \text{ kN}$$

$$G_{\text{çatı}} = 2710 \text{ kN}$$

$$F_{1.kat} = \phi \times G_{1.kat} = 2,37 \times 10^{-3} \times 3076 = 7,29 \text{ kN} / 8 = 0,91 \text{ kN}$$

$$F_{araka\text{t}lar} = \phi \times G_{araka\text{t}lar} = 2,37 \times 10^{-3} \times 3018 = 7,15 \text{ kN} / 8 = 0,89 \text{ kN}$$

$$F_{\text{çatı}} = \phi \times G_{\text{çatı}} = 2,37 \times 10^{-3} \times 2710 = 6,42 \text{ kN} / 8 = 0,8 \text{ kN}$$



Şekil 9.2 : Öz ağırlıktan dolayı meydana gelen yatay çerçeve yüklerinin gösterimi

9.1.2 Hareketli Yükten Meydana Gelen Tesirler

$$\phi = k_c \times k_s \times \phi_o$$

$$\phi_o = 1 / 200 ,$$

$$k_c = (0,5 + 1 / n_c)^{0,5} \leq 1,0 \quad , \quad k_c = (0,5 + 1 / 4)^{0,5} = 0,866 < 1,0$$

$$k_s = (0,2 + 1 / n_s)^{0,5} \leq 1,0 \quad , \quad k_s = (0,2 + 1 / 10)^{0,5} = 0,548 < 1,0$$

$$\phi = 0,866 \times 0,548 \times (1 / 200) = 2,37 \times 10^{-3}$$

Yük analizinden alınan değerlere göre :

$$Q_{1.kat} = 1663 \text{ kN}$$

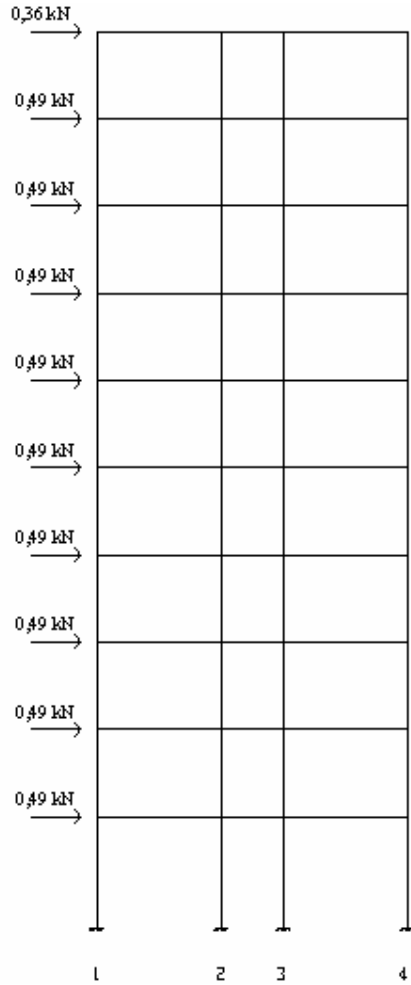
$$Q_{arakatlar} = 1663 \text{ kN}$$

$$Q_{çatı} = 1203 \text{ kN}$$

$$F_{1.kat} = \phi \times Q_{1.kat} = 2,37 \times 10^{-3} \times 1663 = 3,94 \text{ kN} / 8 = 0,49 \text{ kN}$$

$$F_{arakatlar} = \phi \times Q_{arakatlar} = 2,37 \times 10^{-3} \times 1663 = 3,94 \text{ kN} / 8 = 0,49 \text{ kN}$$

$$F_{çatı} = \phi \times Q_{çatı} = 2,37 \times 10^{-3} \times 1203 = 2,85 \text{ kN} / 8 = 0,36 \text{ kN}$$



Şekil 9.3 : Hareketli yükten dolayı meydana gelen yatay çerçeve yüklerinin gösterimi

9.2 Deplasman Kontrolleri

9.2.1 Görelî Kat Ötelemeleri

KAT DEPLASMANLARI :

X DOĞRULTUSU	KAT10	Y DOĞRULTUSU								
<table border="1"><tr><td>4.121</td><td>4.121</td></tr><tr><td>3.839</td><td>3.839</td></tr></table>	4.121	4.121	3.839	3.839		<table border="1"><tr><td>5.057</td><td>6.956</td></tr><tr><td>5.057</td><td>6.956</td></tr></table>	5.057	6.956	5.057	6.956
4.121	4.121									
3.839	3.839									
5.057	6.956									
5.057	6.956									
$(\Delta i)_{\max} = 0.31900$ $(\Delta i)_{\min} = 0.30500$ $(\Delta i)_{\text{ort}} = 0.31200$ $\eta_{bi} = 1.02244$ A1 Düzensizliği YOK $\eta_{ki} = 0.31200$ B2 Düzensizliği YOK		$(\Delta i)_{\max} = 0.29600$ $(\Delta i)_{\min} = 0.20100$ $(\Delta i)_{\text{ort}} = 0.24850$ $\eta_{bi} = 1.19115$ A1 Düzensizliği YOK $\eta_{ki} = 0.24850$ B2 Düzensizliği YOK								
X DOĞRULTUSU	KAT9	Y DOĞRULTUSU								
<table border="1"><tr><td>3.802</td><td>3.802</td></tr><tr><td>3.534</td><td>3.534</td></tr></table>	3.802	3.802	3.534	3.534		<table border="1"><tr><td>4.856</td><td>6.660</td></tr><tr><td>4.856</td><td>6.660</td></tr></table>	4.856	6.660	4.856	6.660
3.802	3.802									
3.534	3.534									
4.856	6.660									
4.856	6.660									
$(\Delta i)_{\max} = 0.36300$ $(\Delta i)_{\min} = 0.34400$ $(\Delta i)_{\text{ort}} = 0.35350$ $\eta_{bi} = 1.02687$ A1 Düzensizliği YOK $\eta_{ki} = 1.13301$ B2 Düzensizliği YOK		$(\Delta i)_{\max} = 0.42500$ $(\Delta i)_{\min} = 0.29500$ $(\Delta i)_{\text{ort}} = 0.36000$ $\eta_{bi} = 1.18056$ A1 Düzensizliği YOK $\eta_{ki} = 1.44869$ B2 Düzensizliği YOK								

X DOĞRULTUSU

KAT8

Y DOĞRULTUSU

3.439	3.439
3.190	3.190

4.561	6.235
4.561	6.235

$(\Delta i)_{\max} = 0.40300$

$(\Delta i)_{\min} = 0.37900$

$(\Delta i)_{\text{ort}} = 0.39100$

$\eta_{bi} = 1.03069$ A1 Düzensizliği YOK

$\eta_{ki} = 1.10608$ B2 Düzensizliği YOK

$(\Delta i)_{\max} = 0.55800$

$(\Delta i)_{\min} = 0.39600$

$(\Delta i)_{\text{ort}} = 0.47700$

$\eta_{bi} = 1.16981$ A1 Düzensizliği YOK

$\eta_{ki} = 1.32500$ B2 Düzensizliği YOK

X DOĞRULTUSU

KAT7

Y DOĞRULTUSU

3.036	3.036
2.811	2.811

4.165	5.677
4.165	5.677

$(\Delta i)_{\max} = 0.43300$

$(\Delta i)_{\min} = 0.40500$

$(\Delta i)_{\text{ort}} = 0.41900$

$\eta_{bi} = 1.03341$ A1 Düzensizliği YOK

$\eta_{ki} = 1.07161$ B2 Düzensizliği YOK

$(\Delta i)_{\max} = 0.67800$

$(\Delta i)_{\min} = 0.48800$

$(\Delta i)_{\text{ort}} = 0.58300$

$\eta_{bi} = 1.16295$ A1 Düzensizliği YOK

$\eta_{ki} = 1.22222$ B2 Düzensizliği YOK

X DOĞRULTUSU

KAT6

Y DOĞRULTUSU

2.603	2.603
2.406	2.406

3.677	4.999
3.677	4.999

$(\Delta i)_{\max} = 0.45000$

$(\Delta i)_{\min} = 0.41900$

$(\Delta i)_{\text{ort}} = 0.43450$

$\eta_{bi} = 1.03567$ A1 Düzensizliği YOK

$\eta_{ki} = 1.03699$ B2 Düzensizliği YOK

$(\Delta i)_{\max} = 0.77900$

$(\Delta i)_{\min} = 0.56700$

$(\Delta i)_{\text{ort}} = 0.67300$

$\eta_{bi} = 1.15750$ A1 Düzensizliği YOK

$\eta_{ki} = 1.15437$ B2 Düzensizliği YOK

X DOĞRULTUSU

KAT5

Y DOĞRULTUSU

2.153	2.153
1.987	1.987

3.110	4.220
3.110	4.220

$(\Delta i)_{\max} = 0.45600$

$(\Delta i)_{\min} = 0.42200$

$(\Delta i)_{\text{ort}} = 0.43900$

$\eta_{bi} = 1.03872$ A1 Düzensizliği YOK

$\eta_{ki} = 1.01036$ B2 Düzensizliği YOK

$(\Delta i)_{\max} = 0.85500$

$(\Delta i)_{\min} = 0.62800$

$(\Delta i)_{\text{ort}} = 0.74150$

$\eta_{bi} = 1.15307$ A1 Düzensizliği YOK

$\eta_{ki} = 1.10178$ B2 Düzensizliği YOK

X DOĞRULTUSU

KAT4

Y DOĞRULTUSU

1.697	1.697
1.565	1.565

2.482	3.365
2.482	3.365

$(\Delta i)_{\max} = 0.44700$

$(\Delta i)_{\min} = 0.41100$

$(\Delta i)_{\text{ort}} = 0.42900$

$\eta_{bi} = 1.04196$ A1 Düzensizliği YOK

$\eta_{ki} = 0.97722$ B2 Düzensizliği YOK

$(\Delta i)_{\max} = 0.86500$

$(\Delta i)_{\min} = 0.67000$

$(\Delta i)_{\text{ort}} = 0.76750$

$\eta_{bi} = 1.12704$ A1 Düzensizliği YOK

$\eta_{ki} = 1.03506$ B2 Düzensizliği YOK

X DOĞRULTUSU

KAT3

Y DOĞRULTUSU

1.250	1.250
1.154	1.154

1.812	2.500
1.812	2.500

$(\Delta i)_{\max} = 0.42200$

$(\Delta i)_{\min} = 0.38700$

$(\Delta i)_{\text{ort}} = 0.40450$

$\eta_{bi} = 1.04326$ A1 Düzensizliği YOK

$\eta_{ki} = 0.94289$ B2 Düzensizliği YOK

$(\Delta i)_{\max} = 0.87400$

$(\Delta i)_{\min} = 0.68300$

$(\Delta i)_{\text{ort}} = 0.77850$

$\eta_{bi} = 1.12267$ A1 Düzensizliği YOK

$\eta_{ki} = 1.01433$ B2 Düzensizliği YOK

X DOĞRULTUSU		KAT2	Y DOĞRULTUSU	
0.828	0.828		1.129	1.626
0.767	0.767		1.129	1.626
$(\Delta i)_{max} = 0.40200$ $(\Delta i)_{min} = 0.36900$ $(\Delta i)_{ort} = 0.38550$ $\eta_{bi} = 1.04280$ A1 Düzensizliği YOK $\eta_{ki} = 0.95303$ B2 Düzensizliği YOK			$(\Delta i)_{max} = 0.87500$ $(\Delta i)_{min} = 0.61900$ $(\Delta i)_{ort} = 0.74700$ $\eta_{bi} = 1.17135$ A1 Düzensizliği YOK $\eta_{ki} = 0.95954$ B2 Düzensizliği YOK	

X DOĞRULTUSU		KAT1	Y DOĞRULTUSU	
0.426	0.426		0.510	0.751
0.398	0.398		0.510	0.751
$(\Delta i)_{max} = 0.42600$ $(\Delta i)_{min} = 0.39800$ $(\Delta i)_{ort} = 0.41200$ $\eta_{bi} = 1.03398$ A1 Düzensizliği YOK $\eta_{ki} = 1.06874$ B2 Düzensizliği YOK			$(\Delta i)_{max} = 0.75100$ $(\Delta i)_{min} = 0.51000$ $(\Delta i)_{ort} = 0.63050$ $\eta_{bi} = 1.19112$ A1 Düzensizliği YOK $\eta_{ki} = 0.84404$ B2 Düzensizliği YOK	

$$(\Delta i)_{max}/h_i \leq 0.0035$$

$$(\Delta i)_{max}/h_i \leq 0.02/R$$

$$0.00250 < 0.0025 \quad \text{UYGUN}$$

$$\eta_{bi} = (\Delta i)_{max} / (\Delta i)_{ort} > 1.2$$

$$\eta_{ki} = (\Delta i)_{ort} / (\Delta i+1)_{ort} > 1.5$$

9.2.2 Göreli Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması

Her katta ilgili deprem doğrultusu için $(\Delta i)_{max} / h_i \leq 0,0035$ veya $\leq 0,02 / R$ olmalıdır. Sistemde $(\Delta i)_{max} / h_i = 0,0025 \leq (0,02 / R) = 0,0025$ olduğundan sistemin yapmış olduğu deplasmanlar kabul edilebilir sınırlar içerisinde.

9.2.3 Düzensizlik Durumları

A1 Burulma Düzensizliği : $\eta_{bi} = (\Delta i)_{max} / (\Delta i)_{ort} > 1.2$ koşulu hiçbir katta gerçekleşmediğinden yapıda A1 türü düzensizlik yoktur.

A2 Döşeme Süreksizlikleri : Katlarda yerel döşeme boşlukları bulunmamaktadır. Katlar kendi içinde rijit diyafram olarak çalışmaktadır. Yapıda A2 türü düzensizlik bulunmamaktadır.

A3 Planda Çıkıntılar Bulunması : Yapıda planda bir çıkıntı bulunmadığından A3 türü düzensizlik bulunmamaktadır.

A4 Taşıyıcı Eleman Eksenlerinin Paralel Olmaması : Yapıda asal eksenleri deprem doğrultularına paralel olmayan taşıyıcı sistem elemanı olmadığından A4 türü düzensizlik yoktur.

B1 Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (Zayıf Kat) : Çelik bina B1 türü düzensizlik yoktur.

B2 Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat) :

$\eta_{bi} = (\Delta_i)_{ort} / (\Delta_{i+1})_{ort} > 1.5$ koşulu hiçbir katta gerçekleşmediğinden yapıda A1 türü düzensizlik yoktur.

B3 Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizliği : Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarında süreksizlik söz konusu olmadığından B3 türü düzensizlik yoktur.

9.3 Yük Durumları ve Kombinasyonlar

9.3.1 Yük Durumları

Self = Taşıyıcı sistem zati ağırlığı

G = Sabit yükler

Q = Hareketli yükler

EXP = + %5 dışmerkezlikli + X yönü deprem yüklemesi

EXN = - %5 dışmerkezlikli + X yönü deprem yüklemesi

EYP = + %5 dışmerkezlikli + Y yönü deprem yüklemesi

EYN = - %5 dışmerkezlikli + Y yönü deprem yüklemesi

FNX = + X yönü ek eşdeğer deprem yüklemesi

FNY = + Y yönü ek eşdeğer deprem yüklemesi

WXP = + X yönü rüzgar yüklemesi

WXN = - X yönü rüzgar yüklemesi

WYP = + Y yönü rüzgar yüklemesi

WYN = - Y yönü rüzgar yüklemesi

KPG = çerçeve kusurlarından ve öz ağırlıktan dolayı meydana gelen + Y yönü yüklemesi

KPQ = çerçeve kusurlarından ve hareketli yükten dolayı meydana gelen + Y yönü yüklemesi

KNG = çerçeve kusurlarından ve öz ağırlıktan dolayı meydana gelen - Y yönü yüklemesi

KNQ = çerçeve kusurlarından ve hareketli yükten dolayı meydana gelen - Y yönü yüklemesi

9.3.2 Kombinasyonlar

$1,35G + 1,5Q = 1,35 \times \text{zati ağırlık} + 1,35 \times \text{sabit yükler} + 1,35 \times KPG + 1,5 \times KPQ$

$-(1,35G + 1,5Q) = 1,35 \times \text{zati ağırlık} + 1,35 \times \text{sabit yükler} + 1,35 \times KNG + 1,5 \times KNQ$

XPDP = + X deprem yüklemesi (+ %5 dışmerkezlikli) + zati ağırlık + sabit yükler + hareketli yükler + KPG + KPQ

XPDN = - X deprem yüklemesi (+ %5 dışmerkezlikli) + zati ağırlık + sabit yükler + hareketli yükler + KNG + KNQ

XNDP = + X deprem yüklemesi (- %5 dışmerkezlikli) + zati ağırlık + sabit yükler + hareketli yükler + KPG + KPQ

XNDN = - X deprem yüklemesi (- %5 dışmerkezlikli) + zati ağırlık + sabit yükler + hareketli yükler + KNG + KNQ

YPDP = + Y deprem yüklemesi (+ %5 dışmerkezlikli) + zati ağırlık + sabit yükler + hareketli yükler + KPG + KPQ

YPDN = - Y deprem yüklemesi (+ %5 dışmerkezlikli) + zati ağırlık + sabit yükler + hareketli yükler + KNG + KNQ

YNDP = + Y deprem yüklemesi (- %5 dışmerkezlikli) + zati ağırlık + sabit yükler + hareketli yükler + KPG + KPQ

YNDN = - Y deprem yüklemesi (- %5 dışmerkezlikli) + zati ağırlık + sabit yükler + hareketli yükler + KNG + KNQ

$1,35GQWXP = 1,35 \times (\text{zati ağırlık} + \text{sabit yükler} + \text{hareketli yükler} + +X \text{ yönü rüzgar yüklemesi} + KPG + KPQ)$

$1,35GQWXN = 1,35 \times (\text{zati ağırlık} + \text{sabit yükler} + \text{hareketli yükler} + \text{-X yönü rüzgar yüklemesi} + KNG + KNQ)$

$1,35GQWYP = 1,35 \times (\text{zati ağırlık} + \text{sabit yükler} + \text{hareketli yükler} + \text{+Y yönü rüzgar yüklemesi} + KPG + KPQ)$

$1,35GQWYN = 1,35 \times (\text{zati ağırlık} + \text{sabit yükler} + \text{hareketli yükler} + \text{-Y yönü rüzgar yüklemesi} + KNG + KNQ)$

$1,35G + 1,5WXP = 1,35 \times (\text{zati ağırlık} + \text{sabit yükler} + KPG) + 1,5 \times (\text{+ X yönü rüzgar yüklemesi})$

$1,35G + 1,5WXN = 1,35 \times (\text{zati ağırlık} + \text{sabit yükler} + KNG) + 1,5 \times (\text{- X yönü rüzgar yüklemesi})$

$1,35G + 1,5WYP = 1,35 \times (\text{zati ağırlık} + \text{sabit yükler} + KPG) + 1,5 \times (\text{+ Y yönü rüzgar yüklemesi})$

$1,35G + 1,5WYN = 1,35 \times (\text{zati ağırlık} + \text{sabit yükler} + KNG) + 1,5 \times (\text{- Y yönü rüzgar yüklemesi})$

9.4 Taşıyıcı Sistem Elemanlarının Boyutlandırılması

9.4.1 Kolonların Enkesit Hesabı

Sistemin sap 2000 programı ile analizi sonucu en elverişsiz durumdaki iç kuvvetler dikkate alınarak hesaplamalar gerçekleştirilmiştir. En elverişsiz durumdaki iç kuvvetler daha önce seçilen HE340 M profiline etkimektedir.

Seçilen kolon kesiti: HE340 M

Kesit Tesirleri: $N_{sd} = - 2668 \text{ kN}$; $M_{sd} = 253 \text{ kNm}$; $V_{sd} = 71 \text{ kN}$

Enkesit sınıfının saptanması: $\varepsilon = \sqrt{235/f_y} = \sqrt{235/275} = 0,92$

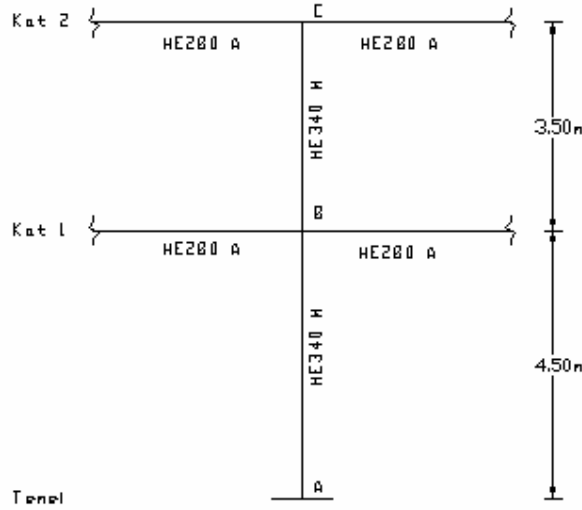
Başlık enkesit sınıfı : $c / t_f = 15,45 / 4 = 3,86 \leq 10\varepsilon$ olduğundan başlık enkesit sınıfı 1

$$\alpha = \frac{1}{2} \times \left(\frac{0,3 \times A}{d \times t_w} + 1 \right) = \frac{1}{2} \times \left(\frac{0,3 \times 315,8}{243 \times 2,1} + 1 \right) = 1,428 > 0,5$$

Gövde enkesit sınıfı : $\frac{d}{t_w} \leq \frac{396\varepsilon}{13\alpha - 1}$ koşulu sağlanırsa gövde enkesiti de sınıf 1'dir.

$\frac{24,3}{2,1} \leq \frac{396 \times 0,92}{(13 \times 1,428 - 1)} \Rightarrow 11,57 < 20,74$ gövde enkesit sınıfı 1 ve tüm enkesit de sınıf 1'e aittir.

Eğilmeli burkulma kontrolü :



Şekil 9.4 : Hesabı yapılan kolonun zayıf eksen burkulma boyu düzlemi

$L_{kiriş} = 500 \text{ cm}$, $I_y = 13670 \text{ cm}^4$ etkili kiriş katsayıları birbirlerine eşit olup ;

$$K = \frac{13670}{500} = 27,34 \quad L_{AB} = 450 \text{ cm}, L_{BC} = 350 \text{ cm}, I_y = 76370 \text{ cm}^4$$

$$K_{AB} = \frac{76370}{450} = 169,71 \quad K_{BC} = \frac{76370}{350} = 218,2$$

AB kolonunda dağıtma katsayıları :

$$\eta_A = 0 \text{ (ankastre)} \quad \eta_B = \frac{169,71 + 218,2}{169,71 + 218,2 + 27,34 \times 2} = \frac{387,91}{442,59} = 0,876$$

AB kolonunda burkulma boyu (yanal doğrultuda öteleme var)

$$\frac{1}{L} = \left(\frac{1 - 0,2 \times (\eta_1 + \eta_2) - 0,12 \times \eta_1 \times \eta_2}{1 - 0,8 \times (\eta_1 + \eta_2) - 0,6 \times \eta_1 \times \eta_2} \right)^{0,5} \Rightarrow \frac{1}{L} = \left(\frac{1 - 0,2 \times (\eta_1 + \eta_2) - 0,12 \times \eta_1 \times \eta_2}{1 - 0,8 \times (\eta_1 + \eta_2) - 0,6 \times \eta_1 \times \eta_2} \right)^{0,5}$$

$$\frac{1}{L} = 1,66 \quad s_{ky} = 1,66 \times 450 = 747 \text{ cm}, \quad s_{kz} = 450 \text{ cm}$$

$$\lambda_y = \frac{s_{ky}}{i_y} = \frac{747}{15,55} = 48,04 \quad \lambda_z = \frac{s_{kz}}{i_z} = \frac{450}{7,9} = 56,96$$

$$\lambda_1 = \pi \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \pi \times \sqrt{\frac{21000}{27,5}} = 86,82$$

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = \frac{48,04}{86,82} = 0,55 \quad \bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = \frac{56,96}{86,82} = 0,66$$

Profil geometrisi :

$$\frac{h}{b} = \frac{377}{309} = 1,22 > 1,2 \quad t_f = 4,0\text{mm} \leq 40\text{mm} \text{ olduğundan y-y eksenine dik burkulmada}$$

a eğrisi, z-z eksenine dik burkulmada b eğrisi kullanılacaktır.

$$\bar{\lambda}_y = 0,55 \rightarrow \text{a eğrisi} \rightarrow \chi_y = 0,90715 \quad \bar{\lambda}_z = 0,66 \rightarrow \text{b eğrisi} \rightarrow \chi_z = 0,90715$$

$k_y = 1,7$

$$\text{Eğilmeli burkulma tahkiki} = \frac{N_{sd}}{\chi_{\min} \times A \times f_y / \gamma_{M1}} + \frac{k_y \times M_{ysd}}{W_{y,pl} \times f_y / \gamma_{M1}} + \frac{k_z \times M_{zsd}}{W_{z,pl} \times f_y / \gamma_{M1}} \leq 1$$

İhmal edilebilir

$$\frac{2668}{0,80506 \times 315,8 \times 27,5 / 1,1} + \frac{1,7 \times 25300}{4718 \times 27,5 / 1,1} = 0,78 \leq 1$$

$$\text{Eğilmeli burulmalı burkulma tahkiki} = \frac{N_{sd}}{\chi_z \times A \times f_y / \gamma_{M1}} + \frac{k_{LT} \times M_{ysd}}{\chi_{LT} \times W_{y,pl} \times f_y / \gamma_{M1}} \leq 1$$

$L_{LT} = 450\text{cm}$, $k = k_w = 0,75$ (uçları eksenlerine dik doğrultuda öteleme yapan çubuklar) $\psi = 0,7$ $C_1 = 1,6$ olarak alınmıştır. $l_{LT} = 0,75 \times 450 = 337,5 \text{ cm}$

$$M_{cr} = C_1 \times \frac{\pi^2 \times E \times I_z}{I_{LT}^2} \times \sqrt{\frac{(k/k_w)^2 \times I_w + 0,039 \times l_{LT}^2 \times I_t}{I_z}}$$

$$M_{cr} = 1,6 \times \frac{\pi^2 \times 21000 \times 19710}{337,5^2} \times \sqrt{\frac{(1)^2 \times 5584000 + 0,039 \times 337,5^2 \times 1506}{19710}}$$

$$M_{cr} = 1431960 \text{ kNcm}$$

$$\lambda_{LT} = \sqrt{\frac{\pi^2 \times E \times W_{y,pl}}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{\pi^2 \times 21000 \times 4718}{1431960}} = 26,13$$

$$\lambda_{LT} = \frac{\lambda_{LT}}{\lambda_1} = \frac{26,13}{86,82} = 0,3 \rightarrow a \rightarrow \chi_{LT} = 0,9775 \quad \chi_z = 0,80506 \quad k_{LT} = 1$$

$$\frac{N_{sd}}{\chi_z \times A \times f_y / \gamma_{M1}} + \frac{k_{LT} \times M_{ysd}}{\chi_{LT} \times W_{y,pl} \times f_y / \gamma_{M1}} \leq 1$$

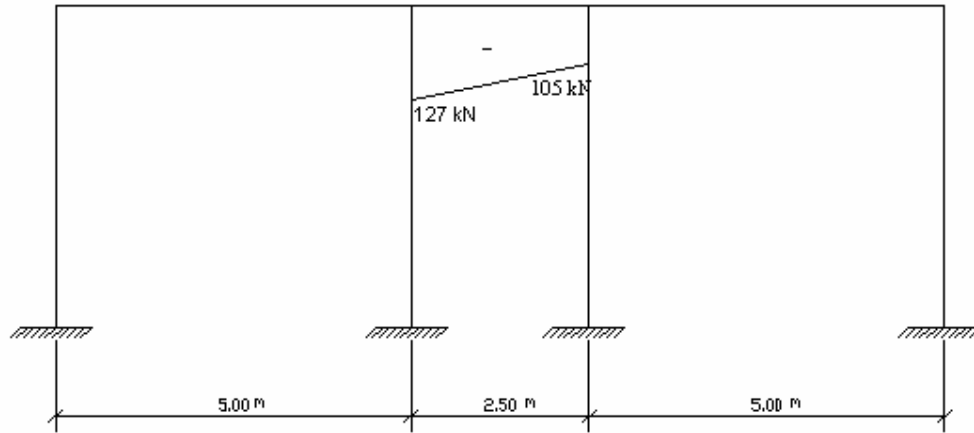
$$\frac{2668}{0,80506 \times 315,8 \times 27,5 / 1,1} + \frac{1 \times 25300}{0,9775 \times 4718 \times 27,5 / 1,1} = 0,64 \leq 1$$

9.4.2 Çerçeve Kirişlerinin Hesabı

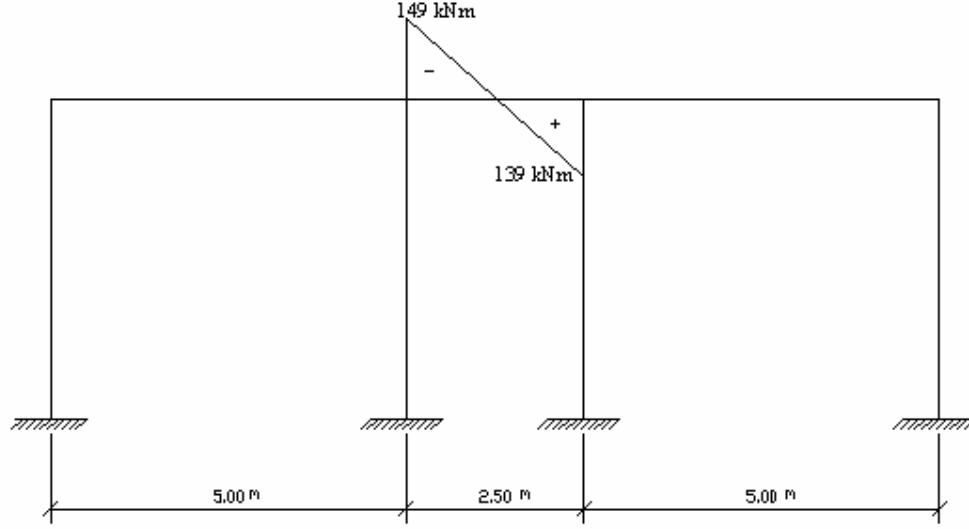
Seçilen kiriş kesiti: HE280 A

Kesit Tesirleri: $M_{sd} = -149 \text{ kNm}$; $V_{sd} = -127 \text{ kN}$

Bilgisayar analizinin incelenmesi sonucunda çerçeve kirişlerini etkileyen en büyük tesir kuvvetlerinin rüzgar yükünün bulunduğu kombinasyonlarda oluştuğu gözlenmiştir. Aşağıda en elverişsiz kombinasyon altında kirişte meydana gelen kesme kuvveti ve moment diyagramları görülmektedir.



Şekil 9.5 : Çerçeve kirişinin en elverişsiz durumdaki kesme kuvveti diyagramı



Şekil 9.6 : Çerçeve kirişinin en elverişsiz durumdaki moment diyagramı

$$\text{Enkesit sınıfının saptanması: } \varepsilon = \sqrt{235/f_y} = \sqrt{235/275} = 0,92$$

Başlık enkesit sınıfı : $c / t_f = 14 / 1,3 = 10,17 \leq 15\varepsilon$ olduğundan başlık enkesit sınıfı 3

$$\alpha = \frac{1}{2} \times \left(\frac{0,3 \times A}{d \times t_w} + 1 \right) = \frac{1}{2} \times \left(\frac{0,3 \times 97,26}{19,6 \times 0,8} + 1 \right) = 1,4 > 0,5$$

Gövde enkesit sınıfı : $\frac{d}{t_w} \leq \frac{456\varepsilon}{13\alpha - 1}$ koşulu sağlanırsa gövde enkesiti de sınıf 1'dir.

$$\frac{196}{8} \leq \frac{456 \times 0,92}{(13 \times 1,4 - 1)} \Rightarrow 24,5 \leq 24,5 \text{ gövde enkesit sınıfı 2 ve tüm enkesit sınıfı 3'e}$$

aittir.

Kesme dayanımı kontrolü :

$$V_{sd} \leq V_{pl,Rd} = \frac{A_v \times f_y}{\sqrt{3} \times \gamma_{Mo}}$$

$$A_v = 1,04 \times h \times t_w = 1,04 \times 27 \times 0,8 = 22,464 \text{ cm}^2$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{22,464 \times 27,5}{\sqrt{3} \times 1,1} = 324 \text{ kN} > 127 \text{ kN}$$

$0,5 \times V_{pl,Rd} = 162 \text{ kN} > V_{sd} = 127 \text{ kN}$ olduğundan dolayı kirişte kesme kuvvetinden dolayı moment dayanımında bir indirgemeye gidilmesine gerek yoktur.

Eğilme dayanımı kontrolü :

$M_{sd} \leq M_{c,Rd}$ olmalıdır. Kullanılan kiriş profili 3. sınıf enkesit olduğu için eğilme dayanımı ; $M_{c,Rd} = \frac{W_{el} \times f_y}{\gamma_{Mo}}$

$$M_{c,Rd} = \frac{1013 \times 27,5}{1,1} = 25325 \text{ kNcm} = 253,25 \text{ kNm} > M_{sd} = 149 \text{ kNm}$$

Gövdede kayma buruşması:

$d / t_w = 196 / 8 = 24,5 < 69\epsilon = 63,48$ olduğundan gövdede kayma buruşması kontrolü yapılmasına gerek yoktur.

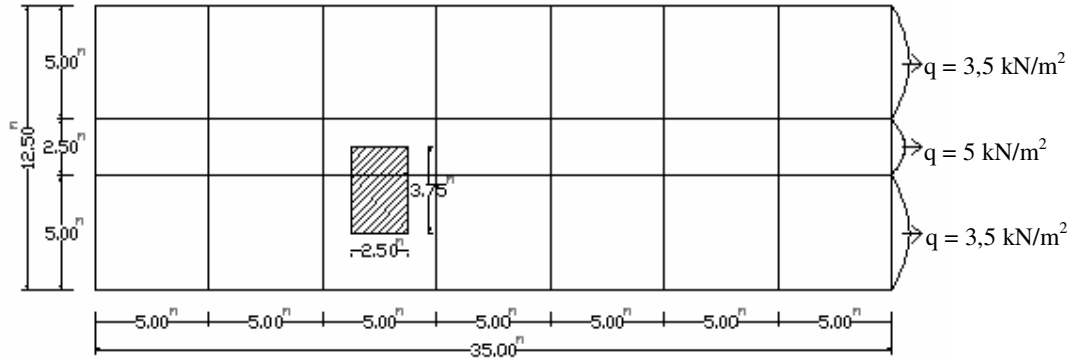
9.4.3 Basit Mesnetli Kat Kirişlerinin Hesabı

Seçilen kiriş kesiti: HE280 A

Kesit Tesirleri: $M_{sd} = 147 \text{ kNm}$; $V_{sd} = 30,3 \text{ kN}$

Analiz sonucunda elde edilen en elverişsiz kesit tesirleri yukarıda belirtilmiştir. Çerçeve kirişleri ile basit mesnetli kat kirişlerinde aynı profil kullanıldığı için ve basit mesnetli kat kirişlerinde oluşan iç kuvvet tesirleri çerçeve kirişlerinde oluşan iç kuvvet tesirlerinden daha olumsuz bir durum oluşturamayacağından dolayı aynı tahkiklerin tekrar yapılmasına gerek duyulmamıştır. Fakat bu kirişlerde sehim kontrolü yapılmıştır.

Sehim kontrolü : Kirişlerin sehim kontrolünde hesaplar tali kirişlere gelen yükler göz önünde bulundurularak etkili alan yöntemiyle yapılmıştır.



Şekil 9.7 : Basit mesnetli kirişlere etkili alan yöntemiyle yük aktarımı

$g = 4,55 \text{ kN/m}^2$, $q = 3,5 \text{ kN/m}^2$ (odalarda) , $q = 5 \text{ kN/m}^2$ (koridorlarda)

$g = 4,55 \times 1,25 = 5,69 \text{ kN/m}$, $q = (3,5+5)/2 \times 1,25 = 5,3 \text{ kN/m}$

$$P_g = \frac{(5,69 + 5,3) \times 3 \times \left(\frac{5 + 2,5}{2} \right)}{5} = 24,73 \text{ kN/m}$$

$$P_q = \frac{5,3 \times 3 \times \left(\frac{5 + 2,5}{2} \right)}{5} = 11,925 \text{ kN/m}$$

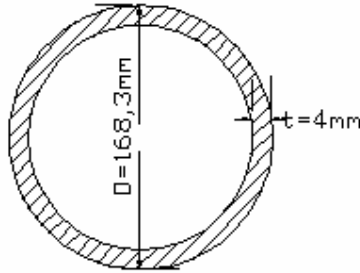
$$\delta_{\max} = \frac{5}{384} \times \frac{P_g \times l^4}{E \times I_y} < \frac{1}{250} , \quad \delta_2 = \frac{5}{384} \times \frac{P_q \times l^4}{E \times I_y} < \frac{1}{350}$$

$$\delta_{\max} = \frac{5}{384} \times \frac{24,73 \times 500^4}{2,1 \times 10^6 \times 13670} = 0,7 \text{ cm} < \frac{500}{250} = 2 \text{ cm}$$

$$\delta_2 = \frac{5}{384} \times \frac{11,925 \times 500^4}{2,1 \times 10^6 \times 13670} = 0,34 \text{ cm} < \frac{500}{350} = 1,43 \text{ cm}$$

9.4.4 Düşey Stabilité Bağlantılarının Boyutlandırılması

Seçilen kesit: D168,3 x 4



$$A = 20,6 \text{ cm}^2$$

$$I_y = I_z = 5,81 \text{ cm}^4$$

$$L = 430 \text{ cm}$$

Kesit Tesirleri: $N_{sd} = -243 \text{ kN}$

Burkulma boyları ; $S_{ky} = S_{kz} = 1 \times 430 = 430 \text{ cm}$

$$\lambda_y = \lambda_z = 430 / 5,81 = 74$$

Kıyaslama narinliğinin tayini :

$$\lambda_1 = \pi \times \sqrt{\frac{21000}{27,5}} = 86,82 \quad \lambda_{y1}^- = \lambda_{z1}^- = \frac{74}{86,82} = 0,85$$

$$\text{Enkesit sınıfının saptanması: } \varepsilon = \sqrt{235/f_y} = \sqrt{235/275} = 0,92$$

Boru enkesit sınıfı : $d / t = 16,83 / 0,4 = 42,08 \leq 50\varepsilon^2 = 42,32$ olduğundan enkesit sınıfı 1'e aittir. $B_A = 1$ olarak alınır. İndirgeme katsayılarının tayini ;

$$\bar{\lambda}_{y1} = \bar{\lambda}_{z1} = 0,85 \rightarrow a \text{ egrisi } \cdot \chi = 0,69$$

$$N_{sd} = -243 \text{ kN}$$

$$N_{b,Rd} = \chi \times A \times f_y / \gamma = 0,69 \times 20,6 \times 27,5 / 1,1 = 355 \text{ kN}$$

$N_{sd} < N_{b,Rd}$ olduğundan burkulma güvenliği sağlanmaktadır.

9.5 Temel Hesabı

Yapı ağırlığı büyük veya zeminin taşıma gücü çok düşükse, bütün yapının altına tek bir plak temel yapılması uygun olmaktadır. Dolayısıyla yapı ağırlığının fazla olması gözönünde bulundurularak sap 2000 programından alınan yük değerleri safe programına aktarılarak TS 500 'e göre betonarme radye temel çözümlenmesi yapılmıştır. Temeli planda üst yapının dışına taşarak zemin gerilmelerini daha da küçültmek uygun olacağından plan dışına her iki doğrultuda da 100cm çıkmıştır. Zemin yatak katsayısı 50000 kN/m³ olarak alınmıştır.

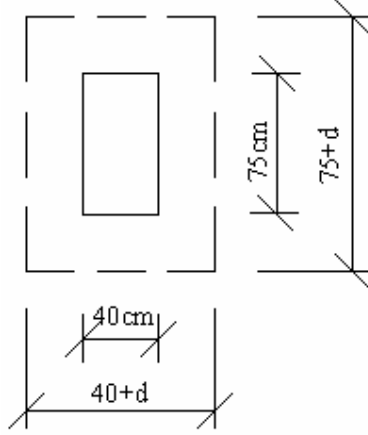
Boyutlama için en önemli husus zemin gerilmelerinin bulunmasıdır. Düşey elemanlardan gelen yüklerin plak temele iletilmesiyle temel plağının elastik zemine mesnetli olarak çözülmesi yaygın olarak uygulanan bir yöntem olması sebebiyle burada da bu yöntem kullanılmıştır. Çok katlı geometrisi düzgün olan bu sistemde düşey yüklerin ağırlık merkezi temel plağının ağırlık merkezine yakın olmasından ötürü zemin gerilmelerini kolon momentlerine bakılmaksızın sadece düşey kuvvetlerden hesaplamak yeterlidir.

En kritik sonucu veren orta kolonlar için yük değerleri :

$$G = 1030 \text{ kN} , Q = 701 \text{ kN} , 1,4G+1,6Q = 2564 \text{ kN}$$

$$\text{Orta kolonlar için kolon etkili alanları} = 5 \times 3,75 = 18,75 \text{ m}^2$$

$$q = 2564 / 18,75 = 136,75 \text{ kN/m}^2$$



Şekil 9.8 Zımbalama çevresinin görünümü

Temel plağının kalınlığı zımbalama kontrolü sağlanacak şekilde seçilecektir. Orta kolonlar için zımbalama kesitinde taşınması gereken kuvvet ve taşınabilecek kuvvet :

$$V_{pd} = 2564 - [(0,4 + d) \times (0,75 + d) \times 136,75]$$

$$V_{pr} = \gamma \times f_{ctd} \times u_p \times d = 1 \times 1150 \times 2 \times (0,4 + 0,75 + 2d) \times d$$

Tablo 9.1 : Etkili temel yüksekliğine bağlı olarak V_{pd} ve V_{pr} değerlerinin gösterilmesi

d (m)	0,4	0,45	0,5
V_{pd} (kN)	2438	2425	2410
V_{pr} (kN)	1794	2122	2473

Sonuç olarak $d = 0,5m$ ve temel yüksekliği (h) = $0,6m$ seçildi. Artırılmış yüklerin kullanma yüklerinin yaklaşık 1,5 katı olduğu kabul edilerek, kullanma yükleri altındaki en büyük zemin gerilmesi :

$$q_{zmax} = q / 1,5 + \text{plak ağırlığı}$$

$$q_{zmin} = 136,75 / 1,5 + 25 \times 0,6 = 106 \text{ kN/m}^2 < 250 \text{ kN/m}^2$$

Yapılan bilgisayar analizi sonucunda elde edilen çökme değerlerine incelendiğinde :

$$S_{max} = -0,0014m, S_{main} = -0,0041m$$

$$\sigma = k \times s$$

$$\sigma_{max} = 0,0041 \times 50000 = 205 \text{ kN/m}^2 < 250 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{main} = 0,0014 \times 50000 = 70 \text{ kN/m}^2 > 0$$

Hesaplar sonucunda zeminde çekme gerilmesinin olmadığı gözlenmiştir

9.5.1 Yük Kombinasyonları

Yük kombinasyonları TS 500 'e uygun olarak programa girilmiştir. Düşey yükler olarak temel zati yükünün yanında yapıdan aktarılan ölü ve hareketli yükler, yatay yükler olarak da deprem ve rüzgar yüklerinin etkisi temel hesabında incelenmiştir. Aşağıda radye temel hesabında kullanılan kombinasyonlar detaylı olarak verilmiştir.

Temel = Temel zati ağırlığı

G = Sabit yükler

Q = Hareketli yükler

EXP = + %5 dışmerkezlikli + X yönü deprem yüklemesi

EXN = - %5 dışmerkezlikli + X yönü deprem yüklemesi

EYP = + %5 dışmerkezlikli + Y yönü deprem yüklemesi

EYN = - %5 dışmerkezlikli + Y yönü deprem yüklemesi

WXP = + X yönü rüzgar yüklemesi

WXN = - X yönü rüzgar yüklemesi

WYP = + Y yönü rüzgar yüklemesi

WYN = - Y yönü rüzgar yüklemesi

G + Q = zati ağırlık + sabit yükler + hareketli yükler

$1,4G + 1,6Q = 1,4 \times (\text{zati ağırlık} + \text{sabit yükler}) + 1,6 \times \text{hareketli yükler}$

GQEXP1 = + X deprem yüklemesi (+ %5 dışmerkezlikli) + zati ağırlık + sabit yükler + hareketli yükler

GQEXP2 = - X deprem yüklemesi (+ %5 dışmerkezlikli) + zati ağırlık + sabit yükler + hareketli yükler

GQEXN1 = + X deprem yüklemesi (- %5 dışmerkezlikli) + zati ağırlık + sabit yükler + hareketli yükler

GQEXN2 = - X deprem yüklemesi (- %5 dışmerkezlikli) + zati ağırlık + sabit yükler + hareketli yükler

GQEYP1 = + Y deprem yüklemesi (+ %5 dışmerkezlikli) + zati ağırlık + sabit yükler + hareketli yükler

GQEYP2 = - Y deprem yüklemesi (+ %5 dışmerkezlikli) + zati ağırlık + sabit yükler + hareketli yükler

GQEYN1 = + Y deprem yüklemesi (- %5 dışmerkezlikli) + zati ağırlık + sabit yükler + hareketli yükler

GQEYN2 = - Y deprem yüklemesi (- %5 dışmerkezlikli) + zati ağırlık + sabit yükler + hareketli yükler

$0,9GEXP1 = + X$ deprem yüklemesi (+ %5 dışmerkezlikli) + 0,9 x (zati ağırlık + sabit yükler)

$0,9GEXP2 = - X$ deprem yüklemesi (+ %5 dışmerkezlikli) + 0,9 x (zati ağırlık + sabit yükler)

$0,9GEXN1 = + X$ deprem yüklemesi (- %5 dışmerkezlikli) + 0,9 x (zati ağırlık + sabit yükler)

$0,9GEXN2 = - X$ deprem yüklemesi (- %5 dışmerkezlikli) + 0,9 x (zati ağırlık + sabit yükler)

$0,9GEYP1 = + Y$ deprem yüklemesi (+ %5 dışmerkezlikli) + 0,9 x (zati ağırlık + sabit yükler)

$0,9GEYP2 = - Y$ deprem yüklemesi (+ %5 dışmerkezlikli) + 0,9 x (zati ağırlık + sabit yükler)

$0,9GEYN1 = + Y$ deprem yüklemesi (- %5 dışmerkezlikli) + 0,9 x (zati ağırlık + sabit yükler)

$0,9GEYN2 = - Y$ deprem yüklemesi (- %5 dışmerkezlikli) + 0,9 x (zati ağırlık + sabit yükler)

$GQWXP =$ (zati ağırlık + sabit yükler) +1,3 x (hareketli yükler + +X yönü rüzgar yüklemesi)

$GQWXN =$ (zati ağırlık + sabit yükler) +1,3 x (hareketli yükler + -X yönü rüzgar yüklemesi)

$GQWYP =$ (zati ağırlık + sabit yükler) +1,3 x (hareketli yükler + +Y yönü rüzgar yüklemesi)

$GQWYN =$ (zati ağırlık + sabit yükler) +1,3 x (hareketli yükler + -Y yönü rüzgar yüklemesi)

$0,9GQWXP = 0,9$ x (zati ağırlık + sabit yükler) +1,3 x (+X yönü rüzgar yüklemesi)

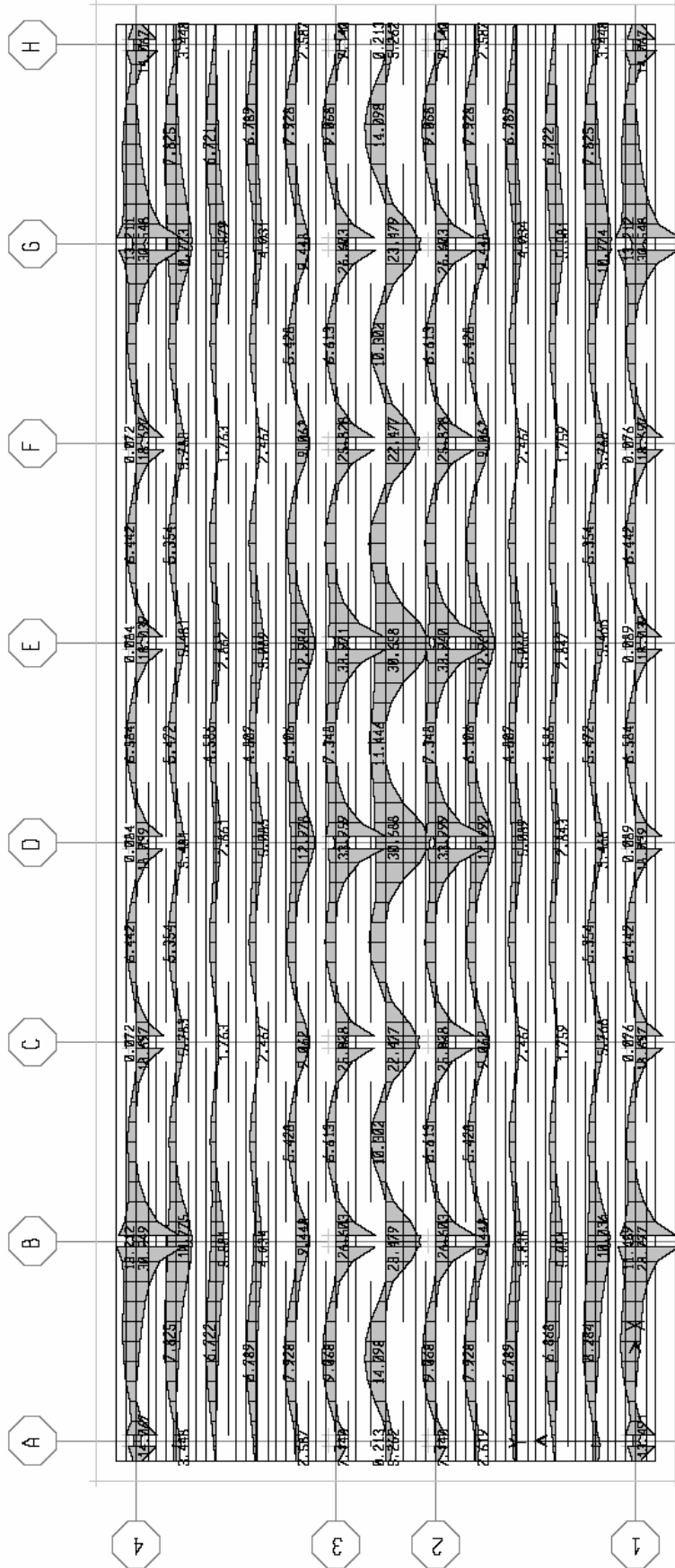
$0,9GQWXN = 0,9$ x (zati ağırlık + sabit yükler) +1,3 x (-X yönü rüzgar yüklemesi)

$0,9GQWYP = 0,9$ x (zati ağırlık + sabit yükler) +1,3 x (+Y yönü rüzgar yüklemesi)

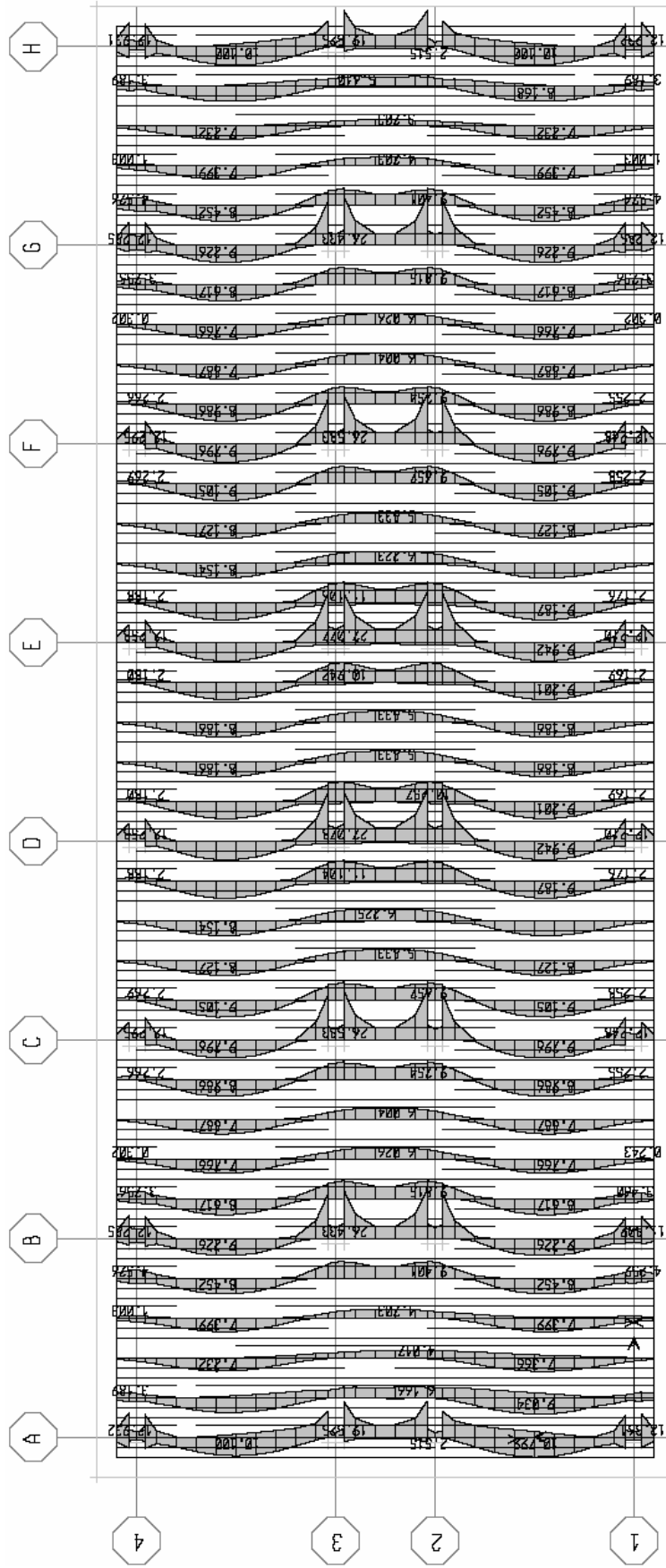
$0,9GQWYN = 0,9$ x (zati ağırlık + sabit yükler) +1,3 x (-Y yönü rüzgar yüklemesi)

9.5.2 Betonarme Radye Temel Donatılarının Belirlenmesi

Betonarme hesap için programdan alınan sonuçlar esas alınmıştır. X doğrultusunda 1m 'lik şerit için plağın altında gerekli olan maksimum donatı alanı 37,516 cm² 'dir. Plağın üstü için gerekli maksimum donatı alanı ise 17,663 cm² 'dir. Y doğrultusunda 1m 'lik şerit için plağın altında gerekli olan maksimum donatı alanı 26,259 cm² 'dir. Plağın üstü için gerekli maksimum donatı alanı ise 18,579 cm² 'dir. Gerekli donatı alanları şekil 9.9 ve şekil 9.10 da verilmiştir.



Şekil 9.9 : X doğrultusu gerekli donatı alanları



Şekil 9.10 : Y doğrultusu gerekli donatı alanları

Sonuç olarak betonarme temel için altta ve üstte her iki doğrultu için de $\varnothing 22 / 20$ donatısı seçilmiştir ve kolonların bulunduğu yerlerde temelin alt kısmında yine her iki doğrultuda koloncuklardan gelen $\varnothing 24$ 'lük donatılar uzatılarak buradaki gerekli donatı alanları da sağlanmış olmaktadır.

10 SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu bölümde sistemin dizayn aşamasında döşeme kirişleri olarak çözümü yapılan çeşitli sistemler karşılaştırılarak daha ekonomik bir sonuç elde etmek amacı ile uygun profil veya profiller tespit edilecektir. Ayrıca çerçeve kusurlarından dolayı meydana gelen ek tesirlerin profillerin seçiminde (enkesitlerin belirlenmesinde) ne derece etkili olduğu da incelenecektir.

10.1 Döşeme Kirişlerinin Karşılaştırılması

Sistemde döşeme kirişleri 1,25m açıklıkla ve kısa doğrultu boyunca kullanılmıştır. Bu kirişler kat kirişlerine moment aktarmayacak şekilde mesnetlendirilerek modelleme yapılmıştır. Fakat çözüm aşamasında sürekli kiriş alternatifleri de denenerek karşılaştırılmaya gidilmiştir. Daha net görülmesi açısından kullanılan döşeme kirişleri aşağıda tablo biçiminde verilmiştir.

Tablo 10.1 : Döşeme kirişleri

NO	KULLANILAN PROFİL	KULLANILAN KİRİŞ TİPİ
1	IPE200 Hadde Profili	Basit Kiriş
2	IPE180 Hadde Profili	Sürekli Kiriş
3	IPE180' den Petek Kiriş	Basit Kiriş
4	IPE200 Hadde Profili	Kompozit Basit Kiriş
5	IPE160 Petek Kiriş	Kompozit Basit Kiriş

Yukarıdaki tablodan da görülebileceği gibi beş ayrı döşeme kirişi çözümü denenmiş olup bütün çözümler için eğilme kesme dayanımları yeterli çıkmıştır. Ancak bazı

çözümlerde maksimum sehım sınırları aşılmıştır. Dolayısıyla hem ekonomik hem de statik açıdan optimum bir sonuca ulaşmak için her bir çözümlerde sehım durumları da göz önünde bulundurulmuştur. Maksimum sehımlerde sınır $L / 250$, değışken yüklerin zamana bağılı deformatyonlarında sınır $L / 300$ alınmıştır.

İlk olarak IPE200 profili basit mesnetli olarak teşkil edilmiştir. Modelleme aşamasında da IPE200 basit hadde kiriş kullanılmış olup diğerk çözümlerle karşılaştırma amacı ile yapılmıştır. İlk çözüm için kullanılan IPE200 profili eğilme ve kesme dayanımı açısından yeterli olup maksimum sehım sınırına çok yakın bir sehım yapmıştır, fakat sehım sınırını aşmamıştır.

$$\delta_{\max} = \frac{5}{384} \times \frac{(5,68 + 4,375) \times 500^4}{2,1 \times 10^6 \times 1943} = 1,99 \text{ cm} < \frac{500}{250} = 2 \text{ cm}$$

$$\delta_2 = \frac{5}{384} \times \frac{4,375 \times 500^4}{2,1 \times 10^6 \times 1943} = 0,87 \text{ cm} < \frac{500}{300} = 1,67 \text{ cm}$$

Dolayısıyla ilk çözüm için uygun bir çözümler olduğu söylenebilir.

İkinci çözüm olarak IPE180 sürekli hadde kiriş alternatifi denenmiştir. Yine bu çözümlerde eğilme ve kesme dayanımları açısından problem yaşanmamış olup maksimum sehım sınırı aşılmıştır.

$$\delta_{\max} = \frac{5}{384} \times \frac{(5,66 + 4,375) \times 500^4}{2,1 \times 10^6 \times 1317} = 2,9 \text{ cm} < \frac{500}{250} = 2 \text{ cm}$$

$$\delta_2 = \frac{5}{384} \times \frac{4,375 \times 500^4}{2,1 \times 10^6 \times 1317} = 1,29 \text{ cm} < \frac{500}{300} = 1,67 \text{ cm}$$

Burada kesitin büyütülmesi veya bu kesite ters sehım verilmesi gerekmektedir. Kesitin büyütülmesi yönünde verilen bir karar bizi ilk çözümlere götürecektir. Ya da kesitte büyültmeye gidilmeden 3 numaralı çözümlerde olduğu gibi aynı profil ile petek kiriş uygulaması yapılabilir. Bu tarz bir çözümlerde kesitin yüksekliği artırılmış olup atalet momentinde de bir artış elde edilmiştir. Böylelikle eğilme ve kesme dayanımının yanında sehım problemi de aşılmıştır.

4 numaralı çözümlerde ise IPE200 hadde profili kompozit olarak çalıştırılmıştır. Bu çözümlerde 1 numaralı çözümlere göre bir avantaj elde edilememiştir. Bu çözümler altında daha küçük profiller maksimum sehım limiti aşılabacağından kullanılmamıştır.

5 numaralı son çözümlerde ise yine 3 numaralı çözümlerde olduğu gibi petek kiriş kullanılmıştır, fakat petek kiriş için kullanılan profil IPE160' a düşürülmüş ve

kompozit olarak çalıştırılmıştır. Yine burada da eğilme ve kesme dayanımları yeterli olup maksimum sehim sınırı aşılmıştır.

$$\delta_{\max} = \frac{5}{384} \times \frac{(5,65 + 4,375) \times 500^4}{2,1 \times 10^6 \times 1820} = 2,14 \text{ cm} > \frac{500}{250} = 2 \text{ cm}$$

$$\delta_2 = \frac{5}{384} \times \frac{4,375 \times 500^4}{2,1 \times 10^6 \times 1820} = 0,93 \text{ cm} < \frac{500}{300} = 1,67 \text{ cm}$$

Görüldüğü gibi IPE 160 profilinden teşkil edilen kompozit petek döşeme kirişi sehim limitini aşmıştır. Burada kesitin büyütülmesi veya bu kesite ters sehim verilmesi gerekmektedir.

Sonuç olarak 1 numaralı çözüm olan IPE200 hadde profilinin kullanıldığı basit döşeme kirişi çözümü ile 3 numaralı çözüm olan IPE 180 hadde porfilini kullanarak teşkil edilen basit petek kiriş çözümünün hem ekonomik, hem de statik açıdan daha uygun çözümler olduğu gözlemlenmiştir.

10.2 Çerçeve Kusurlarından Meydana Gelen Ek Tesirlerin Dizayn Aşamasındaki Etkileri

Sistemin çözümünde ilk olarak çerçeve kusurlarından meydana gelen ek tesirler göz önünde bulundurulmamıştır. Bu şekilde sistemdeki bütün enkesitler belirlenmiş ve birleşim hesapları yapılmıştır. Daha sonra sisteme öz ağırlıktan ve hareketli yüklerden dolayı meydana gelen ek yatay yüklemeler yapılmıştır. Bu ek tesirler için ikinci bir model oluşturulmuş ve bu modelde bu tesirler için ek yük durumları (KPG, KPQ, KNG, KNQ) belirlenmiştir. KPG ve KNG çerçeve kusurlarından ve öz ağırlıktan dolayı çerçeve doğrultusunda yapılan ek yüklemelerdir. KPQ ve KNQ ise çerçeve kusurlarından ve hareketli yüklerden dolayı çerçeve doğrultusunda yapılan ek yüklemelerdir. Öz ağırlıktan ve hareketli yüklerden meydana gelen bu tesirler modelde ilgili kombinasyonlara ilgili katsayılarla çarpılarak eklenmiştir ve tekrar bir analiz yapılarak ilk önce deplasman koşulları ABYYHY' ye uygun olarak tekrar kontrol edilmiştir. Daha sonra sistemi oluşturan elemanlardaki iç kuvvet tesirleri tekrar belirlenerek her bir eleman için (kolon, kat kirişleri ve dışmerkez çaprazlar) mukavemet hesapları yapılmıştır. Bu hesaplar sonucunda çerçeve kusurlarından meydana gelen ek tesirlerin sistemdeki iç kuvvet tesirlerinde küçük miktarlarda artış meydana getirdiği gözlemlenmiştir ve bu artışlar yapıdaki hiçbir elemanın enkesitinde bir değişikliğe yol açmamıştır.

Ancak bu sistem çözümleri için şunu vurgulamak gerekir ki çerçeve kusurlarından meydana gelen ek tesirler yapının maksimum deplasman sınırlarına yaklaşmasına sebep olmuştur. Yani çerçeve kusurlarından meydana gelen ek tesirlerin deplasmanlar üzerindeki etkisi daha çok gözle görülebilen bir etki olmuştur. Bunda yapının ilk çözümünde de deplasmanların sınır deplasman durumlarına yakın olmasının etkisi vardır.

Sonuç olarak çerçeve kusurlarından meydana gelen ek tesirlerden dolayı yapısal çözümlemede bir değişikliğe gidilmek zorunda kalınmamıştır.

10.3 Sonuç

Bu çalışmada çok katlı bir çelik hastane binası EC 3' e göre üç boyutlu olarak çözümlenmiştir. Yapının kısa doğrultusunda (Y yönü) çerçeveler, uzun doğrultusunda (X yönü) dışmerkezli çaprazlar teşkil edilmiştir.

Yapılan analiz sonucunda rüzgar kuvvetlerinin etkilerinin belirlenmesinde etkili olduğu, deprem kuvvetlerinin ise deplasman kısıtlamalarında etkili olduğu sonucu dikkate değerdir. Bu da bize rüzgar kuvvetlerinin analiz aşamasında kombinasyonlarda önlerindeki katsayılarla etkili olduğu sonucunu vermektedir. Tabi ki yapının yüksekliğini de göz önünde bulundurmak gerekir. Yapı yüksekliği arttıkça binaya etkiyen rüzgar yükleri de artmaktadır. Ayrıca binanın 2. derece deprem bölgesinde olması nedeniyle deprem katsayısının daha küçük hesaplanması deprem kuvvetlerinin rüzgar kuvvetlerine göre daha küçük olmasına neden olmuş ve dolayısıyla deprem kuvvetleri dizayn aşamasında etkili olmamıştır.

Döşeme kirişlerinin belirlenmesinde dayanımların değil, maksimum sehim sınırlarının etkili olduğu, çerçeve kusurlarından meydana gelen ek tesirlerin ise dizayn aşamasında çok fazla etkili olmadığı sonucuna varılmıştır.

KAYNAKLAR

- [1] **Özgen, A. ve Bayramoğlu, G.**, 2002. Çelik Yapılar 1 Ders Notu.
- [2] **Özgen, A. ve Bayramoğlu, G.**, 2002. Çelik Yapılar 1 Uygulamaları.
- [3] **ABYYHY**, 1998. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik,
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] **ENV 1993-1-1**, 1992. Eurocode 3: Design of steel structures, Part 1.1 General
rules and rules for buildings, British Standart Institution, London.
- [7] **Deren, H.**, 2003. Çelik Yapılar, Çağlayan Kitabevi, İstanbul.
- [8] **Celep, Z. ve Kumbasar, N.**, 2001. Betonarme Yapılar, Beta Dağıtım, İstanbul

ÖZGEÇMİŞ

1982 yılında İstanbul'da doğan Aydın TAŞDEMİR, ilk, orta ve lise öğrenimini İstanbul'da tamamlamıştır. 1999 yılında Sarıyer Lisesinden mezun olduktan sonra, Anadolu Üniversitesi İnşaat Mühendisliği bölümünü kazanmış ve dört senelik lisans eğitiminden sonra 2004 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi yüksek lisans programına kabul edilerek Yapı Analizi programında yüksek lisansa başlamıştır.