

**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ÜÇ AÇIKLIKLI ÇELİK ENDÜSTRİ YAPISI VE EKONOMİK SİSTEM  
ARAŞTIRMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
Eren Nesil ÇİFTLİK**

**Anabilim Dalı : İnşaat Mühendisliği**

**Programı : Yapı Mühendisliği**

**Ocak 2011**



**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ÜÇ AÇIKLIKLI ÇELİK ENDÜSTRİ YAPISI VE EKONOMİK SİSTEM  
ARAŞTIRMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
Eren Nesil ÇİFTLİK  
(501071140)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 20 Aralık 2010**

**Tezin Savunulduğu Tarih : 25 Ocak 2011**

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. Alpay ÖZGEN (İTÜ)  
Diğer Jüri Üyeleri : Doç. Dr. Güliz BAYRAMOĞLU (İTÜ)  
Prof. Dr. Zafer ÖZTÜRK (YTÜ)**

**Ocak 2011**



## ÖNSÖZ

Bu çalışma çelik endüstri yapılarına örnek bir çalışmadır. Bu çalışmada üç açıklıklı ve her açıklığında kren içeren bir endüstri yapısı ile ilgili çalışma yapılmıştır. İki farklı sistem çözümü yapılarak ekonomik olan sistem çözümü aranmıştır.

Bu çalışmada ve yüksek lisans öğrenimim boyunca bana destek olan danışman hocam Sn. Prof. Dr. Alpay Özgen'e, Doç. Dr. Güliz Bayramoğlu'na ve bu çalışmamda benden yardımlarını esirgemeyen Dr. Altuğ Bayram'a ve aileme teşekkürü bir borç bilirim.

Ocak 2010

Eren Nesil Çiftlik  
(İnşaat Mühendisi)



## İÇİNDEKİLER

### Sayfa

ÖNSÖZ.....	iii
İÇİNDEKİLER .....	v
KISALTMALAR .....	ix
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xi
ŞEKİL LİSTESİ.....	xiii
SEMBOL LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xvii
SUMMARY .....	xix
<b>1. GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
<b>2. YÜK ANALİZİ.....</b>	<b>4</b>
2.1 Yapı Boyutları .....	7
2.2 Yapıya Etkiyen Zati Yükler .....	8
2.3 Kar Yükleme.....	8
2.3.1 Kar yükü.....	8
2.3.2 Kar birikmesi.....	8
2.4 Rüzgar Yükleme.....	9
2.5 Deprem Etkileri .....	11
2.6 Yükleme Kombinasyonları.....	12
<b>3. AŞIK VE KALKAN DUVAR HESABI .....</b>	<b>15</b>
3.1 Aşık Yüklerinin Hesabı .....	15
3.1.1 Sürekli kiriş olarak aşık hesabı .....	16
3.1.2 Gerber kirişi olarak aşık hesabı.....	16
3.1.3 Petek kiriş olarak aşık hesabı .....	18
3.2 Kalkan Duvar Hesabı .....	22
3.2.1 Kalkan duvar etkiyen yükler .....	22
3.2.2 Kalkan duvar kesitlerinin belirlenmesi .....	22
<b>4. KREN KİRİŞİ HESABI .....</b>	<b>27</b>
4.1 Kren Kirişi Karakteristikleri .....	27
4.2 Kren Kirişi Yanlama Kuvvetlerinin Hesabı .....	28
4.3 Kren Kirişi Kesit Tesirlerinin Hesabı.....	30
4.3.1 Konsollardaki reaksiyonlar .....	32
4.4 Kren Kirişi Tayini İçin Yapılacak Tahkikler .....	33
4.4.1 Genel gerilme tahkikleri .....	33
4.4.2 Sehim tahkiki .....	34
4.4.3 Üstbaşlıkta burkulma tahkiki .....	35
4.3.4 İşletme mukavemeti tahkiki .....	35
4.5 Kren Kirişinde Birleşim Hesabı .....	37

<b>5. TAŞIYICI SİSTEMİN BOYUTLANDIRILMASI .....</b>	<b>39</b>
5.1 Kolon Boyutlandırılması .....	39
5.1.1 Örgü kolon diyagonal ve dikmelerinin boyutlandırılması.....	39
5.2 Çatı Makası Boyutlandırması .....	45
5.2.1 Çatı makası üstbaşlığının boyutlandırılması .....	45
5.2.2 Çatı makası altbaşlığının boyutlandırılması .....	46
5.2.3 Çatı makası diyagonallerinin boyutlandırılması.....	48
5.3 Stabilite Bağlantılarının Boyutlandırılması .....	50
5.3.1 Düşey çaprazların boyutlandırılması .....	50
5.3.2 Yatay çaprazların boyutlandırılması.....	53
5.4 Kolonları Bağlayan Makas Elemanlarının Boyutlandırılması.....	54
5.4.1 3800 mm kotundaki kirişlerin boyutlandırılması .....	54
5.4.2 7600 mm kotundaki kirişlerin boyutlandırılması .....	55
5.4.3 Makasın diyagonal ve dikmelerinin boyutlandırılması .....	57
5.5 Çatıda Boyuna Doğrultudaki Makas Elemanlarının Boyutlandırılması .....	58
5.5.1 Makas altbaşlık ve üstbaşlık kirişlerinin boyutlandırılması .....	58
5.5.2 Makas diyagonal ve dikmelerinin boyutlandırılması .....	59
5.6 Çatıda Boyuna Doğrultudaki Kirişlerin Boyutlandırılması .....	60
5.7 Deplasman Kontrolleri .....	61
5.7.1 Yatay deplasman kontrolleri .....	61
5.7.2 Düşey deplasman kontrolleri.....	64
<b>6. BİRLEŞİM HESAPLARI.....</b>	<b>65</b>
6.1 Kolon Birleşimleri .....	65
6.1.1 B-C akslarındaki kolonlarda detay hesabı.....	65
6.1.2 Örgü kolon-diyagonal birleşim hesabı .....	67
6.2 Kiriş-Kolon Birleşimleri.....	68
6.2.1 Üstbaşlık-kolon birleşimleri .....	68
6.2.2 Altbaşlık-kolon birleşimleri .....	74
6.2.3 Kiriş ekleri.....	77
6.2.4 7600 mm kotunda düşey çapraz-kiriş-kolon birleşimleri.....	81
6.2.5 10250 mm kotunda kiriş-kolon birleşimleri.....	86
6.2.6 3800 mm kotunda kiriş-kolon birleşimleri.....	87
6.3 Çatı Çaprazlarının Birleşimleri.....	88
6.4 Düşey Çaprazların Birleşimleri .....	90
6.4.1 Düşey çaprazları bağlayan diyagonaller ile çaprazların birleşimleri .....	92
6.4.2 Düşey çapraz-kolon birleşimleri .....	93
6.5 Çatı Makası Birleşimleri.....	94
6.5.1 Mahya bağlantısı hesabı .....	94
6.5.2 Diyagonallerin bağlantı hesabı.....	96
6.6 Boyuna Doğrultudaki Makaslarda Diyagonallerin Birleşimleri.....	99
6.7 Kolon Ayağı Hesabı .....	101
6.8 Temel Hesabı.....	106
<b>7. İKİNCİ SİSTEMİN STATİK YAPISI VE BOYUTLANDIRILMASI.....</b>	<b>113</b>
7.1 İkinci Sistemin Statik Yapısı .....	113
7.2 İkinci Sistemin Boyutlandırılması .....	115
7.2.1 Kolon boyutlandırılması.....	115
7.2.2 Çerçeve kirişlerinin boyutlandırılması .....	118
7.2.3 Düşey çaprazların boyutlandırılması.....	119
7.2.4 Yatay çaprazların boyutlandırılması.....	120
7.2.5 Boyuna doğrultudaki kirişlerin boyutlandırılması.....	120

<b>8. SONUÇ.....</b>	<b>121</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>127</b>
<b>EKLER.....</b>	<b>129</b>



## KISALTMALAR

- D.B.Y.Y.H.Y** : Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik  
**TS498** : Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri  
**TS698** : Çelik Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları  
**TS ISO 8992** : Bağlama Elemanları – Cıvatalar, Vidalar, Saplamar ve Somunların Genel Özellikleri  
**TS3357** : Çelik Yapılarda Kaynaklı Birleşimlerin Hesap ve Yapım Kuralları  
**DIN 4114** : Stabilitätstheorie mit Erläuterungen zu  
**DIN 15018** : Road Vehicles - Ergonomic Aspects of Transport Information and Control Systems - Specifications and Compliance Procedures For In-Vehicle Visual Presentation  
**DIN 4132** : Craneways; Steel Structures; Principles For Calculation, Design and Construction



## ÇİZELGE LİSTESİ

### Sayfa

Çizelge 1.1 : ST37 emniyet gerilmeleri.....	1
Çizelge 1.2 : Kaynak emniyet gerilmeleri .....	2
Çizelge 1.3 : Uygun bulon emniyet gerilmeleri .....	2
Çizelge 1.4 : Yüksek mukavemetli bulon emniyet gerilmeleri. ....	3
Çizelge 1.5 : Bulon aralıkları ve kenar uzunlukları.....	3
Çizelge 2.1 : Kombinasyonlar. ....	12
Çizelge 3.1 : Kalkan duvar en kritik çubuk kuvvetleri.....	25
Çizelge 8.1 : 1. Sistemde kullanılan profiller ve ağırlıkları.....	122
Çizelge 8.2 : 2. Sistemde kullanılan profiller ve ağırlıkları.....	123



## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

Şekil 1.1	: Taşıyıcı sistem planı ve önden görünüşü. ....	4
Şekil 1.2	: Sistamin yan cephe görünüşleri.....	5
Şekil 2.1	: Yapının ön cephe boyutları. ....	7
Şekil 2.2	: Kar yüklemesi(kg/m).....	9
Şekil 2.3	: Kar birikmesi yüklemesi(kg/m).....	9
Şekil 2.4	: Rüzgar yüklemesi(kg/m). ....	10
Şekil 2.5	: Spektrum eğrisi .....	11
Şekil 3.1	: Aşık yükleri .....	15
Şekil 3.2	: Gerber kirişi.....	17
Şekil 3.3	: Petek kiriş .....	18
Şekil 3.4	: Kalkan duvar. ....	26
Şekil 4.1	: Kren kirişi ve boyutları .....	30
Şekil 4.2	: Kren kirişi reaksiyonları.....	31
Şekil 4.3	: Kren kirişi üstbaşlığı .....	34
Şekil 5.1	: Depremlı durum yatay deplasman (EXP yüklemesi).....	61
Şekil 5.2	: Depremlı durum yatay deplasman (EYP yüklemesi).....	62
Şekil 5.3	: Rüzgarlı durum yatay deplasman (WXP yüklemesi).....	62
Şekil 5.4	: Rüzgarlı durum yatay deplasman (WYP yüklemesi).....	63
Şekil 5.5	: Krenlerin çalıştığı durum için yatay deplasman.....	63
Şekil 5.6	: Düşey deplasman .....	64
Şekil 6.1	: B-C akslarında kolon birleşim detayı.....	65
Şekil 6.2	: Örgü kolon birleşim detayı.....	67
Şekil 6.3	: B-C akslarında üstbaşlık-kolon birleşim detayı .....	68
Şekil 6.4	: A-D akslarında üstbaşlık-kolon birleşim detayı.....	72
Şekil 6.5	: B-C akslarında altbaşlık-kolon birleşim detayı.....	74
Şekil 6.6	: A-D akslarında altbaşlık-kolon birleşim detayı.....	76
Şekil 6.7	: Montaj eki detayı.....	77
Şekil 6.8	: Üstbaşlıkta atölye eki detayı .....	79
Şekil 6.9	: 7600 mm kotunda düşey çapraz-kiriş-kolon birleşim detayı .....	81
Şekil 6.10	: A-D akslarında düşey çapraz-kiriş-uzun kolonlar birleşim detayı.....	83
Şekil 6.11	: 10250 mm kotunda kiriş-kolon birleşim detayları .....	86
Şekil 6.12	: 3800 mm kotunda kiriş-kolon birleşim detayları .....	87
Şekil 6.13	: Çatı çaprazları birleşim detayları .....	88
Şekil 6.14	: 3800 mm kotunda düşey çapraz birleşim detayı .....	90
Şekil 6.15	: 10250 mm kotunda düşey çapraz-kiriş birleşim detayı.....	91
Şekil 6.16	: Düşey çapraz ve onları bağlayan diyagonallerin birleşim detayı.....	92
Şekil 6.17	: Düşey çapraz-kolon birleşim detayı.....	93
Şekil 6.18	: Mahya birleşim detayı.....	94
Şekil 6.19	: Üstbaşlık-diyagonal birleşim detayı.....	96
Şekil 6.20	: Altbaşlık-kenar diyagonal birleşim detayı .....	98
Şekil 6.21	: Altbaşlık-orta diyagonal birleşim detayı .....	98

<b>Şekil 6.22</b> : Boyuna doğrultudaki makaslarda diyagonal-kiriş birleşim detayı.....	100
<b>Şekil 6.23</b> : Kolon ayağı detayı.....	101
<b>Şekil 6.24</b> : Kolon ayağı 1-1 kesiti detayı.....	103
<b>Şekil 6.25</b> : Temel görünüşleri.....	106
<b>Şekil 6.26</b> : Temel altında oluşan basınç gerilmeleri.....	108
<b>Şekil 6.27</b> : Artırılmış yükler altında A-A kesiti altında oluşan basınç gerilmeleri	108
<b>Şekil 6.28</b> : Artırılmış yükler altında B-B kesiti altında oluşan basınç gerilmeleri.	110
<b>Şekil 6.29</b> : Temelin zımbalama çevresi.....	111
<b>Şekil 7.1</b> : 2. Sistemin plan ve cephe görünüşü .....	114

## SEMBOL LİSTESİ

$A_0$	: Etkin yer ivmesi katsayısı
$A(T)$	: Spektral ivme katsayısı
$I$	: Bina önem katsayısı
$Z_2$	: Yerel zemin sınıfı
$n$	: Hareketli yük katılım katsayısı
$R_x, R_y$	: Taşıyıcı sistem davranış katsayısı
$S(T)$	: Spektrum katsayısı
$T$	: Bina doğal titreşim periyodu
$R(T)$	: Deprem yükü azaltma katsayısı
$T_A, T_B$	: Spektrum karakteristik periyotları
$C$	: Rüzgar yükü katsayısı
$P_g$	: Yapıya etkiyen zati yükler
$P_k$	: Yapıya etkiyen kar yükleri
$q$	: Yapıya etkiyen yayılı yükler
$W$	: Mukavemet momenti
$I_x, I_y$	: Atalet momentleri
$b$	: Profil başlık genişlikleri
$h$	: Profil yüksekliği
$f$	: Sehim değeri
$i_x, i_y$	: Atalet yarıçapları
$M$	: Eğilme momenti tasarım değeri
$F$	: Enkesit alanı
$F_k$	: Kaynak alanı
$l_k$	: Kaynak boyu
$F_b$	: Profil başlık alanı
$F_g$	: Profil gövdesi alanı
$t_f$	: Profil başlık kalınlığı
$t_w$	: Profil gövde kalınlığı
$t$	: Plaka kalınlığı
$X_m$	: Petek giriş başlık ekseninin giriş mesnet eksenine mesafesi
$e$	: Eksantrisite
$E$	: Elastisite modülü
$Q$	: Kesme kuvveti tasarım değeri
$G$	: Özağırlık
$N$	: Eksenel yük tasarım değeri
$\lambda$	: Narinlik
$\delta$	: Deplasman değeri
$w$	: Burkulma katsayısı
$S_k$	: Burkulma boyu
$\phi$	: Kren darbe katsayısı
$\psi$	: Kren dinamik titreşim katsayısı
$a_n$	: Kren yanaşma mesafesi

$R_{max}$	: Kren maksimum tekerlek yükleri
$R_{min}$	: Kren minimum tekerlek yükleri
$\varepsilon$	: Fazla yüklü kren kirişindeki tekerlek yükü toplamının toplam tekerlek yüküne oranı
$\varepsilon'$	: Az yüklü kren kirişindeki tekerlek yükü toplamının toplam tekerlek yüküne oranı
$I_s$	: Kren kirişine etkiyen kuvvetlerin kütle merkezine mesafesi
$H_m$	: Yanlama kuvvetleri
$H_s$	: Eğik gidişten doğan yanlama kuvvetlerinden kaynaklanan yanlama kuvvetleri
$S$	: Eğik gidişten doğan yanlama kuvvetleri
$S_x$	: Statik mukavemet momenti
$V_{1max}$	: Kren tekerlek yüklerinden dolayı 1 aksında oluşan mesnet tepkisi
$V_{1min}$	: Kren tekerlek yüklerinden dolayı 1 aksında oluşan mesnet tepkisi
$V_{2max}$	: Kren tekerlek yüklerinden dolayı 2 aksında oluşan mesnet tepkisi
$V_{2min}$	: Kren tekerlek yüklerinden dolayı 2 aksında oluşan mesnet tepkisi
$V_{1pmax}$	: Dinamik etkiler altında kren tekerlek yüklerinden dolayı 1 aksında oluşan mesnet tepkisi
$V_{1min}$	: Dinamik etkiler altında kren tekerlek yüklerinden dolayı 1 aksında oluşan minimum mesnet tepkisi
$V_{2max}$	: Dinamik etkiler altında kren tekerlek yüklerinden dolayı 2 aksında oluşan maksimum mesnet tepkisi
$V_{2min}$	: Dinamik etkiler altında kren tekerlek yüklerinden dolayı 1 aksında oluşan minimum mesnet tepkisi
$\chi$	: Gerilme oranı
$\sigma_{em,Be}$	: Krenlerde normal emniyet gerilmesi
$\tau_{em,Be}$	: Krenlerde kayma emniyet gerilmesi
$N_S$	: Makaslamaya göre bulonun aktaracağı kuvvet
$N_L$	: Ezilmeye göre bulonun aktaracağı kuvvet
$N_{em}$	: Bir bulonun taşıyabileceği maksimum kuvvet
$\sigma_{eb}$	: Yalnız basınç altında hesaplanan gerilme değeri
$\sigma_{bem}$	: Yalnız basınç altında uygulanacak emniyet gerilmesi
$\sigma_{bx}$	: Yalnız eğilme momenti etkisi altında hesaplanan eğilme-basınç başlığı gerilmesi
$\sigma_{Bx}$	: Yalnız eğilme momenti etkisi altında uygulanacak eğilme-basınç başlığı emniyet gerilmesi
$\sigma'_{ex}$	: Asal eksenler etrafındaki burkulmalar için hesaplanan gerilmeler
$A_s$	: Donatı alanı
$\rho$	: Donatı oranı
$u_p$	: Zımbalama çevresi uzunluğu
$V_d$	: Tasarım kesme kuvveti
$V_{pr}$	: Zımbalama taşıma gücü
$V_{cr}$	: Eğik çatlamayı oluşturan kesme kuvveti
$f_{ctd}$	: Beton tasarım çekme dayanımı

## ÜÇ AÇIKLIKLI ÇELİK ENDÜSTRİ YAPISI VE EKONOMİK SİSTEM ARAŞTIRMASI

### ÖZET

Bu çalışmada 100 m uzunluğunda, üç açıklıklı ve her bir açıklığı 30 m olan, 12 m yüksekliğinde bir çelik endüstri yapısı incelenmiştir. Her bir açıklıkta hareket eden 32 ton yük kaldırma kapasiteli krenler bulunmaktadır. Bu yapı iki ayrı sistem olarak tasarlanmış ve ekonomik sistem araştırması yapılmıştır. Sistemlerin çözümünde TS648 ve D.B.Y.Y.H.Y şartnameleri kullanılmıştır.

Çatı örtüsü olarak sandviç panel kullanılmıştır.

Bu yapıya etkiyen özağırlık yükleri, kar yükleri ve rüzgar yüklemeleri için TS498 şartnamesinden yararlanılmış ve yük değerleri bu şartnameden alınmıştır.

Yapıya etkiyen deprem etkileri için ise D.B.Y.Y.H.Y, 2007 şartnamesi kullanılmıştır.

Yapıya etkiyen kren yükleri ve kren kirişlerinin hesabı için bir Türk şartnamesi bulunmamaktadır. Bu nedenle krenler için DIN normundan faydalanılmıştır. Kren yükleri için DIN 15018 ve kren kirişlerinin ve kren yollarının hesabı için DIN 4132 ve DIN 4114 normları kullanılmıştır.

Yapının statik hesabında SAP2000 adlı bilgisayar programından yararlanılmıştır. Yapıya etkiyen yükler çeşitli kombinasyonlar oluşturularak SAP2000 programı ile sisteme etki ettirilerek çözüm yapılmıştır. Yükleme kombinasyonları oluşturulurken TS648 şartnamesi kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlarda sistemin gerilmelerinin ve deplasmanlarının kabul edilebilir sınırlar içerisinde olduğu görülmüştür.

Birleşimlerin çözümlerinde de yine SAP2000 programından elde edilen veriler kullanılmış ve bazı birleşimlerin çözümlerinde de Prokon adlı bilgisayar programından faydalanılmıştır. Kaynak emniyet gerilmeleri ve hesapları için TS3357 şartnamesinden faydalanılmıştır. Bulon emniyet gerilmeleri ve hesapları için ise TS ISO 8992 şartnamesinden yararlanılmıştır.

Sonuç olarak, bu çalışmada bir çelik endüstri yapısının farklı yükler altında boyutlandırılması yapılmış ve iki farklı sistem çözümünün ekonomik kıyaslaması yapılmıştır.



## **THREE-SPAN STEEL INDUSTRY STRUCTURE ANALYSE AND ECONOMICAL SYSTEM RESEARCH**

### **SUMMARY**

In this study, a steel industry structure which has three-span and each span is 30 m and has 100 m-long, 12 m height is analyzed. There are cranes moving in each span which has 32 tons load lifting capacity. This structure is designed as two different systems and analysed for economical system. TS698 and D.B.Y.Y.H.Y specifications are used for these system analyses.

Sandwich panels used in covering roof.

TS498 specifications are used for system loads, snow loads and wind loads that acting on the structure and loads are taken from this specifications.

Earthquake loads are taken from D.B.Y.Y.H.Y, 2007 specifications.

There isn't available any Turkish specifications for crane loads acting on the structure and for calculations of crane beams. So for cranes, DIN specifications are used. Crane loads are taken from DIN 15018 specification and for calculations of crane ways DIN 4132 and DIN 4114 specifications.

For statical calculation of the structure, SAP2000 software programme is used. Loads acting on the structure are applied to the system with various combinations by SAP2000 programme. For this combinations TS648 spesification are used. The results which were handed were all allowable for stresses and displacements.

For connection calculations, datas obtained from SAP2000 programme are used and for some connection calculations Prokon programme is used. For welding safety stresses TS3357 specification is used and for bolts TS ISO 8992 specification is used.

In conclusion, in this study, for a steel industry structure under effect of different loads, two different systems are analysed and compared as economical.



## 1. GİRİŞ

Bu projede bir çelik endüstri yapısının sistem çözümü ve boyutlandırılması konusu ele alınmıştır. Yapıda ST37 kalitesinde yapı çeliği kullanılmıştır ve yapıda kullanılan çatı örtüsü tipi sandviç panel çatı örtüsü olarak düşünülmüştür.

Yapı boyu birinci sistem çözümünde her 10 m de bir düzenlenen makaslarla bölünmüştür. Sistemin boyutlandırılmasında, kolonlarda örgü kolon yapılmış ve çatıda makas yapılarak açıklıklar geçilmiştir. Kolonları birbirine bağlayan ve yapının boyunca devam eden ilave bir makas sistemi yapılmıştır. Çatıda ise çatı makaslarını birbirine bağlayan ve her 7,5 m de bir düzenlenen makaslar kullanılmıştır. İlerleyen bölümlerde birinci sistem ayrıntılı olarak incelenecektir.

İkinci sistemde ise, yapı boyu her 10 m de bir düzenlenen çerçevelerle bölünmüştür.

**Çizelge 1.1** : ST37 emniyet gerilmeleri[1].

ST37 Yapı Çeliği	H Yüklemesi	HZ Yüklemesi
Çekme Emniyet Gerilmesi, $\sigma_{cem}$	1,44 t/cm <sup>2</sup>	1,66 t/cm <sup>2</sup>
Kayma Emniyet Gerilmesi, $\tau_{em}$	0,831 t/cm <sup>2</sup>	0,956 t/cm <sup>2</sup>
Akma Sınırı, $\sigma_a$	2,4 t/cm <sup>2</sup>	

Bu projenin hesapları yapılırken aşağıdaki veriler kullanılmıştır.

Makas aralığı(La): 10 m

Toplam yapı uzunluğu: 100 m

Toplam yapı yüksekliği: 12 m

Makas açıklığı: 30 m

Çatı eğimi: 6,65°

Kren yük kaldırma kapasitesi: 32 ton

Deprem bölgesi: I

Zemin Sınıfı:II ( $T_a=0,15$ ;  $T_a=0,40$ )

$A_0= 0,40$

Bina önem katsayısı(I): 1,0

Zemin emniyet gerilmesi:  $200 \text{ kg/m}^3$

Beton kalitesi: C25

Yapıda uygulanan kaynaklı ve bulonlu birleşimler için kaynak ve bulon emniyet gerilmeleri değerleri aşağıdaki çizelgelerde verilmiştir.

**Çizelge 1.2 : Kaynak emniyet gerilmeleri[2].**

Kaynak	H Yükleme	HZ Yükleme
Çekme ve Basınç Emniyet Gerilmesi, $\sigma_{kem}$	1,10 t/cm <sup>2</sup>	1,25 t/cm <sup>2</sup>
Kayma Emniyet Gerilmesi, $\tau_{kem}$	1,10 t/cm <sup>2</sup>	1,25 t/cm <sup>2</sup>
Kıyaslama Emniyet Gerilmesi, $\sigma_{vem}$	1,10 t/cm <sup>2</sup>	1,25 t/cm <sup>2</sup>
Sınır Emniyet Gerilmesi, $\sigma_s$	0,75 t/cm <sup>2</sup>	0,75 t/cm <sup>2</sup>

**Çizelge 1.3 : Uygun bulon emniyet gerilmeleri.**

Uygun Bulon	H Yükleme	HZ Yükleme
Çekme Emniyet Gerilmesi, $\sigma_{zem}$	1,12 t/cm <sup>2</sup>	1,12 t/cm <sup>2</sup>
Ezilme Emniyet Gerilmesi, $\sigma_{lem}$	2,80 t/cm <sup>2</sup>	3,20 t/cm <sup>2</sup>
Makaslama Emniyet Gerilmesi, $\tau_{sem}$	1,40 t/cm <sup>2</sup>	1,60 t/cm <sup>2</sup>

**Çizelge 1.4 :** Yüksek mukavemetli bulon emniyet gerilmeleri.

SL Birleşimlerinde	H Yükleme	HZ Yükleme
Ezilme Emniyet Gerilmesi, $\sigma_{lem}$	2,80 t/cm <sup>2</sup>	3,20 t/cm <sup>2</sup>
Makaslama Emniyet Gerilmesi, $\tau_{sem}$	2,40 t/cm <sup>2</sup>	2,7 t/cm <sup>2</sup>

Çatı makasları altbaşlık ve üstbaşlıklarının kolonlara birleşimlerinde öngermeli bulonlar kullanılmıştır. Makasların diyagonal ve dikmelerinin bağlantıları ise kaynaklı olarak teşkil edilmiştir.

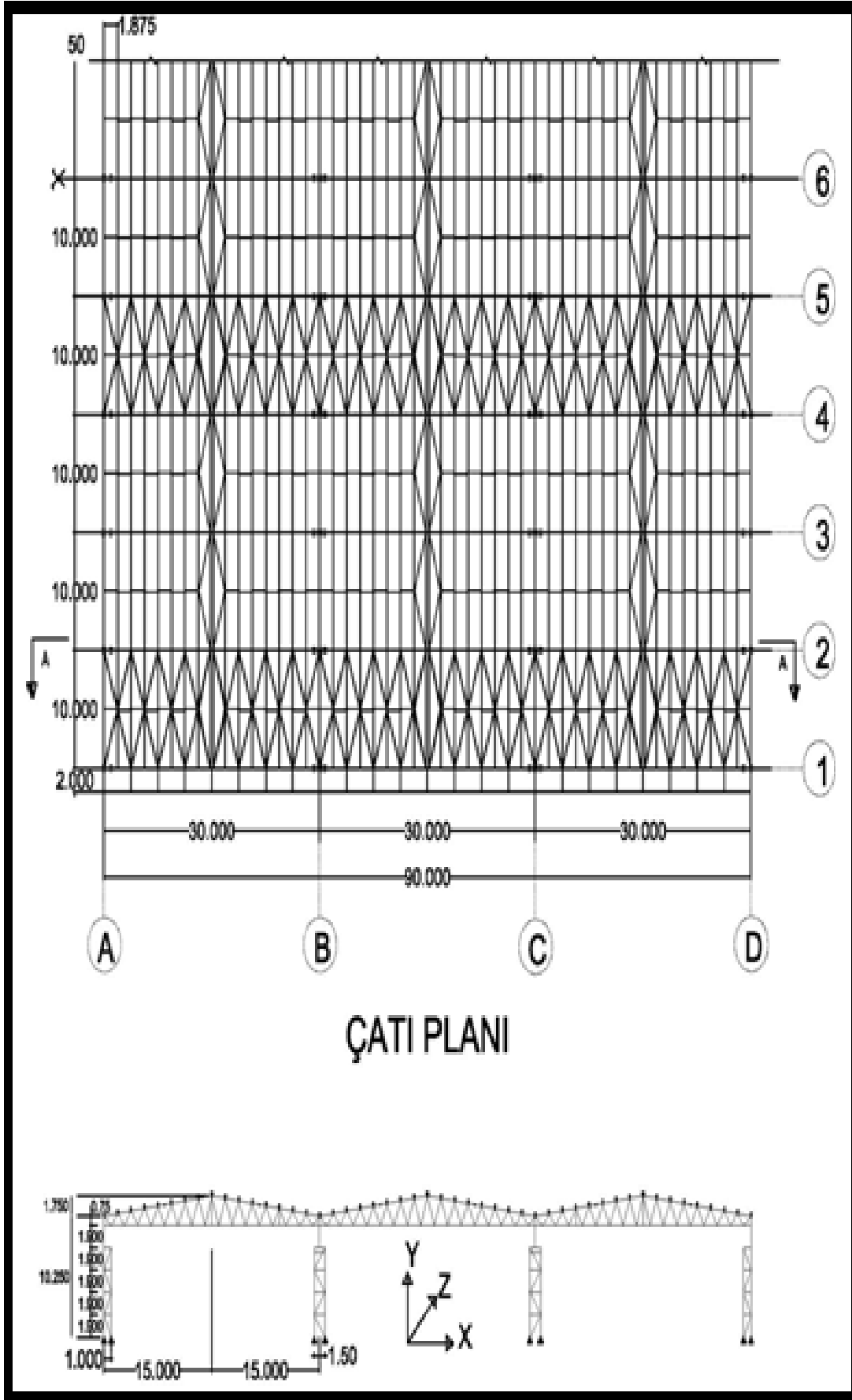
Bulonlu birleşimler yapılırken bulon aralıklarının ve bu bulonların kenarlara olan uzaklıklarının sağlanması gereken bazı koşullar bulunmaktadır. Bu mesafeler ile ilgili koşullar aşağıda çizelge 1.5 de verilmiştir.

**Çizelge 1.5 :** Bulon aralıkları ve kenar uzunlukları.

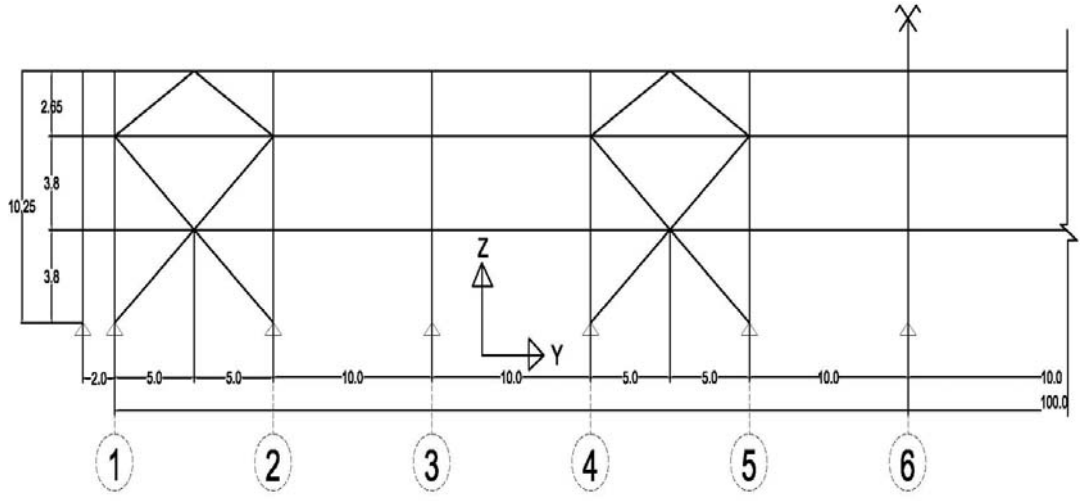
Uzaklık	Binalar için	
	min	max
e	3,5d	8d,15t
e <sub>1</sub>	2d	3d,6t
e <sub>2</sub>	1,5d	3d,6t

d=Birleşim aracı çapı  
t=Birleşimdeki en ince kalınlık  
e=Birleşim araçları arasındaki uzaklık  
e<sub>1</sub>=Kuvvet doğrultusuna dik kenara olan uzaklık  
e<sub>2</sub>=Kuvvet doğrultusuna paralel kenara olan uzaklık

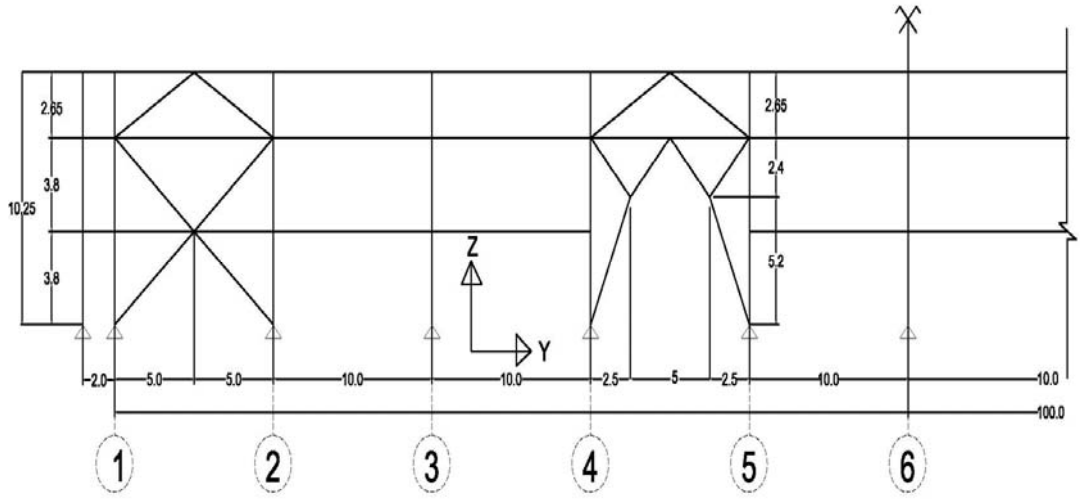
Hesabı yapılacak taşıyıcı sistemin plan ve görünüşleri aşağıda yer almaktadır.



Şekil 1.1 : Taşıyıcı sistem planı ve önden görünüşü.



**A ve D AKSLARI**



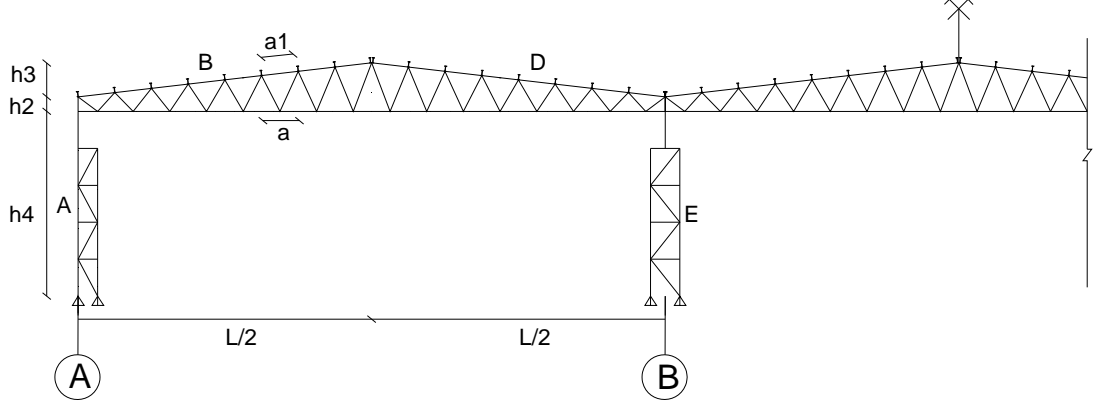
**B ve C AKSLARI**

**Şekil 1.2 : Sistemin yan cephe görünüşleri.**



## 2. YÜK ANALİZİ

### 2.1 Yapı Boyutları



Şekil 2.1 : Yapının ön cephe boyutları.

La (Makas aralığı)=10000 mm

L=30000 mm

h<sub>2</sub>=750 mm

h<sub>3</sub>=1750 mm

h<sub>4</sub>=10000 mm

Çatı Eğimi( $\alpha$ );

$$\tan\alpha=1750/15000=0,117\rightarrow\alpha=6,65^\circ$$

Aşık aralığı(a);

$$L = \frac{15000}{\cos 6,65} = 15101 \text{ mm}$$

$$a_1 = \frac{15101}{8} = 1888 \text{ mm}$$

$$a = 1888 \cdot \cos 6,65 = 1875 \text{ mm}$$

## 2.2 Yapıya Etkiyen Zati Yükler[3]

Çatı örtüsü öz ağırlığı(Sandviç panel):

$$g_1=15 \text{ kg/m}^2$$

$$Pg_1=g \cdot a$$

$$Pg_1=15 \cdot 1,875$$

$$Pg_1=28,125 \text{ kg/m}$$

$$\text{Aşık ağırlığı}=15 \text{ kg/m}^2$$

$$Pg_2=g \cdot a$$

$$Pg_2=15 \cdot 1,875$$

$$Pg_2=28,125 \text{ kg/m}$$

## 2.3 Kar Yükleme

### 2.3.1 Kar yükü

Yapı I. kar bölgesinde yer almaktadır. Yapının bulunduğu yerin deniz seviyesinden yüksekliği 200m den küçüktür. Yapının çatı eğimi ise 30° den küçüktür. Bu durumda  $m=1,0$  ve  $P_{ko}=75 \text{ kg/m}^2$  dir.

$$P_k= m \cdot P_{ko}$$

$$P_k=1,0 \cdot 75$$

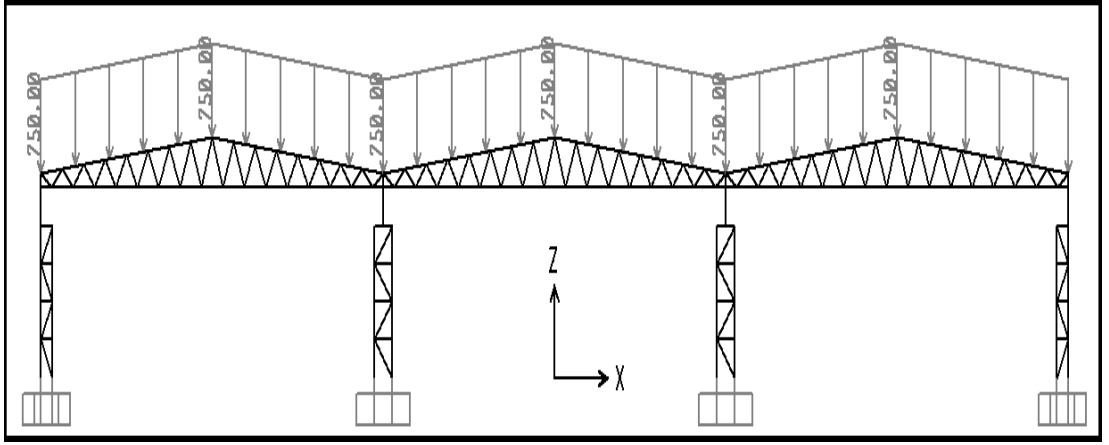
$$P_k=75 \text{ kg/m}^2$$

$$P_k=75 \cdot 10$$

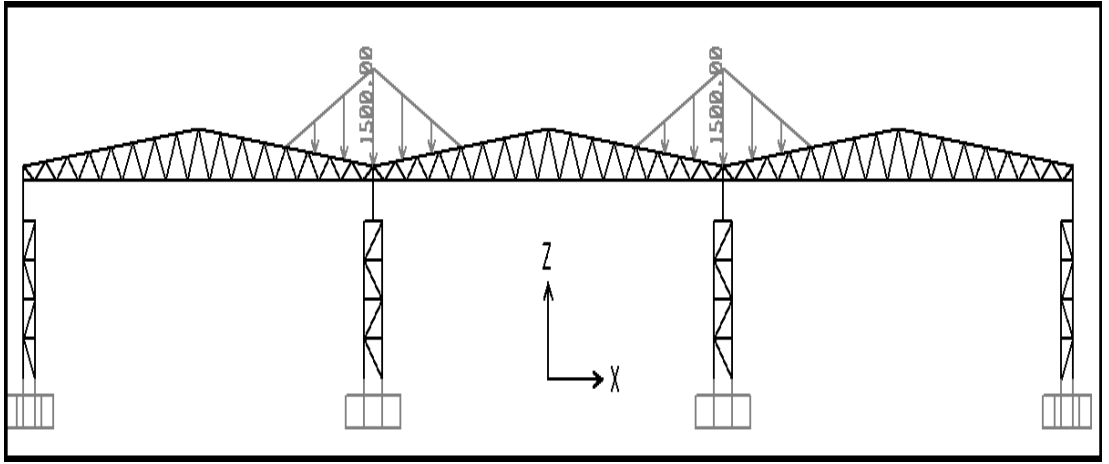
$$P_k=750 \text{ kg/m}$$

### 2.3.2 Kar birikmesi

Kar birikmesinin olduğu çatılarda, kar yükü karın birikeceği alanın yarı yüksekliğinde ve  $150 \text{ kg/m}^3$  olarak alınır.



Şekil 2.2 : Kar yüklemesi(kg/m).



Şekil 2.3 : Kar birikmesi yüklemesi(kg/m).

#### 2.4 Rüzgar Yüklemesi

Yapının yüksekliği 9-20 m arasındadır ve bu durumda yapıya etkiyen rüzgar yükü  $q=80 \text{ kg/m}^2$  dir. Makasın üst iki tarafındaki yüzeyine (B ve D) gelen rüzgar yükleri için C katsayıları ve yük hesabı aşağıdaki gibidir.

$$q_r = C \cdot q_{ro}$$

$$C_A = 0,80$$

$$C_B = (1,2 \sin \alpha - 0,4)$$

$$C_D = -0,40$$

$$C_E = -0,40$$

B yüzeyi için:

$$q_r=(1,2\sin 6,65-0,4)\cdot 80$$

$$q_r=-20,9 \text{ kg/m}^2$$

$$P_r=-20,9\cdot 10\Rightarrow P_{rB}=-209 \text{ kg/m}$$

D yüzeyi için:

$$q_r=-0,40\cdot 80=-32 \text{ kg/m}^2$$

$$P_r=-32\cdot 10\Rightarrow P_{rD}=-320 \text{ kg/m}$$

A yüzeyi için:

$$q_r=0,80\cdot 80=64 \text{ kg/m}^2$$

$$P_r=64\cdot 10\Rightarrow P_{rA}=640 \text{ kg/m}$$

E yüzeyi için:

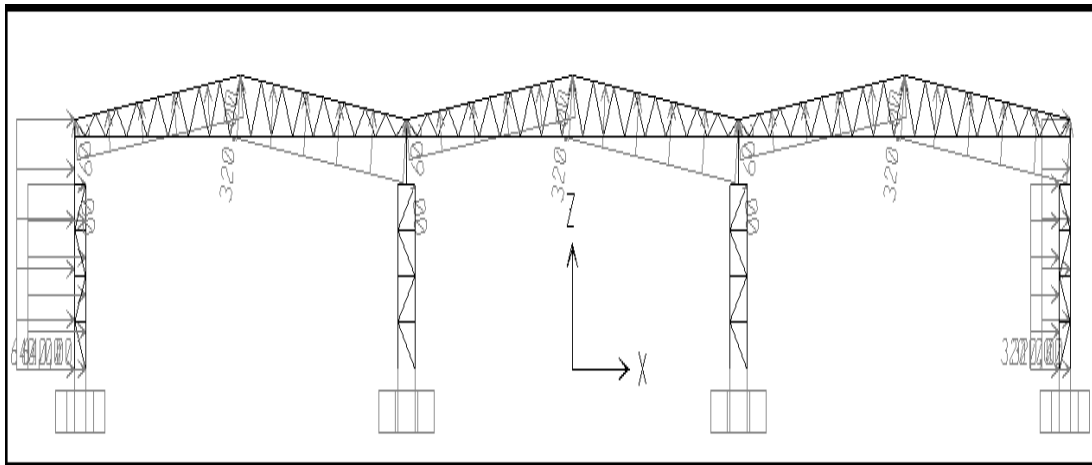
$$q_r=0,40\cdot 80=32 \text{ kg/m}^2$$

$$P_r=32\cdot 10\Rightarrow P_{rE}=320 \text{ kg/m}$$

Boyuna doğrultu için:

$$P_{ry}=0,40\cdot 80\cdot 1,875$$

$$\Rightarrow P_{ry}=60 \text{ kg/m}$$



Şekil 2.4 : Rüzgar yüklemesi(kg/m).

## 2.5 Deprem Yüklemesi[4]

Yapı I. deprem bölgesinde ve Z2 zemin sınıfında yer almaktadır.

Yapı her iki doğrultuda da normal sünek olarak dizayn edilmiştir.

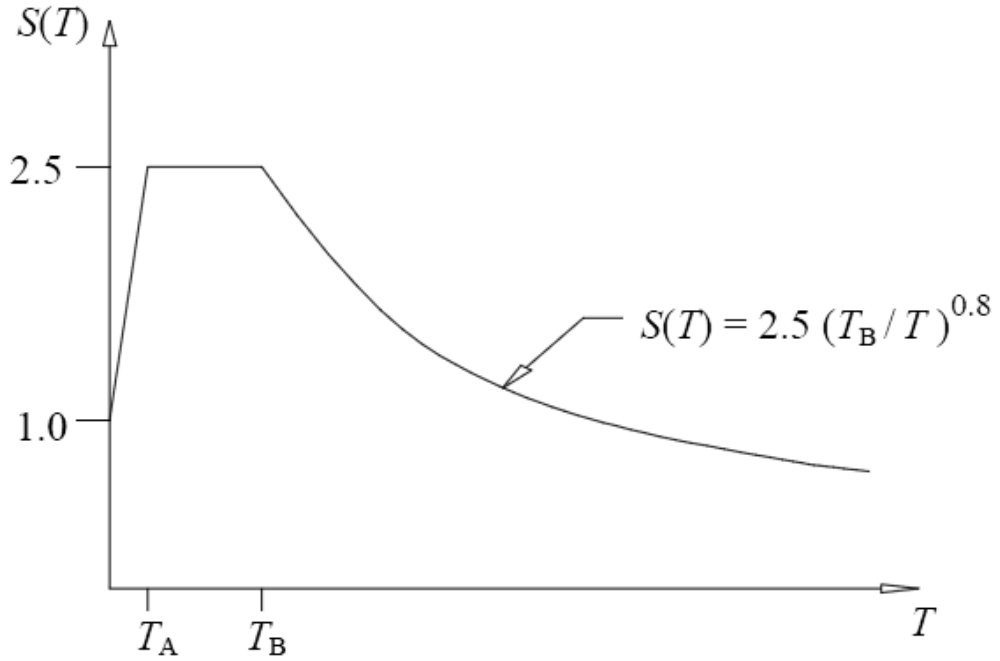
Hareketli yük katılım katsayısı( $\eta$ ): 0,3

Etkin yer ivmesi katsayısı( $A_0$ ): 0,4

Bina önem katsayısı( $I$ ): 1,0

Deprem yükü azaltma katsayısı:  $R_x=5$ ,  $R_y=4$

Spektrum karakteristik periyotları:  $T_A=0,15s$ ,  $T_B=0,4s$



Şekil 2.5 : Spektrum eğrisi.

Sistemin sismik analizinde SAP2000 bilgisayar programından yararlanılmış ve eşdeğer deprem yükü metoduna göre çözüm yapılmıştır. Bu çözüm sonucu sistemin birinci doğal titreşim periyodu  $T=0,47s$  olarak bulunmuştur.

$$S(T)=2,5 \cdot (0,4/0,47)^{0,8}=2,2$$

$$A(T)=S(T) \cdot A_0 \cdot I=2,2 \cdot 0,4 \cdot 1=0,88$$

$$A(T)/R_x=0,176$$

$$A(T)/R_y=0,22$$

## 2.6 Yükleme Kombinasyonları[1]

D.B.Y.Y.H.Y 2007 uyarınca, düşey yükler ve deprem yükleri etkisi altında emniyet gerilmeleri yöntemine göre yapılan kesit hesaplarında emniyet gerilmeleri %33 oranında artırılmıştır. Ek ve birleşimlerin hesaplarında ise en fazla %15 oranında artırılmıştır. Rüzgar yükleri ve düşey yükler etkisi altında da emniyet gerilmeleri %15 oranında artırılmıştır.

**Çizelge 2.1: Kombinasyonlar.**

COMBO 1-H	1.0 D
COMBO 2-H	1.0 D+1.0S
COMBO 3-H	1.0 D+1.0S+1.0CR1
COMBO 4-H	1.0 D+1.0S+1.0CR2
COMBO 5-H	1.0 D+1.0S+1.0CR3
COMBO 6-H	1.0 D+1.0S+1.0CR4
COMBO 7-H	1.0 D+1.0S+1.0CR5
COMBO 8-H	1.0 D+1.0S+1.0CR6
COMBO 9-H	1.0 D+1.0S+1.0CR7
COMBO 10-H	1.0 D+1.0S+1.0CR8
COMBO 11-HZ	0.87 D+0.87 S+0.87 CR1+0.87 WXP
COMBO 12-HZ	0.87 D+0.87 S+0.87 CR1+0.87 WXN
COMBO 13-HZ	0.87 D+0.87 S+0.87 CR1+0.87 WYP
COMBO 14-HZ	0.87 D+0.87 S+0.87 CR1+0.87 WYN
COMBO 15-HZ	0.87 D+0.87 S+0.87 CR2+0.87 WXP
COMBO 16-HZ	0.87 D+0.87 S+0.87 CR2+0.87 WXN

**Çizelge 2.1: (devam)Kombinasyonlar.**

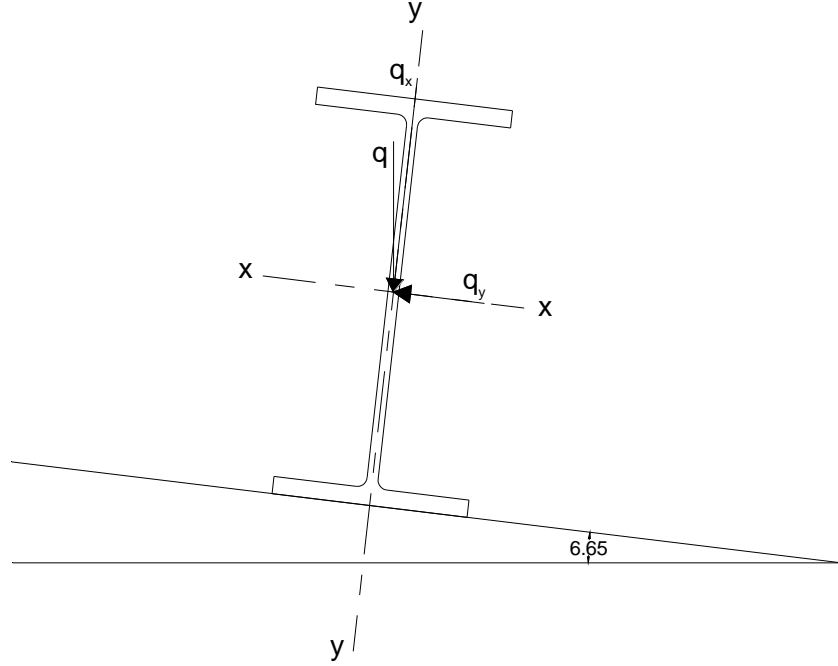
COMBO 17-HZ	0.87 D+0.87 S+0.87 CR2+0.87 WYP
COMBO 18-HZ	0.87 D+0.87 S+0.87 CR2+0.87 WYN
COMBO 19-HZ	0.87 D+0.87 S+0.87 CR3+0.87 WXP
COMBO 20-HZ	0.87 D+0.87 S+0.87 CR3+0.87 WXN
COMBO 21-HZ	0.87 D+0.87 S+0.87 CR3+0.87 WYP
COMBO 22-HZ	0.87 D+0.87 S+0.87 CR3+0.87 WYN
COMBO 23-HZ	0.87 D+0.87 S+0.87 CR4+0.87 WXP
COMBO 24-HZ	0.87 D+0.87 S+0.87 CR4+0.87 WXN
COMBO 25-HZ	0.87 D+0.87 S+0.87 CR4+0.87 WYP
COMBO 26-HZ	0.87 D+0.87 S+0.87 CR4+0.87 WYN
COMBO 27-HZ	0.87 D+0.87 S+0.87 CR5+0.87 WXP
COMBO 28-HZ	0.87 D+0.87 S+0.87 CR5+0.87 WXN
COMBO 29-HZ	0.87 D+0.87 S+0.87 CR5+0.87 WYP
COMBO 30-HZ	0.87 D+0.87 S+0.87 CR5+0.87 WYN
COMBO 31-HZ	0.87 D+0.87 S+0.87 CR6+0.87 WXP
COMBO 32-HZ	0.87 D+0.87 S+0.87 CR6+0.87 WXN
COMBO 33-HZ	0.87 D+0.87 S+0.87 CR6+0.87 WYP
COMBO 34-HZ	0.87 D+0.87 S+0.87 CR6+0.87 WYN
COMBO 35-HZ	0.87 D+0.87 S+0.87 CR7+0.87 WXP
COMBO 36-HZ	0.87 D+0.87 S+0.87 CR7+0.87 WXN
COMBO 37-HZ	0.87 D+0.87 S+0.87 CR7+0.87 WYP
COMBO 38-HZ	0.87 D+0.87 S+0.87 CR7+0.87 WYN

**Çizelge 2.1: (devam)Kombinasyonlar.**

COMBO 39-HZ	0.87 D+0.87 S+0.87 CR8+0.87 WXP
COMBO 40-HZ	0.87 D+0.87 S+0.87 CR8+0.87 WXN
COMBO 41-HZ	0.87 D+0.87 S+0.87 CR8+0.87 WYP
COMBO 42-HZ	0.87 D+0.87 S+0.87 CR8+0.87 WYN
COMBO 43-HZ	0.87 D+0.87 S+0.87 WXP
COMBO 44-HZ	0.87 D+0.87 S+0.87 WXN
COMBO 45-HZ	0.87 D+0.87 S+0.87 WYP
COMBO 46-HZ	0.87 D+0.87 S+0.87 WYN
COMBO 47-HD	0.75 D+0.75 S+0.75 EXP
COMBO 48-HD	0.75 D+0.75 S+0.75 EXN
COMBO 49-HD	0.75 D+0.75 S+0.75 EYP
COMBO 50-HD	0.75 D+0.75 S+0.75 EYN
COMBO 51-HD	0.75 D+0.75 EXP
COMBO 52-HD	0.75 D+0.75 EXN
COMBO 53-HD	0.75 D+0.75 EYP
COMBO 54-HD	0.75 D+0.75 EYN
COMBO 55-HZ	0.87 D+0.87 WXP
COMBO 56-HZ	0.87 D+0.87 WXN
COMBO 57-HZ	0.87 D+0.87 WYP
COMBO 58-HZ	0.87 D+0.87 WYN
D: Ölü yükler, S: Kar yükü, CR: Kren yükleri, E: Deprem yükleri, W: Rüzgar yükü X: Enine doğrultu, Y: Boyuna doğrultu, P: Pozitif yön, N: Negatif yön	

### 3. AŞIK VE KALKAN DUVAR HESABI

#### 3.1 Aşık Yüklerinin Hesabı



Şekil 3.1 : Aşık yükleri

$$q = (P_{g1} + P_{g2} + P_k) \cdot a = (15 + 15 + 75) \cdot 1,875 = 196,875 \text{ kg / m}$$

$$q_x = q \cdot \cos\alpha = 196,875 \cdot \cos 6,65 = 195,6 \text{ kg / m}$$

$$q_y = q \cdot \sin\alpha = 196,875 \cdot \sin 6,65 = 22,8 \text{ kg / m}$$

Rüzgar çatıda emme etkisi meydana getirdiği için aşıkların hesabında dikkate alınmayacaktır.

Sistemde aşık profillerinin belirlenebilmesi için aşık hesabı sürekli kiriş olarak, gerber kirişi olarak ve petek kiriş olarak üç farklı yolla yapılmış ve en ekonomik aşık çözümü aranmıştır. Aşıklar ortadan gergili olarak tasarlanmıştır.

### 3.1.1 Sürekli kiriş olarak aşık hesabı

Aşıklar iki açıklıkta sürekli kiriş ve ortadan gergili olarak tasarlanmıştır.

$$M_x = \frac{q_x \cdot l^2}{11} = \frac{195,6 \cdot 10^2}{11} = 1778 \text{ kg.m}$$

$$M_y = \frac{q_y \times \left(\frac{l}{2}\right)^2}{11} \quad (3.1)$$

$$M_y = \frac{22,8 \cdot (10/2)^2}{11} = 51,8 \text{ kg.m}$$

Seçilen profil: IPE200

$$W_x = 194,3 \text{ cm}^3$$

$$W_y = 28,47 \text{ cm}^3$$

$$I_x = 1943 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 142,4 \text{ cm}^4$$

$$\sigma = \frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_y} < \sigma_{em} \quad (3.2)$$

$$\sigma = \frac{177,8}{194,3} + \frac{5,18}{28,47} = 1,1 \text{ t/cm}^2 < 1,44 \text{ t/cm}^2$$

$$\text{Sehim irdelemesi; } f = 2,48 \cdot \frac{q \cdot l^4}{I} \quad (3.3)$$

$$f_x = 2,48 \cdot \frac{q_x \cdot l^4}{I_x} = 2,48 \cdot \frac{0,1956 \cdot 10^4}{1943} = 2,5 \text{ cm}$$

$$f_y = 2,48 \cdot \frac{q_y \cdot (l/2)^4}{I_y} \approx 0$$

$$f = f_x = 2,5 < 1/300 = 3,33 \text{ cm}$$

⇒ KESİT YETERLİDİR.

Mahya aşığında kontrol:

$$M_x = \frac{q_x \cdot l^2}{11} = \frac{97,8 \cdot 10^2}{11} = 889 \text{ kg.m}$$

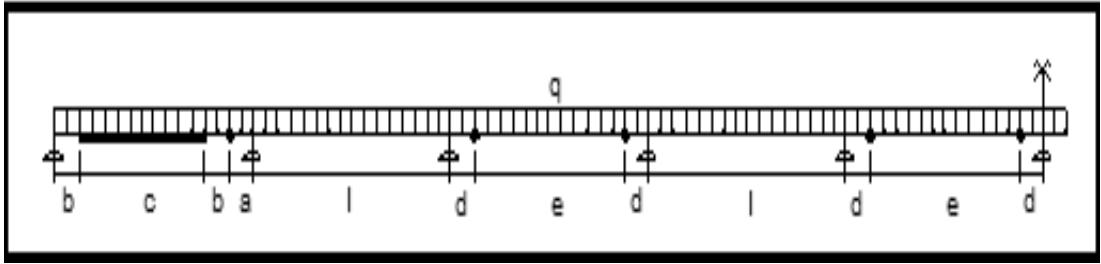
$$M_y = \frac{q_y \cdot l^2}{11} = \frac{11,4 \cdot 10^2}{11} = 104 \text{ kg.m}$$

$$\sigma = \frac{88,9}{194,3} + \frac{10,4}{28,47} = 0,82 \text{ t / cm}^2 < 1,44 \text{ t / cm}^2$$

Sehim irdelemesi;

$$f_x = 2,48 \cdot \frac{q_x \cdot l^4}{I_x} = 2,48 \cdot \frac{0,0978 \cdot 10^4}{1943} = 1,25 \text{ cm} \leq 3,33 \text{ cm}$$

### 3.1.2 Gerber kirişi olarak aşık hesabı[5]



Şekil 3.2 : Gerber kirişi.

$$a=0.125 L, b=0.180 L, c=0.515 L, d=0.1465 L, e=0.707 L$$

Aşıklar basit kiriş ve ortadan gergili olarak tasarlanmıştır.

Kenar göz açıklığının orta göz açıklıklarına eşit olduğu durumlarda, kenar gözdeki açıklık momentinin orta gözlerdeki moment değerlerine eşit olabilmesi için kenar gözdeki aşık profili c boyu kadar takviye edilir.

$$M_x = \frac{q_x \cdot l^2}{16} = \frac{195,6 \cdot 10^2}{16} = 1222,5 \text{ kg.m}$$

$$M_y = \frac{q_y \cdot \left(\frac{l}{2}\right)^2}{16} = \frac{22,8 \cdot 5^2}{16} = 36 \text{ kg.m}$$

Seçilen profil: IPE200

$$\sigma = \frac{122,25}{194,3} + \frac{3,6}{28,47} = 0,76 \text{ t / cm}^2 < \sigma_{em} = 1,44 \text{ t / cm}^2$$

$$\text{Sehim irdelemesi; } f = 2,48 \cdot \frac{q \cdot l^4}{I}$$

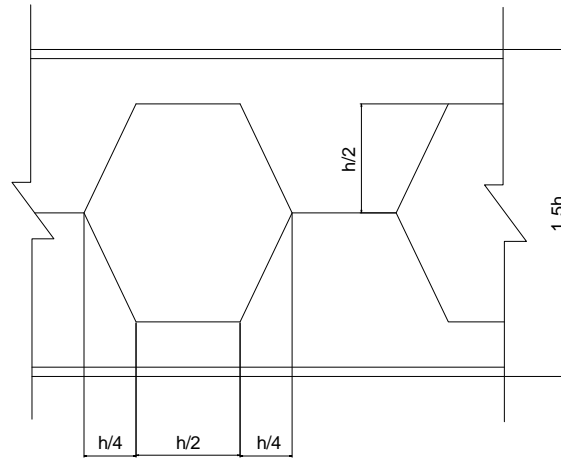
$$f_x = 2,48 \cdot \frac{q_x \cdot l^4}{I_x} = 2,48 \cdot \frac{0,1956 \cdot 10^4}{1943} = 2,5 \text{ cm}$$

$$f_y = 2,48 \cdot \frac{q_y \cdot \left(\frac{l}{2}\right)^4}{I_y} = 2,48 \cdot \frac{0,0228 \cdot 5^4}{142,4} = 0,25 \text{ cm}$$

$$f = \sqrt{2,5^2 + 0,25^2} = 2,5 \text{ cm} < l/300 = 3,33 \text{ cm}$$

⇒ KESİT YETERLİDİR.

### 3.1.3 Petek kiriş olarak aşık hesabı[6]



Şekil 3.3 : Petek kiriş.

Aşıklar basit kiriş ve ortadan gergili olarak tasarlanmıştır.

$$M_x = \frac{195,6 \cdot 10^2}{8} = 2445 \text{ kg.m}$$

$$M_y = \frac{22,8 \cdot \left(\frac{10}{2}\right)^2}{8} = 71,25 \text{ kg.m}$$

$$M_{max} = 2445 \text{ kg.m}$$

$$\sigma'_{em} = 0,9 \frac{t}{cm^2} \Rightarrow W_{üz} = \frac{244,5}{0,9} = 272 \text{ cm}^3$$

$$\text{Sehim; } f_x = 1,20 \cdot \frac{5}{384} \cdot \frac{qL^4}{ExI_k} \leq \frac{1}{300} \Rightarrow I_k \geq 22,32 \cdot qL^3 \Rightarrow I_{kg} \geq 4366 \text{ cm}^4$$

Seçilen profil: IPE200

Yapıda kullanılacak petek kirişler ara levhasız olarak tasarlanmıştır.

$$H_y=300 \text{ mm}, I_k=4526 \text{ cm}^4, W_k=302 \text{ cm}^3$$

$$\text{Petek kiriş göz adeti: } n = \frac{1-2h}{1,5h} \quad (3.4)$$

$$\text{Kesim boyu: } l=1000 \text{ cm} \Rightarrow n = \frac{1000-20 \cdot 2}{1,5 \cdot 20} = 32$$

IPE200 kesit karakteristikleri:

$$h_1=27,991 \text{ cm}$$

$$F_B=11,45 \text{ cm}^2, F_G=5,6 \text{ cm}^2$$

$$W_{bmin}=3,035 \text{ cm}^3, W_G=9,333 \text{ cm}^3$$

Gerekli irdelemeler:

Ortaya en yakın başlıkta tahkik:

$$m = \frac{n}{2} = \frac{32}{2} = 16$$

$$X_m = (e_k - e'_k) + (1,5m + 0,25)h \quad (3.5)$$

$$e'_k = 0 \text{ (hesap açıklığı ve kesim boyu eşit)}$$

$$e_k = \frac{1}{2}[l - (1,5n + 2)h] = 0 \quad (3.6)$$

$$X_m = (0 - 0) + (1,5 \cdot 16 + 0,25) \cdot 20 = 485 \text{ mm}$$

$$M_m = \frac{qL}{2} \cdot x_m - \frac{q \cdot x_m^2}{2} = \frac{1}{2}q \cdot x_m (L - x_m) \quad (3.7)$$

$$M_m = \frac{1}{2} \cdot 0,001956 \cdot 485 \cdot (1000 - 485) = 244,3 \text{ t.cm}$$

$$Q_m = \frac{q \cdot L}{2} - q \cdot x_m = q \cdot \left( \frac{L}{2} - x_m \right) \quad (3.8)$$

$$Q_m = 0,001956 \cdot \left( \frac{1000}{2} - 485 \right)$$

$$\Rightarrow Q_m \cong 0 \Rightarrow M_{mB} = \frac{Q_m \cdot h}{8} = 0$$

$$N_{mB} = \frac{M_m}{h_1} \quad (3.9)$$

$$N_{mB} = \frac{244,3}{27,991} = 8,73 \text{ ton}$$

$$\sigma_{mB} = \frac{N_{mB}}{F_B} + \frac{M_{mB}}{W_{B_{\min}}} < \sigma_{em} \quad (3.10)$$

$$\sigma_{mB} = \frac{8,73}{11,45} = 0,76 \text{ t/cm}^2 < 1,4 \text{ t/cm}^2$$

Ara kesitteki bir başlıkta tahkik:

$$\frac{n}{4} = 8, \frac{n}{3} = 10,67 \Rightarrow m = 9$$

$$X_m = (0 - 0) + (1,5 \cdot 9 + 0,25) \cdot 20 = 275 \text{ cm}$$

$$M_m = \frac{1}{2} \cdot 0,001956 \cdot 275 \cdot (1000 - 275) = 195 \text{ t.cm}$$

$$Q_m = 0,001956 \cdot \left( \frac{1000}{2} - 275 \right) = 0,44 \text{ ton}$$

$$M_{mB} = 0,44 \cdot \frac{20}{8} = 1,1 \text{ t.cm}$$

$$N_{mB} = \frac{195}{27,991} = 7 \text{ ton}$$

$$\sigma_{mB} = \frac{7}{11,45} + \frac{1,1}{3,035} = 0,97 \text{ t/cm}^2 \leq 1,4 \text{ t/cm}^2$$

Mesnete en yakın dikmede:  $m=1$

$$X_m = (1,5 \cdot 1 + 0,25) \cdot 20 = 35 \text{ cm}$$

$$M_m = \frac{1}{2} \cdot 0,001956 \cdot 35 \cdot (1000 - 35) = 33 \text{ t.cm}$$

$$Q_m = 0,001956 \cdot \left( \frac{1000}{2} - 35 \right) = 0,91 \text{ ton}$$

$$H_{mG} = \frac{3h}{4h_1} (2Q_m - 1,5qh)$$

$$H_{mG} = \frac{3 \cdot 20}{4 \cdot 27,991} (2 \cdot 0,91 - 1,5 \cdot 0,001956 \cdot 20) \quad (3.11)$$

$$H_{mG} = 0,94 \text{ ton}$$

$$N_{mG} = 0,75qh \quad (3.12)$$

$$N_{mG} = 0,75 \cdot 0,001956 \cdot 20 = 0,03 \text{ ton}$$

$$\sigma_{kay} = \frac{N_{mG}}{F_G} \quad (3.13)$$

$$\sigma_{kay} = \frac{0,03}{5,6} = 0,005 \text{ t / cm}^2$$

$$\tau_{kay} = \frac{H_{mG}}{F_G} \quad (3.14)$$

$$\tau_{kay} = \frac{0,94}{5,6} = 0,17 \text{ t / cm}^2$$

$$\sigma_h = \frac{1}{2} (\sigma_{kay} + \sqrt{\sigma_{kay}^2 + 4\tau_{kay}^2}) \quad (3.15)$$

$$\sigma_h = 0,173 \text{ t / cm}^2$$

$\Rightarrow$  KESİT YETERLİDİR.

Yapılan bu hesaplar sonucunda iki açıklıkta sürekli kiriş için, gerber kirişi için ve petek kiriş için seçilen aşıkların profili IPE200'dür. Aşıkların kesitlerinin tayininde sehim koşulunun sağlanması gerilme kontrollerine nazaran daha belirleyici rol oynamıştır.

## 3.2 Kalkan Duvar Hesabı

### 3.2.1 Kalkan duvara etkiyen yükler

$a=6$  m

Aşık: 15 kgf/m<sup>2</sup>

Kaplama: 15 kgf/m<sup>2</sup> (sandviç panel)

Cam: 15 kgf/m<sup>2</sup>

Kar: 75 kgf/m<sup>2</sup>

Rüzgar: 80 kgf/m<sup>2</sup>

B yüzeyi için:

$$q_r=(1,2 \cdot \sin 6,65-0,4) \cdot 80 \cdot 6=-125,28 \text{ kg/m}$$

D yüzeyi için:

$$q_r=-0,40 \cdot 80 \cdot 6=-192 \text{ kg/m}$$

A yüzeyi için:

$$q_r=0,80 \cdot 80 \cdot 6=384 \text{ kg/m}$$

E yüzeyi için:

$$q_r=0,40 \cdot 80 \cdot 6=192 \text{ kg/m}$$

### 3.2.2 Kalkan duvar kesitlerinin belirlenmesi

Kalkan duvarın analizi yükler SAP2000 programında yapıya etkilerek yapılmıştır.

Kesitlerin hesabında SAP2000 programından elde edilen veriler kullanılmıştır.

Kalkan duvar düşey cephe kuşaklarının boyutlandırılması:

Kalkan duvarda düşey cephe kuşaklarının hesabı yapılırken maksimum basınç kuvveti taşıyan düşey kuşak elemanı gözönüne alınmıştır. Düşey kuşak üzerinde oluşan maksimum basınç kuvveti, maksimum çekme kuvvetinden fazla olduğu için maksimum çekme kuvvetini taşıyan düşey kuşak elemanında kontrole gerek görülmemiştir.

$$S_{kx}=S_{ky}=300 \text{ cm}$$

Kesit tesirleri:

Bu elemanda maksimum kesit tesirleri COMBO2-H kombinasyonundan elde edilmiştir.

$$N=-5,5 \text{ ton}$$

$$M=2,27 \text{ ton.cm}$$

Seçilen Profil: IPE 160

Enkesit özellikleri:

$$F=20,09 \text{ cm}^2$$

$$W=108,7 \text{ cm}^3$$

$$i_{\min}=1,84 \text{ cm}$$

$$\lambda = \frac{S_k}{i_{\min}} \quad (3.16)$$

$$\lambda = \frac{300}{1,84} = 163$$

$$\Rightarrow w=4,61$$

$$\sigma = \frac{w \cdot P}{F} + \frac{0,9 \cdot M}{W} \quad (3.17)$$

$$\sigma = \frac{4,61 \cdot 5,5}{20,09} + \frac{0,9 \cdot 2,27}{108,7}$$

$$\sigma = 1,28 \text{ t/cm}^2 < 1,44 \text{ t/cm}^2$$

$\Rightarrow$  KESİT YETERLİ

Kalkan duvar yatay cephe kuşaklarının boyutlandırılması:

Kalkan duvarda yatay cephe kuşaklarının hesabı yapılırken maksimum basınç kuvveti taşıyan yatay kuşak elemanı gözönüne alınmıştır. Yatay kuşak üzerinde oluşan maksimum basınç kuvveti, maksimum çekme kuvvetinden fazla olduğu için maksimum çekme kuvvetini taşıyan yatay kuşak elemanında kontrole gerek görülmemiştir.

$$S_{kx}=750 \text{ cm}$$

$$S_{ky}=375 \text{ cm}$$

Kesit tesirleri:

Bu elemanda maksimum kesit tesirleri COMBO2-H kombinasyonundan elde edilmiştir.

$$N=-1,1 \text{ ton}$$

$$M=4,7 \text{ ton.cm}$$

Seçilen Profil: UNP 140

Enkesit özellikleri

$$F=20,4 \text{ cm}^2$$

$$W=86,4 \text{ cm}^3$$

$$i_x=5,4 \text{ cm}$$

$$i_y=1,8 \text{ cm}$$

$$\lambda_x = \frac{750}{5,4} = 139$$

$$\lambda_y = \frac{375}{1,8} = 208$$

$$\Rightarrow w=7,51$$

$$\sigma = \frac{7,51 \cdot 1,1}{20,4} + \frac{0,9 \cdot 4,7}{86,4}$$

$$\sigma = 0,45 \text{ t / cm}^2 < 1,44 \text{ t / cm}^2$$

$\Rightarrow$  KESİT YETERLİDİR.

**Çizelge 3.1** :Kalkan duvar en kritik çubuk kuvvetleri.

		SAP2000 den alınan en kritik çubuk kuvvetleri (kN/cm)						
Eleman No	Kombinasyon	P	M	Eleman No	Kombinasyon	P	M	
23	COMBO1-H	-0,719	-47,17	110	COMBO1-H	-19,392	2,07	
23	COMBO2-H	-1,632	-55,76	110	COMBO2-H	<b>-54,751</b>	<b>2,27</b>	
23	COMBO3-HZ	<b>-10,986</b>	<b>-47,22</b>	110	COMBO3-HZ	-41,12	2,52	
23	COMBO4-HZ	2,456	-48,65	110	COMBO4-HZ	-43,33	1,28	
23	COMBO5-HZ	-1,42	-48,51	110	COMBO5-HZ	-47,633	1,97	
23	COMBO6-HZ	-1,42	-48,51	110	COMBO6-HZ	-47,633	1,97	
23	COMBO7-HD	3,581	-52,21	110	COMBO7-HD	-41,121	3,33	
23	COMBO8-HD	-6,495	-55,63	110	COMBO8-HD	-40,657	0,071	
23	COMBO9-HD	-1,224	-41,82	110	COMBO9-HD	-41,063	1,7	
23	COMBO10-HD	-1,224	-41,82	110	COMBO10-HD	-41,063	1,7	
23	COMBO11-HD	4,252	-46,85	110	COMBO11-HD	-14,602	3,19	
23	COMBO12-HD	-5,81	-49,19	110	COMBO12-HD	-14,138	-0,075	
23	COMBO13-HD	-0,539	-35,38	110	COMBO13-HD	-14,544	1,56	
23	COMBO14-HD	-0,539	-35,38	110	COMBO14-HD	-14,196	1,56	
23	COMBO15-HD	4,252	-46,85	110	COMBO15-HD	-14,602	3,19	
23	COMBO16-HD	-5,81	-49,19	110	COMBO16-HD	-14,138	-0,075	
23	COMBO17-HD	-0,539	-35,38	110	COMBO17-HD	-14,544	1,56	
23	COMBO18-HD	-0,539	-35,38	110	COMBO18-HD	-14,544	1,56	



#### 4. KREN KİRİŞİ HESABI[7]

##### 4.1 Kren Kirişi Karakteristikleri

Yapı boyunca yapının her üç açıklığında da gezici vinçler bulunmaktadır.

Kren kirişi açıklığı( $l$ )<10 m

Kren Ağırlığı<32 ton

Kaldırma Sınıfı:H2

Zorlanma Sınıfı:B4

Çentik Hali:K4

Titreşim değerleri:  $\phi=1,1$

$$\psi=1,2$$

Kancanın rayın üst seviyesinden mesafesi: 100mm

Kren kirişi yüksekliği( $h_1$ ): 900 mm

Kren kirişi üst kenarının tavandan mesafesi( $h_2$ ): 2300 mm

Yanaşma mesafesi:  $a_1=1700\text{mm}$

$$a_2=1350\text{mm}$$

Tekerlekler arası mesafe:  $a=4,6\text{m}$

Tekerlek yükleri:  $R_{\max}=22,7\text{ ton}$

$$R_{\min}=6,54\text{ton}$$

## 4.2 Kren Kirişi Yanlama Kuvvetlerinin Hesabı

Sürtünme katsayısı(f)=0,3

$$\Sigma R_{\max} = R_{\max} + R_{\max} \quad (4.1)$$

$$\Sigma R_{\max} = 22,7 + 22,7$$

$$\Sigma R_{\max} = 45,4 \text{ ton}$$

$$\Sigma R_{\min} = R_{\min} + R_{\min} \quad (4.2)$$

$$\Sigma R_{\min} = 6,54 + 6,54$$

$$\Sigma R_{\min} = 13,08 \text{ ton}$$

$$\Sigma R = \Sigma R_{\max} + \Sigma R_{\min} = 58,48 \text{ ton}$$

$$\varepsilon' = \frac{\Sigma R_{\min}}{\Sigma R} \quad (4.3)$$

$$\varepsilon' = \frac{13,08}{58,48} = 0,224$$

$$\varepsilon = 1 - \varepsilon' \quad (4.4)$$

$$\varepsilon = 0,776$$

$$l_s = 1 \cdot \left( \varepsilon - \frac{1}{2} \right) \quad (4.5)$$

$$l_s = 10 \cdot (0,776 - 0,5)$$

$$l_s = 2,763 \text{ m}$$

$$K_R = 1,5 \cdot 0,2 \cdot \Sigma R_{\min} \quad (4.6)$$

$$K_R = 3,924 \text{ ton}$$

$H_m$  yanlama kuvvetleri:

$$H_{m1} = \frac{K_R \cdot \varepsilon_1 \cdot l_s}{a} \quad (4.7)$$

$$H_{m1} = \frac{3,924 \cdot 0,224 \cdot 2,763}{4,6}$$

$$H_{m1} = 0,527 \text{ ton}$$

$$H_{m2} = \frac{K_R \cdot \varepsilon \cdot l_s}{a} \quad (4.8)$$

$$H_{m2} = \frac{3,924 \cdot 0,776 \cdot 2,763}{4,6}$$

$$H_{m2} = 1,83 \text{ ton}$$

Eğik gidişten doğan S yanlama kuvvetleri:

$$S = f \cdot \Sigma R \cdot 0,5 \quad (4.9)$$

$$S = 8,772 \text{ ton}$$

S kuvvetinden doğan  $H_s$  yanlama kuvvetleri:

$$H_{s11} = f \cdot R_{\min} \quad (4.10)$$

$$H_{s11} = 1,962 \text{ ton}$$

$$H_{s21} = f \cdot R_{\max} \quad (4.11)$$

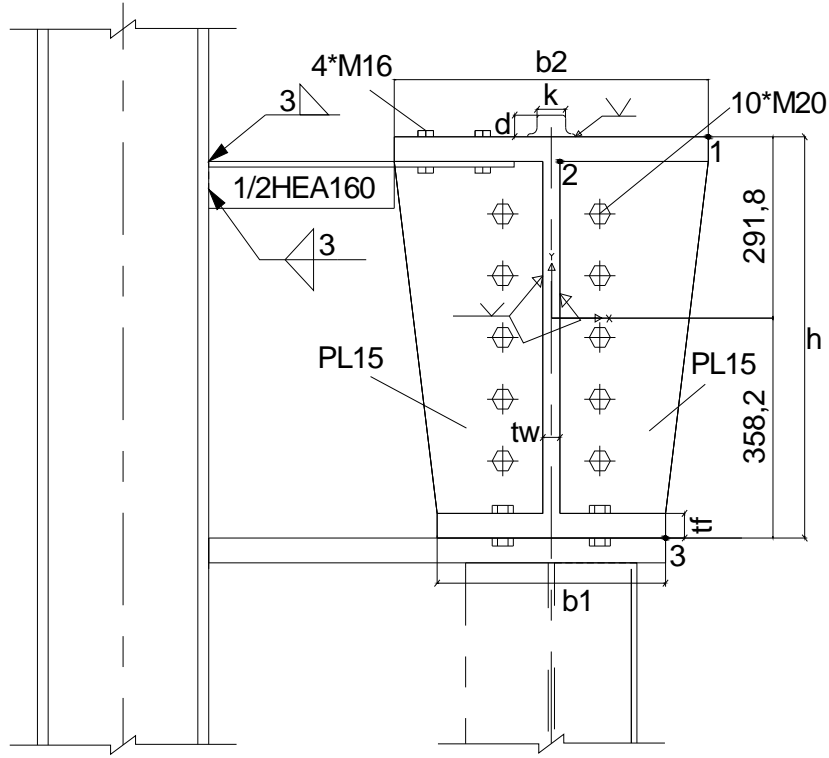
$$H_{s21} = 6,81 \text{ ton}$$

$$H_{s12} = 0$$

$$H_{s22} = 0$$

$$|S - H_{s21}| = H_{s11} = 1,962 \text{ ton}$$

### 4.3 Kren Kirişi Kesit Tesirlerinin Hesabı



Şekil 4.1 : Kren kirişi ve boyutları.

$h=650\text{mm}$ ,  $b_1=400\text{mm}$ ,  $b_2=550\text{mm}$ ,  $t_w=30\text{mm}$ ,  $t_f=40\text{mm}$

$$F=551 \text{ cm}^2$$

$$I_x=394222 \text{ cm}^4$$

$$I_y=76920 \text{ cm}^4$$

$$W_{1x}=13510 \text{ cm}^3$$

$$W_{1y}=2797,1 \text{ cm}^3$$

$$W_{2x}=15656 \text{ cm}^3$$

$$W_{2y}=2958,5 \text{ cm}^3$$

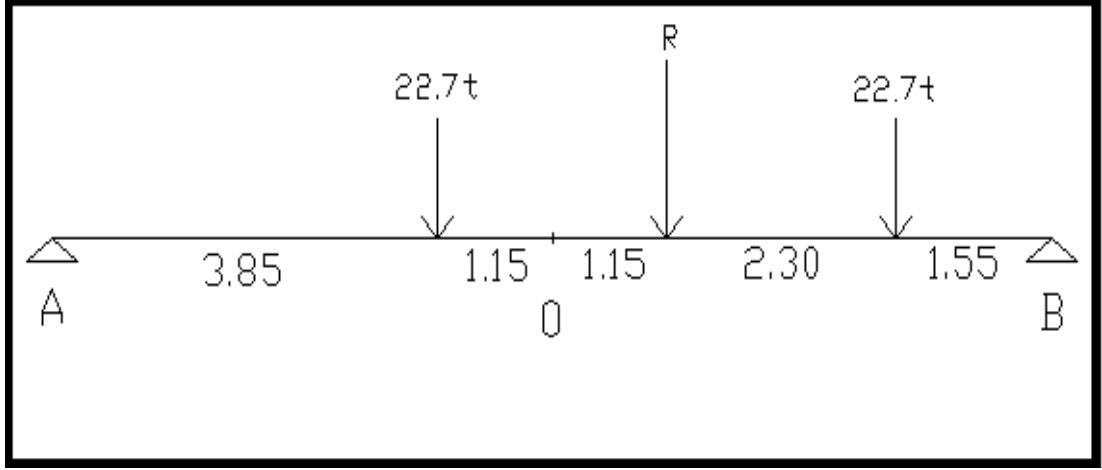
$$W_{3x}=11006 \text{ cm}^3$$

$$W_{3y}=3846 \text{ cm}^3$$

$$S_x = b_2 \cdot t_f \cdot (y_m)$$

(4.12)

$$S_x = 55 \cdot 4 \cdot (29,18 - 2) = 5979,6 \text{ cm}^3$$



Şekil 4.2 : Kren kirişi reaksiyonları.

Çelik birim hacim ağırlığı;  $d=7,85 \text{ gr/cm}^3$

$$G=551 \cdot 0,000785$$

$$G=0,43 \text{ ton.m}$$

Mesnet tepkileri:

$$A_g=B_g=G \cdot \frac{l}{2}=0,43 \cdot 10/2=2,15 \text{ ton}$$

$$M_g=G \cdot l^2/8=0,43 \cdot 10^2/8=5,375 \text{ tonm}$$

$$A_p = \frac{R_{\max} \cdot 1,55 + R_{\max} \cdot 6,15}{1}$$

$$A_p = \frac{22,7 \cdot 1,55 + 22,7 \cdot 6,15}{10} = 17,479 \text{ ton}$$

$$B_p = \sum R_{\max} - A_p$$

$$B_p = 27,921 \text{ ton}$$

$$M_p=A_p \cdot 3,85 \text{ m}$$

$$M_p=67,3 \text{ ton.m}$$

$$M_y=M_p/10$$

$$M_y=6,73 \text{ tonm}$$

$$M_{\max}=M_g \cdot \phi + M_p \cdot \psi$$

(4.13)

$$M_{\max} = 5,375 \cdot 1,1 + 67,3 \cdot 1,2 = 86,67 \text{ ton.m}$$

$$Q_{\max} = \psi \cdot (\sum R_{\max} - R_{\max} \cdot \frac{a}{l} + R_{\max}) + \phi \cdot A_g \quad (4.14)$$

$$Q_{\max} = 1,2 \cdot (45,4 - 22,7 \cdot \frac{4,6}{10} + 22,7) + 1,1 \cdot 2,15$$

$$Q_{\max} = 71,56 \text{ ton}$$

Yanlama kuvvetlerinden kaynaklanan moment değeri:

$$M_b = \frac{S \cdot l}{4} \quad (4.15)$$

$$M_b = \frac{8,772 \cdot 10}{4} = 21,93 \text{ ton.m}$$

### 4.3.1 Konsollardaki reaksiyonlar

$$V_{1\max} = R_{\max} + R_{\max} \cdot (l-a)/l \quad (4.16)$$

$$V_{1\max} = 22,7 + 22,7 \cdot (10-4,6)/10 = 34,958 \text{ ton}$$

$$V_{1\min} = R_{\max} \cdot a/l \quad (4.17)$$

$$V_{1\min} = 22,7 \cdot 4,6/10 = 10,442$$

$$V_{2\max} = R_{\min} + R_{\min} \cdot (l-a)/l \quad (4.18)$$

$$V_{2\max} = 6,54 + 6,54 \cdot (10-4,6)/10 = 10,072$$

$$V_{2\min} = R_{\min} \cdot a/l \quad (4.19)$$

$$V_{2\min} = 6,54 \cdot 4,6/10 = 3$$

$$V_{1p\max} = A_g \cdot \phi + V_{1\max} \cdot \psi \quad (4.20)$$

$$V_{1p\max} = 1,1 \cdot 2,15 + 1,2 \cdot 34,958 = 44,315 \text{ ton}$$

$$V_{1\min} = A_g \cdot \phi + V_{1\min} \cdot \psi \quad (4.21)$$

$$V_{1\min} = 1,1 \cdot 2,15 + 1,2 \cdot 10,442 = 14,895 \text{ ton}$$

$$V_{2\max}=A_g \cdot \phi + V_{2\max} \cdot \psi \quad (4.22)$$

$$V_{2\max}=1,1 \cdot 2,15 + 1,2 \cdot 10,072 = 14,451 \text{ ton}$$

$$V_{2\min}=A_g \cdot \phi + V_{2\min} \cdot \psi \quad (4.23)$$

$$V_{2\min}=1,1 \cdot 2,15 + 1,2 \cdot 3 = 5,975 \text{ ton}$$

#### 4.4 Kren Kirişi Tayini İçin Yapılacak Tahkikler

##### 4.4.1 Genel gerilme tahkikleri

$$\sigma_1 = \frac{M_{\max}}{W_{1x}} \quad (4.24)$$

$$\sigma_1 = \frac{8667}{13510} = 0,642 \text{ t / cm}^2$$

$$\sigma_2 = \frac{M_{\max}}{W_{2x}} + \frac{M_y}{W_{2y}} \quad (4.25)$$

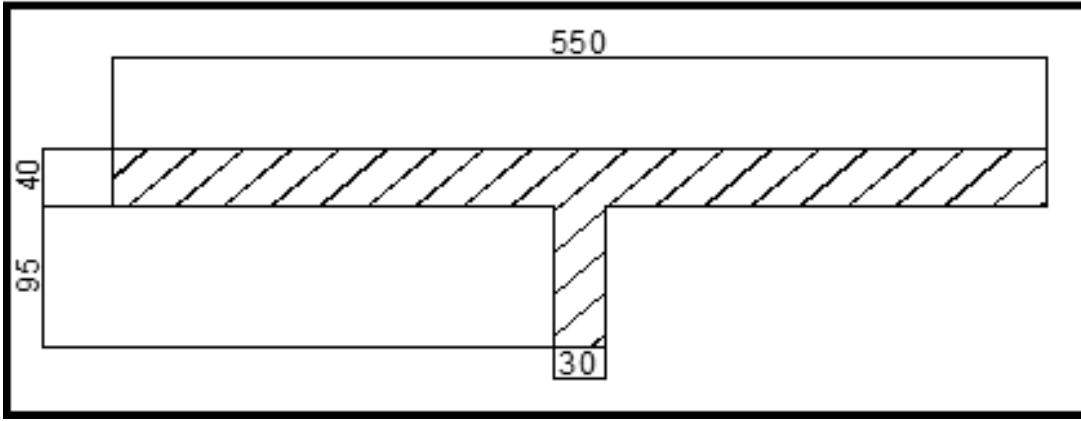
$$\sigma_2 = \frac{8667}{15656} + \frac{673}{2797,1} = 0,794 \text{ t / cm}^2$$

$$\sigma_3 = \frac{M_{\max}}{W_{3x}} \quad (4.26)$$

$$\sigma_3 = \frac{8667}{11006} = 0,79 \text{ t / cm}^2$$

$$\tau_{\max} = \frac{Q_{\max} \cdot S_x}{I_x \cdot t_f} \quad (4.27)$$

$$\tau_{\max} = \frac{71,56 \cdot 5979,6}{394222 \cdot 4} = 0,27 \text{ t / cm}^2$$



Şekil 4.3 : Kren kirişi üstbaşığı.

Başlık alanı:

$$F_b = 4 \cdot 55 + 3 \cdot 9,5 = 248,5 \text{ cm}^2$$

$$I_{yb} = 55480 \text{ cm}^4$$

$$W_{yb} = 2017,5 \text{ cm}^3$$

Yanlama kuvvetlerinden kaynaklanan gerilme kontrolü:

$$\sigma_y = \frac{S}{F_b} + \frac{M_b}{W_{yb}} \quad (4.28)$$

$$\sigma_y = \frac{8,773}{248,5} + \frac{2193}{2017,5}$$

$$\sigma_y = 1,12 \text{ t/cm}^2 < 1,4 \text{ t/cm}^2$$

#### 4.4.2 Sehim tahkiki

$$M = M_g + M_p = 5,375 + 67,3 = 72,67 \text{ ton.m}$$

$$f = \frac{5 \cdot M \cdot l^2}{48 \cdot E \cdot I_x} \quad (4.29)$$

$$f = \frac{5 \cdot 72,67 \cdot 1000^2}{48 \cdot 2100 \cdot 394222}$$

$$f = 0,914 \text{ cm} < \frac{l}{600} = 1,67 \text{ cm}$$

#### 4.4.3 Üstbaşlıkta burkulma tahkiki

$$S_k=l=1000 \text{ cm}$$

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{F_b}} = \sqrt{\frac{76920}{248,5}} = 17,6 \text{ cm}$$

$$\lambda = \frac{S_k}{i_y} = \frac{1000}{17,6} = 57 \Rightarrow w = 1,33$$

$$\sigma_b = \frac{w \cdot V_{lpmax}}{F_b} = \frac{1,33 \cdot 44,315}{248,5} = 0,24 \text{ t / cm}^2 < 1,4 \text{ t / cm}^2$$

#### 4.4.4 İşletme mukavemeti tahkiki

Gerilme oranı=  $\chi$

$$\chi_1 = \frac{\phi \cdot M_g}{M_{max}} \quad (4.30)$$

$$\chi_1 = \frac{1,1 \cdot 5,75}{86,67} = 0,07$$

$$\sigma_{em,Be,-1} = 0,54 \text{ t / cm}^2$$

$$\sigma_{em,Be,z,+1} = 2,775 \text{ t / cm}^2$$

$$\sigma_{em,Be,d,+1} = 3,33 \text{ t / cm}^2$$

$$\sigma_{em,Be,d,0} = 2 \cdot \sigma_{em,Be,-1} \quad (4.31)$$

$$\sigma_{em,Be,d,0} = 2 \cdot 0,54 = 1,08 \text{ t / cm}^2$$

$$\sigma_{em,Be,z,0} = \frac{5}{3} \cdot \sigma_{em,Be,-1} \quad (4.32)$$

$$\sigma_{em,Be,z,0} = \frac{5}{3} \cdot 0,54 = 0,9 \text{ t / cm}^2$$

$$\sigma_{em,Be,z,\chi>0} = \frac{\sigma_{em,Be,z,0}}{1 - \left(1 - \frac{\sigma_{em,Be,z,0}}{\sigma_{em,Be,z,+1}}\right) \cdot \chi_1} \quad (4.33)$$

$$\sigma_{em,Be,z,\chi>0} = \frac{0,9}{1 - (1 - \frac{0,9}{2,775}) \cdot 0,07} = 0,95 \text{ t / cm}^2$$

$$\sigma_{em,Be,d,\chi>0} = \frac{\sigma_{em,Be,d,0}}{1 - (1 - \frac{\sigma_{em,Be,d,0}}{\sigma_{em,Be,d,+1}}) \cdot \chi_1} \quad (4.34)$$

$$\sigma_{em,Be,d,\chi>0} = \frac{1,08}{1 - (1 - \frac{1,08}{3,33}) \cdot 0,07} = 1,13 \text{ t / cm}^2$$

$$\sigma_1 = 0,642 \text{ t / cm}^2 < \sigma_{em,Be,z,x>0} = 0,95 \text{ t / cm}^2$$

$$\sigma_2 = 0,794 \text{ t / cm}^2 < \sigma_{em,Be,d,x>0} = 1,13 \text{ t / cm}^2$$

$$\chi_2 = \frac{\psi \cdot A_g}{Q_{max}} \quad (4.35)$$

$$\chi_2 = \frac{1,2 \cdot 2,15}{71,56} = 0,036$$

$$\tau_{em,Be,\chi>0} = \frac{0,6 \cdot \sigma_{em,Be,z,0} / \sqrt{2}}{1 - (1 - \frac{0,6 \cdot \sigma_{em,Be,z,0}}{\sigma_{em,Be,z,+1}}) \cdot \chi_2} \quad (4.36)$$

$$\tau_{em,Be,\chi>0} = \frac{0,6 \cdot 0,9 / \sqrt{2}}{1 - (1 - \frac{0,6 \cdot 0,9}{2,775}) \cdot 0,036} = 0,393 \text{ t / cm}^2$$

$$\tau_{em,Be,\chi>0} = 0,393 \text{ t / cm}^2 > \tau_{max} = 0,27 \text{ t / cm}^2$$

#### 4.5 Kren Kirişinde Birleşim Hesabı

$$S=8,772 \text{ ton}$$

Kren kirişini kolona bağlayacak olan 1/2HEA160 profilinde kontrol:

$$F=19,385 \text{ cm}^2$$

$$\sigma = \frac{8,772}{19,385} = 0,45 \text{ t / cm}^2 < 1,4 \text{ t / cm}^2$$

M16 uygun bulonlarında kontrol:

$$N_s = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \tau_{sem} \quad (4.37)$$

$$N_s = \frac{\pi \cdot 1,7^2}{4} \cdot 1,4 = 3,18 \text{ ton}$$

$$N_L = d \cdot t_{min} \cdot \sigma_{lem} \quad (4.38)$$

$$N_L = 1,7 \cdot 1 \cdot 2,8 = 4,76 \text{ ton}$$

Bir bulonun taşıyabileceği kuvvet  $N_{em}=N_s=3,18$  tondur.

$n=4$  adet bulon için;

$$N=4 \times 3,18=12,72 \text{ ton} > 8,772 \text{ ton}$$

Kren kirişi ekinde hesap:

$$N=44,315 \text{ ton}$$

M20 uygun bulonlarında kontrol:

$$N_s = \frac{\pi \cdot 2,1^2}{4} \cdot 1,4 = 4,85 \text{ ton}$$

$$N_L = 2,1 \cdot 1,5 \cdot 2,8 = 8,82 \text{ ton}$$

Bir bulonun taşıyabileceği kuvvet  $N_{em}=N_s=4,85$  tondur.

$n=10$  adet bulon için;

$$N=10 \times 4,85=48,5 \text{ ton} > 44,315 \text{ ton}$$



## 5. TAŞIYICI SİSTEMİN BOYUTLANDIRILMASI

### 5.1 Kolon Boyutlandırması

Yapının kolon profili belirlenirken en büyük aksenal kuvveti taşıyan ve en büyük momenti taşıyan iki ayrı kolon için hesap yapılmıştır.

$$S_{kx}=1900\text{mm}$$

$$S_{ky}=3800\text{mm}$$

Seçilen kolon kesiti: HEB300

Enkesit özellikleri:

$$h = 300\text{mm}, b = 300\text{mm}, t_w = 11\text{mm}, t_f = 19\text{mm}, i_x = 12,99\text{cm}, i_y = 7,58 \text{ cm}$$

$$F = 149,1\text{cm}^2, I_x = 25170\text{cm}^4, I_y = 8563\text{cm}^4, W_x = 1678\text{cm}^3, W_y = 570,9\text{cm}^3$$

$$F_b = b \cdot t_f + \frac{((h - 2t_f) / 2) \cdot t_w}{3} \quad (5.1)$$

$$F_b = 30 \cdot 1,9 + \left( \frac{30 - 2 \cdot 1,9}{2} \right) / 3 \cdot 1,1$$

$$F_b = 61,8\text{cm}^2$$

$$I_{yb} = (1,9 \cdot 30^3) / 12 = 4275 \text{ cm}^4$$

$$i_{yb} = \sqrt{\frac{I_{yb}}{F_b}} = 8,32\text{cm}$$

$$\lambda_{yb} = \frac{380}{8,32} = 45,7$$

$$\lambda_x = \frac{K \cdot S_x}{i_x} = \frac{2 \cdot 190}{12,99} = 29$$

Maksimum aksel kuvveti taşıyan kolonda kontrol:

Kesit tesirleri:

Maksimum kesit tesirleri COMBO8-H kombinasyonundan elde edilmiştir.

$N=-79,7$  t,  $M=1,07$  t.m

$C_b$  katsayısı, kolonun düzlem içerisinde tutulan noktalarındaki moment değerlerine göre hesap edilir. Sap2000 programında yapılan analiz sonucu elde edilen moment diyagramından  $M_1$  ve  $M_2$  değerleri okunur.

$M_1=-0,9$  t.m,  $M_2=1,07$  t.m

$$C_b=1,75+1,05 \cdot \left(\frac{M_1}{M_2}\right)+0,3 \cdot \left(\frac{M_1}{M_2}\right)^2 \quad (5.2)$$

$$C_b=1,75+1,05 \cdot \left(\frac{0,9}{1,07}\right)+0,3 \cdot \left(\frac{0,9}{1,07}\right)^2$$

$$C_b=2,05$$

$\sigma_a=2400$  kg/cm<sup>2</sup> (ST37 akma mukavemeti)

$$\lambda_{yb}^* = \sqrt{\frac{3 \cdot 10^7 \cdot C_b}{\sigma_a}} \quad (5.3)$$

$$\lambda_{yb}^* = \sqrt{\frac{3 \cdot 10^7 \cdot 2,05}{2400}} = 160 \Rightarrow \lambda_{yb} < \lambda_{yb}^*$$

$$\sigma_{Bx} = \left[ \frac{2}{3} - \frac{\sigma_a \cdot \lambda_{yb}^2}{9 \cdot 10^7 \cdot C_b} \right] \cdot \sigma_a \quad (5.4)$$

$$\sigma_{Bx} = \left[ \frac{2}{3} - \frac{2400 \cdot 45,7^2}{9 \cdot 10^7 \cdot 2,16} \right] \cdot 2400$$

$$\sigma_{Bx} = 1538 \text{ kg / cm}^2$$

$$\sigma_{Bx} \geq 0,6 \cdot \sigma_a = 1440 \text{ kg / cm}^2 \Rightarrow \sigma_{Bx} = 1440 \text{ kg / cm}^2$$

$$\sigma_{eb} = \frac{P}{F} \quad (5.5)$$

$$\sigma_{eb} = \frac{79700}{149,1} = 534,5 \text{ kg / cm}^2$$

$$\lambda(45,7;29)_{\max} \Rightarrow w = 1,22$$

$$\sigma_{\text{bem}} = \frac{\sigma_{\text{cem}}}{w_x} \quad (5.6)$$

$$\sigma_{\text{bem}} = \frac{1440}{1,22} = 1180 \text{ kg / cm}^2$$

$$\sigma_{\text{bx}} = \frac{M}{W_x} \quad (5.7)$$

$$\sigma_{\text{bx}} = \frac{106700}{1678} = 63,6 \text{ kg / cm}^2$$

$C_m=0,85$  (uçları eksenine dik doğrultuda deplasman yapabilen çubuklar)

$$\sigma_{e'x} = \frac{829 \cdot 10^4}{\lambda^2} \quad (5.8)$$

$$\sigma_{e'x} = \frac{829 \cdot 10^4}{29^2} = 9857,3 \text{ kg / cm}^2$$

Kontroller:

$$1) \frac{\sigma_{\text{eb}}}{\sigma_{\text{bem}}} > 0,15 \quad (5.9)$$

$$\frac{\sigma_{\text{eb}}}{\sigma_{\text{bem}}} = \frac{534,5}{1180} = 0,45 > 0,15$$

$$2) \frac{\sigma_{\text{eb}}}{\sigma_{\text{bem}}} + \frac{C_{\text{mx}} \cdot \sigma_{\text{bx}}}{(1 - \frac{\sigma_{\text{eb}}}{\sigma_{e'x}}) \cdot \sigma_{\text{Bx}}} \leq 1,0 \quad (5.10)$$

$$\Rightarrow 0,45 + \frac{0,85 \cdot 63,6}{(1 - \frac{534,5}{9857,3}) \cdot 1440} = 0,49 \leq 1,0$$

$$3) \frac{\sigma_{\text{eb}}}{0,6 \cdot \sigma_a} + \frac{\sigma_{\text{bx}}}{\sigma_{\text{Bx}}} \leq 1,0 \quad (5.11)$$

$$\Rightarrow \frac{534,5}{1440} + \frac{63,6}{1440} = 0,42 \leq 1,0$$

$\Rightarrow$  KESİT YETERLİ

Maksimum momenti taşıyan kolonda kontrol:

Kesit tesirleri:

Maksimum kesit tesirleri COMBO27-HZ kombinasyonundan elde edilmiştir.

$$N=-16,275 \text{ t}$$

$$M=-9,57 \text{ t.m}$$

$$M_1=3,7 \text{ t.m}, M_2=-9,57 \text{ t.m}$$

$$C_b=1,75+1,05 \cdot \left(\frac{3,7}{9,57}\right)+0,3 \cdot \left(\frac{3,7}{9,57}\right)^2$$

$$C_b=2,2$$

$$C_m=0,85$$

$$\lambda_{yb}^* = \sqrt{\frac{3 \cdot 10^7 \cdot C_b}{\sigma_a}} = \sqrt{\frac{3 \cdot 10^7 \cdot 2,2}{2400}} = 166$$

$$\Rightarrow \lambda_{yb} < \lambda_{yb}^*$$

$$\sigma_{Bx} = \left[ \frac{2}{3} - \frac{\sigma_a \cdot \lambda_{yb}^2}{9 \cdot 10^7 \cdot C_b} \right] \cdot \sigma_a$$

$$\sigma_{Bx} = \left[ \frac{2}{3} - \frac{2400 \cdot 45,7^2}{9 \cdot 10^7 \cdot 2,16} \right] \cdot 2400 = 1538 \text{ kg / cm}^2$$

$$\sigma_{Bx} \geq 0,6 \cdot \sigma_a = 1440 \text{ kg / cm}^2$$

$$\Rightarrow \sigma_{Bx} = 1440 \text{ kg / cm}^2$$

$$\sigma_{eb} = \frac{16275}{149,1} = 109 \text{ kg / cm}^2$$

$$\sigma_{bem} = \frac{\sigma_{cem}}{w_x} = \frac{1660}{1,22} = 1361 \text{ kg / cm}^2$$

$$\sigma_{bx} = \frac{957000}{1678} = 570,3 \text{ kg / cm}^2$$

$$\sigma_{e'x} = \frac{829 \cdot 10^4}{29^2} = 9857,3 \text{ kg / cm}^2$$

Kontroller:

$$1) \frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{bem}} = \frac{109}{1361} = 0,08 < 0,15$$

$$2) \frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{bem}} + \frac{C_{mx} \cdot \sigma_{bx}}{(1 - \frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{e'x}}) \cdot \sigma_{Bx}} = 0,08 + \frac{0,85 \cdot 570,3}{(1 - \frac{109}{9857,3}) \cdot 1440} = 0,42 \leq 1,0$$

$$3) \frac{\sigma_{eb}}{0,6 \cdot \sigma_a} + \frac{\sigma_{bx}}{\sigma_{Bx}} = \frac{109}{1440} + \frac{570,3}{1440} = 0,47 \leq 1,0$$

⇒ KESİT YETERLİ

### 5.1.1 Örgü kolon diyagonal ve dikmelerinin boyutlandırması

Kolonda diyagonal ve dikmelerin hesabı yapılırken burkulma boyları farklı iki ayrı eleman üzerindeki maksimum kuvvetler gözönüne alınmış ve bu iki eleman içinde ayrı hesap yapılarak kesit kontrol edilmiştir..

Maksimum basınç kuvveti taşıyan elemanda kontrol:

Bu diyagonalin burkulma boyu;

$$S_{kx} = S_{ky} = 215 \text{ cm}$$

Bu diyagonaldeki maksimum kesit tesirleri COMBO40-HZ kombinasyonundan elde edilmiştir.

Kesit tesirleri:

$$N = -20,7 \text{ ton}$$

Seçilen profil: 2xUNP100

Enkesit özellikleri:

$$i_x = 11,5 \text{ cm}$$

$$i_y = 3,92 \text{ cm}$$

$$F = 26,96 \text{ cm}^2$$

Gerilme kontrolü:

D.B.Y.Y.H.Y uyarınca merkezi çelik çaprazlı sistemler için narinlik koşulu;

$$\lambda < 4,0 \cdot \sqrt{\frac{E_s}{\sigma_a}} \approx 120 \quad [4] \quad (5.12)$$

$$\lambda = \frac{S}{i_{\min}} = \frac{215}{3.92} = 55 < 120$$

$$\Rightarrow w=1,31$$

$$\sigma = \frac{w \cdot N}{F} = \frac{1,31 \cdot 20,7}{26,96}$$

$$\sigma = 1,0 \text{ t / cm}^2 < 1,66 \text{ t / cm}^2$$

$\Rightarrow$  KESİT YETERLİ

Maksimum çekme kuvveti taşıyan elemanda kontrol:

Bu diyagonalin burkulma boyu;

$$S_{kx}=S_{ky}=242 \text{ cm}$$

Bu diyagonaldeki maksimum kesit tesirleri COMBO48-HD kombinasyonundan elde edilmiştir.

Kesit tesirleri:

$$N=-14,3 \text{ ton}$$

$$\lambda_{\max} = \frac{S}{i_{\min}} = \frac{242}{3.92} = 62 < 120$$

$$\Rightarrow w=1.38$$

$$\sigma = \frac{w \cdot N}{F} = \frac{1,38 \cdot 14,3}{26,96}$$

$$\sigma = 0,73 \text{ t / cm}^2 < 1,66 \text{ t / cm}^2$$

$\Rightarrow$  KESİT YETERLİ

## 5.2 Çatı Makası Boyutlandırması

### 5.2.1 Çatı makası üstbaşlığının boyutlandırması

Çatı makası üstbaşlığında maksimum çekme ve maksimum basınç kuvvetlerinin oluştuğu iki ayrı eleman için hesaplar yapılmıştır.

Maksimum basınç kuvveti taşıyan elemanda kontrol:

Bu elemandaki maksimum kesit tesirleri COMBO6-H kombinasyonundan elde edilmiştir.

Kesit tesirleri:

$$N=-68,8 \text{ ton}$$

$$S_{kx}=1875 \text{ mm}$$

$$S_{ky}=3750 \text{ mm}$$

Seçilen profil: HEB240

Enkesit özellikleri:

$$i_x=10,31 \text{ cm}$$

$$i_y=6,08 \text{ cm}$$

$$F=106 \text{ cm}^2$$

Gerilme kontrolü:

$$\begin{aligned} \lambda_x &= \frac{187,5}{10,31} = 18 \\ \Rightarrow \lambda_y &= \frac{375}{6,08} = 62 \end{aligned}$$

$$\Rightarrow \lambda_{\max}=62 < 120$$

$$\Rightarrow w=1,38$$

$$\sigma = \frac{w \cdot N}{F} = \frac{1,38 \cdot 68,8}{106}$$

$$\sigma = 0,896 \text{ t / cm}^2 < 1,44 \text{ t / cm}^2$$

$\Rightarrow$  KESİT YETERLİ

Maksimum çekme kuvveti taşıyan elemanda kontrol:

Bu elemandaki maksimum kesit tesirleri COMBO9-H kombinasyonundan elde edilmiştir.

Kesit tesirleri:

$$N=78,6 \text{ ton}$$

Gerilme kontrolü:

$$\sigma = \frac{N}{F} = \frac{78,6}{106}$$

$$\sigma = 0,74 \text{ t/cm}^2 < 1,44 \text{ t/cm}^2$$

⇒ KESİT YETERLİ

### 5.2.2 Çatı makası altbaşlığının boyutlandırması

Çatı makası altbaşlığında orta akslardaki kolonlara doğru basınç kuvveti de oluşmaktadır. Bu nedenle altbaşlık kirişi boyutlandırılırken maksimum çekme ve basınç kuvvetleri taşıyan elemanlar için ayrı ayrı hesap yapılmıştır.

Maksimum çekme kuvvetinin oluştuğu elemanda kontrol:

Kesit tesirleri:

Bu elemandaki maksimum kesit tesirleri COMBO2-H kombinasyonundan elde edilmiştir.

$$N=64,76 \text{ ton}$$

$$S_{kx}=937,5 \text{ mm}$$

$$S_{ky}=7500 \text{ mm}$$

Seçilen profil: HEB240

Enkesit özellikleri:

$$i_x=10,31 \text{ cm}$$

$$i_y=6,08 \text{ cm}$$

$$F=106 \text{ cm}^2$$

Gerilme kontrolü:

$$\lambda_x = \frac{750}{6,08} = 123 \Rightarrow \lambda_{\max} = 123 < 250$$
$$\lambda_y = \frac{93,75}{10,31} = 9,1$$

$$\sigma = \frac{N}{F} = \frac{64,76}{106}$$

$$\sigma = 0,61 \text{ t/cm}^2 < 1,44 \text{ t/cm}^2 \Rightarrow \text{KESİT YETERLİ}$$

Altbaşlık orta mesnetlere doğru basınç kuvveti taşımaktadır. Bu sebeple altbaşlık profilinin basınç etkisine maruz kaldığı orta mesnetlere yakın olan kısımlarda altbaşlık profili takviye edilmiştir. HEB240 hadde profilinin gövdesinin her iki yanına PL20x160cm ebatlarında plakalar kaynaklanarak profil takviye edilmiş ve altbaşlığın basınç kuvveti taşıdığı bölümlerde bu profil kullanılmıştır.

Bu durumda takviyeli HEB240 profili enkesit özellikleri:

$$i_x = 8,62 \text{ cm}, i_y = 4,9 \text{ cm}, F = 170 \text{ cm}^2$$

Maksimum basınç kuvvetinin olduğu elemanda kontrol:

Kesit tesirleri:

Bu elemandaki maksimum kesit tesirleri COMBO3-H kombinasyonundan elde edilmiştir.

$$N = -130,5 \text{ ton}$$

$$\lambda_x = \frac{187,5}{8,62} = 21,8$$

$$\lambda_y = \frac{375}{4,9} = 76,5 \Rightarrow \lambda_{\max} = 76,5$$

$$\Rightarrow w = 1,56$$

Gerilme kontrolü:

$$\sigma = \frac{w \cdot N}{F} = \frac{1,56 \cdot 130,5}{170}$$

$$\sigma = 1,2 \text{ t/cm}^2 < 1,44 \text{ t/cm}^2 \Rightarrow \text{KESİT YETERLİ}$$

### 5.2.3 Çatı makası diyagonallerinin boyutlandırması

Çatı makası diyagonalleri boyutlandırılırken maksimum çekme kuvveti taşıyan ve maksimum basınç kuvveti taşıyan elemanlar için iki ayrı hesap yapılmıştır.

Kenar diyagonallerin boyutlandırılması

Bu diyagonaller çatı makasının kolonlara yakın olan kısımlarındaki diyagonalleridir. Bu çatı makası kenar diyagonalleri boyutlandırılırken hesaplar maksimum çekme kuvveti ve maksimum basınç kuvveti taşıyan iki eleman için yapılmıştır.

Maksimum çekme kuvvetinin olduğu elemanda kontrol:

$$S_{kx}=135 \text{ cm}$$

$$S_{ky}=135 \text{ cm}$$

Kesit tesirleri:

Bu elemanda maksimum kesit tesirleri COMBO6-H kombinasyonundan elde edilmiştir.

$$N=64,7 \text{ ton}$$

Seçilen profil: RHS 150x150x10

Enkesit özellikleri:

$$F=56 \text{ cm}^2$$

$$i_x=5,73 \text{ cm}$$

$$i_y=5,73 \text{ cm}$$

Gerilme kontrolü:

$$\lambda = \frac{S_k}{i_{\min}} = \frac{135}{5.73} = 24$$

$$\lambda < 250$$

$$\sigma = \frac{64,7}{56} = 1,16 \text{ t / cm}^2 < 1,44 \text{ t / cm}^2$$

⇒ KESİT YETERLİ

Maksimum basınç kuvvetinin olduğu elemanda kontrol:

$$S_{kx}=S_{ky}=135 \text{ cm}$$

Kesit tesirleri:

Bu elemanda maksimum kesit tesirleri COMBO6-H kombinasyonundan elde edilmiştir.

$$N=-52,4 \text{ ton}$$

Gerilme kontrolü:

$$\lambda = \frac{S_k}{i_{\min}} = \frac{135}{5.73} = 24$$

$$\Rightarrow w=1,05$$

$$\sigma = \frac{1,05 \cdot 52,4}{56} = 0,983 \text{ t / cm}^2 < 1,44 \text{ t / cm}^2$$

$\Rightarrow$  KESİT YETERLİ

Orta diyagonallerin boyutlandırılması

Çatı makası orta diyagonalleri boyutlandırılırken maksimum çekme kuvveti ve maksimum basınç kuvveti taşıyan diyagonaller için iki ayrı hesap yapılmıştır.

Maksimum çekme kuvvetinin olduğu elemanda kontrol:

Kesit tesirleri:

Bu elemanda maksimum kesit tesirleri COMBO6-H kombinasyonundan elde edilmiştir.

$$P=8,11 \text{ ton}$$

Seçilen profil: RHS 80x80x6

Enkesit özellikleri:

$$F=17,76 \text{ cm}^2, i_x=i_y=3,03 \text{ cm}$$

Gerilme kontrolü:

$$\sigma = \frac{8,1}{17,76} = 4,6 \text{ t / cm}^2 < 1,44 \text{ t / cm}^2 \Rightarrow \text{KESİT YETERLİ}$$

Maksimum basınç kuvvetinin oluştuğu elemanda kontrol:

$$S_{kx}=207 \text{ cm}$$

$$S_{ky}=207 \text{ cm}$$

Kesit tesirleri:

Bu elemanda maksimum kesit tesirleri COMBO6-H kombinasyonundan elde edilmiştir.

$$N=-6,28 \text{ ton}$$

Gerilme kontrolü:

$$\lambda = \frac{S_k}{i_{\min}} = \frac{207}{3.03} = 68 < 120$$

$$\Rightarrow w=1,45$$

$$\sigma = \frac{w \cdot N}{F} = \frac{1,45 \cdot 6,28}{17,76}$$

$$\sigma = 0,513 \text{ t / cm}^2 < 1,44 \text{ t / cm}^2$$

$\Rightarrow$  KESİT YETERLİ

### 5.3 Stabilité Bağlantılarının Boyutlandırması

#### 5.3.1 Düşey çaprazların boyutlandırılması

Düşey çaprazların hesabı yapılırken burkulma boyları farklı iki ayrı eleman üzerindeki maksimum kuvvetler gözönüne alınmış ve bu iki eleman içinde ayrı hesap yapılarak kesit kontrol edilmiştir.

Maksimum basınç kuvvetinin oluştuğu elemanda kontrol:

$$S_{kx}=566 \text{ cm}$$

$$S_{ky}=566 \text{ cm}$$

Kesit tesirleri:

Bu elemanda maksimum kesit tesirleri COMBO50-HD kombinasyonundan elde edilmiştir.

$$N=-15,7 \text{ ton}$$

Seçilen profil: RHS 150x150x6

Enkesit özellikleri:

$$F=34,56 \text{ cm}^2$$

$$i_x=i_y=5,88 \text{ cm}$$

Gerilme kontrolü:

$$\lambda = \frac{566}{5,88} = 96,3 < 120$$

$$\Rightarrow w=1,88$$

$$\sigma = \frac{w \cdot N}{F} = \frac{1,88 \cdot 15,7}{34,56}$$

$$\sigma = 0,854 \text{ t / cm}^2 < 1,66 \text{ t / cm}^2$$

$\Rightarrow$  KESİT YETERLİ

Maksimum çekme kuvvetinin oluştuğu elemanda kontrol:

$$S_{kx}=628 \text{ cm}$$

$$S_{ky}=628 \text{ cm}$$

Kesit tesirleri:

Bu elemanda maksimum kesit tesirleri COMBO50-HD kombinasyonundan elde edilmiştir.

$$N=-14,27 \text{ ton}$$

$$\lambda_{\max} = \frac{628}{5,88} = 107 < 120$$

$$\Rightarrow w=2,13$$

$$\sigma = \frac{w \cdot N}{F} = \frac{2,13 \cdot 14,27}{34,56}$$

$$\sigma = 0,88 \text{ t / cm}^2 < 1,66 \text{ t / cm}^2$$

$\Rightarrow$  KESİT YETERLİ

Düşey çaprazları bağlayan diyagonallerin boyutlandırılması:

Düşey çaprazı bağlayan diyagonal elemanlarının hesabında maksimum basınç kuvveti taşıyan elemandaki basınç kuvveti maksimum çekme kuvveti taşıyan elemanın üzerindeki çekme kuvvetinden daha büyük olduğu görülmektedir ve bu nedenle gerilmeler basınç kuvvetini taşıyan elemanda daha elverişsiz çıkacağı için kontroller maksimum basınç kuvvetini taşıyan eleman için yapılmıştır.

$$S_{kx}=244 \text{ cm}$$

$$S_{ky}=244 \text{ cm}$$

Kesit tesirleri:

Bu elemanda maksimum kesit tesirleri COMBO48-HD kombinasyonundan elde edilmiştir.

$$N=-4,15 \text{ ton}$$

Seçilen Profil: RHS 80x80x6

Enkesit özellikleri:

$$F=17,8 \text{ cm}^2$$

$$i_x=3,03 \text{ cm}$$

$$i_y=3,03 \text{ cm}$$

$$\lambda = \frac{S_k}{i_{\min}} = \frac{244}{3,03} = 80,5$$

$$\lambda < 120$$

$$\Rightarrow w=1,65$$

$$\sigma = \frac{w \cdot N}{F} = \frac{1,65 \cdot 4,15}{17,8}$$

$$\sigma = 0,385 \text{ t / cm}^2 < 1,66 \text{ t / cm}^2$$

$\Rightarrow$  KESİT YETERLİ

### 5.3.2 Yatay çaprazların boyutlandırılması

Çatı çaprazları boyutlandırılırken maksimum çekme kuvveti ve maksimum basınç kuvvetinin çapraz elemanları için iki ayrı kontrol yapılmıştır.

Maksimum basınç kuvvetinin oluştuğu elemanda kontrol:

$$S_{kx}=S_{ky}=535 \text{ cm}$$

Kesit tesirleri:

Bu elemanda maksimum kesit tesirleri COMBO50-HD kombinasyonundan elde edilmiştir.

$$N = -6,6 \text{ ton}$$

Seçilen Profil: RHS 120x120x6

Enkesit özellikleri:

$$F=27,36 \text{ cm}^2$$

$$i_x=i_y=4,66 \text{ cm}$$

$$\lambda = \frac{S_k}{i_{\min}} = \frac{535}{4,66} = 115 < 120$$

$$\Rightarrow w=2,35$$

$$\sigma = \frac{2,35 \cdot 66}{27,36}$$

$$\sigma = 0,567 \text{ t / cm}^2 < 1,66 \text{ t / cm}^2$$

$\Rightarrow$  KESİT YETERLİ

Maksimum çekme kuvvetinin oluştuğu elemanda kontrol:

Kesit tesirleri:

Bu elemanda maksimum kesit tesirleri COMBO50-HD kombinasyonundan elde edilmiştir.

$$N = 6,8 \text{ ton}$$

$$\sigma = \frac{6,8}{27,36} = 0,25 \text{ t / cm}^2 < 1,66 \text{ t / cm}^2$$

$\Rightarrow$  KESİT YETERLİ

## 5.4 Kolonları Bağlayan Makas Elemanlarının Boyutlandırması

### 5.4.1 3800 mm kotundaki kirişlerin boyutlandırması

Bu kiriş elemanları kolonların arasında boyuna doğrultuda uzanan ve kolonları birbirine bağlayan makas elemanlarının kirişleridir. 3800 mm kotundaki bu kiriş elemanları boyutlandırılırken maksimum çekme kuvveti ve maksimum basınç kuvveti taşıyan kiriş elemanlarında kontroller yapılmıştır.

Maksimum çekme kuvvetinin olduğu elemanda kontrol:

$$S_{kx}=500 \text{ cm}$$

$$S_{ky}=250 \text{ cm}$$

Kesit tesirleri:

Bu elemanda maksimum kesit tesirleri COMBO47-HD kombinasyonundan elde edilmiştir.

$$N=1,45 \text{ ton}$$

Seçilen profil: RHS 150x150x6

Enkesit özellikleri:

$$F=34,56 \text{ cm}^2$$

$$i_x=5,88 \text{ cm}$$

$$i_y=5,88 \text{ cm}$$

Gerilme kontrolü:

$$\lambda = \frac{S_k}{i_{\min}} = \frac{500}{5,88} = 85$$

$$\lambda < 120$$

$$\sigma = \frac{1,45}{27,36} = 0,05 \text{ t / cm}^2$$

$$\sigma < 1,66 \text{ t / cm}^2$$

⇒ KESİT YETERLİ

Maksimum basınç kuvvetinin olduğu elemanda kontrol:

$$S_{kx}=500 \text{ cm}$$

$$S_{ky}=250 \text{ cm}$$

Kesit tesirleri:

Bu elemanda maksimum kesit tesirleri COMBO27-HZ kombinasyonundan elde edilmiştir.

$$N=-1,4 \text{ ton}$$

Gerilme kontrolü:

$$\lambda = \frac{S_k}{i_{\min}} = \frac{500}{5,88} = 85 < 120$$

$$\Rightarrow w=1,69$$

$$\sigma = \frac{1,69 \cdot 1,4}{27,36}$$

$$\sigma = 0,084 \text{ t / cm}^2 < 1,66 \text{ t / cm}^2$$

$\Rightarrow$  KESİT YETERLİ

#### **5.4.2 7600 mm kotundaki kirişlerin boyutlandırması**

Bu kiriş elemanlarında kolonların arasında boyuna doğrultuda uzanan ve kolonları birbirine bağlayan makas elemanlarının 7600 mm kotunda bulunan kirişleridir. Bu kiriş elemanları boyutlandırılırken kontroller maksimum çekme kuvveti ve maksimum basınç kuvveti taşıyan kirişler için yapılmıştır.

Maksimum çekme kuvvetinin olduğu elemanda kontrol:

$$S_{kx}=1000 \text{ cm}$$

$$S_{ky}=250 \text{ cm}$$

Kesit tesirleri:

Bu elemanda maksimum kesit tesirleri COMBO54-HD kombinasyonundan elde edilmiştir.

$$N =9,56 \text{ ton}$$

Seçilen profil: RHS 250x250x10

Enkesit özellikleri:

$$F=96 \text{ cm}^2$$

$$i_x=9,81 \text{ cm}$$

$$i_y=9,81 \text{ cm}$$

Gerilme kontrolü:

$$\lambda = \frac{S_k}{i_{\min}} = \frac{1000}{9,81} = 102 < 120$$

$$\sigma = \frac{9,56}{96} = 0,1 \text{ t / cm}^2 < 1,66 \text{ t / cm}^2$$

⇒ KESİT YETERLİ

Maksimum basınç kuvvetinin oluştuğu elemanda kontrol:

$$S_{kx}=1000 \text{ cm}$$

$$S_{ky}=250 \text{ cm}$$

Kesit tesirleri:

Bu elemanda maksimum kesit tesirleri COMBO50-HD kombinasyonundan elde edilmiştir.

$$N = -9,15 \text{ ton}$$

$$\lambda = \frac{S_k}{i_{\min}} = \frac{1000}{9,81} = 102$$

$$\lambda < 120$$

$$\Rightarrow w=2,01$$

$$\sigma = \frac{2,01 \cdot 9,15}{96}$$

$$\sigma = 0,2 \text{ t / cm}^2 < 1,66 \text{ t / cm}^2$$

⇒ KESİT YETERLİ

### 5.4.3 Makasın diyagonal ve dikmelerinin boyutlandırması

Kolonların arasında boyuna doğrultuda uzanan makasların diyagonal ve dikme elemanlarının hesabında maksimum basınç kuvveti taşıyan eleman üzerindeki basınç kuvveti maksimum çekme kuvveti taşıyan elemanın üzerindeki maksimum çekme kuvvetinden fazla olduğu için maksimum basınç kuvvetini taşıyan diyagonal elemanının kesit tesirleri kullanılmıştır.

$$S_{kx}=269 \text{ cm}$$

$$S_{ky}=269 \text{ cm}$$

Kesit tesirleri:

Bu elemanda maksimum kesit tesirleri COMBO30-HZ kombinasyonundan elde edilmiştir.

$$N = -1,65 \text{ ton}$$

Seçilen profil: RHS 80x80x6

Enkesit özellikleri:

$$F=17,8 \text{ cm}^2$$

$$i_x=3,03 \text{ cm}$$

$$i_y=3,03 \text{ cm}$$

Gerilme kontrolü:

$$\lambda = \frac{S_k}{i_{\min}} = \frac{269}{3.03} = 89 < 120$$

$$\Rightarrow w=1,75$$

$$\sigma = \frac{w \cdot N}{F} = \frac{1,75 \cdot 1,65}{17,8}$$

$$\sigma = 0,162 \text{ t / cm}^2 < 1,66 \text{ t / cm}^2$$

$\Rightarrow$  KESİT YETERLİ

## 5.5 Çatıda Boyuna Doğrultudaki Makas Elemanlarının Boyutlandırması

### 5.5.1 Makas altbaşlık ve üstbaşlık kirişlerinin boyutlandırması

Çatıda boyuna doğrultuda uzanan ve çatı makasının altbaşlığının burkulma boyunu zayıf eksen doğrultusunda azaltmaya yarayan bu makasların kirişlerinin kesit tayini için de bu kiriş elemanlarının taşıyacağı basınç kuvveti çekme kuvvetinden fazla olduğu ve daha elverişsiz durum yarattığı için maksimum basınç kuvveti taşıyan kiriş elemanı üzerindeki kesit tesirlerinden faydalanılmıştır.

$$S_{kx}=250 \text{ cm}$$

$$S_{ky}=1000 \text{ cm}$$

Kesit tesirleri:

Bu elemanda maksimum kesit tesirleri COMBO10-H kombinasyonundan elde edilmiştir.

$$N = -6,14 \text{ ton}$$

Seçilen profil: RHS 250x250x10

Enkesit özellikleri:

$$F=96 \text{ cm}^2$$

$$i_x=9,81 \text{ cm}$$

$$i_y=9,81 \text{ cm}$$

$$\lambda < \frac{S_k}{i_{\min}} = \frac{1000}{9,81} = 102$$

$$\lambda < 120$$

$$\Rightarrow w=2,01$$

$$\sigma = \frac{w \cdot N}{F} = \frac{2,01 \cdot 6,14}{96}$$

$$\sigma = 0,13 \text{ t/cm}^2 < 1,44 \text{ t/cm}^2$$

$\Rightarrow$  KESİT YETERLİ

### 5.5.2 Makas diyagonal ve dikmelerinin boyutlandırması

Çatıda uzanan bu makasların diyagonal ve dikmelerinde kesit tayini için, kirişlerde olduğu gibi maksimum basınç kuvvetini taşıyan diyagonal elemanı üzerindeki kesit tesirlerinden yararlanılmıştır.

$$S_{kx}=354 \text{ cm}$$

$$S_{ky}=354 \text{ cm}$$

Kesit tesirleri:

Bu elemanda maksimum kesit tesirleri COMBO10-H kombinasyonundan elde edilmiştir.

$$N = -3,77 \text{ ton}$$

Seçilen profil: RHS 80x80x6

Enkesit özellikleri:

$$F=17,8 \text{ cm}^2$$

$$i_x=3,03 \text{ cm}$$

$$i_y=3,03 \text{ cm}$$

$$\lambda = \frac{S_k}{i_{\min}} = \frac{354}{3.03}$$

$$\lambda = 117 < 120$$

$$\Rightarrow w=2,41$$

$$\sigma = \frac{w \cdot N}{F} = \frac{2,41 \cdot 3,77}{17,8}$$

$$\sigma = 0,51 \text{ t / cm}^2 < 1,44 \text{ t / cm}^2$$

$\Rightarrow$  KESİT YETERLİ

## 5.6 Çatıda Boyuna Doğrultudaki Kirişlerin Boyutlandırması

Bu kirişler çatıda boyuna doğrultuda çatı makaslarının üstbaşlıkları arasında uzanan kiriş elemanlarıdır. Bu kirişlerin üzerinde oluşan basınç kuvvetleri çekme kuvvetlerinden fazla olduğu için bu kirişlerin kesit tayinleri yapılırken maksimum basınç kuvvetini taşıyan kiriş elemanının üzerindeki kesit tesirlerinden faydalanılmıştır..

$$S_{kx}=500 \text{ cm}$$

$$S_{ky}=1000 \text{ cm}$$

Kesit tesirleri:

Bu elemanda maksimum kesit tesirleri COMBO50-HD kombinasyonundan elde edilmiştir.

$$N = -14,8 \text{ ton}$$

Seçilen profil: RHS 250x250x10

Enkesit özellikleri:

$$F=96 \text{ cm}^2$$

$$i_x=9,81 \text{ cm}$$

$$i_y=9,81 \text{ cm}$$

$$\lambda = \frac{S_k}{i_{\min}} = \frac{1000}{9.81} = 102$$

$$\lambda < 120$$

$$\Rightarrow w=2,01$$

$$\sigma = \frac{2,01 \cdot 14,8}{96}$$

$$\sigma = 0,31 \text{ t / cm}^2 < 1,66 \text{ t / cm}^2$$

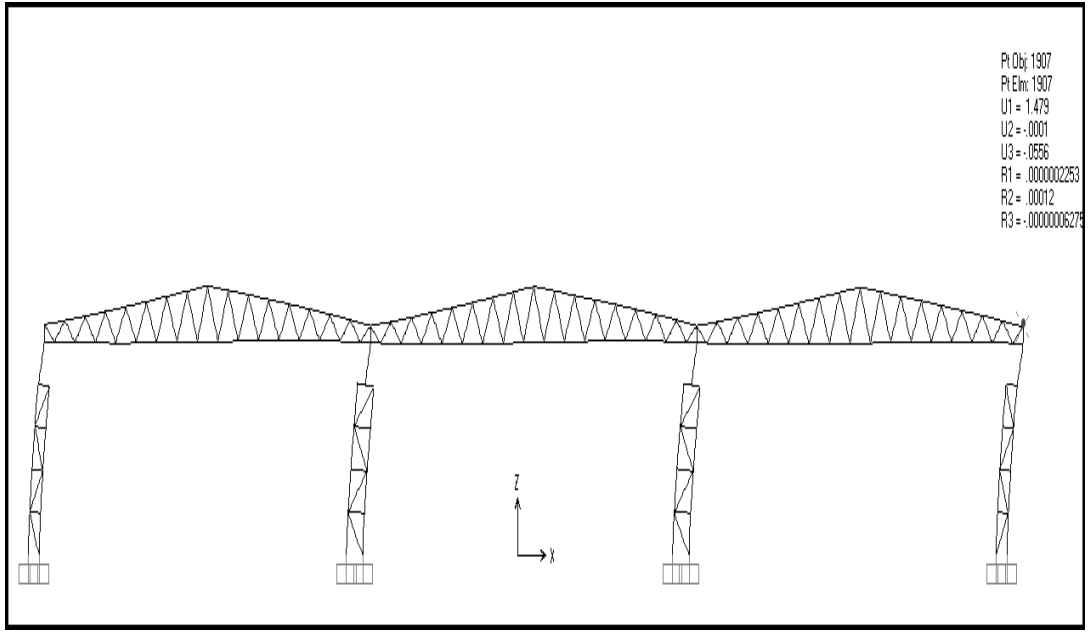
$\Rightarrow$  KESİT YETERLİ

## 5.7 Deplasman Kontrolleri

### 5.7.1 Yatay deplasman kontrolü

Yatay deplasman kontrolleri yapılırken depremli durum, rüzgarlı durum ve krenlerin çalıştığı durumlar için ayrı ayrı deplasman kontrolleri yapılmıştır. Bu bölümde,  $\delta$  sehimi göstermek üzere depremli ve rüzgarlı durum için sehim sınırı  $\delta < H/300$  ve krenlerin çalıştığı durumlar için sehim sınırı  $\delta < 150$  koşullarının sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilmiştir.

Depremli durum için yatay deplasman kontrolü<

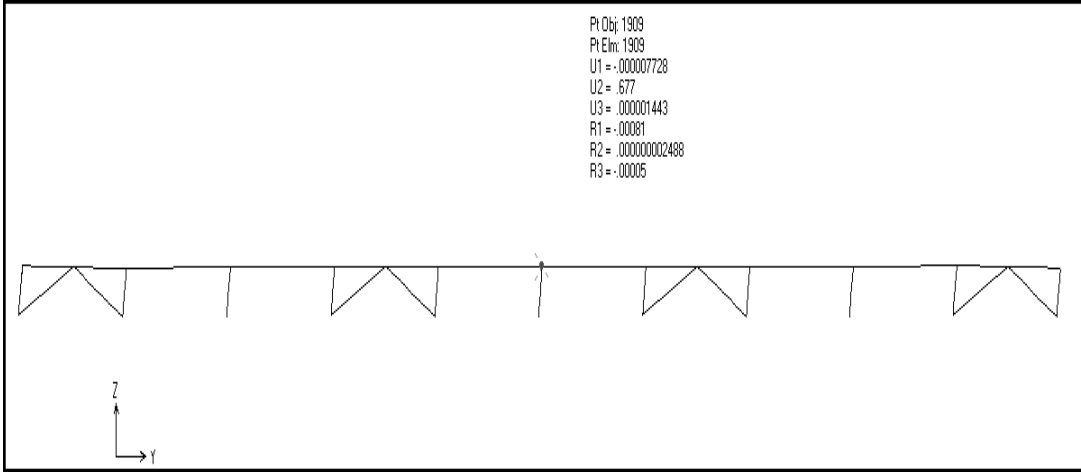


Şekil 5.1 : Depremli durum yatay deplasman (EXP yüklemesi).

Depremli durumda enine doğrultuda en büyük yatay deplasman  $\delta=1.48$  cm bulunmuştur. Bu kolon elemanının yüksekliği  $h=1025$  cm dir.

$$h/300=1025/300=3,4 \text{ cm}$$

$$\delta=1,48 \text{ cm} < 3,4 \text{ cm}$$



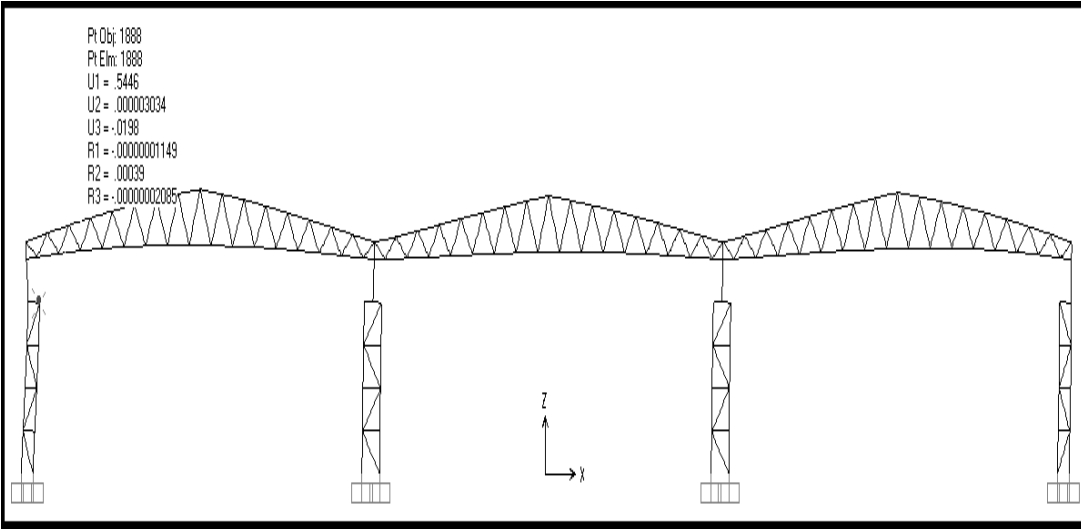
**Şekil 5.2 :** Depremlı durum yatay deplasman (EYP yüklemesi).

Depremlı durumda boyuna doğrultuda en büyük yatay deplasman orta açıklıktaki kolonun üzerinde ve  $\delta=0,68$  cm bulunmuştur. Bu kolon elemanının ykseklıği  $h=265$ cm dir.

$$h/300=265/300=0,88 \text{ cm}$$

$$\delta=0,68 \text{ cm} < 0,88 \text{ cm}$$

Rüzgarlı durum için yatay deplasman kontrolü

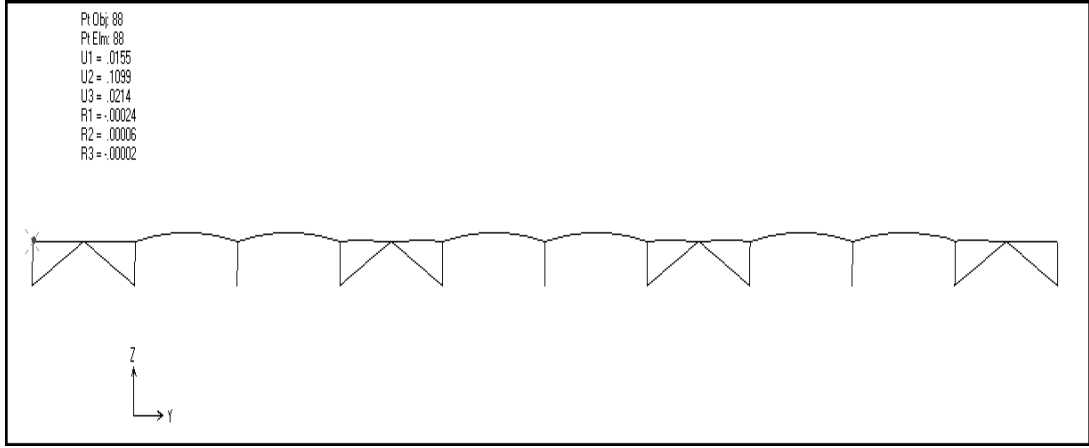


**Şekil 5.3 :** Rüzgarlı durum yatay deplasman"(WXP yüklemesi).

Rüzgarlı durumda enine doğrultuda en büyük yatay deplasman  $\delta=0,54$  cm bulunmuştur. Bu kolonun ykseklıği  $h=760$  cm dir.

$$h/300=760/300=2,53 \text{ cm}$$

$$\delta=0,54 \text{ cm} < 2,53 \text{ cm}$$



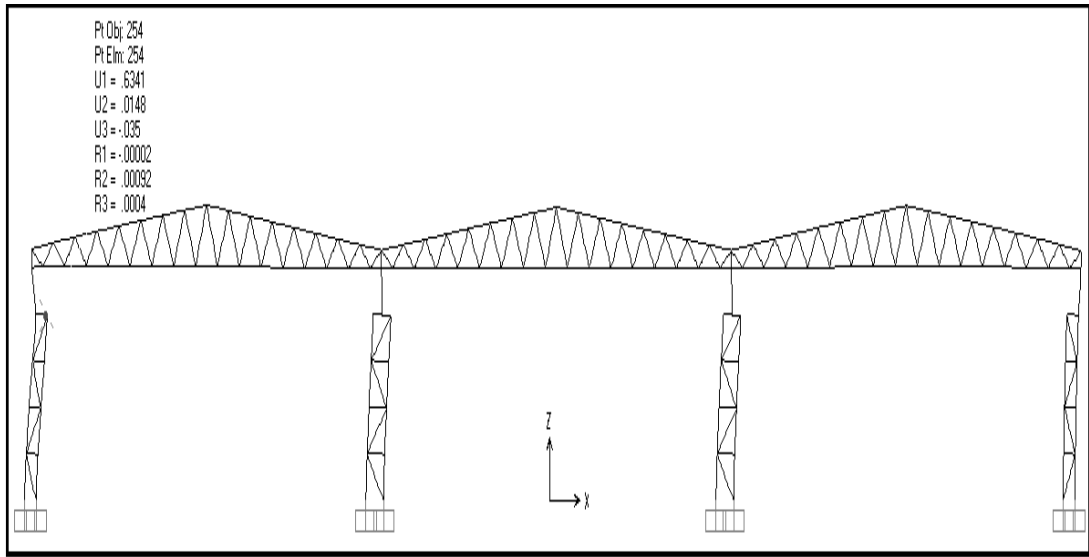
**Şekil 5.4 :** Rüzgarlı durum yatay deplasman (WYP yüklemesi).

Rüzgarlı durumda boyuna doğrultuda en büyük yatay deplasman orta açıklıktaki kolonda ve  $\delta=0,1$  cm bulunmuştur. Bu kolonun yüksekliği  $h=265$ cm dir.

$$h/300=265/300=0,88 \text{ cm}$$

$$\delta=0,1 \text{ cm} < 0,88 \text{ cm}$$

Krenlerin çalıştığı durum için yatay deplasman kontrolü:



**Şekil 5.5 :** Krenlerin çalıştığı durum için yatay deplasman.

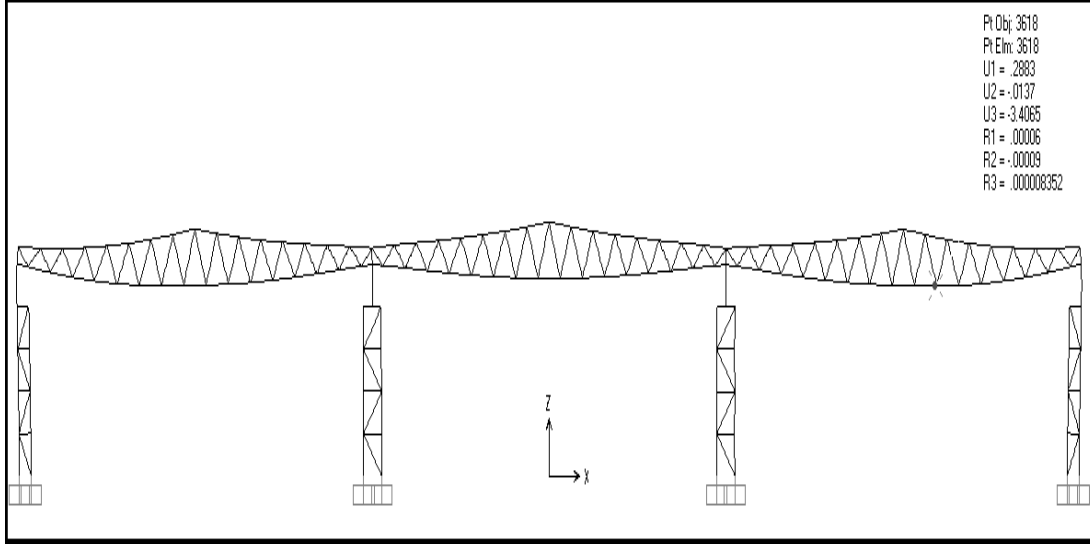
Krenlerin çalıştığı durumda enine doğrultuda en büyük yatay deplasman  $\delta=0.63$  cm bulunmuştur. Bu kolonun yüksekliği  $h=760$  cm dir.

$$h/150=760/150=5 \text{ cm}$$

$$\delta=0,63 \text{ cm} < 5 \text{ cm}$$

### 5.7.2 Düşey deplasman kontrolü

Düşey deplasman kontrolleri kiriş elemanları üzerinde zati ve hareketli yüklerin etkisinden kaynaklanan deplasmanlardır.  $\delta$  sehimini göstermek üzere kiriş elemanlarında sehim sınırı  $\delta < L/300$  koşullarının sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilmiştir.



Şekil 5.6 : Düşey deplasman.

Kirişlerdeki en büyük düşey deplasman COMBO9-H kombinasyonundan elde edilmiştir ve  $\delta=3,4$  cm olarak bulunmuştur. Bu kirişin boyu  $L=3000$  cm dir.

$$L/300=3000/300=10 \text{ cm}$$

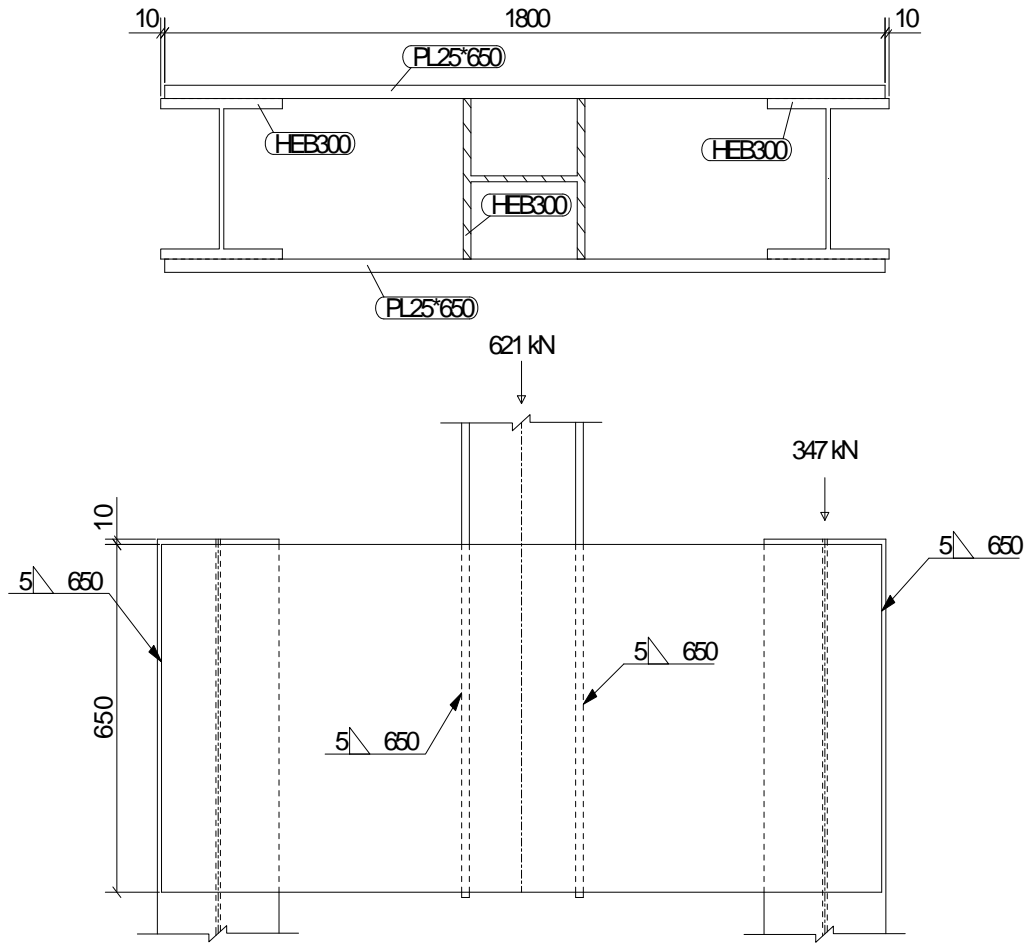
$$\delta=3,41 \text{ cm} < 10 \text{ cm}$$

Yapılan yatay ve düşey deplasman kontrollerinin sonucunda seçilen kesitlerin deplasman koşullarını da sağladığı görülmüştür.

## 6. BİRLEŞİM HESAPLARI

### 6.1 Kolon Birleşimleri

#### 6.1.1 B-C akslarındaki kolonlarda detay hesabı



Şekil 6.1 : B-C akslarında kolon birleşim detayı.

Kesit tesirleri:

Maksimum kesit tesirleri COMBO9-H kombinasyonundan elde edilmiştir.

N=62,1 ton

Orta kolonu plakalara bağlayan kaynaklarda kontrol:

$$\text{Kaynak kalınlığı: } a \leq 0,7 \cdot t_{\min} \quad (6.1)$$

$$a = 5 \text{ mm}$$

$$\text{Kaynak uzunluğu: } l_k = 650 \text{ mm}$$

Kaynak alanı:

$$F_k = a \cdot (l_k - 2 \cdot a) \quad (6.2)$$

$$F_k = 4 \cdot 0,5 \cdot (65 - 2 \cdot 0,5) = 126 \text{ cm}^2$$

$$\tau_k = \frac{N}{F_k} \leq \tau_{\text{kem}} \quad (6.3)$$

$$\tau_k = \frac{62,1}{126} = 0,5 \text{ t / cm}^2 \leq 1,1 \text{ t / cm}^2$$

Plakaları yanlardaki kolonlara bağlayan kaynaklarda kontrol:

$$N = 3,47 \text{ ton}$$

Kaynak kalınlığı:

$$a = 5 \text{ mm} \leq 0,7 \cdot t_{\min}$$

Kaynak uzunluğu:

$$l_k = 650 \text{ mm}$$

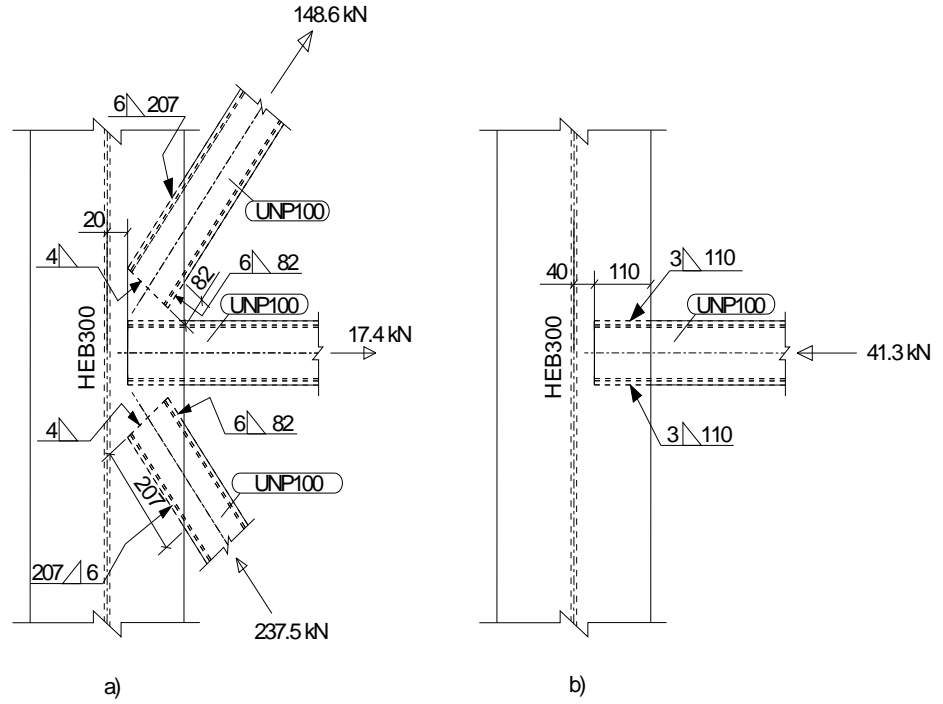
Kaynak alanı:

$$F_k = 2 \cdot 0,5 \cdot (65 - 2 \cdot 0,5) = 63 \text{ cm}^2$$

$$\tau_k = \frac{3,47}{63} = 0,55 \text{ t / cm}^2$$

$$\tau_k \leq 1,1 \text{ t / cm}^2$$

## 6.1.2 Örgü kolon-diyagonal birleşim hesabı



Şekil 6.2 : Örgü kolon birleşim detayı.

Kesit tesirleri:

Maksimum kesit tesirleri COMBO40-HZ kombinasyonundan elde edilmiştir.

Örgü kolon diyagonallerinde kaynak kontrolü:

$N = -23,75$  ton

Kaynak kalınlığı:  $a_1 = 6 \text{ mm} \leq 0,7 \cdot t_{\min} = 0,7 \cdot 8,5 = 6$

$a_2 = 4 \text{ mm} \leq 0,7 \cdot t_{\min} = 0,7 \cdot 6 = 4,2$

Kaynak uzunluğu:

$l_{k1} = 207 \text{ mm}$ ,  $l_{k2} = 100 \text{ mm}$ ,  $l_{k3} = 82 \text{ mm}$

Kaynak alanı:

$F_k = 0,6 \cdot (20,7 + 8,2 - 2 \cdot 0,6) + 0,4 \cdot 10 = 23,25 \text{ cm}^2$

$\tau_k = \frac{23,75}{23,25} = 1,02 \text{ t / cm}^2$

$\tau_k \leq 1,25 \text{ t / cm}^2$

Örgü kolon dikmelerinde kaynak kontrolü:

Maksimum kesit tesirleri COMBO51-HD kombinasyonundan elde edilmiştir.

$N = 4,13$  ton

Kaynak kalınlığı:  $a = 3$  mm

Kaynak uzunluğu:  $l_k = 110$  mm

$$F_k = 2 \cdot 0,3 \cdot (11 - 2 \cdot 0,3) = 6,24 \text{ cm}^2$$

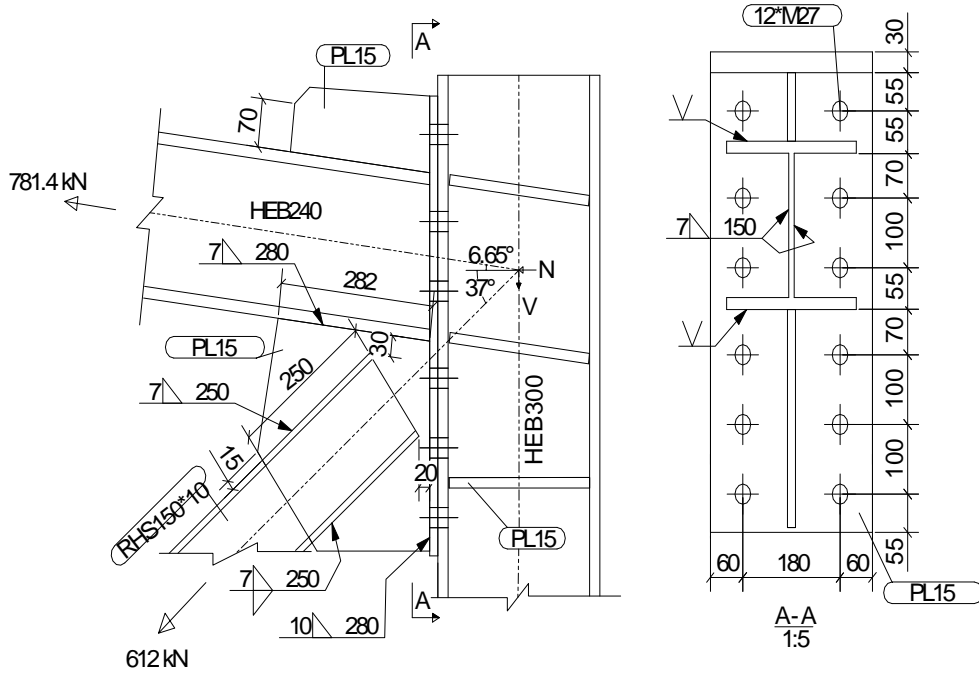
$$\tau_k = \frac{4,13}{6,24} = 0,662 \text{ t / cm}^2$$

$$\tau_k \leq 1,25 \text{ t / cm}^2$$

## 6.2 Kiriş-Kolon Birleşimleri

### 6.2.1 Üstbaşlık-kolon birleşimleri

B-C aksları üstbaşlık kolon birleşimleri hesabı:



Şekil 6.3 : B-C akslarında üstbaşlık-kolon birleşim detayı.

$$\alpha = 6.65^\circ$$

$$\alpha_1 = 37^\circ$$

Kesit tesirleri:

Maksimum kesit tesirleri COMBO9-H kombinasyonundan elde edilmiştir.

$$P_1=78,14 \text{ ton}$$

$$P_2=61,2 \text{ ton}$$

$$N_1=78,14 \cdot \cos 6,65=77,6 \text{ ton}$$

$$N_2=61,2 \cdot \cos 37=48,876 \text{ ton}$$

$$N=77,6+48,876=126,476 \text{ ton}$$

$$V_1=78,14 \cdot \sin 6,65=9,04 \text{ ton}$$

$$V_2=61,2 \cdot \sin 37=36,83 \text{ ton}$$

$$V=36,83-9,04=27,8 \text{ ton}$$

Üstbaşlığı alın levhasına bağlayan kaynaklarda kontrol:

Küt kaynak kalınlığı:  $a=15 \text{ mm}$

Küt kaynak uzunluğu:  $l=240 \text{ mm}$

Köşe kaynak kalınlığı:  $a=5 \text{ mm} \leq 0,7 \cdot t_{\min}=0,7 \cdot 10=7 \text{ mm}$

Köşe kaynak uzunluğu:  $l_k=150 \text{ mm}$

Toplam kaynak alanı:

$$F_k = 2 \cdot 1,5 \cdot (24 - 2 \cdot 1,5) + 2 \cdot 0,5 \cdot (15 - 2 \cdot 0,5) = 77,4 \text{ cm}^2$$

$$\tau_k = \frac{78,14}{77,4} = 1,01 \text{ t / cm}^2 \leq 1,1 \text{ t / cm}^2$$

Plakayı alın levhasına bağlayan kaynakta kontrol:

Kaynak kalınlığı:  $a=10 \text{ mm} \leq 0,7 \cdot t_{\min}=0,7 \cdot 15=10,5 \text{ mm}$

Kaynak uzunluğu:  $l_k=280 \text{ mm}$

Kaynak alanı:

$$F_k = 2 \cdot 1 \cdot (28 - 2 \cdot 1) = 52 \text{ cm}^2$$

$$\tau_k = \frac{48,876}{52} = 0,94 \text{ t / cm}^2 \leq 1,1 \text{ t / cm}^2$$

Plakayı üstbaşığa bağlayan kaynakta kontrol:

$$Q=61,2 \cdot \sin 43,65=42,24 \text{ ton}$$

Kaynak kalınlığı:

$$a=10 \text{ mm} \leq 0,7 \cdot t_{\min}=0,7 \cdot 15=10,5 \text{ mm}$$

Kaynak uzunluğu:

$$l_k=280 \text{ mm}$$

Kaynak alanı:

$$F_k = 2 \cdot 1 \cdot (28 - 2 \cdot 1)$$

$$F_k = 52 \text{ cm}^2$$

$$\tau_k = \frac{42,24}{52} = 0,81 \text{ t / cm}^2$$

$$\tau_k \leq 1,1 \text{ t / cm}^2$$

Diyagonalı plakaya bağlayan kaynakta kontrol:

Kaynak kalınlığı:

$$a \leq 0,7 \cdot t_{\min} \Rightarrow a=7 \text{ mm}$$

Kaynak uzunluğu:

$$l_k=250 \text{ mm}$$

Kaynak alanı:

$$F_k = 4 \cdot 0,7 \cdot (25 - 2 \cdot 0,7)$$

$$F_k = 66,08 \text{ cm}^2$$

$$\tau_k = \frac{59,7}{66,08} = 0,926 \text{ t / cm}^2$$

$$\tau_k \leq 1,1 \text{ t / cm}^2$$

Alın levhasının kolona birleşimi için yüksek mukavemetli 10.9 kalitesinde M27 bulonları kullanılmıştır.

Yüksek mukavemetli bulonlar için emniyet gerilmeleri aşağıda verilmiştir.

$$\tau_{\text{sem}} = 2.4 \frac{\text{ton}}{\text{cm}^2}, \sigma_{\text{lem}} = 2.8 \frac{\text{ton}}{\text{cm}^2}$$

M 27 yüksek mukavemetli bulonlarda kontrol:

n: Bir sıradaki bulon sayısı [8]

$$f = \frac{l}{l + \sum \left(\frac{h_l}{b}\right)^2} \quad (6.4)$$

Çift sıralı ve bir sırasında 6 bulon bulunan birleşimler için; f=0.357

$$H = \frac{N/2}{n} \quad (6.5)$$

$$H = \frac{126,476/2}{6} = 10,54 \text{ ton}$$

$$V_s = \frac{V \cdot a \cdot f}{b} \quad (6.6)$$

$$V_s = \frac{27,8 \cdot 10 \cdot 0,357}{55} = 1,8 \text{ ton}$$

Bir bulona gelen bileşke kuvvet R;

$$R = \sqrt{H^2 + V_s^2} \quad (6.7)$$

$$R = \sqrt{10,54^2 + 1,8^2} = 10,7 \text{ ton}$$

$$N_{\text{SL}} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \tau_{\text{sem}} \quad (6.8)$$

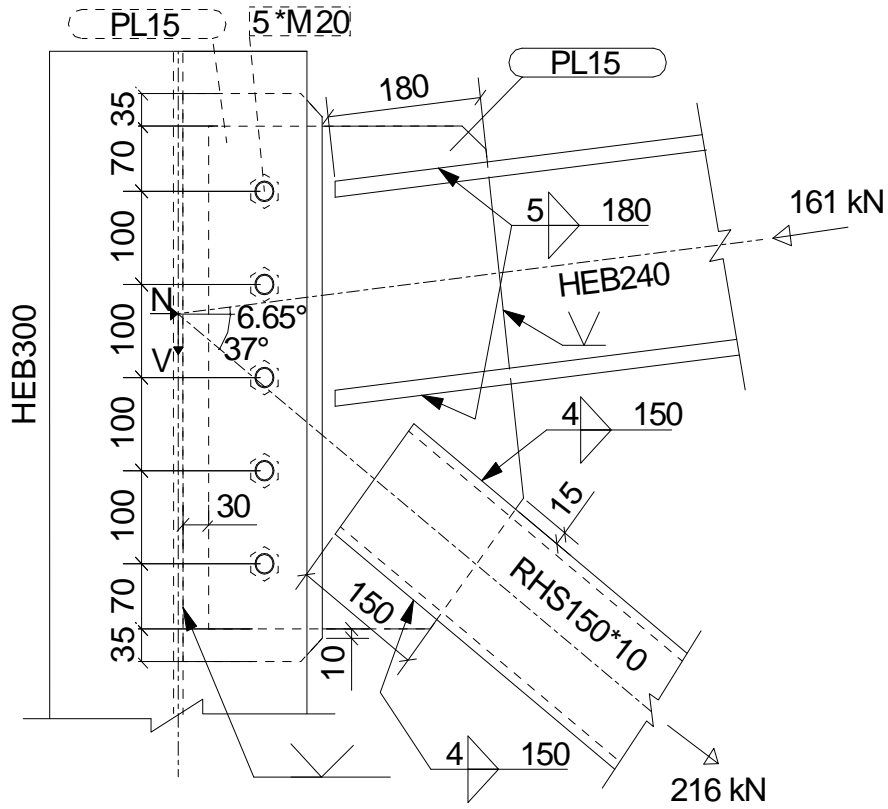
$$N_{\text{SL}} = \frac{\pi \cdot 2,7^2}{4} \cdot 2,4 = 13,74 \text{ ton}$$

$$N_L = d \cdot t \cdot \sigma_{\text{lem}} \quad (6.9)$$

$$N_L = 2,4 \cdot 1,5 \cdot 2,8 = 11,34 \text{ ton}$$

$$\Rightarrow N_{\text{min}} = 11,34 \text{ ton} > 10,7 \text{ ton}$$

A-D aksları üstbaşlık-kolon birleşimleri hesabı:



Şekil 6.4 : A-D akslarında üstbaşlık-kolon birleşim detayı.

$$\alpha=6,65^{\circ}$$

$$\alpha_1=37^{\circ}$$

Kesit tesirleri:

Maksimum kesit tesirleri COMBO47-HD kombinasyonundan elde edilmiştir.

$$P_1=16,1 \text{ ton}$$

$$P_2=21,6 \text{ ton}$$

$$N_1=16,1 \cdot \cos 6,65=16 \text{ ton}$$

$$N_2=21,6 \cdot \cos 37=17,25 \text{ ton}$$

$$N=17,25-16=1,25 \text{ ton}$$

$$V_1=16,1 \cdot \sin 6,65=1,86 \text{ ton}$$

$$V_2=21,6 \cdot \sin 37=13 \text{ ton}$$

$$V=1,86+13=14,86 \text{ ton}$$

Üstbaşlığı plakaya bağlayan kaynaklarda kontrol:

Köşe kaynak kalınlığı:  $a=5 \text{ mm} \leq 0,7 \cdot t_{\min}=0,7 \cdot 17=11,9 \text{ mm}$

Köşe kaynak uzunluğu:  $l_k=180 \text{ mm}$

$F_k=2 \cdot 0,5 \cdot (18-2 \cdot 0,5)=17 \text{ cm}^2$

$$\tau_k = \frac{16}{17} = 0,94 \text{ t / cm}^2 \leq 1,25 \text{ t / cm}^2$$

Diyagonali plakaya bağlayan kaynaklarda kontrol:

Köşe kaynak kalınlığı:  $a=4 \text{ mm}$

Köşe kaynak uzunluğu:  $l_k=150 \text{ mm}$

$F_k=4 \cdot 0,4 \cdot (15-2 \cdot 0,4)=22,72 \text{ cm}^2$

$$\tau_k = \frac{21,6}{22,72} = 0,95 \text{ t / cm}^2$$

$$\tau_k \leq 1,25 \text{ t / cm}^2$$

Plakaları bağlayan M 20 uygun bulonlarında kontrol:

Tek sıralı ve bir sırasında 5 bulon bulunan birleşimler için;

$f=0,8$

$$H_1 = \frac{V \cdot a \cdot f}{b} \tag{6.10}$$

$$H_1 = \frac{14,86 \cdot 9,5 \cdot 0,8}{40} = 2,82 \text{ ton}$$

$$H_2 = \frac{N}{n} \tag{6.11}$$

$$H_2 = \frac{1,25}{5} = 0,25 \text{ ton}$$

$$H = H_1 - H_2 \tag{6.12}$$

$$H = 2,82 - 0,25 = 2,57 \text{ ton}$$

$$V_s = \frac{V}{n} = 2,972 \text{ ton} \quad (6.13)$$

$$V_s = \frac{14,86}{5} = 2,972 \text{ ton}$$

$$R = \sqrt{H^2 + V_s^2} = \sqrt{2,57^2 + 2,92^2} = 3,89 \text{ ton}$$

$$N_s = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \tau_{\text{sem}} = \frac{\pi \cdot 2,1^2}{4} \cdot 1,6 = 5,54 \text{ ton}$$

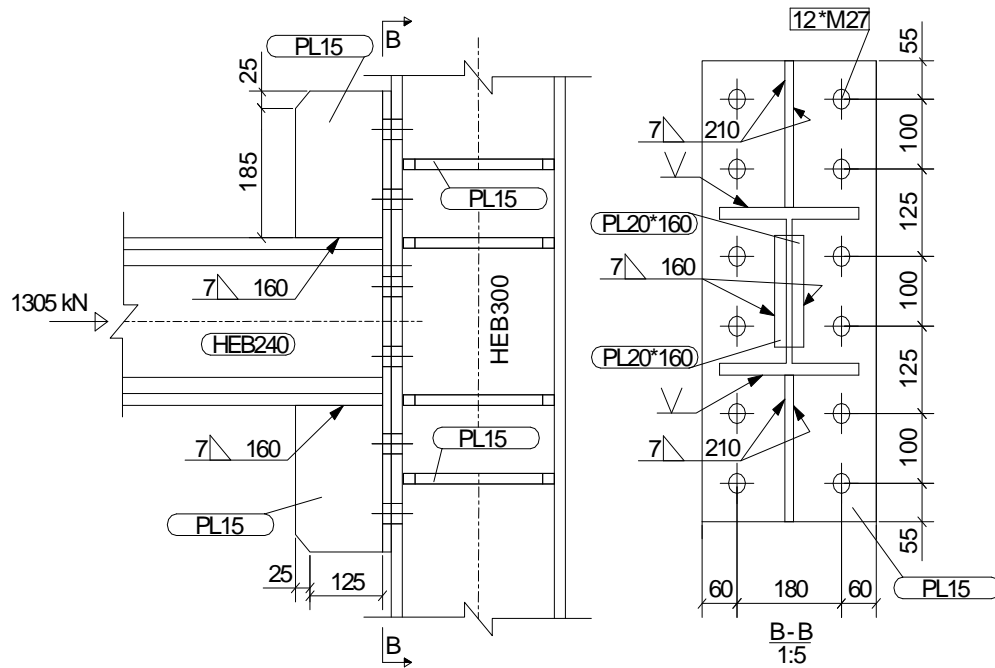
$$N_L = d \cdot t \cdot \sigma_{\text{lem}} = 2,1 \cdot 1,5 \cdot 3,2 = 10,08 \text{ ton}$$

Bir M20 uygun bulonunun taşıyabileceği maksimum kuvvet;

$$N = 5,54 \text{ ton} > R = 3,89 \text{ ton}$$

## 6.2.2 Altbaşlık-kolon birleşimleri

B-C aksları altbaşlık-kolon birleşimleri hesabı:



Şekil 6.5 : B-C akslarında altbaşlık-kolon birleşim detayı.

Kesit tesirleri:

Maksimum kesit tesirleri COMBO3-H kombinasyonundan elde edilmiştir.

$$N = 130,5 \text{ ton}$$

Altbaşlık kirişini alın levhasına bağlayan kaynaklarda kontrol:

Küt kaynak kalınlığı:  $a=17$  mm

Küt kaynak uzunluğu:  $l=240$  mm

Köşe kaynakların kalınlığı:  $a=7\text{mm} \leq 0,7 \cdot t_{\min}=0,7 \cdot 15=10,5$  mm

Köşe kaynakların uzunluğu:

Altbaşlık kirişinde köşe kaynak uzunluğu;

$$l_k=160 \text{ mm}$$

Berkitme levhalarında köşe kaynak uzunluğu;

$$l_k=210 \text{ mm}$$

Toplam kaynak alanı:

$$F_k = 2 \cdot 1,5 \cdot (24 - 2 \cdot 1,5) + 2 \cdot 0,7 \cdot (16 - 2 \cdot 0,7) + 4 \cdot 0,7 \cdot (21 - 2 \cdot 0,7)$$

$$F_k = 138,32 \text{ cm}^2$$

$$\tau_k = \frac{130,5}{138,32} = 0,94 \text{ t / cm}^2 \leq 1,1 \text{ t / cm}^2$$

M 27 yüksek mukavemetli bulonlarda kontrol:

$$\tau_{\text{sem}} = 2,4 \frac{\text{ton}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma_{\text{lem}} = 2,8 \frac{\text{ton}}{\text{cm}^2}$$

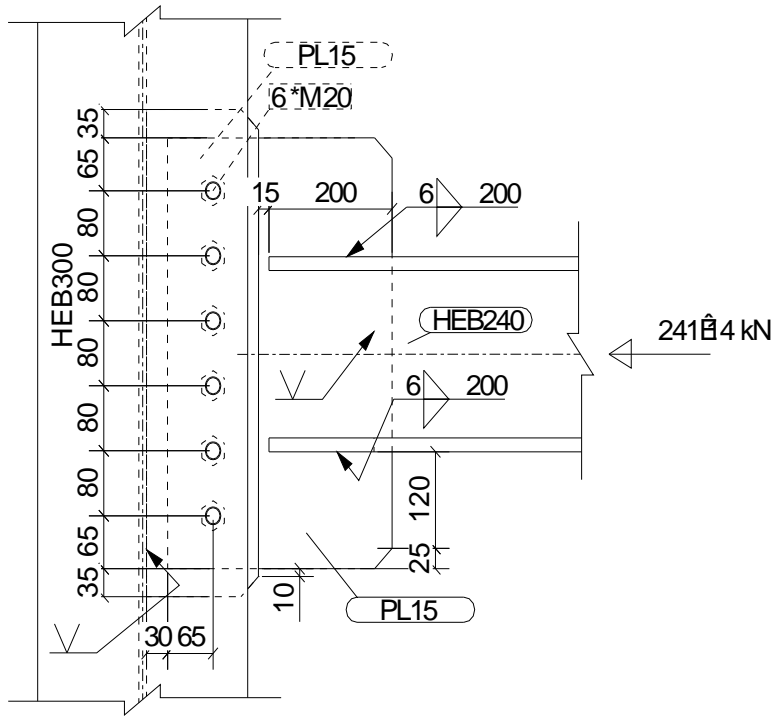
$$N_s = \frac{N/2}{n} = \frac{129,45/2}{6} = 10,8 \text{ ton}$$

$$N_{\text{SL}} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \tau_{\text{sem}} = \frac{\pi \cdot 2,7^2}{4} \cdot 2,4 = 13,74 \text{ ton}$$

$$N_L = d \cdot t \cdot \sigma_{\text{lem}} = 2,4 \cdot 1,5 \cdot 2,8 = 11,34 \text{ ton}$$

$$N_{\min} = 11,34 \text{ ton} > N_s = 10,8 \text{ ton}$$

A-D aksları altbaşlık-kolon birleşimleri hesabı:



Şekil 6.6 : A-D akslarında altbaşlık-kolon birleşim detayı.

Kesit tesirleri:

Maksimum kesit tesirleri COMBO27-HZ kombinasyonundan elde edilmiştir.

$N = 24,114$  ton

Altbaşlığı plakaya bağlayan kaynaklarda kontrol:

Köşe kaynak kalınlığı:

$$a = 6 \text{ mm} \leq 0,7 \cdot t_{\min} = 0,7 \cdot 17 = 11,9 \text{ mm}$$

Köşe kaynak uzunluğu:

$$l_k = 200 \text{ mm}$$

Kaynak alanı:

$$F_k = 2 \cdot 0,6 \cdot (20 - 2 \cdot 0,6)$$

$$F_k = 22,56 \text{ cm}^2$$

$$\tau_k = \frac{24,114}{22,56} = 1,07 \text{ t/cm}^2 \leq 1,25 \text{ t/cm}^2$$

Plakaları bağlayan M 20 uygun bulonlarında kontrol:

$$N_s = \frac{N}{n} = \frac{24.14}{6} = 4.02 \text{ ton}$$

$$N_{S_{em}} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \tau_{sem} = \frac{\pi \cdot 2,1^2}{4} \cdot 1,6$$

$$N_{S_{em}} = 5.54 \text{ ton}$$

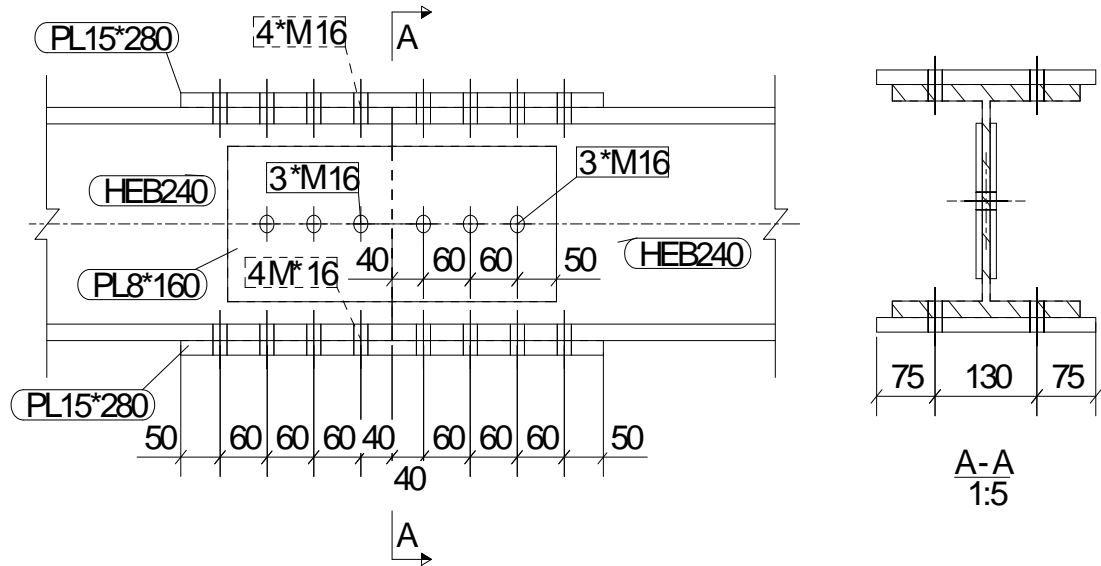
$$N_L = d \cdot t \cdot \sigma_{lem} = 2,1 \cdot 1,5 \cdot 3,2$$

$$N_L = 10.08 \text{ ton}$$

$$\Rightarrow N_{min} = 5,54 \text{ ton} > 4,02 \text{ ton}$$

### 6.2.3 Kiriş ekleri

Altbaşlıkta ve üstbaşlıkta montaj eki hesabı:



Şekil 6.7 : Montaj eki detayı.

Altbaşlık kirişi: HEB240

$$F=106 \text{ cm}^2, t_w=10 \text{ mm}, t_f=17 \text{ mm}$$

Başlık ek levhası boyutları:

$$t_1=15 \text{ mm}$$

$$b_1=280 \text{ mm}$$

Gövde ek levhası boyutları:

$$t_2=8 \text{ mm}$$

$$h_1=160 \text{ mm}$$

Kesit tesirleri:

Altbaşlık ve üstbaşlık kirişlerinde ekin yapılacağı yerde maksimum kesit tesirleri COMBO2-H kombinasyonundan elde edilmiştir.

$$N =64,7 \text{ ton}$$

Faydalı enkesit alanı:

$$F_n=F-2 \cdot d \cdot t_f \quad (6.14)$$

$$F_n=106-2 \cdot 1,7 \cdot 1,7=100,22 \text{ cm}^2$$

Ek levhalarının toplam faydalı enkesit alanı:

$$F_{nek}=2 \cdot 28 \cdot 1,5+2 \cdot 0,8 \cdot 16-2 \cdot 1,5 \cdot 1,7=104,5 \text{ cm}^2$$

$$F_{nek}>F_n \quad (6.15)$$

Başlık ek levhalarında kontrol:

$$S_1 = \frac{N}{2 \cdot b_1 \cdot t_1 + 2 \cdot h_1 \cdot t_2} \cdot t_1 \cdot b_1 \quad (6.16)$$

$$S_1 = \frac{64,7}{2 \cdot 2821,5 + 2 \cdot 16 \cdot 0,8} \cdot 1,5 \cdot 28$$

$$S_1 = 24,8 \text{ ton}$$

Bir M16 uygun bulonunun taşıyabileceği kuvvet:

$$N_s = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \tau_{sem} = \frac{\pi \cdot 1,7^2}{4} \cdot 1,4 = 3,15 \text{ ton}$$

$$N_L = d \cdot t \cdot \sigma_{lem} = 1,7 \cdot 1,5 \cdot 2,8 = 7,14 \text{ ton}$$

$$N_{min}=3,15 \text{ ton}$$

8 adet M16 bulonunun taşıyabileceği kuvvet;

$$N=8 \cdot 3,15=25,2 \text{ ton} > 24,8 \text{ ton}$$

Gövde ek levhalarında kontrol:

$$S_2 = \frac{N}{2 \cdot b_1 \cdot t_1 + 2 \cdot h_1 \cdot t_2} \cdot t_2 \cdot h_1 \quad (6.17)$$

$$S_2 = \frac{64,7}{2 \cdot 2821,5 + 2 \cdot 16 \cdot 0,8} \cdot 0,8 \cdot 16$$

$$S_2 = 7,56 \text{ ton}$$

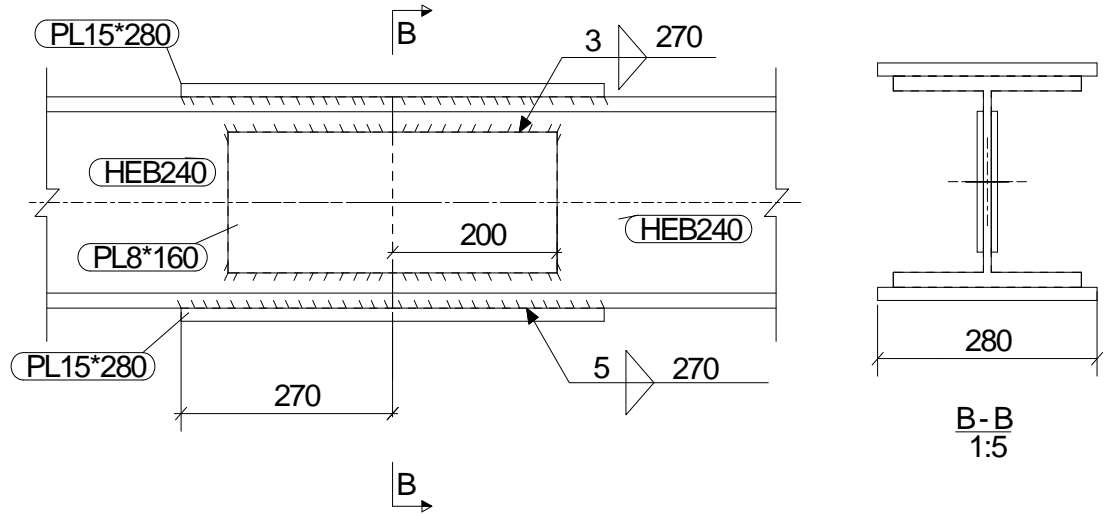
Bir M16 uygun bulonunun taşıyabileceği kuvvet:

$$N=3,15 \text{ ton}$$

3 adet M16 bulonunun taşıyabileceği kuvvet;

$$N=3 \cdot 3,15=9,45 \text{ ton} > 7,56 \text{ ton}$$

Üstbaşlıkta atölye eki hesabı:



Şekil 6.8 : Üstbaşlıkta atölye eki detayı.

Üstbaşlık kirişi: HEB240

$$F=106 \text{ cm}^2, t_w=10 \text{ mm}, t_f=17 \text{ mm}$$

Başlık ek levhası boyutları:

$$t_1=15 \text{ mm}, b_1=280 \text{ mm}$$

Gövde ek levhası boyutları:

$$t_2=8 \text{ mm}, h_1=160 \text{ mm}$$

Kesit tesirleri:

Ekin yapılacağı yerde maksimum kesit tesirleri COMBO6-H kombinasyonundan elde edilmiştir.

$$N = -63,6 \text{ ton}$$

Ek levhalarının toplam enkesit alanı:

$$F_{nek} = 2 \cdot 28 \cdot 1,5 + 2 \cdot 0,8 \cdot 16 = 109,6 \text{ cm}^2$$

$$F_{nek} > F_n$$

Başlık ek levhalarında kontrol:

$$S_1 = \frac{63,6}{109,6} \cdot 1,5 \cdot 28$$

$$S_1 = 24,4 \text{ ton}$$

Kaynak kalınlığı:  $a = 5 \text{ mm} < 0,7x_{t_{min}}$

Kaynak uzunluğu:  $l_k = 270 \text{ mm}$

Kaynak alanı:

$$F_k = 2 \cdot 0,5 \cdot (27 - 2 \cdot 0,5) = 26 \text{ cm}^2$$

$$\tau_k = \frac{24,4}{26} = 0,94 \text{ t / cm}^2 \leq 1,1 \text{ t / cm}^2$$

Gövde ek levhalarında kontrol:

$$S_2 = \frac{63,6}{109,6} \cdot 0,8 \cdot 16$$

$$S_2 = 7,43 \text{ ton}$$

Kaynak kalınlığı:  $a = 3 \text{ mm} < 0,7x_{t_{min}}$

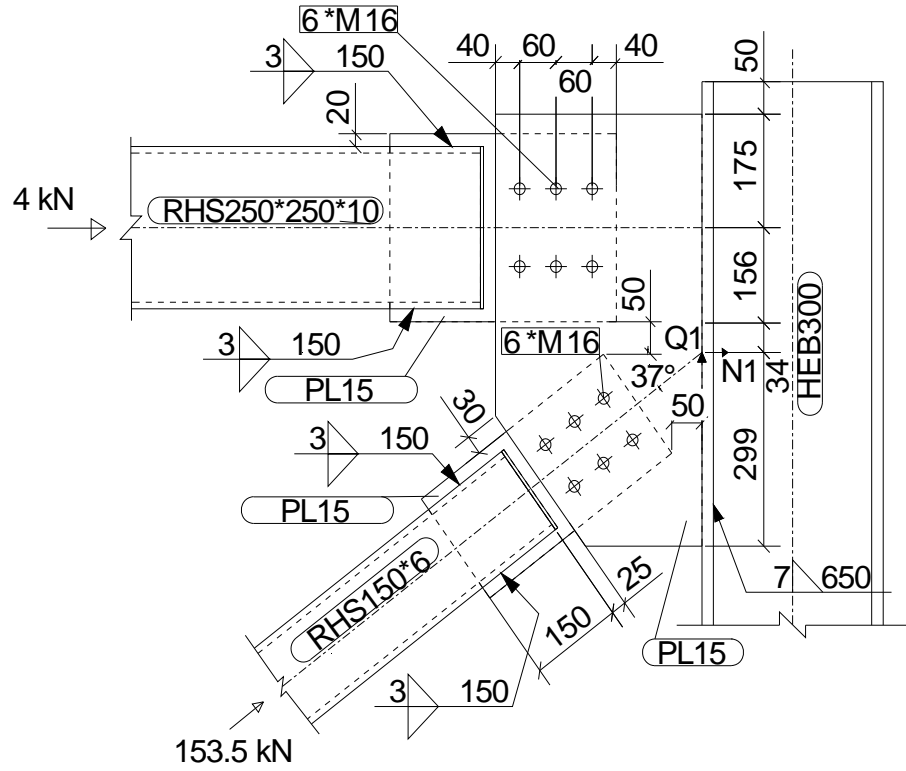
Kaynak uzunluğu:  $l_k = 200 \text{ mm}$

Kaynak alanı:

$$F_k = 2 \cdot 0,3 \cdot 20 = 12 \text{ cm}^2$$

$$\tau_k = \frac{7,43}{12} = 0,62 \text{ t / cm}^2 \leq 1,1 \text{ t / cm}^2$$

#### 6.2.4 7600 mm kotunda düşey çapraz-kiriş-kolon birleşimleri



Şekil 6.9 : 7600 mm kotunda düşey çapraz-kiriş-kolon birleşim detayı.

$$\alpha=37^0$$

Kesit tesirleri:

Maksimum kesit tesirleri ve COMBO50-HD kombinasyonundan elde edilmiştir.

$$P_1=15,35 \text{ ton}$$

$$P_2=0,4 \text{ ton}$$

$$N_1=P_1 \cdot \cos 37 \quad (6.18)$$

$$N_1=12,26 \text{ ton}$$

$$N=N_1+P_2 \quad (6.19)$$

$$N=12,66 \text{ ton}$$

$$Q_1=P_1 \cdot \sin 37 \quad (6.20)$$

$$Q_1=9,24 \text{ ton}$$

$$M_1 = N_1 \cdot 3,4 - P_2 \cdot 15,6$$

$$M_1 = 35,44 \text{ ton.cm}$$

Çapraz ve kirişi plakaya bağlayan kaynakta kontrol:

Kaynak kalınlığı:  $a=3 \text{ mm}$

Kaynak uzunluğu:  $l_k=150 \text{ mm}$

Kaynak alanı:

$$F_k = 4 \cdot 0,3 \cdot (15 - 2 \cdot 0,3) = 17,28 \text{ cm}^2$$

$$\tau_k = \frac{15,35}{17,28} = 0,89 \text{ t/cm}^2 < 1,25 \text{ t/cm}^2$$

Plakayı kolona bağlayan kaynakta kontrol:

Kaynak kalınlığı:  $a=7 \text{ mm}$

Kaynak uzunluğu:  $l_k=650 \text{ mm}$

Kaynak alanı:

$$F_k = 0,7 \cdot (65) = 45,5 \text{ cm}^2$$

$$W_k = \frac{a \cdot l^2}{6} \tag{6.21}$$

$$W_k = \frac{0,7 \cdot 65^2}{6} = 493 \text{ cm}^3$$

$$\sigma_k = \frac{N}{F_k} + \frac{M}{W_k} < \sigma_s \tag{6.22}$$

$$\sigma_k = \frac{1,266}{45,5} + \frac{3,544}{493}$$

$$\sigma_k = 0,35 \text{ t/cm}^2 < 0,75 \text{ t/cm}^2$$

$$\tau_k = \frac{Q}{F_k} < \sigma_s \frac{t}{\text{cm}^2} \tag{6.23}$$

$$\tau_k = \frac{0,924}{45,5} = 0,2 \text{ t/cm}^2 < 0,75 \text{ t/cm}^2$$

M16 uygun bulonlarında kontrol:

$$N_s = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \tau_{sem}$$

$$N_s = \frac{\pi \cdot 1,7^2}{4} \cdot 1,6 = 3,63 \text{ ton}$$

$$N_L = d \cdot t_{min} \cdot \sigma_{lem}$$

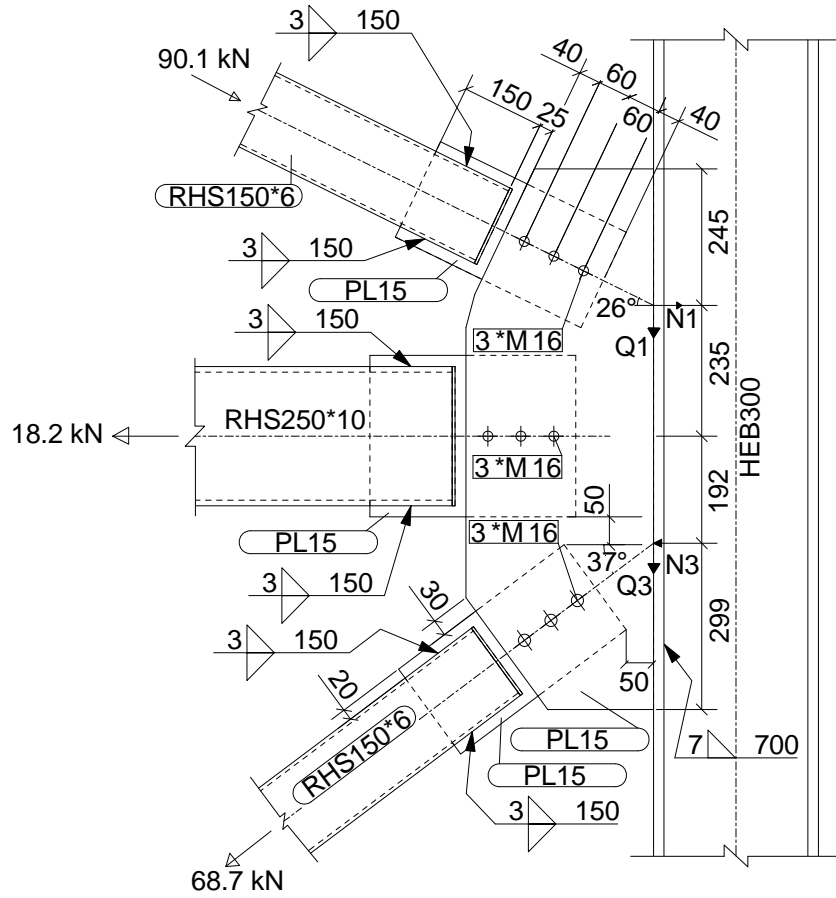
$$N_L = 1,7 \cdot 1,5 \cdot 3,2 = 8,16 \text{ ton}$$

Bir bulonun taşıyabileceği kuvvet;

$$N_{em} = N_s = 3,63 \text{ tondur.}$$

n=6 adet bulon için;

$$N = 6 \cdot 3,63 = 21,78 \text{ ton} > 15,35 \text{ ton}$$



Şekil 6.10 : A-D akslarında düşey çapraz-kiriş-uzun kolonlar birleşim detayı.

$$\alpha_1=37^0$$

$$\alpha_2=26^0$$

Kesit tesirleri:

Maksimum kesit tesirleri COMBO50-HD kombinasyonundan elde edilmiştir.

$$P_1=-9,01 \text{ ton}$$

$$P_2=1,82 \text{ ton}$$

$$P_3=6,87 \text{ ton}$$

$$N_1=P_1 \cdot \cos 26 \quad (6.24)$$

$$N_1=8,1 \text{ ton}$$

$$N_3=P_3 \cdot \cos 37 \quad (6.25)$$

$$N_3=5,5 \text{ ton}$$

$$N= N_1-P_2-N_3 \quad (6.26)$$

$$N=0,78 \text{ ton}$$

$$Q_1=P_1 \cdot \sin 26 \quad (6.27)$$

$$Q_1=3,95 \text{ ton}$$

$$Q_3= P_3 \cdot \sin 37 \quad (6.28)$$

$$Q_3=4,13 \text{ ton}$$

$$Q= Q_1+ Q_3 \quad (6.29)$$

$$Q=8,08 \text{ ton}$$

$$M= N_1 \cdot 23,5+N_3 \cdot 19,2$$

$$M=284,77 \text{ ton.cm}$$

Çaprazları ve kiriş elemanını plakaya bağlayan kaynaklarda kontrol:

Kaynak kalınlığı:  $a=3 \text{ mm}$

Kaynak uzunluğu:  $l_k=150 \text{ mm}$

Kaynak alanı:

$$F_k = 4 \cdot 0,3 \cdot (15 - 2 \cdot 0,3) = 17,28 \text{ cm}^2$$

$$\tau_k = \frac{9,01}{17,28} = 0,52 \text{ t / cm}^2 < 1,25 \text{ t / cm}^2$$

Plakayı kolona bağlayan kaynakya kontrol:

Kaynak kalınlığı:  $a=7 \text{ mm}$

Kaynak uzunluğu:  $l_k=700 \text{ mm}$

Kaynak alanı:

$$F_k=0,7 \cdot (70)=49 \text{ cm}^2$$

Kaynak mukavemet momenti:

$$W_k = \frac{a \cdot l^2}{6} = \frac{0,7 \cdot 70^2}{6} = 572 \text{ cm}^3$$

$$\sigma_k = \frac{0,78}{49} + \frac{284,77}{572}$$

$$\sigma_k = 0,51 \text{ t / cm}^2 < 0,75 \text{ t / cm}^2$$

$$\tau_k = \frac{8,08}{49} = 0,165 \text{ t / cm}^2 < 0,75 \text{ t / cm}^2$$

M16 uygun bulonlarında kontrol:

$$N_s = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \tau_{sem} = \frac{\pi \cdot 1,7^2}{4} \cdot 1,6 = 3,63 \text{ ton}$$

$$N_L = d \cdot t_{min} \cdot \sigma_{lem} = 1,7 \cdot 1,5 \cdot 3,2 = 8,16 \text{ ton}$$

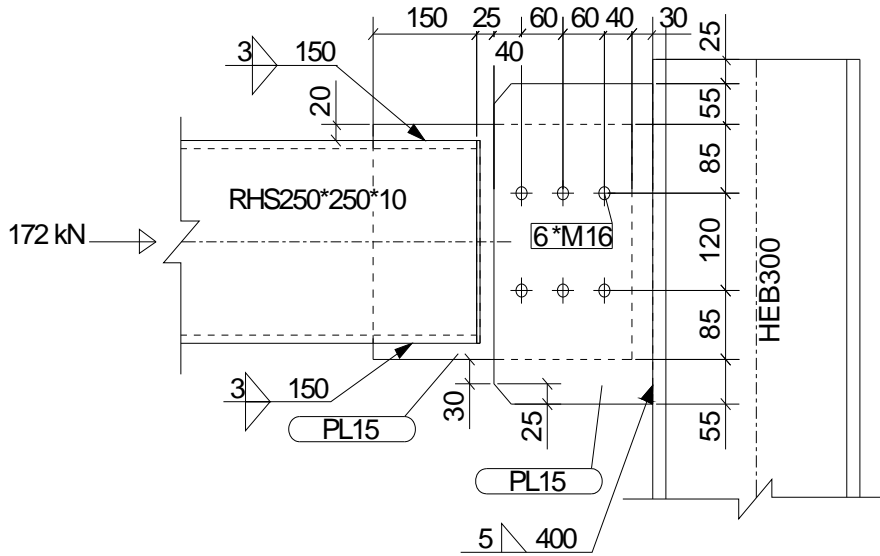
Bir bulonun taşıyabileceği kuvvet;

$$N_{em}=N_s=3,63 \text{ tondur.}$$

$n=3$  adet bulon için;

$$N=3 \times 3,63=10,89 \text{ ton} > 9,0 \text{ ton}$$

### 6.2.5 10250 mm kotunda kiriş-kolon birleşimleri



Şekil 6.11 : 10250 mm kotunda kiriş-kolon birleşim detayları.

Kesit tesirleri:

Maksimum kesit tesirleri COMBO50-HD kombinasyonundan elde edilmiştir.

$N = 17,2$  ton

Kirişi plakaya bağlayan kaynakta kontrol:

Kaynak kalınlığı:  $a=3$  mm

Kaynak uzunluğu:  $l=150$  mm

Kaynak alanı:

$$F_k = 4 \cdot 0,3 \cdot (15 - 2 \cdot 0,3) = 17,28 \text{ cm}^2$$

$$\tau_k = \frac{17,2}{17,28} = 0,96 \text{ t/cm}^2 < 1,25 \text{ t/cm}^2$$

Plakayı kolona bağlayan kaynakta kontrol:

Kaynak kalınlığı:  $a=5$  mm

Kaynak uzunluğu:  $l=400$  mm

Kaynak alanı:

$$F_k = 0,5 \cdot (40 - 2 \cdot 0,5) = 19,5 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_k = \frac{17,2}{19,5} = 0,88 \text{ t/cm}^2 < 1,25 \text{ t/cm}^2$$



Plakayı kolona bağlayan kaynakta kontrol:

Kaynak kalınlığı:  $a=4$  mm

Kaynak uzunluğu:  $l=300$  mm

$$F_k = 0,4 \cdot (30 - 2 \cdot 0,4) = 11,68 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_k = \frac{1,45}{11,68} = 0,12 \text{ t/cm}^2 < 1,25 \text{ t/cm}^2$$

M16 uygun bulonlarında kontrol:

$$N_s = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \tau_{sem} = \frac{\pi \cdot 1,7^2}{4} \cdot 1,6 = 3,63 \text{ ton}$$

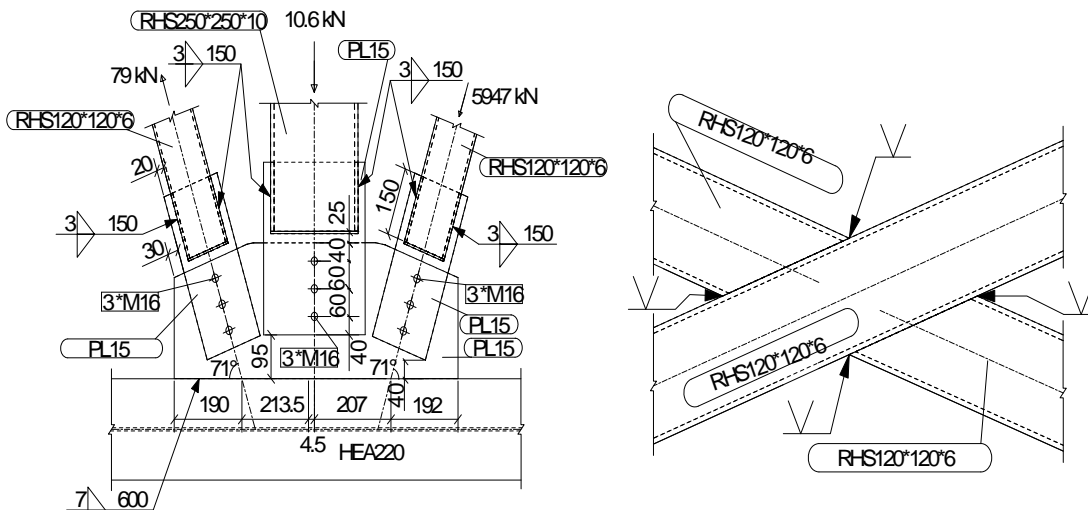
$$N_L = d \cdot t_{min} \cdot \sigma_{lem} = 1,7 \cdot 1,5 \cdot 3,2 = 8,16 \text{ ton}$$

Bir bulonun taşıyabileceği kuvvet  $N_{em}=N_s=3,63$  tondur.

$n=2$  adet bulon için;

$$N=2 \times 3,63 = 7,26 \text{ ton} > 1,45 \text{ ton}$$

### 6.3 Çatı Çaprazlarının Birleşimleri



Şekil 6.13 : Çatı çaprazları birleşim detayları.

$$\alpha=71^{\circ}$$

Kesit tesirleri:

Maksimum kesit tesirleri COMBO50-HD kombinasyonundan elde edilmiştir.

$$P_1=7,9 \text{ ton}, P_2=5,9 \text{ ton}, P_3=1,06 \text{ ton}$$

$$Q= P_1 \cdot \cos 71 + P_2 \cdot \cos 71 \quad (6.30)$$

$$Q=4,5 \text{ ton}$$

$$N=P_1 \cdot \sin 71 - P_3 - P_2 \cdot \sin 71 \quad (6.31)$$

$$N=0,83 \text{ ton}$$

$$M= P_1 \cdot \sin 71 \cdot 21,35 + P_2 \cdot \sin 71 \cdot 20,7 + P_3 \cdot 0,45$$

$$M=275,43 \text{ ton.cm}$$

Çaprazları ve kiriş elemanını plakaya bağlayan kaynaklarda kontrol:

Kaynak kalınlığı:  $a=3 \text{ mm}$

Kaynak uzunluğu:  $l_k=4 \cdot (150-2 \cdot 3)=576 \text{ mm}$

Kaynak alanı:

$$F_k=0,3 \cdot 57,6=17,28 \text{ cm}^2$$

$$\tau_k = \frac{7,9}{17,28} = 0,46 \text{ t / cm}^2 < 1,25 \text{ t / cm}^2$$

Plakayı kirişe bağlayan kaynakta kontrol:

Kaynak kalınlığı:  $a=7 \text{ mm}$

Kaynak uzunluğu:  $l_k=600 \text{ mm}$

$$F_k=0,7 \cdot (60)=42 \text{ cm}^2$$

$$W_k = \frac{a \cdot l^2}{6} = \frac{0,7 \cdot 60^2}{6} = 420 \text{ cm}^3$$

$$\sigma_k = \frac{0,83}{42} + \frac{275,43}{420} = 0,68 \text{ t / cm}^2 < 0,75 \text{ t / cm}^2$$

$$\tau_k = \frac{4,5}{42} = 0,11 \text{ t / cm}^2 < 0,75 \text{ t / cm}^2$$

M16 bulonlarında kontrol:

$$N_s = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \tau_{sem} = \frac{\pi \cdot 1,7^2}{4} \cdot 1,6 = 3,63 \text{ ton}$$

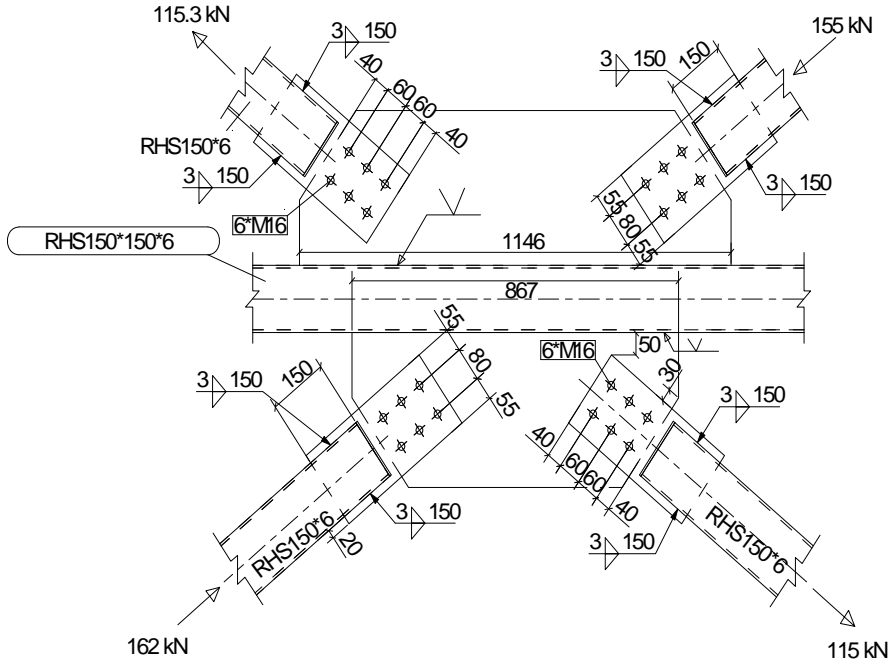
$$N_L = d \cdot t_{min} \cdot \sigma_{lem} = 1,7 \cdot 1,5 \cdot 3,2 = 8,16 \text{ ton}$$

Bir bulonun taşıyabileceği kuvvet  $N_{em}=N_s=3,63$  tondur.

$n=3$  adet bulon içi;

$$N=3 \times 3,63 = 10,89 \text{ ton} > 6,2 \text{ ton}$$

#### 6.4 Düşey Çaprazların Birleşimleri



Şekil 6.14 : 3800 mm kotunda düşey çapraz birleşim detayı.

Kesit tesirleri:

Maksimum kesit tesirleri COMBO50-HD kombinasyonundan elde edilmiştir.

$$N = 16,2 \text{ ton}$$

Kaynak kontrolü:

$$\text{Kaynak kalınlığı: } a = 3 \text{ mm} \leq 0,7 \cdot t_{min} = 4,2 \text{ mm}$$

$$\text{Kaynak uzunluğu: } l_k = 150 \text{ mm}$$

Kaynak alanı:

$$F_k = 4 \cdot 0,3 \cdot (15 - 2 \cdot 0,3) = 17,28 \text{ cm}^2$$

$$\tau_k = \frac{16,2}{17,28} = 0,938 \text{ t/cm}^2 < 1,25 \text{ t/cm}^2$$

M16 bulonlarında kontrol:

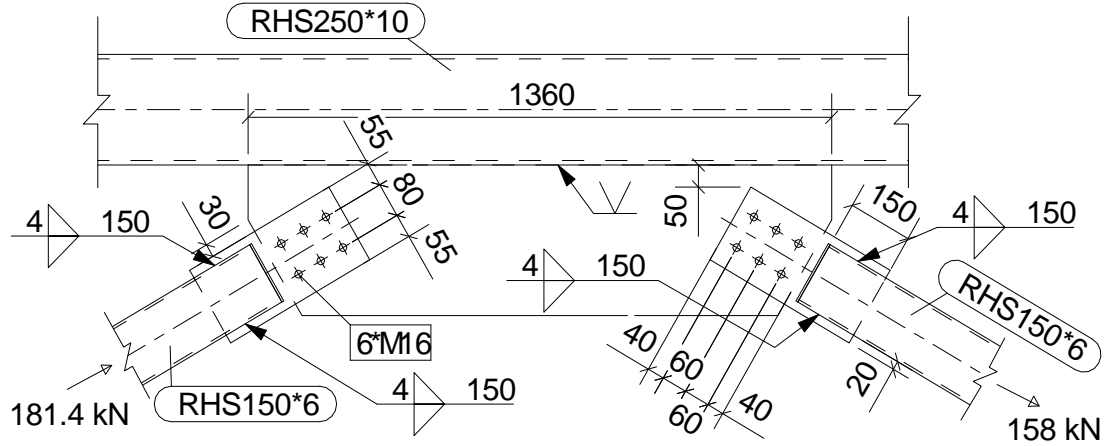
$$N_s = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \tau_{sem} = \frac{\pi \cdot 1,7^2}{4} \cdot 1,6 = 3,63 \text{ ton}$$

$$N_L = d \cdot t_{min} \cdot \sigma_{lem} = 1,7 \cdot 1,5 \cdot 3,2 = 8,16 \text{ ton}$$

Bir bulonun taşıyabileceği kuvvet  $N_{em} = N_s = 3,63$  tondur.

$n=6$  adet bulon için;

$$N = 6 \cdot 3,63 = 21,78 \text{ ton} > 16,2 \text{ ton}$$



**Şekil 6.15** : 10250 mm kotunda düşey çapraz-kiriş birleşim detayı.

Kesit tesirleri:

Maksimum kesit tesirleri COMBO50-HD kombinasyonundan elde edilmiştir.

$$N = 18,14 \text{ ton}$$

Kaynak kontrolü:

$$\text{Kaynak kalınlığı: } a = 4 \text{ mm} \leq 0,7 \cdot t_{min} = 4,2 \text{ mm}$$

$$\text{Kaynak uzunluğu: } l_k = 150 \text{ mm}$$

Kaynak alanı:

$$F_k = 4 \cdot 0,4 \cdot (15 - 2 \cdot 0,4) = 22,72 \text{ cm}^2$$

$$\tau_k = \frac{18,14}{22,72} = 0,8 \text{ t / cm}^2 < 1,25 \text{ t / cm}^2$$

M16 bulonlarında kontrol:

$$N_s = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \tau_{sem} = \frac{\pi \cdot 1,7^2}{4} \cdot 1,6 = 3,63 \text{ ton}$$

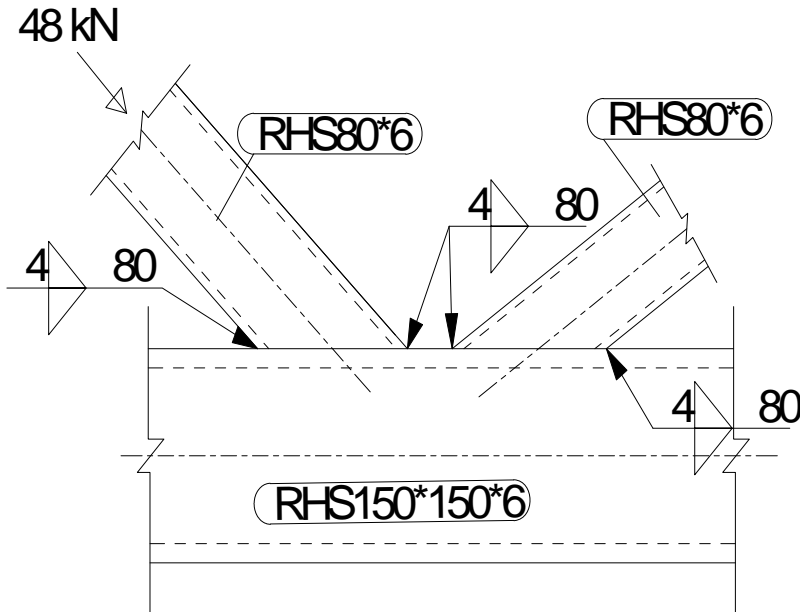
$$N_L = d \cdot t_{min} \cdot \sigma_{lem} = 1,7 \cdot 1,5 \cdot 3,2 = 8,16 \text{ ton}$$

Bir bulonun taşıyabileceği kuvvet  $N_{em} = N_s = 3.63$  tondur.

$n=6$  adet bulon içi;

$$N = 6 \times 3,63 = 21,78 \text{ ton} > 18,1 \text{ ton}$$

#### 6.4.1 Düşey çaprazları bağlayan diyagonaller ile çaprazların birleşimleri



Şekil 6.16 : Düşey çapraz ve onları bağlayan diyagonallerin birleşim detayı.

Kesit tesirleri:

Maksimum kesit tesirleri COMBO48-HD kombinasyonundan elde edilmiştir.

$$N = 4,8 \text{ ton}$$

Diyagonallerde kaynak kontrolü:

Kaynak kalınlığı:

$$a=4 \text{ mm}$$

Kaynak uzunluğu:

$$l_k=80 \text{ mm}$$

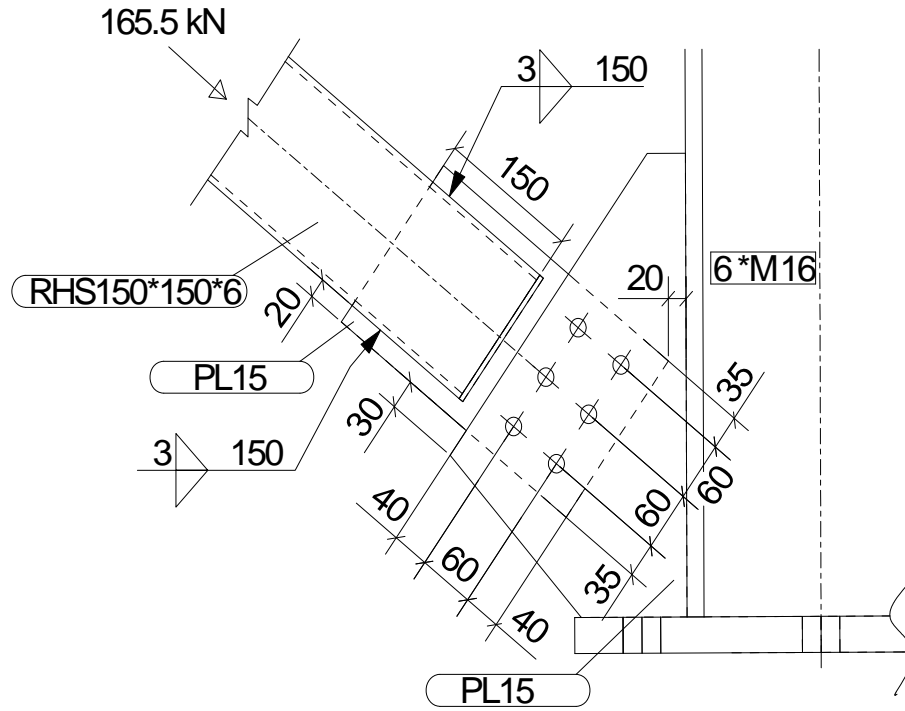
Kaynak alanı:

$$F_k = 2 \cdot 0,4 \cdot (8 - 2 \cdot 0,4) = 5,76 \text{ cm}^2$$

$$\tau_k = \frac{4,8}{5,76} = 0,83 \text{ t / cm}^2$$

$$\tau_k < 1,25 \text{ t / cm}^2$$

#### 6.4.2 Düşey çapraz-kolon birleşimleri



Şekil 6.17 : Düşey çapraz-kolon birleşim detayı.

Kesit tesirleri:

Maksimum kesit tesirleri COMBO50-HD kombinasyonundan elde edilmiştir.

$$N = 16,55 \text{ ton}$$

Çaprazda kaynak kontrolü:

Kaynak kalınlığı:  $a=4$  mm

Kaynak uzunluğu:  $l_k=150$  mm

$$F_k = 4 \cdot 0,3 \cdot (15 - 2 \cdot 0,3) = 17,28 \text{ cm}^2$$

$$\tau_k = \frac{16,55}{17,8} = 0,93 \text{ t / cm}^2 < 1,25 \text{ t / cm}^2$$

M16 uygun bulonlarında kontrol:

Bir bulonun taşıyabileceği kuvvet;

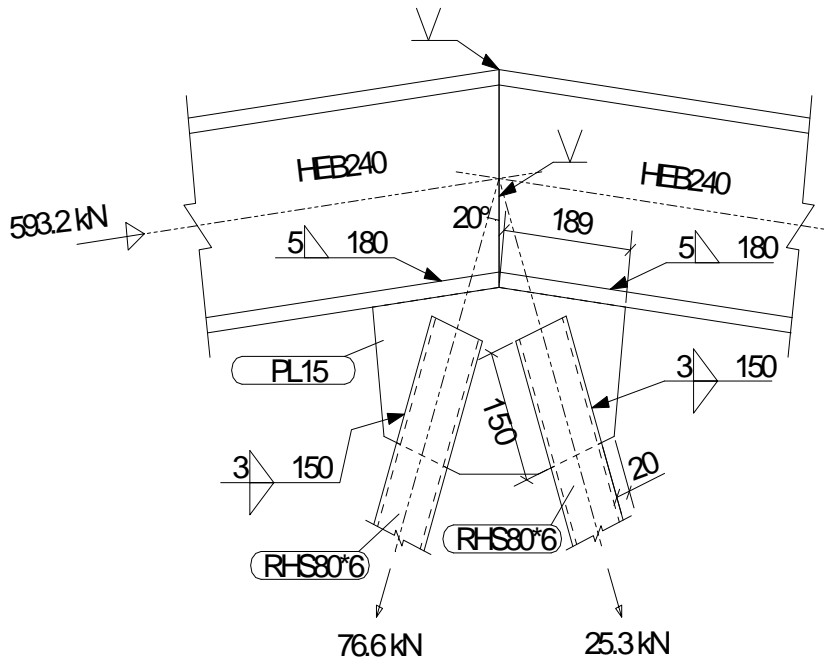
$$N_{em}=N_s=3,18 \text{ tondur.}$$

$n=6$  adet bulon için;

$$N=6 \times 3,63=21,78 \text{ ton} > 16,55 \text{ ton}$$

## 6.5 Çatı Makası Birleşimleri

### 6.5.1 Mahya bağlantısı hesabı



Şekil 6.18 : Mahya birleşim detayı.

$$\alpha=20^{\circ}$$

Kesit tesirleri:

Maksimum kesit tesirleri COMBO8-H kombinasyonundan elde edilmiştir.

$$P_1=59,32 \text{ ton}$$

Küt kaynak dikişinde kontrol:

$$F_k=F_{\text{profil}}=106 \text{ cm}^2 \text{ alınabilir.}$$

$$\sigma_k = \frac{P}{F_k} < 1,1 \text{ t / cm}^2 \quad (6.32)$$

$$\sigma_k = \frac{59,32}{106} = 0,56 \text{ t / cm}^2 < 1,1 \text{ t / cm}^2$$

Diyagonalleri plakaya bağlayan köşe kaynak dikişlerinde kontrol:

$$P_2=7,66 \text{ ton}$$

$$N_2=P \cdot \sin 20=2,62 \text{ ton}$$

$$Q_2=P \cdot \cos 20=7,2 \text{ ton}$$

$$\text{Kaynak kalınlığı: } a < 0,7 \cdot t_{\text{min}}=4,2 \text{ mm}$$

$$a=3 \text{ mm}$$

Kaynak uzunluğu:

$$l_k=150 \text{ mm}$$

Kaynak alanı:

$$F_k=4 \cdot 0,3 \cdot (15 - 2 \cdot 0,3) = 17,28 \text{ cm}^2$$

$$\tau_k = \frac{7,66}{17,28} = 0,44 \text{ t / cm}^2$$

$$\tau_k < 1,1 \text{ t / cm}^2$$

Plakayı üstbaşlıklara bağlayan köşe kaynak dikişlerinde kontrol:

$$\text{Kaynak kalınlığı: } a=5 \text{ mm}$$

$$\text{Kaynak uzunluğu: } l_k=180 \text{ mm}$$

Kaynak alanı:

$$F_k = 0,5 \cdot (18 - 2 \cdot 0,5) = 8,5 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_k = \frac{2,62}{8,5} = 0,31 \text{ t/cm}^2 < 0,75 \text{ t/cm}^2$$

$$\tau_k = \frac{7,2}{8,5} = 0,85 \text{ t/cm}^2 > 0,75 \text{ t/cm}^2$$

Kıyaslama gerilmesi;

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma_k^2 + \tau_k^2} < 1,1 \text{ t/cm}^2$$

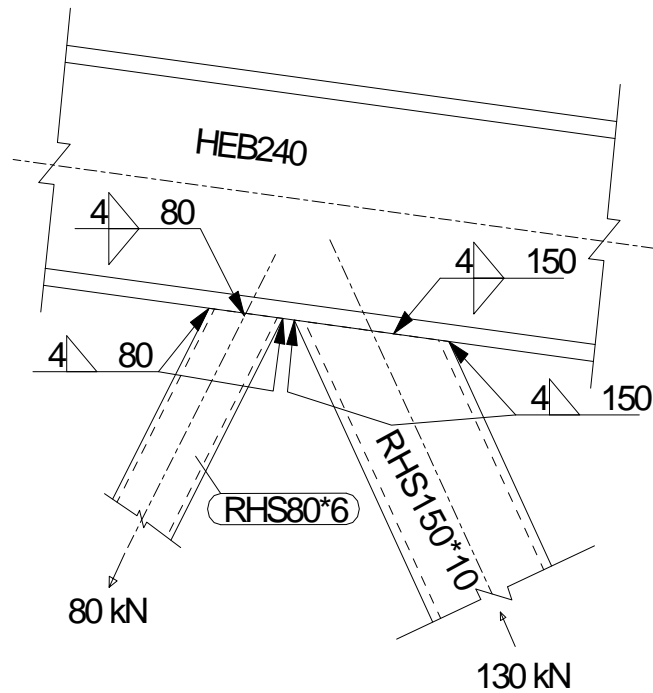
(6.33)

$$\sigma_v = \sqrt{0,31^2 + 0,85^2} = 0,9 \text{ t/cm}^2$$

$$\sigma_v < 1,1 \text{ t/cm}^2$$

### 6.5.2 Diyagonallerin bağlantı hesabı

Çatı makası diyagonallerinin altbaşlık ve üstbaşlık birleşimlerinde düğüm noktalarının hesabı için prokon adlı bilgisayar programı kullanılmıştır. Bu hesaplar ekler bölümünde bilgisayar çıktıları olarak bulunmaktadır.



Şekil 6.19 : Üstbaşlık-diyagonal birleşim detayı.

Kesit tesirleri:

Maksimum kesit tesirleri COMBO6-H kombinasyonundan elde edilmiştir.

$$N_1=13 \text{ ton}$$

$$N_2=8 \text{ ton}$$

RHS150x10 diyagonalinde kaynak kontrolü:

Kaynak kalınlığı:

$$a=4 \text{ mm}$$

Kaynak uzunluğu:

$$l_k=150 \text{ mm}$$

Kaynak alanı:

$$F_k=4 \cdot 0,4 \cdot (15-2 \cdot 0,4)=22,72 \text{ cm}^2$$

$$\tau_k = \frac{13}{22,72} = 0,57 \text{ t / cm}^2$$

$$\tau_k < 1,1 \text{ t / cm}^2$$

RHS80\*6 diyagonalinde kaynak kontrolü:

Kaynak kalınlığı: a=4 mm

Kaynak uzunluğu: l<sub>k</sub>=80 mm

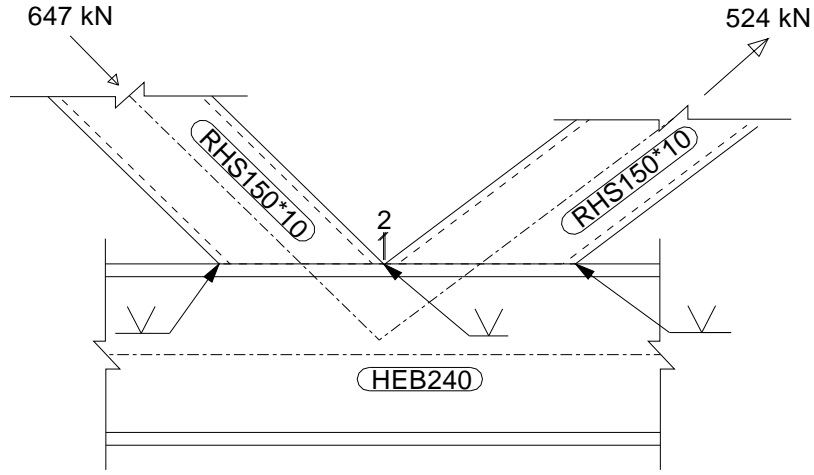
Kaynak alanı:

$$F_k=4 \cdot 0,4 \cdot (8-2 \cdot 0,4)$$

$$F_k=11,52 \text{ cm}^2$$

$$\tau_k = \frac{8}{11,52} = 0,694 \text{ t / cm}^2$$

$$\tau_k < 1,1 \text{ t / cm}^2$$



**Şekil 6.20 :** Altbaşlık-kenar diyagonal birleşim detayı.

Kesit tesirleri:

Maksimum kesit tesirleri COMBO6-H kombinasyonundan elde edilmiştir.

$N = 64,7$  ton

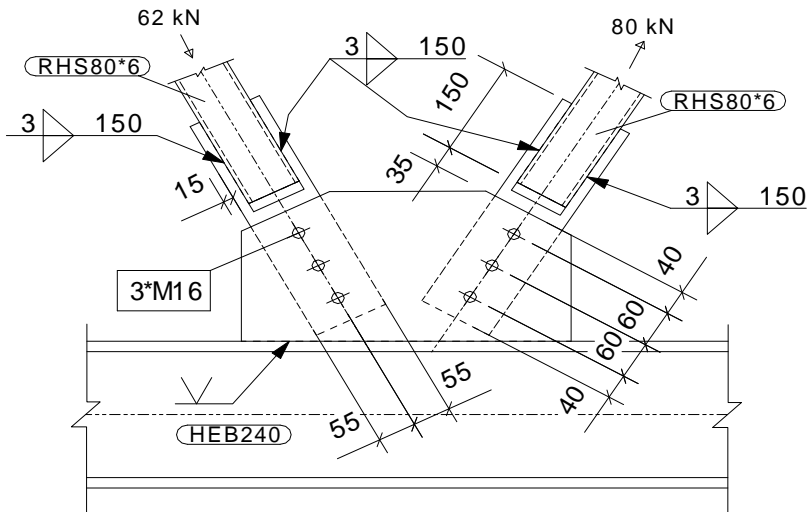
Kaynak kontrolü:

Küt kaynak kalınlığı:  $a = 10$  mm

Küt kaynak uzunluğu:  $l_k = 150$  mm

$F_k = 4 \cdot 1 \cdot 15 = 60$  cm<sup>2</sup>

$$\tau_k = \frac{64,7}{60} = 1,08 \text{ t / cm}^2 < 1,1 \text{ t / cm}^2$$



**Şekil 6.21 :** Altbaşlık-orta diyagonal birleşim detayı.

Kesit tesirleri:

Maksimum kesit tesirleri COMBO6-H kombinasyonundan elde edilmiştir.

$N = 8$  ton

Kaynak kontrolü:

Kaynak kalınlığı:  $a = 3 \text{ mm} \leq 0,7 \cdot t_{\min} = 4,2 \text{ mm}$

Kaynak uzunluğu:  $l_k = 150 \text{ mm}$

Kaynak alanı:

$$F_k = 3 \cdot 0,4 \cdot (15 - 2 \cdot 0,3) = 17,28 \text{ cm}^2$$

$$\tau_k = \frac{8}{17,28} = 0,463 \text{ t / cm}^2 < 1,25 \text{ t / cm}^2$$

M16 bulonlarında kontrol:

$$N_s = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \tau_{\text{sem}} = \frac{\pi \cdot 1,7^2}{4} \cdot 1,4 = 3,18 \text{ ton}$$

$$N_L = d \cdot t_{\min} \cdot \sigma_{\text{lem}} = 1,7 \cdot 1,5 \cdot 2,8 = 7,14 \text{ ton}$$

Bir bulonun taşıyabileceği kuvvet  $N_{\text{em}} = N_s = 3,18$  tondur.

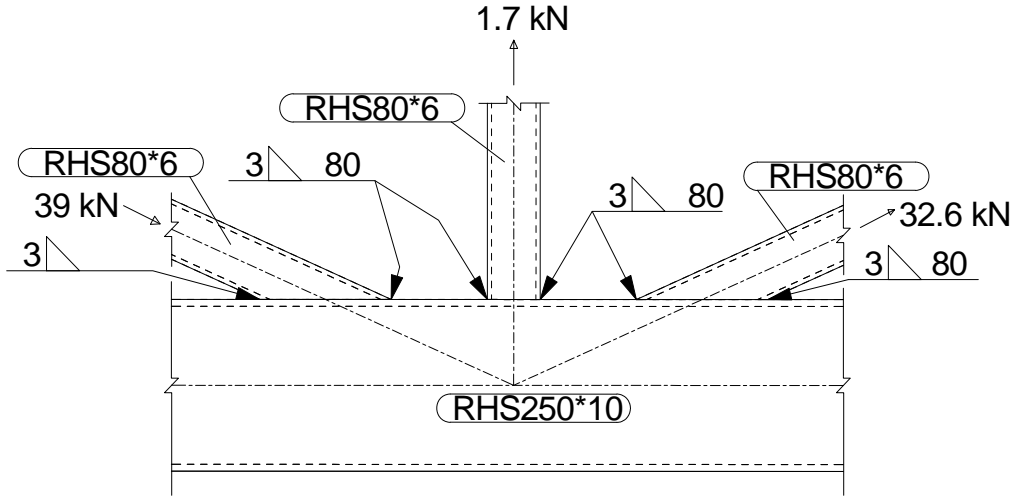
$n = 3$  adet bulon içi;

$$N = 3 \cdot 3,18 = 9,54 \text{ ton} > 8 \text{ ton}$$

## 6.6 Boyuna Doğrultudaki Makaslarda Diyagonallerin Birleşimleri

Bu makaslar çatıda ve kolonların arasında boyuna doğrultuda uzanan makaslardır. Kolonlarda 3800 mm ve 7600 mm kotlarında kolonları birbirlerine bağlarlar ve kolonların burkulmalarına engel olurlar.

Çatıda uzanan makaslar ise çatı makaslarını birbirlerine bağlar ve çatı makasının zayıf eksenini yönünde burkulmasını önlerler.



Şekil 6.22 : Boyuna doğrultudaki makaslarda diyagonal-kiriş birleşim detayı.

Kesit tesirleri:

Maksimum kesit tesirleri COMBO50-HD kombinasyonundan elde edilmiştir.

$N = 3,9$  ton

Kaynak kontrolü:

Kaynak kalınlığı:

$a = 3$  mm

Kaynak uzunluğu:

$l_k = 80$  mm

Kaynak alanı:

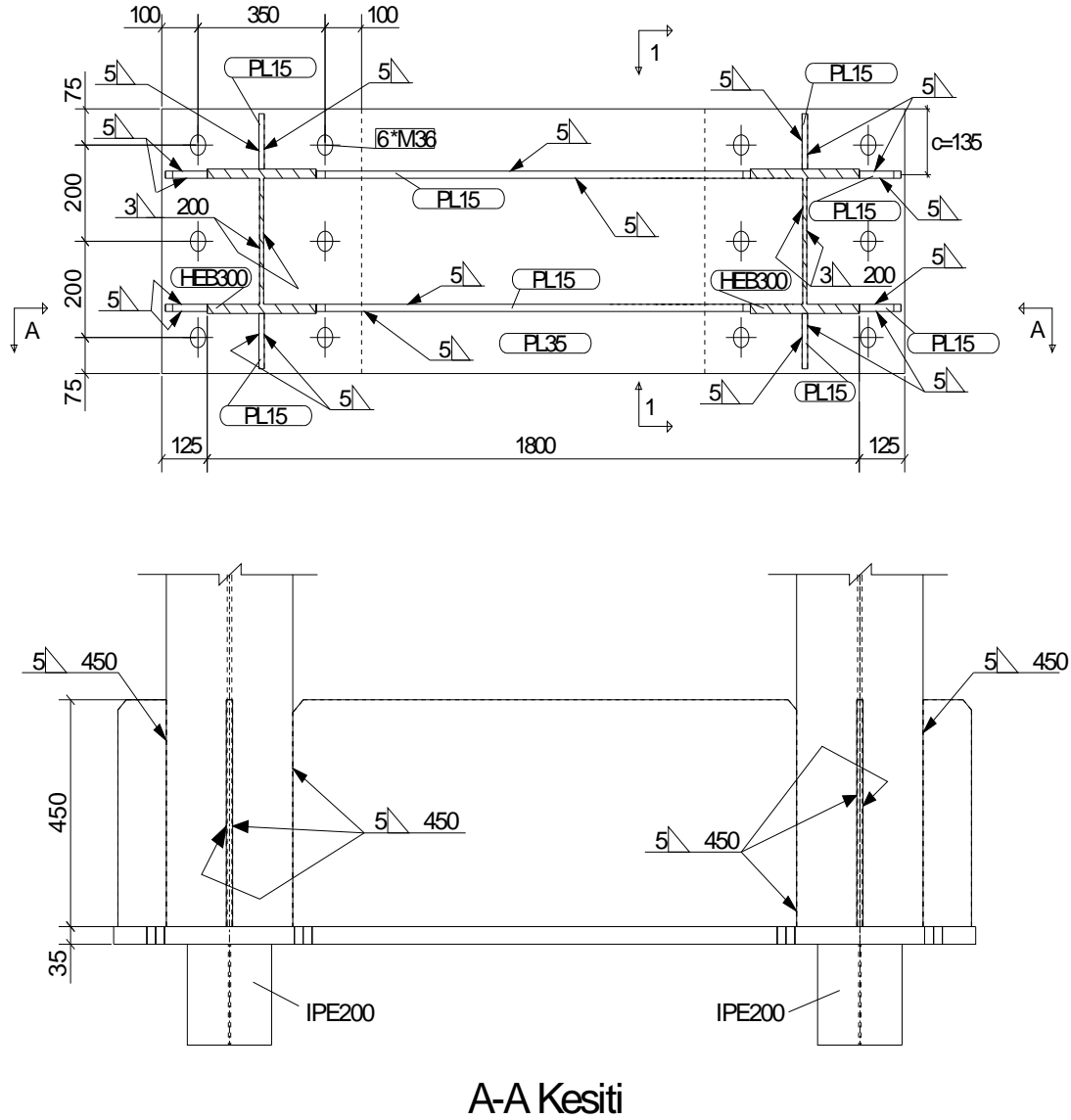
$F_k = 2 \cdot 0,3 \cdot (8 - 2 \cdot 0,3)$

$F_k = 4,44$  cm<sup>2</sup>

$\tau_k = \frac{3,9}{4,44} = 0,88t / \text{cm}^2$

$\tau_k \leq 1,25t / \text{cm}^2$

## 6.7 Kolon Ayağı Hesabı



Şekil 6.23 : Kolon ayağı detayı.

Kesit tesirleri:

Maksimum kesit tesirleri COMBO47-HD kombinasyonundan elde edilmiştir.

$N = 95,5$  ton

$H = 8$  ton

BS25 beton sınıfına göre beton bloğun basınç emniyet gerilmesi:

$$p_{em} = 70 \text{ kg / cm}^2$$

$$A=550 \text{ mm}$$

$$B=550 \text{ mm}$$

$$e_1=75 \text{ mm} > 2d=72$$

$$e=200 \text{ mm} > 3,5d=126$$

$$e_2=100 \text{ mm} > 1,5d=54$$

Beton basınç gerilmesi kontrolü:

$$P = \frac{N}{A \cdot B} \leq P_{em} \quad \text{"(6.34)}$$

$$P = \frac{95500}{55 \cdot 84} = 20,7 \text{ kg / cm}^2$$

$$P \leq 70 \text{ kg / cm}^2$$

Taban levhası kalınlığı:

$$M_1 = \frac{p \cdot c^2}{2} \quad \text{(6.35)}$$

$$M_1 = \frac{20,7 \cdot 13,25^2}{2} = 1817 \text{ kg.cm}$$

$$M_2 = \frac{p \cdot A}{2} \cdot \left(\frac{A}{4} - c\right) \quad \text{" (6.36)}$$

$$M_2 = \frac{20,7 \cdot 55}{2} \cdot \left(\frac{55}{4} - 13,25\right) = 285 \text{ kg.cm}$$

$$M_{\max} = 1817 \text{ kg.cm}$$

$$t \geq 2,45 \cdot \sqrt{\frac{M_{\max}}{\sigma_{\text{çem}}}} \quad \text{(6.37)}$$

$$t = 2,45 \cdot \sqrt{\frac{1817}{1660}} = 2,56 \text{ cm}$$

$$\Rightarrow t = 35 \text{ mm}$$

Guse levhasında tahkik:

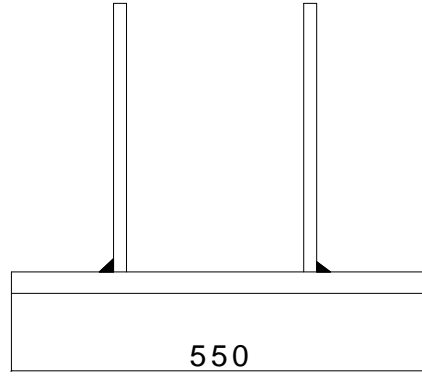
Guse levhasını profil başlığına bağlayan kaynakta kontrol:

Kaynak kalınlığı:  $a_1 = 0,7 \cdot t_{\min} = 0,7 \cdot 15 = 10,5 \text{ mm} \Rightarrow a = 5 \text{ mm}$

Kaynak uzunluğu:  $l_k = 450 \text{ mm}$

$F_k = 4 \cdot 0,5 \cdot (45 - 2 \cdot 0,5) = 88 \text{ cm}^2$

$$\tau_k = \frac{95,5}{88} = 1,08 \text{ t / cm}^2 < 1,25 \text{ t / cm}^2$$



Şekil 6.24 : Kolon ayağı 1-1 kesiti detayı.

1 – 1 kesitinde kontrol:

y, tarafsız eksenin taban levhasının alt kenarına olan mesafesinin göstermektedir.

$$y = \frac{45 \cdot 1,5 \cdot 2 \cdot 26 + 55 \cdot 3,5 \cdot 1,75}{1,5 \cdot 2 \cdot 45 + 3,5 \cdot 55} = 11,75 \text{ cm}$$

$$I_x = 2 \cdot \left( \frac{1,5 \cdot 45^3}{12} + 1,5 \cdot 45 \cdot (22,5 - 11,75)^2 \right) + 3,5 \cdot 55 \cdot (11,75 - 1,75)^2 + \frac{55 \cdot 3,5^3}{12}$$

$$I_x = 57828,7 \text{ cm}^4$$

Guse levhalarının uç kesitinde gerilme kontrolü:

$$M = p \cdot A \cdot \frac{c_B^2}{2} \tag{6.38}$$

$$M = 0,0207 \cdot 55 \cdot \frac{12,5^2}{2} = 89 \text{ ton.cm}$$

$$\Rightarrow \sigma = \frac{89}{57828,7} \cdot (45 + 3,5 - 11,75) = 0,06 \text{ t / cm}^2 < 1,66 \text{ t / cm}^2$$

Guse levhasını taban levhasına bağlayan kaynaklarda kontrol:

Kaynak kalınlığı:  $a=5$  mm

$$Q=p \cdot A \cdot c_B \quad (6.39)$$

$$Q=0,0207 \cdot 55 \cdot 12,5=14,23 \text{ ton}$$

$$\tau_k = \frac{Q \cdot S_x}{I_x \cdot 2 \cdot a_2} \leq \tau_{kem} \quad (6.40)$$

$$S_x = A \cdot t \cdot \left(y - \frac{t}{2}\right) \quad (6.41)$$

$$S_x = 55 \cdot 3,5 \cdot (11,75 - 1,75) = 1925 \text{ cm}^3$$

$$\tau_k = \frac{Q \cdot S_x}{I_x \cdot 2 \cdot a} < 1,25 \text{ t / cm}^2 \quad (6.42)$$

$$\tau_k = \frac{14,23 \cdot 1925}{57828,7 \cdot 2 \cdot 0,5} = 0,47 \text{ t / cm}^2 < 1,25 \text{ t / cm}^2$$

Kolon gövdesini taban levhasına bağlayan kaynaklarda kontrol:

Kaynak kalınlığı:  $a=3$  mm

Kaynak uzunluğu:  $l_k=200$  mm

$$F_k=2 \cdot 0,3 \cdot (20-2 \cdot 0,3)=11,64 \text{ cm}^2$$

$$\tau_k = \frac{10}{11,64} = 0,86 \text{ t / cm}^2 < 1,25 \text{ t / cm}^2$$

H kuvvetini betona aktaracak kamada kontroller:

Kullanılacak kama profili: IPE200

Enkesit özellikleri:

$b=100$  mm,  $l=200$  mm,  $t'=50$  mm

$$W_x=194,3 \text{ cm}^3$$

$$p' = \frac{H}{b \cdot (l - t')} \quad (6.43)$$

$$p' = \frac{8000}{10 \cdot (20 - 5)} = 53,33 \text{ kg / cm}^2 < 70 \text{ kg / cm}^2$$

$$M = p' \cdot \frac{(b - t')^2}{2} = 0,0533 \cdot \frac{(20 - 5)^2}{2} = 6 \text{ tcm}$$

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{6}{194,3} = 0,03 \text{ t / cm}^2 < 1,66 \text{ t / cm}^2$$

Kamayı taban levhasına bağlayan kaynaklarda kontrol:

$$I_k = 2 \cdot 0,6 \cdot \frac{(15,5 - 2 \cdot 0,6)^3}{12} + 2 \cdot 0,6 \cdot 10 \cdot 10,3^2$$

$$I_k = 1565,5 \text{ cm}^4$$

$$F_k = 2 \cdot 0,6 \cdot (15,5 - 2 \cdot 0,6) = 17,16 \text{ cm}^2$$

$$\tau_k = \frac{8}{17,16} = 0,47 \text{ t / cm}^2$$

$$\tau_k < 0,75 \text{ t / cm}^2$$

$$M = \frac{H \cdot (1 + t')}{2} = \frac{8 \cdot (20 + 5)}{2} = 100 \text{ tcm}$$

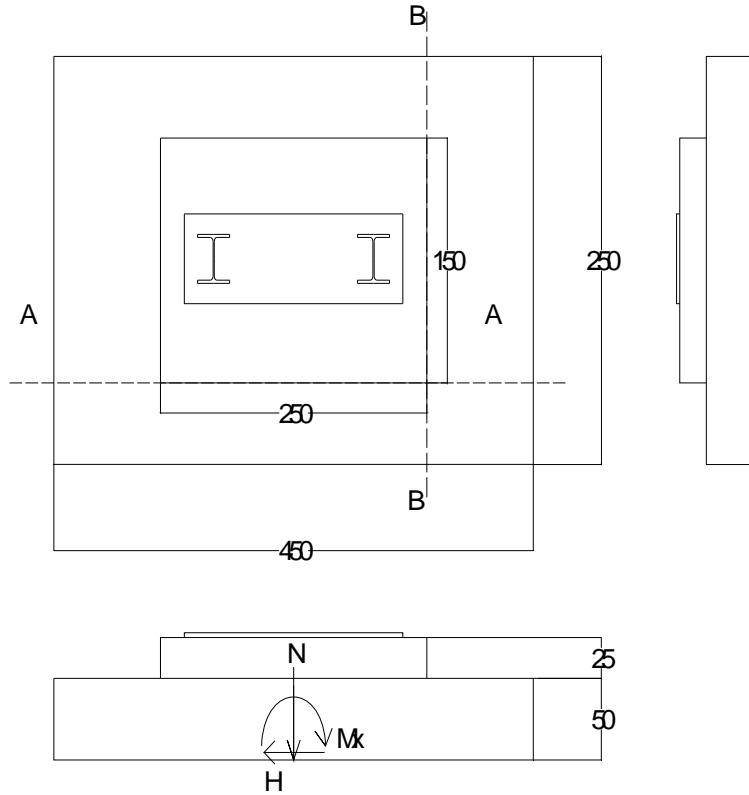
$$\sigma_k = \frac{M}{I_k} \cdot \left( \frac{1}{2} + a \right) = \frac{100}{1565,5} \cdot \left( \frac{20}{2} + 0,6 \right)$$

$$\sigma_k = 0,68 \text{ t / cm}^2$$

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma_k^2 + \tau_k^2} = \sqrt{0,68^2 + 0,47^2} = 0,83 \text{ t / cm}^2$$

$$\sigma_v < 1,25 \text{ t / cm}^2$$

## 6.8 Temel Hesabı[9]



Şekil 6.25 : Temel görünüşleri.

Zemin emniyet gerilmesi:

$$\sigma_{zem} = 200 \text{ kN / cm}^2$$

Kesit tesirleri:

Maksimum kesit tesirleri COMBO47-HD kombinasyonundan elde edilmiştir.

$$P_1=95,5 \text{ ton}$$

$$P_2=-31,5 \text{ ton}$$

$$N=64 \text{ ton}$$

$$H_1=8,15 \text{ ton}$$

$$H_2=3,44 \text{ ton}$$

$$H=11,6 \text{ ton}$$

$$M_x=(95,5+31,5) \cdot 0,75+11,6 \cdot 0,75=104 \text{ ton.m}$$

$$N_{temel}=2,5 \cdot (0,5 \cdot 4,5 \cdot 2,5)+2,5 \cdot (0,25 \cdot 1,5 \cdot 2,5)=16,41 \text{ ton}$$

Temel alanı:

$$A=4,5 \cdot 2,5=11,25 \text{ m}^2$$

Temel mukavemet momenti:

$$W_x=4,5^2 \cdot 2,5/6=8,4375 \text{ m}^3$$

Zeminde gerilme kontrolü:

$$\sigma_{\max} = \frac{N}{A} + \frac{M}{W} < 200 \text{ kN / cm}^2 \quad (6.44)$$

$$\sigma_{\min} = \frac{N}{A} - \frac{M}{W} > 0 \quad (6.45)$$

$$\sigma_{\max} = \frac{640 + 164,1}{11,25} + \frac{1040}{8,4375} = 194,7 \text{ kN / cm}^2 < 200 \text{ kN / cm}^2$$

$$\sigma_{\min} = \frac{804,1}{11,25} - \frac{1040}{8,4375} = -52 \text{ kN / cm}^2 < 0$$

Zeminde negatif gerilmeler oluşmaktadır. Bu durumda zeminin çekme gerilmeleri almadığı varsayımı yapılarak zeminde oluşan basınç bölgesi idealleştirilerek hesaba devam edilmiştir.

$$e=M/N \quad (6.46)$$

$$e=1040/804,1=1,3 \text{ m}$$

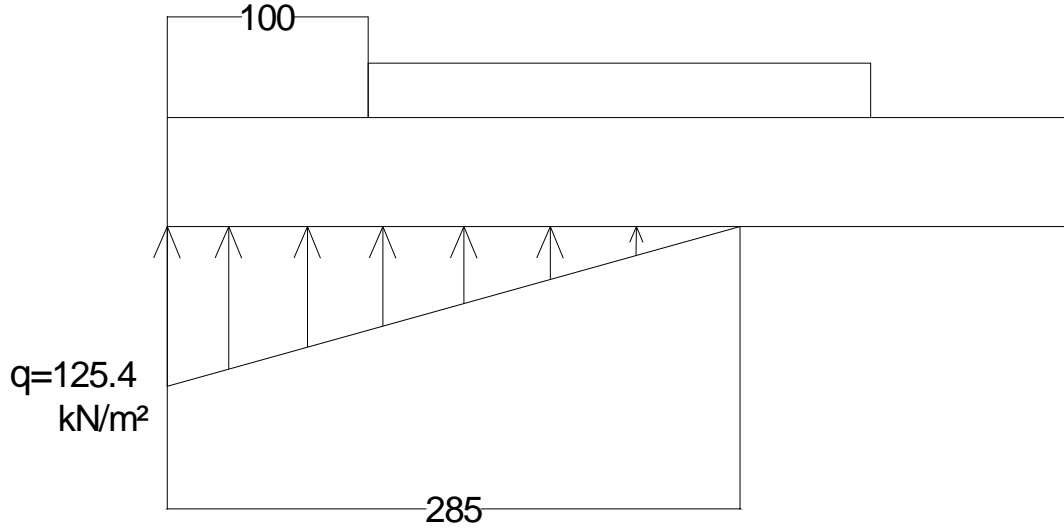
$$c=b/2-e \quad (6.47)$$

$$c=4,5/2-1,3=0,95 \text{ m}$$

$$3c=2,85 \text{ m}$$

$$\sigma = \frac{N}{\frac{c \cdot b}{2}} < 200 \text{ kN / cm}^2 \quad (6.48)$$

$$\sigma = \frac{2 \cdot 804,1}{2,85 \cdot 4,5} = 125,4 \text{ kN / cm}^2 < 200 \text{ kN / cm}^2$$



**Şekil 6.26 :** Temel altında oluşan basınç gerilmeleri.

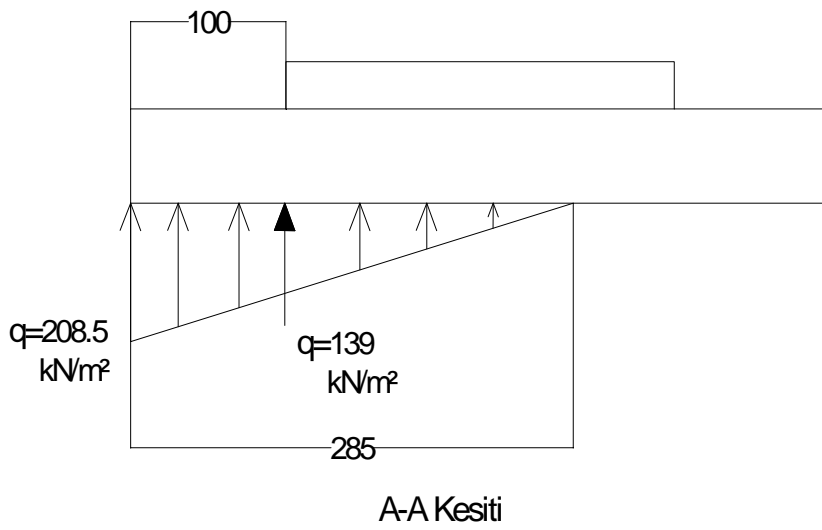
Kesit hesapları yapılırken temele etkiyen kuvvetler ortalama olarak 1.45 katsayısı ile artırılarak gerilme değerleri hesap edilmiştir.

$$N_d = 1,45 \cdot 804,1 = 1166 \text{ kN}$$

$$M_{x_d} = 1,45 \cdot 1040 = 1508 \text{ kNm}$$

$$\sigma_1 = \frac{2 \cdot 1166}{2,85 \cdot 4,5} = 182 \text{ kN / cm}^2$$

$$\sigma_2 = \frac{2 \cdot 1508}{2,85 \cdot 4,5} = 235 \text{ kN / cm}^2$$



**Şekil 6.27 :** Artırılmış yükler altında A-A kesiti altında oluşan basınç gerilmeleri.

A-A kesitinde hesap:

$$V_{dA} = \frac{(q_1 + q_2)}{2} \cdot l \cdot b \quad (6.49)$$

$$V_{dA} = \frac{(182 + 235)}{2} \cdot 1 \cdot 4,5 = 938,25 \text{ kN}$$

$$M_{dA} = \frac{1}{2} \cdot 2,5 \cdot 139 \cdot 1^2 + 69,5 \cdot 2,5 \cdot \frac{1}{2} \cdot 1^2 \cdot \frac{2}{3} = 231,67 \text{ kNm}$$

$$b_w = 1,0 \text{ m}$$

$$h = 0,5 \text{ m}$$

$$d = 0,45 \text{ m}$$

Pas payı  $d' = 0,05 \text{ m}$

$$K = \frac{b_w \cdot d^2}{M_{dA}} \quad (6.50)$$

$$K = \frac{1 \cdot 0,45^2}{231,67} = 87,4 \cdot 10^{-5}$$

BS25 beton kalitesi ve BÇIII donatı çeliği için;

$$k_s = 2,89$$

Gerekli donatı alanı:

$$A_s = \frac{k_s \cdot M_{dA}}{d} \quad (6.51)$$

$$A_s = \frac{2,89 \cdot 231,67}{0,45} = 1488 \text{ mm}^2$$

Seçilen donatı 18Φ12

$$\text{Donatı alanı } A_s = 2036 \text{ mm}^2$$

$$\text{Donatı aralığı: } 4500/18 = 250 \text{ mm}$$

Donatı oranı;

$$\rho = A_s / b_w \cdot d \quad (6.52)$$

$$\rho = 2036 / 1000 \cdot 450 = 0,0045 > 0,002 = \rho_{\min}$$

Kesme kuvvetinin karşılanması:

BS 25 beton sınıfı için;

$$f_{ctd}=1150 \text{ kN / cm}^2$$

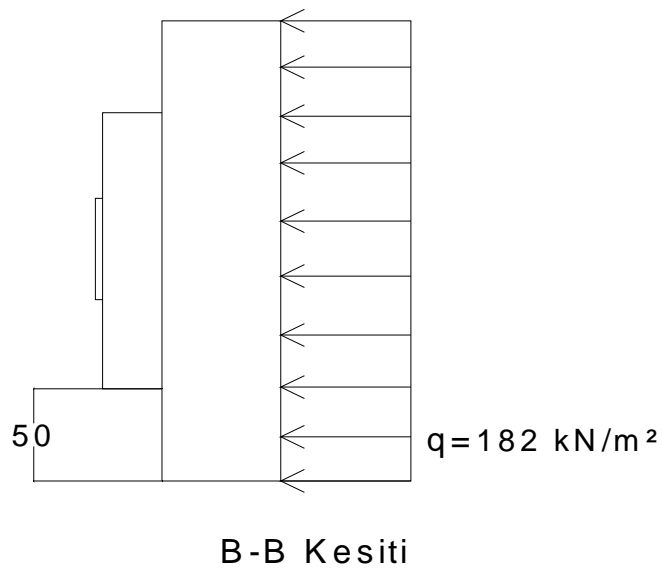
$$V_{cr}=0,65 \cdot f_{ctd} \cdot b \cdot d$$

(6.52)

$$V_{cr}=0,65 \cdot 1150 \cdot 4,5 \cdot 0,45=1513,7 \text{ kN}$$

$$V_{cr} > V_{dA}=938,25 \text{ kN}$$

B-B kesitinde hesap:



**Şekil 6.28** : Artırılmış yükler altında B-B kesiti altında oluşan basınç gerilmeleri.

$$V_{dB} = \frac{182}{2} \cdot 0,5 \cdot 4,5 = 204,75 \text{ kN}$$

$$M_{dB} = \frac{1}{2} \cdot 204,75 \cdot 0,5 = 51,2 \text{ kNm}$$

$$b_w=1,0 \text{ m, } h=0,5 \text{ m, } d=0,43 \text{ m}$$

Pas payı  $d'=0,07 \text{ m}$

$$K = \frac{b_w \cdot d^2}{M_{dA}} = \frac{1 \cdot 0,43^2}{51,2} = 361 \cdot 10^{-5}$$

BS25 beton kalitesi ve BÇIII donatı çeliği için;

$$k_s=2.80$$

Gerekli donatı alanı:

$$A_s = \frac{k_s \cdot M_{dA}}{d} = \frac{2,80 \cdot 51,2}{0,43} = 333,4 \text{ mm}^2$$

$$A_{smin}=1000 \text{ mm}^2$$

Seçilen donatı 10Φ12

$$\text{Donatı alanı } A_s=1131 \text{ mm}^2$$

$$\text{Donatı aralığı: } 2500/10=250 \text{ mm}$$

Donatı oranı:

$$\rho=A_s/b_w \cdot d=1131/1000 \cdot 250=0,0045>0,002=\rho_{min}$$

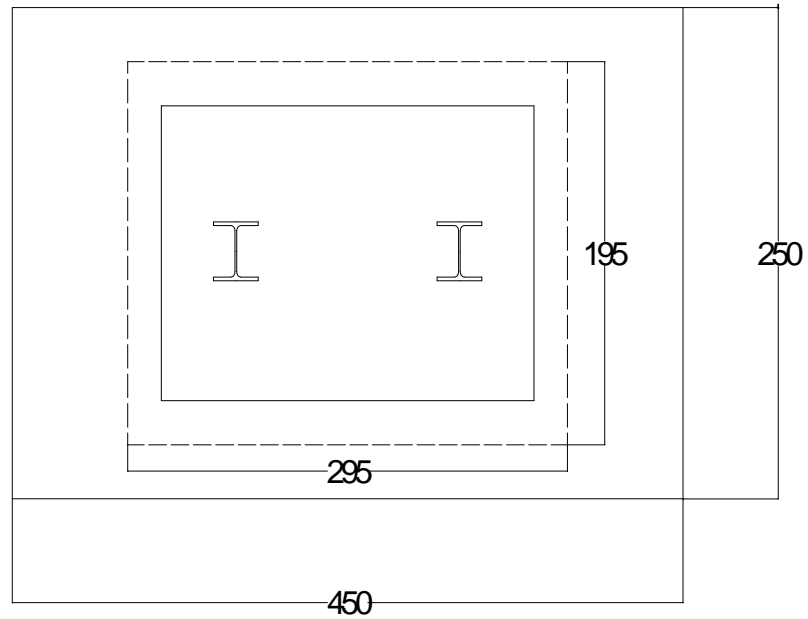
Kesme kuvvetinin karşılanması:

$$V_{cr}=0,65 \cdot f_{ctd} \cdot b \cdot d$$

$$V_{cr} = 0,65 \cdot 1150 \cdot 2,5 \cdot 0,43 = 803,6 \text{ kN}$$

$$V_{cr} > V_{dB} = 204,75 \text{ kN}$$

Zımbalama kontrolü:



Şekil 6.29 : Temelin zımbalama çevresi.

$$\sigma_s = 182 \cdot 4,5 / 2,85 = 287,4 \text{ kN / cm}^2$$

$$V_{pd} = q_s \cdot A_r \quad (6.53)$$

$$V_{pd} = 287,4 \cdot (4,5 \cdot 2,5 - 2,95 \cdot 1,95) = 1580 \text{ kN}$$

Zımbalama çevresi kenarları:

$$d_{ort} = (0,45 + 0,43) / 2 = 0,44 \text{ m}$$

Zımbalama çevresi:

$$u_p = 2 \cdot (1,95 + 2,95) = 9,8 \text{ m}$$

Zımbalama kontrolünde dışmerkezliğin %40 ı alınmıştır.

$$e_x = 0,4 \cdot M/N \quad (6.54)$$

$$e_x = 1040 \cdot 0,4 / 804 = 0,052$$

$$e_y = 0,015$$

$$\gamma = \frac{1}{1 + 1,5 \cdot \frac{e_x + e_y}{\sqrt{b_x \cdot b_y}}} \quad (6.55)$$

$$\gamma = \frac{1}{1 + 1,5 \cdot \frac{0,052 + 0,015}{\sqrt{1,95 \cdot 2,95}}} = 0,96$$

$$V_{pr} = \gamma \cdot f_{ctd} \cdot u_\varphi \cdot d_{ort} \quad (6.56)$$

$$V_{pr} = 0,96 \cdot 1150 \cdot 9,8 \cdot 0,44$$

$$V_{pr} = 4760 \text{ kN}$$

$$V_{pr} > V_{pd} = 1580$$

## **7. İKİNCİ SİSTEMİN STATİK YAPISI VE BOYUTLANDIRILMASI**

### **7.1 İkinci Sistemin Statik Yapısı**

Hesabı yapılan ilk sistemde çözüm olarak makaslardan yararlanılmıştı. Bu bölümde hesabı yapılan ilk sisteme alternatif bir çözüm yolu olarak, çerçevelerle bir statik sistem oluşturulmuş ve sistem çözümü yapılmıştır.

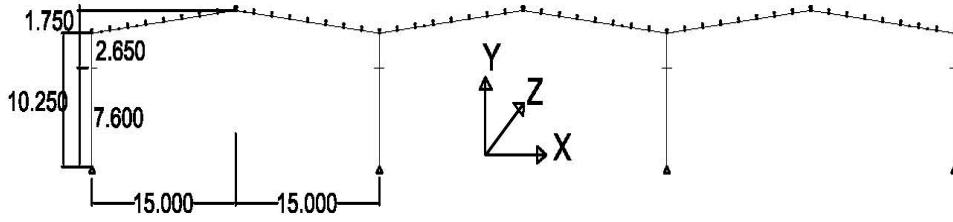
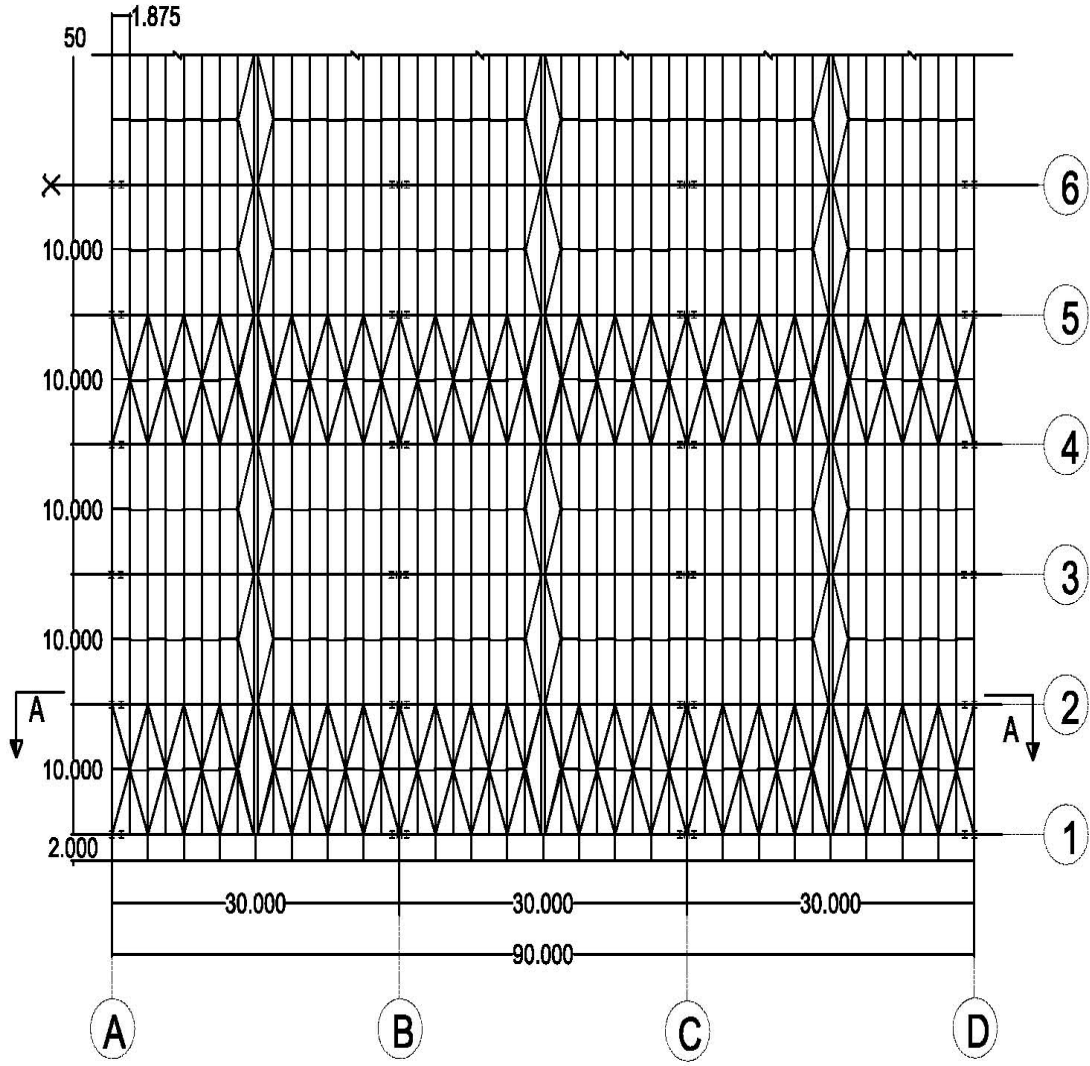
Sistemin çözümünde genel olarak ST37 çelik kalitesinde hadde profilleri kullanılmıştır. Kolon profillerinde ST52 çelik kalitesinde profiller tercih edilmiştir.

Sisteme etkiyen yükler ve yük kombinasyonları da birinci sistemde olduğu gibi alınmış ve yük değerleri için TS498 ve yük kombinasyonları için TS648 şartnameleri kullanılmıştır.

Çatı kaplaması yine hesabı yapılan birinci sistemde olduğu gibi sandviç panel olarak düşünülmüştür.

Bu sistem çözümünü yapmaktaki amacımız hesabı yapılan birinci sistemle bir karşılaştırma yaparak ekonomik olan çözüme ulaşmaktır. Bu nedenle bu bölümde sistemin yapısal ağırlığını bulabilmek için sadece sistemin boyutlandırması yapılacaktır.

Sisteme ait plan ve cephe görünüşleri aşağıda verilmiştir.



Şekil 7.1 : 2.Sistemin plan ve cephe görünüşü.

## 7.2 İkinci Sistemin Boyutlandırılması

### 7.2.1 Kolon boyutlandırması

Yapının kolon profili belirlenirken en büyük eksenel kuvveti taşıyan ve en büyük momenti taşıyan iki ayrı kolon için hesap yapılmıştır.

$$S_{kx}=1900\text{mm}$$

$$S_{ky}=3800\text{mm}$$

Seçilen kolon kesiti: HI1000x600x40x30

Enkesit özellikleri:

$$h = 1000 \text{ mm}, b = 600 \text{ mm}, t_w = 30 \text{ mm}, t_f = 40 \text{ mm}, i_x = 41,5 \text{ cm}, i_y = 13,8 \text{ cm}$$

$$F = 756 \text{ cm}^2, I_x = 1301232 \text{ cm}^4, I_y = 144207 \text{ cm}^4, W_x = 26025 \text{ cm}^3, W_y = 4807 \text{ cm}^3$$

$$F_b = b \cdot t_f + \left( \frac{h - 2t_f}{3} \right) \cdot t_w$$

$$F_b = 60 \cdot 4 + \left( \frac{100 - 2 \cdot 4}{3} \right) / 2 \cdot 3 = 286 \text{ cm}^2$$

$$I_{yb} = (4 \cdot 60^3) / 12 = 72000 \text{ cm}^4$$

$$i_{yb} = \sqrt{\frac{I_{yb}}{F_b}} = 15,87 \text{ cm}$$

$$\lambda_{yb} = \frac{380}{15,87} = 24$$

$$\lambda_x = \frac{K \cdot S_x}{i_x} = \frac{2 \cdot 190}{41,5} = 9,16$$

Maksimum Eksenel Kuvvete Göre Kolon Boyutlandırması:

Maksimum kesit tesirleri COMBO9-H kombinasyonundan elde edilmiştir.

$$N=160 \text{ ton}$$

$$M=99,3 \text{ ton.m}$$

$$C_b=1,75$$

$$\sigma_a = 2400 \text{ kg/cm}^2$$

$$\lambda_{yb}^* = \sqrt{\frac{3 \cdot 10^7 \cdot C_b}{\sigma_a}} = \sqrt{\frac{3 \cdot 10^7 \cdot 1,75}{2400}} = 148 \Rightarrow \lambda_{yb} < \lambda_{yb}^*$$

$$\sigma_{Bx} = \left[ \frac{2}{3} - \frac{\sigma_a \cdot \lambda_{yb}^2}{9 \cdot 10^7 \cdot C_b} \right] \cdot \sigma_a = \left[ \frac{2}{3} - \frac{2400 \cdot 24^2}{9 \cdot 10^7 \cdot 1,75} \right] \cdot 2400 = 1579 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{Bx} \geq 0,6 \cdot \sigma_a = 1440 \text{ kg/cm}^2 \Rightarrow \sigma_{Bx} = 1440 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{eb} = \frac{160000}{756} = 211,6 \text{ kg/cm}^2$$

$$\lambda(24; 9,16)_{\max}$$

$$\Rightarrow w = 1,05$$

$$\sigma_{bem} = \frac{\sigma_{\text{cem}}}{w_x} = \frac{1440}{1,05} = 1371 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{bx} = \frac{9930000}{26025} = 381,6 \text{ kg/cm}^2$$

$C_m = 0,85$  (uçları eksenine dik doğrultuda deplasman yapabilen çubuklar)

$$\sigma_{e'x} = \frac{829 \cdot 10^4}{9,16^2} = 98802 \text{ kg/cm}^2$$

Kontroller:

$$1) \frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{bem}} = \frac{211,6}{1371} = 0,154 > 0,15$$

$$2) \frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{bem}} + \frac{C_m \cdot \sigma_{bx}}{\left(1 - \frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{e'x}}\right) \cdot \sigma_{Bx}} = 0,154 + \frac{0,85 \cdot 381,6}{\left(1 - \frac{211,6}{98802}\right) \cdot 1440} = 0,38 \leq 1,0$$

$$3) \frac{\sigma_{eb}}{0,6 \cdot \sigma_a} + \frac{\sigma_{bx}}{\sigma_{Bx}} = \frac{211,6}{1440} + \frac{381,6}{1440} = 0,41 \leq 1,0$$

$\Rightarrow$  KESİT YETERLİ

Maksimum Momente Göre Kolon Boyutlandırması:

Maksimum kesit tesirleri COMBO3-H kombinasyonundan elde edilmiştir.

N =49 ton

M=342 ton.m

$C_b=1,75$

$\sigma_a=2400 \text{ kg/cm}^2$

$$\lambda_{yb}^* = \sqrt{\frac{3 \times 10^7 \cdot C_b}{\sigma_a}} = \sqrt{\frac{3 \times 10^7 \cdot 1,75}{2400}} = 148$$

$$\Rightarrow \lambda_{yb} < \lambda_{yb}^*$$

$$\sigma_{Bx} = \left[ \frac{2}{3} - \frac{\sigma_a \cdot \lambda_{yb}^2}{9 \cdot 10^7 \cdot C_b} \right] \cdot \sigma_a = \left[ \frac{2}{3} - \frac{2400 \cdot 24^2}{9 \cdot 10^7 \cdot 1,75} \right] \cdot 2400 = 1579 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{Bx} \geq 0,6 \cdot \sigma_a = 1440 \text{ kg/cm}^2$$

$$\Rightarrow \sigma_{Bx} = 1440 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{eb} = \frac{49000}{756} = 64,8 \text{ kg/cm}^2$$

$$\lambda(24;9,16)_{\max} \Rightarrow \lambda = 24$$

$$\Rightarrow w=1,05$$

$$\sigma_{bem} = \frac{\sigma_{cem}}{w_x} = \frac{1440}{1,05} = 1371 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{bx} = \frac{34200000}{26025} = 1314 \text{ kg/cm}^2$$

$C_m=0,85$  (uçları eksenine dik doğrultuda deplasman yapabilen çubuklar)

$$\sigma_{e'x} = \frac{829 \cdot 10^4}{9,16^2} = 98802 \text{ kg/cm}^2$$

Kontroller:

$$1) \frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{bem}} = \frac{64,8}{1371} = 0,047 > 0,15$$

$$2) \frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{bem}} + \frac{C_{mx} \cdot \sigma_{bx}}{(1 - \frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{e'x}}) \cdot \sigma_{Bx}} = 0,047 + \frac{0,85 \cdot 1314}{(1 - \frac{64,8}{98802}) \cdot 1440} = 0,82 \leq 1,0$$

$$3) \frac{\sigma_{eb}}{0,6 \cdot \sigma_a} + \frac{\sigma_{bx}}{\sigma_{Bx}} = \frac{64,8}{1440} + \frac{1314}{1440} = 0,96 \leq 1,0$$

⇒ KESİT YETERLİ

### 7.2.2 Çerçeve kirişlerinin boyutlandırması

$$S_{kx} = 15000 \text{ mm}$$

$$S_{ky} = 3750 \text{ mm}$$

Kesit tesirleri:

Maksimum kesit tesirleri COMBO6-H kombinasyonundan elde edilmiştir.

$$M = 136,4 \text{ ton.m}$$

$$N = 32,5 \text{ ton}$$

$$W_{lüz} = \frac{M}{\sigma_{em}} = \frac{136400}{14,4} = 9472,2 \text{ cm}^3$$

Seçilen Profil: HEB900

Enkesit özellikleri:

$$W_x = 10980 \text{ cm}^3, i_x = 36,48 \text{ cm}, i_y = 6,53 \text{ cm}, F = 371,3 \text{ cm}^2$$

$$d = 770 \text{ mm}, t_w = 18,5 \text{ mm}, t_f = 35 \text{ mm}, b = 300, h_i = 830 \text{ mm}$$

$$\sigma = \frac{M}{W_x} = \frac{13640}{10980} = 1,24 \text{ t/cm}^2 < 1,44 \text{ t/cm}^2$$

⇒ KESİT YETERLİ

Yanal burkulma kontrolü:

$$F_b = 30 \times 3,5 + 83 \times 1,85 / 6 = 130,6 \text{ cm}^2$$

$$I_{yb} = 3,5 \times 30^3 / 12 = 7875 \text{ cm}^4$$

$$i_{yb} = \sqrt{\frac{7875}{130,6}} = 7,8 \text{ cm}$$

$$\lambda_{yb} = \frac{375}{7,8} = 48$$

$$C_b = 1,0$$

$$\lambda_{yb}^* = \sqrt{\frac{3 \cdot 10^7 \cdot C_b}{\sigma_a}} = \sqrt{\frac{3 \cdot 10^7 \cdot 1,0}{2400}} = 112 \Rightarrow \lambda_{yb} < \lambda_{yb}^*$$

$$\sigma_B = \left[ \frac{2}{3} - \frac{\sigma_a \cdot \lambda_{yb}^2}{9 \cdot 10^7 \cdot C_b} \right] \cdot \sigma_a = \left[ \frac{2}{3} - \frac{2400 \cdot 48^2}{9 \cdot 10^7 \cdot 1,0} \right] \cdot 2400 = 1452,5 \text{ t / cm}^2$$

$$\sigma_B \geq 0,6 \cdot \sigma_a = 1440 \text{ t / cm}^2 \Rightarrow \text{yanal burkulma tehlikesi yoktur.}$$

### 7.2.3 Düşey çaprazların boyutlandırması

$$S_{kx} = 628 \text{ cm}, S_{ky} = 314 \text{ cm}$$

Kesit tesirleri:

Maksimum kesit tesirleri COMBO50-HD kombinasyonundan elde edilmiştir.

$$N = -31 \text{ ton}$$

Seçilen Profil: RHS 150x150x10

Enkesit özellikleri:

$$F = 56 \text{ cm}^2, i_x = i_y = 5,73 \text{ cm}$$

$$\lambda_{\max} = \frac{628}{5,73} = 110 < 120 \Rightarrow w = 2,2$$

$$\sigma = \frac{w \cdot P}{F} = \frac{2,2 \cdot 31}{56}$$

$$\sigma = 1,22 \text{ t / cm}^2 < 1,66 \text{ t / cm}^2$$

$\Rightarrow$  KESİT YETERLİ

#### 7.2.4 Yatay çaprazların boyutlandırması

$$S_{kx}=S_{ky}=535 \text{ cm}$$

Kesit tesirleri:

Maksimum kesit tesirleri COMBO50-HD kombinasyonundan elde edilmiştir.

$$N = -9 \text{ ton}$$

Seçilen Profil: RHS 120x120x6

Enkesit özellikleri:

$$F=27,36 \text{ cm}^2, i_{\min}=4,66 \text{ cm}$$

$$\lambda_{\max} = \frac{S_k}{i_{\min}} = \frac{535}{4.66} = 115 < 120 \Rightarrow w=2,35$$

$$\sigma = \frac{2,35 \cdot 9}{27,36} = 0,77 \text{ t / cm}^2 < 1,66 \text{ t / cm}^2 \Rightarrow \text{KESİT YETERLİ}$$

#### 7.2.5 Boyuna doğrultudaki kirişlerin boyutlandırması

$$S_{kx}=500 \text{ cm}, S_{ky}=1000 \text{ cm}$$

Kesit tesirleri:

Maksimum kesit tesirleri COMBO50-HD kombinasyonundan elde edilmiştir.

$$N = -18,4 \text{ ton}$$

Seçilen profil: RHS 250x250x10

Enkesit özellikleri:

$$F=96 \text{ cm}^2$$

$$i_x=i_y=9,81 \text{ cm}$$

$$\lambda = \frac{S_k}{i_{\min}} = \frac{1000}{9.81} = 102 < 120 \Rightarrow w=2,01$$

$$\sigma = \frac{2,01 \cdot 18,4}{96}$$

$$\sigma = 0,39 \text{ t / cm}^2 < 1,66 \text{ t / cm}^2$$

$\Rightarrow$  KESİT YETERLİ

## 8. SONUÇ

Bu çalışmada bir çelik hal yapısı için en ekonomik olan sistem tasarımı için araştırma ve incelemeler yapılarak en ekonomik sistem çözümünün bulunması amaçlanmıştır. Bu bağlamda araştırma için seçilen ve tasarımı yapılan bu çelik hal yapısında iki farklı sistem analizi yapılmıştır.

Tasarımı yapılan bu çelik hal yapısında, karşılaştırmak için tasarlanan her iki sisteme etkiyen zati yükler, kar yükleri, rüzgar yükleri, deprem etkileri ve krenlerin çalışması durumlarında yapıya etkiyen yükler aynı alınmıştır.

Yapıya etkiyen deprem etkileri için ise D.B.Y.Y:H.Y, 2007 şartnamesi kullanılmıştır. Bu şartnamede merkezi çaprazlı çelik sistemler için verilen narinlik koşulu dikkate alınmıştır. Bu koşul gözönüne alınarak yapının boyutlandırması yapılmıştır ve özellikle çapraz elemanlarda boyutlama yapmak için narinlik koşulunun sağlanmasının, gerilme koşullarının sağlanmasından daha önemli olduğu ve kesit tayinlerinde daha belirleyici rol oynadığı sonucuna varılmıştır.

En ekonomik sistemin bulunması için yapılan araştırmaların dışında, en ekonomik aşık kesitinin tayini için de araştırma yapılmıştır. Bu amaçla çeşitli aşık çözümleri denenmiştir. Aşık boyu 10 metredir ve aşıklar ortadan gergili olarak tasarlanmıştır. En ekonomik aşık çözümünü bulabilmek için aşıklar, hadde profilinden yapılma sürekli kirişin yanı sıra gerber kirişi ve petek kiriş olarak da tasarlanmıştır. Bu araştırma sonucunda uzun açıklıklar geçecek olan aşıklar için, gerilmelerden çok sehim koşulunun aşık kesitini tayin etmekte önemli rol oynadığı görülmüştür. Bu nedenle çözümü yapılan her üç kiriş için de aynı kesit tayini sonucuna varılmıştır.

Ekonomik sistem araştırması yapabilmek için tasarlanan birinci modelde genel olarak makaslardan yararlanılmıştır. Sistemin çatısında yükleri kolonlara aktarmak amacıyla çatı makası yapılmıştır ve bu çatı makasları boyuna doğrultudaki makaslarla tutulmuş ve birbirlerine bağlanmışlardır.

Sistemin kolonları ise örgü kolon olarak tasarlanmıştır. Yapıda bu kolonların arasında boyuna doğrultuda uzanan ve bu kolonları birbirlerine bağlayan makas sistemleri bulunmaktadır. Sistemin düşey stabilite bağlantıları da diyagonaller ile birbirlerine bağlanmış ve çaprazların beraber çalışmalarını sağlamak amacıyla makaslar oluşturulmuştur.

Tasarlanan ikinci modelde ise çerçeve sistemlerden yararlanılmıştır. Bu sistem boyutlandırılırken birinci sistemde olduğu gibi TS648 ve D.B.Y.Y.H.Y şartnameleri kullanılmıştır ve ST37 kalitesinde çelikler kullanılmıştır.

Analizi yapılan ve boyutlandırılan bu iki sistemin ekonomik açıdan değerlendirmesi aşağıdaki çizelgeler ışığında yapılacaktır.

**Çizelge 8.1 : 1. Sistemde kullanılan profiller ve ağırlıkları.**

<b>1.SİSTEMDE KULLANILAN PROFİLLER ve AĞIRLIKLARI</b>			
<b>Profil</b>	<b>Çelik Kalitesi</b>	<b>Uzunluk(m)</b>	<b>Ağırlık(ton)</b>
RHS80x80x6	ST37	4509	63
RHS150x150x10	ST37	804	35
HE240B	ST37	1987	169
HE300B	ST37	785	92
RHS250x250x10	ST37	4200	316
2xUPN100	ST37	589	12
RHS120x120x6	ST37	2052	44
RHS150x150x6	ST37	1707	46
<b>TOPLAM</b>		16633	779

**Çizelge 8.2 : 2. Sistemde kullanılan profiller ve ağırlıkları.**

<b>2.SİSTEMDE KULLANILAN PROFİLLER ve AĞIRLIKLARI</b>			
<b>Profil</b>	<b>Çelik Kalitesi</b>	<b>Uzunluk(m)</b>	<b>Ağırlık(ton)</b>
HI1000x600x30x40	ST37	506	300
HE900B	ST37	997	290
150x150x10	ST37	584	26
250x250x10	ST37	3260	246
120x120x6	ST37	2052	44
<b>TOPLAM</b>		7399	906

Çizelge 8.1 ve çizelge 8.2 incelendiğinde, çözümü yapılan her iki sistemin toplam ağırlıkları görülmektedir. Bu bilgiler ışığında ekonomik olan sisteme karar verebilmek mümkün olabilecektir.

Tasarımı yapılan birinci sistemde HEB300 profilleri kolonlarda kullanılan profillerdir. Yapı boyunca toplam 785 metre HEB300 hadde profilleri kullanılmıştır. Bu profillerin toplam ağırlıkları ise 92 ton gelmektedir. Kolonların örgü kolon olarak çalışmasını sağlayan diyagonal ve dikme profilleri ise 2xUNP100 hadde profilleridir. Bu profillerin yapı boyunca toplam boyu 589 metre ve toplam ağırlıkları 12 ton gelmektedir. Bu durumda birinci sistem için kullanılan kolon elemanlarının toplam ağırlıkları 104 ton gelmektedir.

Birinci sistem için kullanılan HEB240 profilleri çatı makaslarının altbaşlık ve üstbaşlık kirişlerini oluşturan profillerdir. Bu profillerden yapı boyunca toplam olarak 1987 metre kullanılmaktadır. Kullanılan bu HEB240 profillerinin toplam ağırlığı ise 169 ton gelmektedir.

Çatı makaslarının kenar diyagonalleri için RHS150x150x10 kutu profilleri kullanılmıştır. Bu profillerin yapı boyunca toplam uzunluğu 804 metre ve toplam ağırlıkları ise 35 tondur. Çatı makasının ortalarındaki diyagonallerinde ise RHS80x80x6 kutu profilleri tercih edilmiştir.

Çatıda ve kolonların arasında boyuna doğrultuda uzanan makasların diyagonal ve dikmelerinde de çatı makası orta diyagonallerinde olduğu gibi RHS80x80x6 kutu profilleri kullanılmıştır. Yapıda boyunca toplam 4509 metre RHS80x80x6 kutu profili kullanılmıştır. Bu profillerin toplam ağırlıkları ise 63 ton gelmektedir.

Yapının yatay stabilite bağlantıları için RHS120x120x6 kutu profilleri kullanılmıştır. Bu profillerden yapıda toplam olarak 2052 metre kullanılmıştır ve toplam ağırlıkları 44 ton gelmektedir.

RHS150x150x6 kutu profilleri düşey stabilite bağlantıları için kullanılan profillerdir. Aynı zamanda kolonları bağlayan boyuna doğrultudaki makaslarda kiriş elemanları olarak da kullanılmıştır. Yapı boyunca toplam 1707 metre RHS150x150x6 kutu profili kullanılmıştır. Bu profillerin yapıdaki ağırlıkları ise 46 tondur.

Yapıda boyuna doğrultuda uzanan makaslarda ve çatı kirişlerinde ise RHS250x250x10 kutu profilleri kullanılmıştır. Bu profillerin toplam uzunluğu 4200 metre ve toplam ağırlıkları 316 ton gelmektedir.

Bu bilgiler ışığında, analiz edilen birinci sistemin toplam yapısal ağırlığı 779 ton olarak hesaplanmıştır.

Tasarımı yapılan ikinci sistemde HI1000x600x30x40 yapma profilleri çerçeve sistemin kolonlarında kullanılan profillerdir. Yapı boyunca toplam 506 metre HI1000x600x30x40 yapma profiller kullanılmıştır. Bu profillerin toplam ağırlıkları ise 300 ton gelmektedir.

Çerçeve kirişlerinde HEB900 hadde profilleri kullanılmıştır. Yapı boyunca toplam 997 metre HEB900 profili kullanılmıştır. Bu profillerin yapıdaki ağırlıkları ise 290 tondur.

Yapının yatay stabilite bağlantıları için birinci sistemde olduğu gibi burada da RHS120x120x6 kutu profilleri kullanılmıştır. Bu profillerden yapıda toplam olarak 2052 metre kullanılmıştır ve toplam ağırlıkları 44 ton gelmektedir.

Yapının düşey stabilite bağlantıları için ise RHS150x150x10 kutu profilleri kullanılmıştır. Bu profillerden yapıda toplam olarak 584 metre kullanılmıştır ve toplam ağırlıkları 26 ton gelmektedir.

Yapının boyuna doğrultuda uzanan bütün kirişleri için ise RHS250x250x10 kutu profilleri kullanılmıştır. Bu profillerden yapıda 3260 metre kullanılmıştır ve yapıdaki ağırlıkları 246 ton gelmektedir.

Bu bilgiler ışığında, analiz edilen ikinci sistemin toplam yapısal ağırlığı 906 ton olarak hesaplanmıştır.

Sonuç olarak, bu tez çalışmasında aynı çelik hal yapısı için iki farklı sistemin analizi sonucu yapılan incelemeler, çözümü yapılan birinci sistemin daha hafif ve dolayısıyla daha ekonomik bir çözüm olduğunu göstermektedir. Buradan çıkarılacak sonuç ise, geniş açıklıklara sahip bu tarz bir çelik hal yapısında, çerçeve sistemler ile çözüme gitmek yerine kafes sistemlerden oluşan bir sistem teşkili yoluna gitmenin daha uygun, daha ekonomik bir çözüm olduğudur.



## KAYNAKLAR

- [1] **TS-698**, 1980, Çelik yapıların hesap ve yapım kuralları, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- [2] **TS-3357**, 1979, Çelik yapılarda kaynaklı birleşimlerin hesap ve yapım kuralları, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- [3] **TS-498**, 1987, Yapı elemanlarının boyutlandırılmasında alınacak yüklerin hesap değerleri, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- [4] **D.B.B.Y.Y.H**, 1997, Deprem bölgelerinde yapılacak yapılar hakkında yönetmelik, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- [5] **Deren, Hilmi**, 1995, *Çelik Yapılar*, İ.T.Ü İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul
- [6] **Özgen, Alpay**, 1980, *Monografiler*, İ.T.Ü, İstanbul
- [7] **Özgen, Alpay**, 1985, *II. Çelik Yapılar Seminer Notları*, İ.T.Ü, İstanbul
- [8] **Odabaşı, Yalman**, 2002, *Ahşap ve Çelik Yapı Elemanları*, İ.T.Ü, İstanbul
- [9] **Celep, Zekai ve Kumbasar, Nahit**, 2005, *Betonarme Yapılar*, İ.T.Ü, İstanbul

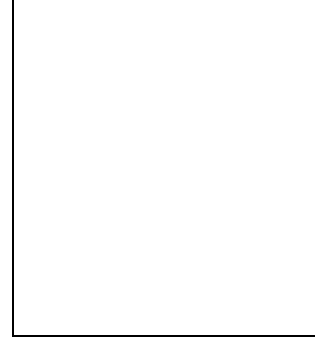


## **EKLER**

**EK 1 : Bilgisayar Programı Çıktıları**



## ÖZGEÇMİŞ



**Ad Soyad:** Eren Nesil ÇİFTLİK

**Doğum Yeri ve Tarihi:** Ankara, 1984

**Adres:** Çiğdem Mah. 1578. Cd. No:7/14 Karakusunlar/ Ankara

**Lisans Üniversite:** İstanbul Teknik Üniversitesi

**Yayın Listesi:**