

55892

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

55892

**BELLİ BİR SANAYİ YAPISININ
ÇELİK KONSTRÜKSİYON OLARAK PROJELENDİRİLMESİNDE
EKONOMİK EKSEN SİSTEMİNİN BELİRLENMESİ ÜZERİNE ARAŞTIRMA**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş. Müh. Deniz ÖZERGÜL

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 27 Mayıs 1996

Tezin Savunulduğu Tarih : 10 Haziran 1996

Tez Danışmanı

: Prof. Dr. Yalman ODABAŞI

Diğer Jüri Üyeleri

: Prof. Dr. Nesrin YARDIMCI

: Yrd. Doç. Dr. Güliz Bayramoğlu

HAZİRAN 1996

ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasında, bir sanayi yapısının çelik konstrüksiyon olarak projelendirilmesinde ekonomik eksen sisteminin belirlenmesi üzerine bir araştırma yapılmıştır. Proje ön safhasında yapılacak böyle ayrıntılı bir araştırmanın, mühendisliğin gerçek anlamda ortaya koyulmasıyla, güvenlik ve ekonomi açısından kusursuz bir proje safhasına erişilmesinin en önemli unsuru olduğu ortaya koyulmaya çalışılmıştır.

Tez çalışmamda değerli bilgilerinden yararlandığım tez danışman hocam Sayın Prof. Dr. Yalman ODABAŞI'na teşekkürü bir borç bilirim.

Haziran 1996

Deniz ÖZERGÜL

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ	ii
SEMBOL LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	viii
TABLO LİSTESİ	x
ÖZET	xi
SUMMARY	xii
BÖLÜM 1. GİRİŞ	1
1.1. PROJE ÖN SAFHASINA AİT VERİLER	1
1.2. EKSENEL SİSTEM ÜZERİNE GEOMETRİK ARAŞTIRMA	2
1.3. YÜK ANALİZİ	3
1.4. ÖN YAKLAŞIM	4
1.4.1. Döşeme Boyutları 5.50-6.75 m ve $p=0.350 \text{ t/m}^2$	4
1.4.2. Döşeme Boyutları 5.00-7.00 m ve $p=0.350 \text{ t/m}^2$	6
1.4.3. Döşeme Boyutları 5.50-8.25 m ve $p=0.350 \text{ t/m}^2$	8
1.4.4. Döşeme Boyutları 5.50-6.75 m ve $p=0.750 \text{ t/m}^2$	10
1.4.1. Döşeme Boyutları 5.50-8.25 m ve $p=0.750 \text{ t/m}^2$	12
BÖLÜM 2. EKSENEL SİSTEM ve HESAP YÖNTEMİ ÜZERİNE ARAŞTIRMA	14
2.1. GENEL EKSEN SEÇİMİ (6.15-7.00 m)	14
2.1.1. Döşeme Kirişleri	15
2.1.1.1.Çıplak Çelik Kullanımı ile Döşeme Etkisi Göz Önüne Alınmadan.....	15
2.1.1.2. Döşeme Etkisi Göz Önüne Alınarak (Kompozit çalışma).....	16
2.1.1.2.a. Yalın Karma Kiriş Durumu.....	16
2.1.1.2.b. Gövde Betonlu Karma Kiriş Durumu.....	18
2.1.2. Taşıyıcı Kirişler.....	19
1.1.2.1. Basit Kiriş.....	19

2.1.2.2. İki Açıklıkta Sürekli Kiriş.....	20
2.2. GENEL EKSEN SEÇİMİ (5.50-8.25 m)	22
2.2.1. Döşeme Kirişleri	22
2.2.1.1. Çıplak Çelik Kullanımı ile Döşeme Etkisi Göz Önüne Alınmadan.....	22
2.2.1.2. Döşeme Etkisi Göz Önüne Alınarak (Kompozit Çalışma).....	23
2.2.2. Taşıyıcı Kirişler.....	25
2.2.2.1. Basit Kiriş.....	25
2.2.2.2. İki Açıklıkta Sürekli Kiriş.....	26
2.3. GENEL EKSEN SEÇİMİ (5.00-9.00 m).....	27
2.3.1. Döşeme Kirişleri.....	27
2.3.1.1. Çıplak Çelik Kullanımı ile Döşeme Etkisi Göz Önüne Alınmadan.....	27
2.3.1.2. Döşeme Etkisi Göz Önüne Alınarak (Kompozit Çalışma).....	28
2.3.2. Taşıyıcı Kirişler.....	29
2.3.2.1. Basit Kiriş.....	29
2.3.2.2. İki Açıklıkta Sürekli Kiriş	30
2.4. TABLO SONUÇLARININ İRDELENMESİ.....	32
2.5. AĞIRLIKÇA MALZEME GİDERİ ARAŞTIRMASI.....	37
2.5.1. Eksenel Sistem 6.15-6.50 m İçin Ağırlık.....	37
2.5.2. Eksenel Sistem 5.50-8.00 m İçin Ağırlık.....	37
2.6. EKSENEL SİSTEM ÜZERİNE ARAŞTIRMANIN SONUCU.....	37
BÖLÜM 3. BELİRLENEN EKSENEL SİSTEME GÖRE YAPININ BOYUTLANDIRILMASI	38
3.1. KİRİŞLERİN BOYUTLANDIRILMASI.....	38
3.1.1. İkinci Kat 7.50 m Kotu $p=0.750 \text{ t/m}^2$	38
3.1.1.1. Çift Taraflı Yük Alanlar.....	38
3.1.1.1.a. Döşeme Kirişleri.....	38
3.1.1.1.b. Taşıyıcı Kirişler.....	39
3.1.1.2. Tek Taraflı Yük Alanlar.....	39
3.1.1.2.a. Döşeme Kirişleri.....	39
3.1.1.2.b. Taşıyıcı Kirişler.....	40
3.1.2. Birinci ve Üçüncü Katlar 4.50 ve 10.50 m Kotları, $p=0.350 \text{ t/m}^2$	41
3.1.2.1. Çift Taraflı Yük Alanlar.....	41
3.1.2.1.a. Döşeme Kirişleri.....	41
3.1.2.1.b. Taşıyıcı Kirişler.....	41

3.1.2.2. Tek Taraflı Yık Alanlar.....	42
3.1.1.2.a. Döşeme Kirişleri.....	42
3.1.1.2.b. Taşıyıcı Kirişler.....	43
 3.2. ÇATI ELEMANLARININ BOYUTLANDIRILMASI.....	43
3.2.1. Aşıkların Hesabı.....	43
3.2.2. Çatı Makasları.....	45
3.2.2.1. Yıklerin Belirlenmesi.....	45
3.2.2.2. SAP 90'a ait Veri Dosyası ve Sonuçlar.....	46
 3.3. KOLONLARIN BOYUTLANDIRILMASI.....	68
3.3.1. I Nolu Kolon İçin Boyutlandırma.....	68
3.3.1.1. İkinci Kat 7.50 m Kotu.....	68
3.3.2. II Nolu Kolon İçin Boyutlandırma.....	69
3.3.2.1. Çatı Katı 13.50 m Kotu.....	69
3.3.2.2. İkinci Kat 7.50 m Kotu.....	70
3.3.3. III Nolu Kolon İçin Boyutlandırma.....	71
3.3.3.1. Üçüncü Kat 10.50 m Kotu.....	71
3.3.3.2. İkinci Kat 7.50 m Kotu.....	71
3.3.3.3. Birinci Kat 4.50 m Kotu.....	72
3.3.4. IV Nolu Kolon İçin Boyutlandırma.....	73
3.3.4.1. Çatı Katı 13.50 m Kotu.....	73
3.3.4.2. Üçüncü Kat 10.50 m Kotu.....	74
3.3.4.3. İkinci Kat 7.50 m Kotu.....	75
3.3.4.4. Birinci Kat 4.50 m Kotu.....	75
 3.4. METRAJ.....	78
 SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	81
 KAYNAKLAR.....	82
 EKLER.....	83
EK A. Bölüm 3.1'deki Kiriş Hesapları Sonuçlarına Ait Çizimler.....	84
EK B. Bölüm 3.2'deki Çatı Elemanlarına Ait Çizimler.....	87
EK C. Bölüm 3.3'deki Kolon Hesaplarına Ait Çizimler.....	88
 ÖZGEÇMİŞ.....	89

SEMBOL LİSTESİ

M	: Moment
W_g	: Gerekli ve Yeterli Mukavemet Momenti
I_x, I_y	: Atalet Momenti
W_x	: X Eksenine Göre Mukavemet Momenti
b_{eff}	: Çalışan Tabla Genişliği
E_b	: Beton Elastiklik Modülü
E_a	: Çelik Elastiklik Modülü
Z	: Çelik Profilin Taşıyabileceği Çekme Kuvveti
α_a	: Çelik Akma Sınırıyla İlgili Katsayı
α_b	: Beton Basınç Mukavemetiyle İlgili Katsayı
σ_F	: Akma Sınırı
F_a	: Profil Kesit Alanı
σ_{br}	: Beton Küp Mukavemeti
y	: Tarafsız Eksenin Yeri
q^*	: Ağırlıklı Katsayılarla Çarpılmış Yük Değeri
M_u	: Karma Elemanın Pozitif Moment Taşıma Gücü
v	: Güvenlik Derecesi
d	: Döşeme Kalınlığı
h	: Yükseklik
h_{a0}	: Profilin Ağırlık Merkezi ile Üst Kenarı Arasındaki Mesafe
t_b	: Profil Başlık Kalınlığı

t_g	: Profil Gövde Kalınlığı
A_b	: Başlık Alanı
A_g	: Gövde Alanı
A_t	: Yapma Profil Toplam Kesit Alanı
f	: Sehim Değeri
I	: I Profil
YK	: Yapma Profil Kiriş
G	: Ağırlık
K	: elik Kiriş
M	: atı Makası
O	: Üst Başlık ubuęu
U	: Alt Başlık ubuęu
V	: Dikme ubuęu
D	: Diagonal ubuklar

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa No
Şekil 1.1. Bina plan ve ön görünüşü.....	1
Şekil 1.2. Ortadan tek kirişli durumda döşeme (5.50-6.75 m, $p=0.350 \text{ t/m}^2$).....	4
Şekil 1.3. Ortadan çift kirişli durumda döşeme (5.50-6.75 m, $p=0.350 \text{ t/m}^2$).....	5
Şekil 1.4. Ortadan tek kirişli durumda döşeme (5.00-7.00 m, $p=0.350 \text{ t/m}^2$).....	6
Şekil 1.5. Ortadan çift kirişli durumda döşeme (5.00-7.00 m, $p=0.350 \text{ t/m}^2$).....	7
Şekil 1.6. Ortadan tek kirişli durumda döşeme (5.50-8.25 m, $p=0.350 \text{ t/m}^2$).....	8
Şekil 1.7. Ortadan çift kirişli durumda döşeme (5.50-8.25 m, $p=0.350 \text{ t/m}^2$).....	9
Şekil 1.8. Ortadan tek kirişli durumda döşeme (5.50-6.75 m, $p=0.750 \text{ t/m}^2$).....	10
Şekil 1.9. Ortadan çift kirişli durumda döşeme (5.50-6.75 m, $p=0.750 \text{ t/m}^2$).....	11
Şekil 1.10. Ortadan tek kirişli durumda döşeme (5.50-8.25 m, $p=0.750 \text{ t/m}^2$).....	12
Şekil 1.11. Ortadan çift kirişli durumda döşeme (5.50-8.25 m, $p=0.750 \text{ t/m}^2$).....	13
Şekil 2.1. Eksenel sistem (6.15-7.00 m).....	14
Şekil 2.2. Yalın karma kiriş.....	16
Şekil 2.3. Yalın karma kirişte b^*	17
Şekil 2.4. Kompozit gömme kiriş.....	18
Şekil 2.5. Kompozit gömme kirişte b_u^*, Δ_b^*	18
Şekil 2.6. İki açıklıkta sürekli kiriş (6.15 m).....	20
Şekil 2.7. Eksenel sistem (5.50-8.25 m).....	22
Şekil 2.8. İki açıklıkta sürekli kiriş (5.50 m).....	26
Şekil 2.9. Eksenel sistem (5.00-9.00 m).....	27
Şekil 2.10. İki açıklıkta sürekli kiriş (5.00 m).....	29

Şekil 2.11.	SAP 90 için çatı makasının numaralandırılması.....	46
Şekil A.1.	Birinci Kat Planı.....	84
Şekil A.2.	İkinci Kat Planı.....	85
Şekil A.3.	Üçüncü Kat Planı.....	86
Şekil B. 1.	Çatı Katı Planı.....	87
Şekil C.1.	Kolon Aplikasyon Planı.....	88



TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1. Kiriş hesapları sonuç tablosu.....	31
Tablo 3.1. Çubuk kuvvetleri ve kafes elemanlarının boyutlandırılması.....	66-67
Tablo 3.2. Kolon hesapları sonuç tablosu.....	77



ÖZET

Yüksek lisans tezi olarak hazırlanan bu çalışmada, genel eksen sisteminin belirlenme aşamasında, mühendislerce yapılması gerekli olan ön araştırmalar üzerinde durulmuştur.

Genel eksen sisteminin seçimi, akılcı, güvenli ve ekonomik proje sonuçlarının elde edilmesinde en önemli unsurlardan biridir. Belli bir sanayi yapısının çelik konstrüksiyon olarak projelendirilmesini içeren bu tez çalışmasında genel eksen sisteminin seçiminde,

1. Mimariye uygun geometrik araştırma
2. Uygun hesap yönteminin belirlenmesi araştırması
3. Ekonomi açısından malzeme gideri araştırması

birbirlerine bağlantılı olarak yürütülmüş ve karşılaştırmalı hesap sonuçlarının verilmesiyle bu araştırmalarının önemini vurgulanması amaçlanmıştır.

Birinci bölümde yapılan bir geometri araştırmasıyla alternatif eksen sistemleri belirlenmiştir ve bu sistemlere ait kirişler için yapılan ön boyutlama ile kullanılacak profil kesitleri hakkında fikir sahibi olunmuştur.

İkinci bölümde ise birinci bölüme ait sonuçlardan yararlanılarak belirlenen üç ayrı eksenel sistem için,

- 1.Çelik çözüm
- 2.Kompozit çözüm

yöntemlerine ait hesap sonuçlarının karşılaştırmalı bir sonuç tablosunda ortaya koyulması ile, kullanılacak hesap yönteminde belirlenmesine çalışılmıştır. Kompozit çalışmada döşeme kiriş kesitleri için plastik hesaba göre boyutlama yapılmıştır. Kompozit çözüm yöntemi burada elde edilen sonuçlara göre uygun görülüp, yapılan bir ağırlıkça malzeme gideri araştırması, geometrik uygunluk, ekonomi ve yapının bir çelik yapı olması etmenleri birada göz önünde tutularak eksenel sistem belirlenmiştir.

Üçüncü bölümde ise 5.50-8.00 m olarak belirlenen eksenel sisteme ait stabilite bağlantılarının belirlenmesi, kiriş, çatı makası, kolon boyutlamaları ve metraj hesabı işlemleri yapılmıştır. Burada kompozit çalışmaya göre hesabı yapılan döşeme kirişlerinde plastik hesap yöntemi, diğerlerinde ise elastik yöntem kullanılmıştır. Taşıyıcı kirişler iki açıklıkta sürekli kiriş olarak hesaplanmışlardır. Ekler bölümünde tüm katlara ait çizimler ve kolon aplikasyon çizimi A3 boyutunda teze ilave edilmiştir.

SUMMARY

RESEARCH ON DETERMINING ECONOMICAL AXIAL SYSTEM OF A DEFINITE INDUSTRIAL BUILDING PROJECTED AS A STEEL CONSTRUCTION

In this study, prepared as a M.S. thesis, the economical axial system of a steel construction was researched and the weights of steel constructions were compared.

The axial system has an important effect, to have the best, reasonable, safe and economical solutions of projects. Here, by selection,

1. Research on the reasonable geometry
2. Research on the reasonable calculation method
3. Research on the weights of steel constructions

were made comparable, so that the reader can understand the importance of the axial system selection.

Geometrical shape of the building is shown below,

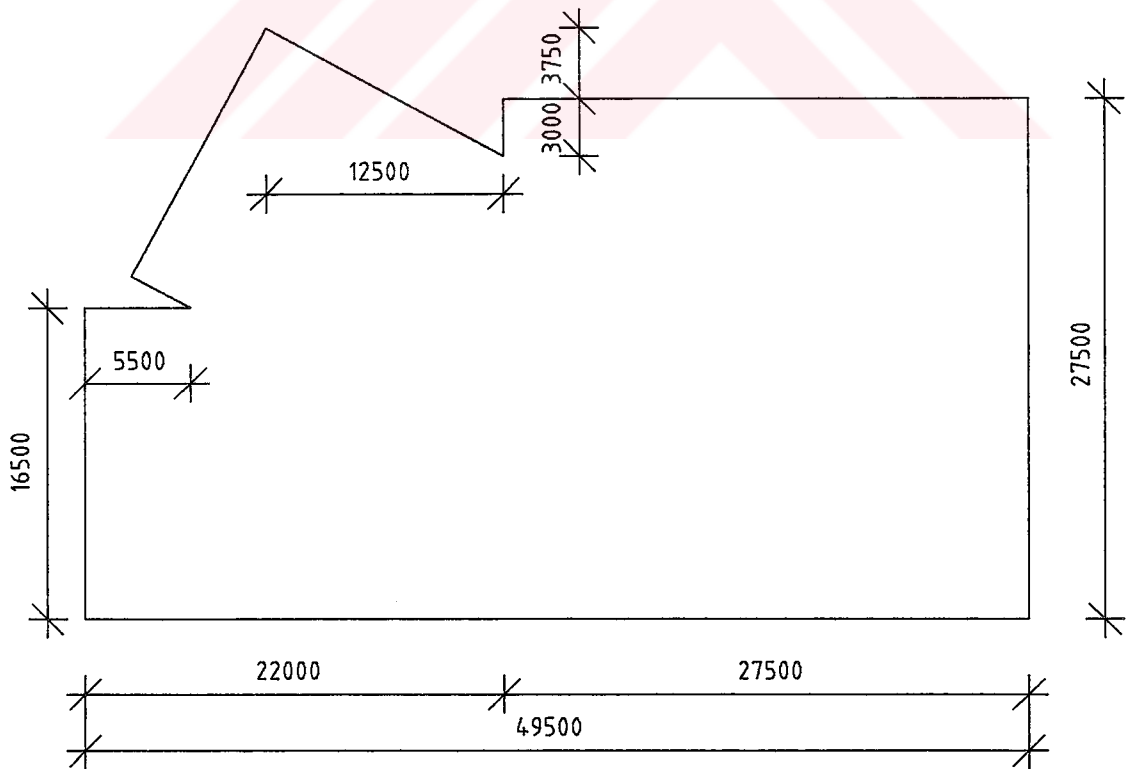


Fig 1. Plane of the building

This industrial building consists of four stories. The first story is of 4.50 meters high and other stories are 3.00 meters high. The first and the third stories have the same geometrical shapes, and the second story is larger than these.

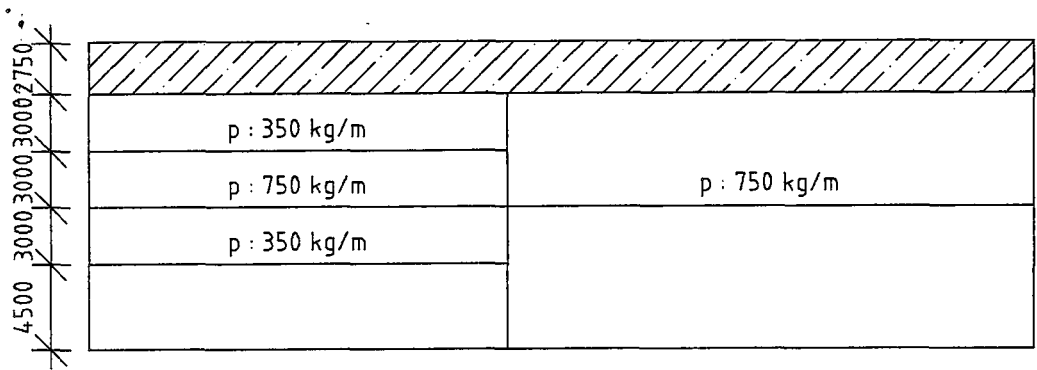


Fig 2. The section

The values of loadings are different on this stories too. For the first and the third stories the value of live load (p) is 350 kg/m² and for the second story 750 kg/m².

In the first chapter was made a research on the reasonable geometry. First, the alternative axial systems were researched, than a simple calculation for the sections of the beams for each axial systems, which were selected from this alternatives, were made.

Example for the research on the geometrical alternatives,

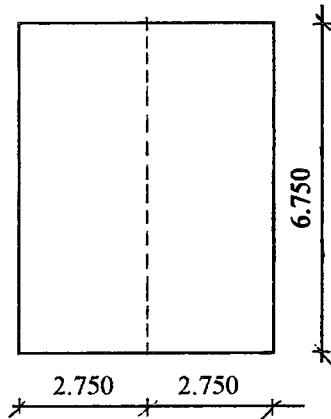
(27.50 × 49.50)		
6.875	/	5.50
5.50	/	8.25
6.875	/	8.00
(27.00 × 49.50)		
9.00	/	5.50
6.75	/	5.50

Example for the calculations in the first chapter

1.4.1. Axial system 5.5 - 6.75 m. ve $p=0.350 \text{ t/m}^2$

1.4.1.1. In The Case When The Slab Has Only One Beam In The Middle

a) Beams Which Are Carrying The Loads of The Slabs (In Longitudinal direction)



$$q = 0.700 \times \frac{5.5}{2} = 1.925 \text{ t/m.}$$

$$M_{\max} = \frac{q \times l^2}{8} = \frac{1.925 \times 6.75^2}{8} = 10.96 \text{ tm.}$$

$$W_g = \frac{M_{\max}}{\sigma_{\text{cm}}} = \frac{1096}{1.44} = 761 \text{ cm}^3$$

Fig 3. The slab, which have only one beam in the middle

$$\text{I 380} \quad W_x = 1260 \text{ cm}^3 \quad \sigma = \frac{1096}{1260} = 0.87 \text{ t/cm}^2 < 1.44 \text{ t/cm}^2$$

b) Beams Which Are Carrying The Loads of The Beams in The Longitudinal Direction (Transverse beams)

$$P = \frac{q \times l}{2} = \frac{1.925 \times 6.75}{2} = 6.5 \text{ t.}$$

$$M_{\max} = \frac{P \times l}{4} = \frac{6.5 \times 5.5}{4} = 8.94 \text{ tm.}$$

$$W_g = \frac{M_{\max}}{\sigma_{\text{cm}}} = \frac{894}{1.44} = 621 \text{ cm}^3$$

$$\text{I 300} \quad W_x = 653 \text{ cm}^3 \quad \sigma = \frac{M_{\max}}{W_x} = \frac{894}{653} = 1.37 \text{ t/cm}^2$$

These simple calculations in the first chapter were made to have an idea about the sections of the beams of different axial systems.

In the second chapter three different axial systems are selected depending on the solutions in the first chapter. These axial systems are 6.15-7.00 m, 5.50-8.25 m and 5.00-9.00 m.

Here, a comparison between steel and composite solutions of the beams, which carry the loads of the slabs were made. The calculation of the beams for composite employment were made according to the plastic design method. [3]

Example of the calculation for the employment of simple steel constructions,

2.1.1. Beams Which Are Carrying The Loads of The Slabs (In Longitudinal direction)

$$q = 2.05 \times 1.100 = 2.255 \text{ t/m.}$$

$$M_{\max} = \frac{q \times l^2}{8} = \frac{2.255 \times 7^2}{8} = 13.81 \text{ tm.} \quad (2.1)$$

$$W_g = \frac{M_{\max}}{\sigma_{em}} = \frac{1381}{1.44} = 959 \text{ cm}^3 \quad (2.2)$$

$$I \ 380 \rightarrow W_x = 1260 \text{ cm}^3 \quad \sigma_{em} = \frac{1381}{1260} = 1.1 \text{ t/cm}^2 < 1.44 \text{ t/cm}^2$$

and the calculation for the composite employment

$$q = 2.05 \times 1.100 = 2.255 \text{ t/m}$$

$$q^* = 1.7 \times 2.255 = 3.83 \text{ t/m}$$

$$M_{\max}^* = \frac{q^* \times l^2}{8} = \frac{3.83 \times 7^2}{8} = 2346 \text{ tcm}$$

$$b_{\text{eff}} \leq \begin{cases} l_x = 205 \text{ cm} \\ l/4 = 700/4 = 175 \text{ cm} \\ 16d + b_{ao} = 16 \times 12 + 12.5 = 204.5 \text{ cm} \end{cases}$$

$$b_{\text{eff}} = 175 \text{ cm} \quad I \ 300 \rightarrow F_a = 69.1 \text{ cm}^2$$

Note: $\lambda=1.7$ is the load factor of the composite solutions of the plastic design method.

$$Z = \alpha_a \times \sigma_f \times F_a = 1 \times 2.4 \times 69.1 = 165.84 \text{ t}$$

$$y = \frac{Z}{\alpha_b \times \sigma_{br} \times b_{eff}} = \frac{165.84}{0.74 \times 0.25 \times 175} = 5.12 \text{ cm} < 12 \text{ cm}$$

$$M_u = Z \times \left(h_{ao} + d - \frac{y}{2} \right) = 165.84 \times \left(15 + 12 - \frac{5.12}{2} \right) = 4053 \text{ tcm}$$

$$v = \frac{M_u}{M_{max}^*} = \frac{4053}{2346} = 1.73$$

The solutions of these calculations are presented on a table. According to the examination of this table; the specifications has been offered given below,

- calculation with plastic design method (used only for composite beams)
- axial system 5.00-8.00 m (according to an analysis of steel weights)

In the third chapter the calculations for the beams, columns and frames of the axial system 5.50-8.00 m were made.

Steel St 37 and BS 20 are used as construction materials.

Load Analysis:

The first and The third Stories:

Reinforced concrete slabs (12 cm.)	= 0.290 t/m ²
Smoothing layer	= 0.060 t/m ²
	g = 0.350 t/m ²
	p = 0.350 t/m ²
	+
	0.700 t/m ²

The second story:

Reinforced concrete (12 cm.)	= 0.290 t/m ²
Smoothing layer	= 0.060 t/m ²
	g = 0.350 t/m ²
	p = 0.750 t/m ²
	+
	1.100 t/m ²

The stability of the system was guaranteed with vertical bracing trusses, which do not permit to any lateral displacements.

“I” sections for beams and “L” sections for columns were used.

The computer program SAP 90 was used by the calculations of the frames.

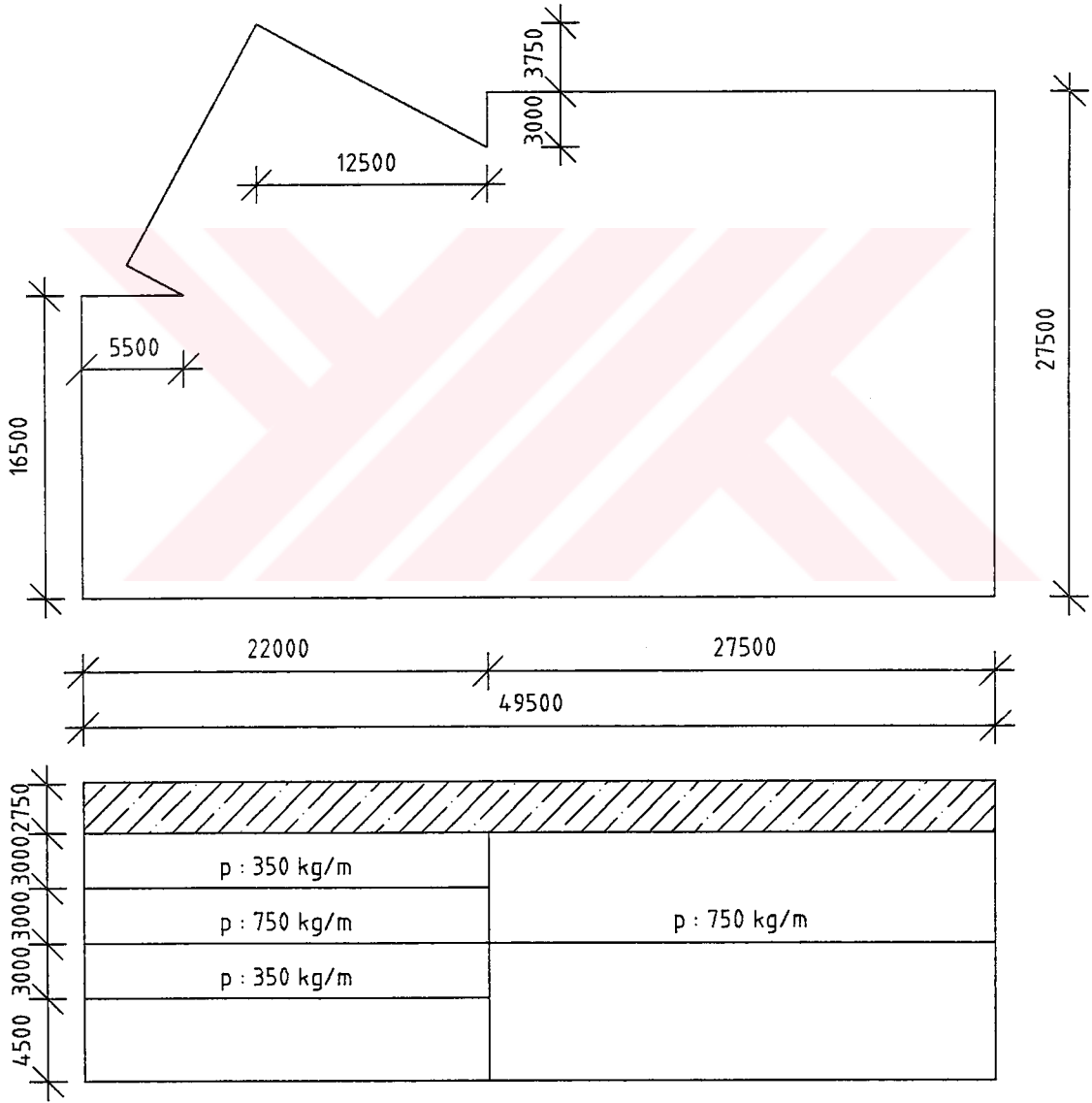
At the end of this chapter the total weight of the steel profiles was calculated.

In the enclosures five drawings which show the beams, columns and the frames of each stories were given.



BÖLÜM 1

1.1. PROJE ÖN SAFHASINA AİT VERİLER



Şekil 1.1. Bina plan ve ön görünüşü

1.2. EKSENEL SİSTEM ÜZERİNE GEOMETRİK ARAŞTIRMA

Şekil 1.1. de planı ve boyutları görülen endüstri yapısı için uygun eksenel sistemin seçilmesi çalışmasına, ilk adımda geometrik olarak alternatiflerin tesbiti ile başlanmıştır. Bu alternatiflerin belirlenmesine dair çalışma, yapının dış boyutları üzerinde ± 0.50 m.' lik bir esneklik payı olduğu dikkate alınarak yapılmıştır.

(27.50 × 49.50)

6.875 / 5.50

5.50 / 8.25

.....*

6.875 / 8.00

(27.00 × 49.50)

9.00 / 5.50

6.75 / 5.50

.....*

5.40 / 8.25

(28.00 × 49.50)

7.00 / 5.50

7.00 / 8.25

5.60 / 8.25

(27.50 × 49.00)

5.50 / 7.00

(27.00 × 49.00)

9.00 / 7.00

5.40 / 7.00

(28.00 × 49.00)

5.60 / 7.00

(27.50 × 50.00)

6.875 / 5.00

5.50 / 6.25

(27.00 × 50.00)

9.00 / 5.00

6.75 / 5.00

9.00 / 6.25

(28.00 × 50.00)

7.00 / 5.00

.....*

5.60 / 6.25

Bu açıklıklar içerisinde seçilen üç açıklık için (*) ön yaklaşım hesabı yapılarak giriş kesitleri hakkında fikir sahibi olabilmek amaçlanmıştır. Bu hesaplar piyasada I 200, I 260, I 300, I 380 profillerinin mevcut olması göz önüne alınarak yapılmıştır.

1.3. YÜK ANALİZİ

1 ve 3. Katlar için yük analizi:

$$\begin{array}{rcl}
 \text{Betonarme plak (12 cm.)} & = & 0.290 \text{ t/m}^2 \\
 \text{Kaplama} & = & 0.060 \text{ t/m}^2 \\
 g & = & 0.350 \text{ t/m}^2 \\
 p & = & 0.350 \text{ t/m}^2 \\
 + & & \\
 \hline
 & = & 0.700 \text{ t/m}^2
 \end{array}$$

2. Kat için yük analizi:

$$\begin{array}{rcl}
 \text{Betonarme plak (12 cm.)} & = & 0.290 \text{ t/m}^2 \\
 \text{Kaplama} & = & 0.060 \text{ t/m}^2 \\
 g & = & 0.350 \text{ t/m}^2 \\
 p & = & 0.750 \text{ t/m}^2 \\
 + & & \\
 \hline
 & = & 1.100 \text{ t/m}^2
 \end{array}$$

Çatı için yük analizi:

$$\begin{array}{rcl}
 \text{Trapezoidal alüminyum kaplama} & = & 5 \text{ kg/m}^2 \text{ (Y.D.)} \\
 \text{Aşıklar öz ağırlığı} & = & 10 \text{ kg/m}^2 \text{ (Y.D.)} \\
 + & & \\
 g_1 & = & 15 \text{ kg/m}^2 \text{ (Y.D.)} \\
 \text{Makaslar öz ağırlığı} & = & 15 \text{ kg/m}^2 \text{ (Y.D.)} \\
 + & & \\
 g_2 & = & 30 \text{ kg/m}^2 \text{ (Y.D.)} \\
 \text{Kar yükü (mp}_0\text{=1}\times\text{75)} & p_k = & 75 \text{ kg/m}^2 \text{ (Y.D.)}
 \end{array}$$

$$\begin{array}{rcl}
 \text{Rüzgar yükü soldan} & F = & -0.4 \times 48.225 = 19.29 \text{ kg/m}^2 \text{ (Ç D.)} \\
 \text{sağdan} & E = & (1.2 \times \sin 0.099 - 0.4) \times 48.225 = -13.56 \text{ kg/m}^2 \text{ (Ç D.)}
 \end{array}$$

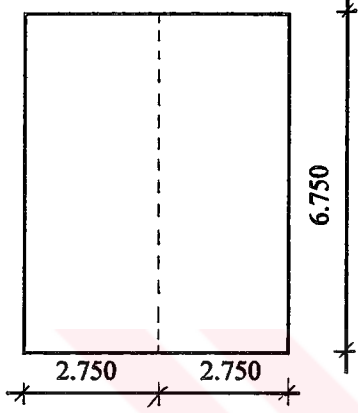
$$\text{Not: çatı eğim açısı } \alpha = 5.71^\circ < 30^\circ \quad m = 1 \quad \text{ve} \quad g_r = \frac{v^2}{16} = 48.225 \text{ kg/m}^2$$

1.4. ÖN YAKLAŞIM

1.4.1. Döşeme Boyutları 5.50 - 6.75 m. ve $p=0.350 \text{ t/m}^2$

1.4.1.1. Ortadan Tek Kirişli Durumda

a) Döşeme Kirişi için Ön Boyutlama:



$$q = 0.700 \times \frac{5.5}{2} = 1.925 \text{ t/m.}$$

$$M_{\max} = \frac{q \times l^2}{8} = \frac{1.925 \times 6.75^2}{8} = 10.96 \text{ tm.} \quad (1.1)$$

$$W_g = \frac{M_{\max}}{\sigma_{\text{em}}} = \frac{1096}{1.44} = 761 \text{ cm}^3 \quad (1.2)$$

Şekil 1.2. Ortadan tek kirişli durumda döşeme

Seçilen I 380

$$W_x = 1260 \text{ cm}^3 \quad \sigma = \frac{1096}{1260} = 0.87 \text{ t/cm}^2 < 1.44 \text{ t/cm}^2 \quad (1.3)$$

b) Taşıyıcı Kiriş için Ön Boyutlama:

$$P = \frac{q \times l}{2} = \frac{1.925 \times 6.75}{2} = 6.5 \text{ t.} \quad (1.4)$$

$$M_{\max} = \frac{P \times l}{4} = \frac{6.5 \times 5.5}{4} = 8.94 \text{ tm.} \quad (1.5)$$

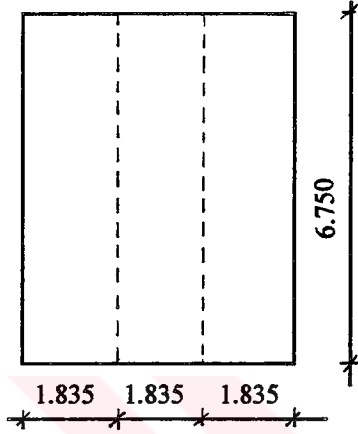
$$W_g = \frac{M_{\max}}{\sigma_{\text{em}}} = \frac{894}{1.44} = 621 \text{ cm}^3$$

Seçilen I 300

$$W_x = 653 \text{ cm}^3 \quad \sigma = \frac{M_{\max}}{W_x} = \frac{894}{653} = 1.37 \text{ t/cm}^2$$

1.4.1.2. Ortadan Çift Kirişli Durumda

a) Döşeme Kirişi için Ön Boyutlama:



$$q = 0.700 \times \frac{5.5}{3} = 1.28 \text{ t/m.}$$

$$M_{\max} = \frac{q \times l^2}{8} = \frac{1.28 \times 6.75^2}{8} = 7.29 \text{ tm.}$$

$$W_g = \frac{M_{\max}}{\sigma_{\text{em}}} = \frac{729}{1.44} = 506.25 \text{ cm}^3$$

Şekil 1.3. Ortadan çift kirişli durumda döşeme

Seçilen I 300

$$W_x = 653 \text{ cm}^3 \quad \sigma = \frac{729}{653} = 1.12 \text{ t/cm}^2 < 1.44 \text{ t/cm}^2$$

b) Taşıyıcı kiriş için ön boyutlama:

$$P = \frac{q \times l}{2} = \frac{1.28 \times 6.75}{2} = 4.32 \text{ t.}$$

$$M_{\max} = \frac{P \times l}{3} = \frac{4.32 \times 5.5}{3} = 7.92 \text{ tm.} \quad (1.6)$$

$$W_g = \frac{M_{\max}}{\sigma_{\text{em}}} = \frac{792}{1.44} = 550 \text{ cm}^3$$

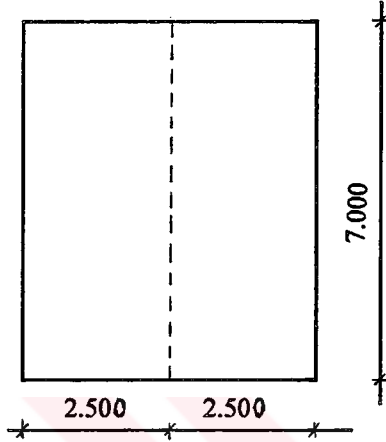
Seçilen I 300

$$W_x = 653 \text{ cm}^3 \quad \sigma = \frac{M_{\max}}{W_x} = \frac{792}{653} = 1.21 \text{ t/cm}^2$$

1.4.2. Döşeme Boyutları 5.00 - 7.00 m. ve $p=0.350 \text{ t/m}^2$

1.4.2.1. Ortadan Tek Kirişli Durumda

a) Döşeme Kirişi için Ön Boyutlama:



$$q = 0.700 \times \frac{5.0}{2} = 1.75 \text{ t/m.}$$

$$M_{\max} = \frac{q \times l^2}{8} = \frac{1.75 \times 7^2}{8} = 10.72 \text{ tm.}$$

$$W_g = \frac{M_{\max}}{\sigma_{\text{em}}} = \frac{1072}{1.44} = 745 \text{ cm}^3$$

Şekil 1.4. Ortadan tek kirişli durumda döşeme

Seçilen I 380

$$W_x = 1260 \text{ cm}^3 \quad \sigma = \frac{1072}{1260} = 0.85 \text{ t/cm}^2 < 1.44 \text{ t/cm}^2$$

b) Taşıyıcı Kiriş için Ön Boyutlama:

$$P = \frac{q \times l}{2} = \frac{1.75 \times 7}{2} = 6.125 \text{ t.}$$

$$M_{\max} = \frac{P \times l}{4} = \frac{6.125 \times 5}{4} = 7.65 \text{ tm.}$$

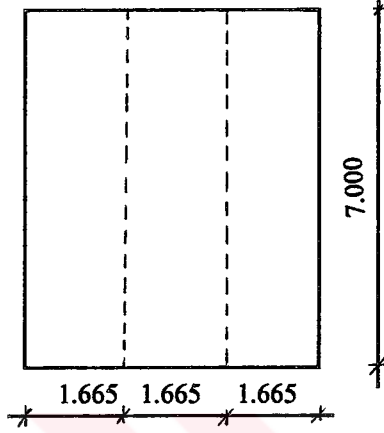
$$W_g = \frac{M_{\max}}{\sigma_{\text{em}}} = \frac{765}{1.44} = 531.25 \text{ cm}^3$$

Seçilen I 300

$$W_x = 653 \text{ cm}^3 \quad \sigma = \frac{M_{\max}}{W_x} = \frac{765}{653} = 1.17 \text{ t/cm}^2$$

1.4.2.2. Ortadan Çift Kirişli Durumda

a) Döşeme Kirişi için Ön Boyutlama:



$$q = 0.700 \times \frac{5.0}{3} = 1.17 \text{ t/m.}$$

$$M_{\max} = \frac{q \times l^2}{8} = \frac{1.17 \times 7^2}{8} = 7.17 \text{ tm.}$$

$$W_g = \frac{M_{\max}}{\sigma_{cm}} = \frac{717}{1.44} = 498 \text{ cm}^3$$

Şekil 1.5. Ortadan çift kirişli durumda döşeme

Seçilen I 300

$$W_x = 653 \text{ cm}^3 \quad \sigma = \frac{717}{653} = 1.1 \text{ t/cm}^2 < 1.44 \text{ t/cm}^2$$

b) Taşıyıcı Kiriş için Ön Boyutlama:

$$P = \frac{q \times l}{2} = \frac{1.17 \times 7.0}{2} = 4.1 \text{ t.}$$

$$M_{\max} = \frac{P \times l}{3} = \frac{4.1 \times 5.0}{3} = 6.825 \text{ tm.}$$

$$W_g = \frac{M_{\max}}{\sigma_{cm}} = \frac{682.5}{1.44} = 474 \text{ cm}^3$$

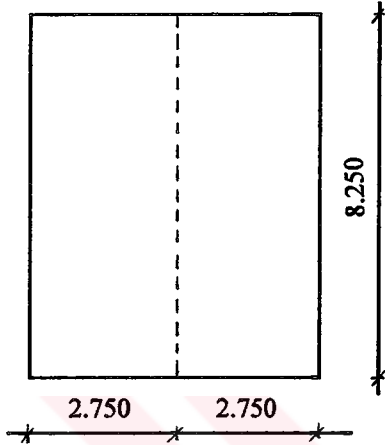
Seçilen I 300

$$W_x = 653 \text{ cm}^3 \quad \sigma = \frac{M_{\max}}{W_x} = \frac{682.5}{653} = 1.04 \text{ t/cm}^2$$

1.4.3. Döşeme Boyutları 5.50 - 8.25 m. ve $p=0.350 \text{ t/m}^2$

1.4.3.1. Ortadan Tek Kirişli Drumda

a) Döşeme Kirişi için Ön Boyutlama:



$$q = 0.700 \times \frac{5.5}{2} = 1.925 \text{ t/m.}$$

$$M_{\max} = \frac{q \times l^2}{8} = \frac{1.925 \times 8.25^2}{8} = 16.38 \text{ tm.}$$

$$W_g = \frac{M_{\max}}{\sigma_{\text{cm}}} = \frac{1638}{1.44} = 1137.5 \text{ cm}^3$$

Şekil 1.6. Ortadan tek kirişli
durumda döşeme

Seçilen I 380

$$W_x = 1260 \text{ cm}^3 \quad \sigma = \frac{1638}{1260} = 1.3 \text{ t/cm}^2 < 1.44 \text{ t/cm}^2$$

b) Taşıyıcı Kiriş için Ön Boyutlama:

$$P = \frac{q \times l}{2} = \frac{1.925 \times 8.25}{2} = 7.94 \text{ t.}$$

$$M_{\max} = \frac{P \times l}{4} = \frac{7.94 \times 5.5}{4} = 10.92 \text{ tm.}$$

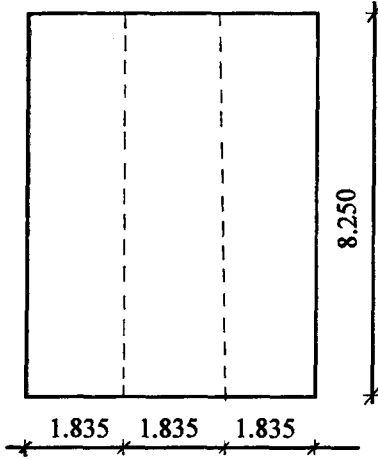
$$W_g = \frac{M_{\max}}{\sigma_{\text{cm}}} = \frac{1092}{1.44} = 758 \text{ cm}^3$$

Seçilen I 380

$$W_x = 1260 \text{ cm}^3 \quad \sigma = \frac{M_{\max}}{W_x} = \frac{1092}{1260} = 0.87 \text{ t/cm}^2$$

1.4.3.2. Ortadan Çift Kirişli Durumda

a) Döşeme Kirişi için Ön Boyutlama:



$$q = 0.700 \times \frac{5.5}{3} = 1.28 \text{ t/m.}$$

$$M_{\max} = \frac{q \times l^2}{8} = \frac{1.28 \times 8.25^2}{8} = 10.89 \text{ tm.}$$

$$W_g = \frac{M_{\max}}{\sigma_{em}} = \frac{1089}{1.44} = 756.3 \text{ cm}^3$$

Şekil 1.7. Ortadan çift kirişli durumda döşeme

Seçilen I 380

$$W_x = 1260 \text{ cm}^3 \quad \sigma = \frac{1089}{1260} = 0.86 \text{ t/cm}^2 < 1.44 \text{ t/cm}^2$$

b) Taşıyıcı Kiriş için Ön Boyutlama:

$$P = \frac{q \times l}{2} = \frac{1.28 \times 8.25}{2} = 5.28 \text{ t.}$$

$$M_{\max} = \frac{P \times l}{3} = \frac{5.28 \times 5.5}{3} = 9.68 \text{ tm.}$$

$$W_g = \frac{M_{\max}}{\sigma_{em}} = \frac{968}{1.44} = 672.2 \text{ cm}^3$$

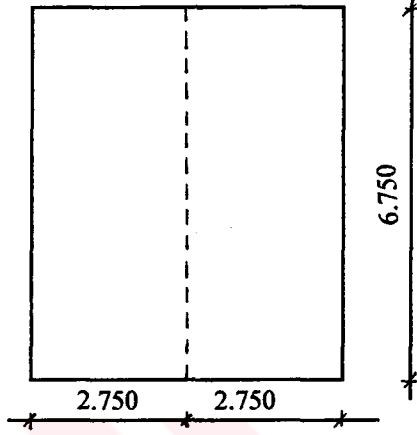
Seçilen I 380

$$W_x = 1260 \text{ cm}^3 \quad \sigma = \frac{M_{\max}}{W_x} = \frac{968}{1260} = 0.77 \text{ t/cm}^2$$

1.4.4. Döşeme Boyutları 5.50 - 6.75 m. ve $p=0.750 \text{ t/m}^2$

1.4.4.1. Ortadan Tek Kirişli Durumda

a) Döşeme Kirişi için Ön Boyutlama:



$$q = 1.100 \times \frac{5.5}{2} = 3.025 \text{ t/m.}$$

$$M_{\max} = \frac{q \times l^2}{8} = \frac{3.025 \times 6.75^2}{8} = 17.23 \text{ tm.}$$

$$W_g = \frac{M_{\max}}{\sigma_{\text{cm}}} = \frac{1723}{1.44} = 1196.5 \text{ cm}^3$$

Şekil 1.8. Ortadan tek kirişli durumda döşeme

Seçilen I 380

$$W_x = 1260 \text{ cm}^3 \quad \sigma = \frac{1723}{1260} = 1.37 \text{ t/cm}^2 < 1.44 \text{ t/cm}^2$$

b) Taşıyıcı Kiriş için Ön Boyutlama:

$$P = \frac{q \times l}{2} = \frac{3.025 \times 6.75}{2} = 10.21 \text{ t.}$$

$$M_{\max} = \frac{P \times l}{4} = \frac{10.21 \times 5.5}{4} = 14 \text{ tm.}$$

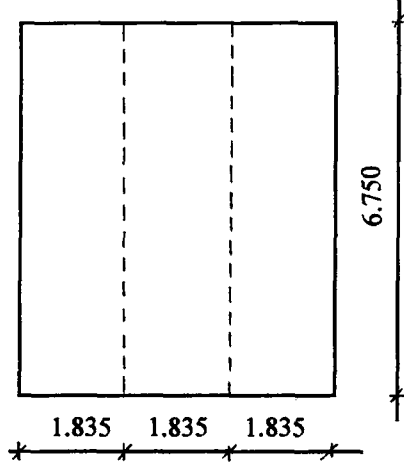
$$W_g = \frac{M_{\max}}{\sigma_{\text{cm}}} = \frac{1400}{1.44} = 972.2 \text{ cm}^3$$

Seçilen I 380

$$W_x = 1260 \text{ cm}^3 \quad \sigma = \frac{M_{\max}}{W_x} = \frac{1400}{1260} = 1.11 \text{ t/cm}^2$$

1.4.4.2. Ortadan Çift Kirişli Durumda

a) Döşeme Kirişi için Ön Boyutlama:



$$q = 1.100 \times \frac{5.5}{3} = 2.01 \text{ t/m.}$$

$$M_{\max} = \frac{q \times l^2}{8} = \frac{2.01 \times 6.75^2}{8} = 11.48 \text{ tm.}$$

$$W_g = \frac{M_{\max}}{\sigma_{\text{em}}} = \frac{1148}{1.44} = 797.2 \text{ cm}^3$$

Seçilen I 380

Şekil 1.9. Ortadan çift kirişli durumda döşeme

$$W_x = 1260 \text{ cm}^3 \quad \sigma = \frac{1148}{1260} = 0.91 \text{ t/cm}^2 < 1.44 \text{ t/cm}^2$$

b) Taşıyıcı Kiriş için Ön Boyutlama:

$$P = \frac{q \times l}{2} = \frac{2.01 \times 6.75}{2} = 6.78 \text{ t.}$$

$$M_{\max} = \frac{P \times l}{3} = \frac{6.78 \times 5.5}{3} = 12.43 \text{ tm.}$$

$$W_g = \frac{M_{\max}}{\sigma_{\text{em}}} = \frac{1243}{1.44} = 863.2 \text{ cm}^3$$

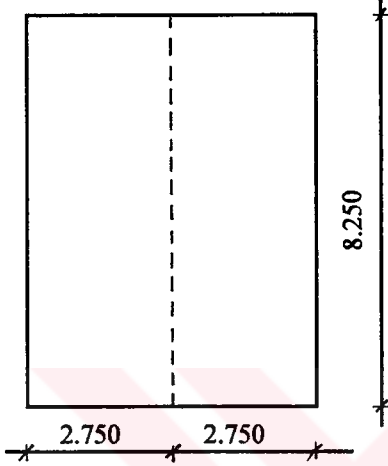
Seçilen I 380

$$W_x = 1260 \text{ cm}^3 \quad \sigma = \frac{M_{\max}}{W_x} = \frac{1243}{1260} = 0.98 \text{ t/cm}^2$$

1.4.5. Döşeme Boyutları 5.50 - 8.25 m. ve $p=0.750 \text{ t/m}^2$

1.4.5.1. Ortadan Tek Kirişli Durumda

a) Döşeme Kirişi için Ön Boyutlama:



$$q = 1.100 \times \frac{5.5}{2} = 3.025 \text{ t/m.}$$

$$M_{\max} = \frac{q \times l^2}{8} = \frac{3.025 \times 8.25^2}{8} = 25.73 \text{ tm.}$$

$$W_g = \frac{M_{\max}}{\sigma_{\text{em}}} = \frac{2573}{1.44} = 1787 \text{ cm}^3$$

Yapma kiriş gerektirmektedir.

Şekil 1.10. Ortadan tek kirişli durumda döşeme

b) Taşıyıcı Kiriş için Ön Boyutlama:

$$P = \frac{q \times l}{2} = \frac{3.025 \times 8.25}{2} = 12.48 \text{ t.}$$

$$M_{\max} = \frac{P \times l}{4} = \frac{12.48 \times 5.5}{4} = 17.16 \text{ tm.}$$

$$W_g = \frac{M_{\max}}{\sigma_{\text{em}}} = \frac{1716}{1.44} = 1191 \text{ cm}^3$$

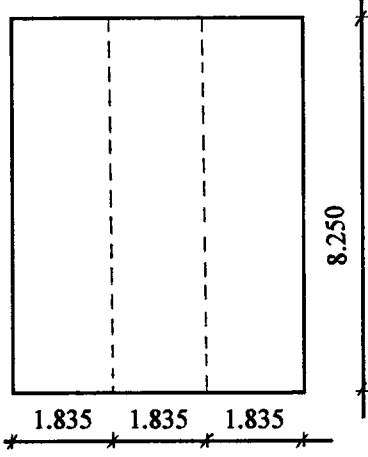
Seçilen I 380

$$W_x = 1260 \text{ cm}^3$$

$$\sigma = \frac{M_{\max}}{W_x} = \frac{1243}{1260} = 0.98 \text{ t/cm}^2$$

1.4.5.2. Ortadan Çift Kirişli Durumda

a) Döşeme Kirişi için Ön Boyutlama:



$$q = 1.100 \times \frac{5.5}{3} = 2.02 \text{ t/m.}$$

$$M_{\max} = \frac{q \times l^2}{8} = \frac{2.02 \times 8.25^2}{8} = 17.16 \text{ tm.}$$

$$W_g = \frac{M_{\max}}{\sigma_{\text{em}}} = \frac{1716}{1.44} = 1191 \text{ cm}^3$$

Seçilen I 380

Şekil 1.11. Ortadan çift kirişli durumda döşeme

$$W_x = 1260 \text{ cm}^3 \quad \sigma = \frac{1716}{1260} = 1.36 \text{ t/cm}^2 < 1.44 \text{ t/cm}^2$$

b) Taşıyıcı Kiriş için Ön Boyutlama:

$$P = \frac{q \times l}{2} = \frac{2.02 \times 8.25}{2} = 5.28 \text{ t.}$$

$$M_{\max} = \frac{P \times l}{3} = \frac{5.28 \times 5.5}{3} = 9.68 \text{ tm.}$$

$$W_g = \frac{M_{\max}}{\sigma_{\text{em}}} = \frac{968}{1.44} = 672.2 \text{ cm}^3$$

Seçilen I 380

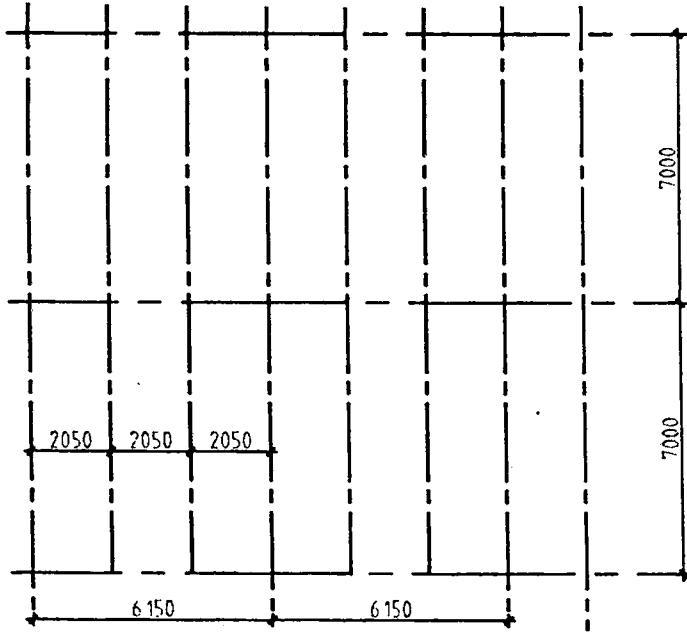
$$W_x = 1260 \text{ cm}^3 \quad \sigma = \frac{M_{\max}}{W_x} = \frac{968}{1260} = 0.77 \text{ t/cm}^2$$

BÖLÜM 2

Bu bölümde bir önceki bölüme ait ön yaklaşım ve sonuçlara dayanılarak uygun görülen üç ayrı açıklık için daha ayrıntılı bir kiriş boyutlandırılması yapılmıştır. Belirlenen açıklıklar (6.15-7.00, 5.50-8.25, 5.00-9.00 m) için çıplak çelik kullanımı ve kompozit çalışma durumlarında kirişlerin boyutlandırılması yoluna gidilmiştir. Kompozit çalışmada boyutlandırma plastik hesaba göre yapılmıştır. Ayrıca bu hesaplar sonucunda ağırlığa dayalı ekonomi araştırılması yapılmıştır. [4]

Özet olarak bu bölümde uygun eksenel sistemin ve kullanılacak hesap yönteminin belirlenmesi işlemleri, karşılaştırmalı hesap sonuçları ve ekonomi araştırması doğrultusunda gerçekleştirilmiştir.

2.1. GENEL EKSEN SEÇİMİ (6.15-7.00 m)



Şekil 2.1. Eksenel sistem (6.15-7.00)

2.1.1. Döşeme Kirişleri

2.1.1.1 Çıplak Çelik Kullanımı ile Döşeme Etkisi Göz Önüne Alınmadan

$$q = 2.05 \times 1.100 = 2.255 \text{ t/m.}$$

$$M_{\max} = \frac{q \times l^2}{8} = \frac{2.255 \times 7^2}{2} = 13.81 \text{ tm.} \quad (2.1)$$

$$W_g = \frac{M_{\max}}{\sigma_{\text{em}}} = \frac{1381}{1.44} = 959 \text{ cm}^3 \quad (2.2)$$

$$I \ 380 \rightarrow W_x = 1260 \text{ cm}^3 \quad \sigma_{\text{em}} = \frac{1381}{1260} = 1.1 \text{ t/cm}^2 < 1.44 \text{ t/cm}^2$$

$$I \ 300 \rightarrow W_x = 653 \text{ cm}^3 \quad \sigma_{\text{em}} = \frac{1381}{653} = 2.11 \text{ t/cm}^2 > 1.44 \text{ t/cm}^2$$

Bu durumda $I \ 300 + 2 \neq 150.10$

$$I \ 300 \text{ için } I_x = 9800 \text{ cm}^4 \quad b = 125 \text{ mm} \quad t = 16.2 \text{ mm}$$

$$t_g = 10.8 \text{ mm} \quad h_1 = 241 \text{ mm}$$

$$I_x = I_p + 2 \times b_1 \times t_1 \times \left(\frac{h + t_1}{2} \right)^2 = 9800 + 2 \times 15 \times 1 \times \left(\frac{30 + 1}{2} \right)^2 = 17007 \text{ cm}^4 \quad (2.3)$$

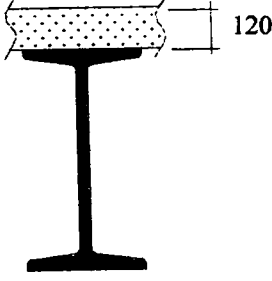
$$W_x = \frac{I_x}{\frac{h + 2 \times t_1}{2}} = \frac{17007}{\frac{30 + 2 \times 1}{2}} = 1063 \text{ cm}^3 \quad (2.4)$$

$$\sigma = \frac{1381}{1063} = 1.3 \text{ t/cm}^2 < 1.44 \text{ t/cm}^2$$

Not: İşçilik masraflı dolayısıyla burada takviyeli kiriş kullanımı yerine I 380 profilinin tek başına kullanılması daha uygundur.

2.1.1.2. Döşeme Etkisi Göz Önüne Alınarak Kompozit Çalışma

2.1.1.2.a. Yalın Karma Kiriş Durumu [2]



$$q = 2.05 \times 1.100 = 2.255 \text{ t/m}$$

$$q^* = 1.7 \times 2.255 = 3.83 \text{ t/m} \quad (2.5)$$

$$M_{\max}^* = \frac{q^* \times l^2}{8} = \frac{3.83 \times 7^2}{8} = 2346 \text{ tcm} \quad (2.6)$$

$$b_{\text{eff}} \leq \begin{cases} l_x = 205 \text{ cm} \\ 1/4 = 700/4 = 175 \text{ cm} \\ 16d + b_{\text{ao}} = 16 \times 12 + 12.5 = 204.5 \text{ cm} \end{cases} \quad (2.7)$$

Şekil 2.2. Yalın karma kiriş

$$b_{\text{eff}} = 175 \text{ cm} \quad \text{I 300} \rightarrow F_a = 69.1 \text{ cm}^2$$

$$Z = \alpha_a \times \sigma_f \times F_a = 1 \times 2.4 \times 69.1 = 165.84 \text{ t} \quad (2.8)$$

$$y = \frac{165.84}{0.74 \times 0.25 \times 175} = 5.12 \text{ cm} < 12 \text{ cm} \quad (2.9)$$

$$M_u = Z \times \left(h_{\text{ao}} + d - \frac{y}{2} \right) = 165.84 \times \left(15 + 12 - \frac{5.12}{2} \right) = 4053 \text{ tcm} \quad (2.10)$$

$$v = \frac{M_u}{M_{\max}^*} = \frac{4053}{2346} = 1.73 \quad (2.11)$$

Kesit küçültülebilir.

$$b_{\text{eff}} \leq \begin{cases} 205 \text{ cm} \\ 700/4 = 175 \text{ cm} \\ 16 \times 12 + 9.2 = 201.2 \text{ cm} \end{cases}$$

$$b_{\text{eff}} = 175 \text{ cm} \quad \text{I 260} \rightarrow F_a = 53.4 \text{ cm}^2$$

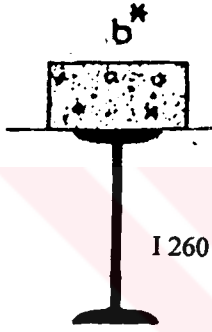
$$Z = 1 \times 2.4 \times 53.4 = 128.16 \text{ t}$$

$$y = \frac{128.16}{0.74 \times 0.25 \times 175} = 3.96 \text{ cm} < 12 \text{ cm} \quad M_u = 128.16 \times \left(13 + 12 - \frac{3.96}{2}\right) = 2950 \text{ tcm}$$

$$\nu = \frac{M_u}{M_{\max}^*} = \frac{2950}{2346} = 1.26$$

Seçilen I 260

Sehim Kontrolü



$$E_b = 285000 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_\sigma = 2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

$$n = 7.37$$

$$b^* = \frac{b_{\text{eff}}}{2n} = \frac{175}{2 \times 7.37} = 11.87 \text{ cm} \quad (2.12)$$

Şekil 2.3. Yalın karma kirişte b^*

$$y_{G1} = \frac{53.4 \times 13 + 11.87 \times 12 \times (-6)}{53.4 + 11.87 \times 12} = -0.82 \text{ cm}$$

(-) eksenden yukarıda [3]

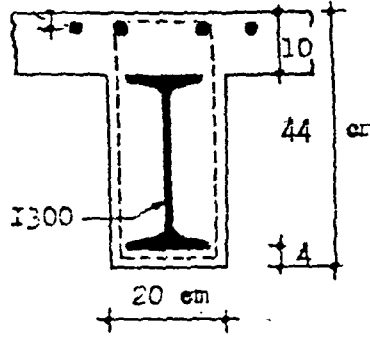
$$I_x = 5740 + 53.4 \times (13 + 0.82)^2 + \frac{11.87 \times 12^3}{12} + 11.87 \times 12 \times (6 - 0.82)^2 = 21470 \text{ cm}^4$$

$$f = \frac{0.521g + 0.912p}{100} \times \frac{l^4}{E_\sigma I_x} < f_{\text{lim}} \frac{1}{300}$$

$$f = \frac{0.521 \times 1.7 \times 0.350 + 0.912 \times 1.7 \times 0.750}{100} \times \frac{700^4}{2.1 \times 10^6 \times 21470} < \frac{700}{300}$$

$$0.78 \text{ cm} < 2.33 \text{ cm}$$

2.1.1.2.b.Gövde Betonlu Karma Kiriş Durumu (Kompzit Gömme Kirişler)



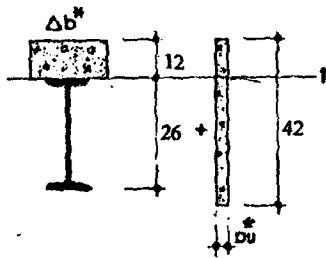
Şekil 2.4. Kompozit gömme kiriş

Bir çelik profilin dışarıdan görülmesinin engellenmesi veya yangından korunması amacıyla betona gömülmesi durumunda gövde betonlu karma kirişlerle karşılaşılır.

Gövde betonlu karma kirişler, daha büyük eğilme rijitlikleriyle şekil değiştirmelerin azalmasını sağladıkları gibi makaslama zorlarına karşı dayanımları da daha yüksektir. Ayrıca, negatif momentler bölgesinde, gövde betonunun hesaba olumlu yönde katılması mümkündür. Bu katkı ihmal edilirse bile güvenliğin arttığı bir gerçektir. Gövde betonlu karma kirişlerin, pozitif momentler bölgesindeki hesabı, güvenlik tarafında kalan bir yaklaşıklıkla, yalın karma kirişler gibi yapılır.

Döşeme kirişleri basit kiriş olarak kabul edildiği için, burada da hesap yalın karma kirişlerle aynı olacaktır. Ancak ağırlık merkezi ve atalet momentlerindeki değişim bir önceki sehim kontrolü ile karşılaştırma imkanı vermek açısından gövde betonlu karma kirişler için de tekrarlanmıştır. [1]

Sehim Kontrolü



Şekil 2.5. Kompozit gömme

kirişte b_u^* , Δb^*

$$b^* = \frac{b_{eff}}{2n} = \frac{175}{2 \times 7.37} = 11.87 \text{ cm}$$

$$b_u^* = \frac{b_u}{2n} = \frac{20}{2 \times 7.37} = 1.36 \text{ cm} \quad (2.16)$$

$$\Delta b^* = 11.87 - 1.36 = 10.51 \text{ cm} \quad (2.17)$$

$$y_{G1} = \frac{53.4 \times 13 + 10.51 \times 12 \times (-6) + 1.36 \times 42 \times (\frac{42}{2} - 12)}{53.4 + 126.12 + 1.32 \times 44} = +1.9 \text{ cm} \quad (2.18)$$

$$I_x = 5740 + 53.4 \times (13 - 1.9)^2 + \frac{10.51 \times 12^3}{12} + 126.12 \times (6 + 1.9)^2 + \frac{1.36 \times 42^3}{12} + 1.36 \times 42 \times (\frac{42}{2} - 1.9)^2 = 32980 \text{ cm}^4 \quad (2.19)$$

$$f = \frac{0.521 \times 1.7 \times 0.350 + 0.912 \times 1.7 \times 0.750}{100} \times \frac{700^4}{2.1 \times 10^6 \times 32980} = 0.509 \text{ cm} < 2.33 \text{ cm}$$

2.1.2. Taşıyıcı Kirişler

2.1.2.2. Basit Kiriş

$$M_{\max} = \frac{1}{3} \times 15.78 \times 6.15 + \frac{1}{8} \times 0.1 \times 6.15^2 = 32.82 \text{ tm} \quad (2.20)$$

$$W_g = \frac{M_{\max}}{\sigma_{\text{em}}} = \frac{3282}{1.44} = 2282 \text{ cm}^3$$

Kiriş yapma profil olarak teşkil edilecektir.

$$h = \frac{1}{10} \approx \frac{1}{12} \rightarrow h = 700 \text{ mm} \quad (2.21)$$

$$t_g = \frac{h}{110} \cong 8 \text{ mm} \quad (2.22)$$

$$b = \frac{1}{25} \approx \frac{1}{60} \text{ veya } b = (0.2 \approx 0.45)h \quad b = 250 \text{ mm} \quad (2.23)$$

$$t_b = 10 \approx 25 \text{ mm} \quad (2.24)$$

$$A_t = 2 \times t_b \times b + h \times t_g = 2 \times 1 \times 25 + 70 \times 0.8 = 106 \text{ cm}^2 \quad (2.25)$$

$$I_x = \frac{t_g \times h^3}{12} + 2 \times b \times t_b \times \left(\frac{h}{2} + \frac{t_b}{2}\right)^2 = \frac{0.8 \times 70^3}{12} + 2 \times 25 \times 1 \times \left(\frac{70}{2} + 0.5\right)^2 = 85879 \text{ cm}^4 \quad (2.26)$$

$$W_x = \frac{I_x}{\frac{h + 2 \times t_b}{2}} = \frac{85879}{\frac{72}{2}} = 2385 \text{ cm}^3 \quad (2.27)$$

$$\sigma = \frac{M_{\max}}{W_x} = \frac{3282}{2385} = 1.37 \text{ t/cm}^2 < 1.44 \text{ t/cm}^2$$

2.1.2.2. İki Açıklıkta Sürekli Kiriş

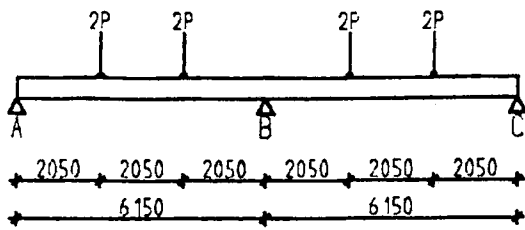
Burada iki açıklıkta sürekli kiriş için hesap, açıklıkların ve yüklerin eşit olması özel durumunda geçerli olan aşağıdaki bağıntı yardımıyla yapılmıştır. [4]

$$M_x = M_{ox} - 0.6 \times M_a \times \frac{x}{l}$$

$(M_x = M_{a\phi})$: Herhangi bir açıklığın sol mesnedinden x mesafesindeki kesinde oluşan moment.

$(M_{ox} = M_o)$: Kirişin ilgili açıklıkta, istenen kesitte basit kiriş olarak düşünülmesiyle elde edilmiş moment.

(M_a) : Kirişin ankastre mesnet momenti



$$P = \frac{1}{2} \times 1.1 \times 2.05 \times 7.0 = 7.89 \text{ t} \quad (2.28)$$

$$2P = 2 \times 7.89 = 15.78 \text{ t} \quad (2.29)$$

$$g_a = 0.1 \text{ t/m}$$

Şekil 2.6. İki açıklıkta sürekli kiriş

$$M_B = \frac{18}{54} \times 15.78 \times 6.15 + \frac{1}{8} \times 0.1 \times 6.15^2 = 32.82 \text{ tm} \quad (2.30)$$

$$R_A = 15.78 + \frac{1}{2} \times 0.1 \times 6.15 = 16.09 \text{ t} \quad (2.31)$$

$$M_O = 16.09 \times 2.05 - 0.1 \times \frac{2.05^2}{2} = 32.77 \text{ tm} \quad (2.32)$$

$$M_{\text{mes}} = 0.6 \times 32.82 = 19.69 \text{ tm} \quad (2.33)$$

$$M_{\text{ağ}} = 32.77 - 19.69 \times \frac{2.05}{6.15} = 26.20 \text{ tm} \quad (2.34)$$

$$W_g = \frac{2620}{1.44} = 1820 \text{ cm}^3 \quad (2.35)$$

Kiriş yapma profil olarak teşkil edilecektir.

$$h = \frac{1}{10} \approx \frac{1}{12} \rightarrow h = 600 \text{ mm}$$

$$t_g = \frac{h}{110} \cong 8 \text{ mm}$$

$$b = \frac{1}{25} \approx \frac{1}{60} \text{ veya}$$

$$b = (0.2 \approx 0.45)h \quad b = 250 \text{ mm}$$

$$t_b = 10 \approx 25 \text{ mm}$$

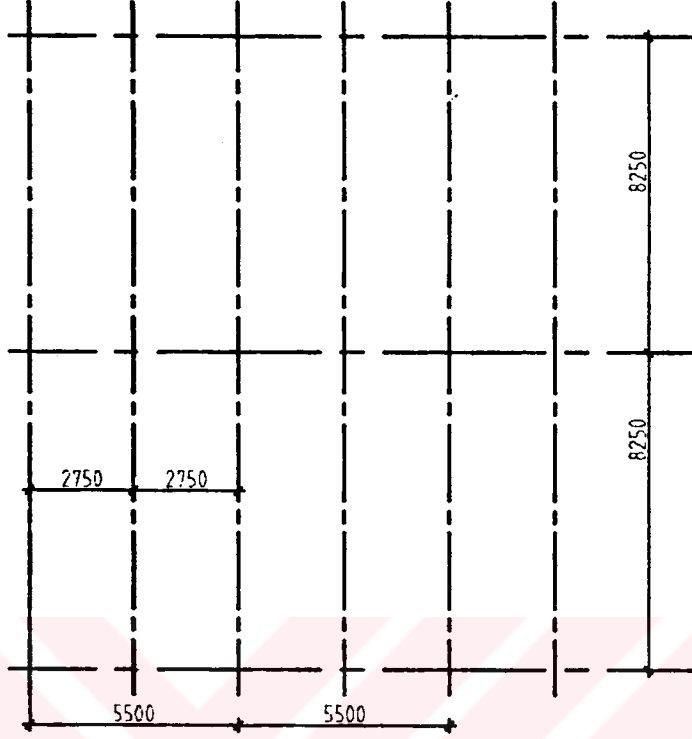
$$A_t = 2 \times t_b \times b + h \times t_g = 2 \times 1 \times 25 + 60 \times 0.8 = 98 \text{ cm}^2$$

$$I_x = \frac{t_g \times h^2}{12} + 2 \times b \times t_b \times \left(\frac{h}{2} + \frac{t_b}{2}\right)^2 = \frac{0.8 \times 60^3}{12} + 2 \times 25 \times 1 \times \left(\frac{60}{2} + 0.5\right)^2 = 60912.5 \text{ cm}^4$$

$$W_x = \frac{I_x}{\frac{h + 2 \times t_b}{2}} = \frac{60912.5}{\frac{62}{2}} = 1965 \text{ cm}^3$$

$$\sigma = \frac{M_{\text{max}}}{W_x} = \frac{2620}{1965} = 1.33 \text{ t/cm}^2 < 1.44 \text{ t/cm}^2$$

2.2. GENEL EKSEN SEÇİMİ (5.50-8.25 m)



Şekil 2.7. Eksenel sistem (5.50-8.25)

$$g+p=1.100 \text{ t/m}^2$$

2.2.1. Döşeme Kirişleri

2.2.1.1. Çıplak Çelik Kullanımı ile Döşeme Etkisi Göz Önüne Alınmadan

$$q = 2.75 \times 1.100 = 3.025 \text{ t/m}$$

$$M_{\max} = \frac{q \times l^2}{8} = \frac{3.025 \times 8.25^2}{8} = 25.7 \text{ tm}$$

$$W_g = \frac{M_{\max}}{\sigma_{em}} = \frac{2570}{1.44} = 1786 \text{ cm}^3$$

Kiriş yapma profil olarak teşkil edilecektir.

$$h = \frac{1}{10} \approx \frac{1}{12} \rightarrow h = 700 \text{ mm}$$

$$t_g = \frac{h}{110} \cong 8 \text{ mm}$$

$$b = \frac{1}{25} \approx \frac{1}{60} \quad \text{veya}$$

$$b = (0.2 \approx 0.45)h \quad b = 200 \text{ mm}$$

$$t_b = 10 \approx 25 \text{ mm}$$

$$A_t = 2 \times t_b \times b + h \times t_g = 2 \times 1 \times 20 + 70 \times 0.8 = 96 \text{ cm}^2$$

$$I_x = \frac{t_g \times h^3}{12} + 2 \times b \times t_b \times \left(\frac{h}{2} + \frac{t_b}{2}\right)^2 = \frac{0.8 \times 70^3}{12} + 2 \times 20 \times 1 \times \left(\frac{70}{2} + 0.5\right)^2 = 73277 \text{ cm}^4$$

$$W_x = \frac{I_x}{\frac{h + 2 \times t_b}{2}} = \frac{73277}{\frac{72}{2}} = 2035 \text{ cm}^3$$

$$\sigma = \frac{M_{\max}}{W_x} = \frac{2570}{2035} = 1.26 \text{ t/cm}^2 < 1.44 \text{ t/cm}^2$$

2.2.1.2. Döşeme Etkisi Göz Önüne Alınarak Kompozit Çalışma Durumunda

$$q = 1.10 \times 2.75 = 3.025 \text{ t/m}$$

$$q^* = 1.7 \times q = 5.14 \text{ t/m}$$

$$M_{\max}^* = \frac{q^* \times l^2}{8} = \frac{5.14 \times 8.25^2}{8} = 43.73 \text{ t/m}$$

$$I \text{ 380 iç in} \quad F_a = 107 \text{ cm}^2$$

$$b_{\text{eff}} \leq \begin{cases} l_x = 275 \text{ cm} \\ 1/4 = 825/4 = 206.25 \text{ cm} \\ 16 \times 12 + 14.9 = 206.9 \text{ cm} \end{cases}$$

$$b_{\text{eff}} = 207 \text{ cm}$$

$$Z = \alpha_s \times \sigma_s \times F_s = 1 \times 2.4 \times 107 = 256.8 \text{ t}$$

$$y = \frac{Z}{\alpha_b \times \sigma_{br} \times b_{eff}} = \frac{256.8}{0.74 \times 0.250 \times 207} = 6.7 \text{ cm} < d = 12 \text{ cm}$$

$$M_u = Z \times \left(h_{so} + d - \frac{y}{2} \right) = 256.8 \times \left(16 + 12 - \frac{6.7}{2} \right) = 71 \text{ tm}$$

$$\nu = \frac{M_u}{M_{max}} = \frac{71}{43.73} = 1.62$$

Kesit küçültülebilir.

$$b_{eff} \leq \begin{cases} l_x = 275 \text{ cm} \\ 1/4 = 825/4 = 206.25 \text{ cm} \\ 16d + b_{so} = 16 \times 12 + 12.5 = 204.5 \text{ cm} \end{cases}$$

$$b_{eff} = 205 \text{ cm} \quad I \ 300 \rightarrow F_s = 69.1 \text{ cm}^2$$

$$Z = \alpha_s \times \sigma_s \times F_s = 1 \times 2.4 \times 69.1 = 165.84 \text{ t} \quad y = \frac{165.84}{0.74 \times 0.25 \times 205} = 4.37 \text{ cm} < 12 \text{ cm}$$

$$M_u = Z \times \left(h_{so} + d - \frac{y}{2} \right) = 165.84 \times \left(15 + 12 - \frac{4.37}{2} \right) = 4115 \text{ tcm}$$

$$\nu = \frac{M_u}{M_{max}} = \frac{4115}{4373} = 0.941$$

I 300 profili çok yakın olmakla birlikte güvenlik sınırı içerisinde kalmamaktadır. Bu durum, eksenel sistemin seçiminde göz önünde bulundurulmalıdır. Çünkü eksenlerden uygun görülen biri üzerinde yapılacak küçük bir azaltım burada I 380 yerine I 300 profilinin kullanılabilemesi imkanını, dolayısıyla büyük bir ekonomi sağlayacaktır.

2.2.2. Taşıyıcı Kirişler

2.2.2.1. Basit Kiriş

$$M_{\max} = \frac{1}{4} \times 24.95 \times 5.5 + \frac{1}{8} \times 0.1 \times 5.5^2 = 34.67 \text{ tm}$$

$$W_g = \frac{M_{\max}}{\sigma_{\text{em}}} = \frac{3467}{1.44} = 2407 \text{ cm}^3$$

Kiriş yapma profil olarak teşkil edilecektir.

$$h = \frac{1}{10} \approx \frac{1}{12} \rightarrow h = 750 \text{ mm}$$

$$t_g = \frac{h}{110} \cong 8 \text{ mm}$$

$$b = \frac{1}{25} \approx \frac{1}{60} \text{ veya}$$

$$b = (0.2 \approx 0.45)h \quad b = 250 \text{ mm}$$

$$t_b = 10 \approx 25 \text{ mm}$$

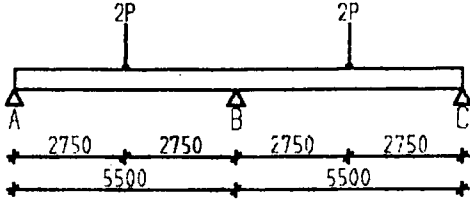
$$A_t = 2 \times t_b \times b + h \times t_g = 2 \times 1 \times 25 + 75 \times 0.8 = 110 \text{ cm}^2$$

$$I_x = \frac{t_g \times h^3}{12} + 2 \times b \times t_b \times \left(\frac{h}{2} + \frac{t_b}{2}\right)^2 = \frac{0.8 \times 75^3}{12} + 2 \times 25 \times 1 \times \left(\frac{75}{2} + 0.5\right)^2 = 100325 \text{ cm}^4$$

$$W_x = \frac{I_x}{\frac{h + 2 \times t_b}{2}} = \frac{100325}{\frac{77}{2}} = 2605 \text{ cm}^3$$

$$\sigma = \frac{M_{\max}}{W_x} = \frac{3467}{2605} = 1.33 \text{ t/cm}^2 < 1.44 \text{ t/cm}^2$$

2.2.2.2. İki Açıklıkta Sürekli Kiriş



$$P = \frac{1}{2} \times 1.1 \times 2.75 \times 8.25 = 12.48 \text{ t}$$

$$2P = 2 \times 12.48 = 24.95 \text{ t}$$

$$g_a = 0.1 \text{ t/m}$$

Şekil 2.8. İki açıklıkta sürekli kiriş

$$M_B = \frac{3}{16} \times 24.95 \times 5.5 + \frac{1}{8} \times 0.1 \times 5.5^2 = 26.10 \text{ tm}$$

$$R_A = \frac{1}{2} \times 24.95 + \frac{1}{2} \times 0.1 \times 5.5 = 12.75 \text{ t}$$

$$M_O = 12.75 \times 2.75 - 0.1 \times \frac{2.75^2}{2} = 34.68 \text{ tm}$$

$$M_{\text{mes}} = 0.6 \times 26.10 = 15.66 \text{ tm}$$

$$M_{\text{aç}} = 34.68 - \frac{15.66}{2} = 26.85 \text{ tm}$$

$$W_g = \frac{2685}{1.44} = 1864 \text{ cm}^3$$

Kiriş yapma profil olarak teşkil edilecektir.

$$h = \frac{1}{10} \approx \frac{1}{12} \rightarrow h = 600 \text{ mm}$$

$$t_g = \frac{h}{110} \approx 8 \text{ mm}$$

$$b = \frac{1}{25} \approx \frac{1}{60} \text{ veya}$$

$$t_b = 10 \approx 25 \text{ mm}$$

$$b = (0.2 \approx 0.45)h$$

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

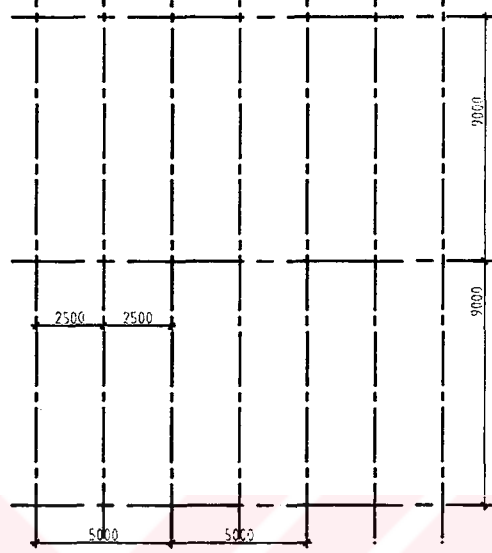
$$A_t = 2 \times t_b \times b + h \times t_g = 2 \times 1 \times 25 + 60 \times 0.8 = 98 \text{ cm}^2$$

$$I_x = \frac{t_g \times h^3}{12} + 2 \times b \times t_b \times \left(\frac{h}{2} + \frac{t_b}{2}\right)^2 = \frac{0.8 \times 60^3}{12} + 2 \times 25 \times 1 \times \left(\frac{60}{2} + 0.5\right)^2 = 60912.5 \text{ cm}^4$$

$$W_x = \frac{I_x}{\frac{h + 2 \times t_b}{2}} = \frac{60912.5}{\frac{62}{2}} = 1965 \text{ cm}^3$$

$$\sigma = \frac{2685}{1965} = 1.36 \text{ t/cm}^2 < 1.44 \text{ t/cm}^2$$

2.3. GENEL EKSEN SEÇİMİ (5.00-9.00 m)



Şekil 2.9. Eksenel sistem (5.00-9.00)

$$g+p=1.100 \text{ t/m}^2$$

2.3.1. Döşeme Kirişleri

2.3.1.1. Çıplak Çelik Kullanımı ile Döşeme Etkisi Göz Önüne Alınmadan

$$q = 2.5 \times 1.100 = 2.75 \text{ t/m}$$

$$M_{\max} = \frac{q \times l^2}{8} = \frac{2.75 \times 9^2}{8} = 27.8 \text{ tm}$$

$$W_g = \frac{M_{\max}}{\sigma_{cm}} = \frac{2780}{1.44} = 1930 \text{ cm}^3$$

Kiriş yapma profil olarak teşkil edilecektir.

$$h = \frac{l}{10} \approx \frac{l}{12} \rightarrow h = 700 \text{ mm}$$

$$t_g = \frac{h}{110} \cong 8 \text{ mm}$$

$$b = \frac{1}{25} \approx \frac{1}{60} \quad \text{veya}$$

$$b = (0.2 \approx 0.45)h \quad b = 200 \text{ mm}$$

$$t_b = 10 \approx 25 \text{ mm}$$

$$A_t = 2 \times t_b \times b + h \times t_g = 2 \times 1 \times 20 + 70 \times 0.8 = 96 \text{ cm}^2$$

$$I_x = \frac{t_g \times h^3}{12} + 2 \times b \times t_b \times \left(\frac{h}{2} + \frac{t_b}{2}\right)^2 = \frac{0.8 \times 70^3}{12} + 2 \times 20 \times 1 \times \left(\frac{70}{2} + 0.5\right)^2 = 73277 \text{ cm}^4$$

$$W_x = \frac{I_x}{\frac{h + 2 \times t_b}{2}} = \frac{73277}{\frac{72}{2}} = 2035 \text{ cm}^3$$

$$\sigma = \frac{M_{\max}}{W_x} = \frac{2780}{2035} = 1.36 \text{ t/cm}^2 < 1.44 \text{ t/cm}^2$$

2.3.1.2. Döşeme Etkisi Göz Önüne Alınarak Kompozit Çalışma Durumunda

$$q = 1.10 \times 2.5 = 2.75 \text{ t/m}$$

$$q^* = 1.7 \times q = 4.675 \text{ t/m}$$

$$M_{\max}^* = \frac{q^* \times l^2}{8} = \frac{4.675 \times 9^2}{8} = 47.33 \text{ t/m}$$

$$I \text{ 380 iç in } F_s = 107 \text{ cm}^2$$

$$b_{\text{eff}} \leq \begin{cases} l_x = 250 \text{ cm} \\ 1/4 = 900/4 = 225 \text{ cm} \\ 16 \times 12 + 14.9 = 206.9 \text{ cm} \end{cases}$$

$$b_{\text{eff}} = 207 \text{ cm}$$

$$Z = \alpha_s \times \sigma_s \times F_s = 1 \times 2.4 \times 107 = 256.8 \text{ t}$$

$$y = \frac{Z}{\alpha_b \times \sigma_{br} \times b_{eff}} = \frac{256.8}{0.74 \times 0.250 \times 207} = 6.7 \text{ cm} < d = 12 \text{ cm}$$

$$M_u = Z \times (h_{so} + d - \frac{y}{2}) = 256.8 \times (16 + 12 - \frac{6.7}{2}) = 71 \text{ tm}$$

$$\nu = \frac{71}{47.33} = 1.5$$

2.3.2. Taşıyıcı Kirişler

2.3.2.1. Basit Kiriş

$$M_{max} = \frac{1}{4} \times 24.75 \times 5.0 + \frac{1}{8} \times 0.1 \times 5.0^2 = 31.25 \text{ tm}$$

$$W_g = \frac{M_{max}}{\sigma_{cm}} = \frac{3125}{1.44} = 2170 \text{ cm}^3$$

Kiriş yapma profil olarak teşkil edilecektir.

$$h = \frac{1}{10} \approx \frac{1}{12} \rightarrow h = 700 \text{ mm}$$

$$t_g = \frac{h}{110} \cong 8 \text{ mm} \quad b = \frac{1}{25} \approx \frac{1}{60} \quad \text{veya}$$

$$t_b = 10 \approx 25 \text{ mm} \quad b = (0.2 \approx 0.45)h \quad b = 250 \text{ mm}$$

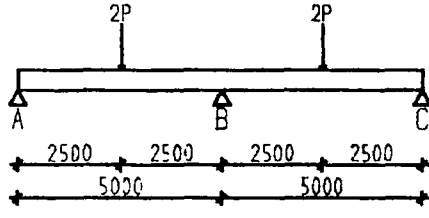
$$A_t = 2 \times t_b \times b + h \times t_g = 2 \times 1 \times 25 + 70 \times 0.8 = 106 \text{ cm}^2$$

$$I_x = \frac{t_g \times h^3}{12} + 2 \times b \times t_b \times (\frac{h}{2} + \frac{t_b}{2})^2 = \frac{0.8 \times 70^3}{12} + 2 \times 25 \times 1 \times (\frac{70}{2} + 0.5)^2 = 85879 \text{ cm}^4$$

$$W_x = \frac{I_x}{\frac{h + 2 \times t_b}{2}} = \frac{85879}{\frac{72}{2}} = 2385 \text{ cm}^3$$

$$\sigma = \frac{M_{max}}{W_x} = \frac{3125}{2385} = 1.31 \text{ t/cm}^2 < 1.44 \text{ t/cm}^2$$

2.3.2.2. İki Açıklıkta Sürekli Kiriş



$$P = \frac{1.1 \times 2.5 \times 9}{2} = 12.375 \text{ t}$$

$$2P = 2 \times 12.375 = 24.75 \text{ t}$$

$$g_a = 0.1 \text{ t/m}$$

Şekil 2.10. İki açıklıkta sürekli kiriş

$$M_B = \frac{3}{16} \times 24.75 \times 5.0 + \frac{1}{8} \times 0.1 \times 5.0^2 = 23.51 \text{ tm}$$

$$R_A = \frac{1}{2} \times 24.75 + \frac{1}{2} \times 0.1 \times 5.0 = 12.625 \text{ t}$$

$$M_O = 12.625 \times 2.50 - 0.1 \times \frac{2.50^2}{2} = 31.25 \text{ tm}$$

$$M_{\text{mes}} = 0.6 \times 23.51 = 14.10 \text{ tm}$$

$$M_{\text{aç}} = 31.25 - 14.10 \times \frac{2.50}{5.00} = 24.20 \text{ tm}$$

$$W_g = \frac{2420}{1.44} = 1680 \text{ cm}^3$$

Kiriş yapma profil olarak teşkil edilecektir.

$$h = \frac{1}{10} \approx \frac{1}{12} \rightarrow h = 550 \text{ mm}$$

$$t_g = \frac{h}{110} \approx 8 \text{ mm}$$

$$b = \frac{1}{25} \approx \frac{1}{60} \text{ veya}$$

$$t_b = 10 \approx 25 \text{ mm}$$

$$b = (0.2 \approx 0.45)h$$

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

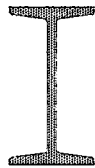
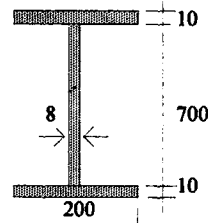
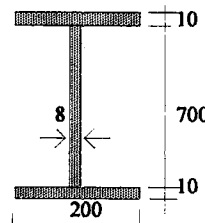
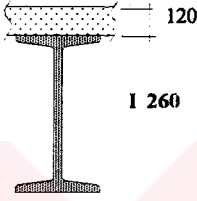
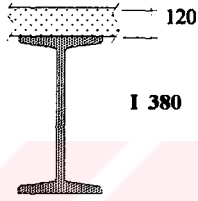
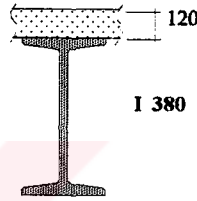
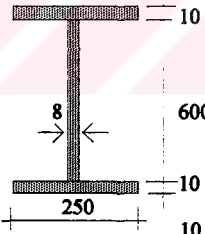
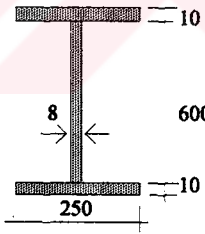
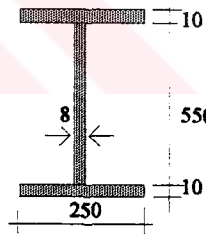
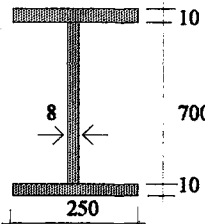
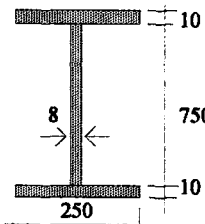
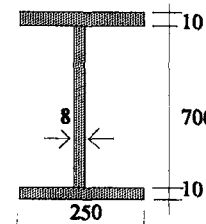
$$A_t = 2 \times t_b \times b + h \times t_g = 2 \times 1 \times 25 + 55 \times 0.8 = 94 \text{ cm}^2$$

$$I_x = \frac{t_g \times h^3}{12} + 2 \times b \times t_b \times \left(\frac{h}{2} + \frac{t_b}{2}\right)^2 = \frac{0.8 \times 55^3}{12} + 2 \times 25 \times 1 \times \left(\frac{55}{2} + 0.5\right)^2 = 50292 \text{ cm}^4$$

$$W_x = \frac{I_x}{\frac{h + 2 \times t_b}{2}} = \frac{50292}{\frac{57}{2}} = 1765 \text{ cm}^3$$

$$\sigma = \frac{2420}{1765} = 1.37 \text{ t/cm}^2 < 1.44 \text{ t/cm}^2$$

Tablo 2.1 Kiriş Hesapları Sonuç Tablosu

		(28,0 x 49,2) 7,00 - 6,15	(27,5 x 49,5) 8,25 - 5,50	(27,0x50,0) 9,00 - 5,00
DÖŞEME KİRİŞLERİ	ÇIPLAK ÇELİK			
	M _{max} =	1381 ton	2570 ton	2780 ton
	W _g =	959 cm ³	1786 cm ³	1930 cm ³
	W _x =	1260 cm ³	2035 cm ³	2035 cm ³
	σ =	1,10 t/cm ²	1,26 t/cm ²	1,36 t/cm ²
	KOMPOZİT ÇALIŞMA			
	M _{max} =	2346 ton	4373 ton	4733 ton
	M _u =	2950 ton	7100 ton	7100 ton
	V =	1,26	1,62	1,50
	2 Açıklıkta SÜREKLİ KİRİŞ			
TAŞIYICI KİRİŞLER	M _{max} =	2620 ton	2685 ton	2420 ton
	W _g =	1820 cm ³	1864 cm ³	1680 cm ³
	W _x =	1965 cm ³	1965 cm ³	1765 cm ³
	σ =	1,33 t/cm ²	1,36 t/cm ²	1,37 t/cm ²
	BASIT KİRİŞ			
	M _{max} =	3282 ton	3467 ton	3125 ton
	W _g =	2282 cm ³	2407 cm ³	2170 cm ³
	W _x =	2385 cm ³	2605 cm ³	2385 cm ³
	σ =	1,37 t/cm ²	1,33 t/cm ²	1,31 t/cm ²

2.4.SONUÇLARIN İRDELENMESİ

Tablo sonuçlarının bir değerlendirmesi yapılarak görülmüştür ki,

Eksenel sistem 6.15 -7.00 → I 260 için

Döşeme kirişleri için boyutlandırmada,

$$q = 2.05 \times 1.100 = 2.255 \text{ t / m}$$

$$q^* = 1.7 \times 2.255 = 3.83 \text{ t / m}$$

$$M_{\max}^* = \frac{q^* \times l^2}{8} = \frac{3.83 \times 7^2}{8} = 2346 \text{ tcm}$$

$$M_u = 2950 \text{ tcm} > M_{\max}^* = 2346$$

Burada I 220 profili kullanımının uygun olup olmadığı araştırılmıştır.

$$b_{\text{eff}} \leq \begin{cases} l_x = 205 \text{ cm} \\ l/4 = 700/4 = 175 \text{ cm} \\ 16d + b_{\text{so}} = 16 \times 12 + 9.8 = 201.8 \text{ cm} \end{cases}$$

$$b_{\text{eff}} = 175 \text{ cm} \quad \text{I 220} \rightarrow F_a = 39.6 \text{ cm}^2$$

$$Z = \alpha_s \times \sigma_f \times F_a = 1 \times 2.4 \times 39.6 = 95.04 \text{ t} \quad y = \frac{95.04}{0.74 \times 0.25 \times 175} = 2.93 \text{ cm} < 12 \text{ cm}$$

$$M_u = Z \times \left(h_{\text{so}} + d - \frac{y}{2} \right) = 95.04 \times \left(11 + 12 - \frac{2.93}{2} \right) = 2046 \text{ tcm} < M_{\max}^* = 2346 \text{ tcm}$$

Görüldüğü gibi kesit yetersiz kalmıştır. Bu durumda eksen seçiminde yapılacak bir değişiklik ile I 220 profilinin kullanılmasının mümkün olup olmadığı araştırılmıştır.

Eksen takımı 6.15 / 6.50 olarak değiştirildiğinde I 220 yeterli olmuştur.

$$q = 2.05 \times 1.100 = 2.255 \text{ t / m}$$

$$q^* = 1.7 \times 2.255 = 3.83 \text{ t / m}$$

$$M_{\max}^* = \frac{q^* \times l^2}{8} = \frac{3.83 \times 6.50^2}{8} = 2022 \text{ tcm}$$

$$b_{\text{eff}} \leq \begin{cases} l_x = 205 \text{ cm} \\ l/4 = 650/4 = 162.5 \text{ cm} \\ 16d + b_{\text{ao}} = 16 \times 12 + 9.8 = 201.8 \text{ cm} \end{cases}$$

$$b_{\text{eff}} = 163 \text{ cm} \quad \text{I 220} \rightarrow F_a = 39.6 \text{ cm}^2$$

$$Z = \alpha_a \times \sigma_f \times F_a = 1 \times 2.4 \times 39.6 = 95.04 \text{ t} \quad y = \frac{95.04}{0.74 \times 0.25 \times 163} = 3.15 \text{ cm} < 12 \text{ cm}$$

$$M_u = Z \times \left(h_{\text{ao}} + d - \frac{y}{2} \right) = 95.04 \times \left(11 + 12 - \frac{3.15}{2} \right) = 2036 \text{ tcm} > M_{\text{max}}^* = 2022 \text{ tcm}$$

Taşıyıcı kirişler için boyutlandırmada,

$$P = \frac{1}{2} \times 1.1 \times 2.05 \times 6.50 = 7.33 \text{ t}$$

$$2P = 2 \times 7.33 = 14.66 \text{ t}$$

$$g_a = 0.1 \text{ t/m}$$

$$M_B = \frac{18}{54} \times 14.66 \times 6.15 + \frac{1}{8} \times 0.1 \times 6.15^2 = 30.52 \text{ tm}$$

$$R_A = 14.66 + \frac{1}{2} \times 0.1 \times 6.15 = 14.97 \text{ t}$$

$$M_O = 14.97 \times 2.05 - 0.1 \times \frac{2.05^2}{2} = 30.47 \text{ tm}$$

$$M_{\text{mes}} = 0.6 \times 30.52 = 18.31 \text{ tm}$$

$$M_{\text{ağ}} = 30.47 - \frac{18.31}{3} = 24.36 \text{ tm}$$

$$W_g = \frac{2436}{1.44} = 1691 \text{ cm}^3$$

Kiriş yapma profil olarak teşkil edilecektir.

$$h = \frac{1}{10} \approx \frac{1}{12} \rightarrow h = 550 \text{ mm}$$

$$t_g = \frac{h}{110} \cong 8 \text{ mm}$$

$$b = \frac{1}{25} \approx \frac{1}{60} \quad \text{veya}$$

$$b = (0.2 \approx 0.45)h \quad b = 250 \text{ mm}$$

$$t_b = 10 \approx 25 \text{ mm}$$

$$A_1 = 2 \times t_b \times b + h \times t_g = 2 \times 1 \times 25 + 55 \times 0.8 = 94 \text{ cm}^2$$

$$I_x = \frac{t_g \times h^3}{12} + 2 \times b \times t_b \times \left(\frac{h}{2} + \frac{t_b}{2}\right)^2 = \frac{0.8 \times 55^3}{12} + 2 \times 25 \times 1 \times \left(\frac{55}{2} + 0.5\right)^2 = 50292 \text{ cm}^4$$

$$W_x = \frac{I_x}{\frac{h + 2 \times t_b}{2}} = \frac{50292}{\frac{57}{2}} = 1765 \text{ cm}^3$$

$$\sigma = \frac{M_{\max}}{W_x} = \frac{2436}{1765} = 1.38 \text{ t/cm}^2 < 1.44 \text{ t/cm}^2$$

Eksenel sistem 5.50- 8.25 → I 380 için

Döşeme kirişleri için boyutlandırma,

$$q = 2.75 \times 1.100 = 3.025 \text{ t/m}$$

$$q^* = 1.7 \times 3.025 = 5.14 \text{ t/m}$$

$$M_{\max}^* = \frac{q^* \times l^2}{8} = \frac{5.14 \times 8.25^2}{8} = 4373 \text{ tcm}$$

$$M_u = 7100 \text{ tcm} > M_{\max}^* = 4373$$

Burada I 300 profili kullanımının uygun olup olmadığı araştırılmıştır.

$$b_{\text{eff}} \leq \begin{cases} l_x = 275 \text{ cm} \\ l/4 = 825/4 = 206.25 \text{ cm} \\ 16d + b_{\text{ao}} = 16 \times 12 + 12.5 = 204.5 \text{ cm} \end{cases}$$

$$b_{\text{eff}} = 205 \text{ cm} \quad \text{I 300} \rightarrow F_a = 69.1 \text{ cm}^2$$

$$Z = \alpha_s \times \sigma_f \times F_a = 1 \times 2.4 \times 69.1 = 165.84 \text{ t} \quad y = \frac{165.84}{0.74 \times 0.25 \times 205} = 4.37 \text{ cm} < 12 \text{ cm}$$

$$M_u = Z \times \left(h_{\text{ao}} + d - \frac{y}{2} \right) = 165.84 \times \left(15 + 12 - \frac{4.37}{2} \right) = 4115 \text{ tcm} < M_{\text{max}}^* = 4373 \text{ tcm}$$

Görüldüğü gibi kesit yetersiz kalmıştır. Ancak eksen seçiminde yapılacak bir değişiklikle I 300 profilinin kullanımı mümkün olabilmektedir.

Eksen takımı 5.50 / 8.00 olarak değiştirildiğinde I 300 yeterli olmuştur.

$$q = 2.75 \times 1.100 = 3.025 \text{ t/m}$$

$$q^* = 1.7 \times 3.025 = 5.14 \text{ t/m}$$

$$M_{\text{max}}^* = \frac{q^* \times l^2}{8} = \frac{5.14 \times 8.00^2}{8} = 4112 \text{ tcm}$$

$$b_{\text{eff}} \leq \begin{cases} l_x = 275 \text{ cm} \\ l/4 = 800/4 = 200 \text{ cm} \\ 16d + b_{\text{ao}} = 16 \times 12 + 12.5 = 204.5 \text{ cm} \end{cases}$$

$$b_{\text{eff}} = 200 \text{ cm} \quad \text{I 300} \rightarrow F_a = 69.1 \text{ cm}^2$$

$$Z = \alpha_s \times \sigma_f \times F_a = 1 \times 2.4 \times 69.1 = 165.84 \text{ t} \quad y = \frac{165.84}{0.74 \times 0.25 \times 200} = 4.48 \text{ cm} < 12 \text{ cm}$$

$$M_u = Z \times \left(h_{\text{ao}} + d - \frac{y}{2} \right) = 165.84 \times \left(15 + 12 - \frac{4.48}{2} \right) = 4106 \text{ tcm} \cong M_{\text{max}}^* = 4112 \text{ tcm}$$

Taşıyıcı kirişler için boyutlandırmada,

$$P = \frac{1}{2} \times 1.1 \times 2.75 \times 8 = 12.10 \text{ t}$$

$$2P = 2 \times 12.10 = 24.20 \text{ t}$$

$$g_a = 0.1 \text{ t/m}$$

$$M_B = \frac{3}{16} \times 24.20 \times 5.5 + \frac{1}{8} \times 0.1 \times 5.5^2 = 25.33 \text{ tm}$$

$$R_A = \frac{1}{2} \times 24.20 + \frac{1}{2} \times 0.1 \times 5.5 = 12.375 \text{ t}$$

$$M_O = 12.375 \times 2.75 - 0.1 \times \frac{2.75^2}{2} = 33.65 \text{ tm}$$

$$M_{\text{mes}} = 0.6 \times 25.33 = 15.2 \text{ tm}$$

$$M_{\text{uç}} = 33.65 - 15.2 \times \frac{2.75}{5.5} = 26.05 \text{ tm}$$

$$W_g = \frac{2605}{1.44} = 1809 \text{ cm}^3$$

Kiriş yapma profil olarak teşkil edilecektir.

$$h = \frac{1}{10} \approx \frac{1}{12} \rightarrow h = 600 \text{ mm}$$

$$t_g = \frac{h}{110} \cong 8 \text{ mm}$$

$$b = \frac{1}{25} \approx \frac{1}{60} \text{ veya}$$

$$b = (0.2 \approx 0.45)h \quad b = 250 \text{ mm}$$

$$t_b = 10 \approx 25 \text{ mm}$$

$$A_t = 2 \times t_b \times b + h \times t_g = 2 \times 1 \times 25 + 60 \times 0.8 = 98 \text{ cm}^2$$

$$I_x = \frac{t_g \times h^3}{12} + 2 \times b \times t_b \times \left(\frac{h}{2} + \frac{t_b}{2}\right)^2 = \frac{0.8 \times 60^3}{12} + 2 \times 25 \times 1 \times \left(\frac{60}{2} + 0.5\right)^2 = 60912.5 \text{ cm}^4$$

$$W_x = \frac{I_x}{\frac{h + 2 \times t_b}{2}} = \frac{60912.5}{\frac{62}{2}} = 1965 \text{ cm}^3$$

$$\sigma = \frac{M_{\text{max}}}{W_x} = \frac{2605}{1965} = 1.32 \text{ t/cm}^2 < 1.44 \text{ t/cm}^2$$

2.5. AĞIRLIK ANALİZİ

2.5.1. Eksenel Sistem 6.15-6.50 m için Toplam ve Metrekareye Düşen Ağırlıklar

$$I \ 220 \rightarrow G = 31.1 \text{ kg/m}$$

$$2 \neq 250.10 + \neq 550.10 \rightarrow A_t = 94 \text{ cm}^2 \quad \gamma = 7.8 \text{ gr/cm}^3$$

$$G = 0.094 \times 780 = 73.3 \text{ kg/m}$$

$$G_T = 25 \times 6.50 \times 31.1 + 28 \times 6.15 \times 73.3 = 17676 \text{ kg}$$

$$g = 17676 / (49.2 \times 26) = 13.8 \text{ kg/m}^2$$

2.5.2. Eksenel Sistem 5.50-8.00 m için Toplam ve Metrekareye Düşen Ağırlıklar

$$I \ 300 \rightarrow G = 54.2 \text{ kg/m}$$

$$2 \neq 250.10 + \neq 600.10 \rightarrow A_t = 98 \text{ cm}^2 \quad \gamma = 7.8 \text{ gr/cm}^3$$

$$G = 0.098 \times 780 = 76.44 \text{ kg/m}$$

$$G_T = 19 \times 8.00 \times 54.2 + 24 \times 5.50 \times 76.44 = 18328 \text{ kg}$$

$$g = 18328 / (49.5 \times 24) = 15.42 \text{ kg/m}^2$$

2.6. EKSENEL SİSTEM ÜZERİNE ARAŞTIRMANIN SONUCU

Buraya kadar birada yürütülerek karşılaştırmaları yapılan geometrik açıdan uygun eksenel sistem araştırmaları, uygun hesap yönteminin belirlenmesine dair araştırma ve ekonomi araştırmaları sonucunda en uygun eksenel sistemin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Sonuç olarak en uygun hesap yöntemi olarak döşeme kirişlerinde yalın karma kirişlerin plastik hesabı, en uygun açıklıklar; yapının bir çelik yapı olması, geometriye uygun olması ve ekonomi gibi etmenler göz önünde tutularak 5.50-8.00 m olarak belirlenmiştir.

BÖLÜM 3

Bu bölümde genel eksen seçimi araştırmaları sonucunda seçilen eksen sistemine (5.50/8.00) ait boyutlamalar yapılmıştır.

3.1. KİRİŞLERİN BOYUTLANDIRILMASI

3.1.1. İkinci Kat 7.50 m Kotu, $p=0.750 \text{ t/m}^2$

3.1.1.1. Çift Taraflı Yük Alanlar

Çift taraflı yük alan kirişlere ait hesaplamalar ön safhada belirlenmişti. Bu hesaplamalara göre kiriş kesitleri,

3.1.1.1.a. Döşeme Kirişleri $\Rightarrow$ I 300 olarak belirlenmişti.

Kenar döşemelerde 5.50-3.50 m açıklıklı kirişler için boyutlama yapılmıştır.

$$q = 1.100 \times 2 \times \frac{3.06}{3.50} = 1.923 \text{ t/m}$$

$$q^* = 1.7 \times 1.923 = 3.27 \text{ t/m} \quad M_{\max}^* = \frac{q^* \times l^2}{8} = \frac{3.27 \times 3.50^2}{8} = 5.00 \text{ tm}$$

$$b_{\text{eff}} \leq \begin{cases} l_x = 350 \text{ cm} \\ 1/4 = 350/4 = 87.5 \text{ cm} \\ 16d + b_{\text{ao}} = 16 \times 12 + 9.8 = 201.8 \text{ cm} \end{cases}$$

$$b_{\text{eff}} = 87.5 \text{ cm} \quad \text{I 200} \rightarrow F_a = 33.5 \text{ cm}^2$$

$$Z = \alpha_a \times \sigma_f \times F_a = 1 \times 2.4 \times 39.6 = 95.04 \text{ t} \quad y = \frac{95.04}{0.74 \times 0.25 \times 200} = 2.67 \text{ cm} < 12 \text{ cm}$$

$$M_u = Z \times \left(h_{\text{ao}} + d - \frac{y}{2} \right) = 95.04 \times \left(11 + 12 - \frac{2.67}{2} \right) = 2059 \text{ tcm} > M_{\max}^* = 2057 \text{ tcm}$$

3.1.1.1.b. Taşıyıcı Kirişler $\Rightarrow$ **2#250.10+#600.8** olarak belirlenmişti.

Kenar döşemelerde 5.50-3.50 m uzunluğundaki döşemeler için çift taraflı yük alan taşıyıcı kirişler aşağıdaki biçimde hesaba ilave edilmiştir.

$$P = \frac{1}{2} \times 1.1 \times 2.75 \times 8 = 12.10 \text{ t}$$

$$q = 1.100 \times \frac{6.56}{5.50} + 0.1 = 1.412 \text{ t/m}$$

$$M_B = \frac{3}{16} \times 12.1 \times 5.5 + \frac{1}{8} \times 1.412 \times 5.5^2 = 17.82 \text{ tm}$$

$$R_A = \frac{1}{2} \times 12.1 + \frac{1}{2} \times 1.412 \times 5.5 = 9.93 \text{ t}$$

$$M_O = 9.93 \times 2.75 - 1.412 \times \frac{2.75^2}{2} = 21.96 \text{ tm}$$

$$M_{mes} = 0.6 \times 17.82 = 10.69 \text{ tm}$$

$$M_{iç} = 21.96 - 10.69 \times \frac{2.75}{5.5} = 16.61 \text{ tm}$$

$$W_g = \frac{1316}{1.44} = 914 \text{ cm}^3$$

$$I \text{ 380} \rightarrow W_x = 1260 \text{ cm}^3$$

$$\sigma_{em} = \frac{1661}{1260} = 1.32 \text{ t/cm}^2 < 1.44 \text{ t/cm}^2$$

3.1.1.2. Tek Taraflı Yük Alanlar

3.1.1.2.a. Döşeme Kirişleri

$\Rightarrow$

I 220

$$q = \frac{1}{2} \times 2.75 \times 1.100 = 1.51 \text{ t/m}$$

$$q^* = 1.7 \times 1.51 = 2.57 \text{ t/m}$$

$$M_{max}^* = \frac{q^* \times l^2}{8} = \frac{2.57 \times 8.00^2}{8} = 20.57 \text{ tm}$$

$$b_{\text{eff}} \leq \begin{cases} l_x = 275 \text{ cm} \\ l/4 = 800/4 = 200 \text{ cm} \\ 16d + b_{\text{ao}} = 16 \times 12 + 9.8 = 201.8 \text{ cm} \end{cases}$$

$$b_{\text{eff}} = 200 \text{ cm} \quad \text{I 220} \rightarrow F_a = 39.6 \text{ cm}^2$$

$$Z = \alpha_a \times \sigma_f \times F_a = 1 \times 2.4 \times 39.6 = 95.04 \text{ t} \quad y = \frac{95.04}{0.74 \times 0.25 \times 200} = 2.67 \text{ cm} < 12 \text{ cm}$$

$$M_u = Z \times \left(h_{\text{ao}} + d - \frac{y}{2} \right) = 95.04 \times \left(11 + 12 - \frac{2.67}{2} \right) = 2059 \text{ tcm} > M_{\text{max}}^* = 2057 \text{ tcm}$$

3.1.1.2.b. Taşıyıcı Kirişler

⇒

I 380

$$P = \frac{1}{2} \times 1.1 \times 2.75 \times 8 = 12.10 \text{ t}$$

$$g_a = 0.1 \text{ t/m}$$

$$M_B = \frac{3}{16} \times 12.1 \times 5.5 + \frac{1}{8} \times 0.1 \times 5.5^2 = 12.85 \text{ tm}$$

$$R_A = \frac{1}{2} \times 12.1 + \frac{1}{2} \times 0.1 \times 5.5 = 6.325 \text{ t}$$

$$M_O = 6.325 \times 2.75 - 0.1 \times \frac{2.75^2}{2} = 17.01 \text{ tm}$$

$$M_{\text{mes}} = 0.6 \times 12.85 = 7.71 \text{ tm}$$

$$M_{\text{ağ}} = 17.01 - 7.71 \times \frac{2.75}{5.5} = 13.16 \text{ tm}$$

$$W_g = \frac{1316}{1.44} = 914 \text{ cm}^3$$

$$\text{I 380} \rightarrow W_x = 1260 \text{ cm}^3$$

$$\sigma_{\text{em}} = \frac{1316}{1260} = 1.04 \text{ t/cm}^2 < 1.44 \text{ t/cm}^2$$

Kenar döşemelerde 5.50-3.50 m uzunluğundaki döşemeler için tek taraflı yük alan taşıyıcı kirişler aşağıdaki biçimde hesaba ilave edilmiştir.

$$M_{\max} = \frac{q \times l^2}{11} = \frac{1.412 \times 5.50^2}{11} = 3.88 \text{ tm}$$

$$W_g = \frac{388}{1.44} = 269 \text{ cm}^3$$

$$I 200 \rightarrow \sigma_{em} = \frac{388}{278} = 1.39 \text{ t/cm}^2 < 1.44 \text{ t/cm}^2$$

3.1.2. Birinci ve Üçüncü Katlar 4.50 ve 10.50 m Kotları, $p=0.350 \text{ t/m}^2$

3.1.2.1. Çift Taraflı Yük Alanlar

3.1.2.1.a. Döşeme Kirişleri $\Rightarrow$ I 260

$$q = 2.75 \times 0.700 = 1.925 \text{ t/m}$$

$$q^* = 1.7 \times 1.925 = 3.27 \text{ t/m}$$

$$M_{\max}^* = \frac{q^* \times l^2}{8} = \frac{3.27 \times 8.00^2}{8} = 26.18 \text{ tm}$$

$$b_{\text{eff}} \leq \begin{cases} l_x = 275 \text{ cm} \\ 1/4 = 800/4 = 200 \text{ cm} \\ 16d + b_{ao} = 16 \times 12 + 11.3 = 203.3 \text{ cm} \end{cases}$$

$$b_{\text{eff}} = 200 \text{ cm} \quad I 260 \rightarrow F_a = 53.4 \text{ cm}^2$$

$$Z = \alpha_a \times \sigma_f \times F_a = 1 \times 2.4 \times 53.4 = 128.16 \text{ t} \quad y = \frac{128.16}{0.74 \times 0.25 \times 200} = 3.46 \text{ cm} < 12 \text{ cm}$$

$$M_u = Z \times \left(h_{ao} + d - \frac{y}{2} \right) = 128.16 \times \left(13 + 12 - \frac{3.46}{2} \right) = 2982 \text{ tcm} > M_{\max}^* = 2618 \text{ tcm}$$

3.1.2.1.b. Taşıyıcı Kirişler $\Rightarrow$ I 380

$$P = \frac{1}{2} \times 0.7 \times 2.75 \times 8 = 7.7 \text{ t}$$

$$2P = 2 \times 7.7 = 15.4$$

$$g_a = 0.1 \text{ t/m}$$

$$M_B = \frac{3}{16} \times 15.4 \times 5.5 + \frac{1}{8} \times 0.1 \times 5.5^2 = 16.26 \text{ tm}$$

$$R_A = \frac{1}{2} \times 15.4 + \frac{1}{2} \times 0.1 \times 5.5 = 7.975 \text{ t}$$

$$M_O = 7.975 \times 2.75 - 0.1 \times \frac{2.75^2}{2} = 21.55 \text{ tm}$$

$$M_{mes} = 0.6 \times 16.26 = 9.756 \text{ tm}$$

$$M_{a\check{y}} = 21.55 - 9.756 \times \frac{2.75}{5.5} = 16.67 \text{ tm}$$

$$W_g = \frac{1667}{1.44} = 1157 \text{ cm}^3$$

$$I \ 380 \rightarrow W_x = 1260 \text{ cm}^3 \quad \sigma_{em} = \frac{1667}{1260} = 1.32 \text{ t/cm}^2 < 1.44 \text{ t/cm}^2$$

3.1.2.2. Tek Taraflı Yük Alanlar

3.1.2.2.a. Döşeme Kirişleri

 $\Rightarrow$
I 200

$$q = \frac{1}{2} \times 2.75 \times 0.700 = 0.96 \text{ t/m}$$

$$q^* = 1.7 \times 0.96 = 1.64 \text{ t/m}$$

$$M_{max}^* = \frac{q^* \times l^2}{8} = \frac{1.64 \times 8.00^2}{8} = 13.09 \text{ tm}$$

$$b_{eff} \leq \begin{cases} l_x = 275 \text{ cm} \\ l/4 = 800/4 = 200 \text{ cm} \\ 16d + b_{ao} = 16 \times 12 + 9 = 201 \text{ cm} \end{cases}$$

$$b_{eff} = 200 \text{ cm} \quad I \ 200 \rightarrow F_a = 33.5 \text{ cm}^2$$

$$Z = \alpha_a \times \sigma_f \times F_a = 1 \times 2.4 \times 33.5 = 80.4 \text{ t} \quad y = \frac{80.4}{0.74 \times 0.25 \times 200} = 2.173 \text{ cm} < 12 \text{ cm}$$

$$M_u = Z \times \left(h_{ao} + d - \frac{y}{2} \right) = 80.4 \times \left(10 + 12 - \frac{2.173}{2} \right) = 2063.8 \text{ tcm} > M_{max}^* = 1309 \text{ tcm}$$

3.1.2.2.b. Taşıyıcı Kirişler $\Rightarrow$ **I 300**

$$P = \frac{1}{2} \times 0.7 \times 2.75 \times 8 = 7.7 \text{ t}$$

$$g_a = 0.1 \text{ t/m}$$

$$M_B = \frac{3}{16} \times 7.7 \times 5.5 + \frac{1}{8} \times 0.1 \times 5.5^2 = 8.32 \text{ tm}$$

$$R_A = \frac{1}{2} \times 7.7 + \frac{1}{2} \times 0.1 \times 5.5 = 4.125 \text{ t}$$

$$M_O = 4.125 \times 2.75 - 0.1 \times \frac{2.75^2}{2} = 10.96 \text{ tm}$$

$$M_{mes} = 0.6 \times 8.32 = 4.99 \text{ tm}$$

$$M_{aç} = 10.96 - 4.99 \times \frac{2.75}{5.5} = 8.46 \text{ tm}$$

$$W_g = \frac{846}{1.44} = 587 \text{ cm}^3$$

$$\text{I 300} \rightarrow W_x = 653 \text{ cm}^3$$

$$\sigma_{em} = \frac{846}{653} = 1.29 \text{ t/cm}^2 < 1.44 \text{ t/cm}^2$$

3.2. ÇATI ELEMANLARININ HESABI**3.2.1. Aşıkların Hesabı**

$$\text{aşıklar aralığı} \quad a_1 = 1745 \text{ mm} \quad (\text{kenarlarda})$$

$$a_2 = 1710 \text{ mm} \quad (\text{iç kısımda})$$

$$\text{açıklık} \quad e = 5500 \text{ mm}$$

$$\alpha = 5.71^\circ \quad \text{tg } \alpha = 0.10 \quad \sin \alpha = 0.099 \quad \cos \alpha = 0.995$$

Kenar aşıklar ($a_1 = 1745 \text{ mm}$) için,

$$q_1 = (g_1 + p_k) \times a_1 = (15 + 75) \times 1.745 = 157.5 \text{ kg/m} \quad (3.1)$$

$$q_x = q \times \cos \alpha = 157.5 \times 0.995 = 156.71 \text{ kg/m} \quad (3.2)$$

$$q_y = q \times \sin \alpha = 157.5 \times 0.099 = 15.59 \text{ kg/m} \quad (3.3)$$

Aşıklar iki açıklıkta sürekli kiriş sistemine göre boyutlandırılacaklardır.

$$M_x = q_x \times \frac{e^2}{11} = 156.71 \times \frac{5.5^2}{11} = 430.95 \text{ kgm} \quad (3.4)$$

$$M_y = q_y \times \frac{e^2}{11} = 15.59 \times \frac{5.5^2}{11} = 42.87 \text{ kgm} \quad (3.5)$$

$$\begin{aligned} I 140 \quad \rightarrow \quad I_x &= 573 \text{ cm}^4 & I_y &= 35.2 \text{ cm}^4 \\ W_x &= 81.9 \text{ cm}^3 & W_y &= 10.7 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\sigma = \frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_y} = \frac{43.095}{81.9} + \frac{4.287}{10.7} = 0.93 \text{ t/cm}^2 < 1.44 \text{ t/cm}^2 \quad (3.6)$$

$$f_x = 2.48 \times \frac{q_x \times e^4}{I_x} = 2.48 \times \frac{0.157 \times 5.5^4}{573} = 0.62 \text{ cm} \quad (3.7)$$

$$f_y = 2.48 \times \frac{q_y \times e^4}{I_y} = 2.48 \times \frac{0.016 \times 5.5^4}{35.2} = 1.03 \text{ cm} \quad (3.8)$$

$$f = \sqrt{(0.62^2 + 1.03^2)} = 1.2 \text{ cm} \cong \frac{e}{458} < \frac{e}{300} \quad (3.9)$$

İç aşıklar ($a_2=1710 \text{ mm}$) için,

$$q_1 = (g_1 + p_k) \times a_1 = (15+75) \times 1.71 = 153.9 \text{ kg/m}$$

$$q_x = q \times \cos \alpha = 153.9 \times 0.995 = 153.13 \text{ kg/m}$$

$$q_y = q \times \sin \alpha = 153.9 \times 0.099 = 15.24 \text{ kg/m}$$

$$M_x = q_x \times \frac{e^2}{11} = 153.13 \times \frac{5.5^2}{11} = 421.1 \text{ kgm}$$

$$M_y = q_y \times \frac{e^2}{11} = 15.24 \times \frac{5.5^2}{11} = 41.91 \text{ kgm}$$

$$I_{140} \rightarrow I_x = 573 \text{ cm}^4 \quad I_y = 35.2 \text{ cm}^4 \\ W_x = 81.9 \text{ cm}^3 \quad W_y = 10.7 \text{ cm}^3$$

$$\sigma = \frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_y} = \frac{42.11}{81.9} + \frac{4.19}{10.7} = 0.906 \text{ t/cm}^2 < 1.44 \text{ t/cm}^2$$

$$f_x = 2.48 \times \frac{q_x \times e^4}{I_x} = 2.48 \times \frac{0.153 \times 5.5^4}{573} = 0.60 \text{ cm}$$

$$f_y = 2.48 \times \frac{q_y \times e^4}{I_y} = 2.48 \times \frac{0.015 \times 5.5^4}{35.2} = 0.97 \text{ cm}$$

$$f = \sqrt{(0.60^2 + 0.97^2)} = 1.14 \text{ cm} \cong \frac{e}{482} < \frac{e}{300}$$

3.2.2. Çatı Makasları

3.2.2.1. Yüklerin Belirlenmesi

$$P_{g1} = g_2 \times a_1 \times e = 30 \times 1.745 \times 5.5 = 288 \text{ kg} \quad (3.10)$$

$$P_{g2} = g_2 \times a_2 \times e = 30 \times 1.71 \times 5.5 = 282 \text{ kg}$$

$$P_{k1} = p_k \times a_1 \times e = 75 \times 1.745 \times 5.5 = 722 \text{ kg} \quad (3.11)$$

$$P_{k2} = p_k \times a_2 \times e = 75 \times 1.71 \times 5.5 = 705 \text{ kg}$$

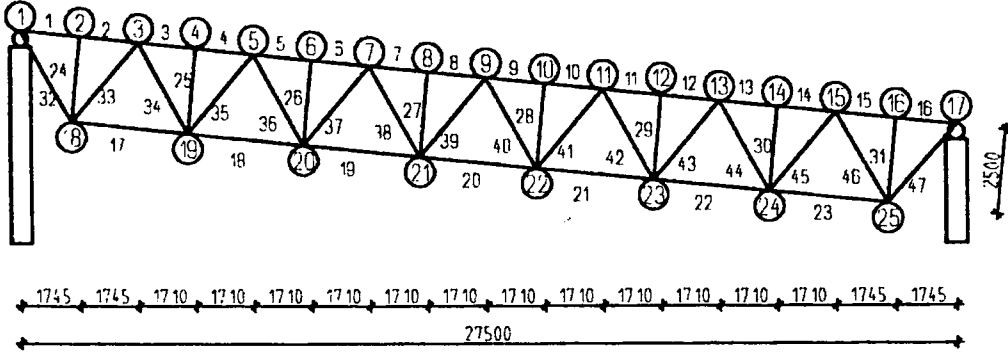
$$P_{rf1} = p_{rf} \times \frac{a_1}{\cos \alpha} \times e = -19.29 \times \frac{1.745}{0.995} \times 5.5 = -186.06 \text{ kg} \quad (3.12)$$

$$P_{rf2} = p_{rf} \times \frac{a_2}{\cos \alpha} \times e = -19.29 \times \frac{1.71}{0.995} \times 5.5 = -182.3 \text{ kg}$$

$$P_{re1} = p_{re} \times \frac{a_1}{\cos \alpha} \times e = -13.56 \times \frac{1.745}{0.995} \times 5.5 = -130.79 \text{ kg} \quad (3.13)$$

$$P_{re2} = p_{re} \times \frac{a_2}{\cos \alpha} \times e = -13.56 \times \frac{1.71}{0.995} \times 5.5 = -128.2 \text{ kg}$$

3.2.2.2. SAP 90'a Ait Veri Dosyası ve Sonuçlar



SYSTEM

L=4

RESTRAINTS

1, 25, 1	R=0, 0, 1, 1, 1, 1
1, 0, 0	R=1, 1, 1, 1, 1, 1
17, 0, 0	R=0, 1, 1, 1, 1, 1

JOINTS

1	X=0.0	Y=0.0	
3	X=3.49	Y=-0.349	G= 1, 3, 1
15	X=24.01	Y=-2.401	G= 3, 15, 1
17	X=27.5	Y=-2.75	G=15, 17, 1
18	X=1.496	Y=-2.66	
25	X=25.506	Y=-5.063	G=18, 25, 1

LOADS

2, 3, 1	L=1	F=0, -288
4, 14, 1	L=1	F=0, -282
15, 16, 1	L=1	F=0, -288
2, 3, 1	L=2	F=0, -722
4, 14, 1	L=2	F=0, -705
15, 16, 1	L=2	F=0, -722
2, 3, 1	L=3	F=18.6, 186.06
4, 14, 1	L=3	F=18.23, 182.3
15, 16, 1	L=3	F=18.6, 186.06
2, 3, 1	L=4	F=13.08, 130.8
4, 14, 1	L=4	F=12.82, 128.2
15, 16, 1	L=4	F=13.08, 130.8

FRAME

NM=1

1	A=1	E=1	
1, 1, 2	M=1	LP=1	G=15, 1, 1, 1
17, 18, 19			G= 6, 1, 1, 1
24, 2, 18			G= 7, 1, 2, 1
32, 1, 18			G= 7, 2, 2, 1
33, 3, 18			G= 7, 2, 2, 1

F R A M E E L E M E N T F O R C E S

ELT ID	LOAD COND	DIST ENDI	1-2 PLANE		AXIAL FORCE
			SHEAR	MOMENT	
1 -----					
1		.000			-1273.833
		.000	.012	-.012	
		1.754	.012	.009	
		1.754			-1273.833
2		.000			-3186.979
		.000	.029	-.030	
		1.754	.029	.022	
		1.754			-3186.979
3		.000			1107.866
		.000	-.008	.008	
		1.754	-.008	-.006	
		1.754			1107.866
4		.000			779.038
		.000	-.006	.006	
		1.754	-.006	-.004	
		1.754			779.038
2 -----					
1		.000			-1302.537
		.000	.011	-.011	
		1.754	.011	.008	
		1.754			-1302.537
2		.000			-3258.937
		.000	.028	-.028	
		1.754	.028	.021	
		1.754			-3258.937
3		.000			1107.902
		.000	-.007	.007	
		1.754	-.007	-.006	
		1.754			1107.902
4		.000			779.059
		.000	-.005	.005	
		1.754	-.005	-.004	
		1.754			779.059
3 -----					
1		.000			-3661.717
		.000	.011	-.010	
		1.719	.011	.008	
		1.719			-3661.717

2	.000		-9158.484
	.000	.026	-.026
	1.719	.026	.019
	1.719		-9158.484
3	.000		2629.465
	.000	-.007	.007
	1.719	-.007	-.005
	1.719		2629.465
4	.000		1849.043
	.000	-.005	.005
	1.719	-.005	-.004
	1.719		1849.043
4	-----		
1	.000		-3692.642
	.000	.009	-.009
	1.719	.009	.007
	1.719		-3692.642
2	.000		-9235.797
	.000	.023	-.022
	1.719	.023	.017
	1.719		-9235.797
3	.000		2631.336
	.000	-.006	.006
	1.719	-.006	-.004
	1.719		2631.336
4	.000		1850.358
	.000	-.004	.004
	1.719	-.004	-.003
	1.719		1850.358
5	-----		
1	.000		-5271.102
	.000	.007	-.007
	1.719	.007	.006
	1.719		-5271.102
2	.000		-13181.946
	.000	.019	-.018
	1.719	.019	.014
	1.719		-13181.946
3	.000		3643.620
	.000	-.005	.005
	1.719	-.005	-.004
	1.719		3643.620

4	.000		2562.233
	.000	-.003	.003
	1.719	-.003	-.003
	1.719		2562.233

6	1	.000	-5300.896
		.000	.005
		1.719	.005
		1.719	-.004
2		.000	-13256.432
		.000	.014
		1.719	.014
		1.719	-.013
3		.000	3644.752
		.000	-.004
		1.719	-.004
		1.719	.003
4		.000	2563.030
		.000	-.002
		1.719	-.002
		1.719	.002

7	1	.000	-6103.693
		.000	.004
		1.719	.004
		1.719	-.003
2		.000	-15263.423
		.000	.009
		1.719	.009
		1.719	-.006
3		.000	4150.592
		.000	-.002
		1.719	-.002
		1.719	.002
4		.000	2918.755
		.000	-.002
		1.719	-.002
		1.719	.001

8	1	.000	-6132.357
		.000	.001
		1.719	.001
		1.719	-.001

2	.000		-15335.083
	.000	.003	-.003
	1.719	.003	.002
	1.719		-15335.083
3	.000		4150.987
	.000	-.001	.001
	1.719	-.001	-.001
	1.719		4150.987
4	.000		2919.032
	.000	-.001	.001
	1.719	-.001	-.000
	1.719		2919.032
9 -----			
1	.000		-6159.757
	.000	-.001	.001
	1.719	-.001	-.001
	1.719		-6159.757
2	.000		-15403.582
	.000	-.002	.002
	1.719	-.002	-.002
	1.719		-15403.582
3	.000		4150.556
	.000	.001	-.001
	1.719	.001	.000
	1.719		4150.556
4	.000		2918.729
	.000	.000	-.000
	1.719	.000	.000
	1.719		2918.729
10 -----			
1	.000		-6187.292
	.000	-.003	.003
	1.719	-.003	-.002
	1.719		-6187.292
2	.000		-15472.418
	.000	-.008	.008
	1.719	-.008	-.006
	1.719		-15472.418
3	.000		4150.212
	.000	.002	-.002
	1.719	.002	.002
	1.719		4150.212

	4	.000		2918.488
		.000	.002	-.002
		1.719	.002	.001
		1.719		2918.488
11	-----			
	1	.000		-5439.559
		.000	-.005	.005
		1.719	-.005	-.004
		1.719		-5439.559
	2	.000		-13603.087
		.000	-.013	.013
		1.719	-.013	-.009
		1.719		-13603.087
	3	.000		3643.684
		.000	.003	-.003
		1.719	.003	.003
		1.719		3643.684
	4	.000		2562.278
		.000	.002	-.002
		1.719	.002	.002
		1.719		2562.278
12	-----			
	1	.000		-5465.963
		.000	-.007	.007
		1.719	-.007	-.005
		1.719		-5465.963
	2	.000		-13669.098
		.000	-.018	.018
		1.719	-.018	-.013
		1.719		-13669.098
	3	.000		3642.603
		.000	.005	-.005
		1.719	.005	.004
		1.719		3642.603
	4	.000		2561.518
		.000	.003	-.003
		1.719	.003	.003
		1.719		2561.518
13	-----			
	1	.000		-3943.362
		.000	-.009	.009
		1.719	-.009	-.006
		1.719		-3943.362

2	.000		-9862.595
	.000	-.022	.022
	1.719	-.022	-.016
	1.719		-9862.595
3	.000		2630.147
	.000	.006	-.006
	1.719	.006	.004
	1.719		2630.147
4	.000		1849.523
	.000	.004	-.004
	1.719	.004	.003
	1.719		1849.523
14 -----			
1	.000		-3968.637
	.000	-.010	.010
	1.719	-.010	-.008
	1.719		-3968.637
2	.000		-9925.782
	.000	-.026	.026
	1.719	-.026	-.019
	1.719		-9925.782
3	.000		2628.329
	.000	.007	-.007
	1.719	.007	.005
	1.719		2628.329
4	.000		1848.244
	.000	.005	-.005
	1.719	.005	.004
	1.719		1848.244
15 -----			
1	.000		-1667.838
	.000	-.011	.011
	1.754	-.011	-.008
	1.754		-1667.838
2	.000		-4172.587
	.000	-.027	.027
	1.754	-.027	-.020
	1.754		-4172.587
3	.000		1107.475
	.000	.007	-.007
	1.754	.007	.005
	1.754		1107.475

	4	.000		778.750
		.000	.005	-.005
		1.754	.005	.004
		1.754		778.750

16	1	.000		-1696.529
		.000	-.012	.012
		1.754	-.012	-.009
		1.754		-1696.529
	2	.000		-4244.513
		.000	-.029	.030
		1.754	-.029	-.022
		1.754		-4244.513
	3	.000		1107.503
		.000	.008	-.008
		1.754	.008	.006
		1.754		1107.503
	4	.000		778.766
		.000	.005	-.005
		1.754	.005	.004
		1.754		778.766

17	1	.000		2770.358
		.000	.003	-.005
		3.447	.003	.004
		3.447		2770.358
	2	.000		6930.085
		.000	.007	-.014
		3.447	.007	.010
		3.447		6930.085
	3	.000		-1808.565
		.000	-.002	.004
		3.447	-.002	-.003
		3.447		-1808.565
	4	.000		-1271.756
		.000	-.001	.003
		3.447	-.001	-.002
		3.447		-1271.756

18	1	.000		4700.154
		.000	.002	-.004
		3.447	.002	.003
		3.447		4700.154

2	.000		11754.576
	.000	.005	-.010
	3.447	.005	.008
	3.447		11754.576
3	.000		-3068.564
	.000	-.001	.003
	3.447	-.001	-.002
	3.447		-3068.564
4	.000		-2157.833
	.000	-.001	.002
	3.447	-.001	-.001
	3.447		-2157.833
19	-----		
1	.000		5857.555
	.000	.001	-.002
	3.447	.001	.002
	3.447		5857.555
2	.000		14648.077
	.000	.003	-.005
	3.447	.003	.004
	3.447		14648.077
3	.000		-3824.252
	.000	-.001	.001
	3.447	-.001	-.001
	3.447		-3824.252
4	.000		-2689.261
	.000	-.001	.001
	3.447	-.001	-.001
	3.447		-2689.261
20	-----		
1	.000		6242.824
	.000	.000	.000
	3.447	.000	.000
	3.447		6242.824
2	.000		15611.250
	.000	.000	-.000
	3.447	.000	.000
	3.447		15611.250
3	.000		-4075.802
	.000	.000	.000
	3.447	.000	.000
	3.447		-4075.802

4	.000		-2866.159
	.000	.000	.000
	3.447	.000	.000
	3.447		-2866.159
21	-----		
1	.000		5856.226
	.000	-.001	.002
	3.447	-.001	-.002
	3.447		5856.226
2	.000		14644.754
	.000	-.003	.005
	3.447	-.003	-.004
	3.447		14644.754
3	.000		-3823.385
	.000	.001	-.001
	3.447	.001	.001
	3.447		-3823.385
4	.000		-2688.651
	.000	.000	-.001
	3.447	.000	.001
	3.447		-2688.651
22	-----		
1	.000		4698.022
	.000	-.002	.004
	3.447	-.002	-.003
	3.447		4698.022
2	.000		11749.243
	.000	-.005	.010
	3.447	-.005	-.007
	3.447		11749.243
3	.000		-3067.172
	.000	.001	-.003
	3.447	.001	.002
	3.447		-3067.172
4	.000		-2156.854
	.000	.001	-.002
	3.447	.001	.001
	3.447		-2156.854
23	-----		
1	.000		2768.472
	.000	-.003	.005
	3.447	-.003	-.004
	3.447		2768.472

	2	.000		6925.370
		.000	-.007	.013
		3.447	-.007	-.010
		3.447		6925.370
	3	.000		-1807.334
		.000	.002	-.004
		3.447	.002	.003
		3.447		-1807.334
	4	.000		-1270.891
		.000	.001	-.002
		3.447	.001	.002
		3.447		-1270.891
24	-----			
	1	.000		-286.570
		.000	.005	-.007
		2.498	.005	.005
		2.498		-286.570
	2	.000		-718.415
		.000	.013	-.018
		2.498	.013	.014
		2.498		-718.415
	3	.000		186.987
		.000	-.003	.005
		2.498	-.003	-.004
		2.498		186.987
	4	.000		131.452
		.000	-.002	.003
		2.498	-.002	-.003
		2.498		131.452
25	-----			
	1	.000		-280.614
		.000	.004	-.006
		2.498	.004	.005
		2.498		-280.614
	2	.000		-701.534
		.000	.011	-.015
		2.498	.011	.011
		2.498		-701.534
	3	.000		183.218
		.000	-.003	.004
		2.498	-.003	-.003
		2.498		183.218

	4	.000		128.845
		.000	-.002	.003
		2.498	-.002	-.002
		2.498		128.845
26	-----			
1		.000		-280.604
		.000	.003	-.004
		2.499	.003	.003
		2.499		-280.604
2		.000		-701.509
		.000	.007	-.010
		2.499	.007	.008
		2.499		-701.509
3		.000		183.211
		.000	-.002	.003
		2.499	-.002	-.002
		2.499		183.211
	4	.000		128.841
		.000	-.001	.002
		2.499	-.001	-.001
		2.499		128.841
27	-----			
1		.000		-280.599
		.000	.001	-.001
		2.499	.001	.001
		2.499		-280.599
2		.000		-701.497
		.000	.003	-.004
		2.499	.003	.003
		2.499		-701.497
3		.000		183.208
		.000	-.001	.001
		2.499	-.001	-.001
		2.499		183.208
	4	.000		128.839
		.000	-.000	.001
		2.499	-.000	-.001
		2.499		128.839
28	-----			
1		.000		-280.599
		.000	-.001	.001
		2.499	-.001	-.001
		2.499		-280.599

	2	.000		-701.497
		.000	-.002	.003
		2.499	-.002	-.002
		2.499		-701.497
	3	.000		183.208
		.000	.001	-.001
		2.499	.001	.001
		2.499		183.208
	4	.000		128.839
		.000	.000	-.001
		2.499	.000	.000
		2.499		128.839
29	-----			
	1	.000		-280.603
		.000	-.003	.004
		2.499	-.003	-.003
		2.499		-280.603
	2	.000		-701.508
		.000	-.007	.010
		2.499	-.007	-.007
		2.499		-701.508
	3	.000		183.211
		.000	.002	-.003
		2.499	.002	.002
		2.499		183.211
	4	.000		128.841
		.000	.001	-.002
		2.499	.001	.001
		2.499		128.841
30	-----			
	1	.000		-280.613
		.000	-.004	.006
		2.500	-.004	-.004
		2.500		-280.613
	2	.000		-701.532
		.000	-.010	.015
		2.500	-.010	-.011
		2.500		-701.532
	3	.000		183.217
		.000	.003	-.004
		2.500	.003	.003
		2.500		183.217

	4	.000		128.845
		.000	.002	-.003
		2.500	.002	.002
		2.500		128.845
31	-----			
1		.000		-286.570
		.000	-.005	.007
		2.500	-.005	-.005
		2.500		-286.570
2		.000		-718.415
		.000	-.013	.018
		2.500	-.013	-.013
		2.500		-718.415
3		.000		186.987
		.000	.003	-.005
		2.500	.003	.004
		2.500		186.987
4		.000		131.452
		.000	.002	-.003
		2.500	.002	.003
		2.500		131.452
32	-----			
1		.000		2585.717
		.000	.004	-.006
		3.052	.004	.005
		3.052		2585.717
2		.000		6469.154
		.000	.009	-.016
		3.052	.009	.012
		3.052		6469.154
3		.000		-1687.969
		.000	-.002	.004
		3.052	-.002	-.003
		3.052		-1687.969
4		.000		-1186.934
		.000	-.002	.003
		3.052	-.002	-.002
		3.052		-1186.934
33	-----			
1		.000		-2235.699
		.000	.003	-.006
		3.052	.003	.004
		3.052		-2235.699

2	.000		-5591.678
	.000	.009	-.015
	3.052	.009	.011
	3.052		-5591.678
3	.000		1459.582
	.000	-.002	.004
	3.052	-.002	-.003
	3.052		1459.582
4	.000		1026.378
	.000	-.002	.003
	3.052	-.002	-.002
	3.052		1026.378
34 -----			
1	.000		1864.002
	.000	.003	-.006
	3.018	.003	.004
	3.018		1864.002
2	.000		4660.005
	.000	.008	-.014
	3.018	.008	.010
	3.018		4660.005
3	.000		-1217.041
	.000	-.002	.004
	3.018	-.002	-.003
	3.018		-1217.041
4	.000		-855.868
	.000	-.002	.003
	3.018	-.002	-.002
	3.018		-855.868
35 -----			
1	.000		-1539.480
	.000	.003	-.005
	3.047	.003	.004
	3.047		-1539.480
2	.000		-3848.699
	.000	.007	-.012
	3.047	.007	.009
	3.047		-3848.699
3	.000		1005.155
	.000	-.002	.003
	3.047	-.002	-.002
	3.047		1005.155

	4	.000		706.861
		.000	-.001	.002
		3.047	-.001	-.002
		3.047		706.861
36	-----			
	1	.000		1188.073
		.000	.002	-.004
		3.024	.002	.003
		3.024		1188.073
	2	.000		2970.181
		.000	.006	-.010
		3.024	.006	.007
		3.024		2970.181
	3	.000		-775.714
		.000	-.002	.003
		3.024	-.002	-.002
		3.024		-775.714
	4	.000		-545.511
		.000	-.001	.002
		3.024	-.001	-.001
		3.024		-545.511
37	-----			
	1	.000		-853.292
		.000	.002	-.003
		3.041	.002	.002
		3.041		-853.292
	2	.000		-2133.230
		.000	.004	-.007
		3.041	.004	.005
		3.041		-2133.230
	3	.000		557.130
		.000	-.001	.002
		3.041	-.001	-.001
		3.041		557.130
	4	.000		391.794
		.000	-.001	.001
		3.041	-.001	-.001
		3.041		391.794
38	-----			
	1	.000		509.728
		.000	.001	-.002
		3.030	.001	.001
		3.030		509.728

	2	.000		1274.321
		.000	.003	-.005
		3.030	.003	.003
		3.030		1274.321
	3	.000		-332.811
		.000	-.001	.001
		3.030	-.001	-.001
		3.030		-332.811
	4	.000		-234.045
		.000	-.000	.001
		3.030	-.000	-.001
		3.030		-234.045
39	-----			
	1	.000		-169.823
		.000	.000	-.001
		3.036	.000	.000
		3.036		-169.823
	2	.000		-424.556
		.000	.001	-.002
		3.036	.001	.001
		3.036		-424.556
	3	.000		110.880
		.000	-.000	.000
		3.036	-.000	-.000
		3.036		110.880
	4	.000		77.975
		.000	-.000	.000
		3.036	-.000	-.000
		3.036		77.975
40	-----			
	1	.000		-171.045
		.000	-.000	.001
		3.036	-.000	-.000
		3.036		-171.045
	2	.000		-427.613
		.000	-.001	.001
		3.036	-.001	-.001
		3.036		-427.613
	3	.000		111.678
		.000	.000	-.000
		3.036	.000	.000
		3.036		111.678

	4	.000			78.536
		.000	.000	-.000	
		3.036	.000	.000	
		3.036			78.536
41	-----				
	1	.000			510.948
		.000	-.001	.002	
		3.030	-.001	-.001	
		3.030			510.948
	2	.000			1277.369
		.000	-.002	.004	
		3.030	-.002	-.003	
		3.030			1277.369
	3	.000			-333.607
		.000	.001	-.001	
		3.030	.001	.001	
		3.030			-333.607
	4	.000			-234.605
		.000	.000	-.001	
		3.030	.000	.001	
		3.030			-234.605
42	-----				
	1	.000			-854.262
		.000	-.002	.003	
		3.042	-.002	-.002	
		3.042			-854.262
	2	.000			-2135.655
		.000	-.004	.007	
		3.042	-.004	-.005	
		3.042			-2135.655
	3	.000			557.763
		.000	.001	-.002	
		3.042	.001	.001	
		3.042			557.763
	4	.000			392.239
		.000	.001	-.001	
		3.042	.001	.001	
		3.042			392.239
43	-----				
	1	.000			1189.036
		.000	-.002	.004	
		3.025	-.002	-.003	
		3.025			1189.036

	2	.000		2972.591
		.000	-.005	.009
		3.025	-.005	-.007
		3.025		2972.591
	3	.000		-776.343
		.000	.001	-.003
		3.025	.001	.002
		3.025		-776.343
	4	.000		-545.953
		.000	.001	-.002
		3.025	.001	.001
		3.025		-545.953
44	-----			
	1	.000		-1539.937
		.000	-.003	.005
		3.048	-.003	-.003
		3.048		-1539.937
	2	.000		-3849.842
		.000	-.007	.012
		3.048	-.007	-.009
		3.048		-3849.842
	3	.000		1005.453
		.000	.002	-.003
		3.048	.002	.002
		3.048		1005.453
	4	.000		707.071
		.000	.001	-.002
		3.048	.001	.002
		3.048		707.071
45	-----			
	1	.000		1864.462
		.000	-.003	.005
		3.019	-.003	-.004
		3.019		1864.462
	2	.000		4661.154
		.000	-.008	.014
		3.019	-.008	-.010
		3.019		4661.154
	3	.000		-1217.341
		.000	.002	-.004
		3.019	.002	.003
		3.019		-1217.341

4	.000		-856.079
	.000	.001	-.003
	3.019	.001	.002
	3.019		-856.079
46	-----		
1	.000		-2235.376
	.000	-.003	.006
	3.054	-.003	-.004
	3.054		-2235.376
2	.000		-5590.871
	.000	-.008	.015
	3.054	-.008	-.011
	3.054		-5590.871
3	.000		1459.371
	.000	.002	-.004
	3.054	.002	.003
	3.054		1459.371
4	.000		1026.229
	.000	.002	-.003
	3.054	.002	.002
	3.054		1026.229
47	-----		
1	.000		2585.375
	.000	-.004	.006
	3.054	-.004	-.005
	3.054		2585.375
2	.000		6468.301
	.000	-.009	.016
	3.054	-.009	-.012
	3.054		6468.301
3	.000		-1687.746
	.000	.002	-.004
	3.054	.002	.003
	3.054		-1687.746
4	.000		-1186.777
	.000	.002	-.003
	3.054	.002	.002
	3.054		-1186.777

Tablo 3.1. Çubuk kuvvetleri ve kafes elemanlarının boyutlandırılması

Çubuk No	Öz Ağırlık	Kar	Rüzgar soldan	Rüzgar sağdan	H _{max} (kg)	Seçilen
O ₁	-1273	-3186	1107	779	-4461	1/2 Kup I 200
O ₂	-1302	-3258	1107	779	-4561	
O ₃	-3661	-9158	2629	1849	-12820	
O ₄	-3692	-9235	2631	1850	-12928	
O ₅	-5271	-13181	3643	2562	-18453	
O ₆	-5300	-13256	3644	2563	-18557	
O ₇	-6103	-15263	4150	2918	-21367	
O ₈	-6132	-15335	4150	2919	-21467	
O ₉	-6159	-15403	4150	2918	-21563	
O ₁₀	-6187	-15472	4150	2918	-21660	
O ₁₁	-5439	-13603	3643	2562	-19043	
O ₁₂	-5465	-13669	3642	2561	-19135	
O ₁₃	-3943	-9862	2630	1849	-13806	
O ₁₄	-3968	-9925	2628	1848	-13894	
O ₁₅	-1667	-4172	1107	778	-5840	
O ₁₆	-1696	-4244	1107	778	-5941	
U ₁	2270	6930	-1808	-1271	9700	1/2 Kup I 200
U ₂	4700	11754	-3068	-2157	16455	
U ₃	5857	14648	-3824	-2684	20506	
U ₄	6242	15611	-4075	-2866	21854	
U ₅	5856	14644	-3823	-2688	20501	
U ₆	4698	11749	-3067	-2156	16447	
U ₇	2768	6925	-1807	-1270	9694	

Çubuk No	Öz Ağırlık	Kar	Rüzgar soldan	Rüzgar sağdan	H _{max}	Seçilen
V ₁	-286	-718	187	131	-1005	50. 50.5
V ₂	-281	-701	183	129	-982	
V ₃	-281	-701	183	129	-982	
V ₄	-281	-701	183	129	-982	
V ₅	-281	-701	183	129	-982	
V ₆	-281	-701	183	129	-982	
V ₇	-281	-701	183	128	-982	
V ₈	-281	-718	187	131	-1005	
D ₁	2585	6469	-1688	-1187	9055	50. 50.5
D ₂	-2236	-5592	1450	1026	-7827	
D ₃	1864	4660	-1217	-856	6524	
D ₄	-1539	-3849	1005	707	-5388	
D ₅	1188	2970	-776	-545	4158	
D ₆	-853	-2133	557	392	-2986	
D ₇	510	1274	-333	-234	1784	50. 50.5
D ₈	-170	-424	111	78	-594	
D ₉	-171	-428	112	79	-599	
D ₁₀	511	1277	-334	-235	1788	
D ₁₁	-854	-2136	558	392	-2990	50. 50.5
D ₁₂	1189	2973	-776	-546	4162	
D ₁₃	-1540	-3850	1005	707	-5390	
D ₁₄	1864	4661	-1217	-856	6526	
D ₁₅	-2235	-5591	1459	1026	-7826	
D ₁₆	2585	6468	-1688	-1187	9054	

3.3. KOLONLARIN BOYUTLANDIRILMASI

3.3.1. I Nolu Kolon

3.3.1.1. İkinci Kat 7.50 m Kotu, (skx = sky =7.50 m)

Yük analizi

$$\text{ÇK 204 (I 300)} \quad (3.025+0.054) \times 8 = 24.63 \text{ t}$$

$$\text{ÇK 207 (YK 600)} \quad 24.63+0.42=25.05 \text{ t}$$

$$\text{Toplam} \quad S = 49.68 \text{ t}$$

$$[220 \rightarrow F = 37.4 \text{ cm}^2 \quad I_x = 2690 \text{ cm}^4 \quad I_y = 197 \text{ cm}^4 \quad e_y = 2.14 \text{ cm}$$

$$2[220 \rightarrow I'_x = 2 \times I_x = 2 \times 2690 = 5380 \text{ cm}^4 \quad (3.14)$$

$$I'_y = 2 \times [I_y + F \times (b - e)^2] = 2 \times [197 + 37.4 \times (8 - 2.14)^2] = 2962 \text{ cm}^4 \quad (3.15)$$

$$F' = 2 \times F = 2 \times 37.4 = 74.8 \text{ cm}^2 \quad (3.16)$$

$$i_x = \sqrt{\frac{I'_x}{F'}} = \sqrt{\frac{5380}{74.8}} = 8.48 \text{ cm} \quad \lambda_x = \frac{skx}{i_x} = \frac{750}{8.48} = 88.4 \quad (3.17), (3.18)$$

$$i_y = \sqrt{\frac{I'_y}{F'}} = \sqrt{\frac{2962}{74.8}} = 6.29 \text{ cm} \quad \lambda_y = \frac{sky}{i_y} = \frac{750}{6.29} = 119.2 \quad (3.19), (3.20)$$

$$\lambda_{\max} = 119.2 \rightarrow \omega = 2.49 \quad (3.21)$$

$$\sigma = \frac{S \times \omega}{F'} = \frac{49.68 \times 2.49}{74.8} = 1.65 \text{ t/cm}^2 > 1.44 \text{ t/cm}^2 \quad (3.22)$$

Kesit yetersiz kaldığı için [240 için hesap tekrar edilmiştir.

$$[240 \rightarrow F = 42.3 \text{ cm}^2 \quad I_x = 3600 \text{ cm}^4 \quad I_y = 248 \text{ cm}^4 \quad e_y = 2.23 \text{ cm}$$

$$2[240 \rightarrow I'_x = 2 \times I_x = 2 \times 3600 = 7200 \text{ cm}^4$$

$$I'_y = 2 \times [I_y + F \times (b - e)^2] = 2 \times [248 + 42.3 \times (8.5 - 2.23)^2] = 3822 \text{ cm}^4$$

$$F' = 2 \times F = 2 \times 42.3 = 84.6 \text{ cm}^2$$

$$i_x = \sqrt{\frac{I'_x}{F'}} = \sqrt{\frac{7200}{84.6}} = 9.22 \text{ cm} \quad \lambda_x = \frac{s_{kx}}{i_x} = \frac{750}{9.22} = 81.34$$

$$i_y = \sqrt{\frac{I'_y}{F'}} = \sqrt{\frac{3822}{84.6}} = 6.72 \text{ cm} \quad \lambda_y = \frac{s_{ky}}{i_y} = \frac{750}{6.72} = 111.6$$

$$\lambda_{\max} = 111.6 \rightarrow \omega = 2.00$$

$$\sigma = \frac{S \times \omega}{F'} = \frac{49.68 \times 2}{84.6} = 1.17 \text{ t/cm}^2 < 1.44 \text{ t/cm}^2$$

3.3.2. II Nolu Kolon

3.3.2.1. Çatı 13.5 m Kotu, ($s_{kx} = s_{ky} = 6.00 \text{ m}$)

Yük analizi

Makas ağırlığı

Alt ve üst başlıklar	1/2 Kup I 200	$F = 16.75 \text{ cm}^2$
Dikme ve diagonaller	L50.50.5	$G = 3.77 \text{ kg/m}$

$$\begin{aligned} U+O &\rightarrow 16.75 \times 0.780 \times (27.637 + 24.22) = 0.718 \text{ t} \\ V+D &\rightarrow 8 \times 0.00377 \times 2.5 + 28 \times 0.00377 \times 3.054 = 0.398 \text{ t} \\ \text{Toplam} &G = 1.116 \text{ t} \end{aligned}$$

Aşıklar öz ağırlığı I 140

$$G = 0.0144 \times 5.5 \times 17 = 1.34 \text{ t}$$

Çatı örtüsü + kar

$$G = (0.075 + 0.005) \times 5.5 \times 27.5 = 12.1 \text{ t}$$

Toplam

$$G = 1.116 + 1.34 + 12.1 = 14.55 \text{ t}$$

$$S = 14.55 / 2 = 7.28 \text{ t}$$

$$[100 \rightarrow F = 13.5 \text{ cm}^2 \quad I_x = 206 \text{ cm}^4 \quad I_y = 29.3 \text{ cm}^4 \quad e_y = 1.55 \text{ cm}$$

$$2[100 \rightarrow I'_x = 2 \times I_x = 2 \times 206 = 412 \text{ cm}^4$$

$$I'_y = 2 \times [I_y + F \times (b - e)^2] = 2 \times [29.3 + 13.5 \times (5 - 1.55)^2] = 380 \text{ cm}^4$$

$$F = 2 \times F = 2 \times 13.5 = 27 \text{ cm}^2$$

$$i_x = \sqrt{\frac{I'_x}{F'}} = \sqrt{\frac{412}{27}} = 3.9 \text{ cm} \quad \lambda_x = \frac{s_{kx}}{i_x} = \frac{600}{3.9} = 153.8$$

$$i_y = \sqrt{\frac{I'_y}{F'}} = \sqrt{\frac{380}{27}} = 3.75 \text{ cm} \quad \lambda_y = \frac{s_{ky}}{i_y} = \frac{600}{3.75} = 160$$

$$\lambda_{\max} = 160 \quad \rightarrow \quad \omega = 4.45$$

$$\sigma = \frac{S \times \omega}{F'} = \frac{7.28 \times 4.45}{27} = 1.19 \text{ t/cm}^2 < 1.44 \text{ t/cm}^2$$

3.3.2.2. İkinci Kat 7.50 m Kotu, ($s_{kx} = s_{ky} = 7.50 \text{ m}$)

Yük analizi

$$\text{ÇK 204 (I 300)} \quad 0.5 \times (3.025 + 0.054) \times 8 = 12.315 \text{ t}$$

$$\text{ÇK 206 (I 380)} \quad 12.315 + 0.46 = 12.775 \text{ t}$$

$$\text{Çatı yükü} + 2[100] \quad 7.28 + 0.127 = 7.407 \text{ t}$$

$$\text{Toplam} \quad S = 32.50 \text{ t}$$

$$[220 \rightarrow F = 37.4 \text{ cm}^2 \quad I_x = 2690 \text{ cm}^4 \quad I_y = 197 \text{ cm}^4 \quad e_y = 2.14 \text{ cm}$$

$$2[220 \rightarrow I'_x = 2 \times I_x = 2 \times 2690 = 5380 \text{ cm}^4$$

$$I'_y = 2 \times [I_y + F \times (b - e)^2] = 2 \times [197 + 37.4 \times (8 - 2.14)^2] = 2962 \text{ cm}^4$$

$$F' = 2 \times F = 2 \times 37.4 = 74.8 \text{ cm}^2$$

$$i_x = \sqrt{\frac{I'_x}{F'}} = \sqrt{\frac{5380}{74.8}} = 8.48 \text{ cm} \quad \lambda_x = \frac{s_{kx}}{i_x} = \frac{750}{8.48} = 88.4$$

$$i_y = \sqrt{\frac{I'_y}{F'}} = \sqrt{\frac{2962}{74.8}} = 6.29 \text{ cm} \quad \lambda_y = \frac{s_{ky}}{i_y} = \frac{750}{6.29} = 119.2$$

$$\lambda_{\max} = 119.2 \quad \rightarrow \quad \omega = 2.49$$

$$\sigma = \frac{S \times \omega}{F'} = \frac{32.50 \times 2.49}{74.8} = 1.08 \text{ t/cm}^2 < 1.44 \text{ t/cm}^2$$

3.3.3. III Nolu Kolon

3.3.3.1. Üçüncü Kat 10.5 m Kotu, (skx = sky = 3.00 m)

Yük analizi

$$\text{ÇK 303 (I 260)} \quad (1.925 + 0.042) \times 8 = 15.73 \text{ t}$$

$$\text{ÇK 309 (I 380)} \quad 15.73 + 0.46 = 16.19 \text{ t}$$

$$\text{Toplam} \quad S = 31.92 \text{ t}$$

$$[140 \rightarrow F = 20.4 \text{ cm}^2 \quad I_x = 605 \text{ cm}^4 \quad I_y = 62.7 \text{ cm}^4 \quad e_y = 1.75 \text{ cm}$$

$$2[140 \rightarrow I'_x = 2 \times I_x = 2 \times 605 = 1210 \text{ cm}^4$$

$$I'_y = 2 \times [I_y + F \times (b - e)^2] = 2 \times [62.7 + 20.4 \times (6 - 1.75)^2] = 862.35 \text{ cm}^4$$

$$F' = 2 \times F = 2 \times 20.4 = 40.8 \text{ cm}^2$$

$$i_x = \sqrt{\frac{I'_x}{F'}} = \sqrt{\frac{1210}{40.8}} = 5.4 \text{ cm} \quad \lambda_x = \frac{skx}{i_x} = \frac{300}{5.4} = 55.5$$

$$i_y = \sqrt{\frac{I'_y}{F'}} = \sqrt{\frac{862.35}{40.8}} = 4.6 \text{ cm} \quad \lambda_y = \frac{sky}{i_y} = \frac{300}{4.6} = 65.2$$

$$\lambda_{\max} = 65.2 \quad \rightarrow \quad \omega = 1.41$$

$$\sigma = \frac{S \times \omega}{F'} = \frac{31.92 \times 1.41}{40.8} = 1.10 \text{ t/cm}^2 < 1.44 \text{ t/cm}^2$$

3.3.3.2. İkinci Kat 7.50 m Kotu, (skx = sky = 3.00 m)

Yük analizi

$$\text{Üst kat} + 2[140 \quad 31.92 + 0.096 = 32.02 \text{ t}$$

$$\text{ÇK 204 (I 300)} \quad (3.025 + 0.054) \times 8 = 24.63 \text{ t}$$

ÇK 207 (YK 600)

$$24.63+0.42=25.05 \text{ t}$$

Toplam

$$S = 81.70 \text{ t}$$

$$[240 \rightarrow F = 42.3 \text{ cm}^2 \quad I_x = 3600 \text{ cm}^4 \quad I_y = 248 \text{ cm}^4 \quad e_y = 2.23 \text{ cm}$$

$$2[240 \rightarrow I'_x = 2 \times I_x = 2 \times 3600 = 7200 \text{ cm}^4$$

$$I'_y = 2 \times [I_y + F \times (b - e)^2] = 2 \times [248 + 42.3 \times (8.5 - 2.23)^2] = 3822 \text{ cm}^4$$

$$F' = 2 \times F = 2 \times 42.3 = 84.6 \text{ cm}^2$$

$$i_x = \sqrt{\frac{I'_x}{F'}} = \sqrt{\frac{7200}{84.6}} = 9.22 \text{ cm} \quad \lambda_x = \frac{skx}{i_x} = \frac{300}{9.22} = 32.54$$

$$i_y = \sqrt{\frac{I'_y}{F'}} = \sqrt{\frac{3822}{84.6}} = 6.72 \text{ cm} \quad \lambda_y = \frac{sky}{i_y} = \frac{300}{6.72} = 44.64$$

$$\lambda_{\max} = 44.64 \rightarrow \omega = 1.21$$

$$\sigma = \frac{S \times \omega}{F'} = \frac{81.70 \times 1.21}{84.6} = 1.17 \text{ t/cm}^2 < 1.44 \text{ t/cm}^2$$

3.3.3.3. Birinci Kat 4.50 m Kotu, (skx = sky =4.50 m)

Yük analizi

Üst kat+2[240

$$81.70+0.199=81.90 \text{ t}$$

ÇK 103 (I 260)

$$(1.925+0.042) \times 8 = 15.73 \text{ t}$$

ÇK 109 (I 380)

$$15.73+0.46=16.19 \text{ t}$$

Toplam

$$S = 113.82 \text{ t}$$

$$[280 \rightarrow F = 53.3 \text{ cm}^2 \quad I_x = 6280 \text{ cm}^4 \quad I_y = 399 \text{ cm}^4 \quad e_y = 2.53 \text{ cm}$$

$$2[280 \rightarrow I'_x = 2 \times I_x = 2 \times 6280 = 12560 \text{ cm}^4$$

$$I'_y = 2 \times [I_y + F \times (b - e)^2] = 2 \times [399 + 53.3 \times (9.5 - 2.53)^2] = 5980 \text{ cm}^4$$

$$F' = 2 \times F = 2 \times 53.3 = 106.6 \text{ cm}^2$$

$$i_x = \sqrt{\frac{I'_x}{F'}} = \sqrt{\frac{12560}{106.6}} = 10.85 \text{ cm} \quad \lambda_x = \frac{s_{kx}}{i_x} = \frac{450}{10.85} = 41.47$$

$$i_y = \sqrt{\frac{I'_y}{F'}} = \sqrt{\frac{5980}{106.6}} = 7.55 \text{ cm} \quad \lambda_y = \frac{s_{ky}}{i_y} = \frac{450}{7.55} = 59.6$$

$$\lambda_{\max} = 59.6 \rightarrow \omega = 1.35$$

$$\sigma = \frac{S \times \omega}{F'} = \frac{113.82 \times 1.35}{106.6} = 1.43 \text{ t/cm}^2 < 1.44 \text{ t/cm}^2$$

3.3.4. IV Nolu Kolon

3.3.4.1. Çatı 13.5 m Kotu, ($s_{kx} = s_{ky} = 3.00 \text{ m}$)

Yük analizi

Makas ağırlığı	0.558 t
Aşıklar öz ağırlığı	0.67 t
Çatı örtüsü + kar	6.05 t
Toplam	G=7.28 t

$$[100 \rightarrow F = 13.5 \text{ cm}^2 \quad I_x = 206 \text{ cm}^4 \quad I_y = 29.3 \text{ cm}^4 \quad e_y = 1.55 \text{ cm}$$

$$2[100 \rightarrow I'_x = 2 \times I_x = 2 \times 206 = 412 \text{ cm}^4$$

$$I'_y = 2 \times [I_y + F \times (b - e)^2] = 2 \times [29.3 + 13.5 \times (5 - 1.55)^2] = 380 \text{ cm}^4$$

$$F' = 2 \times F = 2 \times 13.5 = 27 \text{ cm}^2$$

$$i_x = \sqrt{\frac{I'_x}{F'}} = \sqrt{\frac{412}{27}} = 3.9 \text{ cm} \quad \lambda_x = \frac{s_{kx}}{i_x} = \frac{300}{3.9} = 76.9$$

$$i_y = \sqrt{\frac{I'_y}{F'}} = \sqrt{\frac{380}{27}} = 3.75 \text{ cm} \quad \lambda_y = \frac{s_{ky}}{i_y} = \frac{300}{3.75} = 80$$

$$\lambda_{\max} = 80 \quad \rightarrow \quad \omega = 1.67$$

$$\sigma = \frac{S \times \omega}{F'} = \frac{7.28 \times 1.67}{27} = 0.446 \text{ t/cm}^2 < 1.44 \text{ t/cm}^2$$

3.3.4.2. Üçüncü Kat 10.50 m Kotu, ($s_{kx} = s_{ky} = 3.00 \text{ m}$)

Yük analizi

$$\text{Üst kat} + 2[100 \quad 7.28 + 0.064 = 7.344 \text{ t}$$

$$\text{ÇK 303 (I 260)} \quad 0.5 \times (1.925 + 0.042) \times 8 = 7.865 \text{ t}$$

$$\text{ÇK 308 (I 300)} \quad 7.865 + 0.30 = 8.165 \text{ t}$$

$$\text{Toplam} \quad S = 23.37 \text{ t}$$

$$[120 \rightarrow F = 17 \text{ cm}^2 \quad I_x = 364 \text{ cm}^4 \quad I_y = 43.2 \text{ cm}^4 \quad e_y = 1.60 \text{ cm}$$

$$2[120 \rightarrow I'_x = 2 \times I_x = 2 \times 364 = 728 \text{ cm}^4$$

$$I'_y = 2 \times [I_y + F \times (b - e)^2] = 2 \times [43.2 + 17 \times (5.5 - 1.60)^2] = 603 \text{ cm}^4$$

$$F' = 2 \times F = 2 \times 17 = 34 \text{ cm}^2$$

$$i_x = \sqrt{\frac{I'_x}{F'}} = \sqrt{\frac{728}{34}} = 4.63 \text{ cm} \quad \lambda_x = \frac{s_{kx}}{i_x} = \frac{300}{4.63} = 64.8$$

$$i_y = \sqrt{\frac{I'_y}{F'}} = \sqrt{\frac{603}{34}} = 4.2 \text{ cm} \quad \lambda_y = \frac{s_{ky}}{i_y} = \frac{300}{4.2} = 71.43$$

$$\lambda_{\max} = 71.43 \quad \rightarrow \quad \omega = 1.49$$

$$\sigma = \frac{S \times \omega}{F'} = \frac{23.37 \times 1.49}{34} = 1.03 \text{ t/cm}^2 < 1.44 \text{ t/cm}^2$$

3.3.4.3. İkinci Kat 7.50 m Kotu, (skx = sky =3.00 m)

Yük analizi

$$\text{Üst kat}+2[120 \quad 23.37+0.080=23.45 \text{ t}$$

$$\text{ÇK 204 (I 300)} \quad 0.5 \times (3.025+0.054) \times 8=12.315 \text{ t}$$

$$\text{ÇK 206 (I 380)} \quad 12.315+0.46=12.775 \text{ t}$$

$$\text{Toplam} \quad S = 48.54 \text{ t}$$

$$[160 \rightarrow F=24 \text{ cm}^2 \quad I_x=925 \text{ cm}^4 \quad I_y=85.3 \text{ cm}^4 \quad e_y=1.84 \text{ cm}$$

$$2[160 \rightarrow I'_x = 2 \times I_x = 2 \times 925 = 1850 \text{ cm}^4$$

$$I'_y = 2 \times [I_y + F \times (b - e)^2] = 2 \times [85.3 + 24 \times (6.5 - 1.84)^2] = 1213 \text{ cm}^4$$

$$F' = 2 \times F = 2 \times 24 = 48 \text{ cm}^2$$

$$i_x = \sqrt{\frac{I'_x}{F'}} = \sqrt{\frac{1850}{48}} = 6.2 \text{ cm} \quad \lambda_x = \frac{skx}{i_x} = \frac{300}{6.2} = 48.4$$

$$i_y = \sqrt{\frac{I'_y}{F'}} = \sqrt{\frac{1213}{48}} = 5.03 \text{ cm} \quad \lambda_y = \frac{sky}{i_y} = \frac{300}{5.03} = 60$$

$$\lambda_{\max} = 60 \rightarrow \omega = 1.36$$

$$\sigma = \frac{S \times \omega}{F'} = \frac{48.54 \times 1.36}{48} = 1.37 \text{ t/cm}^2 < 1.44 \text{ t/cm}^2$$

3.3.4.4. Birinci Kat 4.50 m Kotu, (skx = sky =4.50 m)

Yük analizi

$$\text{Üst kat}+2[160 \quad 48.54+0.113=48.65 \text{ t}$$

$$\text{ÇK 103 (I 260)} \quad 0.5 \times (1.925+0.042) \times 8=7.865 \text{ t}$$

$$\text{ÇK 108 (I 300)} \quad 7.865+0.30=8.165 \text{ t}$$

$$\text{Toplam} \quad S = 64.68 \text{ t}$$

$$2[220 \rightarrow I'_x = 2 \times I_x = 2 \times 2690 = 5380 \text{ cm}^4$$

$$I'_y = 2 \times [I_y + F \times (b - e)^2] = 2 \times [197 + 37.4 \times (8 - 2.14)^2] = 2962 \text{ cm}^4$$

$$F' = 2 \times F = 2 \times 37.4 = 74.8 \text{ cm}^2$$

$$i_x = \sqrt{\frac{I'_x}{F'}} = \sqrt{\frac{5380}{74.8}} = 8.48 \text{ cm} \quad \lambda_x = \frac{s_{kx}}{i_x} = \frac{450}{8.48} = 53.06$$

$$i_y = \sqrt{\frac{I'_y}{F'}} = \sqrt{\frac{2962}{74.8}} = 6.29 \text{ cm} \quad \lambda_y = \frac{s_{ky}}{i_y} = \frac{450}{6.29} = 71.5$$

$$\lambda_{\max} = 71.5 \rightarrow \omega = 1.49$$

$$\sigma = \frac{S \times \omega}{F'} = \frac{64.68 \times 1.49}{74.8} = 1.29 \text{ t/cm}^2 < 1.44 \text{ t/cm}^2$$

Tablo 3.2 Kolon Hesapları Sonuç Tablosu

KOLON YÜKÜ								
	KOTLAR (m)	Kiriş NO	YÜK (t)	(S) TOPLAM (t)	SK (m)	KESİT [	σ (t/cm ²)	SEÇİLEN KESİT
I NOLU KOLON	13.5							2 [240
	10.5							
	7.5	ÇK 204 ÇK 207	24.630 25.050	49.68	7.5	2 [240	1.17	
	4.5							
II NOLU KOLON	13.5	makas aşklar kar	0.558 0.670 6.050	7.28	6.0	2 [100	1.19	2 [220
	10.5							
	7.5	2 [100 ÇK 204 /2 ÇK 206 /2	0.127 12.315 12.750	32.50	7.5	2 [220	1.31	
	4.5							
III NOLU KOLON	13.5							2 [280
	10.5	ÇK 303 ÇK 309	15.730 16.190	31.92	3.0	2 [140	1.10	
	7.5	2 [140 ÇK 204 ÇK 207	0.096 24.630 25.050	81.70	3.0	2 [240	1.17	
	4.5	2 [240 ÇK 103 ÇK 109	0.199 15.730 16.110	113.82	4.5	2 [280	1.27	
IV NOLU KOLON	13.5	makas aşklar kar	0.558 0.670 6.050	7.28	3.0	2 [100		2 [220
	10.5	2 [100 ÇK 303/2 ÇK 308/2	0.064 7.865 8.165	23.37	3.0	2 [120		
	7.5	2 [120 ÇK 204/2 ÇK 206	0.080 12.350 12.750	48.54	3.0	2 [160	1.37	
	4.5	2 [160 ÇK 103/2 ÇK 108/2	0.113 7.865 8.165	64.68	4.5	2 [220	1.29	

3.4. METRAJ

POZ	MALZEME	BOY (m)	AĞIRLIK (kg/m)	ADET	TOPLAM (kg)
<u>Çatı Katı:</u>					
ÇM 1(O)	1/2 Kup I 200	27.64	13.06	8	2888
ÇM 1(U)	1/2 Kup I 200	24.13	13.06	8	2521
ÇM 1(V)	└50.50.5	2.50	3.77	8×8	603
ÇM 1(D)	└50.50.5	3.05	7.54	12×8	2210
ÇM 1(D)	└50.50.5	3.05	3.77	4×8	368
ÇM 2(O)	1/2 Kup I 120	16.08	5.54	1	89
ÇM 2(U)	1/2 Kup I 120	12.07	5.54	1	67
ÇM 2(V)	└50.50.5	2.50	3.77	5	47
ÇM 2(D)	└50.50.5	3.05	7.54	8	184
ÇM 2(D)	└50.50.5	3.05	3.77	2	23
Y. Stabilite	└50.50.5	6.47	3.77	21×2	1024 [5]
D. Stabilite	└50.50.5	6.14	3.77	12×2	555

Σ=10579 kg

3. Kat:

ÇK 301	I 200	8.00	26.3	5	1052
ÇK 302	I 260	8.00	41.9	11	3687
ÇK 303	I 260	8.00	41.9	9	3017
ÇK 304-307	I 260	4.615	41.9	4	774
ÇK 308	I 300	5.50	54.2	5	1490
ÇK 309	I 380	5.50	84.0	11	5082
ÇK 310-314	I 300	6.34	54.2	5	1718
D. Stabilite	└50.50.5	6.26	3.77	12×2	566
S 2	2 I 220	3.00	58.8	12	2117

Σ=19503 kg

2. Kat:

ÇK 201	I 220	8.00	31.1	5	1244
ÇK 202	I 200	3.50	26.3	2	184
ÇK 203	I 300	8.00	54.2	26	11273

POZ	MALZEME	BOY (m)	AĞIRLIK (kg/m)	ADET	TOPLAM (kg)
ÇK 204	I 300	8.00	54.2	24	10406
ÇK 205	I 200	3.50	26.3	4	368
ÇK 206	I 380	5.50	84.0	10	4620
ÇK 207	YK 600	5.50	76.44	20	8408
ÇK 208	I 380	5.50	84.0	5	2310
ÇK 209	I 220	5.50	31.1	5	855
ÇK 210-213	I 300	4.615	54.2	4	1000
ÇK 214-218	I 380	6.34	84.0	5	2662
D. Stabilite	└50.50.5	6.26	3.77	12×2×3	1668
S 2	2 [220	6.00	58.8	14	4939
S 3	2 [280	3.00	83.6	11	2759
S 2	2 [220	3.00	58.8	12	2117

Σ=54813 kg

1. Kat:

ÇK 101	I 200	8.00	26.3	5	1052
ÇK 102	I 260	8.00	41.9	11	3687
ÇK 103	I 260	8.00	41.9	9	3016
ÇK 104-107	I 260	4.615	41.9	4	7735
ÇK 108	I 300	5.50	54.2	5	1490
ÇK 109	I 380	5.50	84.0	11	5082
ÇK 110-114	I 300	6.34	54.2	5	1718
D. Stabilite	└50.50.5	6.26	3.77	12×2	566
S 3	2 [280	3.00	83.6	11	2759
S 2	2 [220	3.00	58.8	12	2117

Σ=29222 kg

Zemin Kat:

D. Stabilite	└50.50.5	7.10	3.77	12×2	633
D. Stabilite	└50.50.5	6.26	3.77	12×2	566
S 2	2 [220	7.50	58.8	14	6174
S 1	2 [240	7.50	66.4	12	5976

S 2	2 [220	4.50	58.8	12	3175
S 3	2 [280	4.50	83.6	11	4138
					$\Sigma=20662 \text{ kg}$

GENEL TOPLAM= 134779 kg

Metrekare başına düşen ağırlıklar:

Çatı	$= 10579 \text{ kg} / 1310.55 \text{ m}^2 = 8.07 \text{ kg/m}^2$
3. kat	$= 19503 \text{ kg} / 554.3 \text{ m}^2 = 35.18 \text{ kg/m}^2$
2. kat	$= 54813 \text{ kg} / 1310.55 \text{ m}^2 = 41.82 \text{ kg/m}^2$
1. kat	$= 29222 \text{ kg} / 554.3 \text{ m}^2 = 52.72 \text{ kg/m}^2$
Zemin	$= 20662 \text{ kg} / 1310.55 \text{ m}^2 = 15.76 \text{ kg/m}^2$
Toplam	$= 134779 \text{ kg} / 5038.6 \text{ m}^2 = 26.75 \text{ kg/m}^2$

Metreküp başına düşen ağırlıklar:

Çatı katı	$= 10579 \text{ kg} / 1872 \text{ m}^3 = 5.65 \text{ kg/m}^3$
3. kat	$= 19503 \text{ kg} / 1663 \text{ m}^3 = 11.73 \text{ kg/m}^3$
2. kat	$= 54813 \text{ kg} / 6200 \text{ m}^3 = 8.84 \text{ kg/m}^3$
1. kat	$= 29222 \text{ kg} / 1663 \text{ m}^3 = 17.57 \text{ kg/m}^3$
Zemin	$= 20662 \text{ kg} / 8166 \text{ m}^3 = 2.53 \text{ kg/m}^3$
Toplam	$= 134779 \text{ kg} / 19564 \text{ m}^3 = 6.89 \text{ kg/m}^3$

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Buraya kadar gerçekleştirilen tüm araştırmalar göstermiştir ki, bir yapının doğru bir biçimde boyutlandırılmasında, seçilecek eksenel sistem ve uygulanacak hesap yöntemi üzerine yapılacak ayrıntılı bir çalışma yapının en uygun ve ekonomik biçimde boyutlandırılmasını sağlayacaktır. Sonuç olarak söylenebilir ki, bir mühendisin taşıyıcı sisteme ait hesaplarının doğruluğu kadar, bu sistemi belirlerken yapacağı ön araştırmalar (farklı eksenel sistemlere ve çeşitli hesap yöntemlerine göre yapının güvenlik ve malzeme gideri açısından ekonomi araştırmaları) da önemlidir.

Bu sanayi yapısının çelik konstrüksiyon olarak boyutlandırılmasında alternatif olarak sunulan bir çok eksenel sistem içerisinde, yapılan araştırmalar sonunda 5.50-8.00 m.'lik eksenel sistem tercih edilmiştir ve uygulanacak hesap yöntemi olarak da döşeme etkisinin hesaba katıldığı yalın karma kirişler (kompozit kiriş) için plastik hesaba göre çözüm uygun görülmüştür. Hesap yöntemi ve eksenel sistem üzerine yapılan bu araştırmalarda dikkate alınan, sistemin güvenlik ve ekonomi koşullarıdır. Son bölümde araştırma sonuçlarına dayanılarak oluşturulan taşıyıcı sistemin boyutlaması yapılmıştır. Ayrıca bu bölümün sonuna metraj bilgileri metrekareye ve metreküpe düşen ağırlıklar da verilmek üzere ilave edilmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] ARDA, T.S. ve YARDIMCI, N., “Çelik Yapıda Karma Elemanların Plastik Hesabı”, Cep Kitapları A.Ş., Birinci Baskı, (İstanbul 1991)
- [2] ARDA, T.S., “Çelik Yapıların Plastik Hesabı için Tavsiyeler”, İ.T.Ü. Müh. Mim. Fak., No:114, İstanbul
- [3] ARDA, T.S. and ASKAR, G., “Plastic Design of Steel Structures”, B.Ü., No:413, (İstanbul 1986)
- [4] ODABAŞI, Y., “Ahşap ve Çelik Yapı Elemanları”, Beta Basım Yayın A.Ş., (İstanbul 1992)
- [5] ODABAŞI, Y., “Çelik Çatı Elemanlarının Ekonomik Çözümleri”, Matbaa Teknisyenleri Basımevi, İstanbul

EKLER

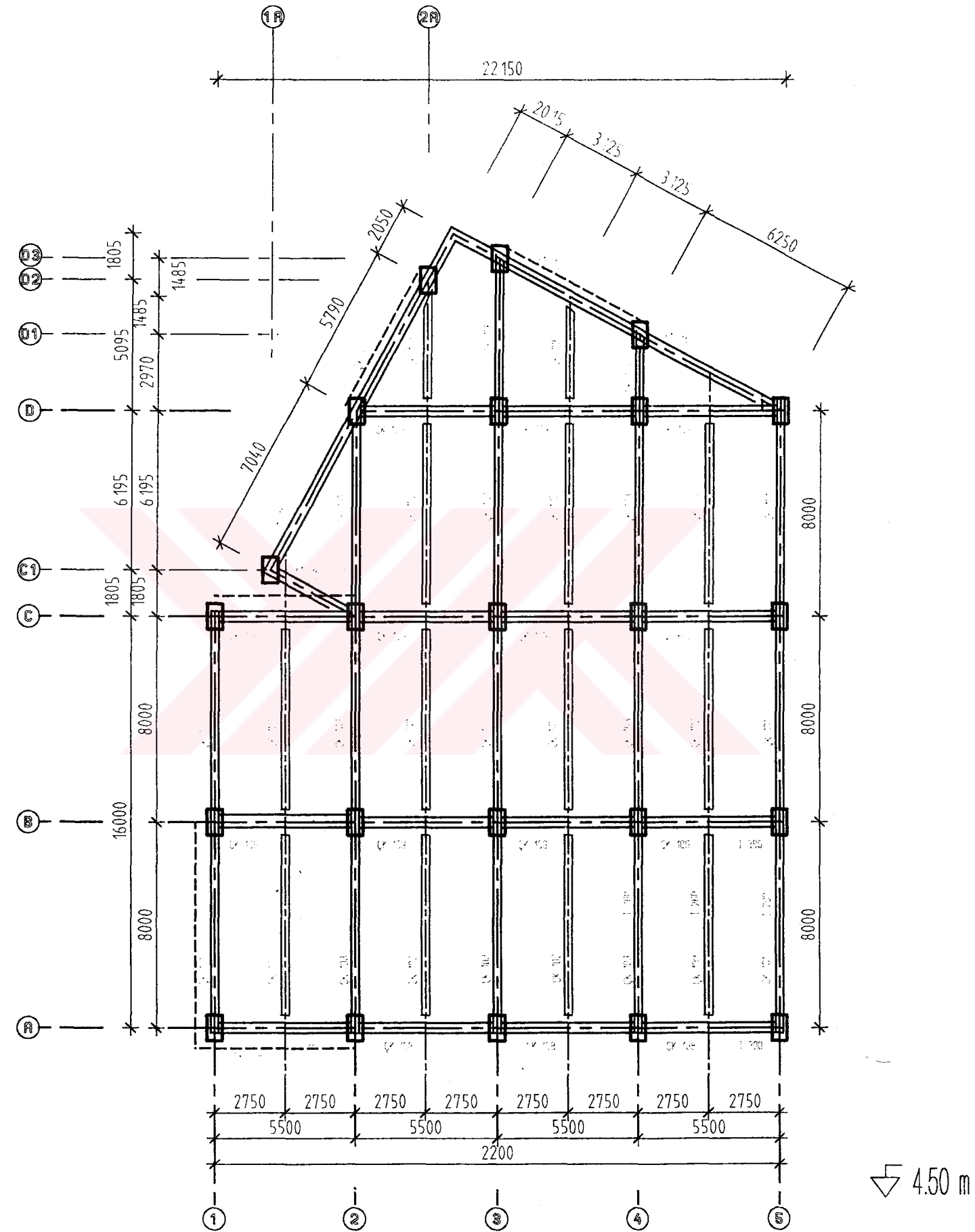
Bu bölümde projelendirilmesi gerçekleştirilen sanayi yapısına ait kat planları ve kolon aplikasyon planı düzenlenmiştir.

EK A'da kiriş hesaplarına ait sonuçlara dayanan döşeme ve taşıyıcı kiriş boyutları plan üzerinde belirtilmiştir. Ayrıca stabilite bağlantıları da bu çizimler üzerinde gösterilmiştir. Bir, iki ve üçüncü katlara ait çizimler bu bölümde yer almaktadır.

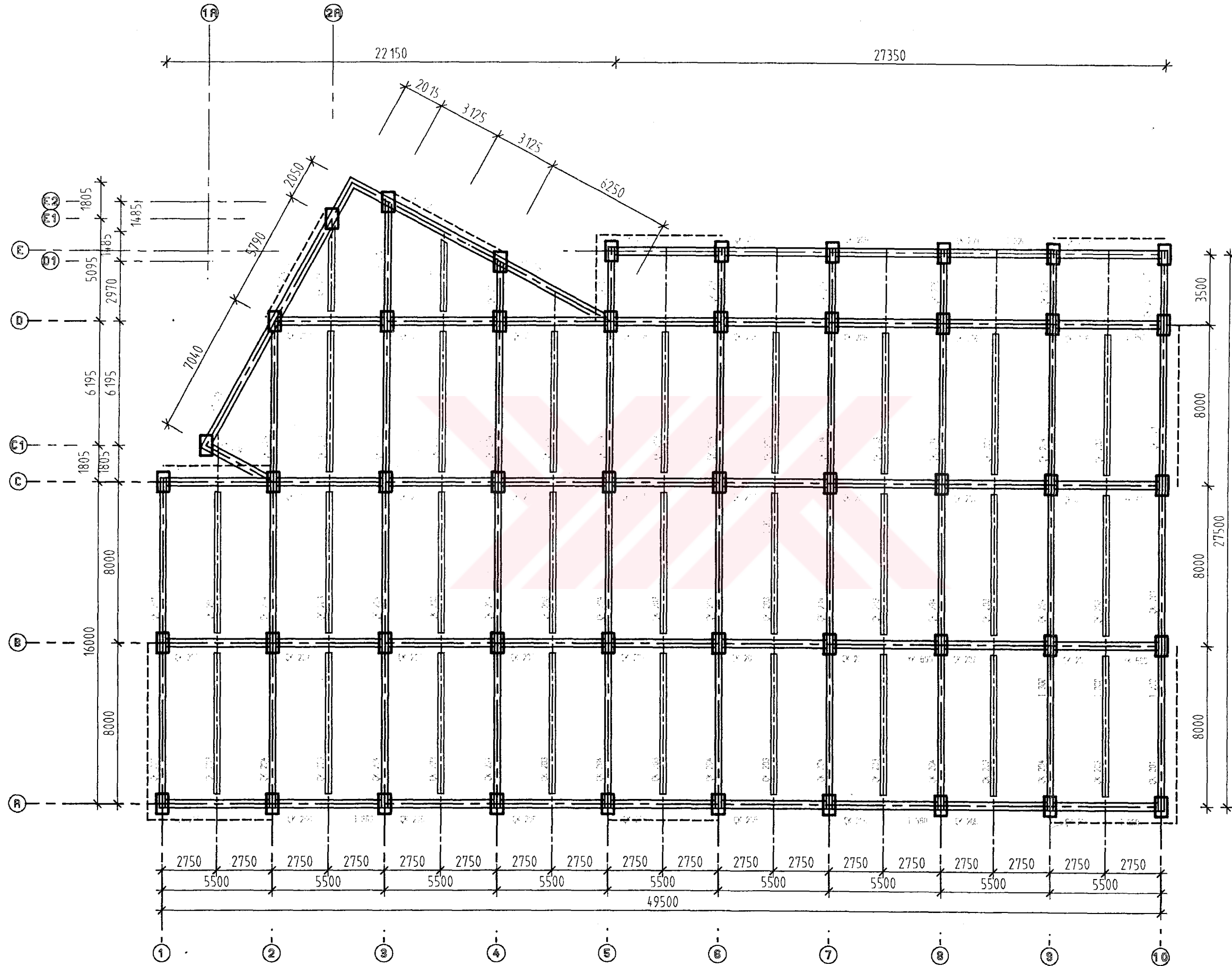
EK B'de çatı elemanlarının (makaslar, aşıklar, stabilite bağlantıları) çizimleri bulunmaktadır.

EK C'de kolon boyutlarının ve yerleşimlerinin gösterildiği kolon aplikasyon planı bulunmaktadır.

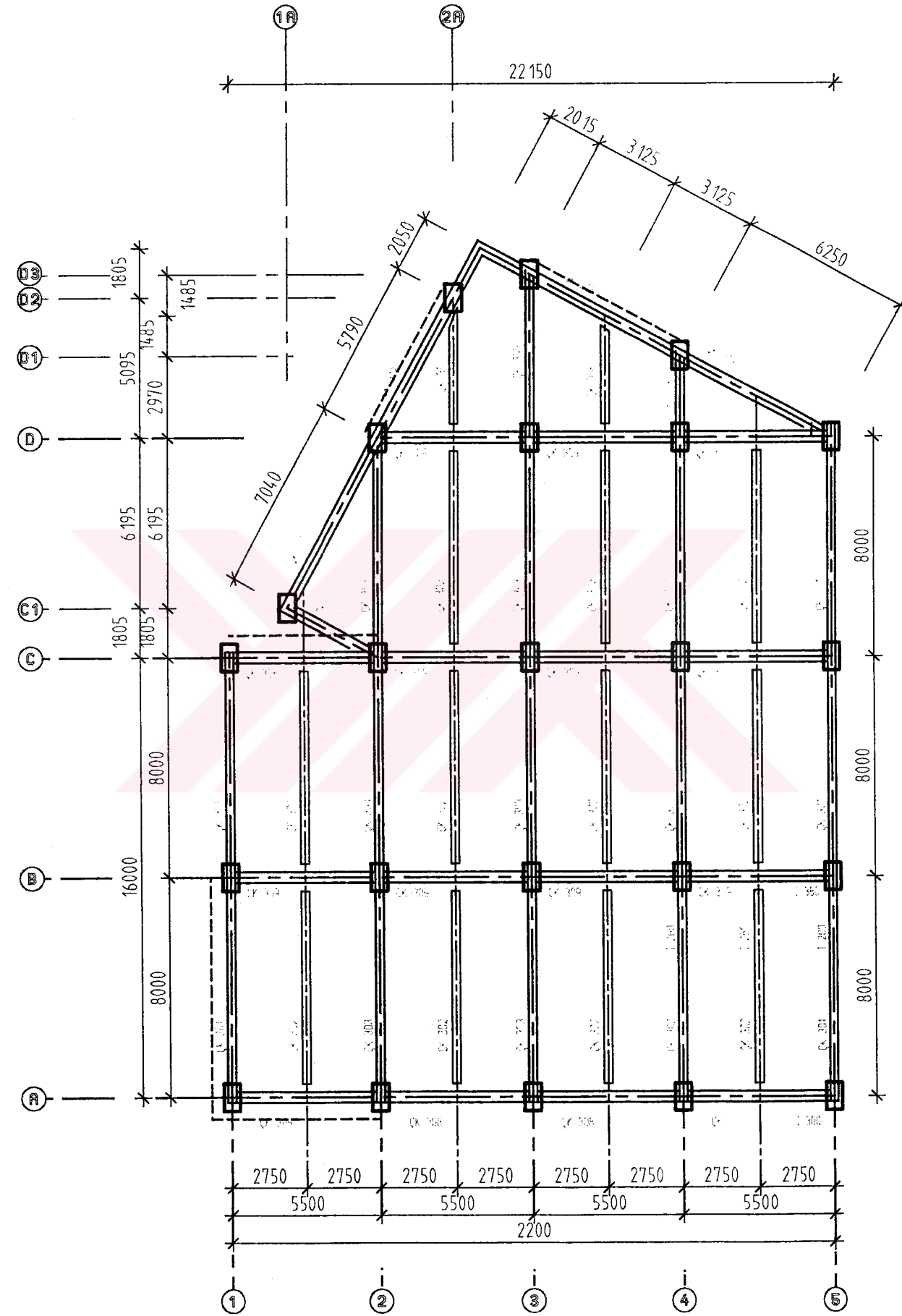
Çizimler bilgisayar destekli tasarım programı (CAD) Nemetscheck Cad Systems Allplan 700 ile gerçekleştirilmiştir. Ölçüler milimetre olarak verilmiş ve çizim büyüklükleri A3 kağıtına sığacak şekilde ayarlanmıştır.



Şekil A.1. Birinci Kat Planı

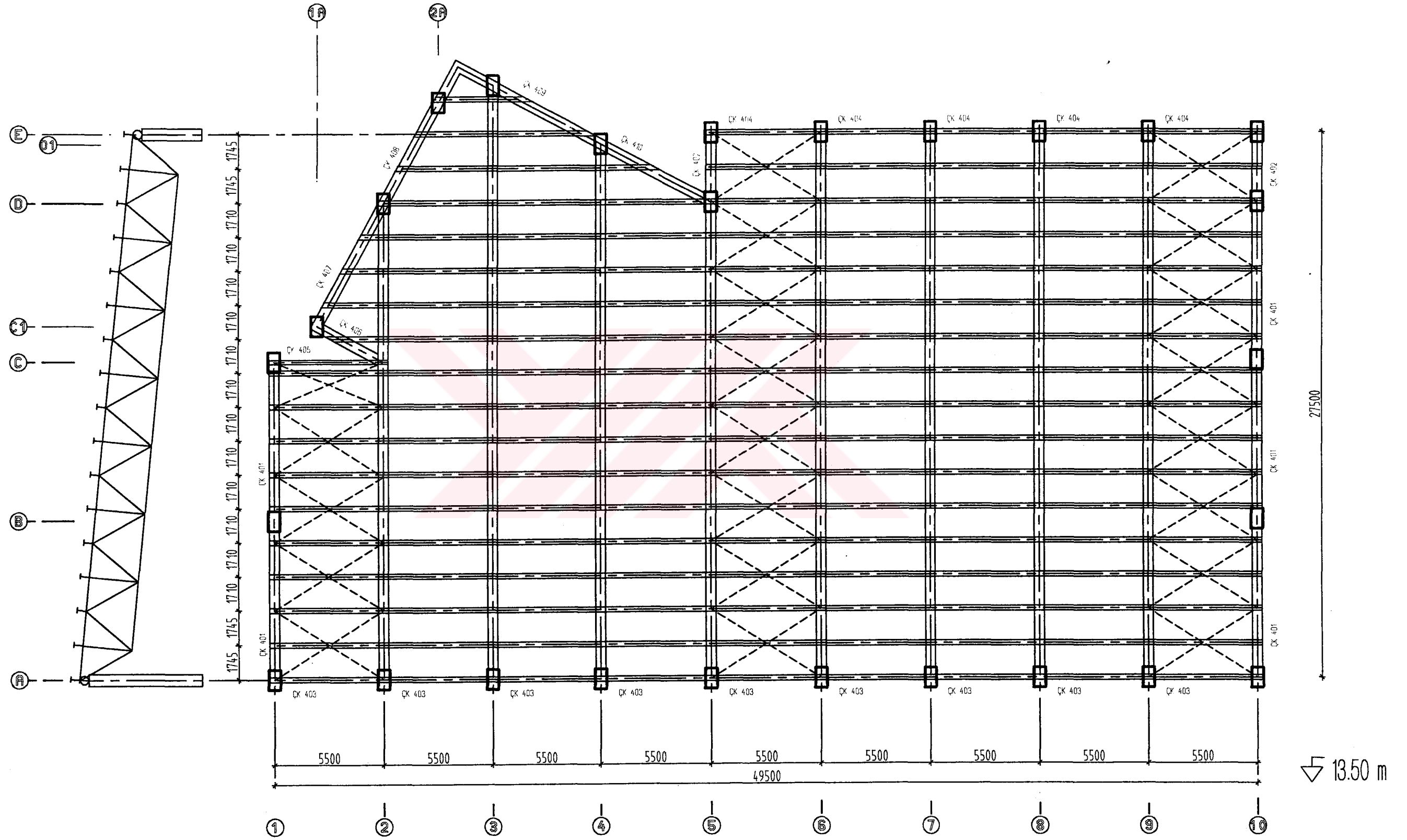


Şekil A.2. İkinci Kat Planı

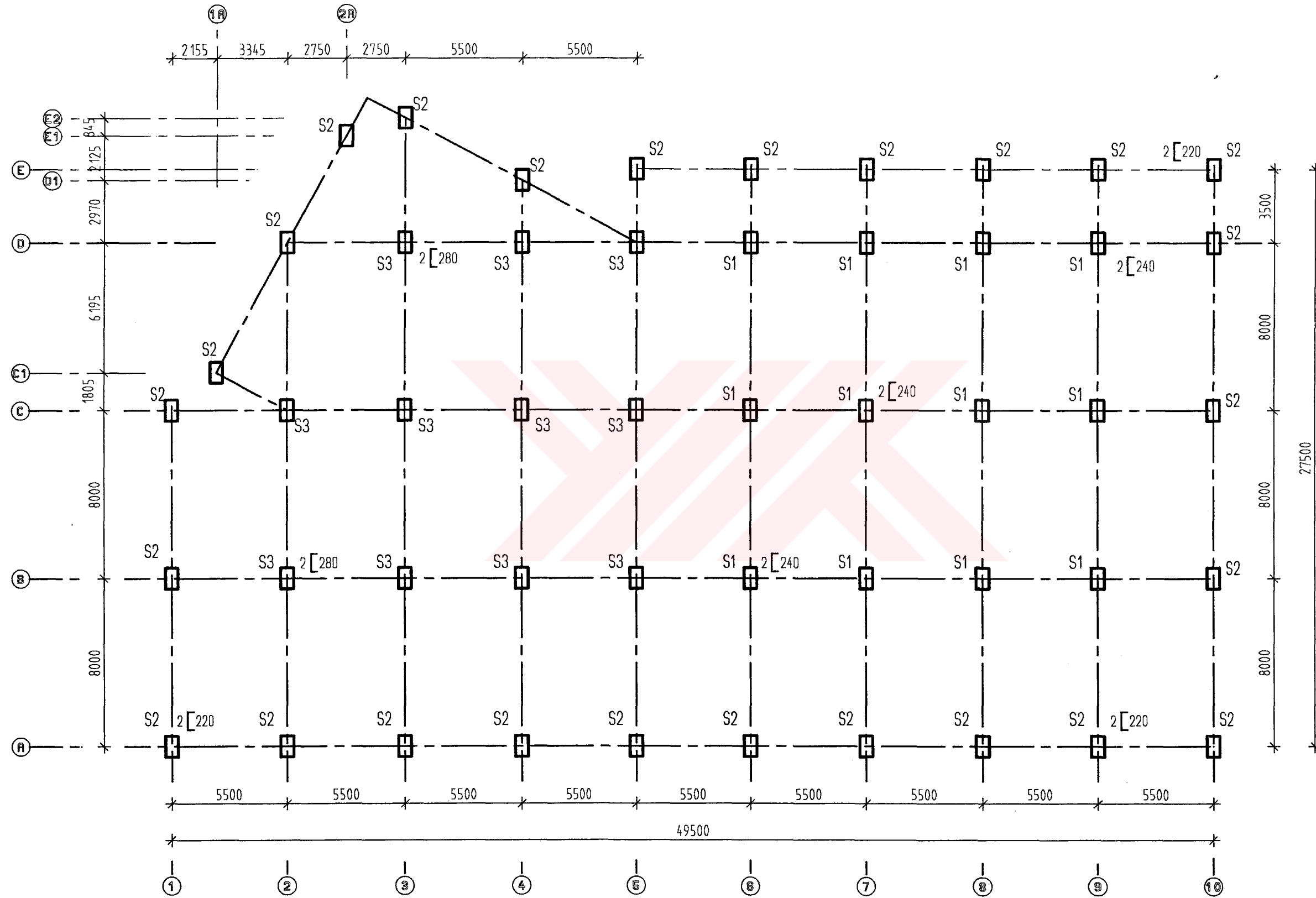


10.50 m

Şekil A.3. Üçüncü Kat Planı



Şekil B.1. Çatı Katı Planı



Şekil C.1. Kolon Aplikasyon Planı

ÖZGEÇMİŞ

Deniz ÖZERGÜL 1971 yılında Mersin’de doğmuştur. İlk öğrenimini İzmir Mustafa Urcan İlkokulu’nda, orta ve lise eğitimini İzmir Bornova Anadolu Lisesinde yapmıştır. 1989 yılında D.E.Ü. Denizli Müh Fak. yüksek öğrenime başlamış ve 1993 yılında üniversiteden mezun olmuştur. Aynı yıl İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yapı Programında yüksek lisans eğitimine başlamıştır.

