

GENİŞ AÇIKLIKLARIN
ÇELİK ELEMANLARLA
EKONOMİK OLARAK GEÇİLMESİ

Yusuf TOLA

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi

1991

GENİŞ AÇIKLIKLARIN
ÇELİK ELEMANLARLA EKONOMİK
OLARAK GEÇİLMESİ

Yusuf Tola

Anadolu Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Yapı Bilim Dalında
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır

Danışman: Yrd.Doç.Dr. Hasan GÖNEN

Ocak - 1991

Yusuf TOLA'nın YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı
"Geniş Açıklıkların Çelik Elemanlarla Ekonomik Olarak Geçilmesi"
başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğinin ilgili maddele-
ri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

19 / 02 / 1991

Üye : Prof. M. Ruhi AYDIN

Üye : Yrd. Doç. Dr. Hasan GÖNEN

Üye : Yrd. Doç. Dr. Eşref ÜNLÜOĞLU

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun20 ŞUBAT 1991.....
gün ve 268-12.... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Rüstem KAYA
Enstitü Müdürü

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	iv
ABSTRACT	v
ŞEKİLLER, TABLOLAR, GRAFİKLER DİZİNİ	vi
1. GİRİŞ	1
2. MANSARD KAFES	4
2.1. Mansard Kafes (1-1)	4
2.1.1. Aşıkların boyutlandırılması	4
2.1.2. Tüm elemanların çift korniyerden seçilmesi halinde gerilme kontrolleri ve burkulma tahkikleri	5
2.1.3. Tüm elemanlarda çift korniyer kullanılması halinde makas ağırlığı	10
2.1.4. Alt başlık ve üst başlıkta 2[profili, ara elemanlarda ise çift korniyer kullanılması	11
2.1.5. Alt başlık ve üst başlıkta 2[profili kullanılması halinde makas ağırlığı	13
2.1.6. Alt başlık ve üst başlıkta $T(\frac{1}{2} I)$ profili, ara elemanlarda ise çift korniyer kullanılması	13
2.1.7. Alt başlık ve üst başlıkta $T(\frac{1}{2} I)$ profili, ara elemanlarda ise çift korniyer kullanılması halinde makas ağırlığı	15
2.2. Mansard Kafes (1-2)	19
2.2.1. Tüm elemanların çift korniyerden seçilmesi	19
2.2.2. Alt başlık ve üst başlıkta 2[profili ara elemanlarda ise çift korniyer kullanılması	19
2.2.3. Alt başlık ve üst başlıkta $T(\frac{1}{2} I)$ profili, ara elemanlarda ise çift korniyer kullanılması	20

İÇİNDEKİLER (Devam)

Sayfa

2.3. Mansard Kafes (1-3)	23
2.3.1. Tüm elemanların çift korniyerden seçilmesi	23
2.3.2. Alt başlık ve üst başlıkta 2[profili, ara ele- manlarda ise çift korniyer kullanılması	23
2.3.3. Alt başlık ve üst başlıkta $T(\frac{1}{2} I)$ profili, ara elemanlarda çift korniyer kullanılması	24
3. ÜÇGEN KAFES	27
3.1. Üçgen Kafes (1)	27
3.1.1. Tüm elemanların çift korniyerden seçilmesi	27
3.1.2. Alt başlık ve üst başlıkta 2[profili, ara ele- manlarda ise çift korniyer kullanılması	27
3.1.3. Alt başlık ve üst başlığın T Profilinden, ara elemanların ise çift korniyerden seçilmesi	28
3.2. Üçgen Kafes (2)	31
3.2.1. Tüm elemanların çift korniyerden teşkil edilmesi ...	31
3.2.2. Alt başlık ve üst başlıkta 2[profili, ara ele- manlarda çift korniyer kullanılması	31
3.2.3. Alt başlık ve üst başlıkta $T(\frac{1}{2} I)$ profilleri ara elemanlarda ise çift korniyer kullanılması	32
4. TRAPEZ KAFES	35
4.1. Trapez Kafes (1)	35
4.1.1. Tüm elemanlarda çift korniyer kullanılması	35
4.1.2. Üst başlık ve alt başlıkta 2[profilleri, ara elemanlarda ise çift korniyer kullanılması	35
4.1.3. Alt başlık ve üst başlıkta $T(\frac{1}{2} I)$ profili, ara elemanlarda ise çift korniyer kullanılması	36

İÇİNDEKİLER (Devam)

Sayfa

4.2. Trapez Kafes (2)	39
4.2.1. Tüm elemanlarda çift korniyer kullanılması	39
4.2.2. Alt başlık ve üst başlıkta 2[profili, ara eleman- larda ise çift korniyer kullanılması	39
4.2.3. Alt başlık ve üst başlıkta $T(\frac{1}{2} I)$ profili, ara elemanlarda ise çift korniyer kullanılması	40
4.3. Trapez Kafes (3)	43
4.3.1. Tüm elemanlarda çift korniyer kullanılması	43
4.3.2. Alt başlık ve üst başlıkta 2[profili, ara eleman- larda ise çift korniyer kullanılması	43
4.3.3. Alt başlıkta ve üst başlıkta $T(\frac{1}{2} I)$ profili, ara elemanlarda ise çift korniyer kullanılması	44
5. PARALEL BAŞLIKLIL KAFES (1)	47
5.1. Paralel Başlıklı Kafes (1-1)	
5.1.1. Tüm elemanlarda çift korniyer kullanılması	47
5.1.2. Alt başlık ve üst başlıkta 2[profili, ara eleman- larda ise çift korniyer kullanılması	47
5.1.3. Alt başlık ve üst başlığın T profilinden, ara ele- manların çift korniyerden seçilmesi	48
5.2. Paralel Başlıklı Kafes Kiriş (1-2)	51
5.2.1. Tüm elemanların çift korniyerden seçilmesi halinde kullanılan elemanlar ve makas ağırlığı	51
5.2.2. Alt başlıkta ve üst başlıkta 2[profili, ara ele- manlarda ise çift korniyer kullanılması	51
5.2.3. Alt başlık ve üst başlıkta T profili, ara eleman- larda çift korniyer kullanılması	52

İÇİNDEKİLER (Devam)

Sayfa

6. PARALEL BAŞLIKLIL KAFES (2)	55
6.1. Tüm Elemanların Çift Korniyerden Seçilmesi	55
6.2. Alt Başlık ve Üst Başlıkta 2[Profili, Ara Elemanlarda Çift Korniyer Kullanılması	55
6.3. Alt Başlık ve Üst Başlıkta $T(\frac{1}{2} I)$ Profili, Ara Elemanlarda İse Çift Korniyer Kullanılması	56
7. MANSARD KAFES (2)	59
7.1. Mansard Kafes (2-1)	59
7.1.1. Tüm elemanların çift korniyerden seçilmesi	59
7.1.2. Alt başlık ve üst başlıkta 2[profili, ara elemanlarda çift korniyer kullanılması	59
7.1.3. Alt başlık ve üst başlıkta $T(\frac{1}{2} I)$ profili, ara elemanlarda ise çift korniyer kullanılması	60
7.2. Mansard Kafes (2-2)	63
7.2.1. Tüm elemanların çift korniyerden teşkil edilmesi	63
7.2.2. Alt başlık ve üst başlığın 2[profilinden ara elemanların ise çift korniyerden seçilmesi	63
7.2.3. Alt başlık ve üst başlıkta $T(\frac{1}{2} I)$ profili, ara elemanlarda çift korniyer kullanılması	64
7.3. Mansard Kafes (2-3)	67
7.3.1. Tüm elemanların çift korniyerden teşkil edilmesi	67
7.3.2. Alt başlık ve üst başlıkta 2[profilleri, ara elemanlarda çift korniyer kullanılması	67
7.3.3. Alt başlık ve üst başlıkta $T(\frac{1}{2} I)$ profili, ara elemanlarda çift korniyer kullanılması	68
8. POLONSO MAKASI	71

İÇİNDEKİLER (Devam)

Sayfa

8.1. Tüm Elemanların Çift Korniyerden Teşkil Edilmesi	71
8.2. Alt Başlık ve Üst Başlıkta 2[Profili Ara elemanlarda Çift Korniyer Kullanılması	71
8.3. Alt Başlık ve Üst Başlıkta $T(\frac{1}{2} I)$ Profili, Ara Eleman- larda İse Çift Korniyer Kullanılması	72
9. DOLU GÖVDELİ, DEĞİŞKEN KESİTLİ MAKAS	74
9.1. Aşıkların Boyutlandırılması	74
9.2. Çerçevenin Sabit Kesitli Olarak Çözülmesi	75
9.3. Değişken Kesitli Çerçevenin Boyutlandırılması	76
9.3.1. Değişken kesitli çerçevenin kuvvet metodu ile çözümü	77
9.4. Gerilme Tahkikleri	80
9.5. Makas Ağırlığının Hesaplanması	82
10. PETEK KİRİŞ	84
10.1. 30.00 m. Açıklık İçin Veriler	84
10.2. İrdellemeler	86
10.2.1. Ortaya en yakın başlıkta	86
10.2.2. Ara kesitte bir başlıkta tahkik	86
10.2.3. Mesnede en yakın dikmede tahkik	87
10.2.4. IPB ₆₀₀ de kullanılacak levha	88
11. SONUÇ ve ÖNERİLER	92
KAYNAKLAR DİZİNİ	94

ÖZET

Bu çalışmanın amacı "Geniş Açıklıkların Çelik Elemanlarla Ekonomik Olarak Geçilmesi" dir. İnşa edilecek her yapının ülkemiz koşullarına uygun ve en önemlisi, ekonomik bir biçimde projelendirilmesi gerekir. Bu ayrıntı, çelik yapılarda çok daha titiz bir tutum ile izlenmelidir.

Bu çalışmada değişik geometrik şekilli kafes sistemler ele alınarak, her bir sistem kendi içinde incelenmiştir. Bu sistemlerin her biri farklı örgü elemanları ve farklı profillere göre hafiflik yönünden karşılaştırılmıştır. Ayrıca karşılaştırılması bakımından dolu gövdeli, değişken kesitli çerçeve ile petek kiriş te incelenmiştir. Bütün sistemler için min. ağırlıklar bulunarak birbirleriyle karşılaştırılmış ve en hafif çatı makası elde edilmeye çalışılmıştır. Ele alınan bütün sistemlerde amaç, en ekonomik geometrik şekilli kafes sistemi ve profili seçmek olduğundan; çatı örtüsü, makas aralığı, aşık sistemi, makas açıklığı ve gergi şartları aynı tutulmuştur.

Kafes sistemlerinde kullanılan elemanların ağırlıkları ve bu ağırlıkların toplam ağırlığa oranları ayrı ayrı tablolar halinde verilmiştir. Elde edilen ekonomik sistemler birbirleriyle karşılaştırılmış ve tabloda gösterilmiştir.

Bu çalışmanın amacı her ne kadar "Geniş Açıklıkların Çelik Elemanlarla Ekonomik Olarak Geçilmesi" ise de genelde kafes kirişlerle ilgilidir. Ayrıca paralel başlıklı kafes kirişlerin yan tarafları cam ile kaplanmıştır.

ABSTRACT

In this research crossing large spans with steel truss systems economically is analysed. In developing countries, like Turkey, the criteria of economy must be satisfied and this is even more important for steel structures.

The weights of elements truss systems and weight/total weight ratios are given in tables. First, systems are compared with each other. Then the lightest has been chose. As a result the choosen systems are shown in a table comparatively.

In this study, the trusses in different geometries are taken into consideration separately end compared with each other regarding to their elements and shapes. (e.g. channel, angle or $\frac{1}{2}$ I section etc.) Furthermore, I-Sectioned and castellated beams are analysed for the same goal. Minimum weights are found for all systems and compared with each other and tried to find out the desing of the lightest truss. In this study; the roofing cover, tributary area, purling systems, the truss beam span and lateral stability conditions are assumed inveriant.

ŞEKİLLER, TABLOLAR ve GRAFİKLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Mansard Kafes Kiriş (1-1)	3
2.2. Mansard Kafes Kiriş (1-2)	18
2.3. Mansard Kafes Kiriş (1-3)	22
3.1. Üçgen Kafes Kiriş (1)	26
3.2. Üçgen Kafes Kiriş (2)	30
4.1. Trapez Kafes Kiriş (1)	34
4.2. Trapez Kafes Kiriş (2)	38
4.3. Trapez Kafes Kiriş (3)	42
5.1. Paralel Başlıklı Kafes Kiriş (1-1).....	46
5.2. Paralel Başlıklı Kafes Kiriş (1-2)	50
6.1. Paralel Başlıklı Kafes Kiriş (2)	54
7.1. Mansard Kafes (2-1)	58
7.2. Mansard Kafes (2-2)	62
7.3. Mansard Kafes (2-3)	66
8.1. Gergili Üçgen Kafes Kiriş (Polonso Makası)	70
9.1. Dolu Gövdeli, Değişken Kesitli Çerçeve	74
9.2. İzostatik esas Sisteme Ait Moment Alanları	75
9.3. Sabit Kesitli çerçeveye Ait Moment Alanı	76
9.4. Çerçeve için Seçilen Kesitler	76
9.5. Değişken Kesitli Çerçeveye Ait M,Q ve N Alanları	80
9.6. Dolu Gövdeli Makasın Gövde Yüksekliği Değişimi	82
10.1. Petek Kiriş	84

<u>Tablo</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Mansard Kafes Kiriş (1-1). (Şekil: 2.1.)'e ait tablo	17
2.2. Mansard Kafes Kiriş (1-2). (Şekil:2.2.)'e ait tablo	21
2.3. Mansard Kafes Kiriş (1-3). (Şekil: 2.3)'e ait tablo	25
3.1. Üçgen Kafes Sistem (1). (Şekil: 3.1.)'e ait tablo	29
3.2. Üçgen Kafes (2) Sistemi (Şekil: 3.2.)'ne ait tablo	33

<u>Tablo</u>	<u>Sayfa</u>
4.1. Trapez Kafes (1). (Şekil: 4.1.)'e ait tablo	37
4.2. Trapez Kafes (2). (şekil: 4.2.)'e ait tablo	41
4.3. Trapez Kafes (3). (Şekil: 4.3.)'e ait tablo	45
5.1. Paralel Başlıklı Kafes (1-1) (Şekil: 5.1.)'e ait tablo	49
5.2. Paralel Başlıklı Kafes (1-2) (Şekil: 5.2.)'e ait tablo	53
6.1. Paralel Başlıklı Kafes (2) (Şekil: 6.1.)'e ait tablo	57
7.1. Mansard Kafes (2-1) (Şekil: 7.1.)'e ait tablo	61
7.2. Mansard Kafes (2-2) (Şekil: 7.2)'e ait tablo	65
7.3. Mansard Kafes (2-3) (şekil: 7.3.)'e ait tablo	69
8.1. Polonso Makası (şekil: 8.1.)'e ait tablo	73
9.1. Seçilen değişik sistemler içinde en hafif makas ağırlıkları .	91

1. G İ R İ Ő

Çelik inŐaatın yaygınlığı, çelik malzemenin varlığı ile çok yakından ilgilidir. Çelik malzeme yönünden zengin olan ülkeler getirdiğı kolaylıklar, sağladığı yararlar nedeniyle, çelik inşaat uygulamasını çok yaygınlaştırmıŐlardır.

Daha önceleri yapılan yapıların betonarme veya çelikten yapılması tartışılıyordu. Hangi yapının betonarme, hangi yapının çelik olması üzerinde karar verilirken ekonomiklik pek gözönüne alınmıyordu. Günümüzde ise sadece çelik yapıya karar verildiğinde nasıl bir sistem yapılacağı üzerinde tartışmalar başlamıŐtır. Özellikle büyük açıklıklı sanayi yapıları çelik elemanlarla yapılması tercih edilmektedir.

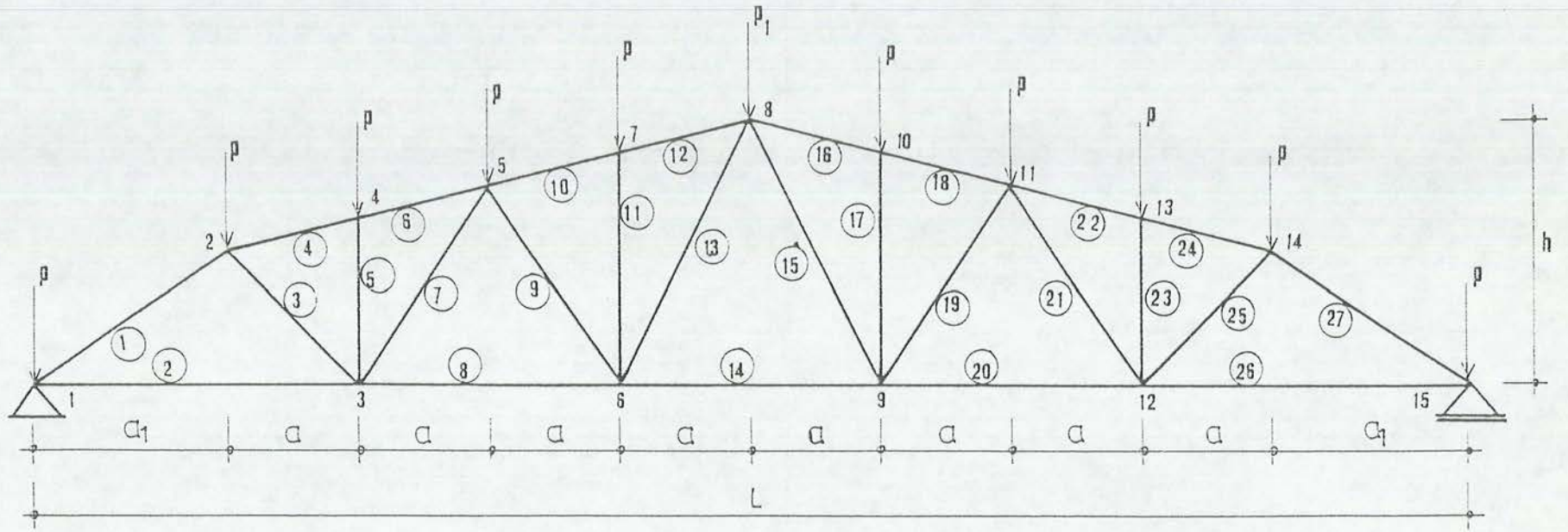
Memleketimizde çelik malzeme üretimi yeterli düzeyde bulunmamaktadır. Buna karşın özellikle son yıllarda gerçekleştirilen sanayi kuruluşlarında kullanılan üretim yapıları çelik olarak inşa edilmektedir. Çelik malzemenin, hem miktar hem tür yönünden kısıtlı olması yanında çelik inŐaattaki bu yaygın kullanma arzusu, ortaya bir dengesizlik çıkarmaktadır. Sonuçta çoğu zaman istenilen tür çelik malzemenin bulunmaması, çoğu zaman çelik inşaat yapımından vazgeçilmektedir. Bunun yanında, en önemlisi "ekonomik olmak" zorunluluğı vardır.

Ekonomik olma yönünden, çelik inŐaatın, kendine has, çok önemli bir özelliğı vardır. Proje tamamlandığında, çelik malzeme giderinin yapının bir metrekaresine düşen ağırlığı, konstrüksiyonun ekonomik olarak gerçekleştirilip gerçekleştirilemeyeceğini, hiçbir yoruma gerek duyulmayacak biçimde ortaya koymaktadır. Buna karşın betonarme inŐaatta, imalat bünyesine ekonomiyi etkileyecek çok çeşitli malzeme girdiğinden, proje bitiminde, yapının ucuza yapılıp yapılmayacağı kolayca söylenemez. Çelik malzeme kullanımında sağlanan ekonomi, bilhassa her profilin rahatlıkla bulunamadığı yerlerde, örneğın ülkemizde olduğı gibi daha fazla

önem kazanmaktadır.

Bilindiği gibi, inşaat mühendisi niteliğini kazanan kişinin, branşı ne olursa olsun, karşılaştığı en yaygın çelik inşaat "Çatı Konstrüksiyonu" dur. Esasen yüksek yapı dışında, ki genellikle memleketimizde uygulama alanı çok dardır, her türlü yapı bünyesinde "aşık" ve "çatı makası" gibi elemanlar çoğunlukla yer almaktadır. Hemen ilave etmek gerekir ki, bünyesinde aşık ve çatı makası bulunan yapıların metrekare ağırlıklarında en fazla etken olan bu iki elemanın ağırlığıdır.

İlk önceleri, ekonomi getirmesi amacıyla yapımına yönelinen "Petek Kirişler" daha sonraları, gövdesindeki petek boşlukların sağladığı hoş görüntü ve tesisat donanımlarına geçiş olanağı şeklindeki avantajları ile de, uygulama alanı bulmuş kiriş türleridir. Hafifliği, boya alanının azlığı, v.b. üstünlükleri de eklenince bu uygulama alanı bir hayli yaygınlaşmıştır.



Şekil : 2.1. Mansard Kafes Kiriş. (1-1)

($a_1=3.80$ m., $a=2.80$ m., $P_1=1.80$ ton, $P=2.40$ ton, $h=3.00$ m., $L=30.00$ m.)

2. MANSARD KAFES (1)

Bu kafes türü, örgü elemanları değişik uç sistem üzerinde incelenecektir. Bunun için mansard kafes (1-1), (1-2) ve (1-3) şeklinde isimlendirilecektir.

2.1. Mansard Kafes (1-1)

2.1.1. Aşıkların boyutlandırılması

Veriler:

Çatı kaplaması : İki kat eternit + İzocam

Makas açıklığı : 30.00 m.

Makas yüksekliği : 3.00 m. (L/10)

Makas aralığı (aşık açıklığı) : 6.00 m.

Aşık aralıkları : 1400 mm.

Aşık sistemi : İki açıklıkta sürekli ve ortadan gergili. Aşıklar I profilinden seçilecektir.

$q = 164 \text{ kg/m.}$ eğim : % 13,4

Momentler ve kesitler :

$$M_x = k_x \cdot q_x \cdot L^2, \quad M_y = k_y' \cdot q_y \cdot L^2$$

$$q_x = q \cdot \cos\alpha \approx q, \quad q_y = q \cdot \sin\alpha \approx q \cdot \text{tg}\alpha$$

$$k_x = 0.09091, \quad k_y' = 0.00341 \text{ (Y. Odabaşı)}$$

$$M_x = 0.09091 \times 164 \times (6.00)^2 = 537.0 \text{ kgm.}$$

$$M_y = 0.00341 \times 164 \times (6.00)^2 = 20.0 \text{ kgm.}$$

$$W_x = \frac{M_x + 8 \cdot M_y}{\sigma_{em}} = \frac{53700 + 8 \times 2000}{1400} = 49.8 \text{ cm}^3$$

seçilen kesit : I₁₂₀ → $W_x = 54.7 \text{ cm}^3, W_y = 7.41 \text{ cm}^3$

$$J_x = 328 \text{ cm}^4, \quad J_y = 21.5 \text{ cm}^4$$

$$\sigma = \frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_y} = \frac{53700}{54.7} + \frac{2000}{7.41} = 1252 \text{ kg/cm}^2 < 1400 \text{ kg/cm}^2$$


$$\text{Sehim kontrolu : } f = 2.48 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{164 \cdot (6.00)^4}{328} = 1.61 \text{ cm.} < \frac{L}{300} = 2.0 \text{ cm.}$$

Seçilen kesit uygundur.

$$I_{120} \rightarrow G = 11.1 \text{ kg/m.}$$

2.1.2. Tüm elemanların çift korniyerden seçilmesi halinde gerilme kontrolleri ve burkulma tahkikleri

Alt başlıkta; $N_{\max} = 28.10 \text{ ton.}$ (Çekme)

Seçilen kesit :  $F = 20.2 \text{ cm}^2$

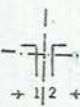
$$\sigma = \frac{28100}{20.2} = 1391 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_{em} = 1400 \text{ kg/cm}^2$$

Seçilen kesit uygundur. $G = 15.88 \text{ kg/m.}$

- Üst başlıkta eğilmeli burkulma :

$N_{\max} = 29.10 \text{ ton}$ (Basınç)

$M_{\max} = 0.84 \text{ tm.}$ (İki düğüm arasında aşık vardır)

Seçilen kesit :  $F = 50.8 \text{ cm}^2$

$i_x = 3.66 \text{ cm,}$ $S_{kx} = 282 \text{ cm.}$ (T.S. 648)

$$\lambda_x = \frac{282}{3.66} = 77$$

$$I_y = 2 \times [341 + 25.4 \times (0.6 + 3.36)^2] = 1479 \text{ cm}^4$$

$$\dot{I}_y = \sqrt{\frac{I_y}{F}} = \sqrt{\frac{1479}{50.8}} = 5.40 \text{ cm.}, \quad S_{ky} = \frac{282}{2} = 141 \text{ cm.}$$

$$\dot{I}_{1\min} = 2.35 \text{ cm.}, \quad S_1 = 50 \cdot \dot{I}_{\min} = 117 \quad \lambda_1 = 50$$

$$\text{veya } S_1 = \frac{S_{kx}}{3} = \frac{282}{3} = 94$$

$$\lambda_1 = \frac{94}{2.35} = 40$$

$$\lambda_y = \frac{141}{5.40} = 27$$

$$\text{alınır. (T.S. 648)} \quad \lambda_{yi} = \sqrt{(27)^2 + (40)^2} = 49$$

$$\lambda_{\max} = \left(\frac{\lambda_x}{\lambda_{yi}} \right) = \lambda_x = 77 \quad \omega_{\max} = 1.57$$

Moment ve aksenal kuvvet etkisinde eğilmeli burkulma;

$$W_{b1} = 2 \cdot \frac{J}{e} = 2 \times \frac{341}{3.36} = 203 \text{ cm}^3$$

$$\sigma_{b1} = \omega_{\max} \cdot \frac{N_{\max}}{F} + 0.90 \cdot \frac{M_{\max}}{W_b} \quad (\text{H. Deren})$$

$$\sigma_{b1} = 1.57 \times \frac{29100}{50.8} + 0.90 \cdot \frac{0.84 \times 10^5}{203} = 1272 \text{ kg/cm}^2 < 1400 \text{ kg/cm}^2$$

$$W_{b2} = 2 \times \frac{J}{e_{\max}} = 2 \times \frac{341}{8.64} = 79 \text{ cm}^3$$

$$\sigma_{b2} = \omega_{\max} \cdot \frac{N_{\max}}{F} + \frac{300 + 2 \times \lambda_{\max}}{1000} \times \frac{M_{\max}}{W_{b2}} \quad (\text{H. Deren})$$

$$\sigma_{b_2} = 1.57 \times \frac{29100}{50.8} + \frac{300 + 2 \times 77}{1000} \cdot \frac{0.84 \cdot 10^5}{79}$$

$$\sigma_{b_2} = 1382 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_{em} = 1400 \text{ kg/cm}^2$$

Seçilen kesit $\Uparrow \Uparrow 120 \times 120 \times 11$ uygundur.

$$G = 39.8 \text{ kg/m.}$$

- Diyagonal elemanlarda burkulma tahkiki :

1 ve 27 nolu elemanlarda;

$$N_{\max} = 21.0 \text{ ton (Basınc)}, \quad M_{\max} = 0.84 \text{ tm.}$$

$$\text{Seçilen kesit : } \Uparrow \Uparrow 130 \times 130 \times 12 : \quad F = 60.0 \text{ cm}^2$$

$$i_x = 3.97 \text{ cm.} \quad S_{kx} = 410 \text{ cm.} \quad (\text{T.S. 648})$$

$$\lambda_x = \frac{410}{3.97} = 104, \quad I_y = 2x [472 + 30.0 \times (0.6 + 3.64)^2] = 2023 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 2023 \text{ cm}^4, \quad i_y = \sqrt{\frac{2023}{60.0}} = 5.81 \text{ cm.}$$

$$S_{ky} = \frac{410}{2} = 205 \text{ cm.} \quad \lambda_y = \frac{205}{5.81} = 36, \quad i_{1 \min} = 1.45 \text{ cm.}$$

$$S_1 = \frac{S_{kx}}{3} = \frac{410}{3} = 137 \text{ cm.} \quad \frac{S_1}{i_{1 \min}} < \frac{1}{2} \lambda_x \text{ olmalıdır. (H. Deren)}$$

$$\frac{S_1}{i_{1 \min}} = \frac{137}{1.45} = 94.5 > \frac{\lambda_x}{2} = \frac{104}{2} = 52 \text{ Buradan } \frac{S_1}{i_{1 \min}} = 52 \text{ alınmalıdır.}$$

$$\lambda_{yi} = \sqrt{(36)^2 + (52)^2} = 64 \quad (\text{T.S. 648})$$

$$\lambda_{\max} = \left(\frac{\lambda_x}{\lambda_{yi}} \right) = \lambda_x = 104 + \omega_{\max} = 2.05$$

- Moment ve aksenal kuvvet etkisinde eğilmeli burkulma;

$$W_{b1} = 2 \times \frac{472}{3.64} = 259 \text{ cm}^3$$

$$\sigma_{b1} = 2.05 \times \frac{21000}{60.0} + 0.90 \times \frac{0.84 \cdot 10^5}{259} = 1009 \text{ kg/cm}^2 < 1400$$

$$W_{b2} = W_{\min} = 100.8 \text{ cm}^3$$

$$\sigma_{b2} = 2.05 \times \frac{21000}{60.0} + \frac{300 + 2 \times 104}{1000} \times \frac{0.84 \cdot 10^5}{100.8}$$

$$\sigma_{b2} = 1141 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_{em} = 1400 \text{ kg/cm}^2$$

Seçilen kesit uygundur. $G = 47.2 \text{ kg/m}$.

7 ve 21 nolu diyagonaller :

$$N_{\max} = 5.50 \text{ ton (Basınç)}$$

$$\text{Seçilen kesit : } \begin{array}{c} \square \\ + \quad + \\ \square \end{array} 75 \times 75 \times 7 \quad F = 20.2 \text{ cm}^2$$

$$i_x = 2.28 \text{ cm}, \quad S_{kx} = 359 \text{ cm}, \quad \lambda_x = \frac{359}{2.28} = 158$$

$$I_y = 2 \times [52.4 + 10.1 \times (0.4 + 2.09)^2] = 230 \text{ cm}^4$$

$$i_y = \sqrt{\frac{230}{20.2}} = 3.37 \text{ cm}, \quad S_{ky} = 359 \text{ cm}$$

$$\lambda_y = \frac{359}{3.37} = 107, \quad i_{1\min} = 1.45 \text{ cm}, \quad \frac{S_1}{i_{1\min}} < \frac{\lambda_x}{2} \quad (\text{H. Deren})$$

$$S_1 = \frac{S_{kx}}{3} = \frac{359}{3} = 119.7 \text{ cm}, \quad \frac{S_1}{i_{1\min}} = \frac{119.7}{1.45} = 82.53 > \frac{158}{2} = 79$$

$\lambda_1 = 79$ alınacaktır.

$$\lambda_{yi} = \sqrt{\lambda_y^2 + \frac{m}{2} + \lambda_1^2} = \sqrt{(107)^2 + \frac{2}{2} \cdot (79)^2} = 133$$

$$\lambda_{\max} = \left(\frac{\lambda_x}{\lambda_{yi}} \right) = \lambda_x = 158 + \omega_{\max} = 4.34$$

$$\sigma = 4.34 \times \frac{5500}{20.2} = 1182 \text{ kg/cm}^2 < 1400 \text{ kg/cm}^2$$

Seçilen kesit uygundur. $G = 15.88 \text{ kg/m}$.

3, 9, 13, 15, 19, 25 nolu diyagonallerde tahkik;

$$N_{\max} = 9.54 \text{ ton (Çekme)}$$

$$\text{Seçilen kesit : } \quad \text{I} \text{I} \text{ 45 x 45 x 5} \quad F = 8.60 \text{ cm}^2$$

$$\sigma = \frac{9540}{8.60} = 1109 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_{em} = 1400 \text{ kg/cm}^2$$

Seçilen kesit uygundur. $G = 6.76 \text{ kg/m}$.

- Dikmelerde burkulma tahkiki :

$$N_{\max} = 2.40 \text{ ton (Basınç)}$$

$$\text{Seçilen kesit : } \quad \text{I} \text{I} \text{ 50 x 50 x 5} \quad F = 9.60 \text{ cm}^2$$

$$i_x = 1.51 \text{ cm.} \quad S_{kx} = 263 \text{ cm.} \quad \lambda_x = \frac{263}{1.51} = 175$$

$$I_y = 2 \times [11.0 + 4.8(0.3 + 1.40)^2] = 50.0 \text{ cm}^4$$

$$\dot{i}_y = \sqrt{\frac{50.0}{9.60}} = 2.28 \text{ cm.} \quad S_{ky} = 263 \text{ cm. (T.S. 648)}$$

$$\lambda_y = \frac{263}{2.28} = 11.6, \quad \dot{i}_{1\min} = 0.98 \text{ cm.} \quad S_1 = \frac{S_{kx}}{3} = \frac{263}{3} = 87.7 \text{ cm.}$$

$$\frac{S_1}{\dot{i}_{1\min}} = \frac{87.7}{0.98} = 89.5 > \frac{\lambda_x}{2} = \frac{175}{2} = 87.5 \rightarrow \lambda_1 = 87.5$$

$$\lambda_{yi} = \sqrt{(116)^2 + (87.5)^2} = 146$$

$$\lambda_{\max} = \lambda_x = 175 \rightarrow \omega_{\max} = 5.32$$

$$\sigma = 5.32 \times \frac{2400}{9.60} = 1330 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_{em} = 1400 \text{ kg/cm}^2$$

$$G = 7.54 \text{ kg/m.}$$

2.1.3. Tüm elemanlarda çift korniyer kullanılması halinde makas ağırlığı

Eleman	Profil	Toplam ağırlık (kg)
Aşıklar	: I ₁₂₀	11.1x6x24=1598.0
Alt başlık	: Γ 75x75x75	15.88x30.0=476.0
Üst başlık	: Γ 120x120x11	39.8x22.6= 899.0
1 ve 27 nolu	: Γ 130x130x12	47.2x2x4.10=387.0
Diyagonaller		
7 ve 21 nolu	: Γ 75x75x7	15.88x2x3.59=114.0
(3,9,13,15,19,25):	Γ 45x45x5	6.76x2x(3.18+3.59+4.10)=147
Dikmeler	: Γ 50x50x5	7.54x2x(1.88+2.63)=68.0
		Toplam : 3689 kg

2.1.4. Alt başlık ve üst başlıkta 2[profili, ara elemanlarda ise Çift korniyer kullanılması

Alt başlıkta; $N_{\max} = 28.10$ ton (Çekme)

Seçilen kesit :][80 $F = 22.0$ cm²

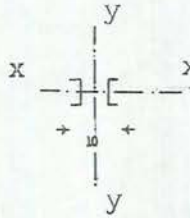
$$\sigma = \frac{28100}{22} = 1277 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_{em} = 1400 \text{ kg/cm}^2$$

Seçilen kesit uygundur. $G = 17.28$ kg/m.

- Üst başlıkta eğilmeli burkulma tahkiki :

$N_{\max} = 29.10$ ton, (Basınç)

$M_{\max} = 0.84$ tm.

Seçilen kesit :  $F = 84.6$ cm²

$$I_x = 9.22$$

$$S_{kx} = 282 \text{ cm.} , \quad \lambda_x = \frac{282}{9.22} = 31$$

$$I_y = 2 \times [248 + 42.3 \times (0.5 + 2.23)^2] = 1127 \text{ cm}^4$$

$$i_y = \sqrt{\frac{1127}{84.6}} = 3.65 \text{ cm.} , \quad S_{ky} = \frac{282}{2} = 141 \text{ cm.}$$

$$\lambda_y = \frac{141}{3.65} = 39, \quad \lambda_x < 100 \text{ olduğundan} \quad \lambda_1 = 50$$

$$\lambda_{yi} = \sqrt{(39)^2 + (50)^2} = 64$$

$$\lambda_{\max} = \lambda_{yi} = 64 \rightarrow \omega_{\max} = 1.40$$

$$W_y = \frac{1127}{(0.5+8.5)} = 125 \text{ cm}^3$$

$$\sigma = 1.40 \times \frac{29100}{84.6} + 0.9 \cdot \frac{0.84 \cdot 10^5}{125} = 1086 \text{ kg/cm}^2 < 1400$$

1 ve 27 nolu diyagonallerde burkulma kontrolu :

$$N_{\max} = 21.0 \text{ ton (Basınç)} , \quad M_{\max} = 0.84 \text{ tm.}$$

$$\text{Seçilen kesit : }] [240 , \quad \dot{I}_x = 9.22 \text{ cm.}$$

$$S_{KX} = 410 \text{ cm.} \quad \lambda_x = \frac{410}{9.22} = 45$$

$$S_{Ky} = \frac{410}{2} = 205 \text{ cm.} \quad \dot{I}_y = 3.65 \text{ cm.}$$

$$\lambda_{yi} = \sqrt{(57)^2 + (50)^2} = 76$$

$$\lambda_{\max} = \lambda_{yi} = 76 \rightarrow \omega_{\max} = 1.55$$

$$\sigma = 1.55 \times \frac{21000}{84.6} + 0.90 \cdot \frac{0.84 \cdot 10^5}{125} = 990 \text{ kg/cm}^2 < 1400$$

Seçilen kesit uygundur. $G = 66.4 \text{ kg/m.}$

2.1.5. Alt başlık ve üst başlıkta 2[profili kullanılması halinde makas ağırlığı

Elemân	Profil	Toplam ağırlık (kg)
Aşıklar	: I ₁₂₀	11.1x6x24=1598.0
Alt başlık	:] [80	17.28x30=518.0
Üst başlık	:] [240	66.4x30.8 = 2045.0
Diyagonaller		
(7 ve 21 nolu)	:] [75x75x7	15.88x3.59x2=114.0
(3,9,13,15,19,25):	] [45x45x5	6.76x2x(3.18+3.59+4.10) = 1470.0
Dikmeler	:] [50x50x5	$\frac{7.54x2x(1.88+2.63)}{\text{Toplam}} = \frac{68.0}{4490.0 \text{ kg}}$

2.1.6. Alt başlık ve üst başlıkta T($\frac{1}{2}$ I) profili, ara elemanlarda ise Çift korniyer kullanılması

Alt başlıkta, $N_{\max} = 28.10$ ton (Çekme)

Seçilen kesit : T₁₂₀ ($\frac{1}{2}$ I₂₄₀) $F = 23.0 \text{ cm}^2$

$$\sigma = \frac{28100}{23.0} = 1222 \text{ kg/cm}^2 < 1400 \text{ kg/cm}^2$$

Seçilen kesit uygundur. $G = 18.1 \text{ kg/m}$.

- Üst başlıkta eğilmeli burkulma tahkiki :

$N_{\max} = 29.10$ ton (Basınç), $M_{\max} = 0.84 \text{ tm}$.

Seçilen kesit : T₁₇₀ ($\frac{1}{2}$ I₃₄₀) , $F = 43.3 \text{ cm}^2$

$$i_x = 5.10 \text{ cm} , \quad S_{KX} = 282 \text{ cm}^3 , \quad \lambda_x = \frac{282}{5.10} = 56$$

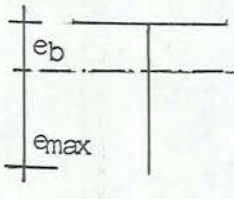
$$\dot{I}_y = \dot{I}_{1\min} = 2.80 \text{ cm.} \quad S_{ky} = \frac{282}{2} = 141 \text{ cm.}$$

$$\lambda_y = \frac{141}{2.80} = 51$$

$$\lambda_{\max} = \lambda_x = 56 \rightarrow \omega_{\max} = 1.32$$

-Moment ve aksenal kuvvet etkisinde eğilmeli burkulma

$$W_{b1} = \frac{J_x}{e_b} = \frac{1130}{4.56} = 248 \text{ cm}^3 \text{ (H. Deren)}$$



$$\sigma_{b1} = 1.32 \times \frac{29100}{43.3} + 0.90 \times \frac{0.84}{248}$$

$$\sigma_{b1} = 1192 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_{em} = 1400 \text{ kg/cm}^2$$

$$W_G = \frac{j_x}{e_{\max}} = \frac{1130}{12.44} = 91.0$$

$$\sigma_{b2} = 1.32 \times \frac{29100}{43.3} + \frac{300+2 \times 56}{1000} \times \frac{0.84 \cdot 10^5}{91}$$

$$\sigma_{b2} = 1267 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_{em} = 1400 \text{ kg/cm}^2$$

Seçilen kesit uygundur. $G = 34.0 \text{ kg/m.}$

- 1 ve 27 nolu elemanlarda kontrol :

$$N_{\max} = 21.0 \text{ ton (Basınç)}, \quad M_{\max} = 0.84 \text{ tm.}$$

$$S_{kx} = 410 \text{ cm.} \quad \lambda_x = \frac{410}{5.10} = 81$$

$$S_{ky} = 205 \text{ cm.} \quad \lambda_y = \frac{205}{2.80} = 74$$

$$\lambda_{\max} = \lambda_x = 81 \rightarrow \omega_{\max} = 1.62$$

$$\sigma_{b_1} = 1.62 \times \frac{21000}{43.3} + 0.90 \cdot \frac{0.84 \cdot 10^5}{248} = 1091 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_c = 1.62 \times \frac{21000}{43.3} + \frac{300 + 2 \times 81}{1000} \cdot \frac{0.84 \cdot 10^5}{91.0} = 1212 \text{ kg/cm}^2$$

2.1.7. Alt başlık ve üst başlıkta T ($\frac{1}{2}$ I) profili kullanılması halinde makas ağırlığı

Eleman	Profil	Toplam ağırlık (kg)
Aşıklar	: I ₁₂₀	11.1x6x24=1598.0
Alt başlık	: T ₁₂₀ ($\frac{1}{2}$ I 240)	18.1x30=543.0
Üst başlık	: T ₁₇₀ ($\frac{1}{2}$ I 340)	34.0x30.7=1044.0
Diyagonaller		
7 ve 21 nolu	: Γ 75x75x7	15.88x2x3.59 = 114.0
(3,9,13,15,19,25):	Γ 45x45x5	6.76x2x(3.18+3.59+4.10)=147.0
Dikmeler	: Γ 50x50x5	7.54x2x(1.88+2.63)=68.0

Toplam : 3514.0 kg

Üç değişik profile göre boyutlandırılan bu Mansard Kafes (1-1), (Şekil: 2.1) hafiflik yönünden incelenmiştir. Bu sistemde; alt başlık ve üst başlıkta T ($\frac{1}{2}$ I) profili, ara elemanlarda ise çift korniyer kullanılması halinde diğer profillere göre daha hafif olduğu gözlenmiştir (Bölüm: 2.1.6.).

Değişik profillere göre çözümleri elde edilen bu kafese ait elemanların ağırlıkları ile toplam oranları Tablo- 2.1. de gösterilmiştir.

Bundan sonraki kafes türleri için böyle detaylı hesaplar yapılmayacaktır. Sadece kullanılan elemanlar, bu elemanların ağırlıkları ve toplam ağırlıklara oranları özet halinde verilecektir.

Kullanılan profiller	1 kg	2 kg	3 kg	4 kg	5 kg	6 kg	7 %	8 %	9 %	10 %
Tüm elemanlarda çift korniyer kullanılması	3689	1598	2091	476	1286	329	12.9	34.9	8.9	43.3
Alt başlık ve üst başlıkta 2[profili, ara elemanlarda çift korniyer kullanılması.	4490	1598	2892	518	2045	329	11.5	45.5	7.3	35.7
Alt başlık ve üst başlıkta T ($\frac{1}{2}$ I) profili, ara elemanlarda çift korniyer kullanılması	3514	1598	1916	543	1044	329	15.5	29.7	9.3	45.5

Tablo : 2.1. Mansard kafes kiriş (1-1) (Şekil: 2.1.)'e ait tablo

1 . Toplam ağırlık (kg)

2 . Aşık ağırlığı (kg)

3 . Aşık ağırlığı hariç toplam ağırlık (kg)

4 . Alt başlık ağırlığı (kg)

5 . Üst başlık ağırlığı (kg)

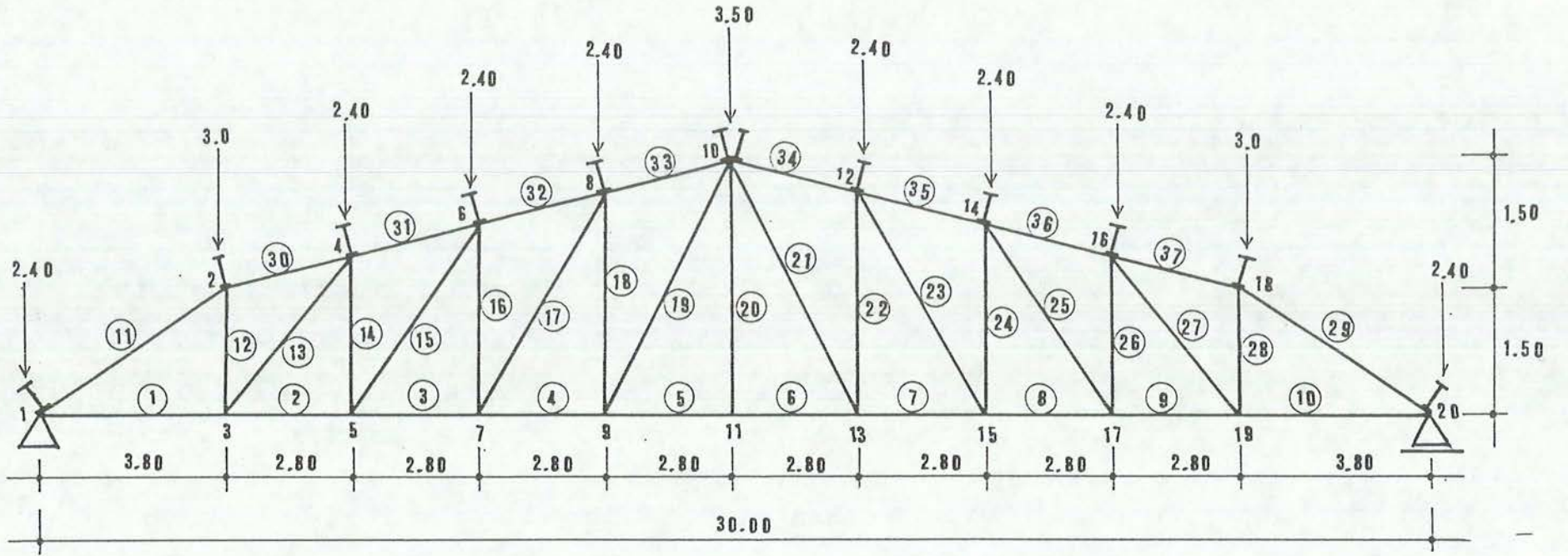
6 . Ara elemanların ağırlığı (kg)

7 . Alt başlık ağırlığının top.ağır.or.(%)

8 . Üst başlık ağırlığının top.ağır.or.(%)

9 . Ara eleman ağırlığının top.ağır.or.(%)

10 . Aşık ağırlığının top.ağır.oranı (%)



Şekil : 2.2. Mansard Kafes Kiriş (1-2)

2.2. Mansard Kafes (1-2)

2.2.1. Tüm elemanların çift korniyerden seçilmesi

Eleman	Profil	Toplam Ağırlık (kg)
Aşıklar	: I ₁₂₀	11.1x6x24=1598.0
Alt başlık	: Γ 90x90x9	24.4x30=732.0
Üst başlık	: Γ 130x130x12	47.2x(8.17+22.6)=1452.0
Diyagonaller (17,19,21,23)	: Γ 45x45x5	6.76x2x(3.82+4.10)=107.0
Diğer diyagonaller:	Γ 75x75x8	18.06x2x(3.37+3.59)=251
Dikmeler (18 ve 22)	Γ 55x55x6	9.9x2x2.60=5.10
Diğer dikmeler	: Γ 45x45x5	6.7x2x(1.5+1.88+2.24+3.0)=117.0
		Toplam = 4308.0 kg

2.2.2. Alt başlık ve üst başlıkta 2[profili, ara elemanlarda ise çift korniyer kullanılması

Eleman	Profil	Toplam Ağırlık (kg)
Aşıklar	: I ₁₂₀	11.1x6x24=1598.0
Alt başlık	:] [120	26.8x30=804.0
Üst başlık	:] [220	58.8x(8.17+22.6)=1809.0
diyagonaller (17,19,21,23)	: Γ 45x45x5	6.76x2x(3.82+4.10)=107.0
Diğer diyagonaller:	Γ 75x75x8	18.06x2x(3.37+3.59)=251.0
Dikmelerde (18 ve 22)	: Γ 55x55x6	9.9x2x2.60=51.0
Diğer dikmelerde	: Γ 45x45x5	6.76x2x(1.50+1.88+2.24+3.0)
		Toplam = 4737.0 kg

2.2.3. Alt başlık ve üst başlıkta $T(\frac{1}{2} I)$ profili, ara elemanlarda ise çift korniyer kullanılması

Eleman	Profil	Toplam Ağırlık (kg)
Aşıklar	: I ₁₂₀	11.1x6x24=1598.0
Alt başlık	: T ₁₄₀ ($\frac{1}{2} I$ 280)	23.9x30=717.0
Üst başlık	: T ₁₈₀ ($\frac{1}{2} I$ 360)	38.1x(8.17+22.6)=1172.0
Diyagonaller (17,19,21,23)	: Γ 75x75x8	18.06x2x(3.37+3.59)=251.0
Dikmeler (18 ve 22):	Γ 55x55x6	9.9x2x2.60=51.0
Diğer dikmeler	: Γ 45x45x5	6.7x2x(1.50+1.88+2.24+3.0)=117.0
		Toplam = 4013.0 kg.

Tüm gerilme kontrolleri ve burkulma tahkikleri Bölüm 2.1. de yapılan hesapların benzeridir.

Üç değişik profile göre yapılan Mansard Kafes (1-2) sistemi hafiflik bakımından incelenmiştir. Bu sistem; Alt başlık ve Üst başlıkta $T(\frac{1}{2} I)$ profili, ara elemanlarda ise çift korniyer kullanılması halinde diğer profillere göre daha ekonomik olduğu gözlenmiştir.

Değişik profillere göre boyutlandırılan bu sisteme ait elemanların ağırlıkları ve toplam ağırlığa oranları Tablo- 2.2. de verilmiştir.

Kullanılan profiller	1 kg	2 kg	3 kg	4 kg	5 kg	6 kg	7 %	8 %	9 %	10 %
Tüm elemanlarda çift korniyer kullanılması	4308	1598	2710	732	1452	526	17.0	33.7	12.2	37.1
Alt başlık ve üst başlıkta 2[profili, ara elemanlarda çift korniyer kullanılması	4737	1598	3139	804	1809	526	17.0	38.2	11.1	33.7
Alt başlık ve üst başlıkta T ($\frac{1}{2}$ I) profili, ara elemanlarda çift korniyer kullanılması	4013	1598	2415	217	1172	526	17.9	29.2	13.1	39.8

Tablo- 2.2 : Mansard Kafes giriş (1-2) (Şekil: 2.2.)'e ait tablo.

1 . Toplam ağırlık (kg)

2 . Aşık ağırlığı (kg)

3 . Aşık ağırlığı hariç toplam ağırlık (kg)

4 . Alt başlık ağırlığı (kg)

5 . Üst başlık ağırlığı (kg)

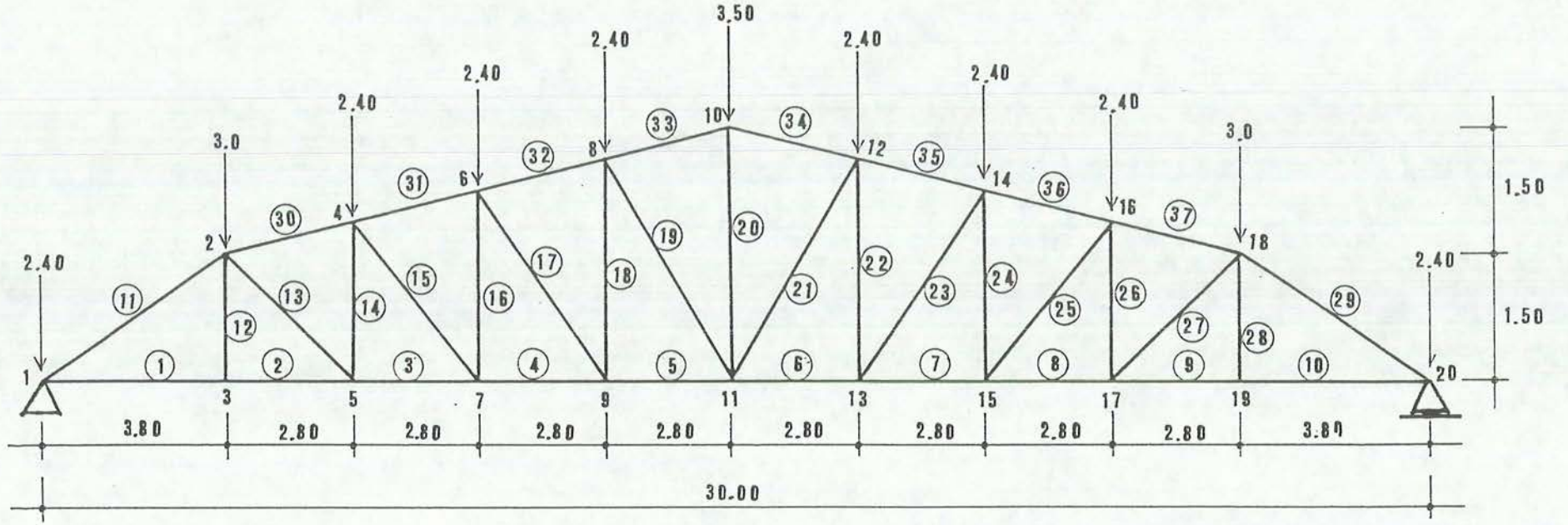
6 . Ara elemanların ağırlığı (kg)

7 . Alt başlık ağırlığının top. ağır.or. (%)

8 . Üst başlık ağırlığının top. ağır.or. (%)

9 . Ara eleman ağırlığının top. ağır.or. (%)

10 . Aşık ağırlığının top. ağır. or. (%)



Şekil: 2.3. Mansard Kafes Kiriş (1-3)

2.3. Mansard Kafes (1-3)

2.3.1. Tüm elemanların çift korniyerden seçilmesi

Eleman	Profil	Toplam Ağırlık (kg)
Aşıklar	: I ₁₂₀	11.1x6x24=1598.0
Alt başlık	:] [90x90x9	24.4x30=732.0
Üst başlık	:] [130x130x12	47.2x(8.17+22.6)=1452.0
Diyagonaller		
(19 ve 21)	:] [75x75x7	15.88x2x3.82=121.0
(13,15,17,23,25,27)	:] [45x45x5	6.76x2x(3.18+3.37+3.59)=137.0
Dikmeler	:] [50x50x5	7.54x[2x(1.50+1.88+2.24+2.60)+3.0]
		=147.0
		Toplam = 4187.0 kg.

2.3.2. Alt başlık ve üst başlıkta] [profili, ara elemanlarda ise çift korniyer kullanılması

Eleman	Profil	Toplam Ağırlık (kg)
Aşıklar	: I ₁₂₀	11.1x6x24=1598.0
Alt başlık	:] [120	26.8x30=804.0
Üst başlık	:] [220	58.8x(8.17+22.6)=1809.0
Diyagonaller		
(19 ve 21)	:] [75x75x7	15.88x2x3.82=121.0
(13,15,17,23,25,27)	:] [45x45x5	6.76x2x(3.18+3.37+3.59)=137
Dikmeler	:] [50x50x5	7.54x[2x(1.50+1.88+2.24+2.60)+3.0]
		=147.0
		Toplam = 4616.0 kg.

2.3.3. Alt başlık ve üst başlıkta $T(\frac{1}{2} I)$ profili, ara elemanlarda çift korniyer kullanılması

Eleman	Profil	Toplam Ağırlık (kg)
Aşıklar	: I ₁₂₀	11.1x6x24=1598.0
Alt başlık	: T ₁₄₀ ($\frac{1}{2}$ I 280)	23.9x30=717.0
Üst başlık	: T ₁₈₀ ($\frac{1}{2}$ I 260)	38.1x(8.17+22.6)=1172
Diyagonaller		
(19 ve 21)	: $\angle 75x75x7$	15.88x2x3.82=121.0
(13,15,17,23,25,27)	: $\angle 45x45x5$	6.7x2x(3.18+3.37+3.59)=137.0
Dikmeler	: $\angle 50x50x5$	7.54x[2x(1.50+1.88+2.24+2.60)+3.0]
		= 147
		Toplam = 3892.0 kg

Tüm gerilme kontrolleri ve burkulma tahkikleri Bölüm 2.1. de yapılan hesapların benzeridir.

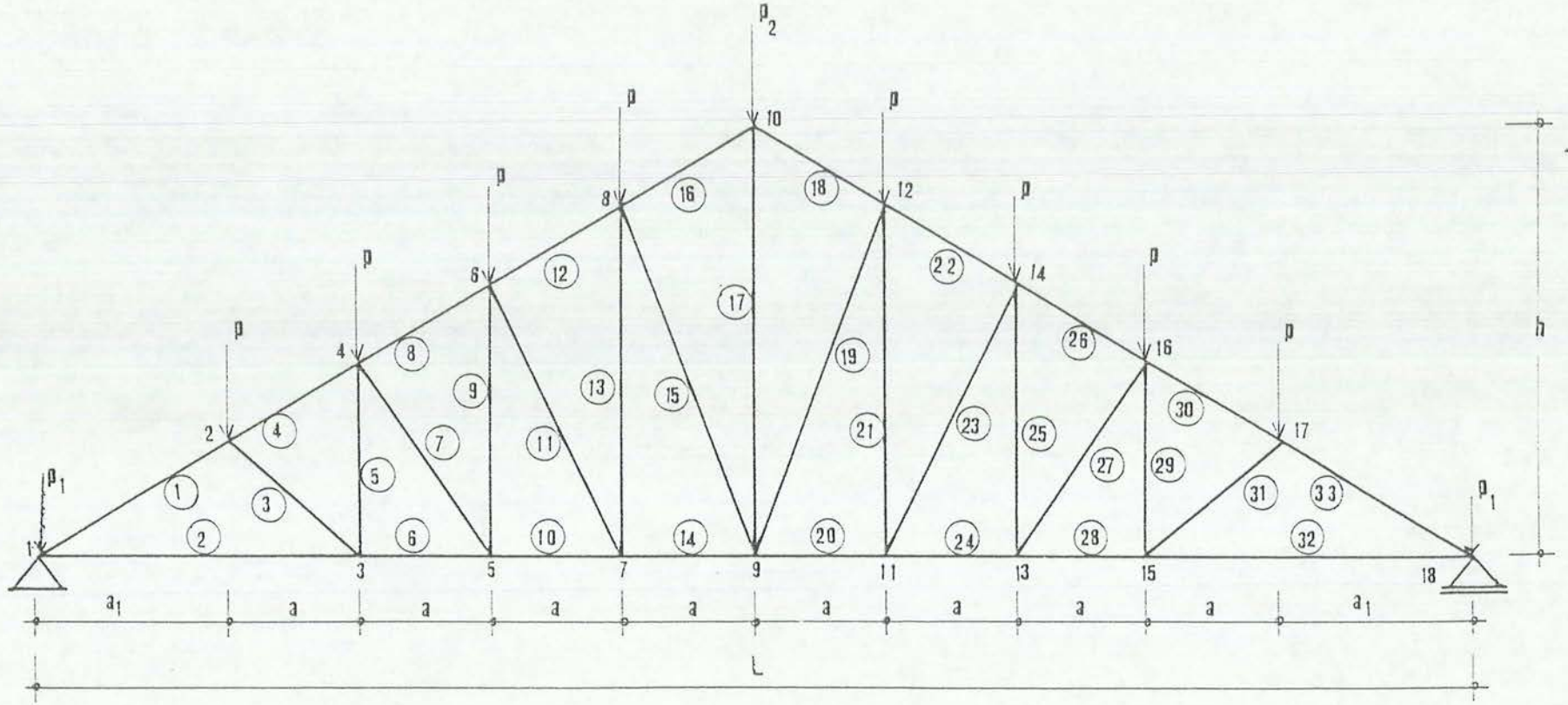
Değişik profillere göre boyutlandırılan Mansard Kafes (1-3) sistemi ekonomik bakımdan incelenmiştir. Bu sistem (Şekil-2.3.) alt başlık ve üst başlıkta $T(\frac{1}{2} I)$ profili, ara elemanlarda ise çift korniyer kullanılması halinde daha hafif olduğu gözlenmiştir. Üç değişik profile göre çözülen bu sisteme ait eleman ağırlıkları ve toplam ağırlığa oranları Tablo- 2.3'te verilmiştir.

Yapılan üç değişik Mansard Kafes sistemleri (1-1, 1-2, 1-3) arasında hafiflik bakımından karşılaştırma yapıldığında Bölüm 2.1. de çözülmü yapılan Mansard Kafes (1-1) sisteminin daha hafif olduğu gözlenmiştir.

Kullanılan profiller	1 kg	2 kg	3 kg	4 kg	5 kg	6 kg	7 %	8 %	9 %	10 %
Tüm elemanlar çift korniyerden seçilmesi	4187	1598	2589	732	1452	405	17.5	34.7	9.7	38.1
Alt başlık ve üst başlık profilinden ara elemanların çift korniyerden seçilmesi	4616	1598	3018	804	1809	405	17.4	39.2	8.8	34.6
Alt başlık ve üst başlığın T ($\frac{1}{2}$ I) profilinden, ara elemanların çift korniyerden seçilmesi	3892	1598	2294	717	1172	405	18.4	30.1	10.4	41.0

Tablo- 2.3 : Mansard kafes giriş (1-3) (Şekil: 2.3)'e ait tablo.

- | | |
|---------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| 1 . Toplam ağırlık (kg) | 6 . Ara elemanların ağırlığı (kg) |
| 2 . Aşıkların ağırlığı (kg) | 7 . Alt başlık ağırlığının top.ağır.oranı (%) |
| 3 . Aşık ağırlığı hariç toplam ağırlık (kg) | 8 . Üst başlık ağırlığının top.ağır.oranı (%) |
| 4 . Alt başlık (kg) | 9 . Ara eleman ağırlığının top.ağır.oranı (%) |
| 5 . Üst başlık ağırlığı (kg) | 10 . aşık ağırlığının Top. ağır.oranı (%) |



Şekil : 3.1. Üçgen Kafes Kiriş. (1)

($a_1=3.80$ m., $a=2.80$ m., $P_1=1.80$ ton, $P_2=3.50$ ton, $P=2.40$ ton, $h=3.00$ m., $L=30.00$ m.)

3. ÜÇGEN KAFES

Bu kafes türü, örgü elemanları değişik iki sistem üzerinde incelenecektir. Bunun için üçgen kafes (1) ve (2) şeklinde isimlendirilecektir.

3.1. Üçgen Kafes (1)

3.1.1. Tüm elemanların çift korniyerden seçilmesi

Eleman	Profil	Toplam Ağırlık (kg)
Aşıklar	: I ₁₂₀	11.1x6x22=1465.0
Alt başlık	: Γ 110x110x10	33.2x30=996.0
Üst başlık	: Γ 150x150x16	71.8x30.6=2197
Diyagonaller	: Γ 80x80x8	19.2x2x(2.90+3.10+3.37+3.71)
Dikmeler	: Γ 45x45x5	6.76x2x(1.32+1.88+2.44+3.0)=117.0

Toplam = 5277 kg.

3.1.2. Alt başlık ve üst başlıkta 2[profili, ara elemanlarda ise çift korniyer kullanılması

Eleman	Profil	Toplam Ağırlık (kg)
Aşıklar	: I ₁₂₀	11.1x6x22=1465.0
Alt başlık	:] [140	32.0x30=960.0
Üst başlık	:] [300	92.4x30.6=2827.0
Diyagonaller	: Γ 80x80x8	19.2x2x(2.90+3.10+3.37+3.71)=502.0
Dikmeler	: Γ 45x45x5	6.76x2x(1.32+1.88+2.44+3.0)=117.0

Toplam = 5871.0 kg.

3.1.3. Alt başlık ve üst başlığın T profilinden, ara elemanların ise çift korniyerden seçilmesi

<u>Eleman</u>	<u>Profil</u>	<u>Toplam Ağırlık (kg)</u>
Aşıklar	: I ₁₂₀	11.1x6x22=1465.0
Alt başlık	: T ₁₇₀ (I ₃₄₀)	34.0x30=1020.0
Üst başlık	: T ₂₂₅ (I ₄₅₀)	57.6x30.6=1763
Diyagonaller	: Γ 80x80x8	19.2x2x(2.90+3.10+3.37+3.71)=502.0
Dikmeler	: Γ 45x45x5	6.76x2x(1.32+1.88+2.44+3.0)=117.0
		<u>Toplam = 4867.0 kg</u>

Tüm gerilme kontrolleri ve burkulma tahkikleri bölüm 2.1 de yapılanların benzeridir.

Üç değişik profile göre çözülen bu üçgen kafes (1) sistemi; alt başlık ve üst başlıkta T ($\frac{1}{2}$ I) profili, ara elemanlarda ise çift korniyer kullanılması halinde daha hafif olduğu görülmektedir.

Değişik profillere göre toplam ağırlıkları ile eleman ağırlıklarının toplam ağırlığa oranları Tablo- 3.1'de verilmiştir.

kullanılan profiller	1 kg	2 kg	3 kg	4 kg	5 kg	6 kg	7 %	8 %	9 %	10 %
Tüm elemanlar çift korniyerden seçilmesi	5277	1465	3812	996	2197	619	18.9	41.6	11.7	27.8
Alt başlık ve üst başlık 2[profili, ara elemanlar çift korniyer seçilmesi	5871	1465	4406	960	2827	619	16.3	48.2	10.5	25.0
Alt başlık ve üst başlık T($\frac{1}{2}$ -I) profili ara elemanlar çift korniyer seçilmesi	4867	1465	3402	1020	1763	619	21.0	36.2	12.7	30.1

Tablo- 3.1 : Üçgen kafes sistem (1) (Şekil- 5.1.)'e ait tablo.

1 . Toplam ağırlık (kg)

2 . Aşık ağırlığı (kg)

3 . Aşık ağırlığı hariç toplam ağırlık (kg)

4 . Alt başlık ağırlığı (kg)

5 . Üst başlık ağırlığı (kg)

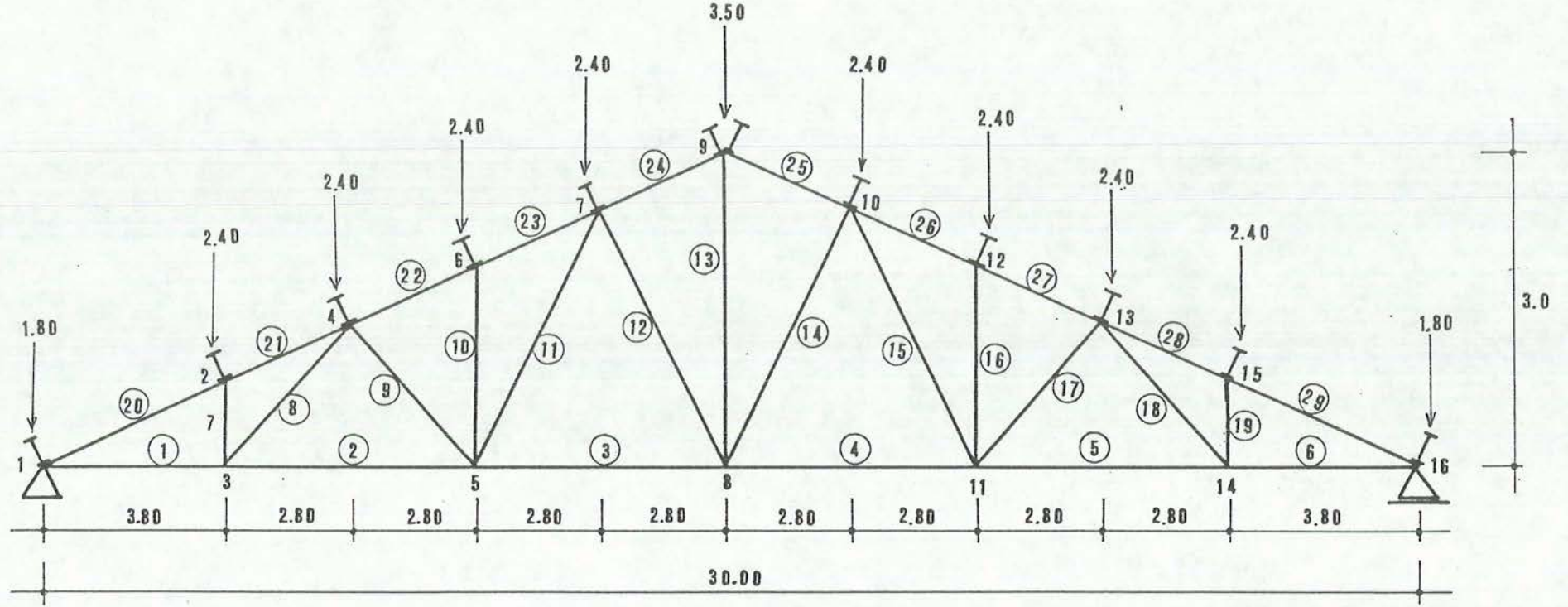
6 . Ara elemanların ağırlığı (kg)

7 . Alt başlık ağırlığının top.ağır. oranı (%)

8 . Üst başlık ağırlığının top.ağır. oranı (%)

9 . Ara elemanların ağırl. top.ağır. oranı (%)

10 . Aşık ağırlığının top. ağır. oranı (%)



Şekil :: 3.2. Üçgen Kafes Kiriş (2)

3.2. Üçgen Kafes (2)

3.2.1. Tüm elemanların çift korniyerden teşkil edilmesi

Eleman	Profil	Toplam Ağırlık (kg)
Aşıklar	: I ₁₂₀	11.1x6x22=1465
Alt başlık	: Γ 110x110x10	32.2x30.0=996.0
Üst başlık	: Γ 150x150x16	71.8x30.6=2197.0
Diyagonaller		
(9,12,14,17 nolu)	: Γ 80x80x8	19.32x2x(3.1+3.7)=263.0
(8,11,15,18 nolu)	: Γ 45x45x5	6.76x2x(3.1+3.71)=92.0
Dikmeler	: Γ 45x45x5	6.76x(0.76x2+1.88x2+3.0)=56.0
		Toplam = 5069 kg.

3.2.2. Alt başlık ve üst başlıkta 2[profili, ara elemanlarda çift korniyer kullanılması

Eleman	Profil	Toplam Ağırlık (kg)
Aşıklar	: I ₁₂₀	11.1x6x22=1465.0
Alt başlık	:] [140	32.0x30.0=960.0
Üst başlık	:] [300	92.4x30.6=2827.0
Diyagonaller		
(9,12,14,17 nolu)	: Γ 80x80x8	19.32x2x(3.1+3.71)=263.0
(8,11,15,18 nolu)	: Γ 45x45x5	6.76x2x(3.1+3.71)=92.0
Dikmeler	: Γ 45x45x5	6.76x(0.76x2+1.88x2+3.0)=56.0
		Toplam = 5663.0 kg.

3.2.3. Alt başlık ve üst başlıkta $T(\frac{1}{2} I)$ profilleri ara elemanlarda ise çift korniyer kullanılması

Eleman	Profil	Toplam Ağırlık (kg)
Aşıklar	: I ₁₂₀	11.1x6x22=1465.0
Alt başlık	: T ₁₇₀ ($\frac{1}{2}$ I ₃₄₀)	34.0x30.0=1020.0
Üst başlık	: T ₂₂₅ ($\frac{1}{2}$ I ₄₅₀)	57.6x30.6=1763.0
Diyagonaller		
(9,12,14,17 nolu)	: $\Gamma\Gamma$ 80x80x8	19.32x2x(3.1+3.71)=263.0
(8,11,15,18 nolu)	: $\Gamma\Gamma$ 45x45x5	6.76x2x(3.1+3.71)=92.0
Dikmeler	: $\Gamma\Gamma$ 45x45x5	6.76x(6.76x2+1.88x2+3.0)=56.0
		Toplam = 4659.0 kg.

Tüm gerilme kontrolleri ve burkulma tahkikleri bölüm- 2.1. de yapılanların benzeridir.

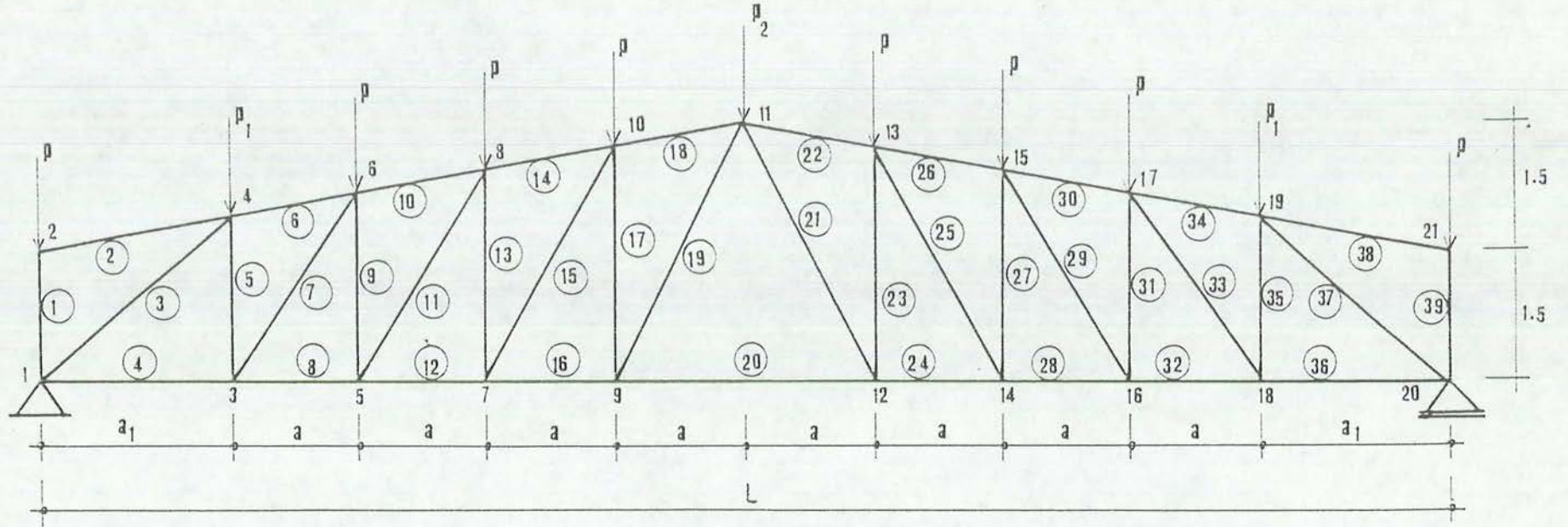
Üç değişik profile göre çözülen bu üçgen kafes (2) sistemi; alt başlık ve üst başlıkta $T(\frac{1}{2} I)$ profili, ara elemanlarda ise çift korniyer kullanılması halinde daha hafif olduğu görülmektedir (Bölüm- 3.2.3.). Profillere göre toplam ağırlıklar ve elemanların ağırlıklarının toplam ağırlığa oranları tablo- 3.2. de verilmiştir.

Seçilen iki değişik üçgen sistemlerinden en hafifi bölüm- 3.2.3 te çözümü elde edilen ve şekil- 3.2. de gösterilen sistemdir.

Kullanılan profiller	1 kg	2 kg	3 kg	4 kg	5 kg	6 kg	7 %	8 %	9 %	10 %
Tüm elemanlar çift korniyer olarak seçilmesi	5069	1465	3604	996	2197	411	19.6	43.3	8.1	29.0
Alt başlık ve üst başlık 2[profi- linden, ara eleman- lar çift korniyer olarak seçilmesi	5663	1465	4198	960	2827	411	17.0	50.0	7.3	25.8
Alt başlık ve üst başlık T($\frac{1}{2}$ I) profilinden, ara elemanlar çift korniyer olarak seçilmesi	4659	1465	3194	1020	1763	411	22.0	37.8	8.8	31.4

Tablo- 3.2. Üçgen kafes (2) sistemi (Şekil- 3.2.) ne ait tablo.

- | | |
|---------------------------------------------|------------------------------------------------|
| 1 . Toplam ağırlık (kg) | 6 . Ara elemanların ağırlığı (kg) |
| 2 . Aşık ağırlığı (kg) | 7 . Alt başlık ağırlığının top.ağır.oranı (%) |
| 3 . Aşık ağırlığı hariç toplam ağırlık (kg) | 8 . Üst başlık ağırlığının top.ağır.oranı (%) |
| 4 . Alt başlık ağırlığı (kg) | 9 . Ara elemanların ağır. top. ağır. oranı (%) |
| 5 . Üst başlık ağırlığı (kg) | 10 . Aşık ağırlığının top. ağır. oranı (%) |



Şekil : 4.1. Trapez Kafes Kiriş (1).

($a_1=3.80$ m., $a=2.80$ m., $P=2.40$ ton, $P_1=3.0$ ton, $P_2=3.50$ ton, $L=30.00$ m.)

4. TRAPEZ KAFES

Bu kafes türü, örgü elemanları değişik uç sistem üzerinde incelenecektir. Bunun için Trapez Kafes (1), (2) ve (3) şeklinde isimlendirilecektir.

4.1. Trapez Kafes (1)

4.1.1. Tüm elemanlarda çift korniyer kullanılması

<u>Eleman</u>	<u>Profil</u>	<u>Toplam Ağırlık (kg)</u>
Aşıklar	: I ₁₂₀	11.1x6x22=1465.0
Alt başlık	: Γ 75x75x8	18.06x30=542.0
Üst başlık	: Γ 120x120x11	39.8x30.15=1200.0
Diyagonaller		
(3,7,33,39)	: Γ 100x100x10	30.2x2x(4.24+3.54)=470.0
(11,15,19,21,25,27)	: Γ 75x75x7	15.88x2x(3.71+3.90+4.10)=372
Dikmeler	: Γ 45x45x5	6.76x2x(1.5+1.88+2.16+2.44+2.72)
		=145.0

Toplam = 4194 kg.

4.1.2. Üst başlık ve alt başlıkta 2[profilleri, ara elemanlarda ise çift korniyer kullanılması

<u>Eleman</u>	<u>Profil</u>	<u>Toplam Ağırlık (kg)</u>
Aşıklar	: I ₁₂₀	11.1x6x22=1465.0
Alt başlık	:] [80	17.28x30=518.0
Üst başlık	:] [240	66.4x30.15=2002.0
Diyagonaller		
(3,7,33,39)	: Γ 100x100x10	30.2x2x(4.24+3.54)=470.0
(11,15,19,21,25,27)	: Γ 75x75x7	15.88x2x(3.71+3.90+4.10)=372
Dikmeler	: Γ 45x45x5	6.76x2x(1.5+1.88+2.16+2.44+2.72)
		=145.0
		Toplam = 4972.0

4.1.3. Alt başlık ve üst başlıkta $T \left(\frac{1}{2} I \right)$ profili, ara elemanlarda ise çift korniyer kullanılması

Eleman	Profil	Toplam ağırlık (kg)
Aşıklar	: I ₁₂₀	11.1x6x22=1465.0
Alt başlık	: T ₁₂₀ $\left(\frac{1}{2} I_{240} \right)$	18.1x30=543.0
Üst başlık	: T ₁₇₀ $\left(\frac{1}{2} I_{340} \right)$	34x30.15=1025.0
Diyagonaller		
(3,7,33,39)	: $\angle 100x100x10$	30.2x2x(4.24+3.54)=470
(11,15,19,21,25,27)	$\angle 75x75x7$	15.88x2x(3.71+3.90+4.10)=372.0
Dikmeler	: $\angle 45x45x5$	6.76x2x(1.5+1.88+2.16+2.44+2.72)
		= 145
		<hr/>
		Toplam = 4020 kg

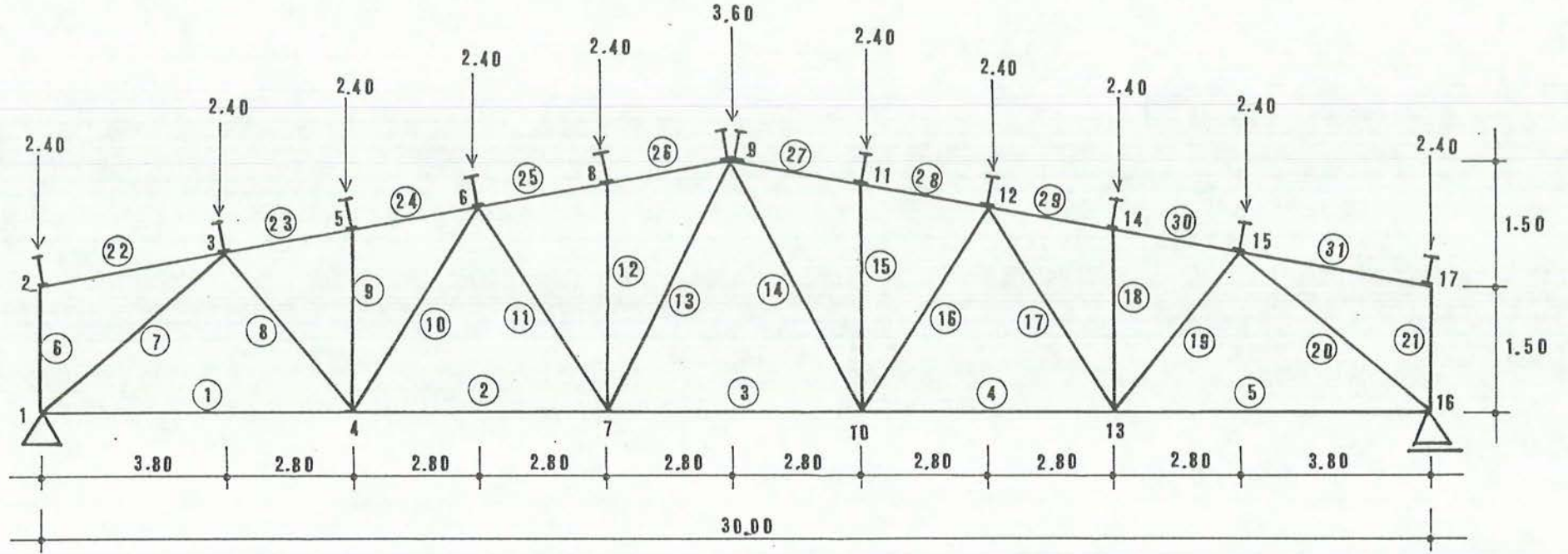
Tüm gerilme kontrolleri ve burkulma tahkikleri bölüm : 2.1. de yapılan hesapların benzeridir.

Üç değişik profile göre yapılan Trapez Kafes (1) kirişinin hangi profile göre daha hafif olduğu incelenmiştir. Bu kafes türü alt başlıkta ve üst başlıkta $T \left(\frac{1}{2} I \right)$ profili, ara elemanlarda ise çift korniyer kullanılması halinde daha hafif olduğu görülmüştür (bölüm: 4.1.3). Değişik profillere göre elemanların ağırlıkları ve toplam ağırlığa oranları Tablo: 4.1. de gösterilmiştir.

Kullanılan profiller	1 kg	2 kg	3 kg	4 kg	5 kg	6 kg	7 %	8 %	9 %	10 %
Tüm elemanlar çift korniyerden seçilmesi	4194	1465	2729	542	1200	987	12.9	28.6	23.5	35.0
Alt başlık ve üst başlık 2[profilinden, ara elemanların çift korniyerden seçilmesi	4972	1465	3507	518	2002	987	10.4	40.2	20.0	29.4
Alt başlık ve üst başlığın T ($\frac{1}{2}$ I) profilinden. Ara elemanların çift korniyerden seçilmesi	4020	1465	2555	543	1025	987	13.5	25.5	24.6	36.4

Tablo : 4.1. Trapez Kafes (1), (şekil: 4.1.) e ait tablo

1. Toplam ağırlık (kg)
2. Aşık ağırlığı (kg)
3. Aşık ağırlığı hariç toplam ağırlık (kg)
4. Alt başlık ağırlığı (kg)
5. Üst başlık ağırlığı (kg)
6. Ara elemanların ağırlığı (kg)
7. Alt başlık ağırlığının top.ağırlığa oranı (%)
8. Üst başlık ağırlığının top.ağırlığa oranı (%)
9. Ara eleman ağırlığının top.ağırlığa oranı (%)
10. Aşıkların ağırlığının top.ağırlığa oranı (%)



Şekil : 4.2. Trapez Kafes Kiriş (2)

4.2. Trapez Kafes (2)

4.2.1. Tüm elemanlarda çift korniyer kullanılması

Eleman	Profil	Toplam Ağırlık (kg)
Aşıklar	: I ₁₂₀	11.1x6x22=1465.0
Alt başlık	:] [80x80x8	19.32x30.0=580.0
Üst başlık	:] [130x130x12	47.2x30.15=1423.0
Diyagonaller		
(7 ve 20)	:] [120x120x11	39.8x2x4.24=338.0
(10 ve 17)	:] [75x75x7	15.88x2x3.71=118.0
(8,11,13,14,16,19)	:] [45x45x5	6.76x2x(3.37+3.71+4.10)=151
Dikmeler	:] [50x50x5	7.54x2x(1.50+2.16+2.72)=96
		Toplam = 4171.0 kg.

4.2.2. Alt başlık ve üst başlıkta 2[profili, ara elemanlarda ise çift korniyer kullanılması

Eleman	Profil	Toplam Ağırlık (kg)
Aşıklar	: I ₁₂₀	11.1x6x22=1465.0
Alt başlık	:] [100	21.2x30=636.0
Üst başlık	:] [260	75.8x30.15=2285.0
Diyagonaller		
(7 ve 20)	:] [120x120x11	39.8x2x4.84=338.0
(10 ve 17)	:] [75x75x7	15.88x2x3.71=118.0
(8,11,13,14,16,19)	:] [45x45x5	6.76x2x(3.37+3.71+4.10)=151.0
Dikmeler	:] [50x50x5	7.54x2x(1.5+2.16+2.72)=96.0
		Toplam = 5089 kg.

4.2.3. Alt başlık ve üst başlıkta $T \left(\frac{1}{2} I \right)$ profili, ara elemanlarda ise çift korniyer kullanılması

Eleman	Profil	Toplam Ağırlık (kg)
Aşıklar	: I ₁₂₀	11.1x6x22=1465.0
Alt başlık	: T ₁₃₀ $\left(\frac{1}{2} I_{260} \right)$	20.9x30=626.0
Üst başlık	: T ₁₉₀ $\left(\frac{1}{2} I_{380} \right)$	42.0x30.15=1266.0
Diyagonaller		
(7 ve 20)	: $\angle 120 \times 120 \times 11$	39.8x2x4.24=338.0
(10 ve 17)	: $\angle 75 \times 75 \times 7$	15.88x2x3.71=118.0
(8,11,13,14,16,19)	: $\angle 45 \times 45 \times 5$	6.76x2x(3.37+3.71+4.10)=115.0
Dikmeler	: $\angle 50 \times 50 \times 5$	7.54x2x(1.5+2.16+2.72)=96.0
		Toplam = 4060.0 kg.

Tüm gerilme kontrolleri ve burkulma tahkikleri bölüm:2.1. de yapılan hesapların benzeridir.

Üç değişik profile göre boyutlandırılması yapılan Trapez Kafes (2) makası hafiflik bakımından incelenmiştir. Bunun sonucunda; alt başlık ve üst başlıkta $T \left(\frac{1}{2} I \right)$ profili, ara elemanlarda ise çift korniyer kullanılması halinde diğerlerine göre daha hafif olduğu görülmüştür (Bölüm:4.2.3).

Değişik profillere göre elemanların ağırlıkları ve toplam ağırlığa oranları Tablo: 4.2 de verilmiştir.

Kullanılan profiller	1 kg	2 kg	3 kg	4 kg	5 kg	6 kg	7 %	8 %	9 %	10 %
Tüm elemanların çift korniyerden seçilmesi	4171	1465	2706	580	1423	703	13.9	34.1	16.9	35.1
Alt başlık ve üst başlıkta 2[profili, ara elemanlarda çift korniyer kullanılması	5089	1465	3624	636	2285	703	12.5	44.9	13.8	28.8
Alt başlık ve üst başlıkta T ($-\frac{1}{2}$ I) profili, ara elemanlarda çift korniyer kullanılması.	4060	1465	2595	626	1266	703	15.4	31.2	17.3	36.1

Tablo : 4.2. Trapez Kafes (2) (Şekil: 4.2)'e ait tablo.

1. Toplam ağırlık (kg)
2. Aşık ağırlığı (kg)
3. Aşıklar hariç toplam ağırlık (kg)
4. Alt başlık ağırlığı (kg)
5. Üst başlık ağırlığı (kg)
6. Ara elemanların ağırlıkları (kg)
7. Alt başlık ağırlığının top.ağır. oranı (%)
8. Üst başlık ağırlığının top.ağır. oranı (%)
9. Ara elemanların ağır. top. ağır. oranı (%)
10. Aşık ağırlığının top. ağırlığa oranı (%)

4.3. Trapez Kafes (3)

4.3.1. Tüm elemanlarda çift korniyer kullanılması

Eleman	Profil	Toplam Ağırlık (kg)
Aşıklar	: I ₁₂₀	11.1x6x22=1465.0
Alt başlık	:] [90x90x9	24.4x30=732.0
Üst başlık	:] [130x130x12	47.2x30.15=1432.0
Diyagonaller		
(20 ve 22)	:] [60x60x6	10.84x2x3.90=85.0
Diğer diyagonaller:	] [ 70x70x7	14.76x2x(4.10+3.37+3.54+3.71)=435.0
Dikmeler	:] [70x70x7	14.76x(2x(1.5+1.88+2.16+2.44+2.72) +3.0)= 360
		Toplam = 4509 kg.

4.3.2. Alt başlık ve üst başlıkta 2[profili, ara elemanlarda ise çift korniyer kullanılması

Eleman	Profil	Toplam Ağırlık (kg)
Aşıklar	: I ₁₂₀	11.1x6x22=1465.0
Alt başlık	:] [100	21.2x30.0=636.0
Üst başlık	:] [240	66.4x30.15=2002.0
Diyagonaller		
(20 ve 22)	:] [60x60x6	10.84x2x3.90=85.0
Diğer diyagonaller:	] [ 70x70x7	14.76x2x(4.10+3.37+3.54+3.71)=435.0
Dikmeler	:] [70x70x7	14.76x(2x(1.50+1.88+2.16+2.44+2.72) +3.0) = 360.0
		Toplam = 4983.0 kg.

4.3.3. Alt başlık ve üst başlıkta $T \left(\frac{1}{2} I \right)$ profili ara elemanlarda ise çift korniyer kullanılması

Eleman	Profil	Toplam Ağırlık (kg)
Aşıklar	: I ₁₂₀	11.1x6x22=1465.0
Alt başlık	: T ₁₃₀ $\left(\frac{1}{2} I_{260} \right)$	20.9x30.0=627.0
Üst başlık	: T ₁₉₀ $\left(\frac{1}{2} I_{380} \right)$	42.0x30.15=1266.0
Diyagonaller		
(20 ve 22)	: $\overline{\overline{60x60x6}}$	10.84x2x3.90=85.0
Diğer diyagonaller:	$\overline{\overline{70x70x7}}$	14.76x2x(4.10+3.37+3.54+3.71)=435.0
Dikmeler	: $\overline{\overline{70x70x7}}$	14.7x(2x(1.50+1.88+2.16+2.44+2.72) + 3.0) = 360
		Toplam = 4238.0 kg.

Tüm gerilme kontrolleri ve burkulma tahkikleri bölüm : 2.1. de yapılan hesapların benzeridir.

Üç değişik profile göre boyutlandırılması yapılan bu Trapez Kafes (3) sistemi hafiflik bakımından incelenmiştir. Bu sistem; alt başlık ve üst başlıkta $T \left(\frac{1}{2} I \right)$ profili, ara elemanlarda ise çift korniyer kullanılması halinde diğerlerine göre daha hafif olduğu tesbit edilmiştir (Bölüm: 4.3.3.). Profillere göre elemanların ağırlıkları ve toplam ağırlığa oranları Tablo: 4.3. de verilmiştir.

Yapılan üç değişik Trapez Kafes sistemleri arasında en hafif sistem olarak bölüm: 4.1.3. te çözümü elede edilen ve Şekil: 4.1. de gösterilen sistemdir.

Kullanılan profiller	1 kg	2 kg	3 kg	4 kg	5 kg	6 kg	7 %	8 %	9 %	10 %
Tüm elemanlar çift korniyerden seçilmesi	4509	1465	3044	732	1432	880	16.2	31.8	19.5	32.5
Alt başlık ve üst başlık 2[profilinden, ara elemanların çift korniyerden seçilmesi	4983	1465	3518	636	2002	880	12.8	40.2	17.7	29.3
Alt başlık ve üst başlık T ($\frac{1}{2}$ I) profilinden, ara elemanların çift korniyerden seçilmesi.	4238	1465	2773	627	1266	880	14.8	29.8	20.8	34.6

Tablo: 4.3. Trapez Kafes (3) (Şekil: 4.3.)'e ait tablo.

1. Toplam ağırlık (kg)

2. Aşık ağırlığı (kg)

3. Aşık ağırlığı hariç toplam ağırlık (kg)

4. Alt başlık ağırlığı (kg)

5. Üst başlık ağırlığı (kg)

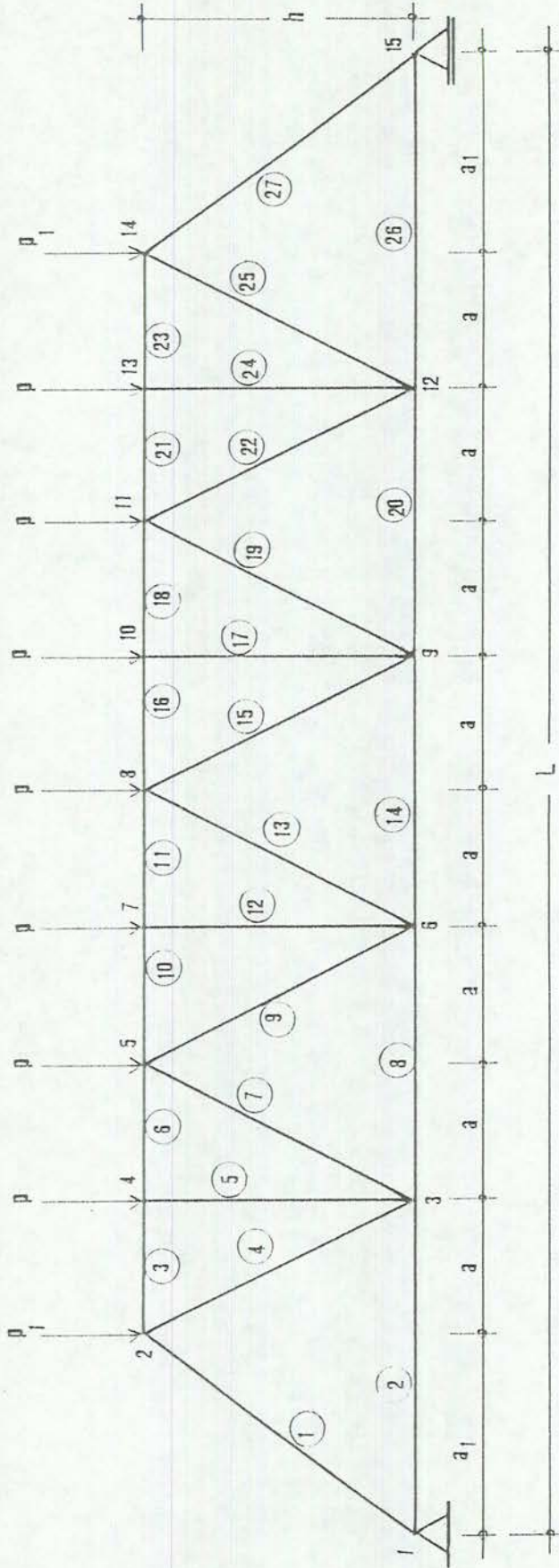
6. Ara elemanların ağırlığı (kg)

7. Alt başlık ağırlığının top. ağır. oranı (%)

8. Üst başlık ağırlığının top. ağır. oranı (%)

9. Ara elemanların ağır. top. ağır. oranı (%)

10. Aşık ağırlığının top. ağır. oranı (%)



Şekil : 5.1. Paralel Başlıklı Kafes Kiriş (1-1)

($a_1=3.80$ m., $a=2.80$ m., $P=2.40$ ton, $P_1=3.50$ ton, $h=30.0$, $L=30.00$ m.)

5. PARALEL BAŞLIKLİ KAFES (1)

Bu kafes türü, örgü elemanları değişik iki sistem üzerinde incelenecektir. Bunun için Paralel başlıklı Kafes Sistem (1-1) ve (1-2) şeklinde isimlendirilecektir.

5.1. Paralel Başlıklı Kafes (1-1)

5.1.1. Tüm elemanların çift korniyerden seçilmesi

Eleman	Profil	Toplam Ağırlık (kg)
Aşıklar	: I120	11.1x6x17=1132.0
Alt başlık	: Γ 75x75x8	18.06x30=542.0
Üst başlık	: Γ 130x130x12	47.2x22.4=1057.0
diyagonaller		
(1 ve 27 nolu)	: Γ 110x110x10	33.2x2x4.84=321.0
Diğer diyagonaller	Γ 90x90x9	24.4x4.10x8=800.0
Dikmeler	: Γ 55x55x6	9.90x3.0x4=119.0
		Toplam = 3970

5.1.2. Alt başlık ve üst başlıkta 2[profili, ara elemanlarda çift korniyer kullanılması

Eleman	Profil	Toplam Ağırlık (kg)
Aşıklar	: I120	11.1x6x17=1132.0
Üst başlık	:] [260	66.4x22.4=1487.0
Alt başlık	:] [80	17.28x30=518.0
(1 ve 27 nolu)	: Γ 110x110x10	33.2x2x4.84=321.0
Diğer diyagonaller:	Γ 90x90x9	24.4 x8x4.10=800.0
Dikmeler	: Γ 55x55x6	9.9x3.0x4=119.0
		Toplam = 4377 kg.

5.1.3. Alt başlık ve üst başlığın T profilinden, ara elemanların çift korniyerden seçilmesi

Eleman	Profil	Toplam Ağırlık (kg)
Aşıklar	: I120	11.1x6x17=1132.0
Alt başlık	: T120	18.1x30=543.0
Üst başlık	: T180	38.1x22.4=853.0
Diyagonaller		
(1 ve 27 nolu)	: \lrcorner 110x110x10	33.2x2x4.84=321.0
Diğer diyagonaller:	\lrcorner 90x90x9	24.4x4.10x8=800.0
Dikmeler	: \lrcorner 55x55x6	9.9x3.0x4=119.0
		Toplam = 3768 kg

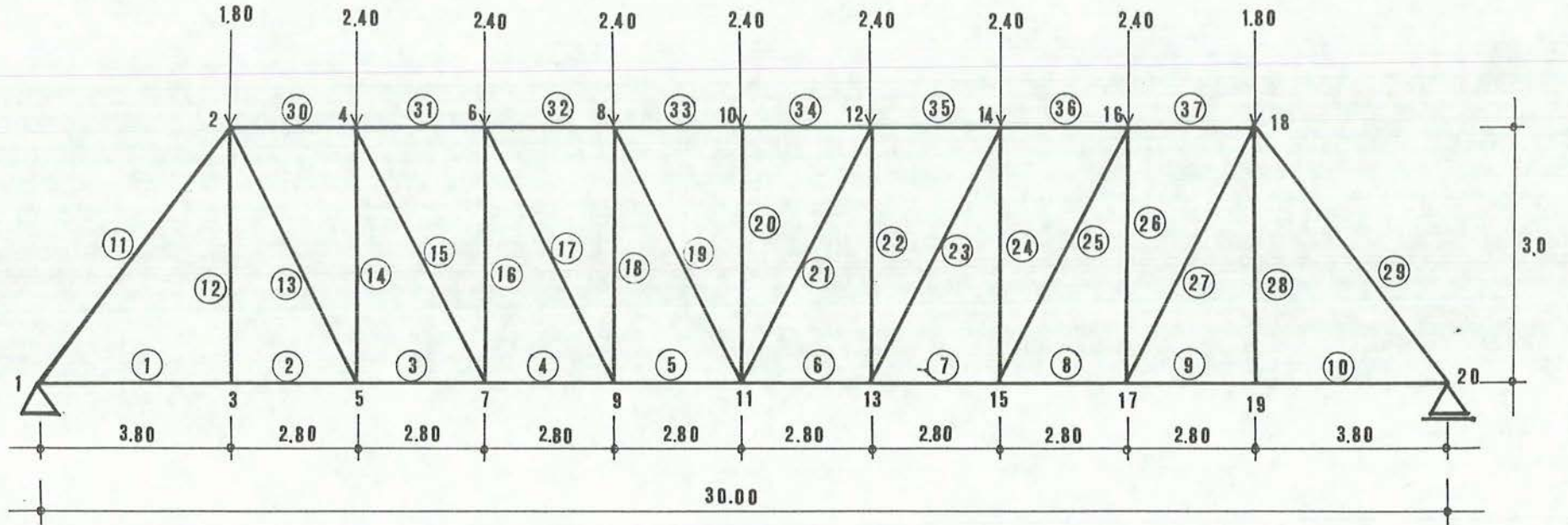
Hesaplarda tüm gerilme kontrolleri ve burkulma tahkikleri yapılmıştır. Bu hesaplar bölüm: 2.1.de yapılanların benzeridir.

Değişik profillerin kullanıldığı bu sistemde en hafif kafes olarak alt başlık ve üst başlıkta T profili, ara elemanlarda ise çift korniyer kullanılması halinde elde edilmiştir. Paralel Başlıklı Kafes(1-1) sistemi üç değişik profile göre ele alındı. Kullanılan profillere bağlı elemanların ağırlıkları ve toplam ağırlığa oranı tablo : 5.1. de verilmiştir.

Kullanılan profiller	1 kg	2 kg	3 kg	4 kg	5 kg	6 kg	7 %	8 %	9 %	10 %
Tüm elemanların çift korniyerden teşkil edilmesi	3970	1132	2838	542	1057	1240	13.7	26.6	31.2	28.5
Alt başlık ve üst başlığın 2[profi- linden, ara eleman- ların çift korniyer- den teşkil edilmesi	4377	1132	3291	518	1487	1240	11.8	34.0	28.3	25.9
Alt başlık ve üst baş- lığın T ($\frac{1}{2}$ I) profi- linden, ara elemanla- rın çift korniyerden teşkil edilmesi.	3768	1132	2772	543	853	1240	14.5	22.6	32.9	30.0

Tablo: 5.1. Paralel Başlıklı Kafes(1-1) (Şekil: 5.1.)' e ait tablo

- | | |
|--------------------------------------|------------------------------------------------|
| 1. Toplam ağırlık (kg) | 6. Ara elemanların ağırlığı (kg) |
| 2. Aşıkların ağırlığı (kg) | 7. Alt başlık ağırlığının top.ağır. oranı (%) |
| 3. Aşıklar hariç toplam ağırlık (kg) | 8. Üst başlık ağırlığının top.ağır. oranı (%) |
| 4. Alt başlıkların ağırlığı (kg) | 9. Ara elemanların ağırl. top. ağır. oranı (%) |
| 5. Üst başlıkların ağırlığı (kg) | 10. Aşık ağırlığının toplam ağırlığa oranı (%) |



Sekil : 5.2. Paralel Başlıklı Kafes Kiriş (1-2)

5.2. Paralel Başlıklı Kafes Kiriş (1-2)

5.2.1. Tüm elemanların çift korniyerden seçilmesi halinde kullanılan elemanlar ve makas ağırlığı

Eleman	Profil	Toplam Ağırlık (kg)
Aşıklar	: I ₁₂₀	11.1x6x17=1132.0
Üst başlık	:] [130x130x12	47.2x22.4=1057.0
Alt başlık	:] [75x75x8	18.06x30.0=542.0
Diyagonaller		
(11 ve 29 nolu)	:] [130x130x12	47.2x2x4.84=457.0
Diğer diyagonaller:	] [45x45x5	6.76x8x4.10=222.0
Dikmeler	:] [80x80x8	19.32x9x3.0=522.0
		Toplam = 3932 kg

5.2.2. Alt başlıkta ve üst başlıkta 2] profili, ara elemanlarda çift korniyer kullanılması

Eleman	Profil	Toplam Ağırlık (kg)
Aşıklar	: I ₁₂₀	11.1x6x17=1132.0
Alt başlık	:] [80	17.28x30=518.0
Üst başlık	:] [260	66.4x22.4=1487.0
Diyagonaller		
(11 ve 29 nolu)	:] [130x130x12	47.2x4.84x2=457.0
Diğer diyagonaller:	] [45x45x5	6.76x4.10x8=222.0
Dikmeler	:] [80x80x8	19.2x3x9=522.0
		Toplam = 4338 kg.

5.2.3. Alt başlık ve üst başlıkta T profili kullanılması, ara elemanlarda çift korniyer kullanılması

Eleman	Profil	Toplam Ağırlık (kg)
Aşıklar	: I ₁₂₀	11.1x6x17=1132.0
Alt başlık	: T ₁₂₀	18.1x30.0=543.0
Üst başlık	: T ₁₈₀	38.1x22.4=853.0
Diyagonaller		
(11 ve 29 nolu)	: Γ 130x130x12	47.2x4.84x2=457.0
Diğer diyagonaller	Γ 45x45x5	6.76x4.10x8=222.0
Dikmeler	: Γ 80x80x8	19.32x3x9=522.0
		Toplam = 3726 kg.

Bu sistemde de gerilme kontrolleri ve burkulma tahkikleri yapılmıştır. Bu hesaplar bölüm: 2.1. de yapılanların benzeridir

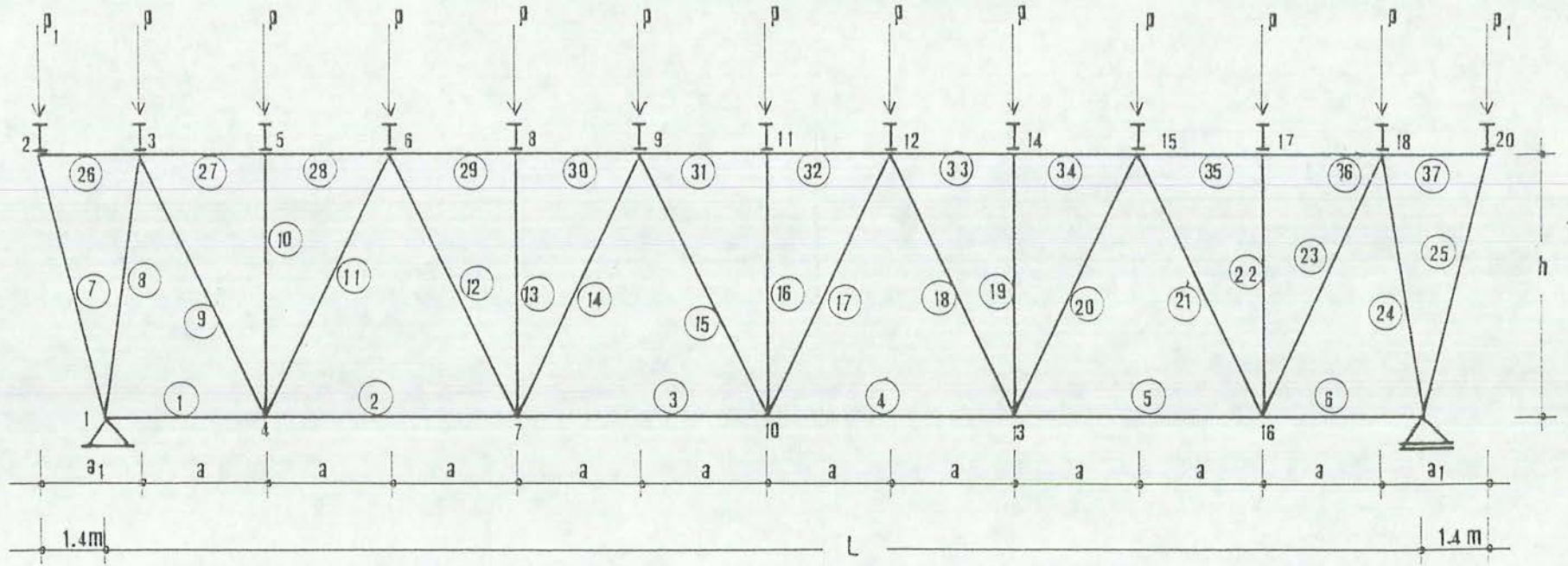
Bu sistemde en hafif çatı makası alt başlık ve üst başlıkta T ($\frac{1}{2}$ I) profili, ara elemanlarda ise çift korniyer kullanılması halinde elde edilmiştir.

Seçilen iki paralel başlıklı kafes sistemlerinden paralel başlıklı kafes(1-2) sistemi daha hafiftir (bölüm: 5.2.3). Üç değişik profile göre elemanların ağırlıkları ve toplam ağırlığa oranları tablo: 5.2. de verilmiştir.

Kullanılan profiller	1 kg	2 kg	3 kg	4 kg	5 kg	6 kg	7 %	8 %	9 %	10 %
Tüm elemanlar çift korniyer	3932	1132	2800	542	1057	1201	13.8	26.9	30.5	28.8
Alt ve üst başlık 2[profili, ara elemanlar çift korniyer	4338	1132	3249	518	1487	1201	14.5	34.3	27.7	26.1
Alt başlık ve üst başlık $T(\frac{1}{2} I)$ profili ara elemanlar çift korniyer	3729	1132	2597	543	853	1201	14.5	22.9	32.9	30.4

Tablo: 5.2. Paralel başlıklı sistem(1-2)(Şekil: 5.2.)ye ait tablo.

1. Toplam ağırlık (kg)
2. Aşıkların ağırlığı (kg)
3. Aşıklar hariç toplam ağırlık (kg)
4. Alt başlıkların ağırlığı (kg)
5. Üst başlıkların ağırlığı (kg)
6. Ara elemanların ağırlığı (kg)
7. Alt başlık ağırlığının top.ağır. oranı (%)
8. Üst başlık ağırlığının top.ağır. oranı (%)
9. Ara eleman ağırlığının top.ağır. oranı (%)
10. Aşık ağırlığının toplam ağırlığa oranı (%)



Şekil : 6.1. Paralel Başlıklı Kafes Kiriş (2).

($a_1=2.40$ m., $a=2.80$ m., $P_1=1.20$ ton, $P=2.40$ ton, $h=3.00$ m., $L=30.00$ m.)

6. PARALEL BAŞLIKLI KAFES (2)

bu kafes türü tek bir sistem üzerinde üç değişik profile göre incelenecektir.

6.1. Tüm Elemanların Çift Korniyerden Seçilmesi

Eleman	Profil	Toplam Ağırlık (kg)
Aşıklar	: I ₁₂₀	11.1x6x25=1665.0
Alt başlık	:] [80x80x8	19.32x30.0=580.0
Üst başlık	:] [130x130x12	47.2x32.8=1548.0
Diyagonaller		
(8,11,14,18,21,24)	:] [100x100x10	30.2x(3.16+4.10x2)x2=686.0
(7,9,12,15,17,20,23,25)	:] [50x50x6	8.94x2x(3.31+4.10x3)=140.0
Dikmeler	:] [55x55x6	9.90x3x5=149.0
		Toplam = 4768.0 kg.

6.2. Alt Başlık ve Üst Başlıkta 2[Profili, Ara Elemanlarda çift Korniyer Kullanılması

Eleman	Profil	Toplam Ağırlık (kg)
Aşıklar	: I ₁₂₀	11.1x6x25=1665.0
Alt başlık	:] [80	17.28x30.0=518.0
Üst başlık	:] [220	58.8x32.8=1929.0
Diyagonaller		
(8,11,14,15,18,21,24)	:] [100x100x10	30.2x2x(3.16+4.10x2)=686.0
(7,9,12,15,17,20,23,25)	:] [50x50x6	8.94x2x(3.31+4.10x3)=140.0
Dikmeler	:] [55x55x6	9.90x3.0x5=149.0
		Toplam = 5087.0 kg.

6.3. Alt Başlık ve Üst Başlıkta $T \left(\frac{1}{2} I \right)$ Profili, Ara Elemanlarda İse Çift Korniyer Kullanılması

Eleman	Profil	Toplam Ağırlık (kg)
Aşıklar	: I_{120}	$11.1 \times 6 \times 25 = 1665.0$
Alt başlık	: $T_{120} \left(\frac{1}{2} I \ 240 \right)$	$18.1 \times 30.0 = 543.0$
Üst başlık	: $T_{170} \left(\frac{1}{2} I \ 340 \right)$	$34.0 \times 32.8 = 1115.0$
Diyagonaller		
(8,11,14,18,21,24)	: $\lrcorner \lrcorner 100 \times 100 \times 10$	$30.2 \times 2 \times (3.16 + 4.10 \times 2) = 686$
(7,9,12,15,17,20,23,25)	: $\lrcorner \lrcorner 50 \times 50 \times 6$	$8.94 \times 2 \times (3.31 + 4.10 \times 3) = 140.0$
Dikmeler	: $\lrcorner \lrcorner 55 \times 55 \times 6$	$9.9 \times 3.0 \times 5 = 149.0$
		<hr/> Toplam = 4298.0 kg.

Tüm gerilme kontrolleri ve burkulma tahkikleri bölüm: 2.1. de yapılanların benzeridir.

Üç değişik profile göre boyutlandırılması yapılan Paralel Başlıklı Kafes (2) sistemi hafiflik yönünden incelenmiştir. Bu Kafes; Alt başlık ve Üst başlığın $T \left(\frac{1}{2} I \right)$ profili, ara elemanların ise çift korniyerden teşkil edilmesi halinde daha hafif olduğu gözlenmiştir. Değişik profillere göre boyutlandırılması yapılan bu kafese ait elemanların ağırlıkları ve toplam ağırlığa oranları tablo: 6.1. de verilmiştir.

Kullanılan profiller	1 kg	2 kg	3 kg	4 kg	5 kg	6 kg	7 %	8 %	9 %	10 %
Bütün elemanlar çift korniyerden seçilmesi	4768	1665	3103	580	1548	975	12.2	32.5	20.4	34.9
Alt başlık ve üst başlıkta 2[profillerinden ara elemanlar ise çift korniyerden seçilmesi.	5087	1665	3442	518	1929	975	10.2	37.9	19.2	37.7
Alt başlık ve üst başlıkta $T(\frac{1}{2} I)$ profilleri, ara elemanlarda çift korniyerden seçilmesi.	4298	1665	2633	543	1115	975	12.7	25.9	22.7	33.7

Tablo: 6.1. Paralel başlıklı kafes (2) (Şekil: 6.1.)'e ait tablo

1. Toplam ağırlık (kg)

2. Aşık ağırlığı (kg)

3. Aşık ağırlığı hariç Toplam ağırlık (kg)

4. Alt başlık ağırlığı (kg)

5. Üst başlık ağırlığı (kg)

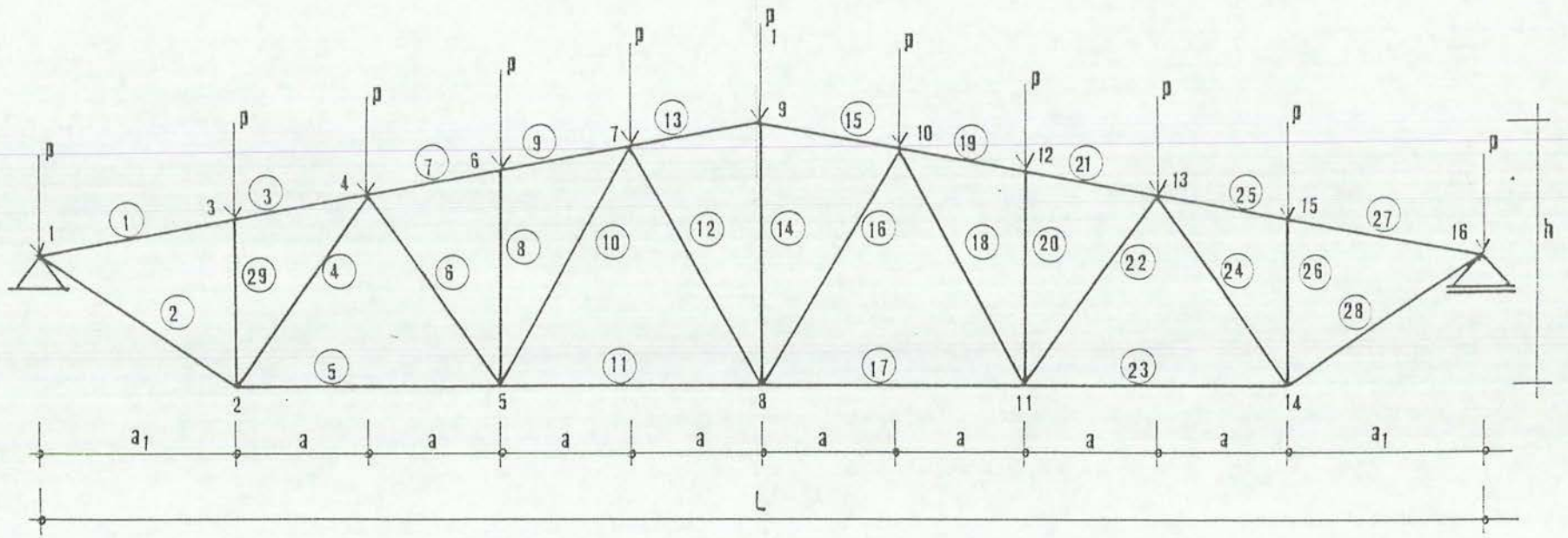
6. Ara elemanların ağırlığı (kg)

7. Alt başlık ağırlığının top.ağır. oranı (%)

8. Üst başlık ağırlığının top.ağır. oranı (%)

9. Ara eleman ağırlığının top.ağır. oranı (%)

10. Aşık ağırlığının toplam ağırlığa oranı (%)



Şekil : 7.1. Mansard Kafes (2-1)

($a_1=2.80$ m., $a=2.80$ m., $P=2.40$ ton, $P_1=3.50$ ton, $h=3.00$ m., $L=30.00$ m.)

7. MANSARD KAFES (2)

Bu kafes türü, örgü elemanları farklı üç değişik sistem üzerinde incelenecektir. Bunun için Mansard Kafes (2-1), (2-2) ve (2-3) şeklinde isimlendirilecektir.

7.1. Mansard Kafes (2-1)

7.1.1. Tüm elemanların çift korniyerden seçilmesi

Eleman	Profil	Toplam Ağırlık (kg)
Aşıklar	: I ₁₂₀	11.1x6x24=1598.0
Alt başlık	:] [90x90x9	24.4x30.88=753.0
Üst başlık	:] [130x130x12	47.2x30.15=1423.0
Diyagonaller	:] [90x90x9	24.4x4x(3.54+3.90)=726.0
Dikmeler	:] [55x55x5	7.54x[2x(1.88+2.44)+3.0]=88.0
		Toplam = 4588.0 kg.

7.1.2. Alt başlık ve üst başlıkta] [profili, ara elemanlarda çift korniyer kullanılması

Eleman	Profil	Toplam Ağırlık (kg)
Aşıklar	: I ₁₂₀	11.1x6x24=1598.0
Alt başlık	:] [100	21.2x30.88=655.0
Üst başlık	:] [220	58.8x30.15=1773.0
Diyagonaller	:] [90x90x9	24.4x4x(3.54+3.90)=726.0
Dikmeler	:] [50x50x5	7.54x[2x(1.88+2.44)+3.0]=88.0
		Toplam = 4840.0 kg.

7.1.3. Alt başlık ve üst başlıkta $T \left(\frac{1}{2} I\right)$ profili, ara elemanlarda ise çift korniyer kullanılması

Eleman	Profil	Toplam Ağırlık (kg)
Aşıklar	: I_{120}	$11.1 \times 6 \times 24 = 1598.0$
Alt başlık	: $T_{130} \left(\frac{1}{2} I 260\right)$	$20.9 \times 30.88 = 645.0$
Üst başlık	: $T_{180} \left(\frac{1}{2} I 360\right)$	$38.1 \times 30.15 = 1149.0$
Diyagonaller	: $\Gamma \Gamma 90 \times 90 \times 9$	$24.4 \times 4 \times (3.54 + 3.90) = 726.0$
Dikmeler	: $\Gamma \Gamma 50 \times 50 \times 5$	$7.54 \times [2 \times (1.88 + 2.44) + 3.0] = 88.0$
		Toplam = 4206.0 kg.

Tüm gerilme kontrolleri ve burkulma tahkikleri bölüm: 2.1.'de yapılan hesapların benzeridir.

Üç değişik profile göre boyutlandırılması yapılan Mansard Kafes (2-1) sistemi hafiflik yönünden incelenmiştir (Şekil: 7.1.). Bu sistem alt başlık ve üst başlıkta $T \left(\frac{1}{2} I\right)$ profili ara elemanlarda ise çift korniyer yapıldığında diğer profillere göre daha hafif olduğu gözlenmiştir. Değişik profillere göre boyutlandırılması yapılan bu sisteme ait elemanların ağırlıkları ve toplam ağırlığa oranları tablo: 7.1. de verilmiştir.

Kullanılan profiller	1 kg	2 kg	3 kg	4 kg	5 kg	6 kg	7 %	8 %	9 %	10 %
Tüm elemanların çift korniyerden seçilmesi	4588	1598	2990	753	1453	814	16.4	31.1	17.7	34.8
Alt başlık ve üst başlıkta 2[profili, ara elemanlarda çift korniyer seçilmesi.	4840	1598	3242	655	1773	814	13.6	36.6	16.8	33.0
Alt başlık ve üst başlıkta $T(\frac{1}{2} I)$ profili, ara elemanlarda ise çift korniyer kullanılması.	4206	1598	2608	645	1149	814	15.3	27.3	19.4	38.0

Tablo: 7.1. Mansard Kafes (2-1), (Şekil: 7.1.)'e ait tablo.

1. Toplam ağırlık (kg)

2. Aşık ağırlığı (kg)

3. Aşık ağırlığı hariç toplam ağırlık (kg)

4. Alt başlık ağırlığı (kg)

5. Üst başlık ağırlığı (kg)

6. Ara elemanların ağırlığı (kg)

7. Alt başlık ağırl. top. ağır. oranı (%)

8. Üst başlık ağırl. top. ağır. oranı (%)

9. Ara eleman ağırl. top. ağır. oranı (%)

10. Aşık ağırlığının top. ağır. oranı (%)

7.2. Mansard Kafes (2-2)

7.2.1. Tüm elemanların çift korniyerden teşkil edilmesi

Eleman	Profil	Toplam Ağırlık (kg)
Aşıklar	: I ₁₂₀	11.1x6x24=1598.0
Alt başlık	:] [90x90x9	24.4x30.6=747.0
Üst başlık	:] [130x130x12	47.2x30.15=1423.0
Diyagonaller		
(11,13,23,25)	:] [90x90x9	24.4x2x(3.54+3.71)=354.0
(15,17,19,21)	:] [45x45x5	6.76x2x(3.90+4.10)=108.0
Dikmeler	:] [45x45x5	6.76x[2x(1.88+2.16+2.44+2.72)+3.0]
		= 145.0
		Toplam = 4375.0 kg.

7.2.2. Alt başlık ve üst başlığın 2[profilinden ara elemanların ise çift korniyerden seçilmesi

Eleman	Profil	Toplam Ağırlık (kg)
Aşıklar	: I ₁₂₀	11.1x6x24=1598.0
Alt başlık	:] [100	21.2x30.6=649.0
Üst başlık	:] [240	66.4x30.15=2002.0
Diyagonaller		
(11,13,23,25)	:] [90x90x9	24.4x2x(3.54+3.71)=354.0
(15,17,19,21)	:] [45x45x5	6.76x2x(3.90+4.10)=108.0
Dikmeler	:] [45x45x5	6.76x[2x(1.88+2.16+2.44+2.72)+3]
		Toplam = 4856.0 kg.

7.2.3. Alt başlık ve üst başlıkta $T\left(\frac{1}{2} I\right)$ profili, ara elemanlarda çift korniyer kullanılması

Eleman	Profil	Toplam Ağırlık (kg)
Aşıklar	: I ₁₂₀	11.1x6x24=1598.0
Alt başlık	: T ₁₃₀ $\left(\frac{1}{2} I 260\right)$	20.6x30.6=640.0
Üst başlık	: T ₁₈₀ $\left(\frac{1}{2} I 360\right)$	38.1x30.15=1149.0
Diyagonaller		
(11,13,23,25)	: $\angle 90 \times 90 \times 9$	24.4x2x(3.54+3.71)=354
(15,17,19,21)	: $\angle 45 \times 45 \times 5$	6.76x[2x(1.88+2.16+2.44+2.72)+3.0] = 145.0
		Toplam = 4031.0 kg.

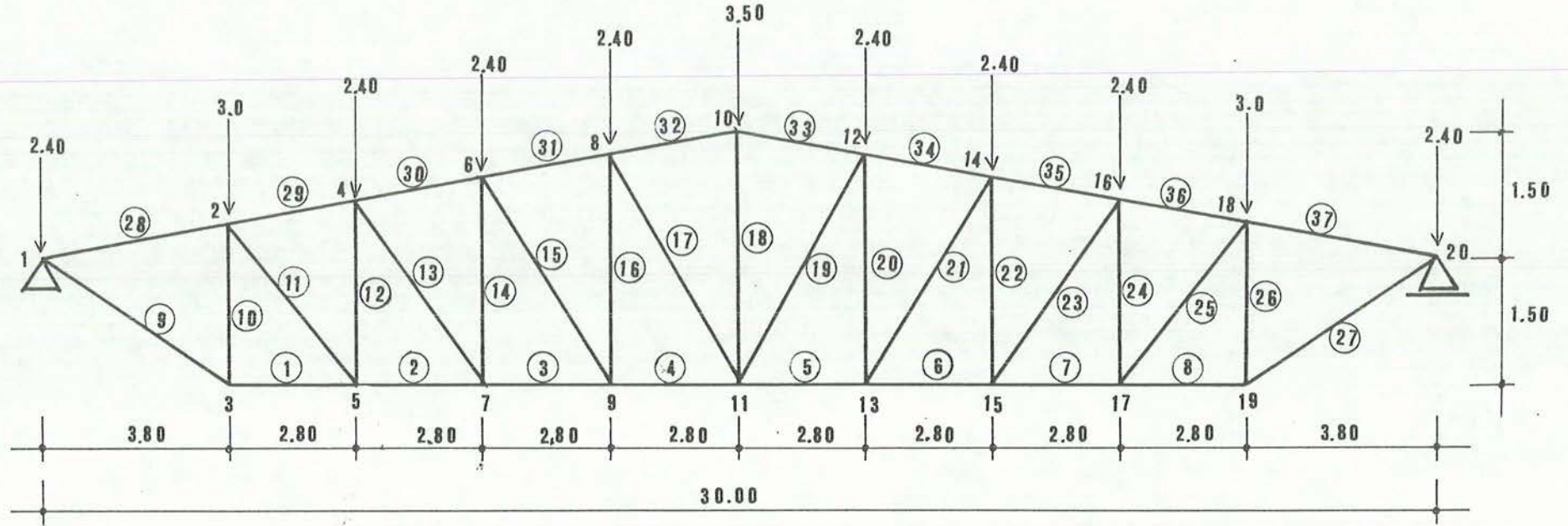
Tüm gerilme kontrolleri ve burkulma tahkikleri bölüm: 2.1'de yapılan hesapların benzeridir.

Üç değişik profile göre boyutlandırılan Mansard Kafes (2-2) sistemi, hafiflik bakımından incelenmiştir. Bu sistem (Şekil: 7.2.); alt başlık ve üst başlıkta $T\left(\frac{1}{2} I\right)$ profili, ara elemanlarda ise çift korniyer kullanılması halinde diğer profillere göre daha ekonomik olduğu gözlenmiştir. Değişik profillere göre boyutlandırılan bu kafese ait elemanların ağırlıkları ve toplam oranları tablo: 7.2. de gösterilmiştir.

Kullanılan profiller	1 kg	2 kg	3 kg	4 kg	5 kg	6 kg	7 %	8 %	9 %	10 %
Tüm elemanların çift korniyerden seçilmesi	4375	1598	2777	747	1423	607	17.1	32.5	13.9	36.5
Alt başlıkta ve üst başlıkta 2[profilleri, ara elemanların çift korniyerden seçilmesi.	4856	1598	3258	649	2002	607	13.4	41.2	12.5	32.9
Alt başlık ₁ ve üst başlıkta T($\frac{1}{2}$ I) profilleri, ara elemanların çift korniyerden seçilmesi.	4031	1598	2433	640	1149	607	16.0	28.8	15.2	40.0

Tablo: 7.2. Mansard Kafes (2-2), (Şekil: 7.2.)'ye ait tablo

1. Toplam ağırlık (kg)
2. Aşık ağırlığı (kg)
3. Aşık ağırlığı hariç toplam ağırlık (kg)
4. Alt başlık ağırlığı (kg)
5. Üst başlık ağırlığı (kg)
6. Ara elemanların ağırlığı (kg)
7. Alt başlık ağırlığının top. ağır. oranı (%)
8. Üst başlık ağır. toplam ağır. oranı (%)
9. Ara eleman ağırlığının top. ağır. oranı (%)
10. Aşık ağırlığının top. ağır. oranı (%)



Şekil : 7.3. Mansard Kafes (2-3)

7.3. Mansard Kafes (2-3)

7.3.1. Tüm elemanların çift korniyerden teşkil edilmesi

<u>Eleman</u>	<u>Profil</u>	<u>Toplam Ağırlık (kg)</u>
Aşıklar	: I ₁₂₀	11.1x6x24=1598.0
Alt başlık	:] [90x90x9	24.4x30.6=747.0
Üst başlık	:] [130x130x12	47.2x30.15=1423.0
Diyagonaller (17 ve 19)	:] [65x65x7	13.66x2x3.90=107.0
Diğer diyagonaller:	] [ 45x45x5	6.76x2x(3.37+3.54+3.71)=144
Dikmeler	:] [55x55x6	9.9x[2x(1.82+2.16+2.44+2.72)+3.0]=240
		Toplam = 4259.0 kg

7.3.2. Alt başlık ve üst başlıkta 2[profilleri, ara elemanlarda çift korniyer kullanılması

<u>Eleman</u>	<u>Profil</u>	<u>Toplam Ağırlık (kg)</u>
Aşıklar	: I ₁₂₀	11.1x6x24=1598.0
Alt başlık	:] [100	21.2x30.6=649.0
Üst başlık	:] [240	66.4x30.15=2002.0
Diyagonaller (17 ve 19)	:] [65x65x7	13.66x2x3.90= 107.0
Diğer diyagonaller:	] [ 45x45x5	6.76x2x(3.37+3.54+3.71)=144.0
Dikmeler	:] [55x55x6	9.9x[2x(1.82+2.16+2.44+2.72)+3.0] =240
		Toplam = 4740.0 kg.

7.3.3. Alt başlık ve üst başlıkta $T \left(\frac{1}{2} I\right)$ profili, ara elemanlarda çift korniyer kullanılması

Eleman	Profil	Toplam Ağırlık (kg)
Aşıklar	: I ₁₂₀	11.1x6x24=1598.0
Alt başlık	: T ₁₃₀ $\left(\frac{1}{2} I 260\right)$	20.9x30.6=640.0
Üst başlık	: T ₁₈₀ $\left(\frac{1}{2} I 360\right)$	38.1x30.15=1149.0
Diyagonaller		
(17 ve 19)	: $\angle 65x65x7$	13.66x2x3.90=107.0
Diğer diyagonaller:	$\angle 45x45x5$	6.76x2x(3.37+3.54+3.71)=144.0
Dikmeler	: $\angle 55x55x6$	9.9x[2x(1.82+2.16+2.44)+3]=240
		Toplam = 3878.0 kg.

Tüm gerilme kontrolü ve burkulma tahkikleri bölüm: 2.1'de yapılanların benzeridir.

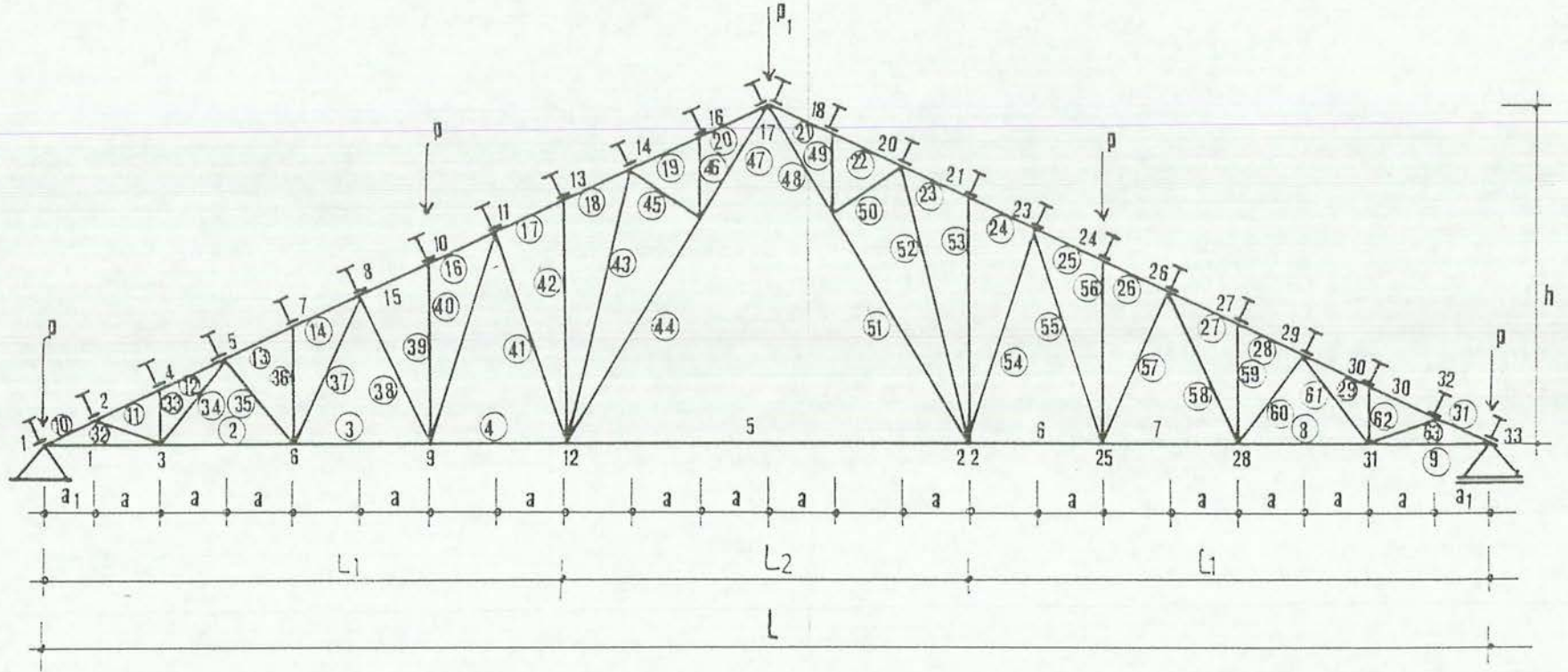
Üç değişik profile göre boyutlandırılan Mansard Kafes (2-3) sistemi hafiflik yönünden incelenmiştir. Bu sistem (Şekil:7.3.); alt başlık ve üst başlıkta $T \left(\frac{1}{2} I\right)$ profili, ara elemanlarda ise çift korniyer kullanılması halinde diğer profillere göre daha hafif olduğu gözlenmiştir. Bu sisteme ait eleman ağırlıkları ve toplam ağırlığa oranları tablo:7.3.te gösterilmiştir.

Mansard Kafes (2) sistemi için örgü elemanları değişik üç sistem ele alınmıştır. Ayrıca bu sistemlerin her biri üç değişik profile göre hafiflik yönünden incelenmiştir. Bunların içinde en hafif sistem bölüm: 7.3.3.'te çözümü yapılan Mansard Kafes (2-3) sistemidir (Şekil: 7.3.)

Kullanılan profiller	1 kg	2 kg	3 kg	4 kg	5 kg	6 kg	7 %	8 %	9 %	10 %
Tüm elemanların çift korniyerden seçilmesi	4259	1598	2661	747	1423	491	17.5	33.5	11.5	37.5
Alt başlık ve üst başlıkta 2[profili, ara elemanlarda çift korniyer kullanılması	4740	1598	3142	649	2002	491	13.7	42.2	10.4	33.7
Alt başlık ve üst başlıkta T ($\frac{1}{2}$ I) profili, ara elemanlarda çift korniyer seçilmesi.	3878	1578	2280	640	1149	491	16.5	29.6	12.7	41.2

Tablo: 7.3. Mansard Kafes (2-3) (Şekil:7.3.)'e ait değişik profillere bağlı olarak elemanların ağırlıkları ve toplam ağırlığa oranları.

1. Toplam ağırlık (kg)
2. Aşık ağırlığı (kg)
3. Aşık ağırlığı hariç toplam ağırlık (kg)
4. Alt başlık ağırlığı (kg)
5. Üst başlık ağırlığı (kg)
6. Ara eleman ağırlığı (kg)
7. Alt başlık ağırlığının topl. ağır. oranı (%)
8. Üst başlık ağırlığının topl. ağır. oranı (%)
9. Ara eleman ağırlığının topl. ağır. oranı (%)
10. Aşık ağırlığının topl. ağır. oranı (%)



Şekil : 8.1. Gergili Üçgen Kafes Kiriş (Polonso makası).

Not: P kuvvetleri bütün düğüm noktalarına etkimektedir.

($a_1=1.00$ m., $a=1.40$ m., $P=1.20$ ton, $P_1=2.40$ ton, $L_1=10.80$ m., $L_2=3.40$ m., $h=3.00$ m.)

8. POLONSO MAKASI

8.1. Tüm Elemanların Çift Korniyerden Teşkil Edilmesi

Eleman	Profil	Ağırlık (kg)
Aşıklar	: I ₁₂₀	11.1x6x24=1598.0
Alt başlık	: Γ 120x120x11	39.8x2x10.80=860.0
5 nolu gergi	: Γ 80x80x8	19.32x8.40=162.0
Üst başlık	: Γ 130x130x12	47.2x24.87=1174.0
(11,12,29,30)	: Γ 160x160x17	81.4x4x1.43=400.0
Diyagonaller		
(32,324,61,63)	: Γ 100x100x10	30.2x2x(1.41+1.59)=181.0
Diğer diyagonaller:	Γ 55x55x6	8.36x2x(1.59+1.92x2+2.34x2+2.81+1.43+3.44+1.72)=326
Dikmeler	: Γ 45x45x5	6.76x2x(1.04+1.6+2.16+0.56)=73.0
(33 ve 62 nolu dik.)	Γ 90x90x9	24.4+2x0.48=23.0
		Toplam = 4797.0 kg.

8.2. Alt Başlık ve Üst Başlıkta Γ Profili, Ara Elemanlarda Çift Korniyer Kullanılması

Eleman	Profil	Ağırlık (kg)
Aşıklar	: I ₁₂₀	11.1x6x24=1598.0
Alt başlık	:] [160	37.2x2.16=812.0
5 nolu gergi	:] [100	21.2x8.40=178.0
Üst başlık	:] [220	58.8x24.87=1462.0
(11.12,29,30)	:] [300	92.4x4x1.43=529.0
Diyagonaller	: Γ 55x55x6	8.36x2x(1.59+1.92x2+2.43x2+2.81+1.43+3.44+1.72)=326.0
(32,34,61,63) diya.:	Γ 100x100x10	30.2x2x(1.41+1.59)=181.0
Dikmeler	: Γ 45x45x5	6.76x2x(1.04+1.6+2.16+0.56)=73.0
33 ve 62 nolu dik.:	Γ 90x90x9	24.4x2x0.48=23.0
		Toplam = 5182 kg.

8.3. Alt Başlık ve Üst Başlıkta $T \left(\frac{1}{2} I \right)$ Profili, Ara Elemanlarda İse Çift Korniyer Kullanılması

Eleman	Profil	Ağırlık (kg)
Aşıklar	: I ₁₂₀	11.1x6x24=1598.0
Alt başlık	: T ₁₈₀ $\left(\frac{1}{2} I 360 \right)$	38.1x21.6=823.0
5 nolu gergi	: T ₁₃₀ $\left(\frac{1}{2} I 260 \right)$	20.9x8.40=176.0
Üst başlık	: T ₂₀₀ $\left(\frac{1}{2} I 400 \right)$	46.2x24.87=1150.0
(11,12,29,30)	: T ₂₅₀ $\left(\frac{1}{2} I 500 \right)$	70.4x4x1.43=403.0
Diyagonaller	: $\Gamma \Gamma 55x55x6$	8.36x2x(1.59+1.92x2+2.43x2+2.81+ 1.43+3.44+1.72)=326
(32,34,61,63) diya:	$\Gamma \Gamma 100x100x10$	30.2x2x(1.41+1.59)=181.0
Dikmeler	: $\Gamma \Gamma 45x45x5$	6.76x2(1.04+1.60+2.16+0.56)=73.0
33 ve 62 nolu dik:	$\Gamma \Gamma 90x90x9$	24.4x2x0.48=23.0
		Toplam = 4753.0 kg

Tüm gerilme kontrolleri ve burkulma tahkikleri bölüm: 5.1. de yapılan hesapların benzeridir.

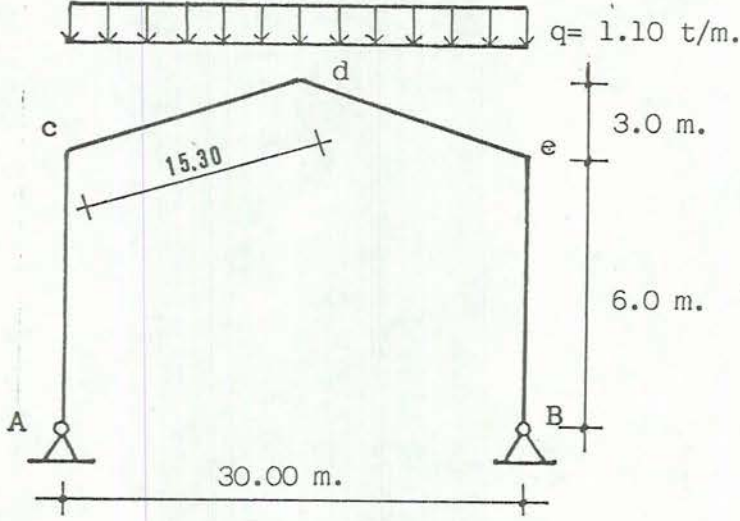
Üç değişik profile göre yapılan Polonso Makası (Gergili Kafes), hafiflik yönünden incelenmiştir. Bu kafes (Şekil: 8.1.), alt başlık ve üst başlıkta $T \left(\frac{1}{2} I \right)$ profili, ara elemanlarda ise çift korniyer kullanılması halinde diğer profillere göre daha hafif olduğu gözlenmiştir. Değişik profillere göre boyutlandırılan Polonso Makasına ait elemanların ağırlıkları ve toplam ağırlığa oranları tablo: 8.1. de verilmiştir.

Kullanılan Profiller	1 kg	2 kg	3 kg	4 kg	5 kg	6 kg	7 %	8 %	9 %	10 %
Bütün elemanlarda çift korniyer seçilmesi	4797	1598	3199	1022	1574	603	21.3	32.8	12.6	33.3
Alt başlık ve üst başlıkta 2[profili, ara elemanlarda çift korniyer seçilmesi.	5182	1598	3584	990	1991	603	19.1	38.4	11.6	30.9
Alt başlık ₁ ve üst başlıkta $T(\frac{1}{2} I)$ profili, ara elemanlarda çift korniyer seçilmesi	4753	1598	3155	999	1553	603	21.0	32.7	12.7	33.6

Tablo : 8.1. Polonso makası (Şekil: 8.1.)'ait değişik profillere bağlı olarak elemanların ağırlıkları ve toplam ağırlığa oranları.

1. Toplam ağırlık (kg)
2. Aşık ağırlığı (kg)
3. Aşık ağırlığı hariç toplam ağırlık (kg)
4. Alt başlık ağırlığı (kg)
5. Üst başlık ağırlığı (kg)
6. Ara elemanların ağırlığı (kg)
7. Alt başlık ağırlığının topl. ağır. oranı (%)
8. Üst başlık ağırlığının topl. ağır. oranı (%)
9. Ara eleman ağırlığının topl. ağır. oranı (%)
10. Aşık ağırlığının toplam ağır. oranı (%)

9. DOLU GÖVDELİ, DEĞİŞKEN KESİTLİ MAKAS



Şekil: 9.1. Dolu Gövdeli, Değişken Kesitli Çerçeve

9.1. Aşıkların Boyutlandırılması

Çatı örtüsü : İki kat eternit + İzocam

Aşıklar iki açıklıkta sürekli ve ortadan gergili

Makas aralığı (aşık açıklığı) : 6.00 m.

Aşık aralığı : 1400 mm, eğim : % 20

$$M_x = 0.09091 \times 164 \times (6)^2 = 536.73 \text{ kgm.}$$

$$M_y = 0.00455 \times 164 \times (6)^2 = 26.86 \text{ kgm.}$$

$$W_x = \frac{53673 + 8 \times 2686}{1400} = 53.69 \text{ cm}^3$$

Seçilen kesit = I₁₂₀

$$I_{120} + W_x = 54.70 \text{ cm}^3 > 53.69 \text{ cm}^3, \quad W_y = 7.41 \text{ cm}^3$$

$$I_x = 328 \text{ cm}^4, \quad I_y = 21.5 \text{ cm}^4$$

$$\sigma = \frac{53673}{54.70} + \frac{2686}{7.41} = 1343.71 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_{em} = 1400 \text{ kg/cm}^2$$

Sehim kontrolü :

$$f = 2.48 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{164 \times (6)^4}{328} = 1.61 \text{ cm} < 2.0 \text{ cm.}$$

Seçilen kesit uygundur.

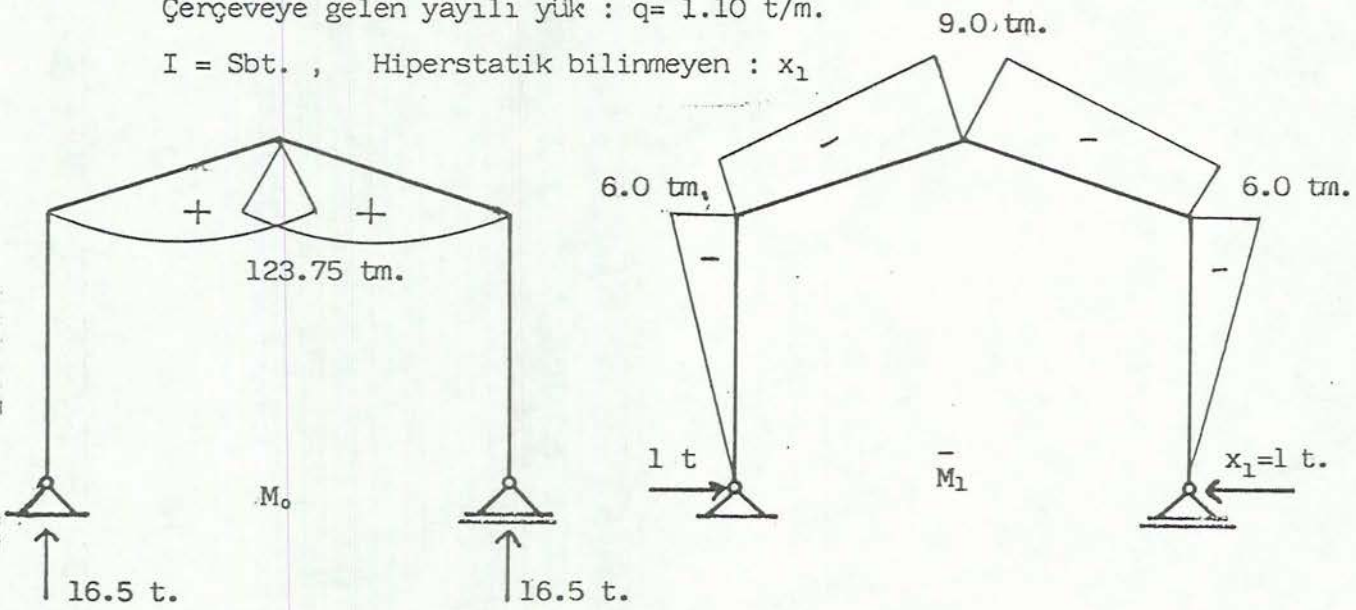
$$I_{120} + G = 11.1 \text{ kg/m.}$$

Bu çerçeve önce sabit kesitli olarak çözümlenip, ön boyutlandırma yapılacaktır. Daha sonra seçilen bu kesite göre çerçeve değişken kesitli olarak çözülecektir. Birinci dereceden hiperstatik olan bu çerçeve kuvvet metodu ile çözülecektir.

9.2. Çerçevenin Sabit Kesitli Olarak Çözülmesi

Çerçeveye gelen yayılı yük : $q = 1.10 \text{ t/m.}$

$I = \text{Sbt.}$, Hiperstatik bilinmeyen : x_1



Şekil: 9.2. İzostatik esas sisteme ait moment alanları

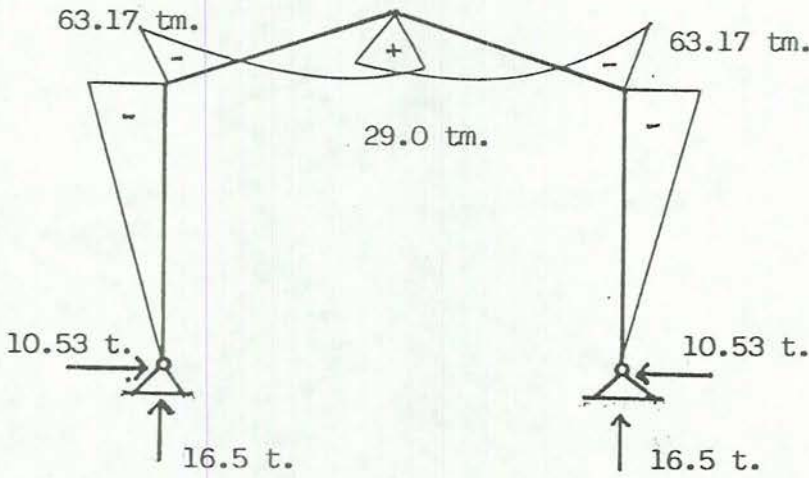
$$\delta_{11} = 2 \times \left(\frac{1}{3} \cdot 6^3 \right) + 2 \times \left(\frac{1}{6} \cdot 15 \cdot 30 (2 \cdot 6^2 + 2 \cdot 6 \cdot 9 + 2 \cdot 9^2) \right) = 1888.2$$

$$-\delta_{10} = 2 \times \left(\frac{1}{12} \cdot 15 \cdot 30 (3 \cdot 6 + 5 \cdot 9) \cdot 123.75 \right) = 19880.44$$

$$x_1 = - \frac{\delta_{10}}{\delta_{11}} = \frac{19880.44}{1888.2} = 10.53 \text{ ton}$$

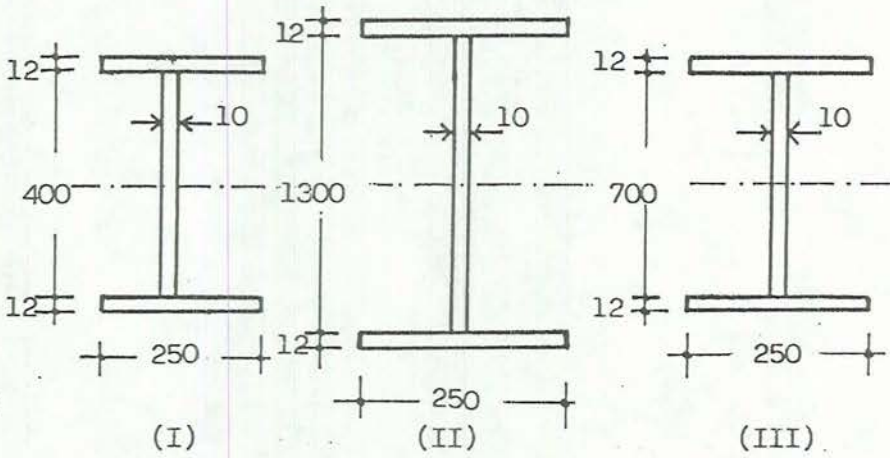
$$M_C = M_e = -6 \times 10.53 = -63.17 \text{ tm.}$$

$$M_e = 123.75 - 9 \times 10.53 = 29.0 \text{ tm.}$$



Şekil : 9.3. Sabit kesitli çerçeveye ait moment alanı

9.3. Değişken Kesitli çerçevenin Boyutlandırılması



Şekil : 9.4. Çerçeve için seçilen kesitler

(Not: Boyutlar mm cinsindedir)

Kolon tabanları için seçilen kesit : I

c ve e köşeleri için seçilen kesit : II

d köşesi için seçilen kesit : III

$$I_{X1} = 30800 \text{ cm}^4, \quad I_{X11} = 441292 \text{ cm}^4, \quad I_{X111} = 104632 \text{ cm}^4,$$

$$W_{X1} = 1450 \text{ cm}^3, \quad W_{X11} = 6666 \text{ cm}^3, \quad W_{X111} = 2890 \text{ cm}^3,$$

$$I_{Y1} = 3128 \text{ cm}^4, \quad I_{Y11} = 3136 \text{ cm}^4, \quad I_{Y111} = 3131 \text{ cm}^4,$$

$$W_{Y1} = 241 \text{ cm}^3, \quad W_{Y11} = 241 \text{ cm}^3, \quad W_{Y111} = 241 \text{ cm}^3,$$

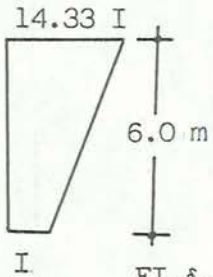
$$F_1 = 100 \text{ cm}^2, \quad F_{11} = 190 \text{ cm}^2, \quad F_{111} = 130 \text{ cm}^2,$$

9.3.1. Değişken kesitli çerçevenin kuvvet metodu ile çözümü

EI · δ₁₁'in hesabı :

A - C çubuğu; $n = \frac{I_0}{I_K} = \frac{I}{14.33 I} = 0.07$

$$\lambda = 1.0 \quad C_2 = 0.040$$



$$EI_C \cdot \delta_{11} = \int M_1^2 \cdot \frac{I_C}{I} \cdot ds \quad (I_C = I)$$

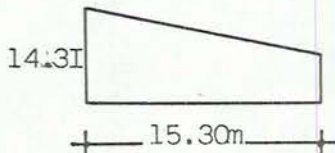
$$EI \cdot \delta_{11} = \Sigma (EI \cdot \alpha_K) \cdot A \cdot B = 2 \times 6.0 \times 0.040 \times (-6) \times (-6)$$

$$EI \cdot \delta_{11} = 17.28 \quad (\alpha_K = \frac{L}{EI_C} \cdot c_2)$$

$$A = B = -6.0 \quad (\bar{M}_1 \text{ alanından})$$

c - d çubuğu ;

$$n = \frac{3.40 I}{14.3 I} = 0.24$$



$$\lambda = 1.0$$

$$C_1 = 0.223, \quad C_2 = 0.1096, \quad C_3 = 0.077 \quad (\text{E. Çetmeli})$$

$$\alpha_i = \frac{15.30}{EI_C} \cdot 0.223, \quad EI_C \cdot \alpha_i = 3.41$$

$$\alpha_k = \frac{15.30}{EI_C} \cdot 0.1096, \quad EI_C \cdot \alpha_k = 1.68$$

$$\beta = \frac{15.30}{EI_C} \cdot 0.077, \quad EI_C \cdot \beta = 1.178$$

$$EI_C \cdot \alpha_i \cdot A \cdot B = 3.41 \cdot x (9)^2 = 276.21$$

$$EI_C \cdot \alpha_k \cdot A \cdot B = 1.68 \cdot x (6)^2 = 60.48$$

$$EI_C \cdot \beta \cdot A \cdot B = 2 \cdot x 1.178 \cdot x 6 \cdot x 9 = 127.22$$

$$\bar{Z} EI_C \cdot \delta_{11} = 17.28 + \frac{2 \cdot x (267.21 + 60.48 + 127.22)}{3.4} = 284.87$$

$EI_C \cdot \delta_{10}$ ' in hesabı:

$$\text{c-d çubuğunda : } n = 0.24, \quad \lambda = 1.0$$

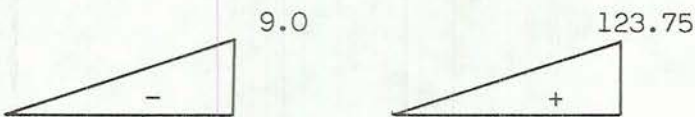
$$a_1 = 0.022, \quad a_2 = 0.0166 \quad (\text{E. Çetmeli})$$

$$EI \cdot \alpha_{i0} = (15.30)^3 \cdot 0.022 = 78.80$$

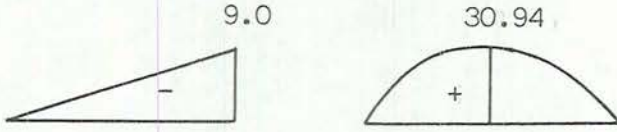
$$EI \cdot \alpha_{k0} = (15.30)^3 \cdot 0.0166 = 59.45$$

$$EI \cdot \beta = 1.178$$

$$EI \cdot \alpha_k = 1.68$$



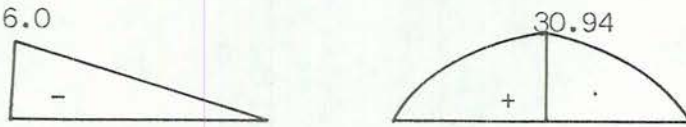
$$EI_C \cdot \alpha_i \cdot A \cdot B = 3.41 \cdot x (-9.0) \cdot x 123.75 = -3798.0$$



$$EI_C \cdot \frac{8}{L^2} \cdot A \cdot B \cdot \alpha_{i0} = \frac{8}{(15.30)^2} \times 78.80 \times (-9.0) \times 30.94 = -750.0$$



$$EI_C \cdot \beta \cdot A \cdot B = 1.178 \times (-6.0) \times 123.75 = -874.70$$



$$EI_C \cdot \frac{8}{L^2} \cdot A \cdot B \cdot \alpha_{k0} = \frac{8}{(15.30)^2} \times 59.45 \times (-6.0) \times 30.94 = 377.16$$

$$\Sigma EI_C \cdot \delta_{10} = \frac{2 \times (-3798 - 750.0 - 874.70 - 377.16)}{3.4} = -3411.7$$

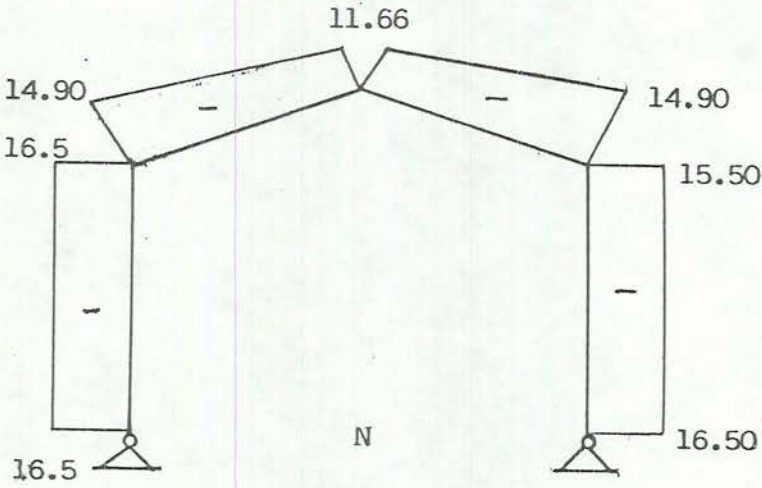
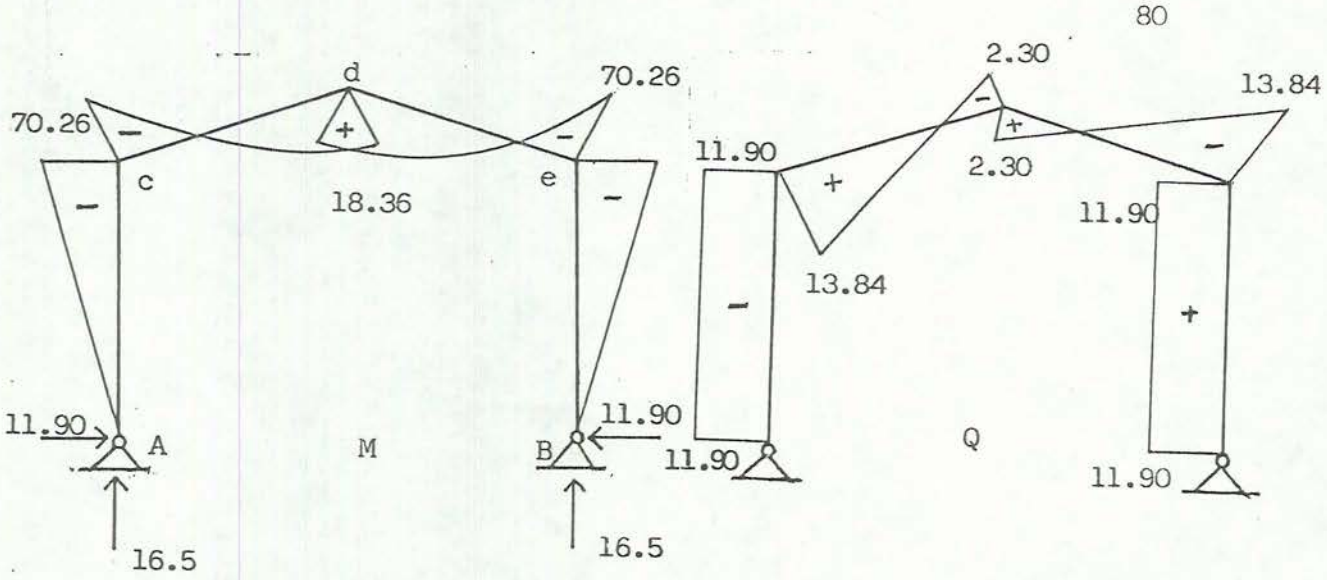
$$x_1 = - \frac{\Sigma EI_C \cdot \delta_{10}}{\Sigma EI_C \cdot \delta_{11}} = \frac{3411.7}{284.87} = 11.9$$

$$M_C = M_e = -6.0 \times 11.9 = -71.4 \text{ tm.}$$

$$M_d = 123.75 - 11.9 \times 9 = 16.65 \text{ tm.}$$

Sabit kesitli çerçeveye göre momentlerde meydana gelen değişimler şöyledir:

$M_C = M_e$ momentinde % 13 lük bir artış, M_d momentinde ise % 42,6 lük bir azalma meydana gelmiştir.



(Not: Momentler tm., kuvvetler ton cinsindedir)

Şekil : 9.5. Değişken kesitli çerçeveye ait M, Q ve N alanları

9.4. Gerilme Tahkikleri

c ve e köşesinde

$$M_{\max} = -71.40 \text{ tm.}, \quad N_{\max} = 14.90 \text{ t.}, \quad Q_{\max} = 2.30 \text{ t}$$

Statik hesapların başında seçtiğimiz kesitlere ait değerler :

$$F_{11} = 190 \text{ cm}^2, \quad I_{x11} = 441292 \text{ cm}^4, \quad I_{y11} = 3136 \text{ cm}^4$$

$$W_{x11} = 6666 \text{ cm}^3, \quad F_{111} = 130 \text{ cm}^2, \quad I_{x111} = 104632 \text{ cm}^4$$

$$I_{y111} = 3131 \text{ cm}^4, \quad W_{x111} = 2890 \text{ cm}^3$$

DIN 4114'e göre hesaplarda kullanılacak atalet momenti,

$$V = \frac{104632}{441292} = 0.49$$

$$C = 0.18 + 0.32 \times 0.49 + 0.5 \times 0.49 = 0.69$$

$$I = C \cdot I_{\max} = 0.69 \times 441292 = 304491 \text{ cm}^4$$

Yine DIN 4114'e göre :

$$F = \frac{F_{11} + F_{111}}{2} = \frac{190 + 130}{2} = 160 \text{ cm}^2 \text{ alınabileceğinden}$$

$$\dot{i}_{x\text{hes}} = \frac{304491}{160} = 43.62 \text{ cm.}, \quad L_{kx} = 1530 \text{ cm.}$$

$$\dot{i}_{y\text{hes}} = \frac{136}{160} = 4.43 \text{ cm.}, \quad L_{ky} = 140 \text{ cm}$$

$$\lambda_x = \frac{1530}{43.62} = 36.0, \quad \lambda_y = \frac{140}{4.43} = 32.0$$

$$\lambda_{\max} = 36.0 + \omega_{\max} = 1.12$$

$$\sigma_{c,e} = 1.12 \times \frac{14.90}{190} + 0.90 \cdot \frac{7140}{6666} = 1.052 \text{ t/cm}^2 < 1,40 \text{ t/cm}^2$$

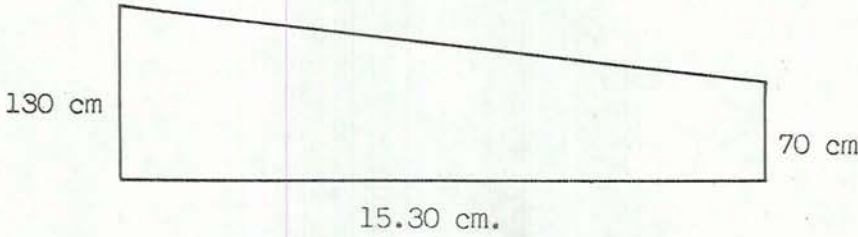
d köşesinde

$$M_{\max} = 16.65 \text{ tm}, \quad N_{\max} = 11.66 \text{ ton}, \quad Q_{\max} = 2.30 \text{ ton.}$$

$$\sigma_d = 1.12 \times \frac{11.66}{130} + 0.90 \times \frac{1665}{2890} = 0.619 \text{ t/cm}^2 < 1.4 \text{ t/cm}^2$$

Seçilen kesitler uygundur.

9.5. Makas Ağırlığının Hesaplanması



Şekil : 9.6. Dolu gövdeli makasın gövde yüksekliği değişimi.

Gövde yüksekliği değişken olduğundan;

$$h(z) = \frac{(130-70)}{1530} \cdot z + 70 = \frac{60}{1530} \cdot z + 70$$

$$t = 1.0 \text{ cm.}, \quad \gamma = 7.81 \text{ t/m}^3$$

$$\int_0^{1530} \left(\frac{60}{1530} \cdot z + 70 \right) \times t \times \gamma \times dz = \left(\frac{60}{1530} \cdot z + 70 \right) \cdot z \cdot t \cdot \gamma \Big|_0^{1530}$$

$$G = \gamma \cdot t \cdot \left[\frac{60 \cdot z^2}{2 \times 1530} + 70 \cdot z \right]_0^{1530}$$

$$G = 7.81 \times 0.01 \times \left[\frac{0.60 \times (15.30)}{2 \times 15.30} + 0.70 \times 15.30 \right] = 1.19 \text{ ton.}$$

Gövde ağırlığı : $G_g = 1.19 \times 2 = 2.39$ ton

Başlık ağırlığı: $G_b = 2 \times [0.25 \times 0.012 \times 15.30 \times 2 \times 7.81] = 1.434$

Aşık ağırlığı : $G_a = 11.1 \times 6 \times 21 = 1.40$ ton

$\Sigma G = 5.22$ ton

$$F_G = 46.500 \text{ cm}^2, \quad W_G = 232 \text{ cm}^3$$

Burada ;

I_k : Petek kirişin (x-x)'e göre atalet momenti.

W_k : Petek kirişin (x-x)'e göre mukavemet momenti.

z : Ara levha yüksekliği.

e_k : Profil ucu ile mesnet eksenini arasındaki mesafe.

h_1 : Petek kiriş başlıklarının eksenleri arasındaki mesafe.

F_B : Petek kirişin bir başlığının en kesit alanı.

F_G : Petek kirişin dolu kısmın boyuna kesit alanı.

W_{Bmin} : Petek kirişin bir başlığının (x-x) eksenine göre min mukavemet momenti.

W_G : Petek kirişin dolu kısmın boyuna kesitinin mukavemet momenti.

L : Kiriş hesap açıklığı.

l : Kiriş kesim boyu.

n : Petek kiriş göz adedi.

$$L = 30.00 \text{ m}, \quad l = 30.0 + 2 \times 0.10 = 30.2 \text{ m}.$$

$$n = \frac{3020 - 2 \times 60}{1.5 \times 60} = 32.2 \quad + \quad n = 32$$

n çift sayı olduğu için kiriş simetri eksenini üzerinde bir dikme vardır.

$$e_k = \frac{1}{2} [l - (1.5 \times n + 2) \times h] = \frac{1}{2} [3020 - (1.5 \times 32 + 2) \times 60]$$

$$e_k = 10 \text{ cm}.$$

10.2. İrdellemeler

10.2.1. Ortaya en yakın başlıkta

$$m = \frac{n}{2} = \frac{32}{2} = 16 \quad (n \text{ çift sayı})$$

$$x_m = (e_k - e_k^i) + (1.5 \times m + 0.25) \times h$$

$$x_m = (10 - 10) + (1.5 \times 16 + 0.25) \times 0.6 = 14.55 \text{ m.}$$

x_m : Kiriş ucundan m. başlık (m. göz) ekseninin giriş mesnet eksenine mesafesi.

$$M_m = \frac{q}{2} \cdot x_m \cdot (L - x_m)$$

$$M_m = \frac{0.90}{2} \cdot 14.55 (30 - 14.55) = 101.2 \text{ tm.}$$

$$v_m = q \cdot \left(\frac{L}{2} - x_m \right) = 0.90 \left(\frac{30}{2} - 14.55 \right) \approx 0$$

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

$$N_{mB} = \frac{M_m}{h_1} = \frac{101.2 \times 100}{99.329} = 101.84 \text{ ton.}$$

$$\sigma_{mB} = \frac{N_{mB}}{F_B} + \frac{M_{mB}}{W_{B\min}} = \frac{101.84}{111.750} = 0.911 \text{ t/cm}^2 < 1.4$$

10.2.2. Ara kesitte bir başlıkta tahkik

$$\frac{n}{4} = \frac{32}{4} = 8, \quad \frac{n}{3} = \frac{32}{3} = 10.67 \rightarrow m = 10$$

$$x_m = (1.5 \times 10 + 0.25) \times 0.60 = 9.15 \text{ m.}$$

$$M_m = \frac{0.90}{2} (30 - 9.15) \times 9.15 = 85.85 \text{ tm.}$$

$$Q_m = 0.90 \left(\frac{30}{2} - 9.15 \right) = 5.27 \text{ ton.}$$

$$M_{mB} = \frac{5.27}{8} \times 0.60 = 0.40 \text{ tm.}$$

$$N_{mB} = \frac{8585}{99.329} = 86.0 \text{ ton.}$$

$$\sigma_{mB} = \frac{N_{mB}}{F_B} + \frac{M_{mB}}{W_B^{\min}} = \frac{86.0}{111.750} + \frac{40}{106.477} = 1.15 \text{ t/cm}^2 < 1.4$$

10.2.3. Mesnede en yakın dikmede tahkik

$$m = 1$$

$$x_m = (1.5 + 0.25) \times 0.60 = 1.05 \text{ m.}$$

$$Q_m = q \cdot \left(\frac{1}{2} - x_m \right) = 0.90 \times \left(\frac{30}{2} - 1.05 \right) = 12.56 \text{ ton.}$$

$$H_{mG} = \frac{3h}{4h_1} (2 \times Q_m - 1.5 \times q \times h)$$

$$H_{mG} = \frac{3 \times 600}{4 \times 99.329} (2 \times 12.56 - 1.5 \times 0.90 \times 0.60) = 11.01 \text{ ton.}$$

$$N_{mG} = 0.75 \times q \times h = 0.75 \times 0.90 \times 0.60 = 0.405 \text{ ton.}$$

$$\sigma_{kay} = \frac{N_{mG}}{F_G} = \frac{0.405}{46.500} = 0.0087 \text{ t/cm}^2$$

$$\sigma_{kay} = \frac{H_{mG}}{F_G} = \frac{11.01}{46.500} = 0.237 \text{ t/cm}^2$$

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

$$\sigma_h = \frac{1}{2} (0.0087 + \sqrt{4 \times (0.237)^2 + (0.0087)^2}) = 0.483 \text{ t/cm}^2 < 1.40$$

10.2.4. IPB₆₀₀' de kullanılacak levha

IPB₆₀₀ de $t = 21.6 \text{ mm}$.

Kullanılacak ara levhada $t' = 15 \text{ mm}$.

$$t = 21.6 \text{ mm} > t' = 15 \text{ mm}.$$

$$k = \frac{15}{21.6} = 0.69 \rightarrow F_{G'} = 0.69 \times 46.5 = 32.3 \text{ cm}^2$$

$$M_{mG} = \frac{3 \times h \times z}{8 \times h_1} \times (2 \times Q_m - 1.5 \times q \times h)$$

$$M_{mG} = \frac{3 \times 0.60}{8 \times 99.329} \times 0.15 (2 \times 12.56 - 1.5 \times 0.90 \times 0.60)$$

$$M_{mG} = 0.83 \text{ tm} = 83 \text{ t cm}.$$

$$W'_G = 0.69 \times 232.50 = 160.425 \text{ cm}^3$$

$$\sigma_{kay} = \frac{0.405}{32.30} + \frac{83}{160.425} = 0.53 \text{ t/cm}^2$$

$$\sigma_{kay} = \frac{11.01}{32.3} = 0.341 \text{ t/cm}^2$$

$$\sigma_h = \frac{1}{2} (0.53 + \sqrt{4 \times (0.341)^2 + (0.53)^2}) = 0.70 \text{ t/cm}^2 < 1.40$$

Sehim tahkiki :

$$f = \frac{6}{384} \times \frac{q \cdot L^4}{EI_k} = \frac{6}{384} \cdot \frac{0.90 (30)^4}{(2.1 \times 10^7) \times (553866 \times 10^{-8})} = 0,098 \text{ m.}$$

$$f = 9.8 \text{ cm} < \frac{3000}{300} = 10 \text{ cm.}$$

Seçilen kesit uygundur.

30.00 m. açıklığın petek kiriş ile yapılması halinde gerekli profil : IPB₆₀₀

Bunun için gerekli mukavemet momenti : $W_k = 10550 \text{ cm}^3$

Aynı açıklığın normal profil ile yapılması halinde gerekli Profil: IPB₉₀₀

Bunun için ; $W_x = 10980 \text{ cm}^3 > 10550 \text{ cm}^3$

$$I_x = 494100 \text{ cm}^4$$

IPB₉₀₀ için sehim tahkiki :

$$f = \frac{5}{384} \frac{0.90 \times (30)^4}{(2.1 \times 10^7) (494100 \times 10^{-8})} = 9.1 \text{ cm} < 10 \text{ cm.}$$

$$\text{IPB}_{900} + G = 291 \text{ kg/m.}$$

$$\text{IPB}_{600} + G = 212 \text{ kg/m.}$$

Mesnet levhasının ağırlığı : 6.30 kg/m.

Ara levhanın ağırlığı (z = 15 cm) : 6.00 kg/m.

İşçilik v.s. giderler : 6.00 kg/m.

IPB₆₀₀ : 212 kg/m.

Toplam : 230.3 kg/m.

IPB₉₀₀ ile IPB₆₀₀ arasındaki ekonomik oranı : K

$$K = \frac{291 - 230.3}{291} \% = \% 21$$

Bu durumda petek kiriş yapıldığında normal profile göre % 21 daha ekonomik olur.

Petek kirişin toplam ağırlığı : $230.3 \times 30.0 = 6909 \text{ kg.}$

: $6 \times 11.1 \times 22 = 1465.2 \text{ kg.}$

Toplam ağırlık: 8374.2 kg.

Sistem No	Elde Edilen Ekonomik sistemler								
	2.1.	3.2.	4.1.	5.2.	6.1.	7.3.	8.1.	9.1	10.1.
Aşık ağırlığı (kg)	1598	1465	1465	1132	1665	1598	1598	1400	1465
Alt başlık ağırlığı (kg)	543	1020	543	543	543	640	999	-	-
Üst başlık ağırlığı (kg)	1044	1763	1025	853	1115	1149	1553	-	-
Ara elemanların ağır. (kg)	329	411	987	1201	975	491	603	-	-
Toplam ağırlık (kg)	3514	4659	4020	3729	4298	3878	4753	5220	8374

Tablo : 9.1. seçilen değişik sistemler içinde en hafif makas ağırlıkları

2.1. Mansard Kafes Kiriş (1-1)

3.2. Üçgen Kafes Kiriş (2)

4.1. Trapez Kafes Kiriş (1)

5.2. Paralel Başlıklı Kafes Kiriş (1-2)

6.1. Paralel Başlıklı Kafes Kiriş (2)

7.3. Mansard Kafes Kiriş (2-3)

8.1. Polonso Makası

9.1. Dolu Gövdeli, değişken Kesitli Makas

10.1. Petek Kiriş

NOT: Elde edilen bu ekonomik sistemlerin tümü alt başlık ve üst başlıkta $T \left(\frac{1}{2} I \right)$ profili, ara elemanlar ise çift korniyerden seçilmiştir.

11. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çubuk kuvvetleri hesaplanmış çubuk kesitleri verilmiş ve toplam ağırlıkları bulunmuş 9 adet çatı masasının ağırlıklarının, çeşitli açılardan kıyaslanmaları, ekonomiklik yönünden etkili olacak çok belirgin şu sonuçları ortaya çıkarmaktadır:

Hafif çatı örtüleri (oluklu sac, trapezoidal alüminyum, eternit gibi), çatı makası ağırlığı üzerinde etken olmamaktadır. Bütün sistemlerde çatı örtüsü (iki kat eternit + izocam) sabit tutuldu. Dolayısıyla bu çatı örtüsünün çatı makası ağırlığı üzerinde etkisi bulunmadığını söylemek mümkündür.

Çelik çatı makaslarında birleşim aracı olarak kaynak kullanıldığına göre, çubuk kuvvetlerini de kaynaklı birleşim tekniğinin getirdiği avantajlardan yararlanacak biçimde seçmelidir. Ele alınan bütün sistemler kendi içinde değişik örgü elemanları ve değişik profillere göre boyutlandırılmış ve mümkün olan en ekonomik sistem elde edilmeye çalışılmıştır. Daha sonra elde edilen ekonomik sistemler birbirleriyle karşılaştırılmış ve sonuçlar tablo: 10.2 de gösterilmiştir.

Yapılan bütün örneklerde aşık ağırlığı makas ağırlığının % 25'i ile % 40'ı arasında değişmektedir. Aşık ağırlığı makas ağırlığında çok fazla etkili olmaktadır. Minimum makas ağırlığı için, aşık ağırlığının min. tutulması gerekir.

Hem teşkil yönünden daha kolay, hem ağırlık yönünden daha hafif oldukları için Mansard kafes ile paralel başlıklı kafes kirişleri üçgen makaslara ve trapez makaslara tercih edilmelidir. Üçgen makasın, özellikle mesnetlere yakın düğüm noktalarının teşkilinde çıkan zorluklardan dolayı uzaklaşmış ve ağırlıkta da; Mansard kafes kiriş tercih edildiğinde % 25, paralel başlıklı kafes kiriş tercih edildiğinde % 20, trapez kafes kiriş

tercih edildiğinde % 14'e ulaşan bir ekonomi sağlanmış olur.

Ele alınan bütün sistemler içinde Mansard kafes kiriş (1-1) diğer sistemlere göre daha hafif olduğu gözlenmiştir (Bölüm: 2.1). Profiller bakımından da alt başlık ve üst başlıkta üç değişik profil kullanılmıştır. Ara elemanlar ise sadece çift korniyerden yapılmıştır. Seçilen profiller çift korniyer, çift [ve $T \left(\frac{1}{2} I \right)$. Kafes kirişlerin alt başlık ve üst başlığında $T \left(\frac{1}{2} I \right)$ profili, ara elemanlarda ise çift korniyer kullanıldığında daha hafif bir sistem elde edilmesi mümkündür.

Çok büyük açıklıklarda dolu gövdeli, değişken kesitli kiriş ve petek kiriş yapmak pek ekonomik olmamaktadır.

K A Y N A K L A R

- 1 . Odabaşı, Y., "Çelik Çatı Elemanlarının Ekonomik Çözümleri", İstanbul, 1981.
- 2 . Uluğ, N.T., "Çelik Yapılar", İstanbul, 1977.
- 3 . Aydın, R., "Yapı Statiği", Eskişehir, 1985.
- 4 . Aykurt, V., "Çelik Yapı (Ders Notları)", Eskişehir, 1974-1975.
- 5 . Wolf, W., "Stahlbau", Köln, 1964.
- 6 . Deren, H., "Çelik Yapılar", İstanbul, 1984.
- 7 . Topçu, A. , "Mikro Mühendis", Eskişehir, 1987.
- 8 . Odabaşı, Y., "Petek Kirişlerin Hesap ve Yapım Yöntemleri", İstanbul, 1982.
- 9 . Çelik Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları, T.S. 648.
- 10 . Çakıroğlu, A., ve Çetmeli, E., "Yapı Statiği Cilt I", İstanbul, 1990.