

## BİR SANAYİİ YAPISI İÇİN ÜLKEMİZ KOŞULLARINDA EN EKONOMİK TAŞIYICI SİSTEM ARAŞTIRILMASI

Işık ALTIN, S. Zeki BULUT

**Özet** - Ülkemiz koşullarında tek katlı bir sanayii yapısı için en ekonomik taşıyıcı sistem belirlenmesini amaçlayan bu çalışmada, ana malzemesi çelik (st37), 50 metre açıklığa sahip, 40 metre boyunda, 10 metre ara ile 5 adet taşıyıcı çerçeve ve ortada bir sıra kolon ile dizayn edilecek bir yapı için belirli kriterler ve çeşitli kaynaklar araştırılarak oluşturulan 8 adet taşıyıcı sistem Sap2000 programı ile analiz edilmiş, sistemlerde oluşan moment, kesme kuvveti, normal kuvvet ve deplasmanlar TS 648 kriterlerine uygun olarak boyutlandırılmıştır ve her sistem için bir ağırlık hesabı yapılarak en hafif sistem en ekonomik sistem olarak benimsenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Ekonomik taşıyıcı sistem, Çelik sistemler, Kafes ki. işler, Sistem ağırlıkları,

**Abstract** - In this project, it is aimed that the most economical variation for a one storey industrial structure designed under condition of Turkey. The basic material composed of this industrial structure is steel (st37), 50 meters long span, 40 meters in length, having 5 portal frame separated by 10 meters interval and columns supporting these frames at midpoints. 8 different structural systems to be formed with some criterias sourced from various resources is analyzed by Sap200. Using output data related with support reactions-moments, shear forces, axial forces and displacements-all cross-sections and other dimensions of systems are evaluated with respect to TS 648 design criteria. Finally, each structural systems are compared with others total weight and the most light-weight system is selected as the most economical structure for this project.

**Keywords:** Economical structural system, Steel structures, Space truss, System weights.

### I. GİRİŞ

Ana malzemesi çelik (St.37) ve tek katlı olarak tasarlanan 50 metre eninde 40 metre boyunda 7.5 metre yüksekliğinde bir sanayii yapısı, ortada bir sıra kolon

I. Altın, SAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Y.Lisans öğrencisi  
S. Zeki Bulut, Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Esentepe, Sakarya

teşkil edilerek 10 metre aralıklı taşıyıcı çerçeveler yardımı ile inşa edilecektir. Bu sanayii yapısının ülkemiz koşullarında uygulanabilecek en uygun taşıyıcı sistem ile yapılmasını amaçlayan bu çalışma ile seçilen çeşitli sistemler çözümlenerek sonuçları karşılaştırılmış ve bunlar arasından en ekonomik olan sistem seçilmiştir.

Sanayii yapılarının genelde tek katlı ve geniş açıklıklı olduğu göz önüne alınacak olursa sistem yüklerinin büyük bir kısmını çatı kaplamasının ve aşıklar sisteminin oluşturduğu ve taşıyıcı sistemlerde ekonomik çözüme giden yolun bu yükleri minimize etmekten geçtiği aşikardır.

Bu çalışmada öncelikle çatı kaplamaları üzerine geniş çaplı bir araştırma yapılmış ve halen sanayii yapılarında yaygın olarak kullanılan poliüretan dolgulu sandviç paneller bu tip bir yapının çatı kaplaması için en iyi çözüm olarak önerilmiştir. Çatı kaplaması üzerindeki yükler ile çatı kaplamasının yüklerini toplayarak taşıyıcı sistem çerçevelerine aktaran aşıklar elemanlarının çözümlerinde ise profil aşıklar, kafes sistemlerden oluşturulan aşıklar ile değişik aşıklar aralıklarından oluşan üç kriter göz önünde tutularak çeşitli sistemler oluşturulmuş ve en ekonomik olanı saptanmıştır.

Dolu gövdeli taşıyıcı sistem çerçeveleri çözümlerinde aşıklar sayısı ve buna bağlı olarak sisteme yük aktarılan nokta sayısı sistem çözümlerinde değişik sonuçlar oluşturmadığından en ekonomik aşıklar hesabı göz önüne alınarak çözülmüştür. Buna karşılık yük aktarılan nokta sayısı, kafes sistemlerdeki düğüm noktası sayısı ile direkt bağlantılı olduğundan her aşıklar hesabı için farklı kafes taşıyıcı sistemler oluşturularak sonuca gidilmiştir.

Bu tür bir sanayii yapısının en ekonomik taşıyıcı sistem ile inşası kadar yapının en kısa zamanda ikmal edilerek üretken hale geçmesi, ısınma, bakım ve benzeri işletme giderlerinin minimize edilmesi, ileriye dönük gelişmelere açık olması, insan psikolojisi üzerindeki etkileri de göz ardı edilmemelidir.

### II. ÇATI KAPLAMASI SEÇİMİ

Çatı kaplaması seçiminde, kaplama ağırlığı başta olmak üzere mukavemeti, ısı yalıtımı, montaj süresi, işletme ve



bakım giderleri gibi kriterler göz önünde tutularak yapılan bir piyasa araştırılmasında aşağıda üstünlükleri maddeler halinde sıralanan poliüretan dolgulu sandviç sistem çatı kaplama panellerinin, bu yapı için en uygun seçim olduğu açıktır.

**II.1. Isı yalıtımı;** eşdeğer ısı yalıtımı sağlayan farklı malzemelerin kalınlıkları aşağıdaki gibidir.

Tablo 1. Eşdeğer ısı yalıtımı için malzeme kalınlıkları

Malzeme	Yoğunluğu (kg/m <sup>3</sup> )	Isı iletkenliği λ (kcal/mh°C)	Eşdeğer ısı yalıtım yapılabildiği için gerekli kalınlık (cm)
Poliüretan	30	0.030	4.4
Camyünü	14.100	0.034	5
taştan beton	600	0.210	31
Tuğla	1200	0.430	63
Beton	2400	1.800	264

**II.2. Yük taşıma kapasiteleri;** farklı kalınlıktaki bazı poliüretan dolgulu sandviç sistem çatı kaplamasının sehimi limiti L/200 olarak geçilebilecek açıklık tablosu aşağıdaki gibidir.

Tablo 2. Sandviç panellerle geçilebilecek açıklıklar

Alüminyum levha kalınlığı (mm)		Poliüretan dolgu kalınlığı (mm)	Panel ağırlığı (kg/m <sup>2</sup> )	Sürekli kiriş gibi geçilebilecek açıklık (cm)				
Üst	Alt			P (kg/m <sup>2</sup> )				
				60	80	100	120	150
0.50	0.40	45	4.1	240	220	200	190	180
0.50	0.50	45	4.4	240	220	200	190	180
0.50	0.40	50	4.2	255	235	210	200	190

**II.3. 14 metreye ulaşan boylarda** üretilmesi montaj ve nakliye kolaylığı sağlayarak yapının üretime geçme süresini ve maliyetleri azaltır.

**II.4. Zaman içerisinde çürümez ve bakım gerektirmeyerek işletme giderlerini düşürür.**

### III. AŞIK HESAPLARI

Genel olarak çelik taşıyıcı sistemlerde taşıyıcı ilk eleman aşıklardır. Aşıklar, çatı kaplaması ve üzerindeki yükleri alarak ana sisteme iletmesinin yanında ana sistemdeki burkulma boylarını sınırlandırarak sistemde stabilite

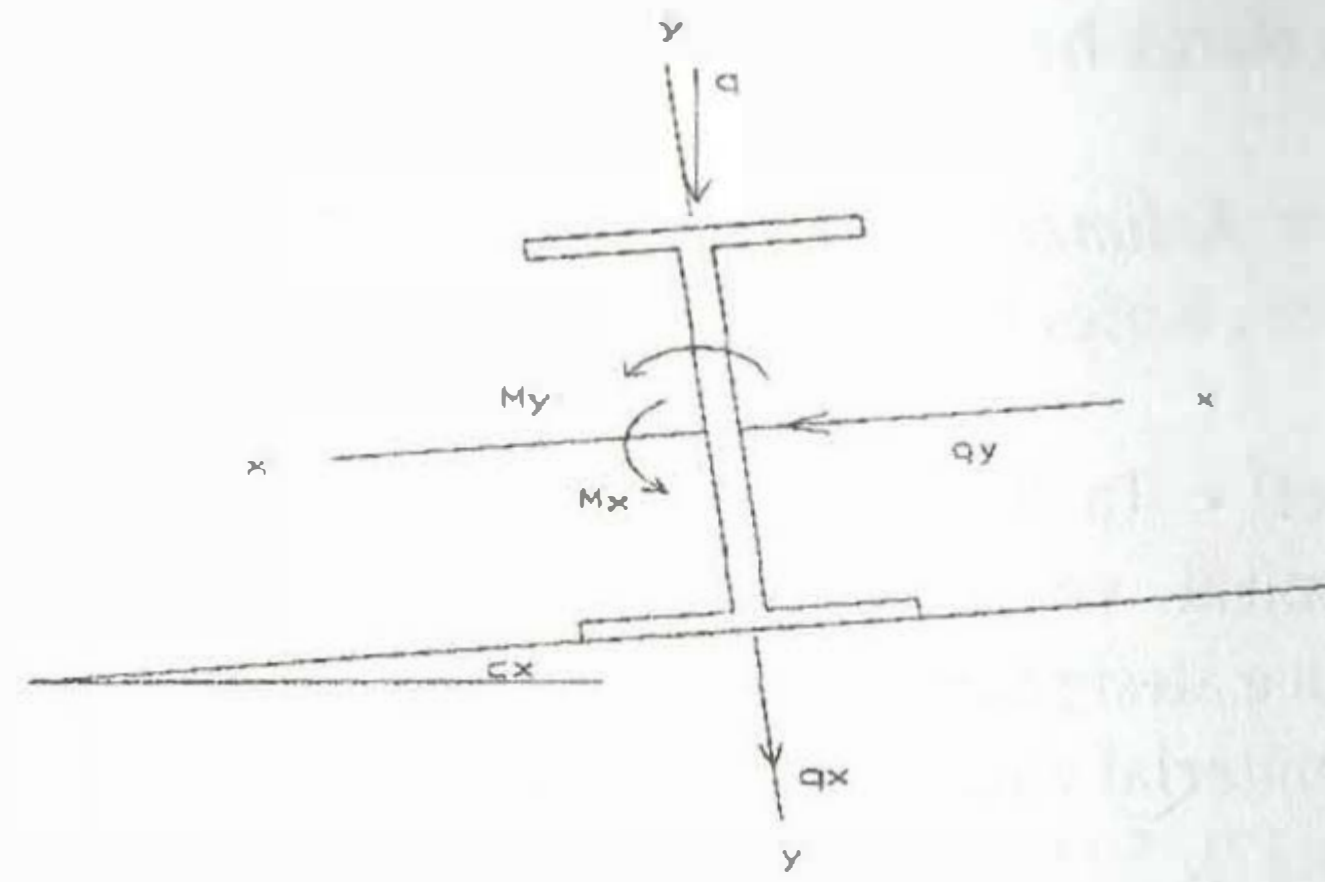
sağlar. Aşıkların boyutlandırılmasında sırasıyla **aşık açıklığı**, **aşık aralığı** ve kullanılan profil tipi **etkili** olmaktadır. Bu üç faktör dikkate alınarak aşağıdaki **aşık** sistemleri çözülmüş ve sistem ağırlıkları kıyas edilerek **en** ekonomik aşık sistemi seçilmiştir.

Sabit aşık yükleri :

Taşıyıcı çerçeve açıklığı	:	25 x 2 = 50 mt
Taşıyıcı çerçeve aralığı	:	10 x 4 = 40 mt
Çatı örtüsü + aşık ağırlığı (g1)	:	15 + 10 = 25 kg/m <sup>2</sup>
g1 + makas ağırlığı (g2)	:	25 + 20 = 45 kg/m <sup>2</sup>
Kar yükü (Pk)	:	75 kg/m <sup>2</sup>
Çatı eğimi %10 (α)	:	5.7

Değişken aşık karakterleri :

Sürekli kiriş gibi çalıştığı varsayılarak boyutlandırma yapılacaktır.



Şekil 1. Profil aşık kesiti

**III.1. Aşık aralığı**  $a = 25 / 16 \cdot 1.77 = 1770\text{mm}$  (gergisiz)

$$q = (g1 + P_k) \cdot a = (25 + 75) \cdot 1.77 = 177 \text{ kg/m}$$

$$q_x = q \cdot \cos \alpha = 177 \cdot \cos(5.7) = 176 \text{ kg.m}$$

$$q_y = q \cdot \sin \alpha = 177 \cdot \sin(5.7) = 18 \text{ kg.m}$$

Gerilme hesabı :

$$M_x = q_x \cdot (e^2/11) = 176 \cdot (10^2/11) = 1600 \text{ kg.m}$$

$$M_y = q_y \cdot ((e/2)^2/11) = 18 \cdot (5^2/11) = 41 \text{ kg.m}$$

Seçilen kesit I220  $I_x = 3060 \text{ cm}^4$   $W_x = 278 \text{ cm}^3$   
 $I_y = 162 \text{ cm}^4$   $W_y = 33 \text{ cm}^3$

Gerilme kontrolü :

$$\sigma = (M_x/W_x) + (M_y/W_y) = 1600/278 + 41/33 = 699 \text{ kg/cm}^2$$

$$699 < 1440 \text{ kg/cm}^2$$

Sehim hesabı :

$$f_x = (2.48 \cdot q_x \cdot e^4) / I_x = (2.48 \cdot 0.176 \cdot 10^4) / 3060 = 1.43 \text{ cm}$$

$$f_y = (2.48 \cdot q_y \cdot e^4) / I_y = (2.48 \cdot 0.018 \cdot 10^4) / 162 = 2.76 \text{ cm}$$

Sehim kontrolü :

$$f = (f_x^2 + f_y^2)^{0.5} = (1.43^2 + 2.76^2)^{0.5} = 3.10 \text{ cm}$$

$$f_{\max} = e/300 = 1000/300 = 3.30 \text{ cm}$$



$$3.10 < 3.30 \text{ cm}$$

### III.2.Aşık aralığı $a = 25/6 \cdot 1.77 = 1770\text{mm}$ (tekgergi)

$$\begin{aligned} q &= (g_1 + P_k) \cdot a = (25 + 75) \cdot 1.77 = 177 \text{ kg/m} \\ q_x &= q \cdot \cos\alpha = 177 \cdot \cos(5.7) = 176 \text{ kg.m} \\ q_y &= q \cdot \sin\alpha = 177 \cdot \sin(5.7) = 18 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Gerilme hesabı :

$$\begin{aligned} M_x &= q_x \cdot (e^2/11) = 176 \cdot (10^2/11) = 1600 \text{ kg.m} \\ M_y &= q_y \cdot ((e/2)^2/11) = 18 \cdot (5^2/11) = 41 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Seçilen kesit I180} \quad I_x &= 1450 \text{ cm}^4 \quad W_x = 161 \text{ cm}^3 \\ I_y &= 81.3 \text{ cm}^4 \quad W_y = 19.8 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Gerilme kontrolü :

$$\begin{aligned} \sigma &= (M_x/W_x) + (M_y/W_y) = 1600/161 + 41/19.8 = 1201 \text{ kg/cm}^2 \\ 1201 &< 1440 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Sehim hesabı :

$$\begin{aligned} f_x &= (2.48 \cdot q_x \cdot e^4)/I_x = (2.48 \cdot 0.176 \cdot 10^4)/1450 = 3.01 \text{ cm} \\ f_y &= \text{Gergi olduğu için yaklaşık sıfır alınabilir} = 0.00 \text{ cm} \end{aligned}$$

Sehim kontrolü :

$$\begin{aligned} f &= (f_x^2 + f_y^2)^{0.5} = (3.01^2 + 0.00^2)^{0.5} = 3.01 \text{ cm} \\ f_{\max} &= e/300 = 1000/300 = 3.30 \text{ cm} \\ 3.01 &< 3.30 \text{ cm} \end{aligned}$$

### III.3.Aşık aralığı $a = 25/6 \cdot 1.77 = 1770\text{mm}$ (çiftgerg)

$$\begin{aligned} q &= (g_1 + P_k) \cdot a = (25 + 75) \cdot 1.77 = 177 \text{ kg/m} \\ q_x &= q \cdot \cos\alpha = 177 \cdot \cos(5.7) = 176 \text{ kg.m} \\ q_y &= q \cdot \sin\alpha = 177 \cdot \sin(5.7) = 18 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Gerilme hesabı :

$$\begin{aligned} M_x &= q_x \cdot (e^2/11) = 176 \cdot (10^2/11) = 1600 \text{ kg.m} \\ M_y &= q_y \cdot ((e/3)^2/11) = 18 \cdot (3.33^2/11) = 18 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Seçilen kesit I180} \quad I_x &= 1450 \text{ cm}^4 \quad W_x = 161 \text{ cm}^3 \\ I_y &= 81.3 \text{ cm}^4 \quad W_y = 19.8 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Gerilme kontrolü :

$$\begin{aligned} \sigma &= (M_x/W_x) + (M_y/W_y) = 1600/161 + 18/19.8 = 1090 \text{ kg/cm}^2 \\ 1090 &< 1440 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Sehim hesabı :

$$\begin{aligned} f_x &= (2.48 \cdot q_x \cdot e^4)/I_x = (2.48 \cdot 0.176 \cdot 10^4)/1450 = 3.01 \text{ cm} \\ f_y &= \text{Gergi olduğu için yaklaşık sıfır alınabilir} = 0.00 \text{ cm} \end{aligned}$$

Sehim kontrolü :

$$\begin{aligned} f &= (f_x^2 + f_y^2)^{0.5} = (3.01^2 + 0.00^2)^{0.5} = 3.01 \text{ cm} \\ f_{\max} &= e/300 = 1000/300 = 3.30 \text{ cm} \\ 3.01 &< 3.30 \text{ cm} \end{aligned}$$

Diğer aşık sistem çözümleri ve ağırlıkları aşağıdaki tablo.3 de özetlenmiştir.

Tablo 3. Farklı aşık sistemleri boyutları ve ağırlıkları

Aşık aralığı	Seçilen profil	Boy	Adedi	Birim ağırlığı (kg/m)	Toplam sistem ağırlığı
Çift eğimli (çift çatlı) sistem için çözüm					
1770	I180	40	16*2	21.9	28032
2060	I200	40	14*2	26.3	29456
2480	I200	40	12*2	26.3	25248
3100	I220	40	10*2	31.1	24880
4130	I240	40	8*2	36.2	23168
Tek eğimli (tek çatlı) sistem için çözüm					
1770	I180	40	15*2	21.9	26280
2060	I200	40	13*2	26.3	27352
2480	I200	40	11*2	26.3	23144
3100	I220	40	9*2	31.1	22392
4130	I240	40	7*2	36.2	20272
En ekonomik sistem için petek profil çözümü					
4130	I220	40	7*2	35.3	19768

Sonuç olarak yukarıdaki tablodan da anlaşılacağı gibi aşık aralığının maksimum olduğu çözümlerde en ekonomik aşık sistemi elde edilmiştir. Aşık aralığı 4130 milimetre olduğu göz önünde bulundurulursa geniş açıklıkları minimum öz ağırlıklarla geçebilen poliüretan dolgulu sandviç çatı kaplama sistemlerinin bu tür sanayii yapılarında ne kadar doğru bir seçim olduğunu göstermektedir.

## IV. DOLU GÖVDELİ KİRİŞ HESABI

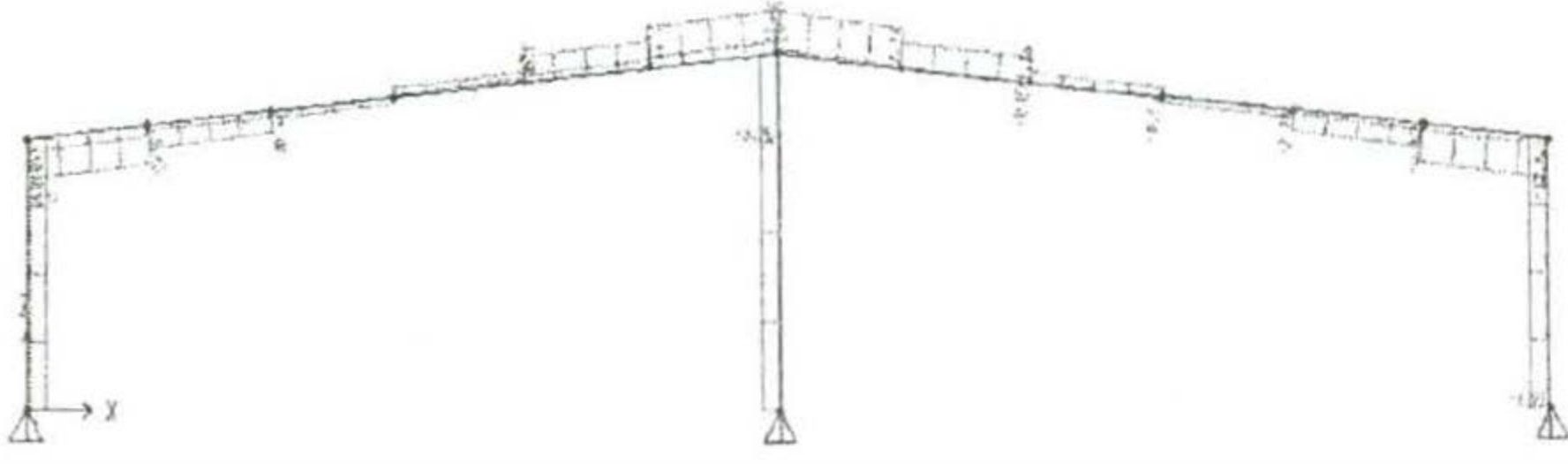
Bu sistemde kolonlar temellerde mafsalı, üst bağlantılarda rijit olacak şekilde tasarlanmıştır. Bu tür sistemlerin en büyük avantajı, temellere sadece düşey yükler etkiğinden yapının kötü zeminlerde de daha emniyetli olmasını sağlar. Ayrıca bu sistem çatıda su izolasyonunu zorlaştıran dereleri de ortadan kaldırmıştır.

Sistem 1 in Sap2000 programı ile yapılan analizinde kirişlerde maksimum moment, kesme kuvveti, normal kuvvet ve deplasmanları ile diyagramları aşağıda gösterilmiştir.

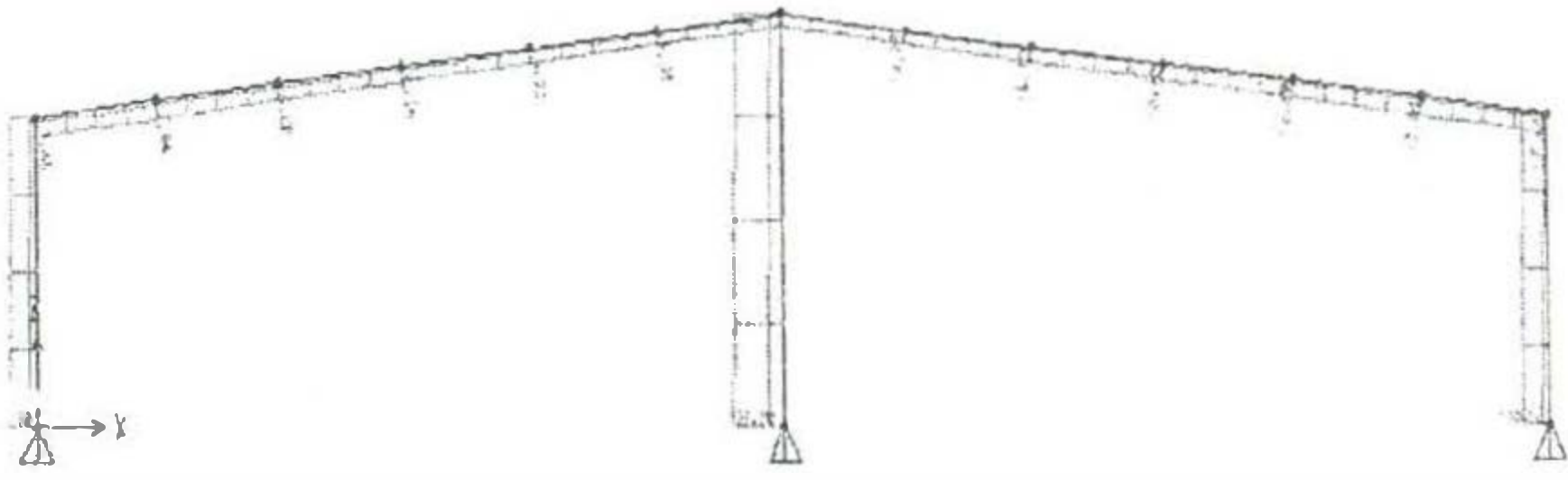


Şekil 1. Sistem 2 için maksimum yükleme kombinasyonu altında oluşan moment diyagramı

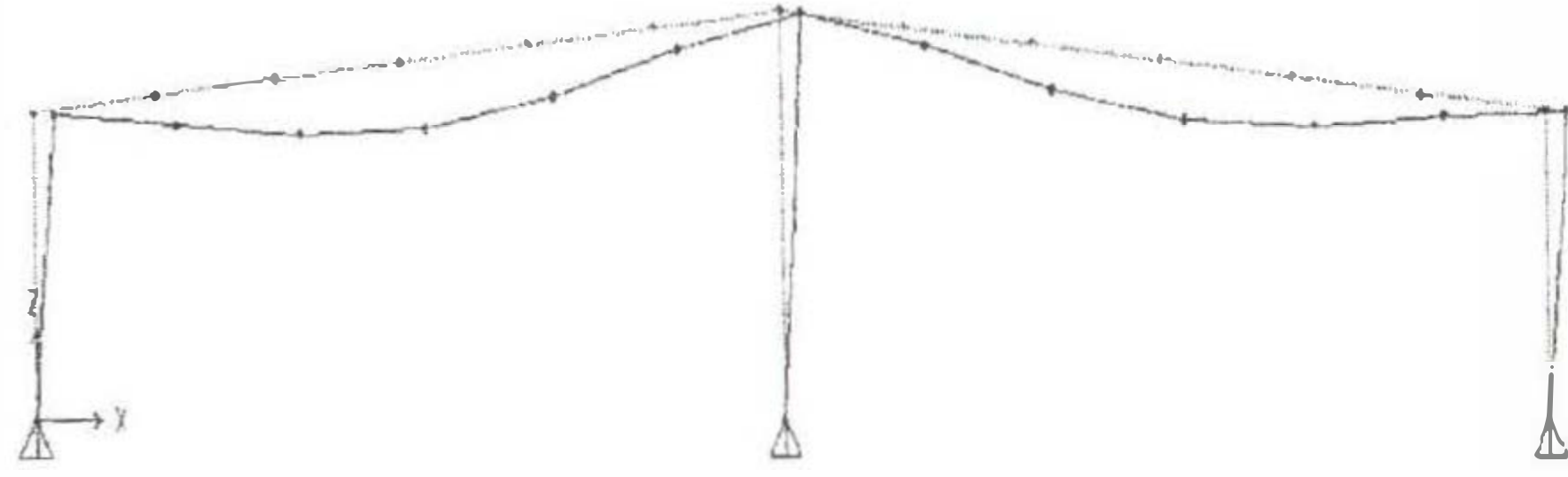




Şekil 2. Sistem 2 için maksimum yükleme kombinasyonu altında oluşan kesme kuvveti diyagramı



Şekil 3. Sistem 2 için maksimum yükleme kombinasyonu altında oluşan normal kuvvet diyagramı



Şekil 4. Sistem 2 için maksimum yükleme kombinasyonu altında oluşan deplasman diyagramı

Maksimum moment	:	57.06 tm
Maksimum kesme kuvveti	:	11.63 ton
Maksimum normal kuvvet	:	7.48 ton
Maksimum deplasman	:	8.24 cm

Yukarıdaki değerler baz alınarak sistem 2 için bir kiriş boyutlandırılması aşağıda gösterildiği gibidir.

#### IV.1.En kesit özellikleri

I 600	F = 254 cm <sup>2</sup>	S <sub>x</sub> = 2730 cm <sup>3</sup>
	I <sub>x</sub> = 139000 cm <sup>4</sup>	W <sub>x</sub> = 4633 cm <sup>3</sup>

#### IV.2.Eğilme gerilmesi kontrolü

$$\sigma = M_{\max} / W_x = 5706 / 4633 = 1.23 < 1.44 \quad \text{yeterli}$$

#### IV.3.Makaslama gerilmesi kontrolü

$$\tau = (V_{\max} * S_x) / (I_x * t_g) = (11.63 * 2730) / (139000 * 2.16) =$$

$$= 0.106 < 0.83 \quad \text{yeterli}$$

#### IV.4.Kıyaslama gerilmesi kontrolü

Moment ve kesme kuvveti diyagramları dikkatle incelenecek olursa iki diyagramında maksimum olduğu nokta orta kolonun kirişle birleştiği noktada oluşacaktır dolayısıyla bu noktada kıyaslama kontrolü yapmak gereklidir. Sap2000 analizlerinden alınan maksimum moment ve kesme kuvveti de bu noktada olduğundan bu değerler kullanılarak kıyaslama kontrolü yapılacaktır.

$$\sigma = (M_{\max} / I_x) * (h_g/2) = (5706 / 139000) * (25.45) = 1.04$$

$$\tau = (V_{\max} * S_x) / (I_x * t_g) = (11.63 * 2730) / (139000 * 2.16) = 0.11$$

$$\sigma_v = (\sigma^2 + 3 * \tau^2)^{0.5} = (1.04^2 + 3 * 0.11^2)^{0.5} = 1.06 \text{ t/cm}^2$$

$$= 1.06 < 1.80 \text{ t/cm}^2 \quad \text{yeterli}$$

#### IV.5.Sehim kontrolü

Maksimum deplasman yapan nokta sistemin sol taraftaki kirişin orta noktasında 8.24 cm olarak oluşmaktadır.

$$f_{\max} = L / 300 = 2500 / 300 = 8.33 \text{ cm}$$

$$= 8.24 < 8.33 \text{ cm} \quad \text{yeterli}$$

#### IV.6.Basınç başlığının yanal burkulma kontrolü

Basınca çalışan başlık kısmının alanı

$$F_b = b * t_b + (h - 2 * t_b) * t_g / 6 = 88.93 \text{ cm}^2$$

Basınca çalışan başlık kısmının ataleti ve yarıçapı

$$I_{yb} = (t_b * b^3) / 12 = 2683 \text{ cm}^4$$

$$i_{yb} = (I_{yb} / F_b)^{0.5} = 5.49 \text{ cm}$$

Eğilme – Basınç başlığı için emniyet gerilmesi

$$S_{ky} = 417 \text{ cm} \quad \lambda_{yb} = S_{ky} / i_{yb} = 76$$

$$\sigma_a = 2400 \text{ kg/cm}^2$$

C<sub>b</sub> = katsayısının değeri için

$$\left. \begin{array}{l} M_1 = 8.43 \text{ tm} \\ M_2 = 56.22 \text{ tm} \end{array} \right\} C_b = 1.60$$

$((3 * 10^7 * C_b) / \sigma_a)^{0.5} = 141.39 > 76$  olduğundan

$$\sigma_{Bx1} = ((\sigma_a * \lambda_{yb}^2) / (C_b * 9 * 10^7)) * \sigma_a = 1377 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{Bx2} = (8.4 * 10^5 * C_b * F_b) / (S_{ky} * h) = 4775 \text{ kg/cm}^2$$

$$\left. \begin{array}{l} 4775 > 1377 \text{ kg/cm}^2 \\ 4775 > 0.6 * \sigma_a = 1440 \text{ kg/cm}^2 \end{array} \right\} \sigma_{Bx} = 1440 \text{ kg/cm}^2$$

yanal burkulma olasılığı yoktur.



## V. KAFES KİRİŞ HESABI



Şekil 5. Sistem 8 için tasarlanan taşıyıcı çerçeve

Bu sistemde kolonlar temellerde ankastre, üst bağlantılarda mafsal olacak şekilde tasarlanmıştır. Kafes yüksekliği  $L/12$  olarak seçildiği zaman en ekonomik sistemler elde edildiğinden 2.00 metre alınmıştır.

Sistem 8 in Sap2000 programı ile yapılan analizinde kafes çubuklarında oluşan normal kuvvetler alınarak bir tablo aracılığı ile kesitler seçilmiştir.

## VI. KOLON HESABI

Sistem 2 deki sağ ve sol kolonlarda oluşan maksimum moment ve kesme kuvveti değerleri aşağıdaki gibidir.

Maksimum moment : 47.70 tm  
Maksimum normal kuvvet : 15.13 ton

Yukarıdaki değerler baz alınarak sistem 2 için kolon boyutlandırılması aşağıda gösterildiği gibidir.

### VI.1.En kesit özellikleri

Profil	h	b	t <sub>b</sub>	t <sub>w</sub>	F	I <sub>x</sub>	W <sub>x</sub>	i <sub>x</sub>	i <sub>y</sub>
I550	55	20	3	1.9	213	99180	3610	21.6	4.02

Basınca çalışan başlık kısmının alanı  
 $F_b = b \cdot t_b + (h - 2 \cdot t_b) \cdot (t_w / 6) = 75.52 \text{ cm}^2$

Basınca çalışan başlık kısmının ataleti ve yarı çapı  
 $I_{yb} = (t_b \cdot b^3) / 12 = 2000 \text{ cm}^4$   
 $i_{yb} = (I_{yb} / F_b)^{0.5} = 5,15 \text{ cm}$

### VI.2.Burkulma boyları

x-x ekseninde : (i) ucu ankastre (j) ucu boşta  
 $S_x = 750 \text{ cm}$   
TS648 Çizelge 3-4-5 den  
 $G_i = 10.0$   
 $G_j = 3.3$  }  $k_x = 2.45$   $S_{kx} = k_x \cdot S = 1837.50 \text{ cm}$

y-y ekseninde : (i) ucu mafsalı (j) ucu mafsalı  
 $S_y = 400 \text{ cm}$   $S_{ky} = k_y \cdot S = 400 \text{ cm}$

### VI.3.Eğilme moment diyagramı



### VI.4.Eksenel yükten oluşan gerilme ve emniyet gerilmesi

$P_{max} = 15.3 \text{ tn}$  ve  $\sigma_{eb} = P/F = 71.03 \text{ kg/cm}^2$   
 $\lambda_x = S_{kx} / i_x$   $\lambda_x = 86$   $w = 1.7$   $\sigma_{cem} = 1440 \text{ kg/cm}^2$   
 $\sigma_{bem} = \sigma_{cem} / w = 1440 / 1.7 = 847 \text{ kg/cm}^2$   
 $\sigma_{eb} / \sigma_{bem} = 71.03 / 847 = 0.08 > 0.15$  olduğundan iki kontrolde yapılmalıdır.

### VI.5.Eğilmeden oluşan gerilme

Kesit simetrik olduğundan  
 $\sigma_{bx} = M_{max} / W_x = 4770 / 3610 = 1.32 < 1.44$  yeterli

### VI.6.Eğilme – Basınç başlığı için emniyet gerilmeleri

$\lambda_{yb} = S_{ky} / i_{yb} = 78$   $\sigma_a = 2400 \text{ kg/cm}^2$

$C_b$  katsayısı değeri :

Tablo 4.  $C_b$  katsayısı hesap tablosu

		Tablo 9-8 C <sub>b</sub> için			
		1	2	3	4
Moment Diyagramının şekli	(1)				
	(2)				
C <sub>b</sub>		$1.75 + 1.05(M1/M2) + 0.3(M1/M2)^2$	$1.75 - 1.05(M1/M2) + 0.3(M1/M2)^2$	1,75	1

Moment diyagramı 3 nolu sütuna uygundur.  $C_b = 1.75$

$((3 \cdot 10^7 \cdot C_b) / \sigma_a)^{0.5} = 148 > 78$  olduğundan  $\sigma_{Bx1} = 1385 \text{ kg/cm}^2$   
 $\sigma_{Bx2} = 5046 \text{ kg/cm}^2$

$5046 \text{ kg/cm}^2 > 1385 \text{ kg/cm}^2$   
 $5046 \text{ kg/cm}^2 > 0.6 \cdot \sigma_a = 1440 \text{ kg/cm}^2$  }  $\sigma_{Bx} = 1440 \text{ kg/cm}^2$



### VI.7.Euler gerilmeleri

$$\sigma_{ex} = 8290000 / \lambda_x^2 = 1121 \text{ kg/cm}^2$$

### VI.8.C<sub>m</sub> Katsayısının Değeri

Yanal deplasmanın mümkün olmadığı durumlarda  
C<sub>m</sub> = 0.85 alınır.

### VI.9.Genel kontroller

#### 1.Kontrol

$$(\sigma_{eb}/\sigma_{bem}) + (C_m * \sigma_{bx}) / (1 - (\sigma_{eb}/\sigma_{ex})) * \sigma_{Bx} < 1 \quad \text{olmalı}$$

$$(71/847) + (0.85 * 1322) / (1 - (71/1121)) * 1440 = 0.92 < 1$$

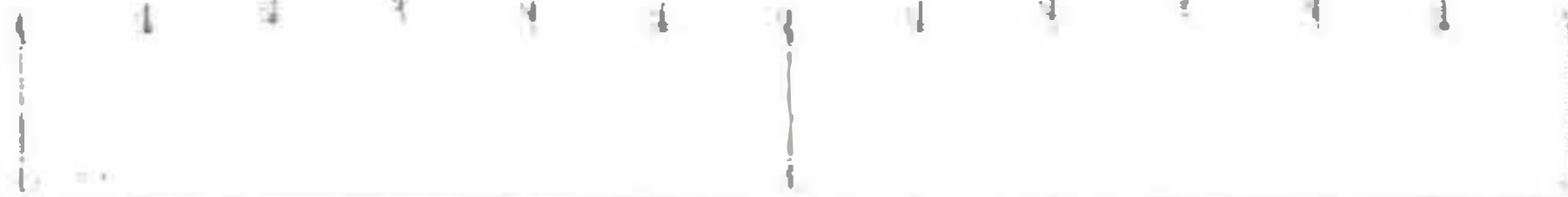
#### 2.Kontrol

$$(\sigma_{eb}/0.6 * \sigma_a) + (\sigma_{bx}/\sigma_{Bx}) < 1 \quad \text{olmalı}$$

$$(71/1440) + (1322/1440) = 0.97 < 1 \quad \text{yeterli}$$


Yukarıda yapılan işlemler sadece belirli sistemler için örnek teşkil etmesi amacıyla gösterilmiştir. Seçilen 8 sistem için yapılan çözümlerin neticesi aşağıdaki tablolarda verilmektedir ve bu sistemlerden en hafif olanı en ekonomik çözümü göstermektedir.

## VII. SİSTEM AĞIRLIKLARI HESABI




İsmi	Adedi	Profil	Boy	Birim ağırlık	Toplam ağırlık
Kiriş ağırlıkları	2*5	I600	25.14	199.0	50028
Aşık ağırlıkları (ekon.)	8*2	I220	40.00	31.1	19904
Sağ ve sol kolonlar	2*5	I600	7.50	199.0	14925
Orta kolonlar	1*5	I380	7.50	84.0	3150
<b>TOPLAM SİSTEM AĞIRLIĞI</b>					<b>88007</b>

Sistem 1 İçin toplam ağırlık tablosu (I profillerle)




İsmi	Adedi	Profil petek	Boy	Birim ağırlık	Toplam ağırlık
Kiriş ağırlıkları	2*5	I500	25.14	141.0	35447
Aşık ağırlıkları (ekon.)	8*2	I220	40.00	31.1	19904
Sağ ve sol kolonlar	2*5	I600	7.50	199.0	14925
Orta kolonlar	1*5	I380	7.50	84.0	3150
<b>TOPLAM SİSTEM AĞIRLIĞI</b>					<b>73426</b>

Sistem 1 İçin toplam ağırlık tablosu (Petek profillerle)



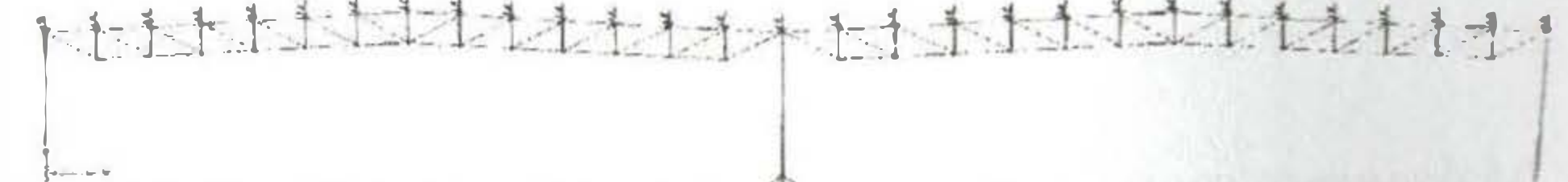
İsmi	Adedi	Profil	Boy	Birim ağırlık	Toplam ağırlık
Kiriş ağırlıkları	2*5	I600	25.14	199.0	50028
Aşık ağırlıkları (ekon.)	14*2	I220	40.00	31.1	34832
Sağ ve sol kolonlar	2*5	I550	7.50	167.0	12525
Orta kolonlar	1*5	I600	10.00	199.0	9950
<b>TOPLAM SİSTEM AĞIRLIĞI</b>					<b>107335</b>

Sistem 2 İçin toplam ağırlık tablosu (I profillerle)



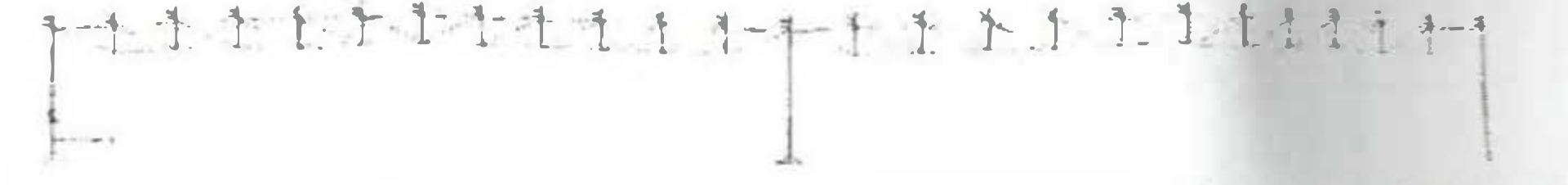
İsmi	Adedi	Profil	Boy	Birim ağırlık	Toplam ağırlık
Kiriş ağırlıkları	2*5	I450	25.14	115.0	28911
Aşık ağırlıkları (ekon.)	14*2	I220	40.00	31.1	34832
Sağ ve sol kolonlar	2*5	I550	7.50	167.0	12525
Orta kolonlar	1*5	I600	10.00	199.0	9950
<b>TOPLAM SİSTEM AĞIRLIĞI</b>					<b>86218</b>

Sistem 2 İçin toplam ağırlık tablosu (Petek profillerle)



İsmi	Adedi	Profil	Boy	Birim ağırlık	Toplam ağırlık
Kiriş ağırlıkları	1*5			5587	27935
Aşık ağırlıkları (profil)	8*4	I180	40.00	21.9	28032
Sağ ve sol kolonlar	2*5	I475	7.50	128.0	9600
Orta kolonlar	1*5	I340	7.50	68.1	2553
<b>TOPLAM SİSTEM AĞIRLIĞI</b>					<b>68120</b>

Sistem 3 İçin toplam ağırlık tablosu



İsmi	Adedi	Profil	Boy	Birim ağırlık	Toplam ağırlık
Kiriş ağırlıkları	1*5			5636	28180
Aşık ağırlıkları (profil)	7*4	I200	40.00	263	29456
Sağ ve sol kolonlar	2*5	I450	7.50	115.0	8625
Orta kolonlar	1*5	I20	7.50	61.1	2291
<b>TOPLAM SİSTEM AĞIRLIĞI</b>					<b>68552</b>

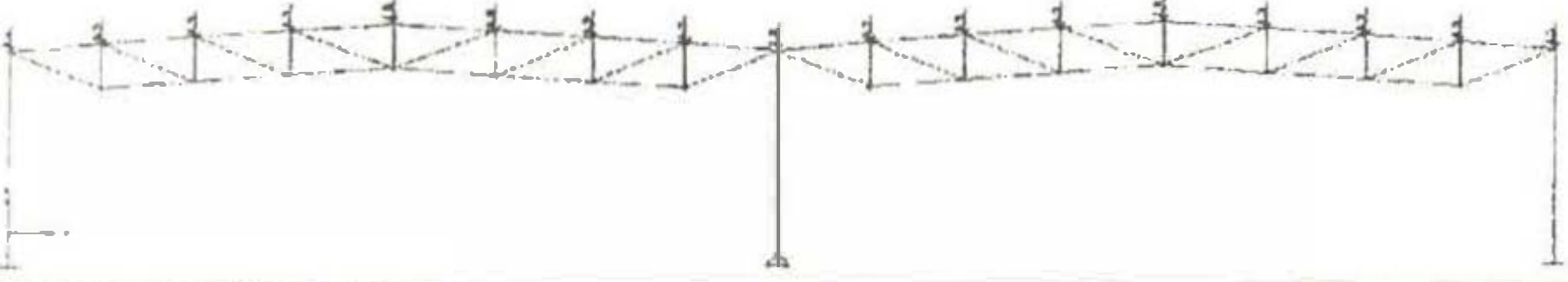
Sistem 4 İçin toplam ağırlık tablosu





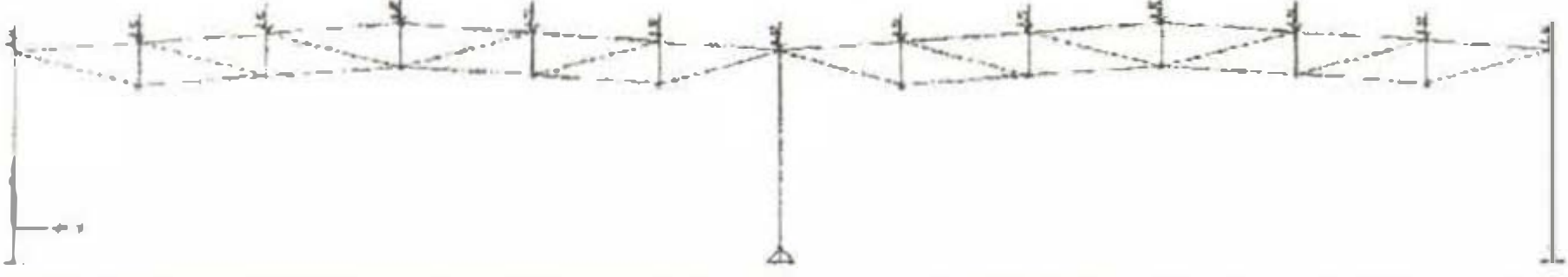
İsmi	Adedi	Profil	Boy	Birim ağırlık	Toplam ağırlık
Kiriş ağırlıkları	1*5			5546	27 730
Aşık ağırlıkları (profil.)	6*4	I200	40.00	26.3	25248
Sağ ve sol kolonlar	2*5	I475	7.50	128.0	9600
Orta kolonlar	1*5	I320	7.50	61.1	2291
<b>TOPLAM SİSTEM AĞIRLIĞI</b>					<b>64 869</b>

Sistem 5 için toplam ağırlık tablosu



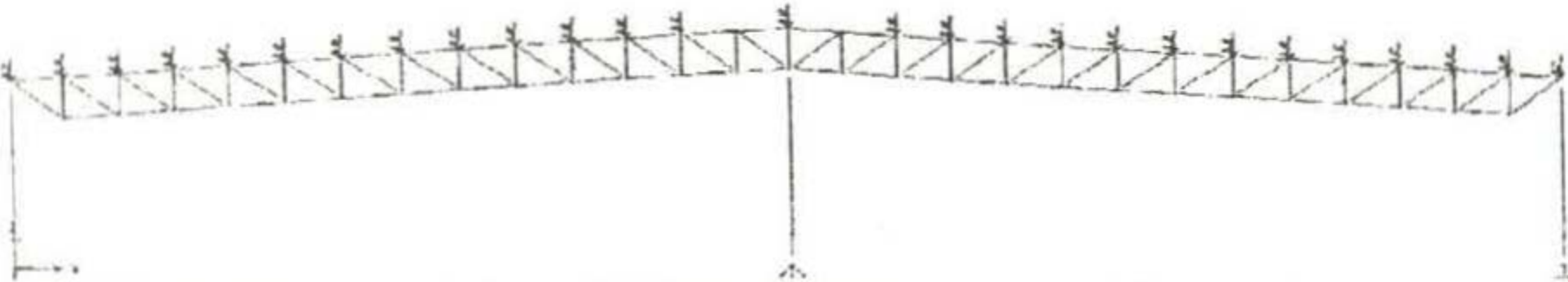
İsmi	Adedi	Profil	Boy	Birim ağırlık	Toplam ağırlık
Kiriş ağırlıkları	1*5			5826	29130
Aşık ağırlıkları (profil.)	5*4	I220	40.00	31.1	24880
Sağ ve sol kolonlar	2*5	I450	7.50	115.0	8625
Orta kolonlar	1*5	I320	7.50	61.1	2291
<b>TOPLAM SİSTEM AĞIRLIĞI</b>					<b>64 926</b>

Sistem 6 için toplam ağırlık tablosu



İsmi	Adedi	Profil	Boy	Birim ağırlık	Toplam ağırlık
Kiriş ağırlıkları	1*5			6556	32 780
Aşık ağırlıkları (profil.)	4*4	I220	40.00	31.1	19904
Sağ ve sol kolonlar	2*5	I425	7.50	104.0	7800
Orta kolonlar	1*5	I320	7.50	61.1	2291
<b>TOPLAM SİSTEM AĞIRLIĞI</b>					<b>62 775</b>

Sistem 7 için toplam ağırlık tablosu



İsmi	Adedi	Profil	Boy	Birim ağırlık	Toplam ağırlık
Kiriş ağırlıkları	1*5			5135	25 675
Aşık ağırlıkları (profil.)	15*2	I180	40.00	21.9	26280
Sağ ve sol kolonlar	2*5	I450	7.50	115.0	8625
Orta kolonlar	1*5	I340	10.00	68.1	3405
<b>TOPLAM SİSTEM AĞIRLIĞI</b>					<b>63 985</b>

Sistem 8 için toplam ağırlık tablosu

## VIII. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yukarıda tablolar halinde verilen sistem ağırlıkları incelendiğinde kafes sistemler dolu gövdeli ve petek sistemlere göre daha ekonomik çözümler vermektedir. Ayrıca kafes sistemlerde kendi aralarında mukayese edildiğinde, aşık hesaplarında ulaşılan ekonomik çözümün desteklendiği göze çarpmaktadır. Aşık aralığının artması, aşık sayısını ve buna bağlı olarak kafes sistemdeki düğüm noktası sayısını azaltmakta dolayısıyla çubuk boylarını uzatmaktadır. Başlangıçta artan burkulma boyları sistemin ekonomik olmayacağı görüşünü desteklese de kafes sistemleri oluşturan çubukların dikkatli bir dizayn ile çoğunu çekmeye çalıştırdığımızdan burkulma söz konusu olmamaktadır. Sonuç itibarıyla, yukarıda verilen ağırlık tabloları incelendiğinde ekonomik olarak en uygun olan sistem 7 benimsenmiştir.

## KAYNAKLAR

- [1] TS 648/Aralık 1980, "Çelik Yapıların Hesap Ve Yapım Kuralları" Türk Standartları Enstitüsü, 1982, Ankara
- [2] TS 498/Kasım 1987, "Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri" Türk Standartları Enstitüsü, 1987, Ankara
- [3] ARGALI Selim, "Bir Sanayii Yapısı İçin Ülkemiz Koşullarına Göre En Ekonomik Taşıyıcı Sistemin Araştırılması" Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Şubat 1999, İstanbul
- [4] BAHAR Coşkun, "Bir Hal Yapısında Ekonomik Sistem Araştırılması" Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ekim 1995, İstanbul
- [5] ODABAŞI Yalman, "Çelik Çatı Elemanlarının Ekonomik Çözümleri" 1982,
- [6] ODABAŞI Yalman, "Ahşap Ve Çelik Yapı Elemanları" 1997,
- [7] YORULMAZ Müfit, "Yapı Statiği İzostatik Sistemler", İstanbul Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, 1980, İstanbul
- [8] 2000 YAPEL, "Alüminyum Poliüretanlı Çatı Kaplama Ürün Kataloğu" YAPEL Yapı Elemanları Sanayii ve Ticaret Ltd.Şti, 2000, Ankara
- [9] 2000 ASSAN, "Sandviç Panel Ürün Kataloğu" ASSAN PREFABRİK Yapı Elemanları Pazarlama ve İnşaat A.Ş., 2000, İstanbul
- [10] 1999 ÖZGÜR ATERMİT, "Atermit Ürün Kataloğu" ÖZGÜR Atermit Sanayii ve Ticaret A.Ş., 2000, Adana