

HAFİF KONSTRÜKSİYON ETÜDÜ VE MADEN İHRACINDA EKONOMİK KAFES DİZAYNI

Arif AKÇA*

ÖZET

Hareketli konstrüksiyonların daha hafif yapılmasının enerji masraflarını önemli ölçüde azaltacağı aşıkardır. Bilhassa maden ihraç kuyularında, yüzlerce metre derinliklerde, yeraltı—yeryüzü arasındaki her türlü irtibatı devamlı hareketle sağlamakta olan kafes ya da skip denilen kabinin daha hafif konstrüksiyonu ekonomi gereğidir. Bu bakımdan burada hafif konstrüksiyonun esasları etud edilmiş ve bunların kafes ile aksesuarına uygulanişı üzerinde durulmuştur. Ayrıca hafif konstrüksiyonlardan çeşitli örnekler verilmiştir.

SUMMARY

Design of mobile constructions such as skips and cages due to the effect of their weight on the pay load is of vital importance. When tons of dead—weight is hauled hundreds of times per day from great depths down beneath the surface of the earth the need for light construction apart of the considerable savings made in the energy needed to move them becomes a must.

Following a brief survey of light construction techniques work done at the Ereğli Coal Mines Planning and Reconstruction Dept. with regard to light cage and the associated gear desing is explained and the importance of light construction is stressed.

* Konstrüksiyon Baş Mühendisi -Etüd- Tesis Müdürlüğü, EKİ , ZONGULDAK

1. GİRİŞ

Bilindiği gibi madenler; yeraltında, işçiler tarafından çeşitli alet ve makinalarla kazıldıktan sonra transport tesisleriyle belirli ihraç merkezlerine taşınır. İhraç merkezlerindeki kuyu vinç tesisleri ile de yeraltından yeryüzüne çıkarılır ve ancak bu ameliyeden sonra üretim gerçekleşmiş olur.

Yine, yeryüzü—yeraltı arasındaki personel nakli, takım-teçhizatı—makina ve materyel (tahkimat) nakli kuyu vinç tesisleri ile gerçekleşir.

Vinç tesisleri bu görevleri bir çelik tel halat ucuna bağlı kafes veya skip denilen bir kabinin günde yüzlerce hatta binlerce defa yeryüzü—yeraltı arasında hareket etmesiyle yaparlar. Yeryüzü—yeraltı arasındaki mesafe arttıkça vinç tesislerinin işletme masraflarının artacağı açıktır. Bu masrafların optimum değerlerde tutulabilmesi kafes ya da skip denilen vinç kabini ile aksesuarlarının hafifletilmesi ile mümkündür, diğer taraftan buna bağlı kabini taşıyan çelik tel halatın da hafiflemesiyle büyük ölçüde enerji tasarrufu sağlanır. O halde konuya hafif yapı (hafif konstrüksiyon) teknolojisinin incelenmesi ile yaklaşılmalıdır.

2. HAFİF YAPININ ÖNEMİ

2.1. HAFİF YAPININ ETÜDÜ

Genel olarak hafif yapıya özenmenin, masraflar artmadıkça ve inşa parçasının yararlılığı azalmadıkça nedenini anlatmaya gerek yoktur.

Fakat bunun dışında eğer ağırlık azaltılması başka yönlerden yeteri kadar ekonomiyi ve avantajı sağlıyorsa o zaman hafif yapı için fazla masraflara göz yumulabilir.

Bunları şu şekilde sıralayabiliriz.

1) Diğer parçaların yükü hafifletilebilir ve bunlar daha hafif tutulabilirse,

Örneğin; kafes hafifletildiğinde kafesin bağlı olduğu halatın daha küçük çaplı seçilebilmesi gibi.

2) Ağırlığın azaltılması, toplam ağırlık aynı kaldığında, daha fazla faydalanma yüküne olanak veriyorsa,

örneğin; kafes hafifletildiğinde toplam yük aynı kalması halinde daha fazla kömürün (yükün) nakli gibi.

Ayrıca vasıtalar taşıma kapları, ekskavatör kepçeleri ve teleferik kabinleri.

3) İşletme masrafları azaltılabiliyorsa,

örneğin; kafes hafifletildiğinde enerji masraflarının azalması gibi.

Ayrıca ikinci maddedeki diğer örneklerin enerji masrafları.

4) Kullanma ve taşıma kolaylaşıyor»,

örneğin; ev, seyahat ve spor malzemelerinde.

5) Konstrüksiyonun yalnız hafif yapı ile yapılması mümkün ise,

örneğin; uçak.

2.2. HAFİF KONSTRÜKSİYONLARDAN ÇEŞİTLİ ÖRNEKLER

1) Teleferik kabini (Pfaend—teleferiği) şimdiye kadar çelikten yapılmıştı. 25 kişilik kabinin ağırlığı 620 kg. (kişi başına 25 kg) -di. Şimdi alüminyumdan yapılmıştır. 38 kişi için ağırlığı 336 kg. (kişi başına 8,9 kg) dir.

2) Teleferik kabini (Mucrone—teleferiği) şimdiye kadar çelikten yapılmıştı. 16 kişilik kabinin ağırlığı 1000 kg. (kişi başına 62,6 kg) idi. Şimdi alüminyumdan yapılmıştır. 23 kişi için ağırlığı 700 kg. (kişi başına 30,4 kg)dir.

Alüminyumdan yapılmış yeni kabin saatte 60 kişi yerine 110 kişi taşıma olanağı sağlamış ve mal olduğu teleferik hattı tesis masraflarının % 5'ini 11/2 sezonda amortize etmiştir.

3) Kömür için otomatik kepçe (Pittsburg Kömür İşletmesi) şimdiye kadar çelikten yapılmıştı. Yük taşıma kabiliyeti 6 ton, kendi özel ağırlığı 9,5 tondu (toplam 15,5 ton).

Şimdi alüminyum alaşımından yapılmıştır. Yük taşıma kabiliyeti 9 ton, kendi özel ağırlığı 6,5 tondur. (Topfâm 15,5 ton).

O halde kepçenin hafif metalden yapılması taşıma gücünün, aynı taşıma masraflarından % 50 artmasını sağlamıştır. Buna karşılık kepçenin hafif metal konstrüksiyonunun çelik konstrüksiyona nazaran oldukça yüksek olan maliyet masrafları bütün işletmenin maliyet masraflarının yalnız yüzde birkaçını oluşturmaktadır.

Konstrüksiyonu: Köşeler mangan çeliği köşebentlerinden, dışliler Cr-Va çeliğinden ve gövde kısmı Al sacdan perçinlenerek yapılmıştır. Aynı şekilde yükleyicilerin hafif metal kovaları ile de iyi neticeler alınmıştır.

4) Kumanda hücreli tek raylı vinç arabası: Şimdiye kadar çelikten yapılmıştı. Ağırlığı 5200 kg. idi. Şimdi Alüminyum alaşımından yapılmıştır. Ağırlığı 2900 kg'dır.

5) 9,1 ton taşıma yükü ve 22 m. raylar arası açıklıkta vinç (Alcoa, USA), şimdiye kadar çeliktendi. Ağırlığı 36,3 ton idi. Şimdi alüminyum alaşımından yapılmıştır. Ağırlığı 19,5 tondur.

6) Yolcu vagonu:

Şimdiye kadar çeliktendi : Koltuk başına düşen yük 490 kg.
Çelik hafif yapıda : Koltuk başına düşen yük 390 kg.
Al-hafif yapıda : Koltuk başına düşen yük 295 kg.

7) Motor kapağının pik döküm yerine silümin'den (GAlSi) yapılması:

Hafif metal döküm parçaları, örneğin; silümin'den yapılan parçalar pik döküme nazaran daha akıcı (ince) bir eriyiğe sahiptirler ve sıcakta daha sünek oldukları için karışık ve ince çeperli olarak rizikosuz dökülebilir.

örneğin, LAUDIEN 1 x 0,6 m ölçüsünde silümin dökümünden bir motor kapağı için cidar kalınlığını 4 mm, ağırlığını yaklaşık olarak 20 kg., aynı mukavemette, aynı kapağın pik dökümden yapılmasının cidar kalınlığını 7 mm ve ağırlığını yaklaşık olarak 100 kg. olarak vermektedir.

3. HAFİF YAPININ ESASLARI

3.1. UYGUN MALZEME CİNSİ SEÇİMİ (MALZEME KARŞILAŞTIRMASI)

Bir parçanın pik yerine çelikten ya da hafif metalden mi yapılmasının daha uygun olduğunu belirtmek için önceden, aynı yük ve ölçülerde kendi özel ağırlıklarının (O) kesitlerin (F) ve malzeme masraflarının (K) ne olabileceğini sayısal olarak saptamak gerekir. Bundan dolayı karşılaşılan yükleme durumu için uygun malzeme değerleri teşkil edilmelidir.

Malzeme karakteristiklerinin kullanımına örnek olarak Şekil Lb'deki giriş verilebilir.

Kirişe etki eden P yükü, önce emniyet gerilmesi (σ^*) ile sınırlandırılmış olsun:

$$\sigma_b = \frac{Mb}{W_b} = \frac{P.L}{4.W_b} = \sigma_b \text{ jul}$$

Geometrik benzer F kesitleri için profil değeri,

$$K_w = \frac{F^{3/2}}{W_b} \text{ sabittir. } K_w \text{ değeri yerine konursa,}$$

$$\sigma_b = \frac{Mb}{F^{3/2}/K_w} = \frac{Mb.K_w}{F^{3/2}}$$

$$\text{Kesit: } F = (Mb.K_w/\sigma_b)^{2/3} \sim 1/\sigma_b^{2/3}$$

$$\text{Ağırlık: } O = F.L.\gamma = (Mb.K_w)^{2/3}.L.\gamma/\sigma_b^{2/3} \sim \gamma/\sigma_b^{2/3}$$

$$\text{Hacim: } V = F.L = O/\gamma \sim 1/\sigma_b^{2/3}$$

$$\text{Malzeme Masrafları: } K = O . \text{ kg—fiatı} \sim \gamma/\sigma_b^{2/3} . \text{ kg—fiatı}$$

Malzemenin Q, V ve K'ya etkisi bu yüklenme durumu ve yüklenme sınırı (σ_b) için şu karakteristik değerlerle saptanır.

$$O\text{'nun katsayısı : } C_Q = \gamma/\sigma_b^{2/3}$$

$$V\text{'nin katsayısı : } C_V = 1/\sigma_b^{2/3}$$

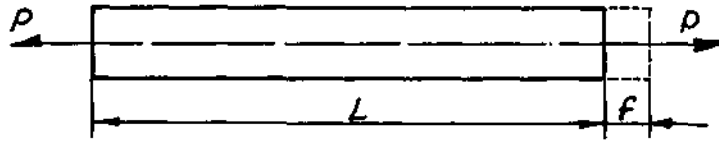
$$K\text{'nin katsayısı: } C_R = \gamma/\sigma_b^{2/3} . \text{ kg fiatı}$$

Q halde bir malzeme için büyük katsayılar, o kullanma tarzında Q, V ve K'nin büyük olduğunu gösterir.

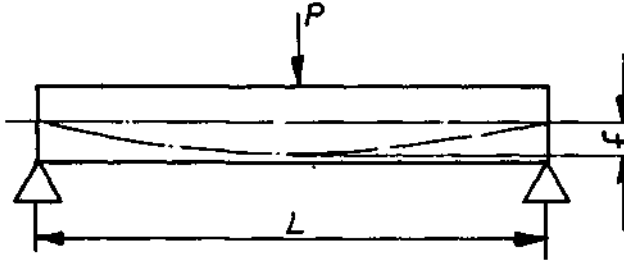
Eğer zorlanma a^{\wedge} ile değil emniyetli sehim f vasıtasıyla sınırlandırılmış ise ve;

$$f = \frac{P.L^3}{48 E.I} = f \text{ zul ise}$$

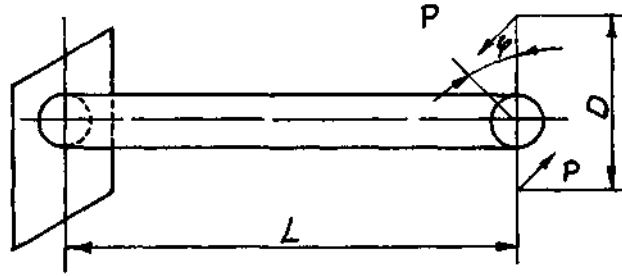
profil katsayısı $K_i = F^2/I$ nin yardımı ile buradan,



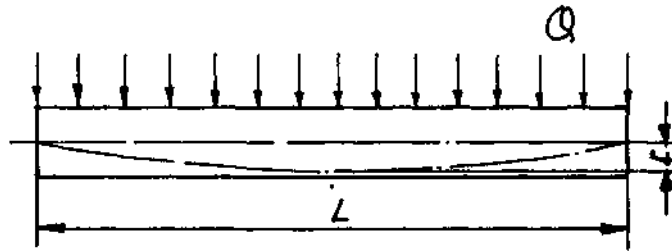
a) P ile çeki



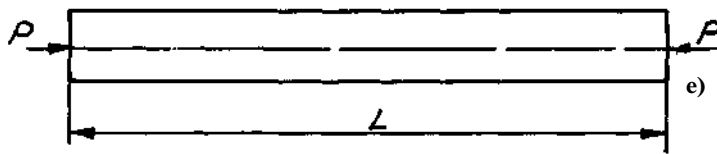
b) P ile eğilme



c) $M_t = P \cdot D$ ile burulma



d) Q ile eğilme



e) Bası çubuğunun flambajı

Şekil 1 Yükleme çeşitleri

Cetvel 1. Malzeme Değerleri

No. Malzeme	Y kg/dm ³	E kg/mm ²	σ _B kg/mm ²	asgari			obWK		HB
				σ _F kg/mm ²	σ _{bW} kg/mm ²	σ _{bWK} kg/mm ²	σ _{bW} kg/mm ²	kg/mm ²	
A. Hamur alaşımları									
1 St 37.	7.85	21 000	37	22	18	15	0.834	110	
2 St 52.	7.85	21 000	52	32	25	19	0.76	142	
3 Si-Mn-yay çeliği	7.85	21 000	130	115	56	27	0.482	380	
4 Saf alüminyum sert	2.7	7 100	18	9	6	5	0.9	110	
5 Al-Cu-Mg yapı çel.	2.8	7 200	42	28	15	13.5	0.9	110	
6 Mg-Al yapı çeliği	1.8	4 300	30	20	12	9.5	0.792	65	
B. Döküm alaşımları									
7 GG-18.	7.25	10 000	19	11.5 ¹	9	9	1.0	185	
8 GS-45.	7.8	21 500	45	22	19	14.5	0.764	—	
9 Al-döküm alaşımı	2.65	7 600	17	8	7	6	0.856	55	
10 Mg-döküm alaşımı	1.8	4 100	20	9	5	4 ¹	0.8	50	
C. Pres maddeleri ve ahşap.									
11 Sert doku 73	1.4	1 000	7.7	4.6 ¹	3.6	2.6	0.722	22	
12 Lignostone.	1.35	2 960	27	16.2 ¹	7.5 ¹	5.6	0.746	22	
13 Dış budak	0.72	1 200	13	7.0	3.6	3 ¹	0.834	—	

1 Karşılaştırma için konmuş değerler
σ_B : Çeki mukavemeti
σ_F : Akma sınırı
σ_{bW} : Alternatif eğilme mukavemeti
E : Elastikyet modülü
σ_{bWK} : Kertik darbe mukavemeti
H_B : Brinel sertliği

$$f = \frac{P \cdot L^3}{48 \cdot E \cdot F^2 / K_i} = \frac{P \cdot L^3 \cdot K_i}{48 \cdot E \cdot F^2} \text{ ve}$$

$$F = \left(\frac{P \cdot L^3 \cdot K_i}{48 \cdot E \cdot f} \right)^{1/2} \text{ ve } O \cdot F \cdot L \cdot \gamma = \left(\frac{P \cdot K_i \cdot L^5}{48 \cdot f} \right)^{1/2} \cdot \gamma / E^{1/2} \sim \gamma / E^{1/2}$$

eğilme zorlanmasında (Şekil 1b), f'in emniyet sınırı olarak kabul edildiği durum için malzeme katsayıları;

$$C_Q = \gamma / E^{1/2}; C_V = 1 / E^{1/2}; C_K = \gamma / E^{1/2} \cdot \text{kg-fiati'dir.}$$

Aynı şekilde bası çubuklarının flambajları, çeki buçukları, burulmaya zorlanan çubuklar, darbeli yüklenen parçalar ve kendi ağırlığı ile yüklenen eğilme çubukları için, zati ağırlık Q değerleri bulunmuş ve bundan malzeme katsayıları alınmıştır. Cetvel 2'de bunlar gösterilmiştir. İlaveten Cetvel 1'deki malzemelerin karşılaştırılması da yapılmıştır.

Çetvel 2. Malzeme Mukayesesi

Malzemelerin eşit L boyunda ve geometrik benzer F kesitinde çubuk şeklindeki kırılganların Çetvel 1'de verilen mukavemet değerlerine göre St 37 ile ağırlık Q, hacim V fiyat K mukayesesi $k_1 = F^2/L$ ve $k = F^{3/2}/W$ değerleri geometrik benzer kesitler için sabittir.

No.	Malzeme Çetvel 1	I. çeki, şek. 1a			II.a) eğilme şek. 1b			III. a) flambaj, şek. 1c			IV. sademeli zorlama			V. Çeki şek. 1a			IV. eğilme,			kendi ağırlığı ile yük- lenmiş şek. 1d				
		Q	V	K	Q	V	K	Q	V	K	Q	V	K	Q	V	K	Q	V	K	Q	V	K		
1	St 37	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
2	St 52	69,6	69,6	94,8	78	78	106	85,5	85,5	1116	100	100	136	47,2	47,2	64,2	100	100	136	47	47	64	100	100
3	yay çeliği	191	19,1	78,5	33,4	33,4	137	67,6	67,6	277	100	100	410	3,66	3,66	15	100	100	410	3,68	3,68	15,1	100	100
4	Saf Al	84	244	1220	62,4	182	905	71,6	208	1040	60	174,5	870	69,4	202	1010	101,8	294	1475	24	69,8	348	35	102
5	Al-Cu-Mg	28	78,5	445	30,4	85,4	484	38,3	107,1	610	60,9	170,1	970	7,54	21,1	120	104	292	1655	2,8	7,85	44,6	37,1	104
6	Mg-Al	25,2	110	444	24,4	106,8	435	31,1	136	554	50,5	220	900	5,7	24,4	105	112	490	1990	1,5	6,55	26,7	25,7	112
7	GG-18	177	192	484	142	154	387	129,7	141	354	134	145	366	161	174,2	440	194	210	530	288	312	786	179	194
8	GS-45	99,3	100	451	94	100	427	101,5	102	462	98,2	98,9	446	101,5	101,9	462	97,1	47,8	442	98,6	98,6	446	96,5	97
9	Al-döküm	92,7	275	1900	664	197	1360	62,2	184,5	1275	56	166	1150	92,4	274	1890	93,4	376	1910	29,2	86	595	31,5	93,4
10	Mg-döküm	56	244	1320	41,6	182	984	55,4	242	1310	51,8	226	1220	26,7	116,5	630	106	464	2500	7,2	31,4	170	24,3	106
11	Serdoku	85,2	478	5030	50,7	282	2110	57,4	322	3380	81,6	457,5	4820	19,4	108,6	1145	375	2100	2200	13	73	766	67	376
12	Lignostone	23,2	135	1300	21,1	122,5	1180	33,2	193	1860	43,8	267	2565	4,46	26	250	122	709	6840	0,94	5,45	52,6	21	122
13	Dışbudak	26	314	98,6	178	214	67,6	242	292	92	34,6	417	313,5	4,66	56,4	17,7	145	1750	550	0,76	6,05	2,9	1,2	145

- $Q = F \cdot L \cdot T$, $P = \frac{\pi^2 E I}{L^2 S_k}$, $I = F^2/k_i$ Esitliklerinden.
- $Q = F \cdot L \cdot T$, $M_b = P \cdot L/4$, $P = 48 \cdot f \cdot E \cdot I/L^3$, $I = F^2/k_i$ esitliklerinden.
- $Q = F \cdot L \cdot T$, $M_t = P \cdot D = I_t \cdot G \cdot \phi/L$, $I_t = F^2/k_i$ esitliklerinden.

3.2. MALZEME TASARRUFU TEDBİRLERİ

3.2.1. Temel Kurallar

- 1) Dış kuvvetlerin etkisi kuvvet dağılımının temini ile azaltılmalıdır.
- 2) İç kuvvetler sınırlandırılmalıdır; her ek kuvvet etkisi, örneğin ek eğilme momentleri, kuvvetin giriş yerine doğrudan doğruya iletilmesiyle önlenmelidir.
- 3) Gerilme maksimumları azaltılmalıdır. Malzeme gerilmesi az olan yerlerden gerilmenin büyük olduğu yerlere taşınmalı ve böylece cismin bütün noktalarında gerilme eşit tutulmalıdır. Bu durumda ölçü olarak alınmış sınır gerilmesine karşın emniyet de her yerde aynı kalır (eşit mukavemetli cisim).

Buna uygun olarak eğilmeye, burulmaya ya da flambaja zorlanan parçalarda malzeme içten alınarak, fazla zorlanan çevre bölgesine taşınır. Bu suretle kütle halinde yapılan, ince cidarlı ve dağılmış yapı tarzına (cetvel 3 ve 4, şekil 2,4 ve 5) kabuk yapıya (kabuk kiriş olarak), hücre şeklinde yapıya (küçük bölümlere ayrılmış kapalı içi boş hücreler (Şekil 6) ve kafes yapıya (çeki ve bası çubuklarından yapılmış kiriş) geçilmiştir. Burada ince cidarların yerel flambaj ve kopma tehlikeleri tabiatta bulunan çeşitli örneklerden ilham alınarak flambaj boyunun küçülmesi ile (kaburgalar, şişkinlikler ve takviyeler) önlenebilir. Böyle bir yapı biçimi genellikle ancak uygun bir imalat şekli ile mümkün olabilir. Burada haddelemek, çekmek; preslemek, püskürtmek köşeleri [kıvrırmak ve kaynatmak gibi talaşsız şekil verme ön plânda yer almaktadır.

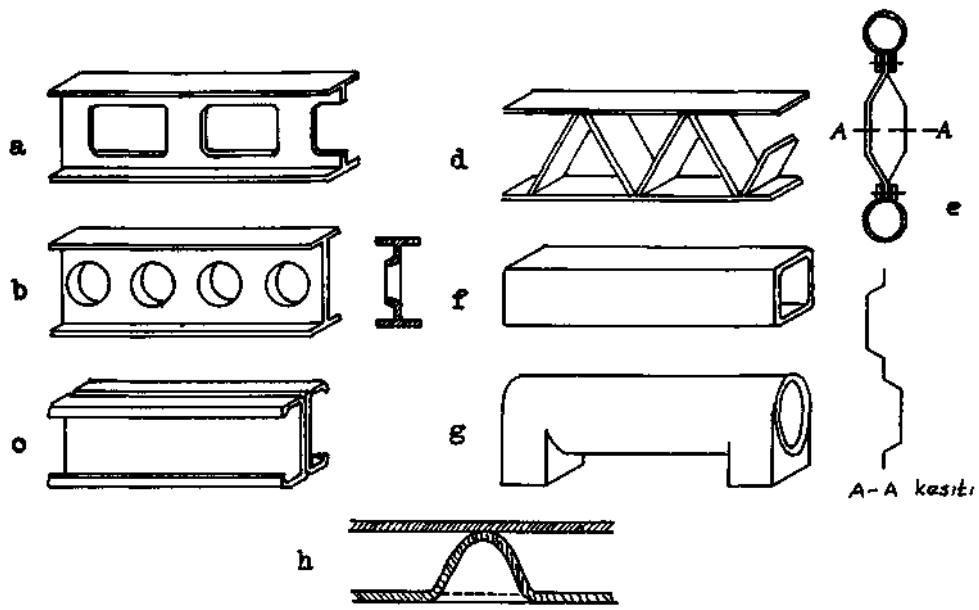
- 4) Kertik etkileri gibi mukavemet azalmaları önlenmeli ya da dengelenmelidir.

3.2.2. Uygun Kesitin Seçilmesi

1. Çeki bası ve kesilme zorlanmasında $\sigma = P/F$ veya $\tau = P/F$ eşitliklerinden, zorlanmanın etkilediği gerilme için kesit şeklinin bir rol oynamadığı görülür. Bununla beraber uygun kuvvet akışı, paslanmaya karşı meyil (su tutma), kolay boyanma gibi hususlar dikkate alınmalıdır.

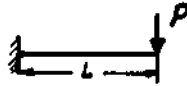
2. Flambaja zorlanan bası çubuklarından $P = \sigma_c \cdot E \cdot I/L \cdot S^*$ eşitliğe dayanarak büyük bir E modülü yanında (malzeme etkisi), küçük kesitte büyük bir I, yani mümkün olduğu kadar küçük bir profil değeri $kj = F^2/I$ elde edilmeye çalışılmalıdır, örneğin ince cidarlı boruda (şişme tehlikesi) en ince cidar kalınlığını tesbit eder. Gerekli kesit Cetvel.2'ye göre k; ile doğru orantılıdır.

3. Eğilme zorlanmasında $\sigma = Mb/Wb \sim 1/I$ ve $A \sim I/h$ eşitliklerine uygun olarak (Cetvel 2); Eğilme zorlanmayı azaltmak için zül tayin ediyorsa Wb/F^* 'in, eğilme zorlanması f zül tayin



Şekil. 2— Hafif yapı kirişi a uzun ve az kesme kuvveti taşıyan kirişler için; d, f ve g kirişleri a'ya ilave olarak torsiyona daha dayanıklıdır; içi boş duvar h biri düz diğeri "kraterlenmiş" sacdan müteşekkildir; e kesitli kirişte (zeplin yapısı) ara sac yandan flambaja karşı basamaklandırılmıştır. (A-A Kesiti).

Yükleme Biçimi



Profil	F cm ²	tahammül edilebilir		
		kuvvet P $P = Mb/L = W_b \cdot G_{zul}/L$	sehim f $f = \frac{2}{3} \cdot \frac{L^2}{h} \cdot \frac{G_{zul}}{E}$	Çarpma işi A = P · f/2 $A = \frac{1}{3} \cdot \frac{L}{h} \cdot W_b \cdot \frac{G_{zul}^2}{E}$
a	4	1 . 5,33 . G_{zul}/L	1 . 33,3 $\frac{G_{zul}}{E}$	1 . 4,44 $\frac{G_{zul}^2}{E}$
b	4	0,25 . 5,33 G_{zul}/L	4 . 33,3 $\frac{G_{zul}}{E}$	1 . 4,44 $\frac{G_{zul}^2}{E}$
c	4	0,0625 . 5,33 G_{zul}/L	16 . 33,3 $\frac{G_{zul}}{E}$	1 . 4,44 $\frac{G_{zul}^2}{E}$
d	4	0,636 . 5,33 G_{zul}/L	2,67 . 33,3 $\frac{G_{zul}}{E}$	1,7 . 4,44 $\frac{G_{zul}^2}{E}$
e	4	0,217 . 5,33 G_{zul}/L	3,58 . 33,3 $\frac{G_{zul}}{E}$	0,77 . 4,44 $\frac{G_{zul}^2}{E}$

Cetvel.3- Eğilmeye zorlanan kirişlerin tahammül edebileceği P, f ve A (THUM'a göre) Eğer zorlanmayı a ve f sınırlanırsa a profili, A sınırlıyorsa d profili en uygundur. Bütün a, b, c dikdörtgen profillerinde, eğer F eşitse, tahammül edilecek sademe işi de eşittir.

ediyorsa I/F 'in, Eğer A verilmişse I/H^2F in büyük olmasına gayret edilmelidir. Bunun için cetvel 3'de uygun profil şekilleri gösterilmiştir. Cetvel.4'de masif yapıdan hafif yapıya geçişi kaba olarak gösterilmektedir. Şekil. 2'de hafif yapı eğilme kirişi için çeşitli çözümler gösterilmiştir.

4. Tek taraflı eğilme zorlanmalarında Cetvel. 5'de görüldüğü gibi kesitin, çeki tarafında büyük olması daha uygundur (Bası mukavemeti çeki mukavemetinden daha büyüktür). Aynı şekilde eğri eğilme kirişlerinde eğilme gerilmesi iç tarafta daha büyüktür (Şekil .3).

Kaburgalı kesitlerde; Cetvel.ö'da görüldüğü gibi eğer yüksek mukavemet ve az esneklik, fakat az sademe mevcutsa yüksek kaburgalar ve sademenin de fazla olduğu yerlerde alçak kalın kaburgalar mevcuttur.

5. Burulmaya zorlanmada $T_t = M_t/W_t$ ve $\phi = M_t \cdot L/I_t \cdot G$ eşitliklerine uygun olarak küçük bir profil değeri $k_w = F^3 \cdot 2/W_t$ ya da $k_j = F^3/I_t$ olmalıdır, yani kapalı bir halka kesit veya başka içi boş kesit (Cetvel 7) alınmalıdır. Açık profiller U ya da I profilleri Şekil. 4'de görüldüğü gibi çok elverişsizdir.

6. Aynı anda eğilme ve burulma zorlanmasında, Cetvel. 8'de görüldüğü gibi, kapalı boş kesitler yine en uygundur. Çünkü bu zorlanmalarda hem W_b ve hem de W_t veya I_b ve I_t , F'ye nazaran büyük olmaktadır. Kullanma örnekleri için Şekil. 5

3.2.3. Yapı Elemanlarının Birleşim Biçimi

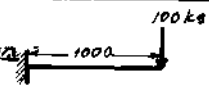
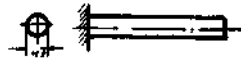
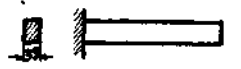

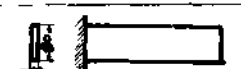
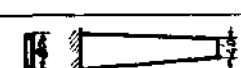
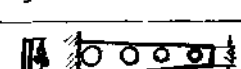



Yapı elemanlarının birleşimi kaynak, perçin ve civata ile yapılır.

Çelik yapıda (yüksek çelik yapı, köprü, vinç) kaynak konstrüksiyonu perçin konstrüksiyona nazaran % 20'ye kadar daha hafif olmaktadır. Zira; perçin konstrüksiyonda kesitler delik zayıflarından dolayı daha büyük tutulmak zorunludur, ayrıca ek levhaları kullanılmaktadır.

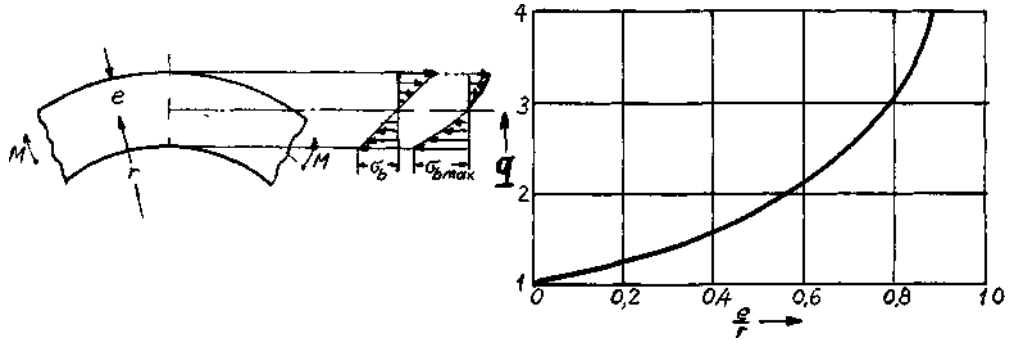
Kaynaklı konstrüksiyon döküm konstrüksiyona nazaran da % 50'ye kadar ağırlıktan tasarruf sağlar.

Modern kaynak teknik ve yöntemleri, hafif yapı konstrüksiyonunda büyük bir gelişme sağlamıştır. Tozaltı kaynak yöntemi gibi.

Demir ve çelik haricinde diğer metaller Cu, Al ve Mg alaşımları kaynak için özel önlemleri gerektirirler.

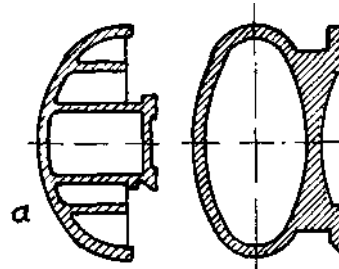
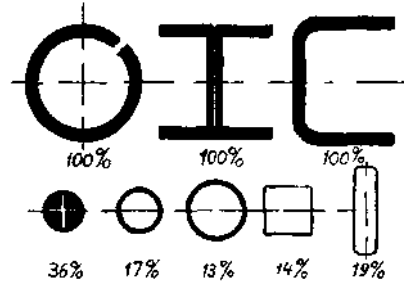
No:	Vükleme tarzı 	Ağırlıklar Sebim		
		kg	vH	mm
1		13,6	100	6,6
2		12,0	88	8,25
3		5,6	41	6,0
4		5,9	43	4,16
5		4,4	32	6,25
6		4,0	29	7,1
7		2,5	18	9,5
8		1,7	12,5	9,6
9	Profil R'ın aynı fakat yüksek mukavemetli Al-Cu-Mg-yapı mal.	0,3	4,6	28
10		1,2	9	9,6

Cetvel.4- Eğilmeye zorlanan kirişlerin ağırlıkları. No: 1-8 çelikten, 9 ve 10 Al-Cu-Mg-yapı malzemesinden. Sıkıştırma yerindeki gerilmeler eşittir (No: 1-8 KLOTH'a göre).



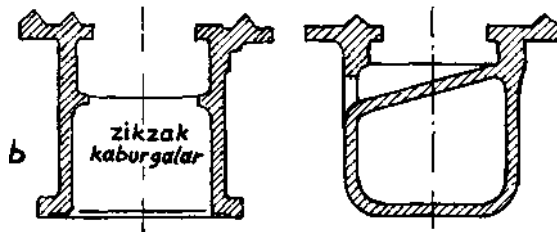
Şekil.3— Bükülmeye zorlanan eğri kirişte içteki gerilme $\sigma_{\max} = q \cdot b$ dıştakinden daha büyük olduğundan iç kısım daha kuvvetli yapılmalıdır, $q = M/W_j$,

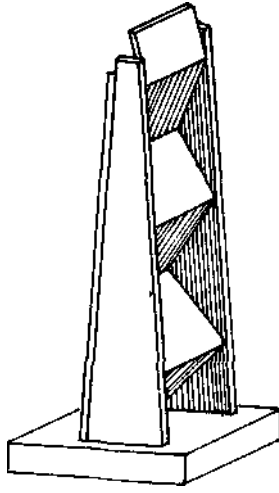
Şekil.4- Burulmaya karşı mukavemetleri eşit profiller (ERKER'e göre). W_t leri eşit [(kesit alanları % olarak verilmiştir.) kesitlerde görüldüğü gibi kapalı, içi boş kesitler açık olanlardan daha uygundur. (W_t burulma mukavemet momenti)]



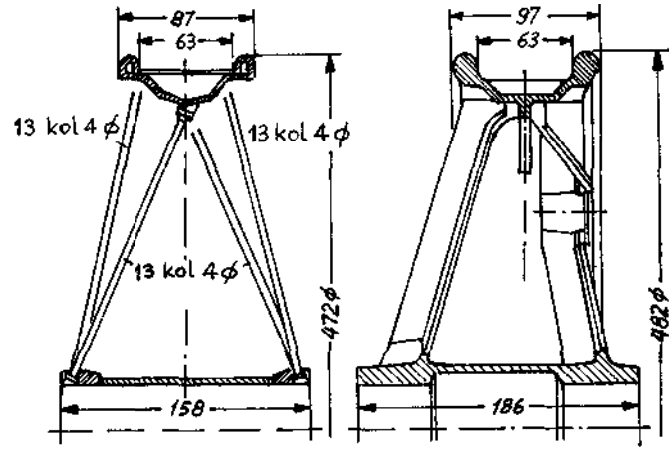
Şekil.5-

EĞilmeye ve burulmaya zorlanan kirişler. Kapalı boş kesitler burulmaya çok daha dayanıklıdır, a) radyal matkap kolu; b) torna tezgahı yatağı (THUM'a göre).





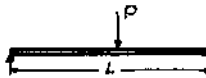
Şekil.6- Hücre yapı b iç iminde sütun (kapak plakası kaldırılmıştır.)






Şekil. 7— Çelik hafıyapı cant (solda); sağda aynı cant Mg. alaşımından yapılmış (SCHWERBER'e göre).

Yükleme tarzı			
Kirişin Kesiti	Ağırlık k_g/m	Eğilmeme $M_b = P \cdot \frac{L}{4} = W_b \cdot G_{zul}$	Çarpma $A = \frac{W_b}{36} \cdot \frac{L \cdot G_{zul}}{E}$
a	1,22	1,90 G_{zul}	1,3 $\frac{L \cdot G_{zul}^2}{E}$
b	0,922	0,91 G_{zul}	1,13 $\cdot 3 \frac{L \cdot G_{zul}^2}{E}$
c	0,8922	1,90 G_{zul}	1,22 $\cdot 3 \frac{L \cdot G_{zul}^2}{E}$

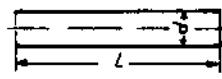
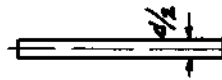
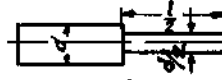
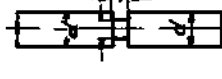
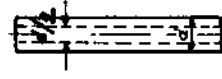
Cetvel.5- Daima aynı yönde eğilme zorlanmasında, kesitin çekiye zorlanan kısmı genişletilir (c) (THUM'a göre).

Yükleme Tarzı 

Kirişin kesiti	Ağırlık $\frac{W}{RE}$	tahammül edilebilir		
		Eğilme momenti $M_b = \frac{P \cdot L}{4} = W_b \cdot \frac{L}{4}$	Çarpma $A = \frac{1}{4} \cdot \frac{L}{4} \cdot W_b \cdot \frac{L^2}{E}$	Eğilim $f = \frac{1}{8} \cdot \frac{L^3}{4} \cdot \frac{W_b}{E}$
	46,8	1 $20 \frac{Gzul}{E}$	1 $20 \frac{1}{3} \cdot \frac{G^2zul}{E}$	1 $\frac{L^2}{12} \cdot \frac{Gzul}{E}$
	46,8	1,72 $20 \frac{Gzul}{E}$	0,3 $20 \frac{1}{3} \cdot \frac{G^2zul}{E}$	0,17 $\frac{L^2}{12} \cdot \frac{Gzul}{E}$
	46,8	1,96 $20 \frac{Gzul}{E}$	0,61 $20 \frac{1}{3} \cdot \frac{G^2zul}{E}$	0,31 $\frac{L^2}{12} \cdot \frac{Gzul}{E}$

Cetvel.6- Kaburgaların eğilme zorlanmasından etkisi (THUM'a göre). Yüksek kaburgalar (b), yüksek mukavemet fakat az iş kabiliyeti sağlar. Alçak kaburgalar (c), yüksek mukavemet ve büyük iş kabiliyeti sağlar. Düz levhalar (a) az mukavemet fakat büyük iş kabiliyeti verirler. Kaburgaların kertik etkisine dikkat. Kaburga dipleri iyi kavistendirilmelidir.

Yükleme Tarzı : Buruma

Çubuk şekilleri	ağırlık Q kg	Tahammül edilebilir			
		Burulma momenti $M_t = W_t \cdot Zzul$	Çarpma işi $A = 2 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{L}{2} \cdot \frac{Z^2zul}{E}$	$\frac{M_t}{Q}$	$\frac{A}{Q}$
	1	1 $Zzul$	1 Z^2zul	1	1
	0,25	0,125 $Zzul$	0,25 Z^2zul	0,5	1
	0,625	0,125 $Zzul$	0,133 Z^2zul	0,2	0,21
	0,936	0,125 $Zzul$	0,027 Z^2zul	0,13	0,029
	0,75	0,936 $Zzul$	0,938 Z^2zul	1,25	1,25

Cetvel.7- Burulma zorlanmasından boru (e), hem M_t ye hem de A'ya dayanıklılık bakımından en uygundur. M_t/Q ve A/Q burada en büyük değerleri alır (THUM'a göre)


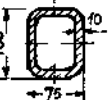
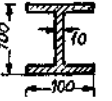
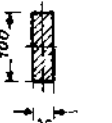
4. KAFES VE AKSESUARLARINDA HAFİF YAPI

Bir kabin (kafes ya da skip) aşağıdaki şekilde kısımlara ayrılabilir.

- 1) Taşıyıcı iskelet
- 2) Koşum ve paraşüt donanımı (halat bağlantı parçaları, paraşüt açıcıları ve kızakları, kızak yatakları).
- 3) Gidaj donanımı (gidaj makaraları, kayıt kızakları, ara kat (inset) kızakları)
- 4) Yardımcı teferruat (muhafaza (örtü) elemanları, kapılar, raylar ve araba tutucuları)

Kafes ya da skip dediğimiz asansör kabinlerinin taşıyıcı sistem (iskelet) elemanları çeki, bası ve eğilme yüklemeleri ile yüklenirler. Gerek bası kuvvetlerinin gerekse flambaj boylarının genellikle küçük olması, elemanların boyutlandırılmasında çeki ve eğilme yüklemelerinin önemini artırır.

Yüklemeye taşıma: eğilme ve burulma

Kesitin kısıtlı	agır- lığı kg/E	eğilme momenti $M_b = W_b \cdot G_{zul}$	burulma momenti $M_t = W_t \cdot Z_{zul}$
a 	22	1,58 G _{zul}	1,116 Z _{zul}
b 	22	1,150 G _{zul}	0,11 Z _{zul}
c 	22	1,520,58 G _{zul}	0,006016 Z _{zul}
d 	22	0,81058 G _{zul}	0,1890116 Z _{zul}

Cctu I ^ Aynı anda eğilme ve burulma zorlanmalarında, kapalı içi boş kesitler (a ve b) en uygundur (THUM'a göre)

Ayrıca yükleme sınırları yönünden gerilmeler yanında sehimler de ikinci mertebede kalırlar.

Buna göre Cetvel 1 ve 2'yi değerlendirirsek;

- Çeki yüklemesinde, St 37'ye nazaran ağırlık bakımından; yay çeliği % 19,1'e, Mg-Al alaşımı % 25,2'ye, Al-Cu-Mg alaşımı % 28'e, St 52 % 69,6'ya, saf Al % 84'e düşmektedir.

- Münferit kuvvetle eğilme yüklemesinde, St 37'ye nazaran ağırlık bakımından, Mg-Al alaşımı: 1,5'a, Al-Cu-Mg alaşımı % 2,8'e, yay çeliği % 3,68'e, saf Al % 24'e, St 52 % 47'ye düşmektedir.

- Faydalı hacmin (ya da kesitin) azalmaması yönünden en uygun malzemeler;

1. paragrafta; Al-Cu-Mg alaşımı, Mg—Al alaşımı, yay çeliği, St 52

ç)	M	fi	II	II	II	II	II
o	II	I'	M	II	II	II	II

- Malzeme masrafları bakımından, St 37'ye göre,

Al—Cu—Mg alaşımı: Çeki ve münferit kuvvetle eğilmede 5 katı, yayılı kuvvetle eğilmede 0,45 katı.

Mg—Al alaşımı: Çeki ve münferit kuvvetle eğilmede 4,5 katı, yayılı kuvvetle eğilmede 0,27 katı.

Yay çeliği : Çeki'de 0,79 katı, münferit kuvvetle eğilmede 1,37 katı, yayılı kuvvetle eğilmede 0,15 katı.

St 52 : Çeki'de 0,95 katı, münferit kuvvetle eğilmede 1,06 katı, yayılı kuvvetle eğilmede 0,64 katı.

Görüldüğü gibi kirişlerin yayılı kuvvetlerle eğilmeye çalıştırılmaları bir dizayn tekniği gereğidir. Dikdörtgenler prizması şeklinde olan kabinin yan yüzlerinin skiplerde muhafaza saçları ile kapatılma zorunluğunun olması bir avantajdır. Zira bu muhafaza saçları çeki—basiya çalıştırılmak suretiyle kirişler yayılı olarak yüklenebilirler. Kabuk giriş şeklinde yapı biçimi olan bu biçim özellikle Al ve Mg alaşımları kullanıldığı takdirde bir hayli ağırlık azalması ve dolayısıyla enerji tasarrufu sağlayacaktır.

Kabinlerin, çerçeve yapı biçiminde ise çeşitli kuvvetlerle eğilme söz konusu olduğundan yan yüz örtüsü yalnız muhafaza görevi yapar. Kafes yapı biçiminde de örtünün görevi aynıdır.

İnsan taşıyan ya da vagonetle cevher taşıyan kabin (işletme dilinde kafes) yan yüz örtüsü delikli sac ya da örgülü tel olabilmektedir.

Cevheri vagonetsiz nakleden kabin (işletme dilinde skip) yan yüz örtü muhafazasının deliksiz sac'tan yapılma zorunluluğu vardır.

Her üç yapı biçiminde yapı elemanlarının birleşimi perçin ya da civata ile yapılırsa farklı malzemeler kullanılabilir. Birleşim kaynakla yapılırsa bütün elemanların aynı cinsten malzemeden olması gerekmektedir. Kaynaklı birleşim diğerlerine göre % 20 ağırlıktan tasarruf sağlar.