

YÜKSEK MUKAVEMETLİ ÇELİK KULLANIMININ RİJİT TAHKİMAT SİSTEMİNİN BOYUTLANDIRILMASINA ETKİSİ

Ergin ARIÖĞLU*

ÖZET

*Bu çalışmada, yüksek mukavemetli çelik kullanımının profil geometrisinde sağla-
yacağı ekonomik fayda belirtilmiştir. Rijit tahkimat sisteminde St 52 çeliğinin kullanıl-
ması durumunda, malzeme tüketiminde elde edilecek tasarruf % 20 kadardır. Zonguldak
kömür havzası için söz konusu tasarrufun parasal karşılığı 19.2 x 10 TL'sidir.*

*Ayrıca telif edilen boyutlandırma nomogramları ile rijit tahkimat sisteminin dizay-
nı büyük ölçüde kolaylaştırılmıştır. Nomogram sonuçlarının genel değerlendirilmesi, ha-
len B 8 ve B 10 galeri kesitlerinde kullanılan profilin (GI 110) toplam eğilme gerilmesi
yönünden uygun olmadığını ortaya koymuştur. Aynı malzeme ve tahkimat aralığı
(a — 1.0 m) için adı geçen galeri kesitlerinde uygun profiller sırasıyla GI130 ve GI140
olarak saptanmıştır.*

ABSTRACT

*The effect of high—strength steel (St 52) on dimensioning of the roadway support
system was studied. In case of the use of high—strength steel the material saving was
computed to be approximately 20 percentage. Examining the design charts (Fig. 3 and
4) and table — 4 St 52 can be clearly seen to have an economic advantage over St 37.*

* Dr. Maden Yük. Muh., Maden Fakültesi, İTü.j İSTANBUL

1. GİRİŞ

Hızla artan üretim istekleri ve derinlikleri bugünün kömür madenciliğinde berabereinde önemli problemler getirmektedirler. Bunlar: Açılan açıklıkların emniyetli ve ekonomik şekilde tahkimi ve üretim açıklıklarının geometrik boyutlarında yüksek metan intişarından doğan zorunlu sınırlamalardır. Bu iki problem yakından incelendiğinde, birbirleriyle ilintili oldukları anlaşılır. Şöyle ki; bir kartiye dönüş yolunda metan konsantasyonunu % 0.5'e düşürmek için gerekli hava debisini, $V_x = 4$ m/sn hava hızı ile sağlayan kesit, üretim miktarı ve metan intişarına bağlı olarak

$$F = 0.00058T \cdot q \quad (1)$$

ifadesiyle belirlenebilir. Burada F; kartiye hava giriş yolunun kesiti m^2 , T; Kartiyenin günlük üretimi, ton., q; metan intişarı, m^3/ton 'dur. Bilindiği gibi, q değeri belirli üretim derinlikleri içinde derinlikle önemli ölçüde artmaktadır. Buradan, artan derinliğin ve üretim isteklerinin açıklık geometrisi üzerindeki olumsuz etkisi açıkça görülmektedir. Bir sayısal örnek verilirse, Havza şartlarında ortalama kartiye üretimi olan 500 t/gün değerini % 50'e artırmak istendiğinde $q = 50$ m^3/ton için kartiye hava girişinin faydalı kesiti

$$F = 0.00058 \times (1.5 \times 500) \text{ t/gün} \times 30 \text{ m}^3/\text{t} = 13 \text{ m}^2$$

olmalıdır. Bugün açılan hava giriş yollarının kesitleri genellikle B8-B10'dur (EK-1). Kabul edilen üretim seviyesi için yeterli gözüken bu kesitlerin herhangi bir üretim zorlaması karşısında yeterli olamayacakları açıkça bellidir.

Problem arazi kontrolü yönünden ele alındığında, artan açıklık geometrisiyle tahkimat sistemine etki eden statik yüklerde hissedilir ölçüde artar. Örneğin B 8'den B 10'ya geçildiğinde, kesit alanında artış % 25 iken statik yükleme ise normal şartlarda % 21 nisbetinde yükselir.

Daha büyük kesitlerin kullanımında söz konusu artış daha belirgin olacaktır. Böyle yükleme durumlarında tahkimat sisteminin ekonomik ve emin şekilde boyutlandırılması fevkalade önem kazanmaktadır.

Belirli yükleme şartları altında çalışacak bir tahkimat sisteminin boyutlandırmasında değiştirilebilecek üç kritik parametre vardır:

- **Tahkimat aralığı**
- Sistemde kullanılan profil geometrisi
- Malzeme mukavemeti

Maden mühendisi, bu üç parametrenin belirlediği imkan ölçüsünde taşıyıcı sistemini boyutlandırmak zorundadır. Tahkimat aralığını azaltmak veya sistemde daha büyük profillerin kullanımı, malzeme ekonomisi açısından daima ekonomik olmayan çözümler verirler. Ayrıca, statik isteklerin sağlanması yönünden de oldukça sınırlı imkanlar getirirler. Bu nedenlerle bugünün büyük açıklık geometrilerinde en ekonomik boyutlandırma çözümleri ancak malzemenin mukavemetini artırmak, diğer bir deyişle daha yüksek mukavemetli çelik kullanmak suretiyle elde edilebilmektedir.

Bu çalışmada, yüksek mukavemetli çelik kullanımının rijit tahkimat sisteminin boyutlandırması üzerindeki olumlu etkisi analitik olarak gösterilecektir. Ele alınan konu paralelinde, Havzada en çok kullanılan Gl 110 profilinin en gayri müsait gerilme yönünden yugun profil olmadığı tartışılacaktır. Ayrıca, yüksek mukavemetli çelik kullanımı ile Havzada sağlanabilecek malzeme tasarrufunun parasal boyutu hesaplanacaktır.

2. YÜKSEK MUKAVEMETLİ ÇELİK KULLANIMININ SAĞLADIĞI AVANTAJLAR

2.1. MALZEME HAKKINDA KISA BİLGİ

Malzeme teknolojisinde yüksek mukavemetli alaşımsız çelikler en az 3000 kg/cm akma mukavemetine sahip çelikler olarak belirlenmektedir . Bu tür çelikler akma mukavemetine bağlı olarak sırasıyla % 0.18-0.40 C, ve % 40-1.10 Mn içerirler². Normal çelik olan St 37 çeliğinde karbon miktarı % 0.12, Mn miktarı ise %0.30'dur. Kimyasal bileşimde bu farklılık yüksek mukavemetli çeliğin en önemli özelliğini oluşturur. Gayet iyi bilindiği gibi artan karbon miktarı ile çeliğin akma mukavemeti lineer şekilde artar. Daha açık bir anlatımla, karbon malzemedeki mukavemeti en etkin şekilde arttıran elementtir. Çelik bileşiminde Mn yüzdesinin artımı malzemenin darbe mukavemetini olumlu yönde etkiler. Ayrıca, Mn korozyon mukavemetinin artmasına da büyük ölçüde yardımcı olmaktadır¹.

2.2. DAHA YÜKSEK MUKAVEMETLİ ÇELİK KULLANIMI İLE SAĞLANACAK EKONOMİK AVANTAJIN BASİT BİR STATİK SİSTEM ÜZERİNDE GÖSTERİLMESİ

Boyutlandırma işleminin sonucunda seçilen profilin sistemde ne derece rasyonel olarak kullanılacağı malzeme ekonomisi yönünden mutlaka irdelenmelidir. Diğer kelimelerle en gayri müsait gerilmeyi taşıyacak bir profilin hesabı ile boyutlandırma problemi çözülmüş değildir. Söz konusu aşamada gözönüne alınacak başlıca iki parametre vardır.

- Seçilen profilin minimum ağırlıkta olması
- Seçilen profille, sistemde oluşan en gayri müsait gerilmenin minimum masrafla taşınmış olması.

Bu iki parametreyi içeren irdeleme rasyonel boyutlandırma işleminin en son aşamasını teşkil eder. Ve sözü edilen çözümlerin daha ekonomik olmasını mümkün kılar.

Bu bölümde, daha yüksek mukavemetli çelik kullanımının sağlayacağı ekonomik fayda seçilen basit bir taşıyıcı sistem için ayrıntıya girmeksizin vurgulanmaya çalışılacaktır. Bu gaye ile klasik boyutlandırma hesapları iki ayrı cins çelik (St 37 ve St 52) için yapılmıştır. Hesaplarda kabul edilen yükleme, geometrik ve malzeme ile ilgili büyüklükler Şekil. 1'de toplu halde belirtilmiştir.

Şekil—1 ve 2 yakından incelendiğinde, varılan pratik sonuçlar şu şekilde sıralanabilir:

- Beklenildiği gibi, artan eğilme açıklığı ile profilin mukavemet momenti artmaktadır. Yüksek mukavemetli Çelik (St 52) kullanımı, sabit mukavemet momentleri için eğilme açıklığını yaklaşık % 25 nisbetinde arttırmaktadır. Yani yüksek mukavemetli çelik taşıyıcı sistemin daha büyük açıklıklarda kullanımını mümkün kılar.
- Sabit eğilme açıklıkları için, birim eğilme gerilmesinin taşınma masrafı, çeliğin emniyet gerilmesinin artmasıyla büyük ölçüde azalmaktadır. Özellikle büyük eğilme açıklıklarının geçilmesinde, yüksek mukavemetli çelik kullanımının adı geçen büyüklük üzerinde sağlayacağı ekonomik fayda daha belirgin olmaktadır, örneğin 2.5 metrelik bir açıklıkta birim eğilme gerilmesi normal çeliğe nazaran % 50 daha az masrafla taşınmaktadır.
- Yüksek mukavemetli çelik kullanımı ile elde edilen ağırlık azalması % 25—30 mertebesindedir. Bu değer büyük ölçüde tahkimat sisteminin statik özelliğine*, geometrik formuna** ve kabul edilen emniyet gerilmesine bağlı olarak değişir. Maksimum malzeme tasarrufu % 30 mertebesindedir.

3. YÜKSEK MUKAVEMETLİ ÇELİK KULLANIMININ RIJİT TAHKİMAT SİSTEMİNİN BOYUTLANDIRILMASINA ETKİSİ

3.1. GENEL KABULLER

Rijit tahkimat sisteminin statik ve mukavemet hesaplarında yapılan genel kabuller aşağıda toplu halde belirtilmiştir.

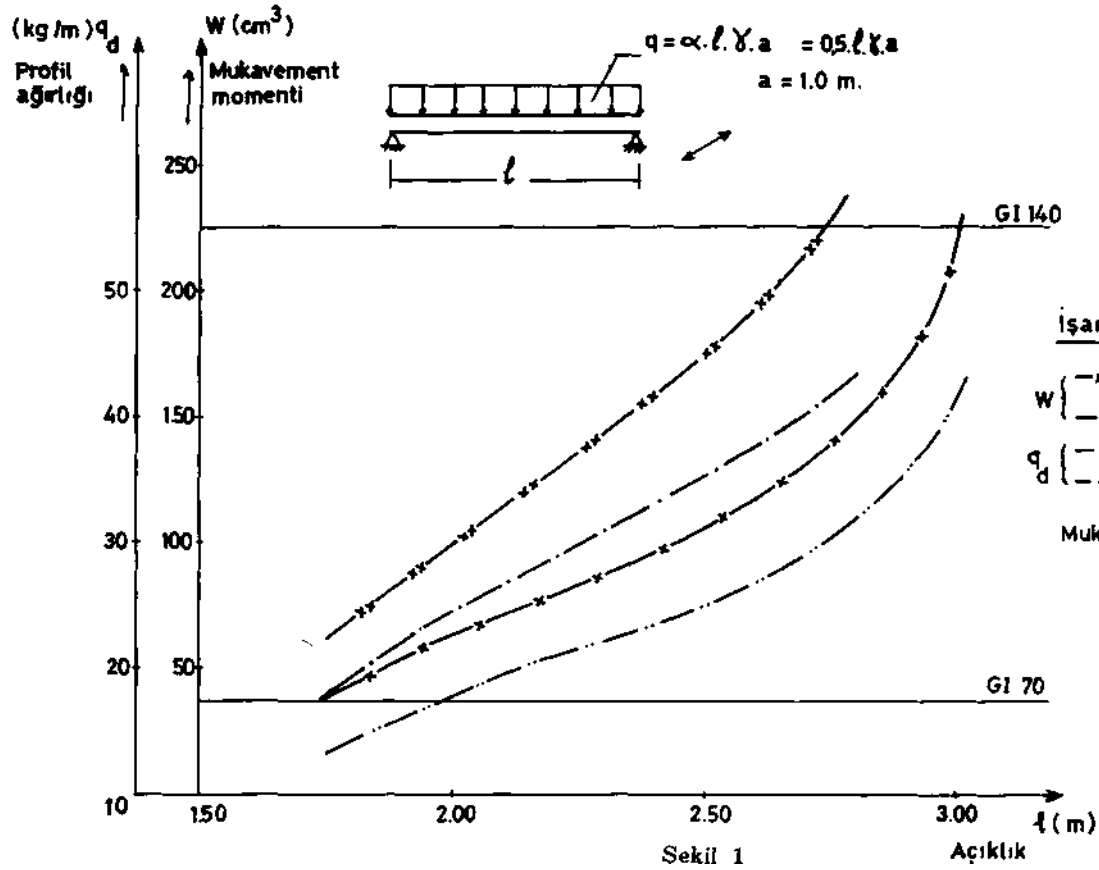
- Sisteme etki eden düşey yayılı yükün şiddeti

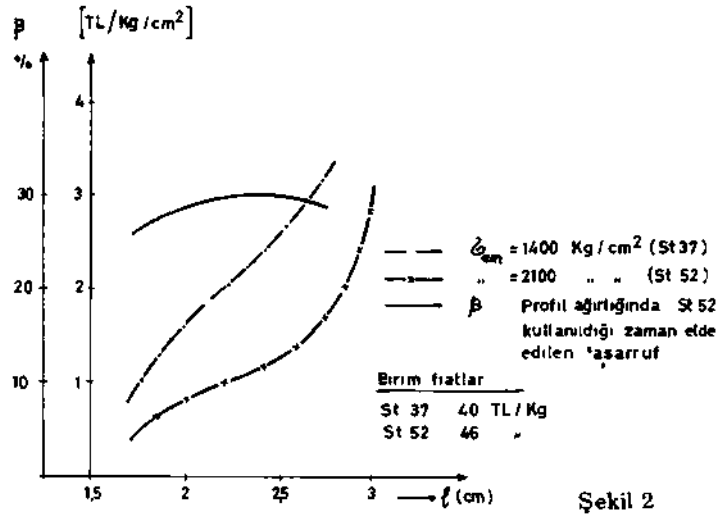
$$q_y = \alpha l \gamma a \quad (2)$$

formülünden hesaplanmıştır. (3, 4, 5)

* Sistemin izostatik veya hiperstatik oluşu

** Sistemin çubuk veya kemer olması





Burada;

q_y Yayılı yükün birim şiddeti, kg/cm

α Yükleme şiddetini belirleyen amprik faktör olup, büyük ölçüde tavan formasyonunun jeo-mekanik parametrelerine bağlıdır. Normal yükleme şartları için $a = 0.5$ alınabilir.

l Galeri açıklığı, cm

γ Tavan formasyonunun ortalama yoğunluğu, kg/cm^3 , $\gamma = 0.0025 kg/cm^3$

a İki tahkimat sistemi arasındaki mesafe, cm.

— Statik analizde deplasman katsayılarının daha basit yazılmasını sağlamak gayesi ile Havzada kullanılan rijit tahkimat sistemine ait geometrik form ve boyutlar tablo-1 'de belirtilen şekilde alınmıştır. Geometrik form ve boyutlar üzerinde yapılan böyle bir basitleştirici kabul kesit zorların büyüklüğünde maksimum $\pm 5\%$ hata doğurabilir*

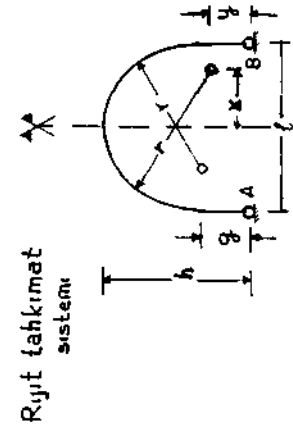
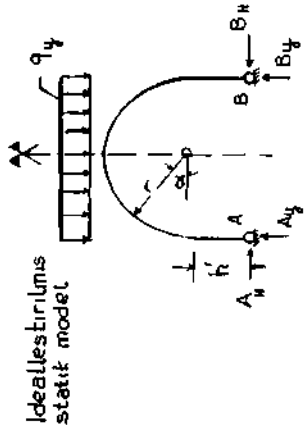
- Rijit sistem, birinci derece dıştan hiperstatik taşıyıcı sistem olarak idealleştirilmiştir.

— Profillere ait geometrik büyüklükler istatistiksel analiz sonucunda saptanan ilişkilerle ifade edilmiştir. Böylelikle büyük ölçüde boyutlandırma işlemi kolaylaştırılmıştır. DIN 21541 normuna göre imal edilen profillerin geometrik büyüklükleri ile mukavemet momentleri arasında aşağıdaki ilişkiler vardır.

$$F = 0.202 W + 9.750 \quad (r = 0.998) \quad (3)$$

$$q_d = 0.149 W + 8.548 \quad (r = 0.996) \quad (4)$$

* Bu mertebedeki hata mühendislik hesaplarında rahatlıkla kabul edilebilir..Statik yuk q , gerçek açıklık değerine göre hesaplanmıştır.



BAĞ TIPI	RİJİD GALERİ BAĞI						İDEALLEŞTİRİLMİŞ MODEL	
	l (mm)	h (mm)	g (mm)	r (mm)	X (mm)	Y (mm)	h' (mm)	r (mm)
B5	2900	2350	493	1200	1779	236	1000	1325
B8	3650	2950	591	1200	1412	334	1200	1675
B10	4200	3250	666	1200	1143	409	1225	1975
B14	5200	3800	1005	1600	670	747	1250	2500
B18	6000	4250	1341	1800	297	1082	1300	2900

Tablo 1

Burada:

F = Profilin kesiti, cm
W =Mukavemet momenti, cm
q_d = Profilin ağırlığı, kg/m
r = Korelasyon katsayısı

—. Kullanılan çeliklerin eğilme emniyet gerilmeleri

St 37 için $\sigma_{em} = 1400 \text{ kg/cm}^2$

St 52 için $\sigma_{em} = 2200 \text{ "}$

olarak alınmıştır.

- . Statik analiz üç farklı tahkimat aralığı için yapılmıştır,

(a = 0.50-0.75-1.0 m)

3.2. ANALİZ SONUÇLARI

Statik analiz ve profil boyutlandırılması için çıkartılan genel ifadeler toplu halde EK-2'de verilmiştir (Konu ile ilgili daha ayrıntılı bilgi (6) kaynağından sağlanabilir).

Hiperstatik büyüklük "A^", maksimum eğilme momenti "M_m", maksimum normal kuvvet "N_m" ve hesaplanan "W", ve seçilen mukavemet mukavemetleri çeşitli tahkimat aralıkları ve malzemenin eğilme emniyet gerilmelerine bağlı olarak tablo—2'de görülmektedir.

Tablo—2'de belirtilen profil mukavemet momentleri DIN—21541 normuna göre düzeltilerek, galeri kesit alanını, tahkimat aralığını ve kullanılan çelik cinsini gözönüne alan genel boyutlandırma nomogramları hazırlanmıştır. Bunlar Şekil 3 ve 4'de yer almaktadırlar.

3.3. SONUÇLARIN TARTIŞILMASI

3.3.1. Halen Havzada Kullanılan Profillerin Toplam Gerilme (Normal + Eğilme Gerilmesi) Yönünden Uygunluğunun Tahkiki

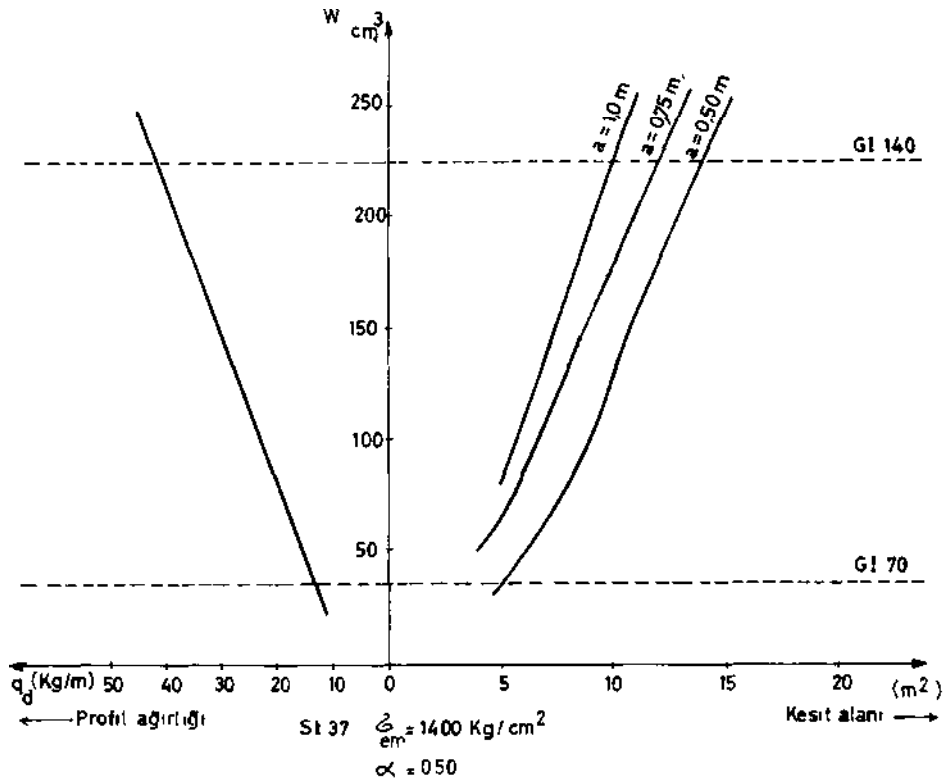
Bu bölümde, genel boyutlandırma nomogramı yardımıyla saptanan profillerin mukavemet momentleri (Şekil 3) halen uygulanan profiller ile karşılaştırılacaktır. Bu amaçla Tablo—3 düzenlenmiştir.

Tablo 2: Statik Analiz Sonuçları

GALERİ KESİTİ	EĞİLME EMNİYET GERİLMESİ σ_{em} (kg/cm ²)	T a h k ı m a t A r a l ı ğ ı (m)														
		a= 0.50 m					a= 0.75 m					a= 1.00 m				
		qt kg/cm ²	A _H (kg)	M _m (kg.cm)	N _m (kg)	W (cm ³)	qt kg/cm	A _H (kg)	M _m kg/cm	N _m (kg)	W (cm ³)	qt kg/cm	A _H (kg)	M _m kg/cm	N _m (kg)	W (cm ³)
B.5	1400	18.125	453	50960	2401	40.25	27.19	679.5	76440	3602	61.88	36.25	906	101921	4803	83.54
	2100					26.26					40.25					54.52
B.8	1400	22.81	745.5	101642	3820	81.06	34.22	1118.3	152463	5730	123.45	45.62	14.91	203285	7641	166.12
	2100					53.11					81.06					109.27
B.10	1400					126.24					173.55					-
	2100	26.25	1103	158201	5184	83.08	39.38	1654.5	237436	7776	126.32	52.50	2206	316582	10368	169.76
B.14	1400					238.17					-					-
	2100	32.50	1937.5	299939	8125	157.48	48.75	2906.3	449909	12187	238.12	65	3875	598879	16250	-
B.18	1400					-					-					-
	2100	37.50	2730.5	454373	10875	-	56.25	4095.8	681559	16312	-	75	5461	908746	21750	-

Kesit	Tahkimat aralığı (m)	Kullanılan profil kodu	Hesaplanan profil $\sigma=1400$ kg	Hesaplanan profil $\sigma=2100$ kg/cm ²	Kullanılan Profilde en büyük gerilme (kg/cm ²)	Teorik Düşünceler
B 5	1	GI 110 (W=103 cm ³) F=31.1cm ²	GI 100 (W=80.7cm ³)	GI 90 (W=62.5cm ³)	-	Büyük profil kullanılıyor
B 8	1	"	GI 130 (W=175cm ³)	GI 110 (W=103cm ³)	$\sigma = \frac{Nm}{F} + \frac{Mm}{W} = \frac{7641}{31.1} + \frac{203285}{103} = 2218$	$\sigma = \sigma_a = 2400$ kg/cm ² olduğundan sistemde gözlenen deformasyonlar önemlidir
B 10	1	"	GI 140 (W=227cm ³)	GI 130 (W=175cm ³)	$\sigma = \frac{10368}{31.1} + \frac{316582}{103} = 3406$	$\sigma > \sigma_a = 2400$ kg/cm ² Plastik deformasyon çok şiddetli
B 14	0.9	GI 140 (W=227cm ³) F=53 cm ²	-	GI 140	$\sigma = \frac{0.9 \times 16250}{53} + \frac{0.9 \times 598879}{227} =$	$\sigma > \sigma_a = 2400$ kg/cm ²
B 18	0.8	"	-	-		

Tablo 3 : Kullanılan Profillerin Toplam Gerilme Yönünden Tahkiki

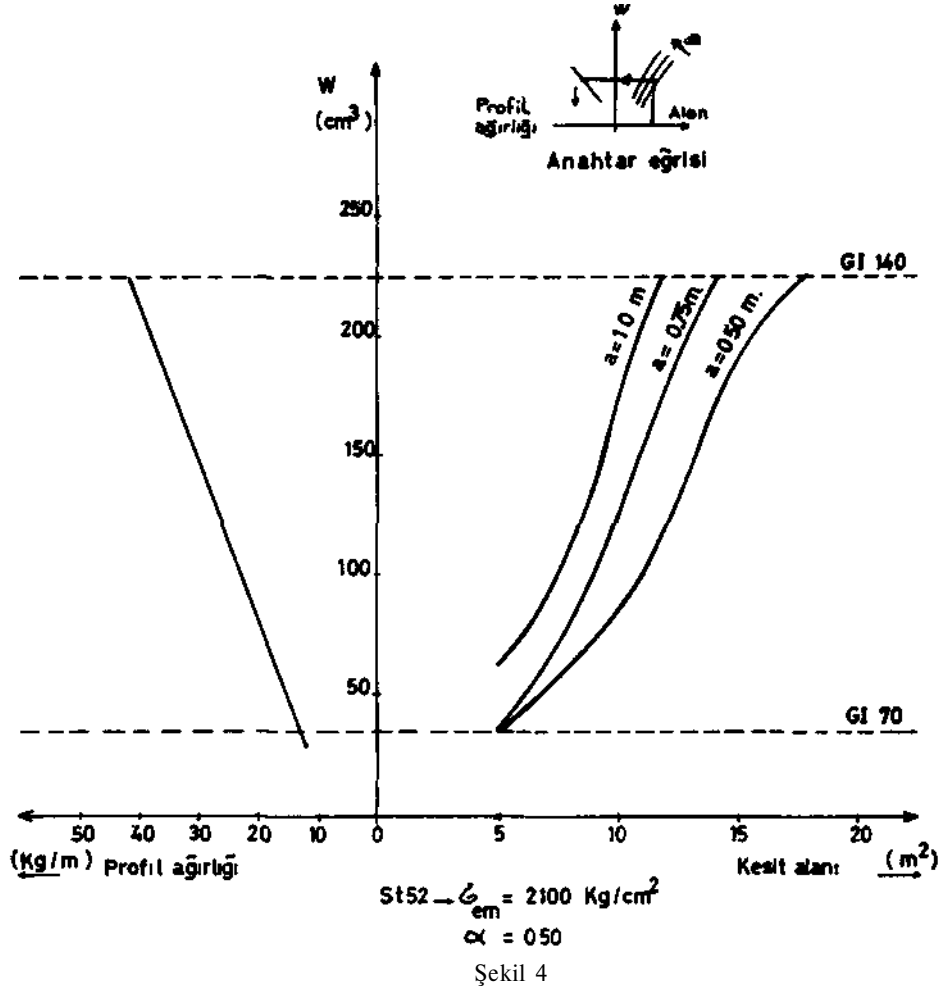


Tablo yakından incelendiğinde derhal şu sonuçları çıkarmak mümkün olmaktadır.

- B5 kesitinde kullanılan GI 110 profili gereksiz yere ağır seçilmiştir. Normal yükleme şartları için ayrı tahkimat aralığında ($a = 1.0$ m) GI 70 profilinin kullanımı malzeme tüketimi yönünden daha uygundur.
- Havzada en yaygın açılan B 8* ve B 10 kesitlerinde kullanılan GI 110 profilinin uygun olmadığı anlaşılmaktadır. B 8 galeri kesiti için yapılan gerilme tahkikine göre, sistemde oluşan en büyük gerilme 2200 kg/cm^2 mertebesinde olup normal çeliğin (St 37) akma sınırına ($a_s = 2400 \text{ kg/cm}^2$) kadar zorlanmıştır (Şekil 5). Diğer kelimelerle, tahkimat uygun seçilmeyen profil geometrisi nedeniyle aşırı defrmasyona maruz bırakılmıştır. Normal yükleme şartlarında tahkimatlarda gözlenen aşırı deformasyonların nedeni bu sonuçla bir ölçüde açıklık kazanmaktadır.

Keza, B 10 galerisinde kullanılan profil GI 110'dan GI 140'a yükseltilmelidir. GI 110 kullanımı durumda sistemde 3400 kg/cm^2 mertebesinde fevkalade dramatik bir gerilme oluşmaktadır.

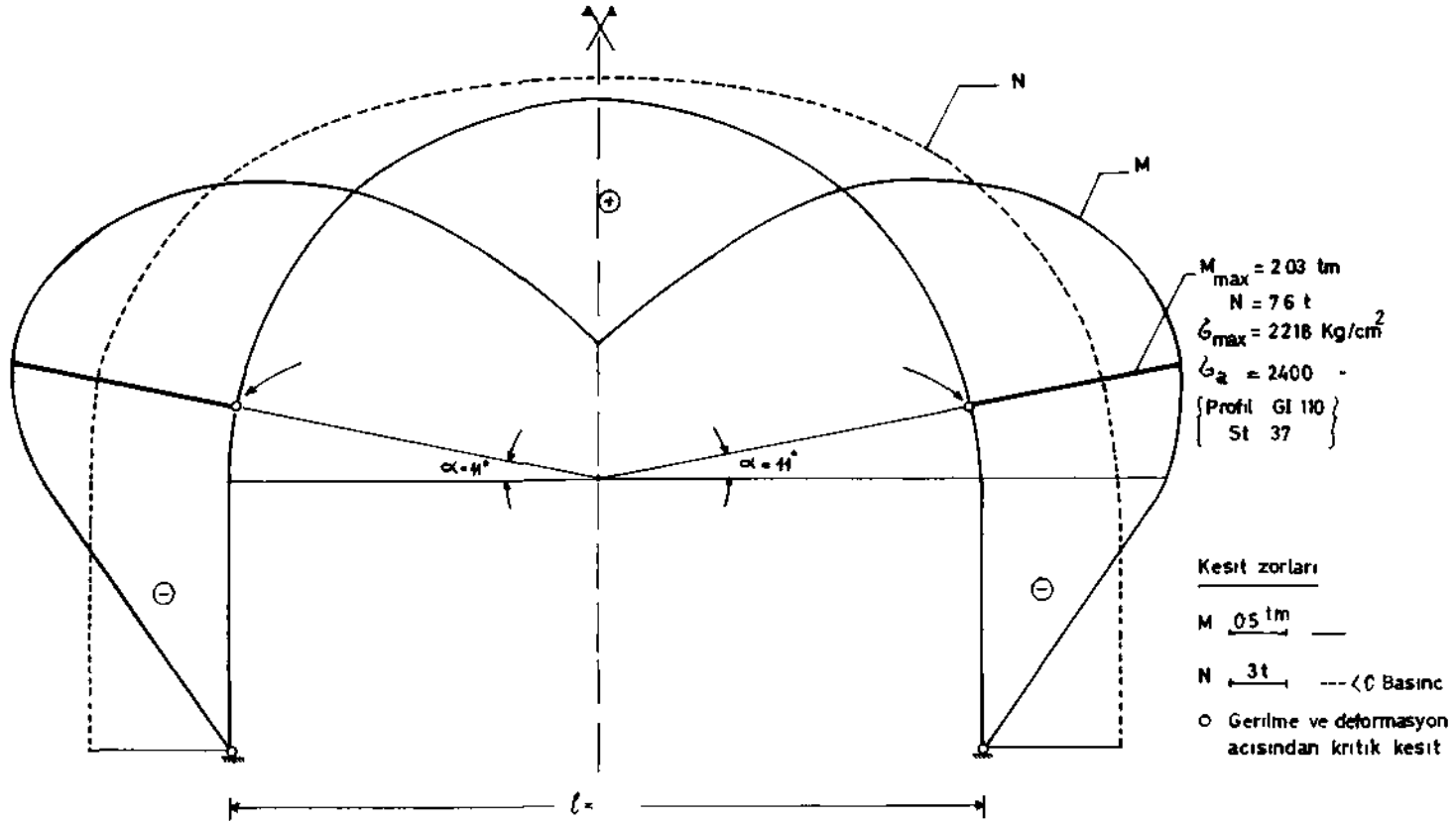
* Havzada B10 ve B8 galeri kesitlerinin dağılım nispetleri sırasıyla % 70,20 dir



Şekil—5, B 8 galerisinde oluşan kesit zorlarını (M, N) diagramatik olarak göstermektedir. Dikkat edilirse maksimum kesit zorları $a = 11^\circ$ ve 169° ile belirlenen kesitlerde oluşmakta, ve aynı kesitler toplam gerilme bakımından da sistemin en gayrimüsaait kesitleridir.

3.3.2. Yüksek Mukavemetli Çelik Kullanımının Sağladığı Ekonomik Kazanç

3. ve 4. no.lu şekillerin karşılaştırılmasından derhal görülebileceği gibi yüksek mukavemetli (St 52) çelik kullanımı boyutlandırmada daha az mukavemet momenti gerektirmektedir. Bu ise verilen bir taşıyıcı sistem için daha az çelik tüketimi demektir. Daha önceki bölümde hatırlanacağı gibi halen tahkimat sistemlerinde kullanılan profiller eğilme gerilmesi yönünden fevkalade zorlanmışlardır. Sistemde toplam gerilme düzeyi malzemenin akma sınırının çok üzerindedir. Bu nedenle sağlanan çelik tasarrufunun belirlenmesinde gerekli mukavemet momentleri gözönünde tutulmuştur.



Şekil 5 B8 Galen Tahkimatında Oluşan Kesit Zorları
(Tahkimat Aralığı $a = 10 \text{ m}$ Alınmıştır)

Söz konusu tasarruf galeri kesiti ve tahkimat aralığı cinsinden tablo-4'de belirtilmiştir. Tablo yakından incelenirse, yüksek mukavemetli çelik kullanımı ile temin edilecek malzeme tasarrufunun % 15-30 sınırları arasında değiştiği anlaşılmaktadır. Geometrik büyüklüklere bakmaksızın bu tasarrufu % 20 mertebesinde kabul etmek mümkündür. Kuşkusuz böyle bir tasarruf malzemenin rasyonel kullanımı açısından fevkalade önemlidir.

Havzada taş ihzaratta tüketilen çelik malzemenin birim üretim başına düşen şarjının yıllara göre değişimi EK—1'de görülmektedir. Birim ton üretim için yaklaşık 0.75 kg çelik tüketilmektedir. Tuvenan taş kömür üretimi gözönüne alındığında, sadece taş ihzaratta kullanılan çelik miktarı yaklaşık

$$8.0 \times 10^6 \text{ t/yıl} \times 0.75 \text{ kg/t} = 6 \times 10^6 \text{ kg/yıl}$$

olmaktadır. Bu tüketim, St 52 çeliği kullanımı durumunda rahatlıkla elde edilebilecek % 20 mertebesinde bir tasarruf ile

$$0.8 \times 6.0 \times 10^6 \text{ kg/yıl} = 4.8 \times 10^6 \text{ kg/yıl}$$

değerine düşürülebilir. St 52 çeliğinin birim fiatı normal çeliğe nazaran % 15 daha pahalıdır. Bu farkda gözönünde tutulursa, yüksek mukavemetli çelik (St 52) kullanımı ile sağlanabilecek parasal kazanç

$$19.2 \times 10^6 \text{ TL/yıl}$$

olarak bulunur.

İlk bakışta, bu kazancın boyutu küçümsenebilir. Ancak, söz konusu tasarrufu memleket çelik tüketimi düzeyinde, çok yönlü şekilde değerlendirmek gerekir. 1977 yılında plan hedefi olarak belirtilen 95000 ton ağır profil talebinin % 78.9'u karşılanmıştı. Havza ölçeğinde sağlanan tasarruf bu üretimin % 1.6'sını oluşturmaktadır. Veya, aynı tasarruf 1978 yılında 40000 ton ağır profil dış alımının % 3'üdür. (Bu değer TL karşılığı ise 7.62×10^6 tutarındadır). Analize katılmayan taban yollarındaki çelik tüketiminde gözönüne alındığında bu yüzde rahatlıkla % 6-10'a kadar yükselebilir. Keza, sözü edilen tasarruf Karabük demir çelik işletmesinin 1975 yılında gerçekleştirdiği madeni bağ üretiminin % 12'sidir. Bu değerlerden de anlaşılacağı gibi vurgulamaya çalışılan tasarruf makro düzeyde küçümsenecek boyutta değildir.

Tablo 4. TABLO 4

Galeri Kesiti	Çevre m	Aralık a= 0.5 m				Aralık a= 0.75 m				a= 1.0 m			
		St 37 W/q _d	St 52 W/q _d '	β (%)	Bir bağ için tasarruf(kg)	St37 W/q _d	St 52 W/q _d '	β (%)	Bir bağ için tasarruf	St37 W/q _d	St 52 W/q _d '	β (%)	Tasarruf (kg)
B5	6.9	34.7/13	34.7/13	-	-	62.5/17.7	34.7/13	27	32	30.7/20.7	62.5/17.7	15	20
B8	8.5	80.7/20.7	62.5/17.7	15	25	13.6/29.5	80.7/20.7	30	75	17.5/35.0	10.3/24.5	30	89
B10	9.4	13.6/29.5	80.7/20.7	30	82	17.5/35.0	13.6/29.5	15	51	22.7/41.6	17.5/35.0	16	62
B14	10.8	22.7/41.6	17.5/35.0	15	71	-	22.7/41.6	-	-	-	-	-	-

Not : W Profilin mukavemet momenti, cm³
q_d, q_d' Profil ağırlığı, kg/m
β Yüksek mukavemetli çelik (St52) kullanımı ile sağlanan malzeme tasarrufu,

$$\beta = \frac{q_d - q_d'}{q_d} \times 100, (\%)$$

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

4.1. SONUÇLAR

Bu çalışmada ele alınan konulardan çıkartılan önemli sonuçlar şöyle özetlenebilir.

- St 52 çeliğinin kullanımı durumunda rijit tahkimat sisteminden elde edilecek malzeme tasarrufu galeri kesit alanı ve bağ aralığına bağlı olarak % 15—30 bulunmuştur. Sadece taş ihzaratta tüketilen çelik gözönüne alındığında, söz konusu tasarrufun parasal karşılığı 19.2 x 10 TL/yıl'dır. Hesaplanan bu değer memleket ekonomisi, ve özellikle malzemenin rasyonel kullanımı yönünden önem taşır.
- Rijit tahkimat sisteminin boyutlandırma prosedürü verilen nomogramlar (Şekil 3—4) yardımıyla büyük ölçüde basitleştirilmiştir. Sadece, galeri kesit alanı, bağ aralığı ve kullanılacak çelik cinsi gözönünde tutularak, gerekli profil derhal saptanabilir.
- B 8, 10 ve 14 türü galerilerinde kullanılan profillerin mukavemet momentleri küçük seçilmiştir. Gerilme tahkik hesaplarının sonuçlarına göre, taşıyıcı sistemde oluşan toplam gerilme malzemenin akma sınırını aşmıştır (Tablo-3). Bu durum, tahkimatı plastik deformasyona zorlamıştır. Bu sonucun ışığı altında, Havza galerilerinde sık sık gözlenen şiddetli deformasyonların, uygun seçilmemiş profil geometrisiyle yakından ilintili olduğu söylenebilir.

4.2. ÖNERİLER

Artan üretim istekleri ve zorlaşan doğal koşullar altında bugünün kömür madenciliği tahkimat malzemesi olarak daha yüksek mukavemetli çeliği kullanmak zorundadır.

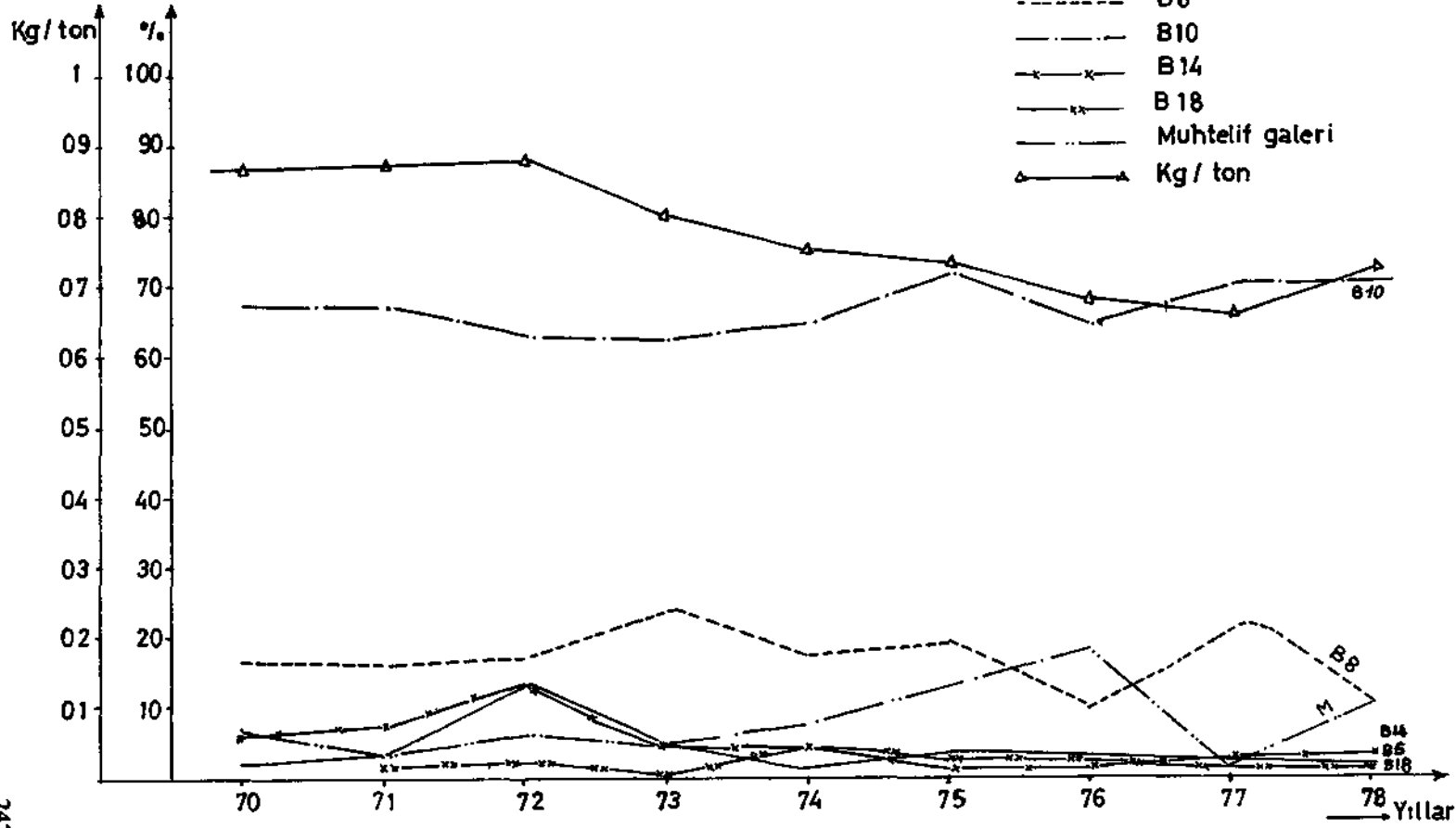
1958 yılından beri Ruhr havzasında kullanılan çeliğin tamamını yüksek mukavemetli çelikler oluşturmaktadır. T.K.İ.'de St 52, hatta St 60 çeliğini tahkimat malzemesi olarak kullanmaya başlamalıdır. Daha yüksek mukavemetli çelik kullanımı ile sağlanacak faydalar şöyle sıralanabilir:

- % 20—30 nisbetinde malzeme tasarruf edilecektir. Sadece madencilik sektörü ele alındığında, bu tasarrufun boyutu mütevazidir. Fakat yüksek mukavemetli çelik kullanımının inşaat sektöründe yaygınlaştırılması durumunda, söz konusu tasarruf 700000 ton/yıl olarak tahmin edilebilir. Bu değerın parasal karşılığı 2.8 milyar TL'dir. Başka bir deyişle, böyle bir kazanç 2.5 x 10⁶ ton/yıl kapasiteli bir demir-çelik fabrikası için yapılacak yatırımın % 14'dür. Buradan açıkça anlaşılmalıdır ki, konunun önemi küçümenecek boyutta değildir.

Havza Ortalamaları

İşaretler

- B5
- - - B8
- · - B10
- x - B14
- x x - B18
- - - Muhtelif galeri
- △ Kg / ton



Ek - 1

— Profil ağırlıkları büyük ölçüde azalacağından işçilik ve nakliyat şarjları da azalacaktır.

— Akma gerilmesi 3600—4000 kg/cm olduğundan, tahkimatın taşıma gücü, ST 37'e nazaran yaklaşık % 50 daha büyüktür.

— Havzada halen kullanılan profiller normal yükleme şartları için yeterli bulunmamışlardır. Tavsiye edilen profiller aşağıda belirtilmiştir.

Tahkimat aralığı	Galeri kesiti	Kullanılan Profil	Tavsiye edilen profil
1 m	B 8	GI 110 (W =103 cm ³)	GI 130 (W =175 cm ³)
1 m	B 10	"	GI 140 (W = 227 cm ³)

B 14 kesitinde uygulanan tahkimat aralığı 0.90 m'den 0.50 m getirilerek aynı profil (GI 140, W =227 cm³) rahatlıkla kullanılabilir.

— Tahkimat sistemleri üzerinde çeşitli yükleme deneyleri yapılarak, sistemlerin gerçek davranışları incelenmelidir. Bu çalışma sonuçlarından yararlanarak, boyutlandırma daha gerçekçi emniyet gerilme değerleri alınabilir.

EK-2 STATİK ANALİZ SONUÇLARI

Düşey yayılı yükün birim şiddeti:

$$q_y = \alpha \cdot \gamma \cdot a = 0.5 \times 2r \times \gamma \times a = r \cdot \gamma \cdot a$$

Hiperstatik büyüklük (Yatay mesnet reaksiyonu, Tablo — 1)

$$A_H = \frac{(0.785 h' + 0.666 r) q_y \cdot r^3}{0.666 h'^3 + 3.14 r h'^2 + 4r^2 h' + 1.57 r^3}$$

Düşey mesnet reaksiyonu

$$A_v = 0.5 q_y \cdot l = q_y \cdot r$$

Eğilme moment ifadesi

$$M = 0.5 q_y r^2 \sin^2 \alpha - A_H (h' + r \sin \alpha), \quad (0 < \alpha < \pi)$$

Normal kuvvet:

$$N = -q_y r \cos^2 \alpha - A_H \sin \alpha, \quad N < 0 \text{ Basınç kuvveti} \\ (0 < \alpha < \pi)$$

Maksimum Eğilme Momenti :

$$\frac{dM}{d\alpha} = \cos \alpha (q_y r^2 \sin \alpha - A_H \cdot r) = 0$$

$$\cos \alpha = 0 \rightarrow \alpha = \pi/2$$

$$\sin \alpha = \frac{A_H}{q_y r} \rightarrow \alpha = \arcsin \frac{A_H}{q_y r}; \quad (\alpha \cong 10^\circ - 12^\circ)$$

$$M = 0.5 q_y r^2 - A_H (h' + r), \quad M_{(1)} > 0$$

$$\alpha = \frac{\pi}{2}$$

$$M_{\alpha = \arcsin \frac{A_H}{q_y r}} = A_H (h' + 0.5 \frac{A_H}{q_y}); \quad M_{(2)} < 0$$

$$N_d = \frac{\pi}{2} = -A_H$$

$$N_{\alpha = \arcsin \frac{A_H}{q_y r}} = -q_y r$$

Maksimum toplam gerilme (Normal + Eğilme gerilmesi)

$$\alpha = \arcsin \frac{A_H}{q_y r} \text{ için } \rightarrow \sigma_{\max}$$

$$\sigma_{\max} = \frac{N_{\alpha}}{F} + \frac{M_{\alpha}}{W} < \sigma_{em}$$

$$\sigma_{\max} = \frac{q_y r}{F} + \frac{A_H [h' + 0.5 \frac{A_H}{q_y}]}{W} = \sigma_{em}$$

Kullanılan sembollerin anlamları:

q_y	Düşey yayılı yukun birim şiddeti
A_H	Yatay mesnet reaksiyonu
h	İdealleştirilmiş sistemde mesnetle kemer başlangıç noktası arasındaki yükseklik (tablo - 1)
r	İdealleştirilmiş sistemin yarıçapı, (tablo-1)
l	Sistemin eğilme açıklığı ($l = 2r$)
α	Sistem üzerinde herhangi bir kesiti tarifleyen yataydan itibaren alınan açı (tablo - 1)
σ	Toplam gerilme
σ_{\max}	Maksimum toplam gerilme
σ_{em}	Malzemenin emniyet gerilme gerilmesi
F	Profil kesit alanı
W	Profil mukavemet momenti

KAYNAKLAR

- Ensarı, C , Kayalı, E S Yüksek Dayanımlı Az Alaşımli Çeliklerin özellikleri ve Kullanılma Alanları, 2. Demir Çelik Sanayi Kongresi, Karabük (1977)
- Spruth, F Steel Road Supports, Cıluckauf Mining Handbooks, Vol 2, colliery Guardian Co Ltd London (1960)
- Arıoğlu, E Dr Thesis, Newcastle Upon Tyne University, (1976)
- Arıoğlu, E Poligon Tahkimatların Statik Analizi ve Boyutlandırma Esasları, Zonguldak Devlet Muh ve Mim Akademisi Bülteni, Sayı 2 (1978)
- Arıoğlu, E Moll Tahkimat Sisteminin Plastik Teori ile Taşıma Gucunun ve Ekonomik Tahkimat Aralığının Hesaplanması Tubitak 5 Bilim Kongresi, (1978)
- Biron, C , Arıoğlu, E Tahkimat Sistemlerinin Dizayn İlkeleri, (Hazırlanan telif kitap) (1980)
- Ardan, F Çelik Yapılar, Arı Kitabevi, (1966)