

2009 Aralık

www.guven-kutay.ch

VİNÇTE ÇELİK KONSTRÜKSİYON

KUTU KİRİŞLER

40a

ÖZET

Güven KUTAY

Bu özet

*"Krenlerde Çelik Konstrüksiyonlar, Cilt I, MMO/2008/483,
Serpil KURT – Remzi ASLAN – Güven KUTAY "*
kitabından çıkarılmıştır.

Daha detaylı bilgi edinmek için bu kitaba bakınız.

DİKKAT:

Bu çalışma iyi niyetle ve bu günün teknik imkanlarına göre yapılmıştır. Bu çalışmadaki bilgilerin yanlış kullanılmasından doğacak her türlü maddi ve manevi zarar için sorumluluk kullanana aittir. Bu çalışmadaki bilgileri kullananlar kullandıkları yerdeki şartları iyi değerlendirip buradaki verilerin yeterli olup olmadığına karar vermeleri ve gerekirse daha detaylı hesap yapmaları önerilir. Eğer herhangi bir düzeltme, tamamlama veya bir arzunuz olursa, hiç çekinmeden bizimle temasa geçebilirsiniz.

İÇİNDEKİLER

1.	Giriş.....	1
2.	Hesaplar	2
2.1.	X-Eksenine göre gerekli eylemsizlik momenti " I_x "	2
2.2.	Sistemin ağırlık merkezi	3
2.3.	Kirişin eylemsizlik momentleri.....	4
2.4.	Kirişin mukavemet momenti.....	4
2.5.	Kirişin birim boy ağırlığı	5
2.6.	Kayma gerilmesi hesabı için gerekli alan değerler	5
3.	DIN Normlarına ve FEM kurallarına uygun kiriş hesaplama yöntemi.....	5
3.1.	Hesapların yapılması ve emniyet gerilmeleri.....	5
3.2.	Vinçlerin veya vinç elemanlarının gruplandırılması.....	7
3.3.	I inci hal veya H hali kontrolü	8
3.4.	Kiriş sehimi	8
3.5.	Gerilme hesapları	9
3.5.1.	Kirişin kendi ağırlığından ileri gelen gerilme " σ_1 "	9
3.5.2.	Arabanın kendi ağırlığından ileri gelen gerilme " σ_2 "	9
3.5.3.	Kaldırma yükünden ileri gelen gerilme " σ_3 "	9
3.5.4.	Eylemsizlik kuvvetlerden ileri gelen gerilme " σ_4 "	9
3.5.5.	Araba kasılmasından ileri gelen gerilme " σ_5 "	10
3.5.6.	H – Hali için kirişteki toplam gerilmeler " σ_{max} ve τ_{max} "	10
3.6.	Vinç kirişlerinde kayma gerilmesinin hesaplanması	10
3.6.1.	Burulma gerilimi " τ_t "	10
3.6.2.	Kesme gerilimi " τ_k "	11
3.6.3.	Toplam kayma gerilmesi " τ_{top} "	12
3.7.	Vinç kirişinde toplam karşılaştırma gerilmesi	12
3.8.	Devamlı dinamik emniyet gerilmeleri	13
3.9.	Levhaların bruşma kontrolü.....	14
3.9.1.	Yan levhaların bruşmaya karşı kontrolü	14
3.9.2.	Üst kuşak levhasının bruşmaya karşı kontrolü	17
4.	Örnek.....	20

Semboller

Sembol	Birim	Açıklama
A_0	m^2	Yan levha alanı
A_k	cm^2	Kirişin kesilme etkisindeki alanı
A_{Or}	cm^2	Ortalama giriş alanı
A_{top}	cm^2	Toplam giriş alanı
b	cm	Genişlik
b_{Or}	cm	Ortalama giriş genişliği
$c_{\kappa\sigma}$		κ için katsayı
E	N/mm^2	Elastiklik modülü
f	mm	Sehim, indeksine göre
F_A	N	Araba ağırlığı
F_q	N	Birim ağırlık kuvveti
F_{TD}	N	Dik tekerlek kuvveti
F_{TY}	N	Yatay tekerlek kuvveti
F_Y	N	Kaldırma yükü kuvveti, Vincin taşıma kapasitesi
g	m/s^2	Yan levha yüksekliği, indeksine göre
h_2	cm	Yan levha yüksekliği, indeksine göre
h_{Or}	cm	Ortalama giriş yüksekliği
h_p	cm	Perde alt kuşak mesafesi
I	cm^4	Eylemsizlik (Atalet) momenti, indeksine göre
I_x	cm^4	X-eksenine göre eylemsizlik momenti
I_y	cm^4	Y-eksenine göre eylemsizlik momenti
k_B		Yükleme grubu katsayısı
$k_{\kappa\sigma}$		κ ' ya göre normal gerilme azaltma katsayısı
$k_{\kappa\tau}$		κ ' ya göre kayma gerilmesi azaltma katsayısı
k_σ		σ için buruşma azaltma katsayısı
k_τ		τ için buruşma azaltma katsayısı
L_A	m	Araba tekerlek mesafesi
L_K	m	Kiriş açıklığı
L_P	m	İki perde arası mesafesi
M	Nm	Moment, indeksine göre
$M_{eğ}$	Nm	Eğilme momenti
M_t	Nm	Torsiyon momenti, burulma momenti
q	kg/m	Birim ağırlığı
q_k	kg/m	Kirişin birim ağırlığı
q_p	kg/m	Platformun birim ağırlığı
R_e	N/mm^2	Akma mukavemeti
R_m	N/mm^2	Kopma mukavemeti
S		Emniyet katsayısı, indeksine göre
S_{Bger}		Gerekli buruşma emniyet katsayısı
S_{BuHe}		Hesapsal buruşma emniyet katsayısı
t	cm	Levha kalınlığı, indeksine göre
v_K	m/dak	Kaldırma hızı
W	cm^3	Mukavemet momenti, indeksine göre
W_t	cm^3	Burulma mukavemet momenti
W_x	cm^3	X-eksenine göre mukavemet momenti
W_y	cm^3	Y-eksenine göre mukavemet momenti
α_1		Yan levhada iki perde arası mesafesinin levha yüksekliğine oranı

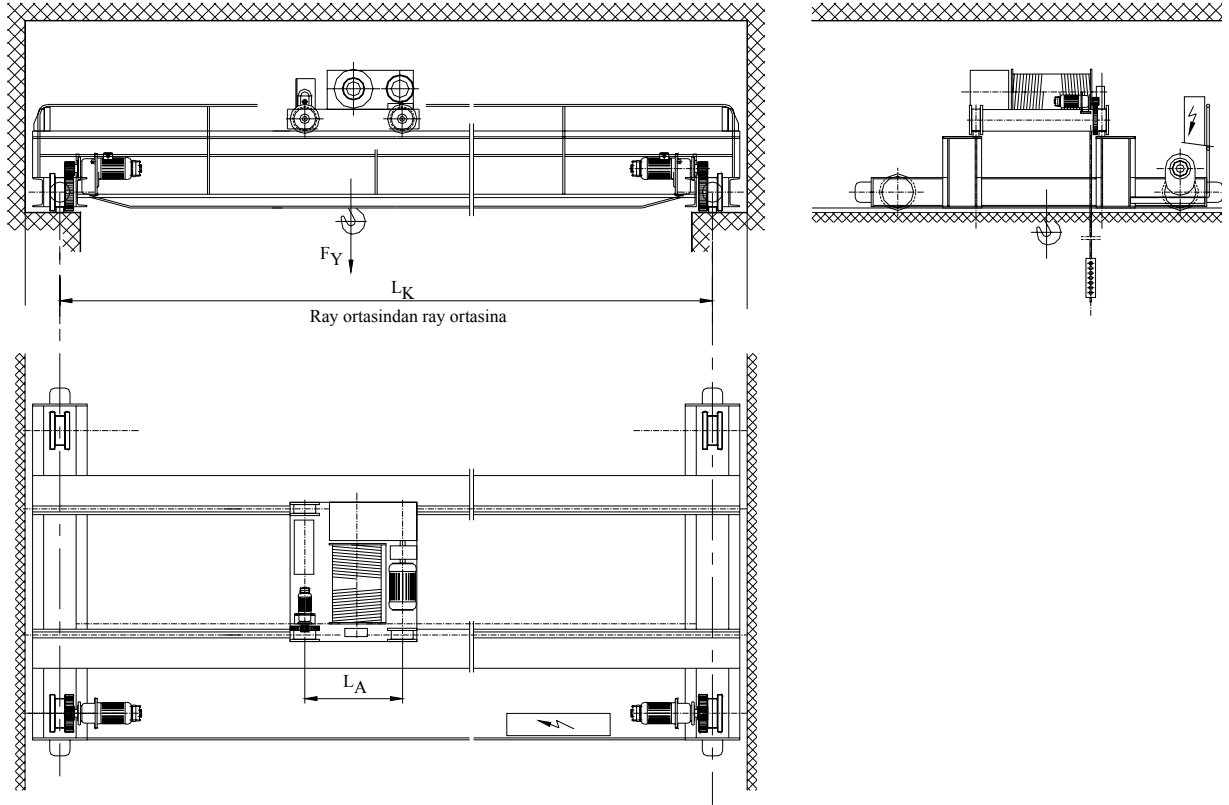
Sembol	Birim	Açıklama
$\alpha_{\bar{U}}$		Üst kuşak levhasında iki perde arası mesafesinin levha genişliğine oranı
γ_M		Kısmi emniyet katsayısı
φ		Öz ağırlık faktörü
κ		Sınır değerler oranı, indeksine göre
κ_{Bu}		Buruşma sınır değerler oranı
κ_D		Devamlı mukavemet sınır değerler oranı
κ_F		Yükleme kuvvetleri sınır değerler oranı
λ		Narinlik derecesi
$\lambda_{p\sigma}$		Yan levhalarda normal gerilme narinlik derecesi
$\lambda_{p\sigma\bar{U}}$		Üst kuşak normal gerilme narinlik derecesi
$\lambda_{p\tau}$		Yan levhalarda kayma gerilmesi narinlik derecesi
$\lambda_{p\tau\bar{U}}$		Üst kuşak kayma gerilmesi narinlik derecesi
ν		Poisson sayısı
σ_1	N/mm ²	Kirişin kendi ağırlığından ileri gelen gerilme
σ_2	N/mm ²	Arabanın kendi ağırlığından ileri gelen gerilme
σ_3	N/mm ²	Kaldırma yükünden ileri gelen gerilme
σ_4	N/mm ²	Eylemsizlik kuvvetlerinden ileri gelen gerilme
σ_5	N/mm ²	Araba kasılmasından ileri gelen gerilme
σ_A	N/mm ²	Öz ağırlık gerilmesi
$\sigma_{b(\kappa)EM}$	N/mm ²	Kapaya (κ) göre emniyetli bası mukavemeti
σ_{bEM}	N/mm ²	Emniyetli bası mukavemeti
σ_{Bu}	N/mm ²	Buruşma gerilmesi
σ_{Bui}	N/mm ²	İdeal buruşma gerilmesi
$\sigma_{c(-1)EM}$	N/mm ²	$\kappa = -1$ için emniyetli çeki mukavemeti
$\sigma_{c(\kappa)EM}$	N/mm ²	Kapaya (κ) göre emniyetli çeki mukavemeti
σ_{cEM}	N/mm ²	Emniyetli çeki mukavemeti
$\sigma_{D(-1)EM}$	N/mm ²	$\kappa = -1$ için devamlı emniyet mukavemeti
$\sigma_{D(\kappa)EM}$	N/mm ²	κ için devamlı emniyet mukavemeti
σ_K	N/mm ²	Kasılma gerilmesi
σ_{kar}	N/mm ²	Karşılaştırma gerilmesi
σ_{max}	N/mm ²	maksimum normal gerilme, en büyük normal gerilme
σ_{min}	N/mm ²	minimum normal gerilme, en küçük normal gerilme
σ_{SBu}	N/mm ²	Normal buruşma sınır gerilmesi
σ_Y	N/mm ²	Kaldırma yükü gerilmesi
τ	N/mm ²	Kayma gerilmesi, indeksine göre
τ_{EM}	N/mm ²	Emniyetli kayma mukavemeti
τ_k	N/mm ²	Kesme gerilmesi
τ_{max}	N/mm ²	maksimum kayma gerilmesi, en büyük kayma gerilmesi
τ_{min}	N/mm ²	minimum kayma gerilmesi, en küçük kayma gerilmesi
τ_t	N/mm ²	Burulma gerilmesi, torsiyon gerilmesi
τ_{top}	N/mm ²	Toplam kayma gerilmesi
ψ		Titreşim katsayısı

1. Giriş

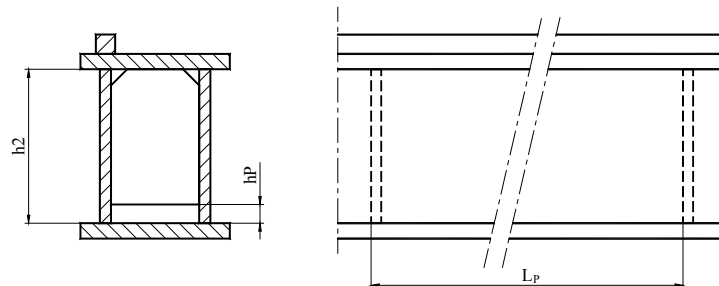
Vinç kirişlerini hesaplayıp konstrüksiyonunu yapabilmek için bilinmesi gereken bilgiler şunlardır:

- Kaldırma yükü (Vincin taşıma kapasitesi " F_Y ")
- Kaldırma hızı (Titreşim katsayısı " ψ " için)
- Vincin çalıştığı yer ve şartlar (Yükleme grubu katsayısı " k_B " için)
- Köprü açıklığı (Vinç yürüyüş rayları orta mesafesi " L_K ")
- Araba tekerlek mesafesi (Bir ray üzerinde tekerlek aksları mesafesi " L_A ")
- Sehim oranı (İlk seçimde daha garantili gitmek için $L_K/f= 1500$ önerilir)
- Araba ağırlığı " F_A "
- Kullanılan malzeme ve mekanik değerleri " $R_m ; R_e ; E_{dym} ; v$ "

Bu bilgileri tam olarak temin ettikten sonra vinç kirişinin konstrüksiyonuna karar verilmelidir. Burada kutu kirişleri ele alacağımızdan vincimizi çift kirişli gezer köprü vinci olarak kabul edelim (Şekil 1). Kirişimizin konstrüksiyon şeklinide standart kutu kirişi şeklinde yapalım (Şekil 2)



Şekil 1, Gezer köprü vinci



Şekil 2, Kutu kiriş genel

2.2. Sistemin ağırlık merkezi

Alanlar momenti eşitliğine göre:

Ağırlık merkezinin X_S değeri:

$$A_{\text{top}} \cdot X_S = A_1 \cdot x_1 + A_2 \cdot x_2 + A_3 \cdot x_3 + A_4 \cdot x_4 + A_5 \cdot x_5$$

$$X_S = \frac{A_1 \cdot x_1 + A_2 \cdot x_2 + A_3 \cdot x_3 + A_4 \cdot x_4 + A_5 \cdot x_5}{A_{\text{top}}}$$

Buradaki değerlerin ön hesaplamasını yaparsak;

$A_1 = b_1 \cdot t_1$	$x_1 = 0,5 \cdot b_1$	$y_1 = 0,5 \cdot t_1$	Ekonomik kazanç sağlamak için; $b_1 = b_3$; $h_2 = h_4$; $t_1 = t_3$ ve $t_2 = t_4$ olarak alınır.
$A_2 = h_2 \cdot t_2$	$x_2 = 0,5 \cdot t_2 + b_B$	$y_2 = 0,5 \cdot h_2 + t_1$	
$A_3 = b_3 \cdot t_3$	$x_3 = 0,5 \cdot b_3$	$y_3 = t_1 + 0,5 \cdot t_3 + h_2$	
$A_4 = h_4 \cdot t_4$	$x_4 = b_1 - b_B - 0,5 \cdot t_4$	$y_4 = t_1 + 0,5 \cdot h_2$	
$A_5 = h_R \cdot b_R$	$x_5 = b_1 - b_B - 0,5 \cdot t_4$	$y_5 = t_1 + t_3 + h_2 + 0,5 \cdot h_R$	

$$A_{\text{top}} = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5$$

$$A_{\text{top}} = 2 \cdot A_1 + 2 \cdot A_2 + A_5$$

$$A_{\text{top}} = 2 \cdot t_1 \cdot b_1 + 2 \cdot t_2 \cdot h_2 + b_R \cdot h_R$$

F(2)

$$X_S = \frac{(A_1 + A_2 + A_5) \cdot b_1 - A_5 \cdot (b_B + 0,5 \cdot t_2)}{A_{\text{top}}}$$

F(3)

Ağırlık merkezinin Y_S değeri:

$$A_{\text{top}} \cdot Y_S = A_1 \cdot y_1 + A_2 \cdot y_2 + A_3 \cdot y_3 + A_4 \cdot y_4 + A_5 \cdot y_5$$

$$Y_S = \frac{A_1 \cdot y_1 + A_2 \cdot y_2 + A_3 \cdot y_3 + A_4 \cdot y_4 + A_5 \cdot y_5}{A_{\text{top}}}$$

Buradaki değerlerin ön hesaplamasını yaparsak;

$$y_1 = 0,5 \cdot t_1 \quad ; \quad y_2 = t_1 + 0,5 \cdot h_2 \quad ; \quad y_3 = 1,5 \cdot t_1 + h_2$$

$$y_4 = y_2 = t_1 + 0,5 \cdot h_2 \quad ; \quad y_5 = 2 \cdot t_1 + h_2 + 0,5 \cdot h_R$$

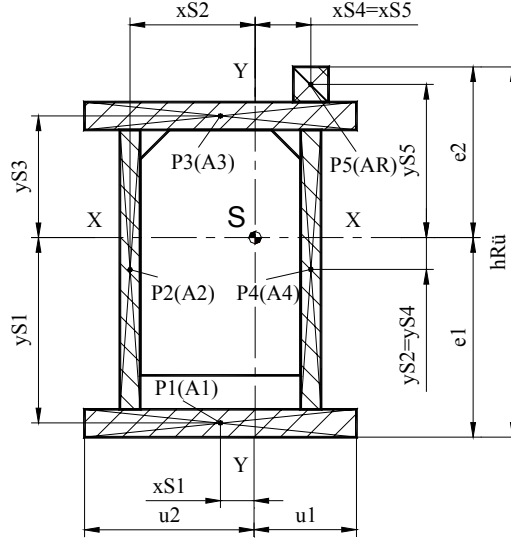
$$Y_S = \frac{A_1 \cdot 0,5 \cdot t_1 + A_2 \cdot (t_1 + 0,5 \cdot h_2) + A_3 \cdot (1,5 \cdot t_1 + h_2) + A_4 \cdot (t_1 + 0,5 \cdot h_2) + A_5 \cdot (2 \cdot t_1 + h_2 + 0,5 \cdot h_R)}{A_{\text{top}}}$$

$$Y_S = \frac{(4 \cdot t_1 + 2 \cdot h_2) \cdot (A_1 + A_2 + A_5) + A_5 \cdot 0,5 \cdot h_R}{A_{\text{top}}}$$

F(4)

$$\begin{aligned}x_{s1} &= X_S - x_1 \\x_{s2} &= X_S - x_2 \\x_{s3} &= X_S - x_3 \\x_{s4} &= x_4 - X_S \\x_{s5} &= x_{s4}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}y_{s1} &= Y_S - y_1 \\y_{s2} &= Y_S - y_2 \\y_{s3} &= y_3 - Y_S \\y_{s4} &= y_{s2} \\y_{s5} &= y_5 - Y_S\end{aligned}$$



Şekil 4, Kutu kiriş eylemsizlik momenti ölçüleri

2.3. Kirişin eylemsizlik momentleri

$$I_{1x} = b_1 \cdot t_1^3 / 12$$

$$I_{2x} = t_2 \cdot h_2^3 / 12$$

$$I_{3x} = b_3 \cdot t_3^3 / 12$$

$$I_{4x} = t_4 \cdot h_4^3 / 12$$

$$I_{Rx} = b_R \cdot h_R^3 / 12$$

$$u_1 = b_1 - X_S \quad u_2 = X_S$$

$$I_{1y} = t_1 \cdot b_1^3 / 12$$

$$I_{2y} = h_2 \cdot t_2^3 / 12$$

$$I_{3y} = t_3 \cdot b_3^3 / 12$$

$$I_{4y} = h_4 \cdot t_4^3 / 12$$

$$I_{Ry} = h_R \cdot b_R^3 / 12$$

$$e_1 = X_S \quad e_1 = h_{Rü} - X_S$$

Kirişin x-eksenine göre eylemsizlik momenti:

$$I_x = I_{1x} + I_{2x} + I_{3x} + I_{4x} + I_{5x} + y_{s1}^2 \cdot A_1 + y_{s2}^2 \cdot A_2 + y_{s3}^2 \cdot A_3 + y_{s4}^2 \cdot A_4 + y_{s5}^2 \cdot A_5 \quad F(5)$$

Kirişin y-eksenine göre eylemsizlik momenti:

$$I_y = I_{1y} + I_{2y} + I_{3y} + I_{4y} + I_{5y} + x_{s1}^2 \cdot A_1 + x_{s2}^2 \cdot A_2 + x_{s3}^2 \cdot A_3 + x_{s4}^2 \cdot A_4 + x_{s5}^2 \cdot A_5 \quad F(6)$$

2.4. Kirişin mukavemet momenti

Kirişin x-eksenine göre mukavemet momenti:

$$W_x = \frac{I_x}{e_{\max}} \quad F(7)$$

Kirişin y-eksenine göre mukavemet momenti:

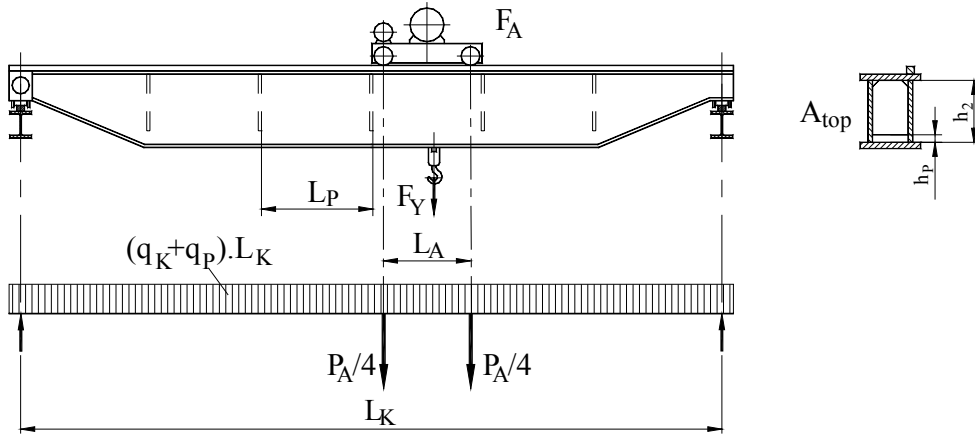
$$W_y = \frac{I_y}{u_{\max}} \quad F(8)$$

2.5. Kirişin birim boy ağırlığı

Ağırlık hesabında her 2 metrede, buruşmaya karşı t_1 kalınlığında perde konulduğu kabul edilmiştir. (Şekil 2 ve Şekil 5)

$$q_K = A_{top} \cdot \rho_{St} \cdot 1m + 0,5 \cdot m_P \quad F(9)$$

$$m_P = (h_2 - h_P) \cdot (b_1 - 2 \cdot t_2 - 2 \cdot b_B) \cdot t_2 \cdot \rho_{St} \quad F(10)$$

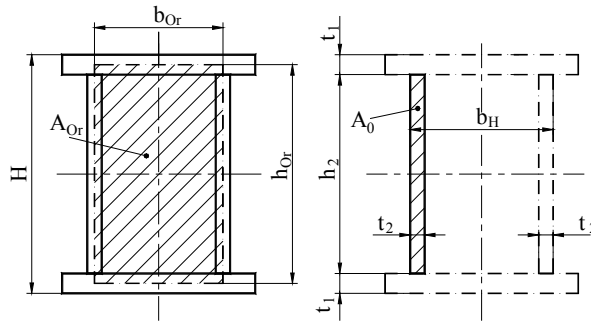


Şekil 5, Kutu kirişte tanımlamalar

2.6. Kayma gerilmesi hesabı için gerekli alan değerler

$$A_{Or} = b_{Or} \cdot h_{Or} \quad F(11)$$

$$A_0 = t_2 \cdot h_2 \quad F(12)$$



Şekil 6, Kutu kirişin kayma gerilimi alanları

3. DIN Normlarına ve FEM kurallarına uygun kiriş hesaplama yöntemi

3.1. Hesapların yapılması ve emniyet gerilmeleri

Kirişin mukavemet kontrolünde, yükleme halleri olarak gerek DIN 15018 de ve FEM de verilen vinç hesaplama kurullarında ön görülmüş üç hal vardır:

FEM

DIN 15018

I inci hal Rüzgarsız vinç işletmesi

H hali

II inci hal Rüzgar ile vinç işletmesi

HZ hali

III inci hal Fevkalade yüklemeler altında vinç

HS hali

Her ne kadar genel olarak her üç hal için kontrol yapılması gerekiyorsa da, ekli DIN 15018 den çıkarılmış Tablo 1' den görülebileceği gibi St 37 ve St 52 demir konstrüksiyon malzemesinin genel gerilme kontrolünde, tavan gerilmeleri H hali için HZ haline nazaran daha düşük olması, ancak rüzgarın çok büyük olabileceği yerlerde Yükleme II inci Hal (HZ hali) in kontrolünün yapılması gerekli olur.

Tablo 1, Genel kontrol (Statik yükleme için)

Malzeme cinsi	Yükleme-hali	Emniyetli çeki gerilmesi $\sigma_{\text{çEM}}$ N/mm ²	Emniyetli bası gerilmesi σ_{bEM} N/mm ²	Emniyetli kayma gerilmesi τ_{EM} N/mm ²
St 37 DIN 17100	H	160	140	92
	HZ	180	160	104
St 52 DIN 17100	H	240	210	138
	HZ	270	240	156

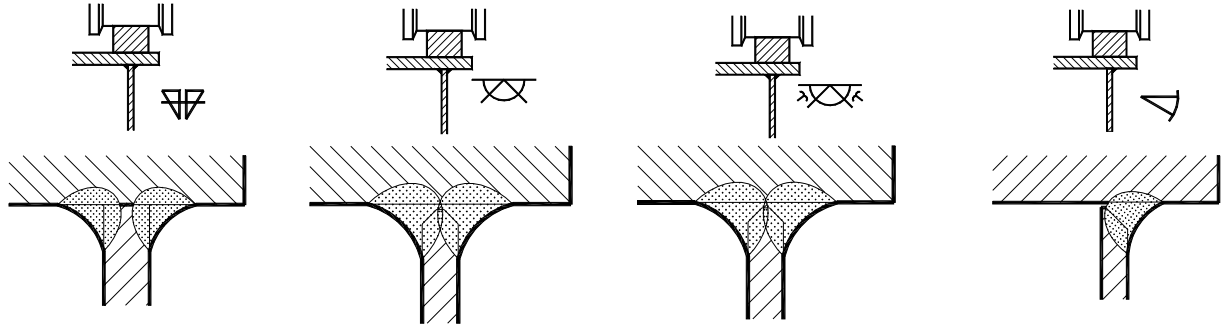
Her ne kadar kontroller devamlı dinamik emniyet gerilmesine göre yapılırsada, sonuçların statik yükleme için geçerli olan (Tablo 1) emniyet gerilmelerini aşmaması gerekir.

Tablo 2, Standartlaştırılmış kutu kirişlerin boyutları (Şekil 6)

Tip	Boyutlar cm olarak								
	b ₁	h ₂	t ₁	t ₂	h _R /b _R	b	H	b _A	h _A
K01	29	49	0.6	0.6	4	23	50.2	22.4	49.6
K02	29	49	0.8	0.6	4	23	50.6	22.4	49.8
K03	29	69	0.6	0.6	4	23	70.2	22.4	69.6
K04	29	69	0.8	0.6	4	23	70.6	22.4	69.8
K05	29	69	1.0	0.6	4	23	71.0	22.4	70.0
K06	49	69	0.8	0.6	4	43	70.6	42.4	69.8
K07	49	99	0.6	0.6	4	43	100.2	42.4	99.6
K08	49	99	0.8	0.6	4	43	100.6	42.4	99.8
K09	49	99	1.0	0.8	4	43	101.0	42.2	100.0
K010	69	99	1.0	0.8	4	63	101.0	62.2	100.0
K011	69	99	1.2	1.0	4	63	101.4	62.0	100.2
K012	69	99	1.5	1.2	4	63	102.0	61.8	100.5

Tablo 2 ye devam, Standartlaştırılmış kutu kirişlerin mekanik değerleri

Tip	Kesitler cm ²		Mukavemet değerleri cm ⁴				Ağırlıklar ≈ kg/m	
	A _{top}	A ₀	J _X	J _Y	W _X	W _Y	q	q'
K01	1'111	29.4	43'226	11'552	1'488	716	89	40
K02	1'116	29.4	50'908	12'393	1'761	776	98	40
K03	1'559	41.4	94'403	14'616	2'387	923	108	40
K04	1'564	41.4	109'198	15'448	2'771	982	117	40
K05	1'568	41.4	124'131	16'277	3'156	1'041	127	40
K06	2'960	41.4	148'619	59'466	3'843	2'251	143	40
K07	4'223	59.4	282'721	71'780	5'197	2'734	157	40
K08	4'232	59.4	332'752	75'756	6'137	2'904	172	40
K09	4'220	79.2	415'912	96'864	7'762	3'763	220.2	40
K010	6'220	79.2	516'247	222'670	9'706	6'169	252.6	40
K011	6'212	99.0	619'979	270'746	11'715	7'561	306.9	40
K012	6'211	118.8	760'191	323'786	14'300	9'102	372.4	40



Çentik etkisi K4

Kaynak ağzsız
Normal kalitede
Köşe dikışı

Çentik etkisi K3

Kaynak ağzlı
Normal kalitede
K-dikişi

Çentik etkisi K2

Kaynak ağzlı
özel kalitede
K-dikişi

Çentik etkisi K4

Tek taraflı kaynak
ağzlı, normal kalitede
dikış

Şekil 7, Kaynak çeşit ve kaliteleri

3.2. Vinçlerin veya vinç elemanlarının gruplandırılması

Vinç elemanlarının gruplandırılması aşağıda verilen cetvellere göre yapılır.

Tablo 3, Gerilme durumu (gerilme kolektifi)

FEM	DIN 15018	Tanımlama
0	S ₀	Çok özel hallerde max yüklerle çalışan. Normal çalıştığı zamanlarda kapasitesine göre devamlı olarak çok küçük yüklerle çalışan vinç veya elemanları.
1	S ₁	Seyrek olarak max yüklerle çalışan. Genelde kapasitesine göre %30 civarında yüklerle çalışan vinç veya elemanları.
2	S ₂	Oldukça sık max yüklerle çalışan. Genelde kapasitesine göre %30 ile %60 arasındaki yüklerle çalışan vinç veya elemanları.
3	S ₃	Devamlı olarak max. yüklerle çalışan vinç veya elemanları.

Tablo 4, Vinç veya elemanların gruplandırılması DIN 15018 (Ref. Nisan 1974)

Vinçin ömrü boyunca yükleme tekrür sayısı	Arasıra kullanma ve uzun durma zamanları	Devamlı fakat aralıklı kullanma	Devamlı ve aralıksız olarak kullanma	Devamlı ve aralıksız ağır şartlar altında
	$2 \cdot 10^4 \dots 2 \cdot 10^5$	$2 \cdot 10^4 \dots 6 \cdot 10^5$	$6 \cdot 10^4 \dots 2 \cdot 10^6$	$\geq 2 \cdot 10^6$
Gerilme durumu, gerilme kolektifi	Vinç veya elemanlarının yükleme grubu			
S ₀ çok hafif	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄
S ₁ hafif	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅
S ₂ orta	B ₃	B ₄	B ₅	B ₆
S ₃ ağır	B ₄	B ₅	B ₆	B ₆

Tablo 5, Yükleme tekrarlama sayısı

Gerilme durumu	Vincin ömrü boyunca yükleme tekrarlama sayısı			
	A $6,3 \cdot 10^4$	B $2 \cdot 10^5$	C $6,3 \cdot 10^5$	D $2 \cdot 10^6$
0 çok hafif	1	2	3	4
1 hafif	2	3	4	5
2 orta	3	4	5	6
3 ağır	4	5	6	6

3.3. I inci hal veya H hali kontrolü

Vinç elemanlarının kendi ağırlığından ileri gelen gerilmelerin toplamına σ_A , vinç kaldırma ağırlığından ileri gelen gerilmelerin toplamına σ_Y , eylemsizlik kuvveti ve kasımalardan ileri gelen yatay yükleme toplam gerilmesine σ_K denilirse:

I inci hal için;

$$\sigma_{\max} = k_B \cdot (\sigma_A + \psi \cdot \sigma_Y + \sigma_K) \quad F(13)$$

$$\sigma_{\min} = \sigma_A \quad F(14)$$

Yükleme grubu katsayısı " k_B " ve titreşim katsayısı " ψ " değerleri FEM veya DIN 15018'e göre aşağıdaki tablolarda verilmiştir.

Tablo 6, Titreşim katsayısı " ψ "

Kaldırma sınıfı	Titreşim katsayısı ψ kaldırma hızı v_K m/dak olarak	
	≤ 90 m/dak	> 90 m/dak
H1	$1,1 + 0,0022 \cdot v_K$	1,3
H2	$1,2 + 0,0044 \cdot v_K$	1,6
H3	$1,3 + 0,0066 \cdot v_K$	1,9
H4	$1,4 + 0,0088 \cdot v_K$	2,2

Tablo 7, Yükleme grubu katsayısı " k_B "

	Yükleme grupları					
	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	B ₆
k_B	1,00	1,02	1,05	1,08	1,11 ... 1,14	1,17 ... 1,20

3.4. Kiriş sehimi

Kiriş en büyük hesaplanan sehimi aşağıdaki formülle bulunur.

$$f_{\text{hes}} = \frac{F_{\text{Tek}} \cdot (L_K - L_A)}{48 \cdot E \cdot I_x} \cdot \left[3 \cdot L_K^2 - (L_K - L_A)^2 \right] \quad F(15)$$

3.5. Gerilme hesapları

3.5.1. Kirişin kendi ağırlığından ileri gelen gerilme " σ_1 "

Kirişteki yayılı yük

$$F_q = (q_K + q_P) \cdot g \cdot L_K$$

F(16)

Max. Moment

$$M_1 = \frac{(q_K + q_P) \cdot g \cdot L_K^2}{8}$$

Kirişteki öz ağırlık gerilmesi

$$\sigma_1 = \frac{M_1}{W_x}$$

$$\sigma_1 = \frac{(q_K + q_P) \cdot g \cdot L_K^2}{8 \cdot W_x}$$

F(17)

3.5.2. Arabanın kendi ağırlığından ileri gelen gerilme " σ_2 "

Max. Moment

$$M_2 = \frac{F_A}{32 \cdot L_K} \cdot (2 \cdot L_K - L_A)^2$$

Öz ağırlık gerilmesi

$$\sigma_2 = \frac{M_2}{W_x}$$

$$\sigma_2 = \frac{F_A}{32 \cdot L_K \cdot W_x} \cdot (2 \cdot L_K - L_A)^2$$

F(18)

3.5.3. Kaldırma yükünden ileri gelen gerilme " σ_3 "

Max. Moment

$$M_3 = \frac{F_Y}{32 \cdot L_K} \cdot (2 \cdot L_K - L_A)^2$$

Max. gerilim:

$$\sigma_3 = \frac{M_3}{W_x}$$

$$\sigma_3 = \frac{F_Y}{32 \cdot L_K \cdot W_x} \cdot (2 \cdot L_K - L_A)^2$$

F(19)

3.5.4. Eylemsizlik kuvvetlerden ileri gelen gerilme " σ_4 "

Max. Moment

$$M_4 = 0,075 \cdot L_K \cdot \left[\varphi \cdot (q_K + q_P) \cdot g \cdot L_K + \frac{F_A}{2} \right]$$

Max. gerilim:

$$\sigma_4 = \frac{M_4}{W_y}$$

$$\sigma_4 = \frac{0,075 \cdot L_K}{W_y} \cdot \left[\varphi \cdot (q_K + q_P) \cdot g \cdot L_K + \frac{F_A}{2} \right]$$

F(20)

3.5.5. Araba kasılmasından ileri gelen gerilme " σ_5 "

$$\text{Max. Moment} \quad M_5 = 0,05 \cdot L_A \cdot (F_A + F_Y)$$

$$\text{Max. gerilim:} \quad \sigma_5 = \frac{M_5}{W_y}$$

$$\sigma_5 = \frac{0,05 \cdot L_A \cdot (F_A + F_Y)}{W_y} \quad \text{F(21)}$$

Araba yürüyüşünde vinç kirişine araba kasılmasından ileri gelen yatay moment kuvvetinin hesabında FEM'den alınan kasma katsayısı 0,2 kabul edilerek daima emniyetli tarafta olunması sağlanmıştır. Bu katsayı yatay kuvvetlerin dik kuvvetlere olan oranını gösterir.

3.5.6. H – Hali için kirişteki toplam gerilmeler " σ_{\max} ve τ_{\max} "

$$\sigma_{\max} = k_B \cdot (\sigma_1 + \sigma_2 + \psi \cdot \sigma_3 + \sigma_4 + \sigma_5) \quad \text{F(22)}$$

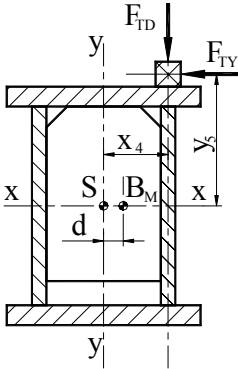
$$\sigma_{\min} = \sigma_1 + \sigma_2 \quad \text{F(23)}$$

Kirişte yüklemekten oluşan sınır değerler oranı " κ_F "

$$\kappa_F = \frac{\sigma_{\min}}{\sigma_{\max}} = \frac{F_{\min}}{F_{\max}} \quad \text{F(24)}$$

3.6. Vinç kirişlerinde kayma gerilmesinin hesaplanması

3.6.1. Burulma gerilimi " τ_t "



Şekil 8, Kiriş kesiti

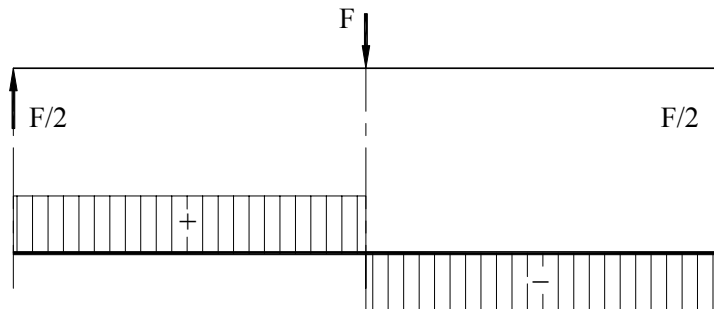
Kirişte asimetrik olarak araba tekerleklerindeki dik ve yatay kuvvetlerden ileri gelen burulma momentinin doğurduğu burulma gerilmesidir.

Burulma gerilmesi τ_t :

$$\tau_t = \frac{M_t}{W_t}$$

M_t burulma momenti, B_M noktasını burulma merkezi olarak kabul edersek, araba tekerleklerindeki dik ve yatay kuvvetlerden ileri gelen burulma momenti şu şekilde belirlenir:

$$M_t = 2 \cdot [(x_4 - d) \cdot F_{TD} + y_5 \cdot F_{TY}]$$



Şekil 9, Kesme kuvvetinin kirişte dağılımı

Burada, daha önce krende kabul edilen değerlere göre ve hesapların daha güvenli olması bakımından $d = 0$ alınır, böylece burulma momenti:

$$F_{TY} = 0,2 \cdot F_{TD}$$

$$M_t = x_4 \cdot 2 \cdot F_{TD} + y_5 \cdot 2 \cdot 0,2 \cdot F_{TD} = 2 \cdot F_{TD} \cdot (x_4 + 0,2 \cdot y_5)$$

$$M_t = 2 \cdot \frac{F_A + F_Y}{4} \cdot (x_4 + 0,2 \cdot y_5)$$

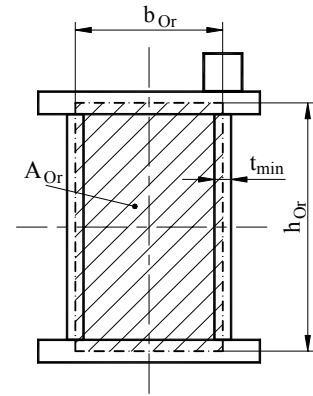
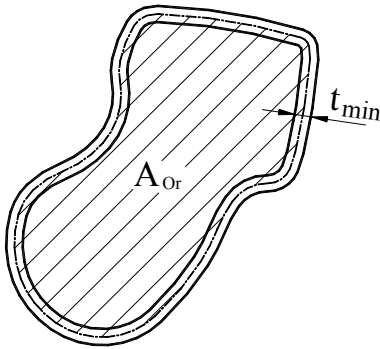
$$M_t = 0,5 \cdot (F_A + F_Y) \cdot (x_4 + 0,2 \cdot y_5)$$

Bredt'e göre ince cidarlı içi boş bir kesitte burulma mukavemet momenti şu şekilde yaklaşık olarak hesaplanır.

$$W_t \approx 2 \cdot A_{Or} \cdot t_{min}$$

Burada A_{Or} ortalama alandır. Kiriş için:

$$A_{Or} = b_{Or} \cdot h_{Or}$$

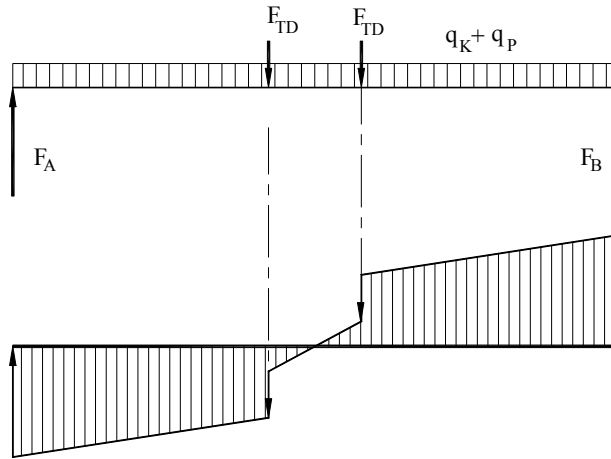


Şekil 10, Bredt'e göre ince cidarlı kesitte burulma

Bredt'e göre ince cidarlı içi boş bir kesitte burulma gerilmesi:

$$\tau_t = \frac{(x_4 + 0,2 \cdot y_5) \cdot (F_A + F_Y)}{4 \cdot t_{min} \cdot (x_2 + x_4) \cdot (y_1 + y_3)}$$

3.6.2. Kesme gerilimi " τ_k "



Şekil 11, Kesme kuvvetinin kiriş üzerinde dağılımı

Kesme gerilmesi, kesme yükünden, yani arabanın, kaldırma yükünün ve kirişin öz ağırlık kuvvetlerinden ileri gelen gerilmedir. Bu gerilme, kesme kuvvetinin kirişin kesmeye karşı koyan alanına bölünmesiyle hesaplanır.

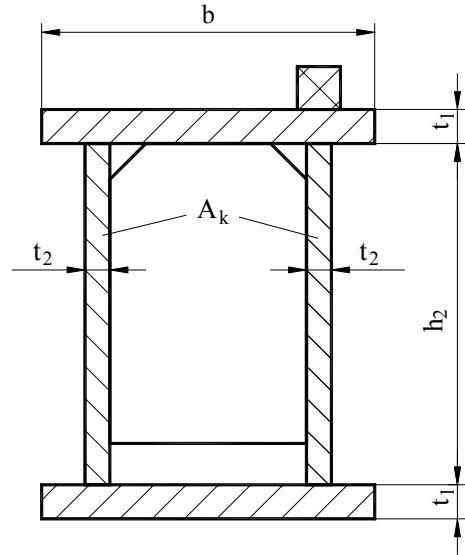
$$\tau_k = \frac{F_k}{A_k}$$

Bir kirişteki maksimum kesme gerilmesi τ_{kmax} şu şekilde hesaplanır. Bir kirişteki kesilme etkisinde olan alan A_k yalnız dik yan plakaların alanından oluşur. Kuşaklar kesme gerilmesinde hesaba katılmazlar.

$$A_k = 2 \cdot t_2 \cdot h_2$$

Böylece kren kirişinde tekerlek kuvvetlerinden ileri gelen kesme gerilmesi " τ_k " bilinen ana büyüklüklerle şu şekilde hesaplanır:

$$\tau_k = \frac{\psi \cdot F_Y + k_B \cdot F_A}{4 \cdot t_2 \cdot h_2}$$



Şekil 12, Kesilme kesiti A_k

3.6.3. Toplam kayma gerilmesi " τ_{top} "

Vinç kirişindeki toplam kayma gerilmesi " τ_{top} "

$$\tau_{top} = \tau_t + \tau_k$$

Bu formüle değerleri yerleştirirsek:

$$\tau_{top} = \frac{(x_4 + 0,2 \cdot y_5) \cdot (\psi \cdot F_Y + k_B \cdot F_A)}{4 \cdot t_2 \cdot (x_2 + x_4) \cdot (y_1 + y_3)} + \frac{\psi \cdot F_Y + k_B \cdot F_A}{4 \cdot t_2 \cdot h_2}$$

Böylece kren kirişinde tekerlek kuvvetlerinden ileri gelen toplam kayma gerilmesi " τ_{top} " bilinen ana büyüklüklerle şu şekilde hesaplanır:

$$\tau_{max} = \frac{\psi \cdot F_Y + k_B \cdot F_A}{4 \cdot t_2} \cdot \left[\frac{x_4 + 0,2 \cdot y_5}{(x_2 + x_4) \cdot (y_1 + y_3)} + \frac{1}{h_2} \right] \quad F(25)$$

3.7. Vinç kirişinde toplam karşılaştırma gerilmesi

Vinç kirişinde toplam karşılaştırma gerilmesi bulunup bu emniyetli mukavemet değerleri ile karşılaştırılır.

$$\sigma_{kar} = \sqrt{\sigma_{max}^2 + 3 \cdot \tau_{max}^2} \quad F(26)$$

Bu karşılaştırma;

Dinamik kontrol için;

$$\frac{\sigma_{D\phi(\kappa_D)EM}}{\sigma_{kar}} \geq 1 \quad F(27)$$

Statik kontrol için;

$$\sigma_{\phi EM} / \sigma_{kar} \geq 1 \quad F(28)$$

şartlarını gerçekleştirmeli ve emniyetli statik ve dinamik mukavemet değerlerini aşmamalıdır.

3.8. Devamlı dinamik emniyet gerilmeleri

Devamlı dinamik emniyetli işletme gerilmesi daha çok sınır değerler oranı κ ile çentik etkisine bağlıdır.

$$\kappa_F = \frac{\sigma_{\min}}{\sigma_{\max}} = \frac{F_{\min}}{F_{\max}} = \frac{M_{\min}}{M_{\max}} \quad F(29)$$

bu değerlerin hesaplanmasında gerilmenin işareti göz önüne alınmalıdır; yani statik bir yüklemde ($\sigma_{\min} = \sigma_{\max}$) $\kappa_F = 1$. Dalgalı yüklemde $\kappa_F = 0$ ($\sigma_{\min} = 0$). Alternatif yüklemde $\kappa_F = -1$ (aynı mutlak değerde çekme ve bası gerilmesi). Bu açıklamadan anlaşılacağı gibi yüklem durumuna göre κ_F için "+1 ile -1" arasında çeşitli değerler ortaya çıkabilir.

Herhangi " κ " değerine göre, çeşitli çentik etkisinin çeşitli demir konstrüksiyon malzemesine ve çeşitli vinç grubuna göre DIN 15018 de emniyetli dinamik işletme gerilmesi $\sigma_{D(\kappa)EM}$ belirlenmiştir.

Tablo 8, $\kappa_D = -1$ için malzemenin emniyetli mukavemet değeri $\sigma_{D(-1)EM}$

Malzemenin cinsi	St 37			St 52-3		
Mukavemet	$R_m = 340 \text{ N/mm}^2$			$R_m = 490 \text{ N/mm}^2$		
Çentik grubu	K2	K3	K4	K2	K3	K4
Yüklem grubu	$\kappa_D = -1$ için malzemenin emniyetli mukavemet değeri $\sigma_{D(-1)EM} \text{ N/mm}^2$					
B1	180	180	152	270	254	152
B2	180	180	108	252	180	108
B3	178	127	76	178	127	76
B4	126	90	54	126	90	54
B5	89	63	38	89	63	38
B6	63	45	27	63	45	27

Yukarıda Tablo 8 ile $\kappa_D = -1$ için belirlenmiş emniyetli çeki mukavemet değerleri verilmiştir. Söz konusu köprü vinçleri kutu kirişlerinde κ_D negatif olamaz. Herhangi bir κ_D halinde devamlı mukavemet değeri $\sigma_{D(\kappa_D)EM}$ i çeki hali için F(30) ve bası halide F(31) formülleri ile verilmiştir.

$$\sigma_{D\zeta(\kappa_D)EM} = \frac{5}{3} \cdot \frac{\sigma_{D(-1)EM}}{1 - \left(1 - \frac{5}{3} \cdot \frac{\sigma_{D(-1)EM}}{0,75 \cdot R_m}\right) \cdot \kappa_D} \quad F(30)$$

$$\sigma_{Db(\kappa_D)EM} = \frac{5}{3} \cdot \frac{\sigma_{D(-1)EM}}{1 - \left(1 - \frac{5}{3} \cdot \frac{\sigma_{D(-1)EM}}{0,90 \cdot R_m}\right) \cdot \kappa_D} \quad F(31)$$

hesaplanabilir.

Böylelikle hesap konusu kirişteki çentik etkisi ve kirişteki dalgalı gerilme " κ_D " hallerine uygun olarak devamlı dinamik emniyet gerilmeleri için belirlenmiş olur. Hesaplanan σ_{\max} gerilmesi belirlenen $\sigma_{D\zeta(\kappa_D)EM}$ den küçük veya eşit olması gerekmektedir, hesaplanan σ_{\max} gerilmesi ayrıca daha evvel Tablo 1'deki emniyetli statik mukavemet değerlerindeki aşmaması gerekir.

Vinç kirişlerinde, kiriş üst kuşak levhalarındaki bası gerilmesi ile, kiriş alt kuşak levhalarındaki çeki gerilmesi hemen hemen aynıdır. Yukarıdaki denklemlerden de görüldüğü gibi $\sigma_{Db(\kappa_D)EM}$ değeri $\sigma_{D\zeta(\kappa_D)EM}$ değerine göre bir miktar daha büyüktür.

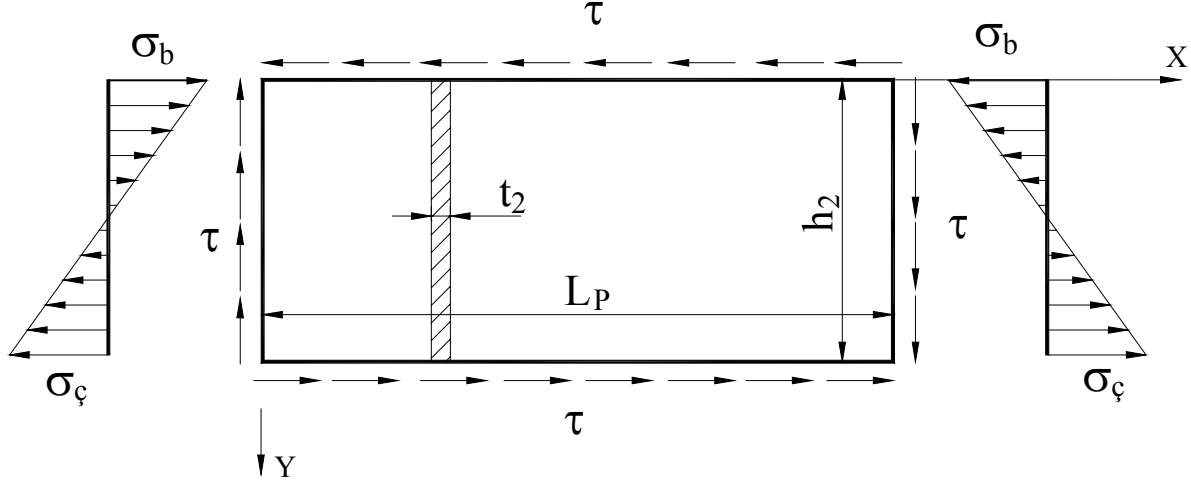
Fakat vinç kirişlerinde en kötü hal $\kappa_D = 0$ kabul edildiğinden çeki ve bası gerilmeleri eşittir ve iki formülde şu şekli alır:

$$\sigma_{D(\kappa_D)EM} = \frac{5}{3} \cdot \sigma_{D(-1)EM} \quad F(32)$$

3.9. Levhaların bruşma kontrolü

3.9.1. Yan levhaların bruşmaya karşı kontrolü

Yan levhaların bruşma kontrol sahası, yan levhanın iki perde arasındaki en büyük mesafesi kabul edilir (bak Şekil 13).



Şekil 13, Yan levhalarda gerilme dağılımı

Burada kirişlerde yan levha yüksekliği en fazla 990 mm alındığından ve perde ara mesafesi pratikte $L_P = (2...5) h_2$ olarak seçilmesi önerildiğinden, $L_P = 2$ m kabul edilir. Eğer yan levha yüksekliği daha yüksek seçilir veya buruşma emniyetinde zorluk görülürse, mesafe öneriye göre seçilir. Bu seçilen en büyük mesafedir ve hesaplar bununla yapılır.

3.9.1.1. Yan levhalarda buruşma kontrolünün DIN 4114 T1 e göre yapılması

Yan levhalardaki buruşma gerilmeleri pratikte levhadaki Euler gerilmelerinin "*buruşma katsayısı*" ile çarpılmasıyla bulunur.

Buruşma katsayısı k_σ perde ara mesafesi L_{Pe} nin levha yüksekliği h_2 ye oranı ile bulunur.

$$\alpha_1 = \frac{L_{Pe}}{h_2} \quad F(33)$$

Normal gerilme için buruşma azaltma katsayısı " k_σ "

Normal olarak pratikte perde ara mesafesi $L_P = (2...5) h_2$ seçileceğinden vinç kirişi hesaplarında DIN 4114 T1 e göre sabit olarak;

$$k_\sigma = 23,9 \quad F(34)$$

değeri kabul edilir.

Euler gerilmesi " σ_e ":

$$\sigma_e = \frac{\pi^2 \cdot E}{12 \cdot (1 - \nu^2)} \cdot \left(\frac{t_2}{h_2} \right)^2 \quad F(35)$$

Yan levhalardaki ideal buruşma normal gerilmesi " σ_{Bui} ":

$$\sigma_{Bui} = k_\sigma \cdot \sigma_e \quad F(36)$$

Kayma gerilmesi için buruşma katsayısı " k_τ "

Buruşma katsayısı k_τ perde ara mesafesi L_{pe} nin levha yüksekliği h_2 ye oranı ile bulunur.

$$k_\tau = 5,34 + \frac{4,00}{\alpha_1^2} \quad F(37)$$

Yan levhalardaki ideal buruşma kayma gerilmesi " τ_{Bui} ":

$$\tau_{Bui} = k_\tau \cdot \sigma_e \quad F(38)$$

Yan levhalardaki hesapsal ideal buruşma gerilmesi " σ_{BuiHe} ":

$$\sigma_{BuiHe} = \frac{\sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2}}{\frac{1 + \kappa_{Bui}}{4} \cdot \frac{\sigma}{\sigma_{Bui}} + \sqrt{\left(\frac{3 - \kappa}{4} \cdot \frac{\sigma}{\sigma_{Bui}}\right)^2 + \left(\frac{\tau}{\tau_{Bui}}\right)^2}}$$

Vinçlerde $\tau \neq 0$ ve $\kappa_{Bui} = -1$ olduğundan, formüle yerleştirirsek;

$$\sigma_{BuiHe} = \frac{\sigma_{kar}}{\sqrt{\left(\frac{\sigma_{max}}{\sigma_{Bui}}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{max}}{\tau_{Bui}}\right)^2}} \quad F(39)$$

Burada hesaplanan " σ_{BuiHe} " değerinin karşılığı " σ_{karBu} " büyüklüğü DIN 4114 T1 den aktarılmış Tablo 9 ile bulunur.

Tablo 9, Karşılaştırma buruşma gerilmesi " σ_{karBu} "

σ_{BuiHe} N/mm ²	σ_{karBu} N/mm ²		σ_{BuiHe} N/mm ²	σ_{karBu} N/mm ²	
	St 37	St 52		St 37	St 52
< 157	157	157	360	228	320
192	192	192	380	229	325
200	198	200	400	230	328
210	204	210	420	231	331
220	208	220	440	232	334
230	211	230	460	232	336
240	214	240	480	233	338
250	216	250	500	233	339
260	218	260	550	234	343
270	219	270	600	235	345
280	221	280	650	235	347
288	222	288	700	236	348
290	223	290	800	237	351
300	225	297	1 000	237	353
320	227	308	2 000	239	357
340	228	315	∞	240	360

Yan levhalardaki hesapsal buruşma emniyet katsayısı " S_{BuHe} ":

$$S_{BuHe} = \frac{\sigma_{karBu}}{\sigma_{kar}} \quad F(40)$$

Burada buruşmaya karşı gerekli emniyet katsayısı S_{Bger} değeride şu şekilde hesaplanır:

$$S_{Bger} = 1,71 + 0,180 \cdot (\kappa_{Bui} - 1) \quad F(41)$$

Kren kirişlerinde $\tau \neq 0$ ve $\kappa_{Bui} = -1$ olduğu için, κ değeri F(41) da yerine koyulursa:

$$S_{Bger} = 1,35 \quad F(42)$$

Bulunur ve burada şu koşul sağlanmalıdır.

$$\frac{S_{BuHe}}{S_{Bger}} \geq 1 \quad F(43)$$

3.9.1.2. DIN 18800 T3 e göre yan levhalarda buruşma kontrolü

Yan levhalardaki normal buruşma sınır gerilmesi " σ_{SBu} ":

$$\sigma_{SBu} = \frac{k_{\kappa\sigma} \cdot k_{\kappa K} \cdot R_e}{\gamma_M} \quad F(44)$$

κ ' ya göre normal gerilme azaltma katsayısı " $k_{\kappa\sigma}$ ":

$$k_{\kappa\sigma} = c_{\kappa\sigma} \cdot \left(\frac{1}{\lambda_{P\sigma}} - \frac{0,22}{\lambda_{P\sigma}^2} \right) \quad F(45)$$

κ için " $c_{\kappa\sigma}$ " katsayısı:

$$c_{\kappa\sigma} = 1,25 - 0,12 \cdot \kappa_{Fmin} \quad F(46)$$

Eğer $c_{\kappa\sigma}$ değeri 1,25 den büyük çıkarsa " $c_{\kappa\sigma} = 1,25$ " olarak, yoksa hesaplanan değer alınır.

Buruşma azaltma katsayısı $k_{\kappa K}$

DIN 18 800 T2 ' ye göre buruşma azaltma katsayısı en fazla 1 olabilir. Burada emniyetli bir yol izlemek için kiriş hesaplarında pratikte $k_{\kappa K} = 0,8$ alınır.

$$k_{\kappa K} = 0,8 \quad F(47)$$

Kısmi emniyet katsayısı " γ_M "

DIN 18 800 T1 den emniyetli bir yol izlemek için kiriş hesaplarında pratikte $\gamma_M = 1,2$ alınır.

$$\gamma_M = 1,2 \quad F(48)$$

Narinlik derecesi " $\lambda_{P\sigma}$ ":

$$\lambda_{P\sigma} = \sqrt{\frac{R_e}{\sigma_{Bui}}} \quad F(49)$$

Kayma buruşma sınır gerilmesi " τ_{Fl} ":

$$\tau_{SBu} = \frac{k_{k\tau} \cdot R_e}{\sqrt{3} \cdot \gamma_M} \quad F(50)$$

Kayma gerilmesi azaltma katsayısı " $k_{k\tau}$ ":

$$k_{k\tau} = 0,84 / \lambda_{P\tau} \quad F(51)$$

Narinlik derecesi " $\lambda_{P\sigma}$ ":

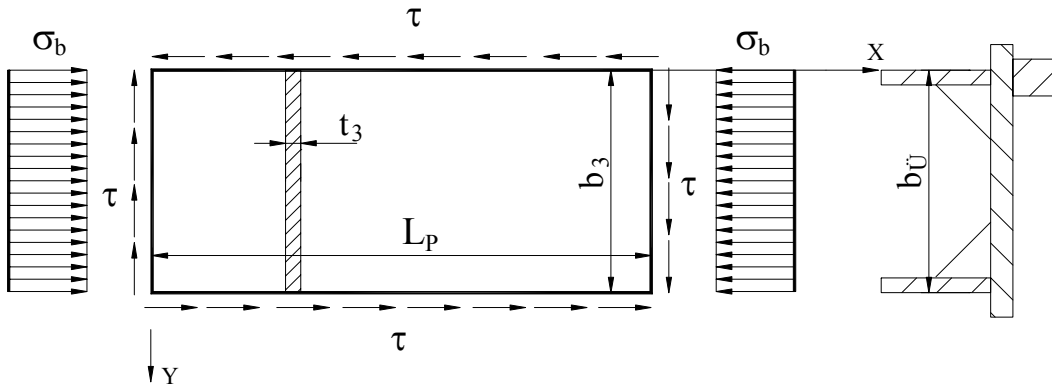
$$\lambda_{P\tau} = \sqrt{\frac{R_e}{\tau_{Bui} \cdot \sqrt{3}}} \quad F(52)$$

Emniyet katsayısı

$$S_{BuheS} = \left(\frac{\sigma_{max}}{\sigma_{SBu}} \right)^2 + \left(\frac{\tau_{max}}{\tau_{SBu}} \right)^2 \leq 1 \quad F(53)$$

$$S_{BuHe} = \frac{1}{S_{BuheS}} \geq 1 \quad F(54)$$

3.9.2. Üst kuşak levhasının buruşmaya karşı kontrolü



Şekil 14, Üst kuşak levhasında gerilmeler

Üst kuşak levhasının buruşmaya maruz kalan genişliği $b_{\bar{U}}$ Şekil 14 görülmektedir.

$$b_{\bar{U}} = b_3 - 2 \cdot b_B$$

$$\alpha_{\bar{U}} = \frac{L_P}{b_{\bar{U}}}$$

Pratikte $\alpha_{\bar{U}}$ daima birden büyüktür, çünkü $h > b$ ve üst kuşak levhasında sınır değerler oranı $\kappa_{\bar{U}} = +1$ dir.

3.9.2.1. Üst kuşak levhasının DIN 4114 T1 e göre buruşma kontrolü

Üst kuşak levhasında normal buruşma sınır gerilmesi " $\sigma_{BuÜ}$ ":

$$\sigma_{BuÜ} = k_{\sigmaÜ} \cdot \sigma_{eÜ} \quad F(55)$$

Üst kuşak levhasında normal gerilme azaltma katsayısı " k_{\sigmaH} ":

$$k_{\sigmaÜ} = \frac{8,4}{1,1 + \kappa_{F \max}} \quad F(56)$$

Üst kuşak levhasında Euler gerilmesi :

$$\sigma_{eÜ} = \frac{\pi^2 \cdot E}{12 \cdot (1 - \nu^2)} \cdot \left(\frac{t_3}{b_Ü} \right)^2 \quad F(57)$$

Kayma buruşma sınır gerilmesi " $\tau_{BuÜ}$ ":

$$\tau_{BuÜ} = k_{\tauÜ} \cdot \sigma_{eÜ} \quad F(58)$$

Kayma buruşma gerilmesi azaltma katsayısı " $k_{\tauÜ}$ ":

$$k_{\tauÜ} = 5,34 + \frac{4}{\alpha_{\tauÜ}^2} \quad F(59)$$

Üst kuşak levhasındaki ideal buruşma gerilmesi:

$$\sigma_{karBuiÜ} = \frac{\sqrt{\sigma_{\max}^2 + 3 \cdot \tau_{\max}^2}}{\frac{\sigma_{\max}}{2 \cdot \sigma_{BuÜ}} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_{\max}}{2 \cdot \sigma_{BuÜ}} \right)^2 + \left(\frac{\tau_{\max}}{\tau_{BuÜ}} \right)^2}} \quad F(60)$$

Burada hesaplanan " $\sigma_{karBuiÜ}$ " Tablo 9 daki " σ_{BuiHe} " değeri olarak alınır ve karşılığı Tablo 9 dan " $\sigma_{karBuÜ}$ " olarak okunur.

Emniyet katsayılarının karşılaştırılması:

$$S_{karBuÜ} = \sigma_{karBuÜ} / \sigma_{kar} \geq S_{Buger} \quad F(61)$$

Veya :

$$S_{Ühes} = \frac{S_{karBuÜ}}{S_{Buger}} \geq 1 \quad F(62)$$

3.9.2.2. Üst kuşak levhasında DIN 18800 T3 e göre buruşma kontrolü

Üst kuşak levhasında normal buruşma sınır gerilmesi " $\sigma_{Bu\ddot{U}}$ ":

$$\sigma_{Bu\ddot{U}} = \frac{k_{\kappa\sigma\ddot{U}} \cdot k_{\kappa K\ddot{U}} \cdot R_e}{\gamma_M} \quad F(63)$$

Üst kuşak levhasında normal buruşma gerilmesi azaltma katsayısı " $k_{\kappa\sigma\ddot{U}}$ ":

$$k_{\kappa\sigma\ddot{U}} = c_{\kappa\sigma\ddot{U}} \cdot \left(\frac{1}{\lambda_{P\sigma\ddot{U}}} - \frac{0.22}{\lambda_{P\sigma\ddot{U}}^2} \right) \quad F(64)$$

Üst kuşak levhasında normal buruşma gerilmesi için " $c_{\kappa\sigma\ddot{U}}$ " katsayısı:

$$c_{\kappa\sigma\ddot{U}} = 1.25 - 0.12 \cdot \kappa_{F\min} \quad F(65)$$

Eğer $c_{\kappa\sigma\ddot{U}}$ değeri 1,25 den büyük çıkarsa " $c_{\kappa\sigma\ddot{U}} = 1,25$ " olarak, yoksa hesaplanan değer alınır.

Üst kuşak levhasında normal buruşma gerilmesi için narinlik derecesi " $\lambda_{P\sigma\ddot{U}}$ ":

$$\lambda_{P\sigma\ddot{U}} = \sqrt{\frac{R_e}{\sigma_{Bu\ddot{U}}}} \quad F(66)$$

Üst kuşak levhasında kayma buruşması sınır gerilmesi " $\tau_{Bu\ddot{U}}$ ":

$$\tau_{Bu\ddot{U}} = \frac{k_{\kappa\tau\ddot{U}} \cdot R_e}{\sqrt{3} \cdot \gamma_M} \quad F(67)$$

Üst kuşak levhasında kayma gerilmesi için azaltma katsayısı " $k_{\kappa\tau\ddot{U}}$ ":

$$k_{\kappa\tau\ddot{U}} = 0,84 / \lambda_{P\tau\ddot{U}} \quad F(68)$$

Üst kuşak levhasında kayma gerilmesi için narinlik derecesi " $\lambda_{P\tau\ddot{U}}$ ":

$$\lambda_{P\tau\ddot{U}} = \sqrt{\frac{R_e}{\tau_{Bu\ddot{U}} \cdot \sqrt{3}}} \quad F(69)$$

DIN 18800 T3 e göre üst kuşak levhasındaki buruşma kontrolü için şu bağıntı sağlanmalıdır:

$$S_{karBu\ddot{U}} = \left(\frac{\sigma_{\max}}{\sigma_{Bu\ddot{U}}} \right)^2 + \left(\frac{\tau_{\max}}{\tau_{Bu\ddot{U}}} \right)^2 \leq 1 \quad F(70)$$

Veya :

$$S_{\ddot{U}hes} = \frac{1}{S_{karBu\ddot{U}}} \geq 1 \quad F(71)$$

4. Örnek

Hesaplama bilmesi gereken büyüklükler:

Müşteriden alınan değerler ve bilgilere göre kabul edilen değerler (**kırmızı renkli yazılar**)

Bilinen değerlere göre bulunan veya hesaplanan başlangıç değerleri (**mavi renkli yazılar**)

Vincin çalıştığı yer ve şartlar :

Kaldırma yükü, vincin taşıma kapasitesi		$F_Y = 60'000 \text{ N}$
Kaldırma hızı		$v_K = 23 \text{ m/dak}$
Köprü açıklığı, vinç yürüyüş rayları orta mesafesi		$L_K = 15 \text{ m}$
Araba yürütme hızı		$v_A = 15 \text{ m/dak}$
Arabanın ağırlığı		$F_A = 17'000 \text{ N}$
Araba tekerlek mesafesi		$L_A = 1,2 \text{ m}$
Vinç yürütme hızı		$v_V = 25 \text{ m/dak}$
Titreşim katsayısı (Tablo 6, kaldırma hızına bağlı değer)		$\psi = 1,300$
Öz ağırlık faktörü		$\phi = 1,1$
Kiriş sehimi oranı		$L_K/f = 1'500$
max. Sehimi	$f_{\max} = L_K/1'500$	$f_{\max} = 10 \text{ mm}$
Malzeme		St37
Kopma mukavemeti		$R_m = 340 \text{ N/mm}^2$
Akma mukavemeti		$R_e = 240 \text{ N/mm}^2$
Elastiklik modülü		$E = 210'000 \text{ N/mm}^2$
Poisson sayısı		$\nu = 0,3$
Tekerlek dik kuvveti		$F_{TD} = 19'250 \text{ N}$
Gerekli eylemsizlik momenti	$F(1)$	$J_{Xger} = 127'702 \text{ cm}^4$
Çentik grubu, Şekil 7, Kaynak şekil ve kalitesine göre		K3 =
Yükleme grubu, Tablo 4, DIN 15018 e göre		B3 =
Sınır değerler oranı, kiriş yüklemesi en kötü $F_{\min}/F_{\max} = 0$		$\kappa_F = 0,209$
Buruşma sınır değerleri oranı		$\kappa_{Bu} = -1$
Perde mesafesi		$L_{Pe} = 2 \text{ m}$
Servis platformu birim ağırlığı		$q_{SP} = 40 \text{ kg/m}$
Yükleme grubu katsayısı, Tablo 7		$k_B = 1,05$
Yükleme hali		H
Malzemenin yüklemeye göre mukavemeti, Tablo 1 den		$\sigma_{\text{çEM}} = 160 \text{ N/mm}^2$
Malzemenin κ ya göre devamlı mukavemeti, Tablo 8 ve F(30)		$\sigma_{D(k)EM} = 76 \text{ N/mm}^2$

Seçilen kirişin tipi ve mekanik değerleri;

Seçilen kiriş tipi,	Tablo 2,	$J_{Xger} = 127'702 \text{ cm}^4$ için	KK05
Kirişin eylemsizlik momenti,	F(5),		$I_{X-X} = 124'131 \text{ cm}^4$
	F(6)		$I_{Y-Y} = 16'277 \text{ cm}^4$
Kirişin mukavemet momenti,	F(7),		$W_{X-X} = 3'156 \text{ cm}^3$
	F(8)		$W_{Y-Y} = 1'041 \text{ cm}^3$
1 kiriş birim ağırlığı	F(9)		$q_{Ki} = 130.1 \text{ kg/m}$
Kiriş sehimi	F(15)		$f_{hes} = 10.3 \text{ mm}$
İşletmede sehimi oranı			$L_K/f = 1'458$

Kirişdeki gerilmeler;

Kirişin öz ağırlık gerilimi,	F(16)	$\sigma_1 =$	14.9 N/mm ²
Arabanın öz ağırlık gerilimi,	F(17)	$\sigma_2 =$	9.3 N/mm ²
Yük gerilimi,	F(18)	$\sigma_3 =$	32.8 N/mm ²
Eylemsizlik kuvvetleri gerilimi,	F(19)	$\sigma_4 =$	39.0 N/mm ²
Araba kasılma gerilimi,	F(20)	$\sigma_5 =$	4.4 N/mm ²

Statik mukavemet kontrolü

max. Normal gerilme,	F(22)	$\sigma_{\max} =$	115.8 N/mm ²
min. Normal gerilme,	F(23)	$\sigma_{\min} =$	24.2 N/mm ²
Burulma (kayma) gerilmesi	F(25)	$\tau_{\text{top}} =$	10.1 N/mm ²
Karşılaştırma gerilmesi	F(26)	$\sigma_{\text{kar}} =$	117.1 N/mm ²
Hesaplanan emniyet	$\sigma_{\text{cEM}} / \sigma_{\text{kar}}$	$S_{\text{hes}} =$	1.367

Hesaplara göre emniyet yeterlidir!**Dinamik mukavemet kontrolü**

Dinamik gerilme	F(29)	$\sigma_{\text{Dc(kF)EM}} =$	211.7 N/mm ²
Hesaplanan emniyet	F(27)	$\sigma_{\text{Dc(kF)EM}} / \sigma_{\text{kar}}$	$S_{\text{hes}} = 1.808 > 1$

Hesaplara göre emniyet yeterlidir!**DIN 4114T1 e göre yan plakalar buruşma kontrolü**

Normal gerilme katsayısı	F(34)	$k_{\sigma} =$	23.90
Euler gerilmesi	F(35)	$\sigma_e =$	14.35 N/mm ²
Buruşma gerilmesi	F(36)	$\sigma_{\text{Bui}} =$	343.00 N/mm ²
Kayma gerilmesi katsayısı	F(37)	$k_{\tau} =$	5.82
Buruşma kayma gerilmesi	F(38)	$\tau_{\text{Bui}} =$	83.5 N/mm ²
Buruşma gerilmesi	F(39)	$\sigma_{\text{BuHe}} =$	326.7 N/mm ²
Hakiki buruşma gerilmesi	Tablo 9	$\sigma_{\text{karBu}} =$	227 N/mm ²
Varolan emniyet		$S_{\text{Var}} =$	1.939
Gerekli emniyet	F(41)	$S_{\text{Bger}} =$	1.350
Hesaplanan emniyet	$S_{\text{hes}} = S_{\text{Var}} / S_{\text{Bger}}$	$S_{\text{hes}} =$	1.436 > 1

Hesaplara göre emniyet yeterlidir!**DIN 1880T3 e göre yan plakalar buruşma kontrolü**

Buruşma azaltma faktörü	F(47)	$k_{\text{KK}} =$	0.80
σ -Narinlik derecesi	F(49)	$\lambda_{\text{P}\sigma} =$	0.836
Normal gerilme azaltma katsayısı	F(45)	$k_{\text{K}\sigma} =$	1.0
Normal buruşma sınır gerilmesi	F(44)	$\sigma_{\text{SBu}} =$	160 N/mm ²
τ -Narinlik derecesi	F(52)	$\lambda_{\text{P}\tau} =$	1.288
Kayma gerilmesi azaltma katsayısı	F(51)	$k_{\text{K}\tau} =$	0.652
Kayma buruşma gerilmesi	F(50)	$\tau_{\text{SBu}} =$	75 N/mm ²
Varolan emniyet		$S_{\text{Var}} =$	0.541
Hesaplanan emniyet	$S_{\text{hes}} = 1 / S_{\text{Var}}$	$S_{\text{hes}} =$	2.494 > 1

Hesaplara göre emniyet yeterlidir.

DIN 4114T1 e göre üst kuşak plakaları buruşma kontrolü

Üst kuşak buruşma gerilimi genişliği		$b_{\text{Ü}} = 23.0 \text{ cm}$
Üst kuşak buruşma ölçü oranı		$\alpha_{\text{Ü}} = 8.70$
Üst kuşak sınır değerler oranı		$k_{\text{BuÜ}} = 1$
Üst kuşak normal gerilme azaltma katsayısı	F(56)	$k_{\sigma\text{Ü}} = 4.00$
Üst kuşak kayma gerilmesi azaltma katsayısı	F(59)	$k_{\tau\text{Ü}} = 5.39$
Üst kuşak bEuler gerilmesi	F(57)	$\sigma_{e\text{Ü}} = 358.79 \text{ N/mm}^2$
Üst kuşak buruşma gerilmesi	F(55)	$\sigma_{\text{BuÜ}} = 1'435 \text{ N/mm}^2$
Üst kuşak buruşma kayma gerilmesi	F(58)	$\tau_{\text{BuÜ}} = 1'935 \text{ N/mm}^2$
Üst kuşak buruşma karşılaştırma gerilmesi	F(60)	$\sigma_{\text{karBuÜ}} = 1'445 \text{ N/mm}^2$
Üst kuşak hakiki buruşma gerilmesi		$\sigma_{\text{BuÜ}} = 237 \text{ N/mm}^2$
Varolan emniyet		$S_{\text{Var}} = 2.024$
Hesaplanan emniyet	$S_{\text{hes}} = S_{\text{Var}} / S_{\text{Bger}}$	$S_{\text{hes}} = 1.500 > 1$

Hesaplara göre emniyet yeterlidir.**DIN 18800T3 e göre üst kuşak plakaları buruşma kontrolü**

σ - Narinlik derecesi	F(66)	$\lambda_{P\sigma\text{Ü}} = 0.409$
Üst kuşak yardımcı katsayı	F(65)	$c_{k\sigma\text{Ü}} = 1.130$
Üst kuşak normal gerilme azaltma katsayısı	F(64)	$k_{k\sigma\text{Ü}} = 1.000$
τ - Narinlik derecesi	F(67)	$\lambda_{P\tau\text{Ü}} = 0.268$
Üst kuşak kayma gerilmesi azaltma katsayısı	F(68)	$k_{k\tau} = 3.139$
Üst kuşak buruşma gerilmesi	F(63)	$\sigma_{\text{HF1}} = 160 \text{ N/mm}^2$
Üst kuşak buruşma kayma gerilmesi	F(67)	$\tau_{\text{HF1}} = 362 \text{ N/mm}^2$
Varolan emniyet		$S_{\text{Var}} = 0.524$
Hesaplanan emniyet		$S_{\text{hes}} = 2.575 > 1$

Hesaplara göre emniyet yeterlidir.