

VİNÇTE ÇELİK KONSTRÜKSİYON

ÖZET

41_09

M. Güven KUTAY

Semboller ve Kaynaklar için "41_00_CelikKonstruksiyonaGiris.doc" a bakınız.

Koordinat eksenleri "GENEL GİRİŞ" de belirtildiği gibi DIN 18800 T1 e göre alınmıştır.

DİKKAT:

Bu çalışma iyi niyetle ve bugünün teknik imkanlarına göre yapılmıştır. Bu çalışmadaki bilgilerin yanlış kullanılmasından doğacak her türlü maddi ve manevi zarar için sorumluluk kullanana aittir. Bu çalışmadaki bilgileri kullananlara, 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. Vincin tanımı	1
1.1. Vinç yükleme hali	1
1.2. Vinç yükleme grupları ve kaldırma sınıfları	1
1.3. Vincin Yükleme grubu “ $Yü_{gr}$ ”	2
1.3.1. Vinçin tahrik grubu “ Ta_{gr} ”	2
1.3.2. Çentik Grupları “ $Çe_{gr}$ ”	2
2. Statik ve Dinamik emniyetli mukavemet değerleri	3
2.1. Statik emniyetli mukavemet değeri.....	3
2.2. Dinamik emniyetli mukavemet değeri	3
3. Kirişte gerilimler	4
4. DIN 18 800'e göre buruşma hesabı özet.....	6
5. DIN 4114'e göre buruşma hesabı özet.....	7
6. Ters sehim	8
7. Burkulma	9

1. Vincin tanımı

1.1. Vinç yükleme hali

Yükleme Hali H; Daha çok kapalı yerlerde yani atölye, depo ve benzeri yerlerde çalışan vinçlerdir.

Yükleme Hali HZ; Daha çok açık sahada rüzgar ve kar etkisinde olan vinçlerdir.

Yükleme Hali HS; Çok özel etkiler altında çalışan vinçlerdir.

1.2. Vinç yükleme grupları ve kaldırma sınıfları

Tablo 1, Vinç yükleme grupları ve kaldırma sınıfları

No	Vinç tanımı	İşletme şekli	Kaldırma sınıfı	Yükleme grubu
1	El ile tahrik edilen vinçler		H1	B1, B2
2	Montaj vinçleri		H1, H2	B1, B2
3	Santralda makina binasındaki vinçler		H1	B2, B3
4	Depo vinçleri, Traversli vinçler, Hurda deposu vinçleri	Aralıklı işletme	H2	B4
5		Devamlı işletme	H3, H4	B5, B6
6	Atölye vinçleri		H2, H3	B3, B4
7	Köprülü vinçler, Demir hurda depo vinçleri	Kepçeli, magnetli	H3, H4	B5, B6
8	Döküm ve dökümhane vinçleri		H2, H3	B5, B6
9	Ocak vinçleri		H3, H4	B6
10	Döküm ve çelik ocak vinçleri		H4	B6
11	Dövme ve dövme işlerinde kullanılan vinçler		H4	B5, B6
12	Liman, portal, yarıportal arabalı veya döner vinçler	Kancalı işletme	H2	B4, B5
13		Kepçeli, magnetli	H3, H4	B5, B6
14	Hareketli veya sabit band vinçleri		H1	B3, B4
15	Dok vinçleri	Kancalı	H2	B3, B4
16	Liman, döner, yüzer vinçler	Kancalı	H2	B4, B5
17		Kepçeli, magnetli	H3, H4	B5, B6
18	Ağır yük ve yüzer vinçler		H1	B2, B3
19	Gemi vinçleri	Kancalı	H2	B3, B4
20		Kepçeli, magnetli	H3, H4	B4, B5
21	İnşaat kule vinçleri		H1	B3
22	Montaj ve dikme vinçleri	Kancalı	H1, H2	B2, B3
23	Raylı döner vinçler	Kancalı	H2	B3, B4
24		Kepçeli, magnetli	H3, H4	B4, B5
25	Demiryolu vinçleri		H2	B4
26	Mobil ve oto vinçler	Kancalı	H2	B3, B4
27		Kepçeli, magnetli	H3, H4	B4, B5
28	Ağır yük mobil ve oto vinçleri		H1	B1, B2

1.3. Vincin Yükleme grubu “Yü_{gr}”

Tablo 2, Vinç elemanlarının ve vincin yükleme grubunun saptanması

Yükleme sayısı sınıfı	N1	N2	N3	N4
Vincin ömrü boyunca gerilme yineleme sayısı N_G	$2.10^4 < N_G < 2.10^5$ Seyrek kullanma, uzun molalı işletme	$2.10^5 < N_G < 6.10^5$ Devamlı, fakat molalı işletme	$6.10^5 < N_G < 2.10^6$ Devamlı ve molasız işletme	$N_G > 2.10^6$ Molasız ve ağır şartlı işletme
Gerilme durumu	Vinç veya elemanlarının yükleme durumu			
S_0 çok hafif	B1	B2	B3	B4
S_1 hafif	B2	B3	B4	B5
S_2 orta	B3	B4	B5	B6
S_3 ağır	B4	B5	B6	B6

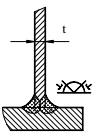
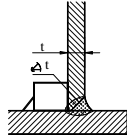
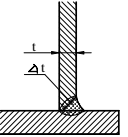
1.3.1. Vincin tahrik grubu “Ta_{gr}”

Tablo 3, Vincin tahrik grubu

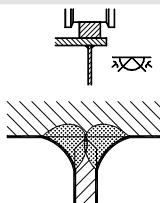
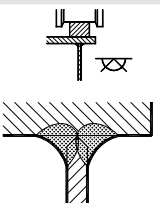
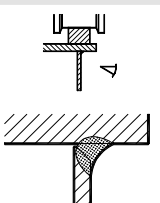
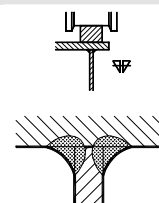
Zorlanma tanımlaması		Günlük çalışma saati (senelik gözlemeye göre)								
Sınıfı	Yük dağılımı	<0,125	0,125 0,250	0,250 0,500	0,500 1,000	1–2	2–4	4–8	8–16	>16
Hafif	Devamlı küçük yükler nadiren diğerleri	1Em	1Em	1Dm	1Cm	1Bm	1Am	2m	3m	4m
Orta	Tam, orta ve küçük yük aynı oranda	1Em	1Dm	1Cm	1Bm	1Am	2m	3m	4m	5m
Ağır	Hemen hemen devamlı tam yük	1Dm	1Cm	1Bm	1Am	2m	3m	4m	5m	5m

1.3.2. Çentik Grupları “Çe_{gr}”

Monorayda çentik grubu

K2 Grubu	K3 Grubu	K4 Grubu	Şekil 1,	Malzemeye kaynak ağzı açılarak, çift taraflı kaynak
			Şekil 2,	Malzemeye kaynak ağzı açılarak, normal kalitede en az yan plaka kalınlığını verecek kadar yarım V kaynak dikişi yapılır. Görüldüğü gibi dörtköşe destek çubuğu konulur. Kök kaynağı var kabul edilir.
Şekil 1	Şekil 2	Şekil 3	Şekil 3,	Malzemeye kaynak ağzı açılarak, normal kalitede yarım V kaynak dikişi yapılır. Kök kaynağı yok kabul edilir.

Çift kirişte çentik grubu

K2 Grubu	K3 Grubu	K4 Grubu	
			
Şekil 4, Kaynak dikişi, malzemeye kaynak ağzı açılarak özel kalitede K-dikişi yapılmıştır.	Şekil 5, Kaynak dikişi, malzemeye kaynak ağzı açılarak normal kalitede K-dikişi yapılmıştır.	Şekil 6, Kaynak dikişi malzemeye kaynak ağzı açılarak normal kalitede yarım V-dikişi yapılmıştır.	Şekil 7, Kaynak dikişi malzemeye kaynak ağzı açılarak normal kalitede çift köşe dikişi yapılmıştır.

2. Statik ve Dinamik emniyetli mukavemet değerleri

2.1. Statik emniyetli mukavemet değeri

Tablo 4, Statik Emniyetli mukavemet değeri

Malzeme cinsi ve zorlanması			Emniyetli karşılaştırma mukavemeti değerleri	Emniyetli çekme mukavemeti değerleri	Emniyetli basma mukavemeti değerleri	Emniyetli kayma mukavemeti değerleri
Sembol	Normu	Yükleme hali	$\sigma_{\text{çEM}}$ kg/cm ²		σ_{bEM} kg/cm ²	τ_{em} kg/cm ²
St 37-2	DIN 17 100	H	1'600		1'400	920
		HZ	1'800		1'600	1'040
St 52-3	DIN 17 100	H	2'400		2'100	1'380
		HZ	2'700		2'400	1'560

Tablo 5, Malzemenin statik mekanik değerleri

Malzemenin tanımı			Kopma mukavemeti değeri	Akma mukavemeti değeri	Elastiklik Modülü	Poisson sayısı	Özgül ağırlığı
Sembol	Standartı	Mal. No:	$R_m \leq 16 \text{ mm}$ kg/cm ²	$R_e \leq 16 \text{ mm}$ kg/cm ²	E_{dyn} kg/cm ²	ν_{St} -	ρ kg/m ³
St 37-2	DIN 17 100	1.0037	3'400	2'350	2'100'000	0,3	7'850
St 52-3	DIN 17 100	1.0570	4'900	3'550	2'100'000	0,3	7'850

2.2. Dinamik emniyetli mukavemet değeri

Tablo 6, Yüklem grubu katsayısı "k_B" (F.E.M. 2, SAYFA 2-32, Tablo T.2.3.4)

	Yüklenme grubu					
	B1	B2	B3	B4	B5	B6
k _B -katsayısı	1,00	1,02	1,05	1,08	1,11... 1,14	1,17 ... 1,20

Tablo 7, Yüklem durumu ve çentik grubuna bağlı kaynaklı malzemenin değişken mukavemet değeri
FEM T.A.3.6.1 s. 3-49 ve DIN 15018 Tablo 16 dan aktarma, "σ_w" değeri kg/cm² olarak

Çentik Gr	K0	K1	K2	K3	K4	K0	K1	K2	K3	K4
Yüklem Gr	St 37 + St 44					St 52				
B1	1'800	1'800	1'800	1'800	1'527	2'700	2'700	2'700	2'540	1'527
B2	1'800	1'800	1'800	1'800	1'080	2'700	2'700	2'520	1'800	1'080
B3	1'800	1'800	1'782	1'273	764	2'736	2'121	1'782	1'273	764
B4	1'680	1'500	1'260	900	540	1'680	1'500	1'260	900	540
B5	1'188	1'061	891	636	382	1'188	1'061	891	636	382
B6	840	750	630	450	270	840	750	630	450	270

Tam dalgalı zorlama $\kappa_0 = 0$ için sürekli dinamik emniyetli gerilimi

$$\sigma_{\text{DEM0}} = \frac{5}{3} \cdot \sigma_w$$

Dinamik Çeki mukavemet değeri

$$\sigma_{\text{DçEM2}} = \frac{\sigma_{\text{DçEM0}}}{1 - \left(1 - \frac{\sigma_{\text{DçEM0}}}{0,75 \cdot R_m} \right) \cdot \kappa_2}$$

3. Kirişte gerilimler

Tablo 8, Normal gerilim hesabı

	Monoray kiriş	Çift kiriş
Gerekli sehim	$f_{ger} = L_K / k_f$	$f_{ger} = L_K / k_f$
Tekerlek kuvvetleri	İki Tekerlek $F_{TD2} = 0,5 \cdot (\psi_K \cdot F_Y + \phi_K \cdot F_{C+A})$	Bir Tekerlek $F_{TD} = 0,25 \cdot (\psi_K \cdot F_Y + \phi_K \cdot F_A)$
Gerekli eylemsizlik momenti	$I_{yger} \approx \frac{F_{TD2} \cdot (L_K - L_{TA})}{48 \cdot E \cdot f_{ger}} \cdot [3 \cdot L_K^2 - (L_K - L_{TA})^2]$	$I_{yger} = \frac{F_{TD} \cdot (L_K - L_{TA})}{48 \cdot E \cdot f_{ger}} \cdot [3 \cdot L_K^2 - (L_K - L_{TA})^2]$
Gerekli alt kuşak kalınlığı	$t_{ger} \approx \sqrt{\frac{5 \cdot F_{TD}}{\sigma_{EM}}}$	
Hesaplanan sehim	$f_{hes} = \frac{F_{TD2} \cdot (L_K - L_{TA})}{48 \cdot E \cdot I_y} \cdot [3 \cdot L_K^2 - (L_K - L_{TA})^2]$	$f_{hes} = \frac{F_{TD} \cdot (L_K - L_{TA})}{48 \cdot E \cdot I_y} \cdot [3 \cdot L_K^2 - (L_K - L_{TA})^2]$
Kirişin ağırlığından oluşan gerilim	$\sigma_1 = \frac{\phi_K \cdot q_K \cdot L_K^2}{8 \cdot W_y}$	$\sigma_1 = \frac{\phi_K \cdot (q_K + q_P) \cdot L_K^2}{8 \cdot W_y}$
Arabanın toplam ağırlığından oluşan gerilim	$\sigma_2 = \frac{F_A}{16 \cdot L_K \cdot W_y} \cdot (2 \cdot L_K - L_{TA})^2$	$\sigma_2 = \frac{F_A}{32 \cdot L_K \cdot W_y} \cdot (2 \cdot L_K - L_{TA})^2$
Yükün ağırlığından oluşan gerilim	$\sigma_3 = \frac{F_Y}{16 \cdot L_K \cdot W_y} \cdot (2 \cdot L_K - L_{TA})^2$	$\sigma_3 = \frac{F_Y}{32 \cdot L_K \cdot W_y} \cdot (2 \cdot L_K - L_{TA})^2$
Atalet kuvvetlerinden oluşan gerilim	$\sigma_4 = 0,075 \cdot \frac{L_K}{W_z} \cdot \left(\phi_K \cdot q_K \cdot L_K + \frac{F_{C+A}}{2} \right)$	$\sigma_4 = 0,075 \cdot \frac{L_K}{W_z} \cdot \left[\phi_K \cdot (q_K + q_P) \cdot L_K + \frac{F_A}{2} \right]$
Araba kasılmasından oluşan gerilim	$\sigma_5 = \frac{F_{TD} \cdot L_{TA}}{5 \cdot W_z}$	$\sigma_5 = \frac{0,05 \cdot L_{TA}}{W_z} \cdot (F_A + F_Y)$
Kirişteki normal eğilme gerilimi	$\sigma_{üst} = k_B \cdot (\sigma_1 + \sigma_2 + \psi_K \cdot \sigma_3 + \sigma_4 + \sigma_5)$	$\sigma_{max} = k_B \cdot (\sigma_1 + \sigma_2 + \psi_K \cdot \sigma_3 + \sigma_4 + \sigma_5)$
Max ve min normal eğilme gerilimi	$\sigma_{alt} = \frac{\sigma_{üst} \cdot e_1}{e_2}$ $\sigma_{min} = \sigma_1 + \sigma_2$	$\sigma_{min} = \sigma_1 + \sigma_2$
Kirişte x-yönünde (boyuna) gerilim	$\sigma_x = \sigma_{alt} + \sigma_{Ekk}$	
Kirişte y-yönünde (enine) gerilim	$\sigma_y = \sigma_{Eky}$	

Ek ve Kayma gerilimi hesabı Tablo 9 ve Tablo 10 de görülmektedir.

Toplam karşılaştırma gerilimi	$\sigma_{karAlt} = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \cdot \sigma_y + 3 \cdot \tau_{max}^2}$ $\sigma_{karÜst} = \sqrt{\sigma_{üst}^2 + 3 \cdot \tau_{max}^2}$	$\sigma_{kar} = \sqrt{\sigma_{max}^2 + 3 \cdot \tau_{max}^2}$
Karşılaştırma gerilimi	σ_{karAlt} veya $\sigma_{karÜst}$ değerlerinden hangisi büyükse karşılaştırma gerilimi için alınır.	

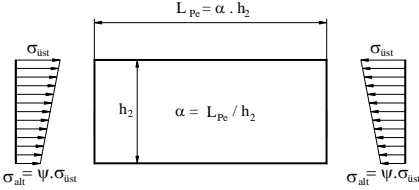
Tablo 9, Monoray kirişte ek gerilim hesabı

Paralel kuşaklı profil IPB ve Kutu kiriş	Eğik kuşaklı profil NPI
$c_{x0} = 0,05 - 0,58 \cdot \lambda + 0,148 \cdot e^{(3,015 \cdot \lambda)}$	$c_{x0} = -0,981 - 1,479 \cdot \lambda + 1,120 \cdot e^{(1,322 \cdot \lambda)}$
$c_{x1} = 2,23 - 1,49 \cdot \lambda + 1,390 \cdot e^{(-18,33 \cdot \lambda)}$	$c_{x1} = 1,810 - 1,150 \cdot \lambda + 1,060 \cdot e^{(-7,700 \cdot \lambda)}$
$c_{x2} = 0,73 - 1,58 \cdot \lambda + 2,910 \cdot e^{(-6,0 \cdot \lambda)}$	$c_{x2} = 1,990 - 2,810 \cdot \lambda + 0,840 \cdot e^{(-4,690 \cdot \lambda)}$
$c_{y0} = -2,11 + 1,977 \cdot \lambda + 0,0076 \cdot e^{(6,53 \cdot \lambda)}$	$c_{y0} = -1,096 + 1,095 \cdot \lambda + 0,192 \cdot e^{(-6,0 \cdot \lambda)}$
$c_{y1} = 10,108 - 7,408 \cdot \lambda - 10,108 \cdot e^{(-1,364 \cdot \lambda)}$	$c_{y1} = 3,965 - 4,835 \cdot \lambda - 3,965 \cdot e^{(-2,675 \cdot \lambda)}$
$c_{y2} = 0$	$c_{y2} = 0$
x-yönünde (boyuna) gerilimler	y-yönünde (enine) gerilimler
$\sigma_{Fx0} = c_{x0} \cdot \frac{F_{max}}{t_0^2}$	$\sigma_{Fy0} = c_{y0} \cdot \frac{F_{max}}{t_0^2}$
$\sigma_{Fx1} = c_{x1} \cdot \frac{F_{max}}{t_1^2}$	$\sigma_{Fy1} = c_{y1} \cdot \frac{F_{max}}{t_1^2}$
$\sigma_{Fx2} = c_{x2} \cdot \frac{F_{max}}{t_2^2}$	$\sigma_{Fy2} = c_{y2} \cdot \frac{F_{max}}{t_2^2} = 0$
$\sigma_{Ekx} = 0,75 \cdot \sigma_{xi}$	$\sigma_{Eky} = 0,75 \cdot \sigma_{yi}$

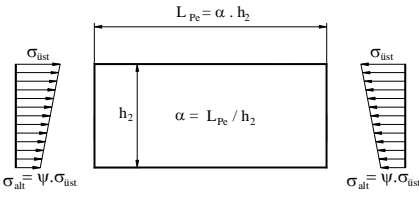
Tablo 10, Kayma gerilimi hesabı

	Monoray kiriş	Çift kiriş
Torsiyon gerilimi	$\tau_t = \frac{4 \cdot F_{DT} \cdot m_1}{h_{Or} \cdot A_{Kuş}}$	$\tau_t = \frac{(y_4 + 0,2 \cdot z_5) \cdot (F_A + F_Y)}{4 \cdot t_2 \cdot (y_2 + y_4) \cdot (z_1 + z_3)}$
Kesme gerilimi	$\tau_{Or} = \frac{F_{TD2}}{A_{Dik}} = \frac{2 \cdot F_{TD}}{A_{Dik}}$	$\tau_k = \frac{\psi \cdot F_Y + k_B \cdot F_A}{4 \cdot t_2 \cdot h_2}$
Toplam kayma gerilimi	$\tau_{top} = \tau_{Or} + \tau_t$	$\tau_{top} = \tau_t + \tau_k$
Kayma gerilimi	$\tau_{max} = 2 \cdot F_{TD} \cdot \left(\frac{1}{A_{Dik}} + \frac{2 \cdot m_1}{h_{Or} \cdot A_{Kuş}} \right)$	$\tau_{max} = \frac{\psi \cdot F_Y + k_B \cdot F_A}{4 \cdot t_2} \cdot \left[\frac{y_4 + 0,2 \cdot z_5}{(y_2 + y_4) \cdot (z_1 + z_3)} + \frac{1}{h_2} \right]$

4. DIN 18 800'e göre buruşma hesabı özet

Bölgenin kenarlar oranı		$\alpha = a_i / b_i$
Bölgedeki zorlama değerleri		σ_{\min} ve σ_{\max}
Bölgedeki sınır değerler oranı		$\psi = \sigma_{\min} / \sigma_{\max}$
Euler gerilimi; Son bölgede çeki basıdan çok büyük olduğundan burada genişlik "b" yerine ideal genişlik $b_i = 2 b_B$ (bası genişliği) alınır. Bu yalnız normal gerilim hesabında kullanılır. Kaymada değil.		$\sigma_e = \frac{\pi^2 \cdot E}{12 \cdot (1 - \nu^2)} \cdot \left(\frac{t}{b}\right)^2$
Normal gerilim buruşma katsayısı	$\psi = 1$	$k_\sigma = 4$
	$1 \geq \psi > 0$	$k_\sigma = \frac{8,4}{\psi + 1,1}$
	$0 \geq \psi \geq -1$	$k_\sigma = 7,636 - 6,264 \cdot \psi + 10 \cdot \psi^2$
	$\psi = -1$	$k_\sigma = 23,9$
Kayma gerilimi buruşma katsayısı		$k_\tau = 5,34 + \frac{4}{\alpha^2}$
İdeal normal buruşma gerilimi		$\sigma_{Pi} = k_\sigma \cdot \sigma_e$
İdeal kayma buruşma gerilimi		$\tau_{Pi} = k_\tau \cdot \sigma_e$
Düzeltilmiş akma mukavemeti		$R_{eH} = R_e / 1,1$
Normal gerilim için narinlik derecesi		$\bar{\lambda}_{P\sigma} = \sqrt{\frac{R_{eH}}{\sigma_{Pi}}}$
Kayma gerilimi için narinlik derecesi		$\bar{\lambda}_{P\tau} = \sqrt{\frac{R_{eH}}{\tau_{Pi} \cdot \sqrt{3}}}$
Bölge düzeltme faktörü	Bölge ve toplam plaka	$c = 1,25 - 0,25 \cdot \psi \leq 1,25$
	Bölge parçası	$c = 1,25 - 0,12 \cdot \psi \leq 1,25$
Normal gerilim düzeltme faktörü		$\kappa_\sigma = c \cdot \left(\frac{1}{\bar{\lambda}_{P\sigma}} - \frac{0,22}{\bar{\lambda}_{P\sigma}^2} \right) \leq 1$
Kayma gerilimi düzeltme faktörü		$\kappa_\tau = \frac{0,84}{\bar{\lambda}_{P\tau}} \leq 1$
Normal gerilim üs katsayısı		$e_1 = 1 + \kappa_\sigma^4$
Kayma gerilimi üs katsayısı		$e_3 = 1 + \kappa_\sigma \cdot \kappa_\tau^2$
Aynı anda normal ve kayma gerilimi ile zorlanmada kontrol Bölgedeki zorlaması değerleri; σ_{\max} bası ve τ_{\max} kayma		$\left(\frac{\sigma_{\max}}{\kappa_\sigma \cdot R_{eH}} \right)^{e_1} + \left(\frac{\sqrt{3} \cdot \tau_{\max}}{\kappa_\tau \cdot R_{eH}} \right)^{e_3} \leq 1$

5. DIN 4114'e göre buruşma hesabı özet

Bölgenin kenarlar oranı	$\alpha = a_i / b_i$
Bölgedeki zorlama değerleri	σ_{\min} ve σ_{\max}
Bölgedeki sınır değerler oranı	$\psi = \sigma_{\min} / \sigma_{\max}$
Euler gerilimi; Son bölgede çeki basıdan çok büyük olduğundan burada genişlik "b" yerine ideal genişlik $b_i = 2 b_B$ (bası genişliği) alınır. Bu yalnız normal gerilim hesabında kullanılır. Kaymada değil.	$\sigma_e = \frac{\pi^2 \cdot E}{12 \cdot (1 - \nu^2)} \cdot \left(\frac{t}{b}\right)^2$
Normal gerilim buruşma katsayısı	$\psi = 1$ $k_\sigma = 4$
	$1 \geq \psi > 0$ $k_\sigma = \frac{8,4}{\psi + 1,1}$
	$0 \geq \psi \geq -1$ $k_\sigma = 7,636 - 6,264 \cdot \psi + 10 \cdot \psi^2$
	$\psi = -1$ $k_\sigma = 23,9$
Kayma gerilimi buruşma katsayısı	$k_\tau = 5,34 + \frac{4}{\alpha^2}$
İdeal buruşma normal gerilimi	$\sigma_{Ki} = k_\sigma \cdot \sigma_e$
İdeal buruşma kayma gerilimi	$\tau_{Ki} = k_\tau \cdot \sigma_e$
Yan plakada ideal buruşma gerilimi $-1 \leq \psi < +1$	$\sigma_{VKi} = \frac{\sigma_{kar}}{\frac{1 + \psi}{4} \cdot \frac{\sigma_{üst}}{\sigma_{Ki}} + \sqrt{\left(\frac{3 - \psi}{4} \cdot \frac{\sigma_{üst}}{\sigma_{Ki}}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{\max}}{\tau_{Ki}}\right)^2}}$
Üst kuşakta ideal buruşma gerilimi $\psi = +1$	$\sigma_{VKi} = \frac{\sigma_{kar}}{\frac{\sigma_{üst}}{2 \cdot \sigma_{Ki}} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_{üst}}{2 \cdot \sigma_{Ki}}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{\max}}{\tau_{Ki}}\right)^2}}$
Gerçek buruşma gerilimi	σ_{VK} bak Tablo 11
Bölgedeki karşılaştırma gerilimi. Bölgedeki max ve min gerilimlerle.	$\sigma_{kar} = \sqrt{\sigma_{\max}^2 + 3\tau_{\max}^2}$
Hesapsal emniyet katsayısı	$S_{Hes} = \frac{\sigma_{VK}}{\sigma_{kar}}$
Takviyesiz tam plaka (Yan veya üst, yükleme durumu H)	$S_{Bger} = 1,71 + 0,180 \cdot (\psi - 1)$
Takviyelerle ayrılmış bölgeler (Yan veya üst, yükleme durumu H)	$S_{Bger} = 1,50 + 0,075 \cdot (\psi - 1)$
Kontrol	$S_{EHes} = \frac{S_{Bger}}{S_{Hes}} \geq 1$

Tablo 11, İdeal buruşma karşılaştırma gerilimlerine göre gerçek buruşma gerilimleri
(DIN 4114 B 1, sayfa 18, Tablo 7 den aktarma)

σ_{VKi} kg/cm ²	σ_{VK} kg/cm ²		σ_{VKi} kg/cm ²	σ_{VK} kg/cm ²	
	St 37	St 52-3		St 37	St 52-3
< 1570	σ_{VKi}	σ_{VKi}	3600	2280	3203
1920	1920	σ_{VKi}	3800	2291	3248
2000	1983	σ_{VKi}	4000	2300	3284
2100	2036	σ_{VKi}	4200	2308	3313
2200	2077	σ_{VKi}	4400	2315	3338
2300	2109	σ_{VKi}	4600	2321	3359
2400	2136	σ_{VKi}	4800	2326	3378
2500	2158	σ_{VKi}	5000	2331	3394
2600	2178	σ_{VKi}	5500	2340	3428
2700	2194	σ_{VKi}	6000	2347	3450
2800	2209	σ_{VKi}	6500	2353	3469
2880	2218	2880	7000	2358	3484
2900	2221	2899	8000	2366	3506
3000	2233	2974	10000	2374	3532
3200	2252	3077	20000	2389	3574
3400	2267	3149	∞	2400	3600

6. Ters sehimi

	Monoray kiriş	Çift kiriş
Yan boşluk değeri	$L_{CA} = 0,5 \cdot (L_K - L_{TA})$	$L_{CA} = 0,5 \cdot (L_K - L_{TA})$
Kirişin ağırlık sehimi	$f_{Ki} = \frac{5 \cdot L_K^4 \cdot q_K}{384 \cdot E_{dyn} \cdot I_y}$	$f_{Ki} = \frac{5 \cdot L_K^4 \cdot (q_K + q_{SP})}{384 \cdot E_{dyn} \cdot I_y}$
Arabanın ağırlık sehimi	$f_A = \frac{F_{C+A} \cdot L_{CA} \cdot (3 \cdot L_K^2 - 4 \cdot L_{CA}^2)}{48 \cdot E_{dyn} \cdot I_y}$	$f_A = \frac{F_A \cdot L_{CA} \cdot (3 \cdot L_K^2 - 4 \cdot L_{CA}^2)}{96 \cdot E_{dyn} \cdot I_y}$
Yükün ağırlık sehimi	$f_Y = \frac{F_Y \cdot L_{CA} \cdot (3 \cdot L_K^2 - 4 \cdot L_{CA}^2)}{48 \cdot E_{dyn} \cdot I_y}$	$f_Y = \frac{F_Y \cdot L_{CA} \cdot (3 \cdot L_K^2 - 4 \cdot L_{CA}^2)}{96 \cdot E_{dyn} \cdot I_y}$
Toplam sehimi	$f_{top} = f_{Ki} + f_A + f_Y$	$f_{top} = f_{Ki} + f_A + f_Y$
Ters sehimi	$f_{Ters} = f_{Ki} + f_A + 0,5 \cdot f_Y$	$f_{Ters} = f_{Ki} + f_A + 0,5 \cdot f_Y$

7. Burkulma

Tablo 12, ω – katsayısı (F.E.M. s. 3-35, Tablo T.A. 3.3.1 ve DIN 4114 B 1, sayfa 3, Tablo 1 den aktarma)

λ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
20	1,04	1,04	1,04	1,05	1,05	1,06	1,06	1,07	1,07	1,08
30	1,08	1,09	1,09	1,10	1,10	1,11	1,11	1,12	1,13	1,13
40	1,14	1,14	1,15	1,16	1,16	1,17	1,18	1,19	1,19	1,20
50	1,21	1,22	1,23	1,23	1,24	1,25	1,26	1,27	1,28	1,29
60	1,30	1,31	1,32	1,33	1,34	1,35	1,36	1,37	1,39	1,40
70	1,41	1,42	1,44	1,45	1,46	1,48	1,49	1,50	1,52	1,53
80	1,55	1,56	1,58	1,59	1,61	1,62	1,64	1,66	1,68	1,69
90	1,71	1,73	1,74	1,76	1,78	1,80	1,82	1,84	1,86	1,88
100	1,90	1,92	1,94	1,96	1,98	2,00	2,02	2,05	2,07	2,09
110	2,11	2,14	2,16	2,18	2,21	2,23	2,27	2,31	2,35	2,39
120	2,43	2,47	2,51	2,55	2,60	2,64	2,68	2,72	2,77	2,81
130	2,85	2,90	2,94	2,99	3,03	3,08	3,12	3,17	3,22	3,26
140	3,31	3,36	3,41	3,45	3,50	3,55	3,60	3,65	3,70	3,75
150	3,80	3,85	3,90	3,95	4,00	4,06	4,11	4,16	4,22	4,27
160	4,32	4,38	4,43	4,49	4,54	4,60	4,65	4,71	4,77	4,82
170	4,88	4,94	5,00	5,05	5,11	5,17	5,23	5,29	5,35	5,41
180	5,47	5,53	5,59	5,66	5,72	5,78	5,84	5,91	5,97	6,03
190	6,10	6,13	6,23	6,29	6,36	6,42	6,49	6,55	6,62	6,69
200	6,75	6,82	6,89	6,96	7,03	7,10	7,17	7,24	7,31	7,38
210	7,45	7,52	7,59	7,77	7,73	7,81	7,88	7,95	8,03	8,10
220	8,17	8,25	8,32	8,40	8,47	8,55	8,63	8,70	8,78	8,86
230	8,93	9,01	9,09	9,17	9,25	9,33	9,41	9,49	9,57	9,65
240	9,73	9,81	9,89	9,97	10,05	10,14	10,22	10,30	10,39	10,47
250	10,55									