

2012 Haziran

www.guven-kutay.ch

VİNÇTE ÇELİK KONSTRÜKSİYON

ÇİFT KİRİŞ

41_02

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

0.	Çift Kirişler	1
1.	Standart Hazır Profiller ve Kutu Kirişler	1
1.1.	Kiriş profilinin seçimi	2
1.1.1.	Gereken eylemsizlik momenti	2
1.1.2.	Tekerlekleri etkileyen dik kuvvet	2
1.1.3.	Kirişin eylemsizlik ve mukavemet momenti	2
1.1.4.	Standart profilli kirişin eylemsizlik ve mukavemet momenti	3
1.1.5.	Kutu kirişin eylemsizlik ve mukavemet momenti	4
1.1.5.1.	Sistemin ağırlık merkezi	5
1.1.5.2.	Kirişin eylemsizlik momentleri	6
1.1.5.3.	Kirişin mukavemet momentleri	6
1.1.6.	Kirişin birim ağırlığı	6
1.1.7.	Kutu Kiriş mukavemet hesabı	7
1.1.7.1.	Yükleme grubu katsayısı " k_B "	7
1.1.7.2.	Kirişin kendi ağırlığından ileri gelen gerilim " σ_1 "	7
1.1.7.3.	Arabanın toplam ağırlığından oluşan gerilim " σ_2 "	8
1.1.7.4.	Kaldırma yükünden ileri gelen gerilim " σ_3 "	8
1.1.7.5.	Eylemsizlik kuvvetlerden ileri gelen gerilim " σ_4 "	9
1.1.7.6.	Araba kasılmasından ileri gelen gerilme " σ_5 "	10
1.2.	Vinç kirişlerinde kayma gerilmesinin hesaplanması	10
1.2.1.	Burulma gerilimi " τ_t "	10
1.2.2.	Kesme gerilimi " τ_k "	11
1.2.3.	Toplam kayma gerilmesi " τ_{top} "	12
1.3.	Vinç kirişinde toplam karşılaştırma gerilmesi	12
2.	Ters sehim giriş	13
2.1.	Kirişin öz ağırlık sehimi	13
2.1.1.	Arabanın öz ağırlık sehimi	13
2.1.2.	Yükün ağırlık sehimi	13
2.1.3.	Toplam sehim	14
2.1.4.	Ters sehim	14
2.1.5.	Kirişe ters sehim verilmesi	14
3.	Özet ve öneriler	15
3.1.	Çift kiriş vinçlerde özet	15
3.2.	Çift kiriş vinçlerde öneriler	16
4.	Örnekler	17
4.1.	Örnek 1, 6tx15m Gezer köprü vinci	17
4.2.	Örnek 2, 50tx25m Gezer köprü vinci	23
4.3.	Örnek 3, 50tx25m Gezer köprü vinci, hafif	29
4.4.	Örnek 4, 50tx25m Gezer köprü vinci, hafif, takviyeli	34
5.	Konu İndeksi	40

0. Çift Kirişler

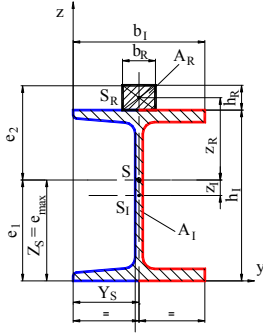
Çift kirişler genelde iki kısımda toplanır.

1. "Standart Profiller ve Kutu Kirişler."
2. "Özel konstrüksiyonlar, Karışık ve Kafes konstrüksiyonlar, v.b."

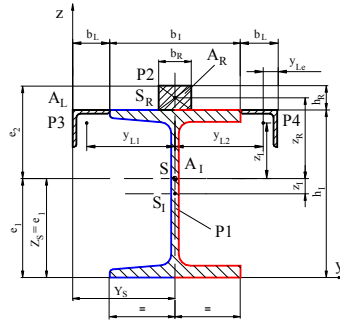
Burada yalnız "Standart Profiller ve Kutu Kirişler" i ele alacağız. "Özel konstrüksiyonlar, Karışık ve Kafes kiriş konstrüksiyonlar" ı başka belgede inceleyeceğiz.

1. Standart Hazır Profiller ve Kutu Kirişler

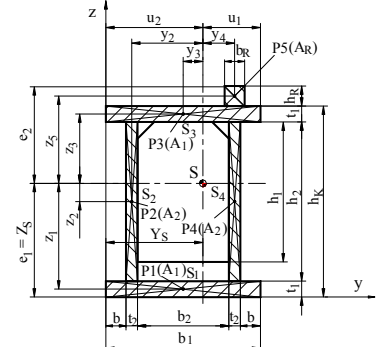
Çift kirişli vinçlerde de monoray vinçlerde olduğu gibi



Şekil 1, Standart profil

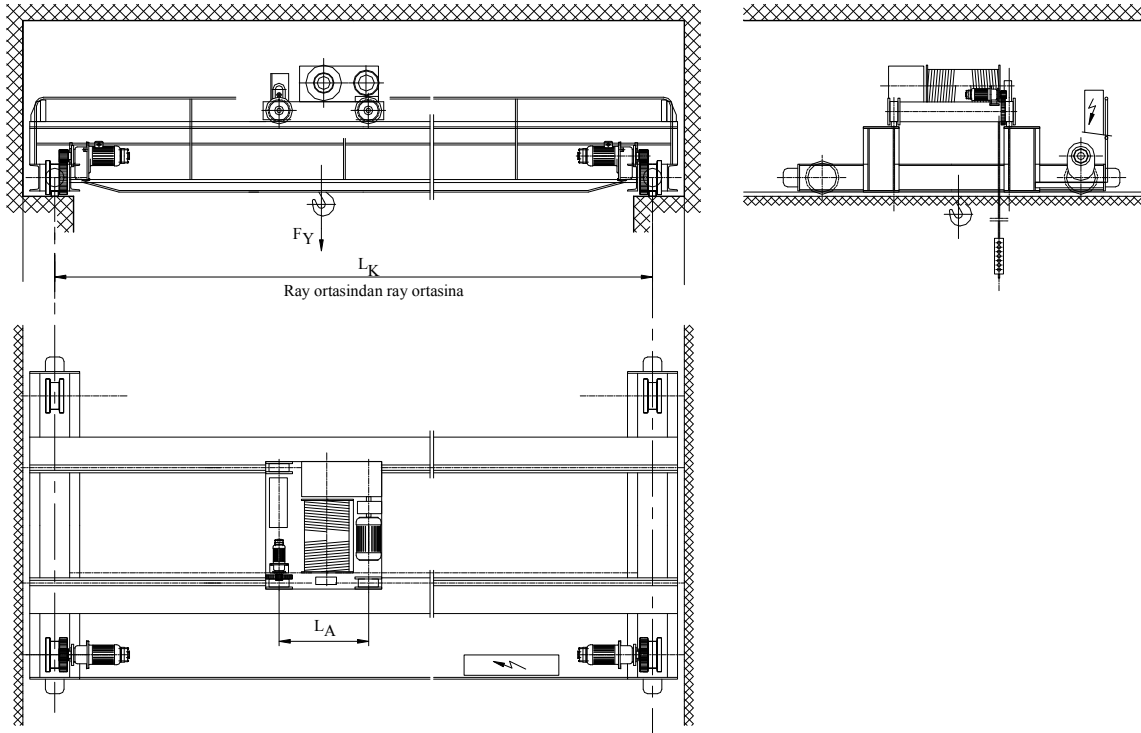


Şekil 2, Takviyeli standart profil



Şekil 3, Kutu Kiriş

Aşağıda Şekil 4 ile klasik çift kirişli vinç gösterilmiştir. Genel olarak bütün çift kirişli vinçlerde hesaplarda gidilen yol tek kirişlerde olduğu gibidir. Önce kiriş profili seçilir ve kontrol hesabı yapılır.

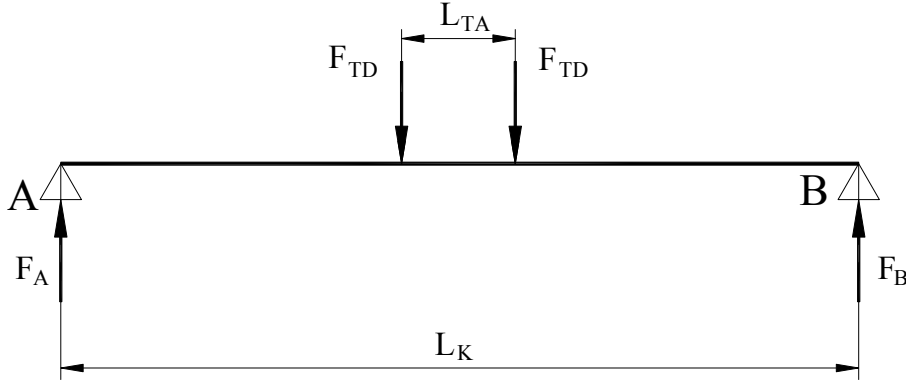


Şekil 4, Çift kirişli gezer köprü vinci

Kirişin seçimi giriş fasikülünde verilen "**Temel bilgilere**" formuna göre yapılır. İlk önce gerekli eylemsizlik momenti hesaplanır ve bu değere göre kiriş için gereken kesit şekli seçilir ve sonra mukavemet hesabı yapılır. Eğer kiriş piyasada bulunabilecek hazır profillerle yapılabiliyorsa piyasadaki profil seçilir. Eğer bu profiller yeterli değilse standart veya özel profil kutu kiriş konstrüksiyonuna gidilir.

1.1. Kiriş profilinin seçimi

Hesaplara genel olarak y eksenine göre (yatay eksen) konstrüksiyonun gerekli eylemsizlik momentinin bulunmasıyla başlanır.



Şekil 5, Çift kiritşte şematik kiritş

1.1.1. Gereken eylemsizlik momentini

$$I_{yger} = \frac{F_{TD} \cdot (L_K - L_{TA})}{48 \cdot E \cdot f_{ger}} \cdot [3 \cdot L_K^2 - (L_K - L_{TA})^2] \quad F (1)$$

I_{yger}	cm ⁴	Kiriş profilinin y-y için gerekli atalet momentini
F_{TD}	kg	Tek tekerleği etkileyen dik kuvvet
L_K	cm	Vinç ray açıklığı, hesapsal kiritş boyu
L_{TA}	cm	Arabanın tekerlek açıklığı
E	kg/cmm ²	Kiritş malzemesinin elastiklik modülü
f_{ger}	cm	Kabul edilen gerekli sehimi

Seçilecek profilin kesit atalet momentini burada bulunan değerden daha büyük olmalıdır. Yapılan mukavemet kontrolü hesabında sonuç yeterli bulunmazsa daha büyük atalet momentli profil seçilerek kontrol hesabı yeterli sonuç alınana kadar sürdürülür.

1.1.2. Tekerelekleri etkileyen dik kuvvet

Bir tekerleği etkileyen dik kuvvet

$$F_{TD} = 0,25 \cdot (\psi_K \cdot F_Y + \phi_K \cdot F_A) \quad F (2)$$

ψ_K	1	Kaldırma yükü katsayısı
ϕ_K	1	Öz ağırlık katsayısı
F_Y	kg	Yük kuvveti
F_A	kg	Arabanın toplam öz ağırlık kuvveti

1.1.3. Kiritşin eylemsizlik ve mukavemet momentini

Standart profillerle yapılan kiritşte parçaların eylemsizlik momentleri ya ilgili tablolardan alınır veya hesaplanarak bulunur. Kiritş en az iki parçadan oluşur. Hesaplanacak sistem standart profile eklenmiş çeşitli parçalardan oluşan bileşik kiritştir. Bu durumda eylemsizlik momentinin hesabında **Steiner** bağıntısı uygulanır. Hesaplama sırası:

- Sistemin ağırlık merkezi bulunur,
- Parçaların tek tek eylemsizlik momentleri bulunur,
- Parçaların tek tek alanları bulunur ve parçaların ağırlık merkezi ile sistemin ağırlık merkezi mesafesinin karesi ile çarpılır,
- Bütün değerler toplanır.

Sistemin eylemsizlik momentini F (3) ile bulunur.

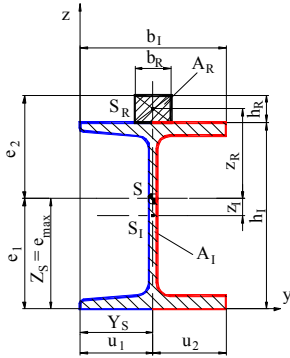
$$I_{y_{top}} = \sum I_{y_i} + z_i^2 \cdot A_i ; \quad I_{z_{top}} = \sum I_{z_i} + y_i^2 \cdot A_i \quad F (3)$$

I_{y_i}, I_{z_i}	cm^4	Herhangi bir parçanın indeks eksenine göre eylemsizlik momenti
A_i	cm^2	Herhangi bir parçanın alanı
z_i, y_i	cm	Alanı ile çarpılacak parçanın ağırlık merkezine mesafesi

Y-Eksenine göre gerekli eylemsizlik momenti bulunduktan sonra bu değerde kirişi seçmek gerekir. Bu seçim için önceden hazırlanmış piyasadan kolay temin edilebilen standart profillerle yapılmış kirişler ve önceden hazırlanmış standart kutu kirişler arasından seçim yapılır. Bu profillerde yetersizse özel kutu kiriş konstrüksiyonuna gidilir.

1.1.4. Standart profilli kirişin eylemsizlik ve mukavemet momenti

Varyant 1, Standart Profili, Raylı



Şekil 6, Standart Profili, Raylı

A_I	mm^2	I-Profilin alanı
A_R	mm^2	Ray profil alanı
Z_S	mm	Ağırlık merkezi Z-değeri
Y_S	mm	Ağırlık merkezi Y-değeri
$e_{1,2}$	mm	Ağırlık merkezi ile kenarların mesafesi
$u_{1,2}$	mm	Ağırlık merkezi ile kenarların mesafesi
h_I	mm	I-Profilin yüksekliği
b_I	mm	I-Profilin genişliği
h_R	mm	Ray profilin yüksekliği
b_R	mm	Ray profilin genişliği

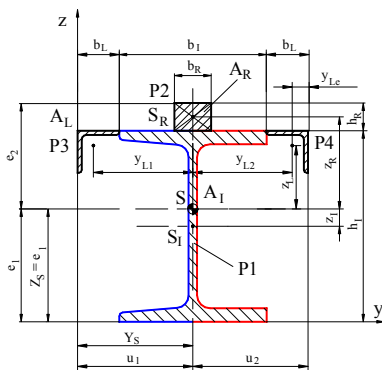
y-eksenine göre atalet momenti:

$$I_y = I_{yI} + z_I^2 \cdot A_I + I_{yR} + z_R^2 \cdot A_R \quad F (4)$$

z-eksenine göre atalet momenti:

$$I_z = I_{zI} + I_{zR} \quad F (5)$$

Varyant 2, Standart Profili, Raylı ve takviyeli



Şekil 7, Standart Profili, Raylı ve takviyeli

A_I	mm^2	I-Profilin alanı
A_R	mm^2	Ray profil alanı
A_L	mm^2	Köşebent profil alanı
Z_S	mm	Ağırlık merkezi Z-değeri
Y_S	mm	Ağırlık merkezi Y-değeri
$e_{1,2}$	mm	Ağırlık merkezi ile kenarların mesafesi
$u_{1,2}$	mm	Ağırlık merkezi ile kenarların mesafesi
h_I	mm	Profilin yüksekliği
b_I	mm	Profilin genişliği
h_R	mm	Rayın yüksekliği
b_R	mm	Rayın genişliği

y-eksenine göre atalet momenti:

$$I_y = I_{yI} + z_I^2 \cdot A_I + I_{yR} + z_R^2 \cdot A_R + 2 \cdot (I_L + z_L^2 \cdot A_L) \quad F (6)$$

z-eksenine göre atalet momenti:

$$I_z = I_{zI} + I_{zR} + 2 \cdot I_L + (y_{L1}^2 + y_{L2}^2) \cdot A_L \quad F (7)$$

Sistemin mukavemet momentleri W_x ve W_y

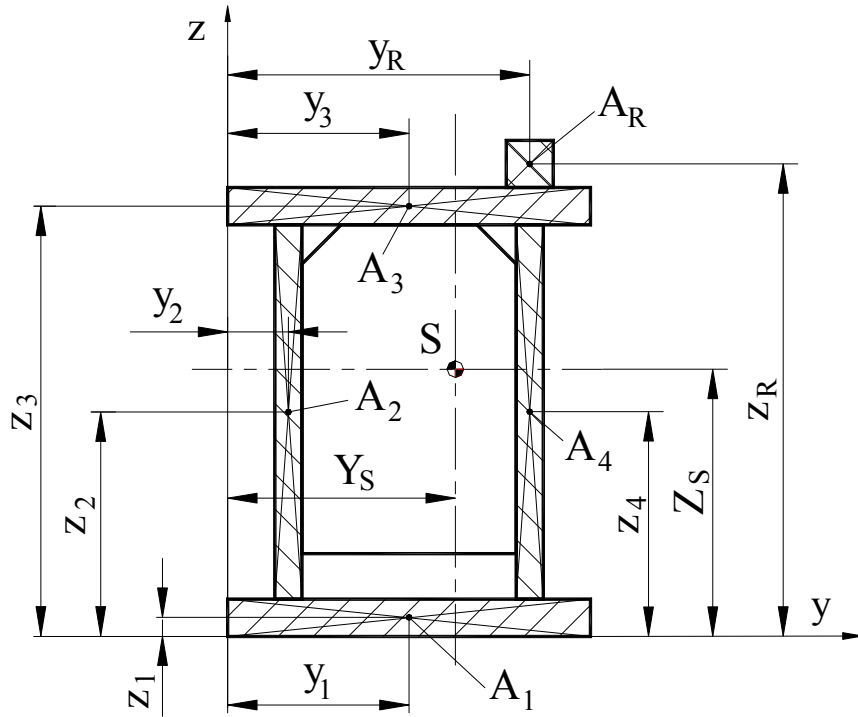
W_x değerinin minimum olması kirişteki gerilimlerin maksimum değerini vereceğinden, burada e_{\max} değeri W_x değerinin bulunması için kullanılır.

$$W_y = \frac{I_y}{e_{\max}} \text{ ve } W_z = \frac{I_z}{Y_s} \quad F(8)$$

I_y	cm^4	Y-eksenine göre kesit atalet momenti
I_z	cm^4	Z-eksenine göre kesit atalet momenti
I_{yI}	cm^4	I-Profilinin kendi Y-eksenine göre kesit atalet momenti
I_{yR}	cm^4	Rayın kendi Y-eksenine göre kesit atalet momenti
I_{zI}	cm^4	I-Profilinin kendi Z-eksenine göre kesit atalet momenti
I_{zR}	cm^4	Rayın kendi Z-eksenine göre kesit atalet momenti
W_y	cm^3	Y-eksenine göre kesit mukavemet momenti
W_z	cm^3	Z-eksenine göre kesit mukavemet momenti

1.1.5. Kutu kirişin eylemsizlik ve mukavemet momenti

Özel hallerin dışında genelde kutu kiriş Şekil 8 ile gösterildiği gibi konstrüksiyonu yapılır.



Şekil 8, Kutu kiriş ölçüleri

Ekonomik kazanç sağlamak için;

$$b_1 = b_3$$

$$h_2 = h_4$$

$$t_1 = t_3$$

$$t_2 = t_4$$

olarak alınır.

Buradada hesaplar aynen standart profillerde belirlendiği gibi yapılır.

1.1.5.1. Sistemin ağırlık merkezi

Ağırlık merkezinin Y_S değeri alanlar momenti eşitliğine göre bulunur:

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

$$Y_S = \frac{A_1 \cdot y_1 + A_2 \cdot y_2 + A_3 \cdot y_3 + A_4 \cdot y_4 + A_5 \cdot y_5}{A_{\text{top}}} \quad \text{F (9)}$$

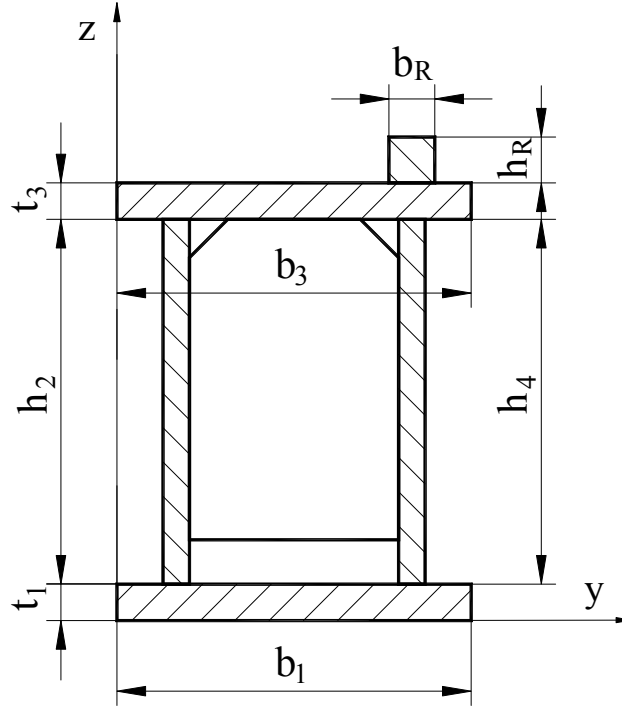
Ağırlık merkezinin Z_S değeri alanlar momenti eşitliğine göre bulunur:

$$A_{\text{top}} \cdot Z_S = A_1 \cdot z_1 + A_2 \cdot z_2 + A_3 \cdot z_3 + A_4 \cdot z_4 + A_5 \cdot z_5$$

$$Z_S = \frac{A_1 \cdot z_1 + A_2 \cdot z_2 + A_3 \cdot z_3 + A_4 \cdot z_4 + A_5 \cdot z_5}{A_{\text{top}}} \quad \text{F (10)}$$

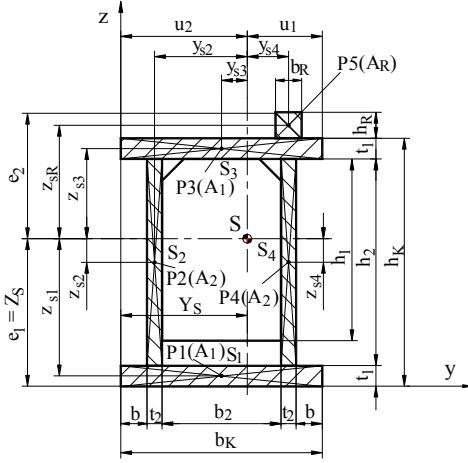
A_i	cm^2	Parçanın alanı, indeksine göre
A_{top}	cm^2	Sistemin toplam alanı
y_i	cm	Parçanın y-eksenine mesafesi, indeksine göre
z_i	cm	Parçanın z-eksenine mesafesi, indeksine göre

Buradaki değerlerin ön hesaplamasını yaparsak;



Şekil 9, Kutu kiriş ölçüleri

$A_1 = b_1 \cdot t_1$	$y_1 = 0,5 \cdot b_1$	$z_1 = 0,5 \cdot t_1$
$A_2 = h_2 \cdot t_2$	$y_2 = 0,5 \cdot t_2 + b_B$	$z_2 = 0,5 \cdot h_2 + t_1$
$A_3 = b_3 \cdot t_3$	$y_3 = 0,5 \cdot b_3$	$z_3 = t_1 + 0,5 \cdot t_3 + h_2$
$A_4 = h_4 \cdot t_4$	$y_4 = b_1 - b_B - 0,5 \cdot t_4$	$z_4 = t_1 + 0,5 \cdot h_2$
$A_5 = h_R \cdot b_R$	$y_5 = b_1 - b_B - 0,5 \cdot t_4$	$z_5 = t_1 + t_3 + h_2 + 0,5 \cdot h_R$



Şekil 10, Kutu kiriş eylemsizlik momenti ölçüleri

$$y_{s1} = Y_S - y_1 \quad z_{s1} = Z_S - z_1$$

$$y_{s2} = Y_S - y_2 \quad z_{s2} = Z_S - z_2$$

$$y_{s3} = Y_S - y_3 \quad z_{s3} = z_3 - Z_S$$

$$y_{s4} = y_4 - Y_S \quad z_{s4} = z_{s2}$$

$$y_{s5} = y_{s4} \quad z_{sR} = z_5 - Z_S$$

1.1.5.2. Kirişin eylemsizlik momentleri

$$\begin{aligned} I_{1x} &= b_1 \cdot t_1^3 / 12 & I_{2x} &= t_2 \cdot h_2^3 / 12 & I_{3x} &= b_3 \cdot t_3^3 / 12 & u_1 &= b_1 - Y_S \\ I_{4x} &= t_4 \cdot h_4^3 / 12 & I_{Rx} &= b_R \cdot h_R^3 / 12 & & & u_2 &= Y_S \\ I_{1y} &= t_1 \cdot b_1^3 / 12 & I_{2y} &= h_2 \cdot t_2^3 / 12 & I_{3y} &= t_3 \cdot b_3^3 / 12 & e_1 &= Z_S \\ I_{4y} &= h_4 \cdot t_4^3 / 12 & I_{Ry} &= h_R \cdot b_R^3 / 12 & & & e_2 &= h_{Rü} - Z_S \end{aligned}$$

Kirişin y-eksenine göre eylemsizlik momenti:

$$I_y = I_{1y} + I_{2y} + I_{3y} + I_{4y} + I_{5y} + z_{s1}^2 \cdot A_1 + z_{s2}^2 \cdot A_2 + z_{s3}^2 \cdot A_3 + z_{s4}^2 \cdot A_4 + z_{s5}^2 \cdot A_5 \quad F (11)$$

Kirişin z-eksenine göre eylemsizlik momenti:

$$I_z = I_{1z} + I_{2z} + I_{3z} + I_{4z} + I_{5z} + y_{s1}^2 \cdot A_1 + y_{s2}^2 \cdot A_2 + y_{s3}^2 \cdot A_3 + y_{s4}^2 \cdot A_4 + y_{s5}^2 \cdot A_5 \quad F (12)$$

1.1.5.3. Kirişin mukavemet momentleri

Kirişin y-eksenine göre mukavemet momenti:

$$W_y = \frac{I_y}{e_{\max}} \quad F (13)$$

Kirişin z-eksenine göre mukavemet momenti:

$$W_z = \frac{I_z}{u_{\max}} \quad F (14)$$

1.1.6. Kirişin birim ağırlığı

Ağırlık hesabında her 2 metrede, buruşmaya karşı t_1 kalınlığında perde konulduğu kabul edilmiştir.

$$q_K = A_{\text{top}} \cdot \rho_{\text{St}} \cdot 1m + 0,5 \cdot m_p \quad F (15)$$

Bir perdenin ağırlığı;

$$m_p = (h_2 - h_p) \cdot (b_1 - 2 \cdot t_2 - 2 \cdot b_B) \cdot t_2 \cdot \rho_{\text{St}} \quad F (16)$$

1.1.7. Kutu Kiriş mukavemet hesabı

Kirişteki normal eğilme gerilimi, kirişi etkileyen genel kuvvetlerden oluşan gerilimdir ve F (17) ile verilmiş olan değerlerle hesaplanır.

$$\sigma_{\max} = k_B \cdot (\sigma_1 + \sigma_2 + \psi_K \cdot \sigma_3 + \sigma_4 + \sigma_5) \quad F (17)$$

$$\sigma_{\min} = \sigma_1 + \sigma_2 \quad F (18)$$

k_B	1	Yükleme grubu katsayısı
σ_1	kg/cm ²	Kirişin öz ağırlığından oluşan gerilim
σ_2	kg/cm ²	Arabanın toplam ağırlığından oluşan gerilim
ψ_K	1	Kaldırma yükü katsayısı
σ_3	kg/cm ²	Yükün ağırlığından oluşan gerilim
σ_4	kg/cm ²	Atalet kuvvetlerinden oluşan gerilim
σ_5	kg/cm ²	Araba kasılmasından oluşan gerilim

1.1.7.1. Yükleme grubu katsayısı " k_B "

Tablo 1, Yükleme grubu katsayısı " k_B "

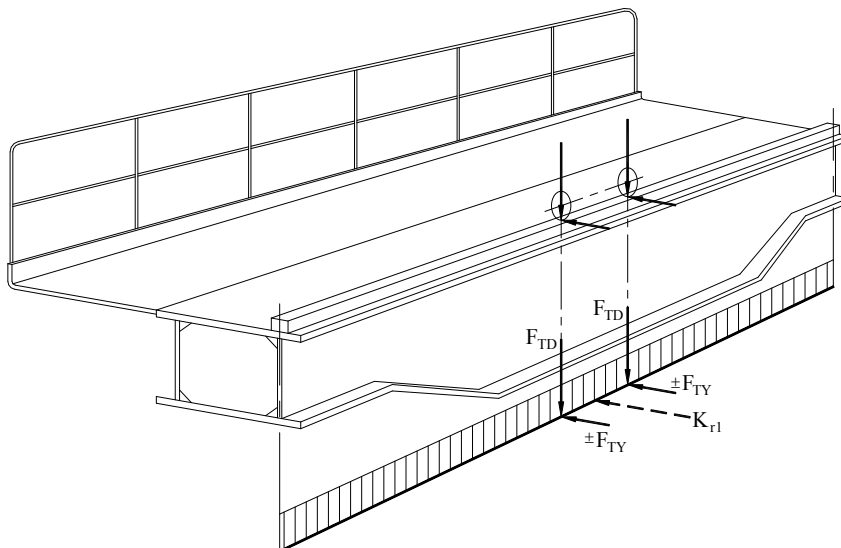
	Yüklenme grubu					
	B1	B2	B3	B4	B5	B6
k_B -katsayısı	1,00	1,02	1,05	1,08	1,11... 1,14	1,17 ... 1,20

1.1.7.2. Kirişin kendi ağırlığından ileri gelen gerilim " σ_1 "

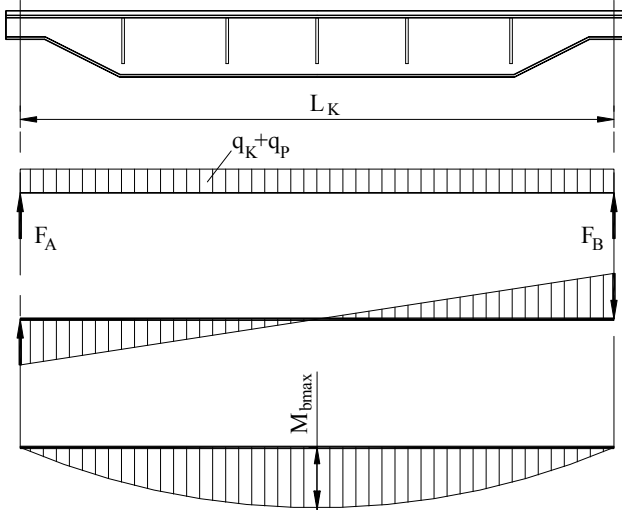
Kirişin öz ağırlığından oluşan gerilim F (19) ve ile hesaplanır.

$$\sigma_1 = \frac{\varphi_K \cdot (q_K + q_P) \cdot L_K^2}{8 \cdot W_y} \quad F (19)$$

φ_K	1	Öz ağırlık katsayısı
q_K	kg/cm	Kirişin birim ağırlığı
q_P	kg/cm	Servis platformunun birim ağırlığı
L_K	cm	Kirişin boyu
W_y	cm ³	Kirişin mukavemet momenti



Şekil 11, Kutu kiriş, servis platformu ve kuvvetler



Şekil 12, Kutu kiriş, servis platformunun moment dağılımı

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

Kirişteki yayılı kuvvetten ileri gelen eğilme momenti " M_1 ":

$$M_1 = \frac{F_{AK} \cdot L_K}{8}$$

Kirişteki yayılı yük kuvveti, yani kiriş ağırlık kuvveti:

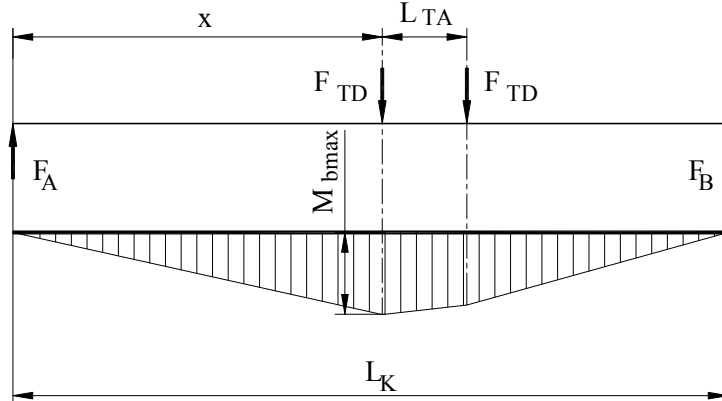
$$F_{AK} = (q_K + q_P) \cdot L_K$$

Böylece kirişteki yayılı kuvvetten ileri gelen eğilme momenti " M_1 ":

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

1.1.7.3. Arabanın toplam ağırlığından oluşan gerilim " σ_2 "

Arabanın toplam ağırlığından oluşan gerilim formül F (20) ve Şekil 13 ile hesaplanır.



Şekil 13, Yük ve arabasının öz ağırlık momentinin kirişte dağılımı

Arabanın ağırlıklarından oluşan gerilimin nasıl bulunduğu monoray fasikülünde anlatılmıştır.

Max. Moment

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

Öz ağırlık gerilmesi

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

$$\sigma_2 = \frac{F_A}{32 \cdot L_K \cdot W_y} \cdot (2 \cdot L_K - L_{TA})^2$$

F (20)

F_A	kg	Arabanın toplam ağırlığı
L_K	cm	Kirişin boyu
W_y	cm ³	Kirişin mukavemet momenti
L_{TA}	cm	Araba tekerlek mesafesi

1.1.7.4. Kaldırma yükünden ileri gelen gerilim " σ_3 "

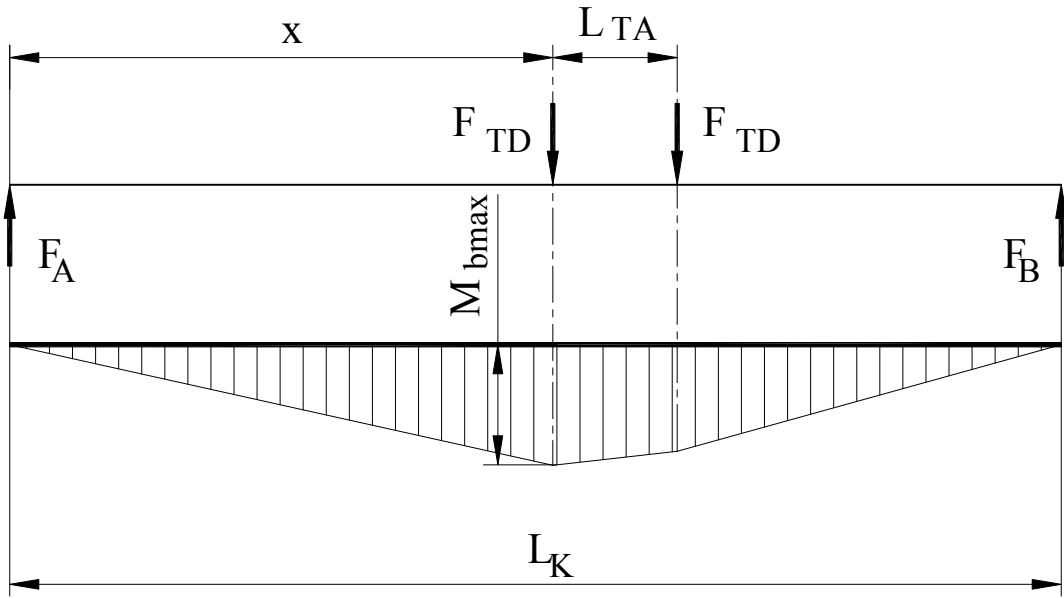
Yükün öz ağırlığından oluşan gerilim arabanın öz ağırlıklarından oluşan gerilim gibi hesaplanır. Burada yükün kuvveti F_Y devreye girer.

Max. Moment
$$M_3 = \frac{F_Y}{32 \cdot L_K} \cdot (2 \cdot L_K - L_{TA})^2$$

Max. gerilim:
$$\sigma_3 = \frac{M_3}{W_y}$$

$$\sigma_3 = \frac{F_Y}{32 \cdot L_K \cdot W_y} (2 \cdot L_K - L_{TA})^2 \quad F (21)$$

F_Y	kg	Yükün ağırlığı, kaldırma kapasitesi
L_K	cm	Kirişin boyu
W_y	cm ³	Kirişin mukavemet momenti
L_{TA}	cm	Araba tekerlek mesafesi



Şekil 14, Yük momentinin kirişte dağılımı

1.1.7.5. Eylemsizlik kuvvetlerden ileri gelen gerilim " σ_4 "

Eylemsizlik kuvvetlerden ileri gelen gerilimin nasıl bulunduğu monoray fasikülünde anlatılmıştır.

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

Max. gerilim:
$$\sigma_4 = \frac{M_4}{W_y}$$

$$\sigma_4 = \frac{0,075 \cdot L_K}{W_y} \cdot \left[\varphi_K \cdot (q_K + q_P) \cdot L_K + \frac{F_A}{2} \right] \quad F (22)$$

φ_K	1	Öz ağırlık katsayısı
q_K	kg/cm	Kirişin birim ağırlığı
q_P	kg/cm	Servis platformunun birim ağırlığı
L_K	cm	Kirişin boyu
W_y	cm ³	Kirişin mukavemet momenti
F_A	kg	Arabanın toplam ağırlığı

1.1.7.6. Araba kasılmasından ileri gelen gerilme " σ_5 "

Araba kasılmasından ileri gelen gerilimin nasıl bulunduğu monoray fasikülünde anlatılmıştır.

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

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

$$\sigma_5 = \frac{0,05 \cdot L_A \cdot (F_A + F_Y)}{W_z} \quad \text{F (23)}$$

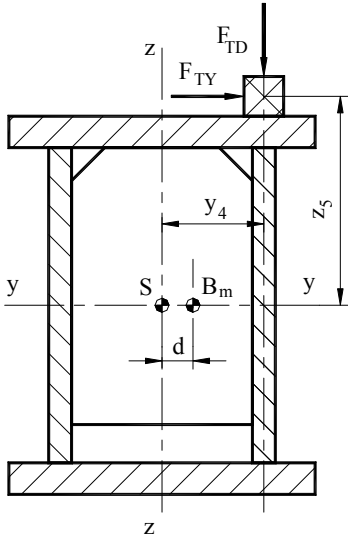
Araba yürüyüşünde vinç kirişine araba kasılmasından ileri gelen yatay moment kuvvetinin hesabında FEM'den alınan kasma katsayısı 0,2 kabul edilerek daima emniyetli tarafta olunması sağlanmıştır. Bu katsayı yatay kuvvetlerin dik kuvvetlere olan oranını gösterir.

Kirişte yüklemekten oluşan sınır değerler oranı " κ_F "

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

1.2. Vinç kirişlerinde kayma gerilmesinin hesaplanması

1.2.1. Burulma gerilimi " τ_t "



Şekil 15, Kiriş kesiti

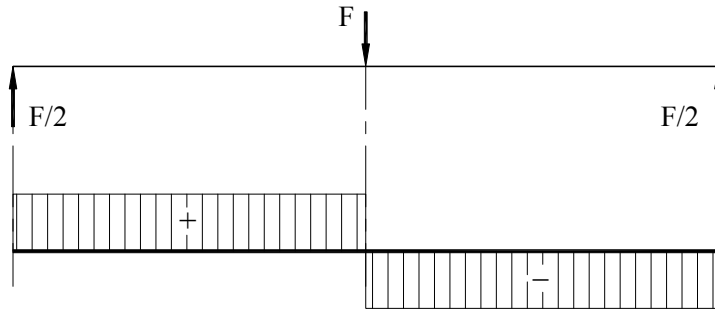
Burulma gerilimi " τ_t " kirişte asimetrik olarak araba tekerleklerindeki dik ve yatay kuvvetlerden ileri gelen burulma momentinin doğurduğu burulma gerilmesidir.

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:

$$M_t = 2 \cdot [(y_4 - d) \cdot F_{TD} + z_5 \cdot F_{TY}]$$



Şekil 16, Kesme kuvvetinin kirişte dağılımı

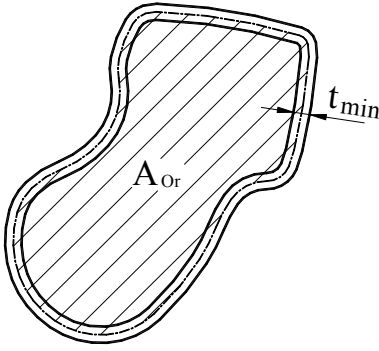
Burada, daha önce krende kabul edilen değerlere göre ve hesapların daha güvenli olması bakımından $d = 0$ alınır, böylece burulma momenti:

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

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

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

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

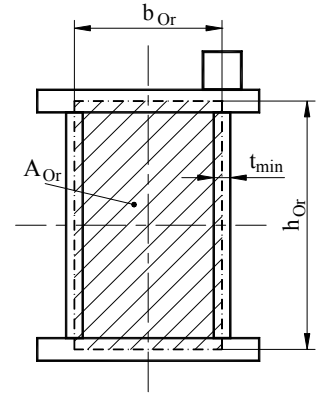


Bredt'e göre ince cidarlı içi boş bir kesitte burulma mukavemet momenti şu şekilde yaklaşık olarak hesaplanır.

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

Burada A_{Or} ortalama alandır. Kiriş için:

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



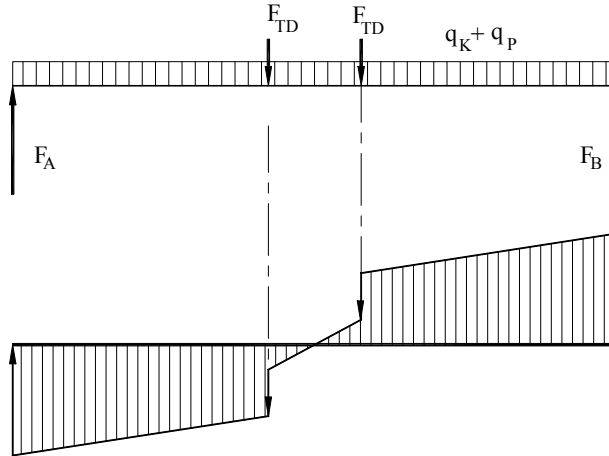
Şekil 17, Bredt'e göre ince cidarlı kesitte burulma

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

$$\tau_t = \frac{(y_4 + 0,2 \cdot z_5) \cdot (F_A + F_Y)}{4 \cdot t_{min} \cdot (y_2 + y_4) \cdot (z_1 + z_3)}$$

F (25)

1.2.2. Kesme gerilimi " τ_k "



Şekil 18, 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.

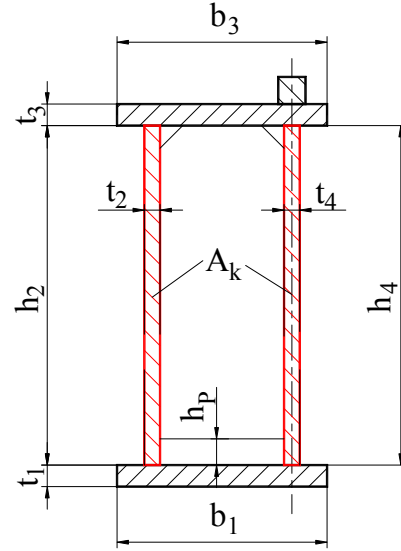
$$\tau_k = \frac{F_k}{A_k}$$

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:

$$\tau_k = \frac{\psi \cdot F_Y + k_B \cdot F_A}{4 \cdot t_2 \cdot h_2} \quad F (26)$$



Şekil 19, Kesilmeye zorlanan kesit "A_k"

1.2.3. Toplam kayma gerilmesi " τ_{top} "

Vinç kirişindeki toplam kayma gerilmesi " τ_{top} "

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

Bu formüle değerleri yerleştirirsek:

$$\tau_{top} = \frac{(y_4 + 0,2 \cdot z_5) \cdot (\psi \cdot F_Y + k_B \cdot F_A)}{4 \cdot t_2 \cdot (y_2 + y_4) \cdot (z_1 + z_3)} + \frac{\psi \cdot F_Y + k_B \cdot F_A}{4 \cdot t_2 \cdot h_2}$$

Kren kirişinde tekerlek kuvvetlerinden ileri gelen toplam kayma gerilimi " τ_{top} " bilinen ana büyüklüklerle şu şekilde hesaplanır:

$$\tau_{max} = \frac{\psi \cdot F_Y + k_B \cdot F_A}{4 \cdot t_2} \cdot \left[\frac{y_4 + 0,2 \cdot z_5}{(y_2 + y_4) \cdot (z_1 + z_3)} + \frac{1}{h_2} \right] \quad F (27)$$

1.3. Vinç kirişinde toplam karşılaştırma gerilmesi

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

$$\sigma_{kar} = \sqrt{\sigma_{max}^2 + 3 \cdot \tau_{max}^2} \quad F (28)$$

Bu karşılaştırma;

Dinamik kontrol için;

$$\frac{\sigma_{D\check{c}(\kappa_D)EM}}{\sigma_{kar}} \geq 1 \quad F (29)$$

Statik kontrol için;

$$\sigma_{\check{c}EM} / \sigma_{kar} \geq 1 \quad F (30)$$

şartlarını gerçekleştirmeli ve emniyetli statik ve dinamik mukavemet değerlerini aşmamalıdır.

2. Ters sehîm giriş

Arabanın yükle ortadan kenara hareketinde yokuş yukarı çıkmaması için ters sehîm hesabı yapılır. Kirişin konstrüksiyonu yapılırken ve üretilirken bu değerler dikkate alınıp konstrüksiyon ve üretim ona göre yapılmalıdır. Bunun içinde arabanın yükle kirişin ortasında olması düşünülür ve kirişin zati ağırlık değeride dikkate alınır.

Yardımcı değer olarak araba tam kiriş ortasındayken kirişin sehîmini bulmak için araba tekerlekleriyle kiriş uçları arasındaki mesafe bilinmelidir. Bu değere " *Yan boşluk değeri* " denir ve F (31) ile hesaplanır.

$$L_{CA} = 0,5 \cdot (L_K - L_{TA}) \quad F (31)$$

2.1. Kirişin z ağırlık sehîmi

Kirişin z ağırlık sehîmi tam yayılı yük altında klasik kiriş sehîmi olarak hesaplanır.

$$f_{Ki} = \frac{5 \cdot L_K^4 \cdot (q_K + q_{SP})}{384 \cdot E_{dyn} \cdot I_y} \quad F (32)$$

L_K	cm	Köprü ray açıklığı, hesapsal kiriş boyu,
q_K	kg/cm	Kirişin birim ağırlığı
q_{SP}	kg/cm	Servis platformu birim ağırlığı
E	kg/cm ²	Kiriş malzemesinin elastiklik modülü
I_y	cm ⁴	Kiriş profilinin y-y eksenine atalet momenti

2.1.1. Arabanın z ağırlık sehîmi

Arabanın z ağırlık sehîmi için iki eşit yükün klasik kiriş sehîmi olarak hesaplanır.

$$f_A = \frac{F_A \cdot L_{CA} \cdot (3 \cdot L_K^2 - 4 \cdot L_{CA}^2)}{96 \cdot E_{dyn} \cdot I_y} \quad F (33)$$

F_A	kg	Arabanın z ağırlığı
L_K	cm	Köprü ray açıklığı, hesapsal kiriş boyu,
L_{CA}	cm	Ortada araba tekerleği ile ray arası mesafesi
E_{dyn}	kg/cm ²	Kiriş malzemesinin elastiklik modülü
I_y	cm ⁴	Kiriş profilinin y-y eksenine atalet momenti

2.1.2. Yükün ağırlık sehîmi

Yükün ağırlık sehîmi iki eşit yükün klasik kiriş sehîmi olarak literatürden alınan formülle hesaplanır.

$$f_Y = \frac{F_Y \cdot L_{CA} \cdot (3 \cdot L_K^2 - 4 \cdot L_{CA}^2)}{96 \cdot E_{dyn} \cdot I_y} \quad F (34)$$

F_Y	kg	Yükün ağırlığı
L_K	cm	Köprü ray açıklığı, hesapsal kiriş boyu,
L_{CA}	cm	Ortada araba tekerleği ile ray arası mesafesi
E_{dyn}	kg/cm ²	Kiriş malzemesinin elastiklik modülü
I_y	cm ⁴	Kiriş profilinin y-y eksenine atalet momenti

2.1.3. Toplam sehim

$$f_{\text{top}} = f_{\text{Ki}} + f_{\text{A}} + f_{\text{Y}} \quad \text{F (35)}$$

f_{Ki}	cm	Kirişin öz ağırlık sehim
f_{A}	cm	Ceraskal ve arabanın öz ağırlık sehim
f_{Y}	cm	Yükün ağırlık sehim

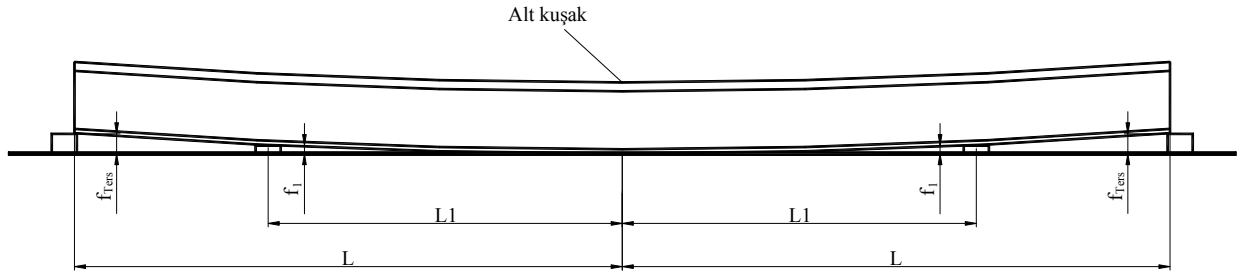
2.1.4. Ters sehim

$$f_{\text{Ters}} = f_{\text{Ki}} + f_{\text{A}} + 0,5 \cdot f_{\text{Y}} \quad \text{F (36)}$$

f_{Ki}	cm	Kirişin öz ağırlık sehim
f_{A}	cm	Ceraskal ve arabanın öz ağırlık sehim
f_{Y}	cm	Yükün ağırlık sehim

2.1.5. Kirişe ters sehim verilmesi

Kirişe ters sehim verilmesi Şekil 20 ile gösterilmiştir. Genelde kiriş ters olarak düz bir sahaya yatırılır. Hesaplanmış ters sehim ölçüsündeki takozlar kirişin iki ucuna yerleştirilir.



Şekil 20, Monoray kirişte ters sehim

Kirişin boyuna ve konstrüksiyonuna göre kiriş ortası düz sahaya düşecek şekilde sehim verilir. Eğer kiriş boyu arada destek istiyorsa ara takozların kalınlığı formül F (37) ile hesaplanır.

$$f_i = L_i \cdot f_{\text{Ters}} / L \quad \text{F (37)}$$

f_i	cm	Ara takozların kalınlığı
L_i	cm	Ara takozların mesafesi
f_{Ters}	cm	Kiriş ucunda verilecek ters sehim
L	cm	Kiriş boyunun yarısı

3. Özet ve öneriler

3.1. Çift kiriş vinçlerde özet

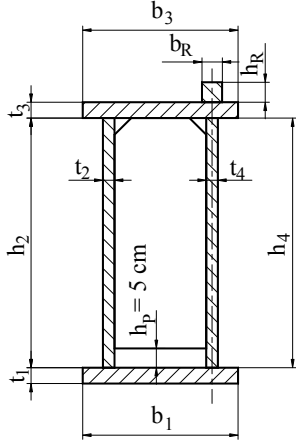
Tablo 2, Çift kiriş vinçlerde kiriş hesabının özeti

Tanım	Formül
Gerekli sehim	$f_{ger} = L_K / k_f$
Tekerlek kuvvetleri	$F_{TD} = 0,25 \cdot (\psi_K \cdot F_Y + \varphi_K \cdot F_A)$
Gerekli eylemsizlik momenti	$I_{yger} = \frac{F_{TD} \cdot (L_K - L_{TA})}{48 \cdot E \cdot f_{ger}} \cdot [3 \cdot L_K^2 - (L_K - L_{TA})^2]$
Hesaplanan sehim	$f_{hes} = \frac{F_{TD} \cdot (L_K - L_{TA})}{48 \cdot E \cdot I_y} \cdot [3 \cdot L_K^2 - (L_K - L_{TA})^2]$
Kirişin ağırlığından oluşan gerilim	$\sigma_1 = \frac{\varphi_K \cdot (q_K + q_P) \cdot L_K^2}{8 \cdot W_y}$
Arabanın toplam ağırlığından oluşan gerilim	$\sigma_2 = \frac{F_A}{32 \cdot L_K \cdot W_y} \cdot (2 \cdot L_K - L_{TA})^2$
Yükün ağırlığından oluşan gerilim	$\sigma_3 = \frac{F_Y}{32 \cdot L_K \cdot W_y} \cdot (2 \cdot L_K - L_{TA})^2$
Atalet kuvvetlerinden oluşan gerilim	$\sigma_4 = 0,075 \cdot \frac{L_K}{W_z} \cdot \left[\varphi_K \cdot (q_K + q_P) \cdot L_K + \frac{F_A}{2} \right]$
Araba kasılmasından oluşan gerilim	$\sigma_5 = \frac{0,05 \cdot L_{TA}}{W_z} \cdot (F_A + F_Y)$
Kirişteki normal eğilme gerilimi	$\sigma_{max} = k_B \cdot (\sigma_1 + \sigma_2 + \psi_K \cdot \sigma_3 + \sigma_4 + \sigma_5)$
Max ve min normal eğilme gerilimi	$\sigma_{min} = \sigma_1 + \sigma_2$
Kirişte burulma gerilimi	$\tau_t = \frac{(y_4 + 0,2 \cdot z_5) \cdot (F_A + F_Y)}{4 \cdot t_{min} \cdot (y_2 + y_4) \cdot (z_1 + z_3)}$
Kirişte kesme gerilimi	$\tau_k = \frac{\psi \cdot F_Y + k_B \cdot F_A}{4 \cdot t_2 \cdot h_2}$
Kirişte toplam kayma gerilimi	$\tau_{max} = \frac{\psi \cdot F_Y + k_B \cdot F_A}{4 \cdot t_2} \cdot \left[\frac{y_4 + 0,2 \cdot z_5}{(y_2 + y_4) \cdot (z_1 + z_3)} + \frac{1}{h_2} \right]$
Toplam karşılaştırma gerilimi	$\sigma_{kar} = \sqrt{\sigma_{max}^2 + 3 \cdot \tau_{max}^2}$

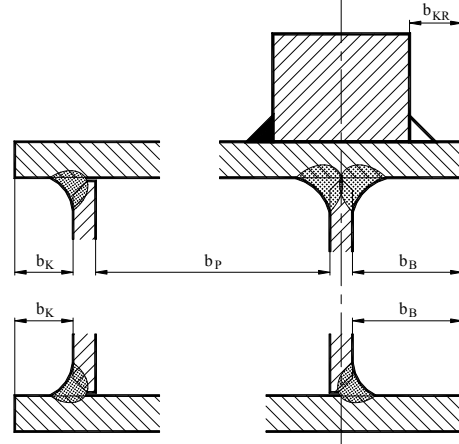
3.2. Çift kiriş vinçlerde öneriler

Kutu kiriş konstrüksiyonunda ve hesaplamalarında dikkat edilecek hususlar şunlardır;

Kaynak konstrüksiyonu hesaplarda dinamik karşılaştırma mukavemet değeri için önemlidir. Kutu kiriş kaynak konstrüksiyonunda önemli bağlantı ray altına bağlanan yan plaka kaynağıdır. Diğer köşe bağlantılarında normal köşe dikişi yapılır ve hesaplarda bağlantı şekli dikkate alınmaz.

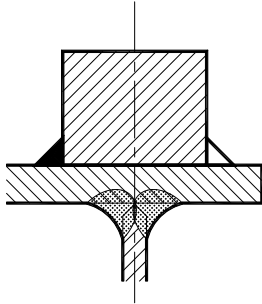


Şekil 21, Kutu kiriş, normal

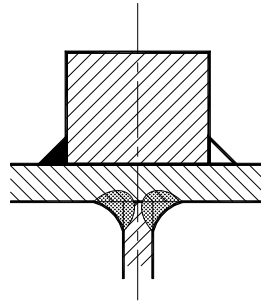


Şekil 22, Kutu kiriş kaynak bağlantıları

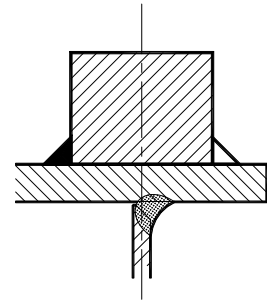
Kutu kiriş kaynak bağlantı varyantları



Şekil 23, Çentik grubu "K3"



Şekil 24, Çentik grubu "K4a"



Şekil 25, Çentik grubu "K4b"

Değişken mukavemet değeri

B 2 $\sigma_w = 1'800 \text{ kg/cm}^2$

B 3 $\sigma_w = 1'273 \text{ kg/cm}^2$

B 4 $\sigma_w = 900 \text{ kg/cm}^2$

B 5 $\sigma_w = 636 \text{ kg/cm}^2$

B 6 $\sigma_w = 450 \text{ kg/cm}^2$

Değişken mukavemet değeri

B 2 $\sigma_w = 1'080 \text{ kg/cm}^2$ Faktör $\approx 0,60$

B 3 $\sigma_w = 764 \text{ kg/cm}^2$ Faktör $\approx 0,60$

B 4 $\sigma_w = 540 \text{ kg/cm}^2$ Faktör $\approx 0,60$

B 5 $\sigma_w = 382 \text{ kg/cm}^2$ Faktör $\approx 0,60$

B 6 $\sigma_w = 270 \text{ kg/cm}^2$ Faktör $\approx 0,60$

Görüldüğü gibi çentik grubu "K3" ile "K4" arasındaki oran 0,6'dır. Fakat maliyette "K4a" yerine "K4b" konstrüksiyonu aşağı yukarı yarıya olur. Ama "K4b" ile "K3" kıyaslanırsa, maliyetin faktör 3 veya 4 olacağı kesindir.

Kutu kirişlerin plaka boyutları seçilirken dikkat edilecek hususlar şunlardır:

- Piyasadan temin edilebilecek sac ölçüleri:
Levha genişliği: 1 veya 1,5 m ve
levha kalınlıkları: 6, 8, 10 ve 12 mm (fazla kapitali depoya yatırmamak için)
- Minimum fire vermek için kirişte şu ana boyutlar kabul etmek ekonomik üretim yapmaktır.

Sac genişliği 1 adet 990 mm
1 metre için: 2 adet 490 mm
3 adet 290 mm

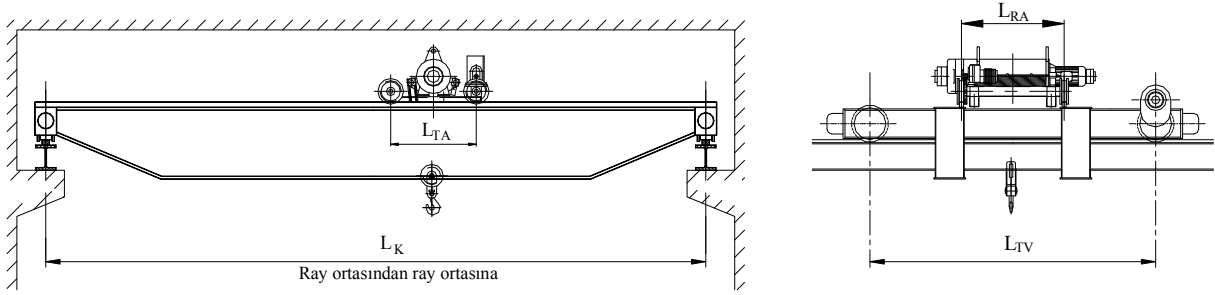
Sac genişliği 1 adet 1490 mm
1,5 metre için: 1'er adet 990 mm ve 490 mm
3 adet 490 mm
5 adet 290 mm

"41_08 Pratik öneriler" fasikülünde daha detaylı karşılaştırma ve öneriler verilmiştir.

4. Örnekler

4.1. Örnek 1, 6tx15m Gezer köprü vinci

6tx15m Gezer köprü vinci bilinen değerleri ve kabuller aşağıda verilmiştir.



Şekil 26, Çift kirişli gezer köprü vinci

1.	Vincin çalıştığı yer ve saat	*)1	
2.	Vincin kaldırma kapasitesi	$F_Y =$	6 t
3.	Kaldırma hızı	$v_K =$	8 m/dak
4.	Kaldırma yüksekliği	$H =$	10 m
5.	Vincin ray açıklığı, kiriş boyu	$L_K =$	15 m
6.	Köprü yürüme hızı	$v_V =$	25 m/dak
7.	Arabanın ağırlığı	$G_A =$	1700 kg
8.	Araba yürüme hızı	$v_A =$	15 m/dak
9.	Araba tekerlek aks açıklığı	$L_{AT} =$	1,2 m
10.	Araba tekerlek sayısı	$n_{Tek} =$	4 1
11.	Sehim oranı katsayısı	$k_f =$	1000 1
12.	Vincin yükleme hali	*)2	$Y_{üHa} =$ H
13.	Vincin kaldırma sınıfı DIN 15018	*)1	$Ka_{S1} =$ H2
14.	Vincin yükleme grubu DIN 15018	*)1, *)3	$Y_{üGr} =$ B3
15.	Vincin tahrik grubu DIN 15020	*)4	$Ta_{Gr} =$ 2m
16.	Araba tekerlek ray açıklığı	$L_{AR} =$	2 m
17.	Yükün raya en yakın mesafesi	$L_{Fmin} =$	1,5 m
18.	Kirişin çentik grubu	*)5	$\checkmark_{eGr} =$ K3 *)1

***)1** Kapalı atölyede çalışacak vinç. Seyrek kullanılmalı uzun molalı işletme. Bak "*Çelik Konstrüksiyona Genel Giriş*" Sayfa 5, Tablo 6,

***)2** Kapalı binada rüzgar etkisi olmadan çalışan işletme. Bak "*Çelik Konstrüksiyona Genel Giriş*" Sayfa 3, Paragraf 1.3,

***)3** Devamlı fakat molalı işletme. Hafif derecede yüklenme, max yük seyrek . Bak "*Çelik Konstrüksiyona Genel Giriş*" Sayfa 4, Tablo 5,

***)4** Devamlı küçük yükler. Nadiren orta ve max yükler. Ortalama günlük çalışma saati 4 ile 8 saat. Bak "*Çelik Konstrüksiyona Genel Giriş*" Sayfa 6, Tablo 9.

***)5** Vincin çentik grubunu önce "K3" kabul edip hesabımızı yapalım. Duruma göre kaynak bağlantısını değiştiririz. Bak "*Çelik Konstrüksiyona Genel Giriş*" Sayfa 7, Tablo 10.

Özel şartlar: Normal atölye vinci. Çimento tozu, tuzlu rutubet, asit ve yanıcı madde içerikli hava, ve benzeri kötü etki edecek çevre durumu yok.

Burada 41_01 Monoray kiriş dosyasında verilen konstrüksiyon önerilerini hatırlayalım;

Örnek 1, 6tx15m Gezer köprü vincinin kiriş hesabı

Gerekli sehim $f_{ger} := \frac{1}{1000} \cdot L_K$ $f_{ger} = 15 \cdot \text{mm}$

Dinamik katsayısı $\psi_K := 1.2 + 0.0044 \cdot \text{min} \cdot \text{m}^{-1} \cdot v_H$ $\psi_K = 1.235$

Öz ağırlık katsayısı $\phi_K := 1.1$

Malzemenin mukavemet değerleri

Malzeme

Malzeme := "St 37"

Kopma mukavemeti

$$R_m := 3400 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

Akma mukavemeti

$$R_e := 2350 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

Elastiklik modülü

$$E_{dyn} := 2.1 \cdot 10^6 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

Poisson sayısı

$$\nu_{St} := 0.3$$

Özgül ağırlığı

$$\rho_{St} := 7850 \cdot \text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

Statik değerler, I. Hal için :

çeki

$$\sigma_{StçEM} := 1600 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

bası

$$\sigma_{StbEM} := 1400 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

kayma

$$\tau_{StEM} := 920 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

Hesap için gerekli tekerlek kuvveti

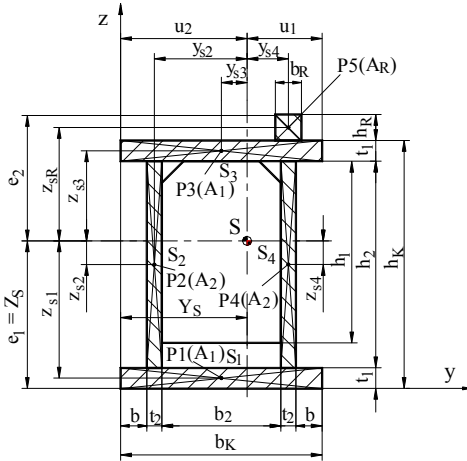
Bir tekerleğin kuvveti $F_{TD} := \frac{\psi_K \cdot F_Y + \phi_K \cdot F_A}{n_{Tek}}$ $F_{TD} = 2320 \text{kg}$

Gerekli atalet momenti

$$J_{yger} := \frac{F_{TD} \cdot (L_K - L_{TA})}{48 \cdot E_{dyn} \cdot f_{ger}} \cdot [3 \cdot L_K^2 - (L_K - L_{TA})^2]$$

$$J_{yger} = 102617 \cdot \text{cm}^4$$

Bu değere göre kutu kiriş boyutlarını seçelim.



Şekil 27, Kutu kiriş ölçüleri

Yan plaka yükseliği, 1,5 m den iki adet almak için

$$h_2 := 740 \cdot \text{mm} \quad h_4 := h_2$$

Yan plaka kalınlığı

$$t_{2x} := h_2 \cdot 125^{-1} \quad t_{2x} = 5.9 \cdot \text{mm}$$

$$t_2 := 6 \cdot \text{mm} \quad t_4 := t_2$$

Alt ve üst kuşak genişliği, 1,5 m den üç adet almak için

$$b_1 := 290 \cdot \text{mm} \quad b_3 := b_1$$

Üst ve alt kuşak kalınlığı

$$t_{3x} := 1.2 \cdot t_2 \quad t_{3x} = 6 \cdot \text{mm}$$

$$t_1 := 6 \cdot \text{mm} \quad t_3 := t_1$$

Ray ölçüleri

$$h_R := 40 \cdot \text{mm} \quad b_R := 40 \cdot \text{mm}$$

Perde yüksekliği

$$h_{Per} := h_2 - 50 \cdot \text{mm} \quad h_{Per} = 690 \cdot \text{mm}$$

Konsolu genişliği

$$b_B := 30 \cdot \text{mm}$$

Perde eni $b_{Per} := b_1 - 2 \cdot b_B - t_2 - t_4$

$$b_{Per} = 218 \cdot \text{mm}$$

Perde aralığı

$$L_{Pe} := 2 \cdot \text{m}$$

Perde kalınlığı

$$t_{Per} = 6 \cdot \text{mm}$$

Z eksen üst kuşak alt kenarı

$$h_Z := h_2 + t_1$$

$$h_Z = 74.6 \cdot \text{cm}$$

Kirişin hesapsal yüksekliği

$$h_K := 2 \cdot t_1 + h_2 + h_R$$

$$h_K = 792 \cdot \text{mm}$$

Parçaların ve sistemin alanı:

$$A_1 := b_1 \cdot t_1$$

$$A_1 = 17 \cdot \text{cm}^2$$

$$A_2 := h_2 \cdot t_2$$

$$A_2 = 44 \cdot \text{cm}^2$$

$$A_3 := b_3 \cdot t_3$$

$$A_3 = 17 \cdot \text{cm}^2$$

$$A_4 := h_4 \cdot t_4$$

$$A_4 = 44 \cdot \text{cm}^2$$

$$A_R := h_R \cdot b_R$$

$$A_R = 16 \cdot \text{cm}^2$$

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

$$A_{\text{top}} = 139.6 \cdot \text{cm}^2$$

Parçaların ağırlık merkezlerinin koordinatları:

$$Y_1 := 0.5 \cdot b_1$$

$$Y_1 = 14.5 \cdot \text{cm}$$

$$Z_1 := 0.5 \cdot t_1$$

$$Z_1 = 0.3 \cdot \text{cm}$$

$$Y_2 := b_B + 0.5 \cdot t_2$$

$$Y_2 = 3.3 \cdot \text{cm}$$

$$Z_2 := t_1 + 0.5 \cdot h_2$$

$$Z_2 = 37.6 \cdot \text{cm}$$

$$Y_3 := 0.5 \cdot b_3$$

$$Y_3 = 14.5 \cdot \text{cm}$$

$$Z_3 := t_1 + 0.5 \cdot t_3 + h_2$$

$$Z_3 = 74.9 \cdot \text{cm}$$

$$Y_4 := b_3 - b_B - 0.5 \cdot t_2$$

$$Y_4 = 25.7 \cdot \text{cm}$$

$$Z_4 := t_1 + 0.5 h_2$$

$$Z_4 = 37.6 \cdot \text{cm}$$

$$Y_R := b_3 - b_B - 0.5 \cdot t_4$$

$$Y_R = 25.7 \cdot \text{cm}$$

$$Z_R := t_1 + t_3 + h_2 + 0.5 \cdot h_R$$

$$Z_R = 77.2 \cdot \text{cm}$$

Ağırlık merkezi koordinatları Y_S ve Z_S

$$Y_S := \frac{Y_1 \cdot A_1 + Y_2 \cdot A_2 + Y_3 \cdot A_3 + Y_4 \cdot A_4 + Y_R \cdot A_R}{A_{\text{top}}}$$

$$Y_S = 15.78 \cdot \text{cm}$$

$$Z_S := \frac{Z_1 \cdot A_1 + Z_2 \cdot A_2 + Z_3 \cdot A_3 + Z_4 \cdot A_4 + Z_R \cdot A_R}{A_{\text{top}}}$$

$$Z_S = 42.14 \cdot \text{cm}$$

Parçaların ağırlık merkezine uzaklıkları

$$Y_{S1} := Y_S - Y_1$$

$$Y_{S1} = 1.3 \cdot \text{cm}$$

$$Z_{S1} := Z_S - Z_1$$

$$Z_{S1} = 41.8 \cdot \text{cm}$$

$$Y_{S2} := Y_S - Y_2$$

$$Y_{S2} = 12.5 \cdot \text{cm}$$

$$Z_{S2} := Z_S - Z_2$$

$$Z_{S2} = 4.5 \cdot \text{cm}$$

$$Y_{S3} := Y_S - Y_3$$

$$Y_{S3} = 1.3 \cdot \text{cm}$$

$$Z_{S3} := Z_S - Z_3$$

$$Z_{S3} = 32.8 \cdot \text{cm}$$

$$Y_{S4} := Y_S - Y_4$$

$$Y_{S4} = 9.92 \cdot \text{cm}$$

$$Z_{S4} := Z_S - Z_4$$

$$Z_{S4} = 4.54 \cdot \text{cm}$$

$$Y_{SR} := Y_S - Y_R$$

$$Y_{SR} = 9.92 \cdot \text{cm}$$

$$Z_{SR} := Z_S - Z_R$$

$$Z_{SR} = 35.06 \cdot \text{cm}$$

Parçaların kendi atalet momentleri

$$I_{1Y} := \frac{b_1 \cdot t_1^3}{12}$$

$$I_{1Y} = 0.52 \cdot \text{cm}^4$$

$$I_{2Y} := \frac{t_2 \cdot h_2^3}{12}$$

$$I_{2Y} = 20261 \cdot \text{cm}^4$$

$$I_{3Y} := \frac{b_1 \cdot t_3^3}{12}$$

$$I_{3Y} = 0.52 \cdot \text{cm}^4$$

$$I_{4Y} := \frac{t_4 \cdot h_4^3}{12}$$

$$I_{4Y} = 20261 \cdot \text{cm}^4$$

$$I_{RY} := \frac{b_R \cdot h_R^3}{12}$$

$$I_{RY} = 21.33 \cdot \text{cm}^4$$

$$I_{RZ} := \frac{h_R \cdot b_R^3}{12}$$

$$I_{RZ} = 21.3 \cdot \text{cm}^4$$

$$I_{1Z} := \frac{t_1 \cdot b_1^3}{12}$$

$$I_{1Z} = 1219 \cdot \text{cm}^4$$

$$I_{2Z} := \frac{h_2 \cdot t_2^3}{12}$$

$$I_{2Z} = 1.33 \cdot \text{cm}^4$$

$$I_{3Z} := \frac{t_3 \cdot b_1^3}{12}$$

$$I_{3Z} = 1219 \cdot \text{cm}^4$$

$$I_{4Z} := \frac{h_4 \cdot t_4^3}{12}$$

$$I_{4Z} = 1.33 \cdot \text{cm}^4$$

Kirişin atalet momentleri

$$I_{Y1} := I_{1Y} + I_{2Y} + I_{3Y} + I_{4Y} + I_{RY}$$

$$I_{Y1} = 40545 \cdot \text{cm}^4$$

$$I_{Y2} := Z_{S1}^2 \cdot A_1 + Z_{S2}^2 \cdot A_2 + Z_{S3}^2 \cdot A_3 + Z_{S4}^2 \cdot A_4 + Z_{SR}^2 \cdot A_R$$

$$I_{Y2} = 70632 \cdot \text{cm}^4$$

Kirişin y-y eksenine atalet momenti

$$I_Y := I_{Y1} + I_{Y2}$$

$$I_Y = 111177 \cdot \text{cm}^4$$

Kirişin y-y ekseninde gerekli atalet momenti

$$J_{yger} = 102617 \cdot \text{cm}^4$$

$$I_{Z1} := I_{1Z} + I_{2Z} + I_{3Z} + I_{4Z} + I_{RZ}$$

$$I_{Z1} = 2463 \cdot \text{cm}^4$$

$$I_{Z2} := Y_{S1}^2 \cdot A_1 + Y_{S2}^2 \cdot A_2 + Y_{S3}^2 \cdot A_3 + Y_{S4}^2 \cdot A_4 + Y_{SR}^2 \cdot A_R \quad I_{Z2} = 12916 \cdot \text{cm}^4$$

$$\text{Kirişin z-z eksenini atalet momenti} \quad I_Z := I_{Z1} + I_{Z2} \quad I_Z = 15379 \cdot \text{cm}^4$$

Atalet dairesi yarı çapı

$$u_1 := Y_S \quad u_1 = 157.8 \cdot \text{mm} \quad e_1 := Z_S \quad e_1 = 42.1 \cdot \text{cm}$$

$$u_2 := b_3 - Y_S \quad u_2 = 132.2 \cdot \text{mm} \quad e_2 := h_K - e_1 \quad e_2 = 37.1 \cdot \text{cm}$$

$$u_{\max} = 15.8 \cdot \text{cm} \quad e_{\max} = 42.1 \cdot \text{cm}$$

Kirişin y-y eksenini karşı koyma momenti

$$W_y := \frac{I_y}{e_{\max}} \quad W_y = 2638 \cdot \text{cm}^3$$

Kirişin z-z eksenini karşı koyma momenti

$$W_z := \frac{I_z}{u_{\max}} \quad W_z = 974 \cdot \text{cm}^3$$

Sehim kontrolü:

İşletmede hesaplanan hakiki sehim

$$f_{\text{Hes}} := \frac{F_{TD} \cdot (L_K - L_{TA})}{48 \cdot E_{\text{dyn}} \cdot I_y} \cdot [3 \cdot L_K^2 - (L_K - L_{TA})^2] \quad f_{\text{Hes}} = 13.8 \cdot \text{mm}$$

Gerekli sehim

$$f_{\text{ger}} = 15 \cdot \text{mm}$$

Hakiki sehim oranı

$$S_{fL} := L_K \cdot f_{\text{Hes}}^{-1} \quad S_{fL} = 1083$$

İstenilen sehim oranı

$$k_f = 1'000$$

Hesaplanan sehim gerekli sehimden küçük olduğundan fonksiyon için yeterlidir.**Kirişin birim ağırlığı "q_K"**

Toleranslardan doğan farklılık oranı

$$k_{KrTol} := 1.03$$

$$G_{\text{Per}} := h_{\text{Per}} \cdot b_{\text{Per}} \cdot t_{\text{Per}} \cdot \rho_{\text{St}} \quad G_{\text{Per}} = 7.1 \cdot \text{kg}$$

$$q_{K1} := A_{\text{top}} \cdot \rho_{\text{St}} \quad q_{K1} = 110 \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{kg}$$

$$q_{K1} = 110 \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{kg}$$

Kirişin birim ağırlığı "q_K":

$$q_K := q_{K1} + G_{\text{Per}} \cdot L_{\text{Pe}}^{-1} \quad q_K = 113 \cdot \text{kg} \cdot \text{m}^{-1}$$

$$q_K = 113 \cdot \text{kg} \cdot \text{m}^{-1}$$

Kirişin toplam ağırlığı "G_{K1top}"

$$G_{K1top} := q_K \cdot L_K \cdot k_{KrTol} \quad G_{K1top} = 113.13 \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{kg}$$

$$q_K = 113.13 \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{kg}$$

Servis Platformu birim ağırlığı

$$q_{\text{SP}} := 40 \cdot \text{kg} \cdot \text{m}^{-1}$$

Mukavemet kontrolü:**Kirisinin öz ağırlığından oluşan gerilim "σ₁"**

$$\text{Kirisinin öz ağırlık momenti} \quad M_1 := \frac{\varphi_K \cdot (q_K + q_{\text{SP}}) \cdot L_K^2}{8} \quad M_1 = 473741 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}$$

Öz ağırlık gerilimi

$$\sigma_1 := \frac{M_1}{W_Y} \quad \sigma_1 = 180 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

Ceraskal ve Arabanın ağırlığından oluşan gerilim "σ₂"

$$\text{Arabanın ağırlık momenti} \quad M_2 := \frac{F_A}{32 \cdot L_K} \cdot (2 \cdot L_K - L_{TA})^2 \quad M_2 = 293760 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}$$

Arabanın ağırlık gerilimi

$$\sigma_2 := \frac{M_2}{W_Y} \quad \sigma_2 = 111 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

Yükün ağırlığından oluşan gerilim "σ₃"

$$\text{Yük ağırlık momenti} \quad M_3 := \frac{F_Y}{32 \cdot L_K} \cdot (2 \cdot L_K - L_{TA})^2 \quad M_3 = 1036800 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}$$

Yük ağırlık gerilimi

$$\sigma_3 := \frac{M_3}{W_Y} \quad \sigma_3 = 393 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

Atalet kuvvetlerinden oluşan gerilim " σ_4 "

$$\text{Atalet momenti} \quad M_4 := 0.075 \cdot L_K \cdot \left[(q_K + q_{SP}) \cdot L_K + \frac{F_A}{2} \right] \quad M_4 = 354029 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}$$

$$\text{Atalet gerilimi} \quad \sigma_4 := \frac{M_4}{W_Z} \quad \sigma_4 = 363 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

Araba kasılmasından oluşan gerilim " σ_5 "

$$\text{Araba kasılması momenti} \quad M_5 := 0.05 \cdot L_{TA} \cdot (F_A + F_Y) \quad M_5 = 46200.0 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}$$

$$\text{Araba kasılması gerilimi} \quad \sigma_5 := \frac{M_5}{W_Z} \quad \sigma_5 = 47.4 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

H - Hali için vinç kirişindeki normal gerilmeler σ_{egI} ve σ_{min}

Yükleme grubu katsayısı " k_B " Yükleme grubu B3 için

$$k_B := 1.05$$

$$\text{max normal gerilme } \sigma_{\max} \quad \sigma_{\max} := k_B \cdot (\sigma_1 + \sigma_2 + \psi_K \cdot \sigma_3 + \sigma_4 + \sigma_5) \quad \sigma_{\max} = 1246 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

$$\text{Min normal gerilme} \quad \sigma_{\min} := \sigma_1 + \sigma_2 \quad \sigma_{\min} = 291 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

$$\text{Genel sınır değerler oranı} \quad \kappa_{2hes} := \frac{\sigma_{\min}}{\sigma_{\max}} \quad \kappa_{2hes} = 0.23$$

Kirişteki kayma gerilmesi " τ_{\max} "

$$\text{Kirişte torsiyon momenti} \quad M_t := \frac{\psi_K \cdot F_Y + k_B \cdot F_A}{2} \cdot Y_{S4} \quad M_t = 456 \text{ m} \cdot \text{kg}$$

$$\text{Bret'e göre ortalama torsiyon alanı} \quad A_{Or} := (Y_{S2} + Y_{S4}) \cdot (Z_{S3} + Z_{S1}) \quad A_{Or} = 1671 \cdot \text{cm}^2$$

$$\tau_{\max} := \frac{(\psi_K \cdot F_Y + k_B \cdot F_A)}{4 \cdot t_2} \cdot \left[\frac{Y_{S4} + 0.2 \cdot Z_{SR}}{(Y_{S2} + Y_{S4}) \cdot (Z_{S1} + Z_{S3})} + \frac{1}{h_2} \right] \quad \tau_{\max} = 90.6 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

Statik kontrol

$$\sigma_{kar} := \sqrt{\sigma_{\max}^2 + 3 \cdot \tau_{\max}^2}$$

$$\sigma_{kar} = 1256 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2} \quad . <$$

$$\sigma_{kar} = 1256 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

$$\sigma_{St\check{c}EM} = 1600 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

$$\frac{\sigma_{St\check{c}EM}}{\sigma_{kar}} = 1.274 > 1 \cdot i \cdot O \cdot$$

Dinamik kontrol**FEM e göre dinamik değişken mukavemet değeri:**

Sınır değerler oranı

Yükleme grubu $Y_{Gr} = "B3"$ ve $\check{C}e_{Gr} = "K3"$ için

$$\kappa_{2hes} = 0.23$$

$$\sigma_W := 1273 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

$\kappa_0 := 0$ için değişken mukavemet değeri $\sigma_{D\check{c}EM0} := \frac{5}{3} \cdot \sigma_W$

$$\sigma_{D\check{c}EM0} = 2122 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

$$\kappa_{2hes} = 0.23 \quad \text{için} \quad \sigma_{D\check{c}EM2} := \frac{\sigma_{D\check{c}EM0}}{1 - \left(1 - \frac{\sigma_{D\check{c}EM0}}{0.75 \cdot R_m} \right) \cdot \kappa_{2hes}}$$

$$\sigma_{D\check{c}EM2} = 2208 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

Emniyet katsayısı

$$\frac{\sigma_{D\check{c}EM2}}{\sigma_{kar}} = 1.758 > 1 \cdot i \cdot O \cdot$$

Önerilerde belirtildiği gibi burada Çentik grubunu "K4a veya K4b" olarak kabul edip kontrolümüzü yapalım ve sonucu görelim:

Sınır değerler oranı

Yükleme grubu	Yü _{Gr} = "B3"	ve	Çe _{Gr} = "K4"	için	$\kappa_{2hes} = 0.23$
$\kappa_0 := 0$	için değişken mukavemet değeri			$\sigma_{D\check{C}EM04} := \frac{5}{3} \cdot \sigma_{W4}$	$\sigma_{W4} := 764 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$
					$\sigma_{D\check{C}EM04} = 1273 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$
$\kappa_{2hes} = 0.23$	için			$\sigma_{D\check{C}EM24} := \frac{\sigma_{D\check{C}EM04}}{1 - \left(1 - \frac{\sigma_{D\check{C}EM04}}{0.75 \cdot R_m}\right) \cdot \kappa_{2hes}}$	$\sigma_{D\check{C}EM24} = 1442 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$
	Emniyet katsayısı				$\frac{\sigma_{D\check{C}EM24}}{\sigma_{kar}} = 1.148 > 1 \cdot i \cdot O \cdot$

Görüldüğü gibi Çentik grubunu K4 almamıza rağmen emniyet katsayısı 1 den büyüktür.

Emniyet katsayıları 1 den büyük olduğundan kiriş fonksiyonunu yapar. Fakat üst kuşak ile yan plakanın buruşması kontrol edilmelidir.

Ters sehim

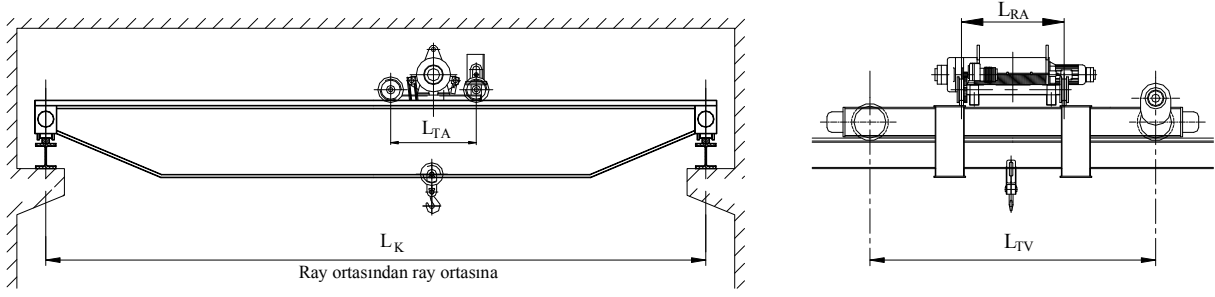
Yan boşluk değeri	$L_{CA} := 0.5 \cdot (L_K - L_{TA})$	$L_{CA} = 6.9 \text{ m}$
Kirişin öz ağırlık sehimi	$f_{Ki} := \frac{5 \cdot L_K^4 \cdot (q_K + q_{SP})}{384 \cdot E_{dyn} \cdot I_Y}$	$f_{Ki} = 4.3 \cdot \text{mm}$
Arabanın ağırlığından oluşan tekerlek yükü	$F_{ATek} := 0.25 \cdot F_A$	$F_{ATek} = 425 \text{ kg}$
Arabanın ağırlık sehimi	$f_A := \frac{F_{ATek} \cdot L_{CA} \cdot (3 \cdot L_K^2 - 4 \cdot L_{CA}^2)}{24 \cdot E_{dyn} \cdot I_Y}$	$f_A = 0.25 \cdot \text{cm}$
Yükten oluşan tekerlek yükü	$F_{YTek} := 0.25 \cdot F_Y$	$F_{YTek} = 1500 \text{ kg}$
Yükün sehimi	$f_Y := \frac{F_{YTek} \cdot L_{CA} \cdot (3 \cdot L_K^2 - 4 \cdot L_{CA}^2)}{24 \cdot E_{dyn} \cdot I_Y}$	$f_Y = 9.0 \cdot \text{mm}$
Toplam Sehimi	$f_{Top} := f_{Ki} + f_A + f_Y$	$f_{Top} = 1.6 \cdot \text{cm}$
Ters sehimi	$f_{Ters} := f_{Ki} + f_A + 0.5f_Y$	$f_{Ters} = 11 \cdot \text{mm}$

Kiriş ortasına f_{Ters} kadar ters sehim verilir. Konstrüksiyona göre ters sehim uçlara doğru orantılı verilir.

Üst kuşak ile yan plakanın DIN 18800 ve DIN 4114 e göre yapılan hesaplarında konstrüksiyonun bozulmayacağı ve buruşma olmayacağı görülmüştür. Bak 41_03 Kirişte Buruşma, 4.5 Örnek 5, 6tx15m, Çift kiriş, Kutu kiriş.

4.2. Örnek 2, 50tx25m Gezer köprü vinci

50tx25m Gezer köprü vinci bilinen değerleri ve kabuller aşağıda verilmiştir.



Şekil 28, Çift kirişli gezer köprü vinci

1.	Vincin çalıştığı yer ve saat	*)1	
2.	Vincin kaldırma kapasitesi		$F_Y = 50$ t
3.	Kaldırma hızı		$v_K = 3$ m/dak
4.	Kaldırma yüksekliği		$H = 8$ m
5.	Vincin ray açıklığı, kiriş boyu		$L_K = 25$ m
6.	Köprü yürüme hızı		$v_V = 15$ m/dak
7.	Arabanın ağırlığı		$G_A = 6000$ kg
8.	Araba yürüme hızı		$v_A = 15$ m/dak
9.	Araba tekerlek aks açıklığı		$L_{AT} = 2,5$ m
10.	Araba tekerlek sayısı		$n_{Tek} = 4$ 1
11.	Şahim oranı katsayısı		$k_f = 1000$ 1
12.	Vincin yükleme hali	*)2	$Y_{üHa} = H$
13.	Vincin kaldırma sınıfı DIN 15018	*)1	$Ka_{S1} = H2$
14.	Vincin yükleme grubu DIN 15018	*)1, *)3	$Y_{üGr} = B3$
15.	Vincin tahrik grubu DIN 15020	*)4	$Ta_{Gr} = 1mA$
16.	Araba tekerlek ray açıklığı		$L_{AR} = 2$ m
17.	Yükün raya en yakın mesafesi		$L_{Fmin} = 2,5$ m
18.	Çentik grubu	*)5	$Çe_{Gr} = K3$

***)1** Santralin makina binasında çalışacak vinç. Seyrek kullanılmalı uzun molalı işletme. Bak "*Çelik Konstrüksiyona Genel Giriş*" Sayfa 5, Tablo 6,

***)2** Kapalı binada rüzgar etkisi olmadan çalışan işletme. Bak "*Çelik Konstrüksiyona Genel Giriş*" Sayfa 3, Paragraf 1.3,

***)3** Seyrek kullanılmalı uzun molalı işletme. Orta derecede yüklenme. Bak "*Çelik Konstrüksiyona Genel Giriş*" Sayfa 4, Tablo 5,

***)4** Hemen hemen devamlı tam yük. Ortalama günlük çalışma saati 0,5 ile 1 saat. Bak "*Çelik Konstrüksiyona Genel Giriş*" Sayfa 6, Tablo 9.

***)5** Vincin çentik grubunu önce "K3" kabul edip hesabımızı yapalım. Duruma göre kaynak bağlantısını değiştiririz. Bak "*Çelik Konstrüksiyona Genel Giriş*" Sayfa 7, Tablo 10.

Özel şartlar: Çimento tozu, tuzlu rutubet, asit ve yanıcı madde içerikli hava, ve benzeri kötü etki edecek çevre durumu yok.

Örnek 2, 50tx25m Gezer köprü vincinin kiriş hesabı

Gerekli sehim $f_{ger} := \frac{1}{1000} \cdot L_K$ $f_{ger} = 30 \cdot \text{mm}$

Dinamik katsayısı $\psi_K := 1.2 + 0.0044 \cdot \text{min} \cdot \text{m}^{-1} \cdot v_H$ $\psi_K = 1.213$

Öz ağırlık katsayısı $\phi_K := 1.1$

Malzemenin mukavemet değerleri

Malzeme

Malzeme := "St 37"

Kopma mukavemeti

$R_m := 3400 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$

Akma mukavemeti

$R_e := 2350 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$

Elastiklik modülü

$E_{dyn} := 2.1 \cdot 10^6 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$

Poisson sayısı

$\nu_{St} := 0.3$

Özgül ağırlığı

$\rho_{St} := 7850 \cdot \text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$

Statik değerler, I. Hal için :

çeki

$\sigma_{StçEM} := 1600 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$

bası

$\sigma_{StbEM} := 1400 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$

kayma

$\tau_{StEM} := 920 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$

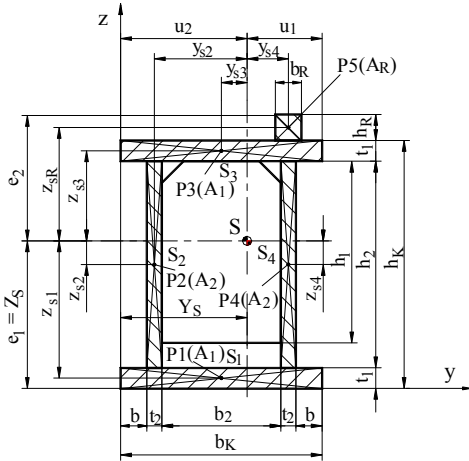
Hesap için gerekli tekerlek kuvveti

Bir tekerleğin kuvveti $F_{TD} := \frac{\psi_K \cdot F_Y + \phi_K \cdot F_A}{n_{Tek}}$ $F_{Tek} = 16815 \text{kg}$

Gerekli atalet momenti

$J_{yger} := \frac{F_{TD} \cdot (L_K - L_{TA})}{48 \cdot E_{dyn} \cdot f_{ger}} \cdot [3 \cdot L_K^2 - (L_K - L_{TA})^2]$ $J_{yger} = 2054958 \cdot \text{cm}^4$

Bu değere göre kutu kiriş boyutlarını seçelim.



Şekil 29, Kutu kiriş ölçüleri

Yan plaka yükseliği, 1,5 m den bir adet almak için

$h_2 := 1490 \cdot \text{mm}$ $h_4 := h_2$

Yan plaka kalınlığı

$t_{2x} := h_2 \cdot 125^{-1}$ $t_{2x} = 11.9 \cdot \text{mm}$

$t_2 := 12 \cdot \text{mm}$ $t_4 := t_2$

Alt ve üst kuşak genişliği, 1,5 m den iki adet almak için

$b_1 := 740 \cdot \text{mm}$ $b_3 := b_1$

Üst ve alt kuşak kalınlığı

$t_{3x} := 1.2 \cdot t_2$ $t_{3x} = 18 \cdot \text{mm}$

$t_1 := 15 \cdot \text{mm}$ $t_3 := t_1$

Ray ölçüleri

$h_R := 60 \cdot \text{mm}$ $b_R := 60 \cdot \text{mm}$

Perde yüksekliği

$h_{Per} := h_2 - 50 \cdot \text{mm}$ $h_{Per} = 1440 \cdot \text{mm}$

Konsolu genişliği

$b_B := 40 \cdot \text{mm}$

Perde eni $b_{Per} := b_1 - 2 \cdot b_B - t_2 - t_4$ $b_{Per} = 636 \cdot \text{mm}$

Perde aralığı $L_{Pe} := 2 \cdot \text{m}$

Perde kalınlığı $t_{Per} := t_2$ $t_{Per} = 12 \cdot \text{mm}$

Z eksen üst kuşak alt kenarı $h_Z := h_2 + t_1$ $h_Z = 150.5 \cdot \text{cm}$

Kirişin hesapsal yüksekliği $h_K := 2 \cdot t_1 + h_2 + h_R$ $h_K = 1580 \cdot \text{mm}$

Parçaların ve sistemin alanı:

$$A_1 := b_1 \cdot t_1 \quad A_1 = 111 \cdot \text{cm}^2 \quad A_2 := h_2 \cdot t_2 \quad A_2 = 179 \cdot \text{cm}^2$$

$$A_3 := b_3 \cdot t_3 \quad A_3 = 111 \cdot \text{cm}^2 \quad A_4 := h_4 \cdot t_4 \quad A_4 = 179 \cdot \text{cm}^2$$

$$A_R := h_R \cdot b_R \quad A_R = 36 \cdot \text{cm}^2$$

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

$$A_{\text{top}} = 615.6 \cdot \text{cm}^2$$

Parçaların ağırlık merkezlerinin koordinatları:

$$Y_1 := 0.5 \cdot b_1 \quad Y_1 = 37 \cdot \text{cm} \quad Z_1 := 0.5 \cdot t_1 \quad Z_1 = 0.75 \cdot \text{cm}$$

$$Y_2 := b_B + 0.5 \cdot t_2 \quad Y_2 = 4.6 \cdot \text{cm} \quad Z_2 := t_1 + 0.5 \cdot h_2 \quad Z_2 = 76 \cdot \text{cm}$$

$$Y_3 := 0.5 \cdot b_3 \quad Y_3 = 37 \cdot \text{cm} \quad Z_3 := t_1 + 0.5 \cdot t_3 + h_2 \quad Z_3 = 151.25 \cdot \text{cm}$$

$$Y_4 := b_3 - b_B - 0.5 \cdot t_2 \quad Y_4 = 69.4 \cdot \text{cm} \quad Z_4 := t_1 + 0.5 \cdot h_2 \quad Z_4 = 76 \cdot \text{cm}$$

$$Y_R := b_3 - b_B - 0.5 \cdot t_4 \quad Y_R = 69.4 \cdot \text{cm} \quad Z_R := t_1 + t_3 + h_2 + 0.5 \cdot h_R \quad Z_R = 155 \cdot \text{cm}$$

Ağırlık merkezi koordinatları Y_S ve Z_S

$$Y_S := \frac{Y_1 \cdot A_1 + Y_2 \cdot A_2 + Y_3 \cdot A_3 + Y_4 \cdot A_4 + Y_R \cdot A_R}{A_{\text{top}}}$$

$$Y_S = 38.89 \cdot \text{cm}$$

$$Z_S := \frac{Z_1 \cdot A_1 + Z_2 \cdot A_2 + Z_3 \cdot A_3 + Z_4 \cdot A_4 + Z_R \cdot A_R}{A_{\text{top}}}$$

$$Z_S = 80.62 \cdot \text{cm}$$

Parçaların ağırlık merkezine uzaklıkları

$$Y_{S1} := Y_S - Y_1 \quad Y_{S1} = 1.9 \cdot \text{cm} \quad Z_{S1} := Z_S - Z_1 \quad Z_{S1} = 79.9 \cdot \text{cm}$$

$$Y_{S2} := Y_S - Y_2 \quad Y_{S2} = 34.3 \cdot \text{cm} \quad Z_{S2} := Z_S - Z_2 \quad Z_{S2} = 4.6 \cdot \text{cm}$$

$$Y_{S3} := Y_S - Y_3 \quad Y_{S3} = 1.9 \cdot \text{cm} \quad Z_{S3} := Z_S - Z_3 \quad Z_{S3} = 70.6 \cdot \text{cm}$$

$$Y_{S4} := Y_S - Y_4 \quad Y_{S4} = 30.51 \cdot \text{cm} \quad Z_{S4} := Z_S - Z_4 \quad Z_{S4} = 4.62 \cdot \text{cm}$$

$$Y_{SR} := Y_S - Y_R \quad Y_{SR} = 30.51 \cdot \text{cm} \quad Z_{SR} := Z_S - Z_R \quad Z_{SR} = 74.38 \cdot \text{cm}$$

Parçaların kendi atalet momentleri

$$I_{1Y} := \frac{b_1 \cdot t_1^3}{12} \quad I_{1Y} = 20.81 \cdot \text{cm}^4 \quad I_{2Y} := \frac{t_2 \cdot h_2^3}{12} \quad I_{2Y} = 330795 \cdot \text{cm}^4$$

$$I_{3Y} := \frac{b_1 \cdot t_3^3}{12} \quad I_{3Y} = 20.81 \cdot \text{cm}^4 \quad I_{4Y} := \frac{t_4 \cdot h_4^3}{12} \quad I_{4Y} = 330795 \cdot \text{cm}^4$$

$$I_{RY} := \frac{b_R \cdot h_R^3}{12} \quad I_{RY} = 108 \cdot \text{cm}^4 \quad I_{RZ} := \frac{h_R \cdot b_R^3}{12} \quad I_{RZ} = 108 \cdot \text{cm}^4$$

$$I_{1Z} := \frac{t_1 \cdot b_1^3}{12} \quad I_{1Z} = 50653 \cdot \text{cm}^4 \quad I_{2Z} := \frac{h_2 \cdot t_2^3}{12} \quad I_{2Z} = 21.46 \cdot \text{cm}^4$$

$$I_{3Z} := \frac{t_3 \cdot b_1^3}{12} \quad I_{3Z} = 50653 \cdot \text{cm}^4 \quad I_{4Z} := \frac{h_4 \cdot t_4^3}{12} \quad I_{4Z} = 21.46 \cdot \text{cm}^4$$

Kirişin atalet momentleri

$$I_{Y1} := I_{1Y} + I_{2Y} + I_{3Y} + I_{4Y} + I_{RY} \quad I_{Y1} = 661739 \cdot \text{cm}^4$$

$$I_{Y2} := Z_{S1}^2 \cdot A_1 + Z_{S2}^2 \cdot A_2 + Z_{S3}^2 \cdot A_3 + Z_{S4}^2 \cdot A_4 + Z_{SR}^2 \cdot A_R \quad I_{Y2} = 1468626 \cdot \text{cm}^4$$

$$I_{Y} := I_{Y1} + I_{Y2} \quad I_{Y} = 2130365 \cdot \text{cm}^4$$

Kirişin y-y ekseninde gerekli atalet momenti

$$J_{yger} = 2054958 \cdot \text{cm}^4$$

$$I_{Z1} := I_{1Z} + I_{2Z} + I_{3Z} + I_{4Z} + I_{RZ}$$

$$I_{Z1} = 101457 \cdot \text{cm}^4$$

$$I_{Z2} := Y_{S1}^2 \cdot A_1 + Y_{S2}^2 \cdot A_2 + Y_{S3}^2 \cdot A_3 + Y_{S4}^2 \cdot A_4 + Y_{SR}^2 \cdot A_R$$

$$I_{Z2} = 410976 \cdot \text{cm}^4$$

Kirişin z-z eksenini atalet momenti

$$I_z := I_{Z1} + I_{Z2}$$

$$I_z = 512432 \cdot \text{cm}^4$$

Atalet dairesi yarı çapı

$$u_1 := Y_S$$

$$u_1 = 388.9 \cdot \text{mm}$$

$$e_1 := Z_S$$

$$e_1 = 80.6 \cdot \text{cm}$$

$$u_2 := b_3 - Y_S$$

$$u_2 = 351.1 \cdot \text{mm}$$

$$e_2 := h_K - e_1$$

$$e_2 = 77.4 \cdot \text{cm}$$

$$u_{\max} = 38.9 \cdot \text{cm}$$

$$e_{\max} = 80.6 \cdot \text{cm}$$

Kirişin y-y eksenini karşı koyma momenti

$$W_y := \frac{I_y}{e_{\max}}$$

$$W_y = 26425 \cdot \text{cm}^3$$

Kirişin z-z eksenini karşı koyma momenti

$$W_z := \frac{I_z}{u_{\max}}$$

$$W_z = 13175 \cdot \text{cm}^3$$

Sehim kontrolü:

İşletmede hesaplanan hakiki sehim

$$f_{\text{Hes}} := \frac{F_{TD} \cdot (L_K - L_{TA})}{48 \cdot E_{\text{dyn}} \cdot I_y} \cdot [3 \cdot L_K^2 - (L_K - L_{TA})^2]$$

$$f_{\text{Hes}} = 24.1 \cdot \text{mm}$$

Gerekli sehim

$$f_{\text{ger}} = 25 \cdot \text{mm}$$

Hakiki sehim oranı

$$S_{fL} := L_K \cdot f_{\text{Hes}}^{-1}$$

$$S_{fL} = 1037$$

İstenilen sehim oranı

$$k_f = 1'000$$

Hesaplanan sehim gerekli sehimden küçük olduğundan fonksiyon için yeterlidir.

Kirişin birim ağırlığı "q_K"

Toleranslardan doğan farklılık oranı

$$k_{KrTol} := 1.03$$

$$G_{\text{Per}} := h_{\text{Per}} \cdot b_{\text{Per}} \cdot t_{\text{Per}} \cdot \rho_{\text{St}}$$

$$G_{\text{Per}} = 86.3 \cdot \text{kg}$$

$$q_{K1} := A_{\text{top}} \cdot \rho_{\text{St}}$$

$$q_{K1} = 483.2 \cdot \text{kg} \cdot \text{m}^{-1}$$

Kirişin birim ağırlığı "q_K":

$$q_K := q_{K1} + G_{\text{Per}} \cdot L_{\text{Pe}}^{-1}$$

$$q_K = 526.4 \cdot \text{kg} \cdot \text{m}^{-1}$$

Kirişin toplam ağırlığı "G_{K1top}"

$$G_{K1\text{top}} := q_K \cdot L_K \cdot k_{KrTol}$$

$$G_{K1\text{top}} = 13554 \cdot \text{kg}$$

Servis Platformu birim ağırlığı

$$q_{\text{SP}} := 50 \cdot \text{kg} \cdot \text{m}^{-1}$$

Mukavemet kontrolü:

Kirisinin öz ağırlığından oluşan gerilim "σ₁"

$$M_1 := \frac{\phi \cdot (q_K + q_{\text{SP}}) \cdot L_K^2}{8}$$

$$M_1 = 49533 \cdot \text{kg} \cdot \text{m}$$

Öz ağırlık gerilimi

$$\sigma_1 := \frac{M_1}{W_Y}$$

$$\sigma_1 = 187.4 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

Ceraskal ve Arabanın ağırlığından oluşan gerilim "σ₂"

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

$$M_2 = 16922 \cdot \text{kg} \cdot \text{m}$$

Arabanın ağırlık gerilimi

$$\sigma_2 := \frac{M_2}{W_Y}$$

$$\sigma_2 = 64 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

Yükün ağırlığından oluşan gerilim "σ₃"

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

$$M_3 = 141016 \cdot \text{kg} \cdot \text{m}$$

Yük ağırlık gerilimi

$$\sigma_3 := \frac{M_3}{W_Y}$$

$$\sigma_3 = 533.6 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

Atalet kuvvetlerinden oluşan gerilim " σ_4 "

$$\text{Atalet momenti} \quad M_4 := 0.075 \cdot L_K \cdot \left[(q_K + q_{SP}) \cdot L_K + \frac{F_A}{2} \right] \quad M_4 = 3029916 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}$$

$$\text{Atalet gerilimi} \quad \sigma_4 := \frac{M_4}{W_Z} \quad \sigma_4 = 248.7 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

Araba kasılmasından oluşan gerilim " σ_5 "

$$\text{Araba kasılması momenti} \quad M_5 := 0.05 \cdot L_{TA} \cdot (F_A + F_Y) \quad M_5 = 7000 \cdot \text{kg} \cdot \text{m}$$

$$\text{Araba kasılması gerilimi} \quad \sigma_5 := \frac{M_5}{W_Z} \quad \sigma_5 = 53.1 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

H - Hali için vinç kirişindeki normal gerilmeler σ_{egI} ve σ_{min}

Yükleme grubu katsayısı " k_B " Yükleme grubu B3 için

$$k_B := 1.05$$

$$\text{max normal gerilme } \sigma_{\max} \quad \sigma_{\max} := k_B \cdot (\sigma_1 + \sigma_2 + \psi_K \cdot \sigma_3 + \sigma_4 + \sigma_5) \quad \sigma_{\max} = 1241 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

$$\text{Min normal gerilme} \quad \sigma_{\min} := \sigma_1 + \sigma_2 \quad \sigma_{\min} = 251 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

$$\text{Genel sınır değerler oranı} \quad \kappa_{2hes} = 0.20$$

Kirişteki kayma gerilmesi " τ_{\max} "

$$\text{Kirişte torsiyon momenti} \quad M_t := \frac{\psi_K \cdot F_Y + k_B \cdot F_A}{2} \cdot Y_{S4} \quad M_t = 10213.2 \cdot \text{m} \cdot \text{kg}$$

$$\text{Bret'e göre ortalama torsiyon alanı} \quad A_{Or} := (Y_{S2} + Y_{S4}) \cdot (Z_{S3} + Z_{S1}) \quad A_{Or} = 9752.4 \cdot \text{cm}^2$$

$$\tau_{\max} := \frac{(\psi_K \cdot F_Y + k_B \cdot F_A)}{4 \cdot t_2} \cdot \left[\frac{Y_{S4} + 0.2 \cdot Z_{SR}}{(Y_{S2} + Y_{S4}) \cdot (Z_{S1} + Z_{S3})} + \frac{1}{h_2} \right] \quad \tau_{\max} = 158.5 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

Statik kontrol

$$\sigma_{kar} := \sqrt{\sigma_{\max}^2 + 3 \cdot \tau_{\max}^2} \quad \sigma_{kar} = 1271 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

$$\sigma_{kar} = 1271 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2} \quad . <$$

$$\sigma_{St\check{c}EM} = 1600 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

$$\frac{\sigma_{St\check{c}EM}}{\sigma_{kar}} = 1.259 > 1 \cdot i \cdot O \cdot$$

Dinamik kontrol**FEM e göre dinamik değişken mukavemet değeri :**

Yükleme grubu $Y_{Gr} = "B3"$ ve $\check{C}e_{Gr} = "K3"$ için

$$\sigma_W := 1273 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

Sınır değerler oranı

$$\kappa_{2hes} = 0.2$$

$$\kappa_0 := 0 \quad \text{için değişken mukavemet değeri} \quad \sigma_{D\check{c}EM0} := \frac{5}{3} \cdot \sigma_W$$

$$\sigma_{D\check{c}EM0} = 2122 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

$$\kappa_{2hes} = 0.2 \quad \text{için} \quad \sigma_{D\check{c}EM2} := \frac{\sigma_{D\check{c}EM0}}{1 - \left(1 - \frac{\sigma_{D\check{c}EM0}}{0.75 \cdot R_m} \right) \cdot \kappa_{2hes}}$$

$$\sigma_{D\check{c}EM2} = 2196 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

Emniyet katsayısı

$$\frac{\sigma_{D\check{c}EM2}}{\sigma_{kar}} = 1.728 > 1 \cdot i \cdot O \cdot$$

Yükleme grubu	Yü _{Gr} = "B3"	ve	ÇeGr = "K4"	için	$\sigma_{Wx} := 764 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$
Sınır değerler oranı					$\kappa_{2hes} = 0.2$
$\kappa_0 := 0$	için değişken mukavemet değeri		$\sigma_{D\check{C}EM0} := \frac{5}{3} \cdot \sigma_W$		$\sigma_{D\check{C}EM0x} = 1273 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$
$\kappa_{2hes} = 0.2$	için		$\sigma_{D\check{C}EM2} := \frac{\sigma_{D\check{C}EM0}}{1 - \left(1 - \frac{\sigma_{D\check{C}EM0}}{0.75 \cdot R_m}\right) \cdot \kappa_{2hes}}$		$\sigma_{D\check{C}EM2x} = 1417 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$
	Emniyet katsayısı				$\frac{\sigma_{D\check{C}EM2x}}{\sigma_{kar}} = 1.115 > 1 \cdot i \cdot O$

Çentik grubunu K4 almamıza rağmen hesaplar yeterli sonuç veriyor.

Emniyet katsayıları 1 den büyük olduğundan kiriş fonksiyonunu yapar. Fakat yan ve üst kuşak plakalarının buruşma kontrolü yapılmalıdır.

Ters sehim

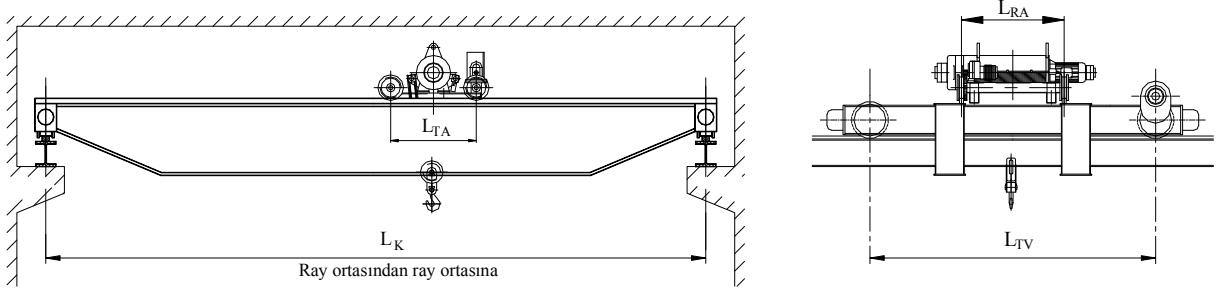
Yan boşluk değeri	$L_{CA} := 0.5 \cdot (L_K - L_{TA})$	$L_{CA} = 11.3 \text{ m}$
Kirişin öz ağırlık sehimi	$f_{Ki} := \frac{5 \cdot L_K^4 \cdot (q_K + q_{SP})}{384 \cdot E_{dyn} \cdot I_Y}$	$f_{Ki} = 6.6 \cdot \text{mm}$
Arabanın ağırlığından oluşan tekerlek yükü	$F_{ATek} := 0.25 \cdot F_A$	$F_{ATek} = 1500 \text{ kg}$
Arabanın ağırlık sehimi	$f_A := \frac{F_{ATek} \cdot L_{CA} \cdot (3 \cdot L_K^2 - 4 \cdot L_{CA}^2)}{24 \cdot E_{dyn} \cdot I_Y}$	$f_A = 0.22 \cdot \text{cm}$
Yükten oluşan tekerlek yükü	$F_{YTek} := 0.25 \cdot F_Y$	$F_{YTek} = 12500 \text{ kg}$
Yükün sehimi	$f_Y := \frac{F_{YTek} \cdot L_{CA} \cdot (3 \cdot L_K^2 - 4 \cdot L_{CA}^2)}{24 \cdot E_{dyn} \cdot I_Y}$	$f_Y = 17.9 \cdot \text{mm}$
Toplam Sehim	$f_{Top} := f_{Ki} + f_A + f_Y$	$f_{Top} = 2.7 \cdot \text{cm}$
Ters sehim	$f_{Ters} := f_{Ki} + f_A + 0.5f_Y$	$f_{Ters} = 17.7 \cdot \text{mm}$

Kiriş ortasına f_{Ters} kadar ters sehim verilir. Konstrüksiyona göre ters sehim uçlara doğru orantılı verilir.

Üst kuşak ile yan plakanın DIN 18800 ve DIN 4114 e göre yapılan hesaplarında konstrüksiyonun bozulmayacağı ve buruşma olmayacağı görülmüştür. Bak 41_03 Kirişte Buruşma, 4.6 Örnek 6, 50tx25m, Çift kiriş, Kutu kiriş.

4.3. Örnek 3, 50tx25m Gezer köprü vinci, hafif

Örnek 2 de hesapladığımız 50tx25m Gezer köprü vinç kirişinin ağır olduğunu düşünerek daha hafif konstrüksiyon yapmayı deneyelim. Bilinen değerler ve kabuller Örnek 2 nin aynı aşağıda verilmiştir.



Şekil 30, Çift kirişli gezer köprü vinci

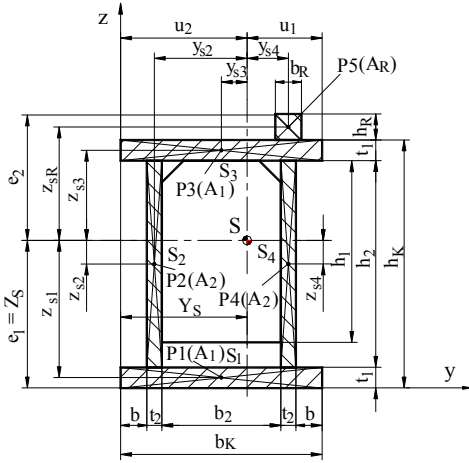
1.	Vincin çalıştığı yer ve saat		
2.	Vincin kaldırma kapasitesi	$F_Y =$	50 t
3.	Kaldırma hızı	$v_K =$	3 m/dak
4.	Kaldırma yüksekliği	$H =$	8 m
5.	Vincin ray açıklığı, kiriş boyu	$L_K =$	25 m
6.	Köprü yürüme hızı	$v_V =$	15 m/dak
7.	Arabanın ağırlığı	$G_A =$	6000 kg
8.	Araba yürüme hızı	$v_A =$	15 m/dak
9.	Araba tekerlek aks açıklığı	$L_{AT} =$	2,5 m
10.	Araba tekerlek sayısı	$n_{Tek} =$	4 1
11.	Sehim oranı katsayısı	$k_f =$	1000 1
12.	Vincin yükleme hali	$Yü_{Ha} =$	H
13.	Vincin kaldırma sınıfı DIN 15018	$Ka_{S1} =$	H2
14.	Vincin yükleme grubu DIN 15018	$Yü_{Gr} =$	B3
15.	Vincin tahrik grubu DIN 15020	$Ta_{Gr} =$	1mA
16.	Araba tekerlek ray açıklığı	$L_{AR} =$	2 m
17.	Yükün raya en yakın mesafesi	$L_{Fmin} =$	2,5 m
18.	Çentik grubu	*)1	Çe_{Gr} = K4

***)1** Kirişin çentik grubunu başlangıçta "K4" kabul edelim.

Hedefimiz sehim ve mukavemet sınırları içinde daha hafif konstrüksiyon yapmak.

Örnek 2 de kirişin ağırlığı: 13'554 kg.

Örnek 3, 50tx25m Gezer köprü vincinin hafif kirişinin hesabı



Şekil 31, Kutu kiriş ölçüleri

	Eski	Yeni
$h_2 = 1490 \text{ mm}$	$h_4 = h_2$	$h_2 := 1790 \cdot \text{mm}$ $h_4 := h_2$
$t_2 = 12 \text{ mm}$	$t_4 = t_2$	$t_2 := 6 \cdot \text{mm}$ $t_4 := t_2$
$b_1 = 740 \text{ mm}$	$b_3 = b_1$	$b_1 := 990 \cdot \text{mm}$ $b_3 := b_1$
$t_1 = 15 \text{ mm}$	$t_3 = t_1$	$t_1 := 10 \cdot \text{mm}$ $t_3 := t_1$
$h_R = 60 \text{ mm}$	$b_R = 60 \text{ mm}$	$h_R := 40 \cdot \text{mm}$ $b_R := 60 \cdot \text{mm}$
$h_{\text{Per}} = 1440 \text{ mm}$		
$b_B = 40 \text{ mm}$		$b_B := 40 \cdot \text{mm}$

Perde eni	$b_{\text{Per}} := b_1 - 2 \cdot b_B - t_2 - t_4$	$b_{\text{Per}} = 898 \cdot \text{mm}$
Perde aralığı		$L_{\text{Pe}} := 2 \cdot \text{m}$
Perde kalınlığı	$t_{\text{Per}} := t_2$	$t_{\text{Per}} = 6 \cdot \text{mm}$
Z eksenini üst kuşak alt kenarı	$h_Z := h_2 + t_1$	$h_Z = 180 \cdot \text{cm}$
Kirişin hesapsal yüksekliği	$h_K := 2 \cdot t_1 + h_2 + h_R$	$h_K = 1850 \cdot \text{mm}$

Parçaların ve sistemin alanı:

$A_1 := b_1 \cdot t_1$	$A_1 = 99 \cdot \text{cm}^2$	$A_2 := h_2 \cdot t_2$	$A_2 = 107 \cdot \text{cm}^2$
$A_3 := b_3 \cdot t_3$	$A_3 = 99 \cdot \text{cm}^2$	$A_4 := h_4 \cdot t_4$	$A_4 = 107 \cdot \text{cm}^2$
$A_R := h_R \cdot b_R$	$A_R = 24 \cdot \text{cm}^2$		
$A_{\text{top}} := A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_R$			$A_{\text{top}} = 436.8 \cdot \text{cm}^2$

Parçaların ağırlık merkezlerinin koordinatları:

$Y_1 := 0.5 \cdot b_1$	$Y_1 = 49.5 \cdot \text{cm}$	$Z_1 := 0.5 \cdot t_1$	$Z_1 = 0.5 \cdot \text{cm}$
$Y_2 := b_B + 0.5 \cdot t_2$	$Y_2 = 4.3 \cdot \text{cm}$	$Z_2 := t_1 + 0.5 \cdot h_2$	$Z_2 = 90.5 \cdot \text{cm}$
$Y_3 := 0.5 \cdot b_3$	$Y_3 = 49.5 \cdot \text{cm}$	$Z_3 := t_1 + 0.5 \cdot t_3 + h_2$	$Z_3 = 180.5 \cdot \text{cm}$
$Y_4 := b_3 - b_B - 0.5 \cdot t_2$	$Y_4 = 94.7 \cdot \text{cm}$	$Z_4 := t_1 + 0.5 \cdot h_2$	$Z_4 = 90.5 \cdot \text{cm}$
$Y_R := b_3 - b_B - 0.5 \cdot t_4$	$Y_R = 94.7 \cdot \text{cm}$	$Z_R := t_1 + t_3 + h_2 + 0.5 \cdot h_R$	$Z_R = 183 \cdot \text{cm}$

Ağırlık merkezi koordinatları Y_S ve Z_S

$$Y_S := \frac{Y_1 \cdot A_1 + Y_2 \cdot A_2 + Y_3 \cdot A_3 + Y_4 \cdot A_4 + Y_R \cdot A_R}{A_{\text{top}}} \quad Y_S = 51.98 \cdot \text{cm}$$

$$Z_S := \frac{Z_1 \cdot A_1 + Z_2 \cdot A_2 + Z_3 \cdot A_3 + Z_4 \cdot A_4 + Z_R \cdot A_R}{A_{\text{top}}} \quad Z_S = 95.58 \cdot \text{cm}$$

Parçaların ağırlık merkezine uzaklıkları

$Y_{S1} := Y_S - Y_1$	$Y_{S1} = 2.5 \cdot \text{cm}$	$Z_{S1} := Z_S - Z_1$	$Z_{S1} = 95.1 \cdot \text{cm}$
$Y_{S2} := Y_S - Y_2$	$Y_{S2} = 47.7 \cdot \text{cm}$	$Z_{S2} := Z_S - Z_2$	$Z_{S2} = 5.1 \cdot \text{cm}$
$Y_{S3} := Y_S - Y_3$	$Y_{S3} = 2.5 \cdot \text{cm}$	$Z_{S3} := Z_3 - Z_S$	$Z_{S3} = 84.9 \cdot \text{cm}$
$Y_{S4} := Y_4 - Y_S$	$Y_{S4} = 42.72 \cdot \text{cm}$	$Z_{S4} := Z_{S2}$	$Z_{S4} = 5.08 \cdot \text{cm}$
$Y_{SR} := Y_{S4}$	$Y_{SR} = 42.72 \cdot \text{cm}$	$Z_{SR} := Z_R - Z_S$	$Z_{SR} = 87.42 \cdot \text{cm}$

Parçaların kendi atalet momentleri

$$\begin{aligned}
 I_{1Y} &:= \frac{b_1 \cdot t_1^3}{12} & I_{1Y} &= 8.25 \cdot \text{cm}^4 & I_{2Y} &:= \frac{t_2 \cdot h_2^3}{12} & I_{2Y} &= 286767 \cdot \text{cm}^4 \\
 I_{3Y} &:= \frac{b_1 \cdot t_3^3}{12} & I_{3Y} &= 8.25 \cdot \text{cm}^4 & I_{4Y} &:= \frac{t_4 \cdot h_4^3}{12} & I_{4Y} &= 286767 \cdot \text{cm}^4 \\
 I_{RY} &:= \frac{b_R \cdot h_R^3}{12} & I_{RY} &= 32 \cdot \text{cm}^4 & I_{RZ} &:= \frac{h_R \cdot b_R^3}{12} & I_{RZ} &= 72 \cdot \text{cm}^4 \\
 I_{1Z} &:= \frac{t_1 \cdot b_1^3}{12} & I_{1Z} &= 80858 \cdot \text{cm}^4 & I_{2Z} &:= \frac{h_2 \cdot t_2^3}{12} & I_{2Z} &= 3.22 \cdot \text{cm}^4 \\
 I_{3Z} &:= \frac{t_3 \cdot b_1^3}{12} & I_{3Z} &= 80858 \cdot \text{cm}^4 & I_{4Z} &:= \frac{h_4 \cdot t_4^3}{12} & I_{4Z} &= 3.22 \cdot \text{cm}^4
 \end{aligned}$$

Kirişin atalet momentleri

$$I_{Y1} := I_{1Y} + I_{2Y} + I_{3Y} + I_{4Y} + I_{RY} \quad I_{Y1} = 573582 \cdot \text{cm}^4$$

$$I_{Y2} := Z_{S1}^2 \cdot A_1 + Z_{S2}^2 \cdot A_2 + Z_{S3}^2 \cdot A_3 + Z_{S4}^2 \cdot A_4 + Z_{SR}^2 \cdot A_R \quad I_{Y2} = 1797867 \cdot \text{cm}^4$$

$$\text{Kirişin } y\text{-y eksenine atalet momenti} \quad I_Y := I_{Y1} + I_{Y2} \quad I_Y = 2371449 \cdot \text{cm}^4$$

$$\text{Kirişin } y\text{-y ekseninde gerekli atalet momenti} \quad J_{yger} = 2054958 \cdot \text{cm}^4$$

$$I_{Z1} := I_{1Z} + I_{2Z} + I_{3Z} + I_{4Z} + I_{RZ} \quad I_{Z1} = 161795 \cdot \text{cm}^4$$

$$I_{Z2} := Y_{S1}^2 \cdot A_1 + Y_{S2}^2 \cdot A_2 + Y_{S3}^2 \cdot A_3 + Y_{S4}^2 \cdot A_4 + Y_{SR}^2 \cdot A_R \quad I_{Z2} = 485184 \cdot \text{cm}^4$$

$$\text{Kirişin } z\text{-z eksenine atalet momenti} \quad I_Z := I_{Z1} + I_{Z2} \quad I_Z = 646979 \cdot \text{cm}^4$$

Atalet dairesi yarı çapı

$$u_1 := Y_S \quad u_1 = 519.8 \cdot \text{mm} \quad e_1 := Z_S \quad e_1 = 95.6 \cdot \text{cm}$$

$$u_2 := b_3 - Y_S \quad u_2 = 470.2 \cdot \text{mm} \quad e_2 := h_K - e_1 \quad e_2 = 89.4 \cdot \text{cm}$$

$$e_{\max} = 95.6 \cdot \text{cm}$$

$$\text{Kirişin } y\text{-y eksenine karşı koyma momenti} \quad W_Y := \frac{I_Y}{e_{\max}} \quad W_Y = 24811 \cdot \text{cm}^3$$

$$\text{Kirişin } z\text{-z eksenine karşı koyma momenti} \quad W_Z := \frac{I_Z}{u_{\max}} \quad W_Z = 12446 \cdot \text{cm}^3$$

Şehim kontrolü:

İşletmede hesaplanan hakiki şehim

$$f_{Hes} := \frac{F_{TD} \cdot (L_K - L_{TA})}{48 \cdot E_{dyn} \cdot I_Y} \cdot \left[3 \cdot L_K^2 - (L_K - L_{TA})^2 \right] \quad f_{Hes} = 21.7 \cdot \text{mm}$$

Gerekli şehim

$$f_{ger} = 25 \cdot \text{mm}$$

$$\text{Hakiki şehim oranı} \quad S_{fL} := L_K \cdot f_{Hes}^{-1} \quad S_{fL} = 1154$$

İstenilen şehim oranı

$$k_f = 1'000$$

Hesaplanan şehim gerekli şehimden küçük olduğundan fonksiyon için yeterlidir.

Kirişin birim ağırlığı "q_K"

Toleranslardan doğan farklılık oranı

$$k_{KrTol} := 1.03$$

$$G_{Per} := h_{Per} \cdot b_{Per} \cdot t_{Per} \cdot \rho_{St} \quad G_{Per} = 73.6 \text{ kg}$$

$$q_{K1} := A_{top} \cdot \rho_{St} \quad q_{K1} = 342.9 \text{ m}^{-1} \cdot \text{kg}$$

$$\text{Kirişin birim ağırlığı "q_K" :} \quad q_K := q_{K1} + G_{Per} \cdot L_{Pe}^{-1} \quad q_K = 379.7 \text{ m}^{-1} \cdot \text{kg}$$

Kirişin toplam ağırlığı " G_{K1top} " $G_{K1top} := q_K \cdot L_K \cdot k_{KrTot}$

$$G_{K1top} = 9777 \text{ kg}$$

Servis Platformu birim ağırlığı

$$q_{SP} := 50 \cdot \text{kg} \cdot \text{m}^{-1}$$

Mukavemet kontrolü:

Kirisinin öz ağırlığından oluşan gerilim " σ_1 "

$$\text{Kirisinin öz ağırlık momenti} \quad M_1 := \frac{\phi \cdot (q_K + q_{SP}) \cdot L_K^2}{8}$$

$$M_1 = 36926 \cdot \text{kg} \cdot \text{m}$$

$$\text{Öz ağırlık gerilimi} \quad \sigma_1 := \frac{M_1}{W_Y}$$

$$\sigma_1 = 148.8 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

Ceraskal ve Arabanın ağırlığından oluşan gerilim " σ_2 "

$$\text{Arabanın ağırlık momenti} \quad M_2 := \frac{F_A}{32 \cdot L_K} \cdot (2 \cdot L_K - L_{TA})^2$$

$$M_2 = 16922 \cdot \text{kg} \cdot \text{m}$$

$$\text{Arabanın ağırlık gerilimi} \quad \sigma_2 := \frac{M_2}{W_Y}$$

$$\sigma_2 = 68.2 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

Yükün ağırlığından oluşan gerilim " σ_3 "

$$\text{Yük ağırlık momenti} \quad M_3 := \frac{F_Y}{32 \cdot L_K} \cdot (2L_K - L_{AT})^2$$

$$M_3 = 141016 \cdot \text{kg} \cdot \text{m}$$

$$\text{Yük ağırlık gerilimi} \quad \sigma_3 := \frac{M_3}{W_Y}$$

$$\sigma_3 = 568.4 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

Atalet kuvvetlerinden oluşan gerilim " σ_4 "

$$\text{Atalet momenti} \quad M_4 := 0.075 \cdot L_K \cdot \left[(q_K + q_{SP}) \cdot L_K + \frac{F_A}{2} \right]$$

$$M_4 = 2342275 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}$$

$$\text{Atalet gerilimi} \quad \sigma_4 := \frac{M_4}{W_Z}$$

$$\sigma_4 = 202.5 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

Araba kasılmasından oluşan gerilim " σ_5 "

$$\text{Araba kasılması momenti} \quad M_5 := 0.05 \cdot L_{TA} \cdot (F_A + F_Y)$$

$$M_5 = 7000 \cdot \text{kg} \cdot \text{m}$$

$$\text{Araba kasılması gerilimi} \quad \sigma_5 := \frac{M_5}{W_Z}$$

$$\sigma_5 = 56.2 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

H - Hali için vinç kirişindeki normal gerilmeler σ_{max} ve σ_{min}

Yükleme grubu katsayısı " k_B " Yükleme grubu B3 için

$$k_B := 1.05$$

$$\text{max normal gerilme } \sigma_{max} \quad \sigma_{max} := k_B \cdot (\sigma_1 + \sigma_2 + \psi_K \cdot \sigma_3 + \sigma_4 + \sigma_5)$$

$$\sigma_{max} = 1224 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

$$\text{Min normal gerilme} \quad \sigma_{min} := \sigma_1 + \sigma_2$$

$$\sigma_{min} = 217 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

$$\text{Genel sınır değerler oranı} \quad \kappa_{2hes} := \frac{\sigma_{min}}{\sigma_{max}}$$

$$\kappa_{2hes} = 0.18$$

Kirişteki kayma gerilmesi " τ_{max} "

$$\text{Kirişte torsiyon momenti} \quad M_t := \frac{\psi_K \cdot F_Y + k_B \cdot F_A}{2} \cdot Y_{S4}$$

$$M_t = 14301 \cdot \text{m} \cdot \text{kg}$$

$$\text{Bret'e göre ortalama torsiyon alanı} \quad A_{Or} := (Y_{S2} + Y_{S4}) \cdot (Z_{S3} + Z_{S1})$$

$$A_{Or} = 16272 \cdot \text{cm}^2$$

$$\tau_{max} := \frac{(\psi_K \cdot F_Y + k_B \cdot F_A)}{4 \cdot t_2} \cdot \left[\frac{Y_{S4} + 0.2 \cdot Z_{SR}}{(Y_{S2} + Y_{S4}) \cdot (Z_{S1} + Z_{S3})} + \frac{1}{h_2} \right]$$

$$\tau_{max} = 259 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

Statik kontrol

$$\sigma_{kar} := \sqrt{\sigma_{max}^2 + 3 \cdot \tau_{max}^2}$$

$$\sigma_{kar} = 1303 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2} \quad . < \quad \sigma_{StçEM} = 1600 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

$$\frac{\sigma_{StçEM}}{\sigma_{kar}} = 1.228 > 1 \cdot i \cdot O \cdot$$

Dinamik kontrol**FEM e göre dinamik değişken mukavemet değeri :**

Yükleme grubu $Yü_{Gr} = "B3"$ ve $ÇeGr = "K4"$ için

Sınır değerler oranı

$$\kappa_0 := 0 \quad \text{için değişken mukavemet değeri} \quad \sigma_{DçEM0} := \frac{5}{3} \cdot \sigma_W$$

$$\kappa_{2hes} = 0.18 \quad \text{için} \quad \sigma_{DçEM2} := \frac{\sigma_{DçEM0}}{1 - \left(1 - \frac{\sigma_{DçEM0}}{0.75 \cdot R_m}\right) \cdot \kappa_{2hes}}$$

Emniyet katsayısı

$$\sigma_{Wx} := 764 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

$$\kappa_{2hes} = 0.18$$

$$\sigma_{DçEM0x} = 1273 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

$$\sigma_{DçEM2x} = 1397 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

$$\frac{\sigma_{DçEM2x}}{\sigma_{kar}} = 1.072 > 1 \cdot i \cdot O \cdot$$

Çentik grubunu K4 almamıza rağmen hesaplar yeterli sonuç veriyor.

Emniyet katsayıları 1 den büyük olduğundan kiriş fonksiyonunu yapar. Fakat yan ve üst kuşak plakalarının buruşma kontrolü yapılmalıdır.

Ters sehîm

Yan boşluk değeri

$$L_{CA} := 0.5 \cdot (L_K - L_{TA})$$

$$L_{CA} = 11.3 \text{ m}$$

Kirişin öz ağırlık sehîmi

$$f_{Ki} := \frac{5 \cdot L_K^4 \cdot (q_K + q_{SP})}{384 \cdot E_{dyn} \cdot I_Y}$$

$$f_{Ki} = 4.4 \cdot \text{mm}$$

Arabanın ağırlığından oluşan tekerlek yükü

$$F_{ATek} := 0.25 \cdot F_A$$

$$F_{ATek} = 1500 \text{ kg}$$

Arabanın ağırlık sehîmi

$$f_A := \frac{F_{ATek} \cdot L_{CA} \cdot (3 \cdot L_K^2 - 4 \cdot L_{CA}^2)}{24 \cdot E_{dyn} \cdot I_Y}$$

$$f_A = 0.19 \cdot \text{cm}$$

Yükten oluşan tekerlek yükü

$$F_{YTek} := 0.25 \cdot F_Y$$

$$F_{YTek} = 12500 \text{ kg}$$

Yükün sehîmi

$$f_Y := \frac{F_{YTek} \cdot L_{CA} \cdot (3 \cdot L_K^2 - 4 \cdot L_{CA}^2)}{24 \cdot E_{dyn} \cdot I_Y}$$

$$f_Y = 16.1 \cdot \text{mm}$$

Toplam Sehîm

$$f_{Top} := f_{Ki} + f_A + f_Y$$

$$f_{Top} = 2.2 \cdot \text{cm}$$

Ters sehîm

$$f_{Ters} := f_{Ki} + f_A + 0.5 f_Y$$

$$f_{Ters} = 14.4 \cdot \text{mm}$$

Kiriş ortasına f_{Ters} kadar ters sehîm verilir. Konstrüksiyona göre ters sehîm uçlara doğru orantılı verilir.

Örnek 2 de kirişin ağırlığı: 13'554 kg.

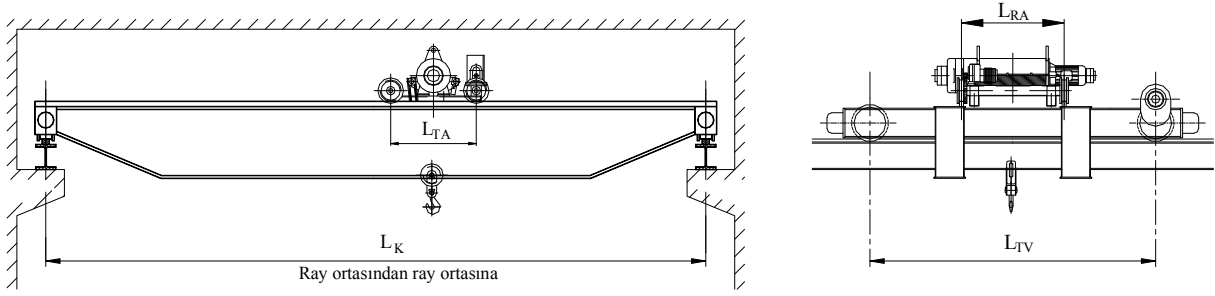
Örnek 3 de kirişin ağırlığı: 9'777 kg.

Kirişimiz 4'223 kg daha hafif, ama buruşma nasıl?

Üst kuşak ile yan plakanın DIN 18800 ve DIN 4114 e göre yapılan hesaplarında plakaların buruşacağı görülmüştür.

4.4. Örnek 4, 50tx25m Gezer köprü vinci, hafif, takviyeli

Örnek 2 de hesapladığımız 50tx25m Gezer köprü vinç kirişini daha hafif konstrüksiyon olarak Örnek 3 te yaptık. Fakat plakalarda buruşma gözüküdü. Şimdi buruşmayı önlemek için takviyeli kiriş hesabını yapalım.



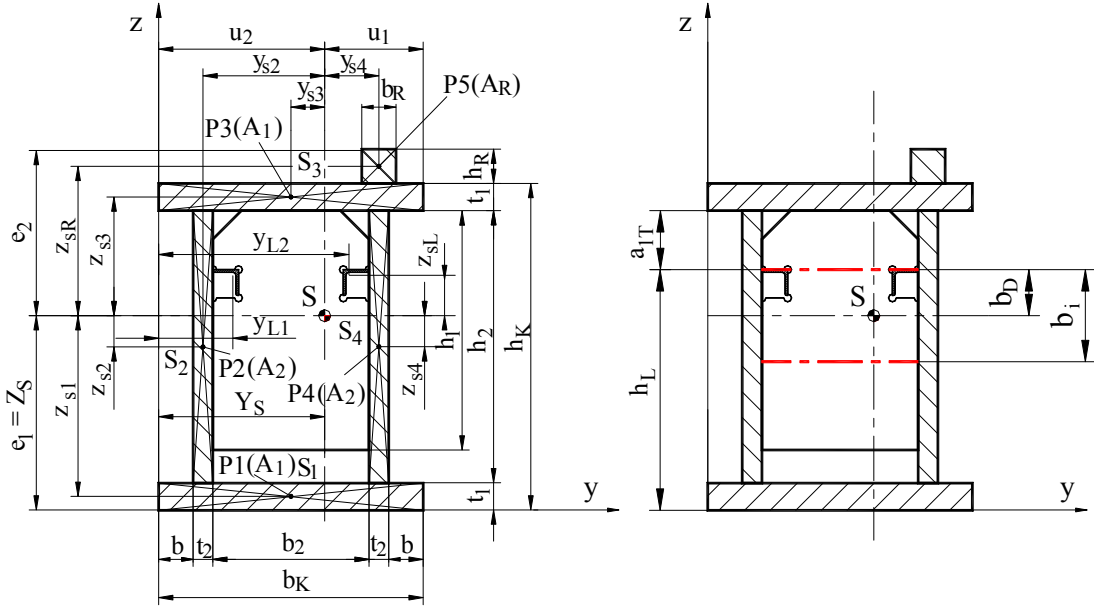
Şekil 32, Çift kirişli gezer köprü vinci

1.	Vincin çalıştığı yer ve saat		
2.	Vincin kaldırma kapasitesi	$G_Y =$	50 t
3.	Kaldırma hızı	$v_K =$	3 m/dak
4.	Kaldırma yüksekliği	$H =$	8 m
5.	Vincin ray açıklığı, kiriş boyu	$L_K =$	25 m
6.	Köprü yürüme hızı	$v_V =$	15 m/dak
7.	Arabanın ağırlığı	$G_A =$	6000 kg
8.	Araba yürüme hızı	$v_A =$	15 m/dak
9.	Araba tekerlek aks açıklığı	$L_{AT} =$	2,5 m
10.	Araba tekerlek sayısı	$n_{Tek} =$	4 1
11.	Sehim oranı katsayısı	$k_f =$	1000 1
12.	Vincin yükleme hali	$Yü_{Ha} =$	H
13.	Vincin kaldırma sınıfı DIN 15018	$Ka_{S1} =$	H2
14.	Vincin yükleme grubu DIN 15018	$Yü_{Gr} =$	B3
15.	Vincin tahrik grubu DIN 15020	$Ta_{Gr} =$	1mA
16.	Araba tekerlek ray açıklığı	$L_{AR} =$	2 m
17.	Yükün raya en yakın mesafesi	$L_{Fmin} =$	2,5 m
18.	Çentik grubu	*)1	Çe_{Gr} = K4

***)1** Kirişin çentik grubunu başlangıçta "K4" kabul edelim.

Hedefimiz sehim ve mukavemet sınırları içinde daha hafif konstrüksiyonun buruşmasını önlemek.

Örnek 4, 50tx25m Gezer köprü vincinin hafif, takviyeli kiriş hesabı



Şekil 33, Kutu kiriş ölçüleri

$$\begin{array}{lllll} h_2 := 1790\text{-mm} & b_1 := 990\text{-mm} & h_4 := h_2 & b_3 := b_1 & h_R := 40\text{-mm} \\ t_2 := 6\text{-mm} & t_1 := 10\text{-mm} & t_4 := t_2 & t_3 := t_1 & b_R := 60\text{-mm} \end{array}$$

$$\begin{array}{lll} \text{Perde boyu (yüksekliği)} & h_{\text{Per}} := h_2 - 50\text{-mm} & h_{\text{Per}} = 1740\text{-mm} \\ \text{Perde eni} & b_{\text{Per}} := b_1 - 2 \cdot b_B - t_2 - t_4 & b_{\text{Per}} = 898\text{-mm} \\ \text{Perde aralığı} & & L_{\text{Pe}} := 2\text{-m} \\ \text{Perde kalınlığı} & t_{\text{Per}} := t_2 & t_{\text{Per}} = 6\text{-mm} \\ \text{Z eksenü üst kuşak alt kenarı} & h_Z := h_2 + t_1 & h_Z = 180\text{-cm} \\ \text{Kirişin hesapsal yüksekliği} & h_K := 2 \cdot t_1 + h_2 + h_R & h_K = 1850\text{-mm} \end{array}$$

Takviye köşebendinin değerleri:

$$\begin{array}{llll} \text{Köşebent kalınlığı} & t_K := t_2 & t_K = 6\text{-mm} & \text{Buna göre köşebentimizi seçelim} \\ \text{Takviye köşebenti} & \text{KB} := "60 \times 60 \times 6" & & \text{Köşebent kenarı} & b_{\text{KB}} := 6\text{-cm} \\ \text{Köşebent Alanı} & A_{\text{KB}} := 691\text{-mm}^2 & & \text{Köşebent birim ağırlığı} & G_{\text{KB}} := 5.42\text{-kg} \cdot \text{m}^{-1} \\ \text{Köşebent e ölçüsü} & y_{\text{Le}} := 1.69\text{-cm} & & \text{Köşebent sıra sayısı} & n_z := 1 \quad n_y := 2 \end{array}$$

Parçaların ve sistemin alanı:

$$\begin{array}{llll} A_1 := b_1 \cdot t_1 & A_1 = 99\text{-cm}^2 & A_2 := h_2 \cdot t_2 & A_2 = 107\text{-cm}^2 \\ A_3 := b_3 \cdot t_3 & A_3 = 99\text{-cm}^2 & A_4 := h_4 \cdot t_4 & A_4 = 107\text{-cm}^2 \\ A_R := h_R \cdot b_R & A_R = 24\text{-cm}^2 & A_{\text{topKB}} := n_y \cdot n_z \cdot A_{\text{KB}} & A_{\text{topKB}} = 13.82\text{-cm}^2 \\ A_{\text{top}} := A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_R + A_{\text{topKB}} & & & A_{\text{top}} = 450.62\text{-cm}^2 \end{array}$$

1. Bölge genişliği

$$a_{1T} := 500\text{-mm}$$

Parçaların ağırlık merkezlerinin koordinatları:

$$\begin{array}{llll} Y_1 := 0.5 \cdot b_1 & Y_1 = 49.5\text{-cm} & Z_1 := 0.5 \cdot t_1 & Z_1 = 0.5\text{-cm} \\ Y_2 := b_B + 0.5 \cdot t_2 & Y_2 = 4.3\text{-cm} & Z_2 := t_1 + 0.5 \cdot h_2 & Z_2 = 90.5\text{-cm} \\ Y_3 := 0.5 \cdot b_3 & Y_3 = 49.5\text{-cm} & Z_3 := t_1 + 0.5 \cdot t_3 + h_2 & Z_3 = 180.5\text{-cm} \end{array}$$

$$\begin{aligned}
Y_4 &:= b_3 - b_B - 0.5 \cdot t_2 & Y_4 &= 94.7 \cdot \text{cm} & Z_4 &:= t_1 + 0.5h_2 & Z_4 &= 90.5 \cdot \text{cm} \\
Y_R &:= b_3 - b_B - 0.5 \cdot t_4 & Y_R &= 94.7 \cdot \text{cm} & Z_R &:= t_1 + t_3 + h_2 + 0.5 \cdot h_R & Z_R &= 183 \cdot \text{cm} \\
Y_{L1} &:= b_B + t_2 + b_{KB} - y_{Le} & Y_{L1} &= 8.91 \cdot \text{cm} & Y_{L2} &:= b_1 - b_B - t_2 - b_{KB} + y_{Le} & Y_{L2} &= 90.09 \cdot \text{cm} \\
Z_{L1} &:= h_Z - a_{1T} - y_{Le} & Z_{L1} &= 1283.1 \cdot \text{mm} & & & &
\end{aligned}$$

Ağırlık merkezi koordinatları Y_S ve Z_S

$$Y_S := \frac{Y_1 \cdot A_1 + Y_2 \cdot A_2 + Y_3 \cdot A_3 + Y_4 \cdot A_4 + Y_R \cdot A_R + n_z A_{KB} \cdot (Y_{L1} + Y_{L2})}{A_{\text{top}}}$$

$$Y_S = 51.91 \cdot \text{cm}$$

$$Z_S := \frac{Z_1 \cdot A_1 + Z_2 \cdot A_2 + Z_3 \cdot A_3 + Z_4 \cdot A_4 + Z_R \cdot A_R + n_y \cdot A_{KB} \cdot Z_{L1}}{A_{\text{top}}}$$

$$Z_S = 96.59 \cdot \text{cm}$$

Bölge veya son bölge hakiki buruşma genişliği

$$\begin{aligned}
2. \text{ Bölge genişliği} & & a_{2T} &:= h_2 - a_{1T} \\
h_L &:= h_2 - a_{1T} + t_1 & b_D &:= h_L - Z_S \\
h_L &= 130 \cdot \text{cm} & b_D &= 33.4 \cdot \text{cm}
\end{aligned}$$

$$a_{2T} = 1290 \cdot \text{mm}$$

$$b_i := 2 \cdot b_D$$

$$b_i = 66.8 \cdot \text{cm}$$

Parçaların ağırlık merkezine uzaklıkları

$$\begin{aligned}
Y_{S1} &:= Y_S - Y_1 & Y_{S1} &= 2.5 \cdot \text{cm} & Z_{S1} &:= Z_S - Z_1 & Z_{S1} &= 95.1 \cdot \text{cm} \\
Y_{S2} &:= Y_S - Y_2 & Y_{S2} &= 47.7 \cdot \text{cm} & Z_{S2} &:= Z_S - Z_2 & Z_{S2} &= 5.1 \cdot \text{cm} \\
Y_{S3} &:= Y_S - Y_3 & Y_{S3} &= 2.5 \cdot \text{cm} & Z_{S3} &:= Z_3 - Z_S & Z_{S3} &= 84.9 \cdot \text{cm} \\
Y_{S4} &:= Y_4 - Y_S & Y_{S4} &= 42.72 \cdot \text{cm} & Z_{S4} &:= Z_{S2} & Z_{S4} &= 5.08 \cdot \text{cm} \\
Y_{SR} &:= Y_{S4} & Y_{SR} &= 42.72 \cdot \text{cm} & Z_{SR} &:= Z_R - Z_S & Z_{SR} &= 87.42 \cdot \text{cm} \\
Y_{SL1} &:= Y_S - Y_{L1} & Y_{SL1} &= 43 \cdot \text{cm} & Z_{SL1} &:= Z_S - Z_{L1} & Z_{SL1} &= -31.72 \cdot \text{cm} \\
Y_{SL2} &:= Y_S - Y_{L2} & Y_{SL2} &= -38.18 \cdot \text{cm} & & & &
\end{aligned}$$

Parçaların kendi atalet momentleri

$$\begin{aligned}
I_{1Y} &:= \frac{b_1 \cdot t_1^3}{12} & I_{1Y} &= 8.25 \cdot \text{cm}^4 & I_{2Y} &:= \frac{t_2 \cdot h_2^3}{12} & I_{2Y} &= 286767 \cdot \text{cm}^4 \\
I_{3Y} &:= \frac{b_1 \cdot t_3^3}{12} & I_{3Y} &= 8.25 \cdot \text{cm}^4 & I_{4Y} &:= \frac{t_4 \cdot h_4^3}{12} & I_{4Y} &= 286767 \cdot \text{cm}^4 \\
I_{RY} &:= \frac{b_R \cdot h_R^3}{12} & I_{RY} &= 32 \cdot \text{cm}^4 & I_{RZ} &:= \frac{h_R \cdot b_R^3}{12} & I_{RZ} &= 72 \cdot \text{cm}^4 \\
I_{1Z} &:= \frac{t_1 \cdot b_1^3}{12} & I_{1Z} &= 80858 \cdot \text{cm}^4 & I_{2Z} &:= \frac{h_2 \cdot t_2^3}{12} & I_{2Z} &= 3.22 \cdot \text{cm}^4 \\
I_{3Z} &:= \frac{t_3 \cdot b_1^3}{12} & I_{3Z} &= 80858 \cdot \text{cm}^4 & I_{4Z} &:= \frac{h_4 \cdot t_4^3}{12} & I_{4Z} &= 3.22 \cdot \text{cm}^4 \\
& & I_{KBY} &:= 10.95 \cdot \text{cm}^4 & & & I_{KBZ} &:= 10.95 \cdot \text{cm}^4
\end{aligned}$$

Kirişin atalet momentleri

$$I_{Y1} := I_{1Y} + I_{2Y} + I_{3Y} + I_{4Y} + I_{RY} + n_y \cdot n_z \cdot I_{KBY} \quad I_{Y1} = 573604 \cdot \text{cm}^4$$

$$I_{Y2} := Z_{S1}^2 \cdot A_1 + Z_{S2}^2 \cdot A_2 + Z_{S3}^2 \cdot A_3 + Z_{S4}^2 \cdot A_4 + Z_{SR}^2 \cdot A_R + n_y A_{KB} \cdot Z_{SL1}^2 \quad I_{Y2} = 1812216 \cdot \text{cm}^4$$

Kirişin y-y eksenine atalet momenti

$$I_Y := I_{Y1} + I_{Y2}$$

$$I_Y = 2385820 \cdot \text{cm}^4$$

Kirişin y-y ekseninde gerekli atalet momenti

$$J_{yger} = 2054958 \cdot \text{cm}^4$$

$$I_{Z1} := I_{1Z} + I_{2Z} + I_{3Z} + I_{4Z} + I_{RZ} + n_y \cdot n_z \cdot I_{KBZ}$$

$$I_{Z1} = 161817 \cdot \text{cm}^4$$

$$I_{Z2} := Y_{S1}^2 \cdot A_1 + Y_{S2}^2 \cdot A_2 + Y_{S3}^2 \cdot A_3 + Y_{S4}^2 \cdot A_4 + Y_{SR}^2 \cdot A_R + n_z \cdot A_{KB} \cdot (Y_{SL1}^2 + Y_{SL2}^2) \quad I_{Z2} = 508036 \cdot \text{cm}^4$$

Kirişin z-z eksenini atalet momenti $I_z := I_{Z1} + I_{Z2}$ $I_z = 669852 \cdot \text{cm}^4$

Atalet dairesi yarı çapı

$$u_1 := Y_S \quad u_1 = 519.1 \cdot \text{mm} \quad e_1 := Z_S \quad e_1 = 96.6 \cdot \text{cm}$$

$$u_2 := b_3 - Y_S \quad u_2 = 470.9 \cdot \text{mm} \quad e_2 := h_K - e_1 \quad e_2 = 88.4 \cdot \text{cm}$$

$$u_{\max} = 51.9 \cdot \text{cm} \quad e_{\max} = 96.6 \cdot \text{cm}$$

Kirişin y-y eksenini karşı koyma momenti

$$W_y := \frac{I_y}{e_{\max}} \quad W_y = 24701 \cdot \text{cm}^3$$

Kirişin z-z eksenini karşı koyma momenti

$$W_z := \frac{I_z}{u_{\max}} \quad W_z = 12905 \cdot \text{cm}^3$$

Sehim kontrolü:

İşletmede hesaplanan hakiki sehim

$$f_{\text{Hes}} := \frac{F_{\text{TD}} \cdot (L_K - L_{\text{TA}})}{48 \cdot E_{\text{dyn}} \cdot I_y} \cdot [3 \cdot L_K^2 - (L_K - L_{\text{TA}})^2] \quad f_{\text{Hes}} = 21.5 \cdot \text{mm}$$

Gerekli sehim

$$f_{\text{ger}} = 25 \cdot \text{mm}$$

Hakiki sehim oranı

$$S_{\text{fl}} := L_K \cdot f_{\text{Hes}}^{-1} \quad S_{\text{fl}} = 1161$$

İstenilen sehim oranı

$$k_f = 1'000$$

Hesaplanan sehim gerekli sehimden küçük olduğundan fonksiyon için yeterlidir.

Kirişin birim ağırlığı "q_K"

Toleranslardan doğan farklılık oranı

$$k_{\text{KrTol}} := 1.03$$

$$G_{\text{Per}} := h_{\text{Per}} \cdot b_{\text{Per}} \cdot t_{\text{Per}} \cdot \rho_{\text{St}}$$

$$G_{\text{Per}} = 73.6 \cdot \text{kg}$$

$$q_{\text{K1}} := A_{\text{top}} \cdot \rho_{\text{St}}$$

$$q_{\text{K1}} = 353.7 \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{kg}$$

Kirişin birim ağırlığı "q_K":

$$q_{\text{K}} := q_{\text{K1}} + G_{\text{Per}} \cdot L_{\text{Pe}}^{-1} \quad q_{\text{K}} = 390.5 \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{kg}$$

Kirişin toplam ağırlığı "G_{K1top}"

$$G_{\text{K1top}} := q_{\text{K}} \cdot L_K \cdot k_{\text{KrTol}} \quad G_{\text{K1top}} = 10056 \cdot \text{kg}$$

Servis Platformu birim ağırlığı

$$q_{\text{SP}} := 40 \cdot \text{kg} \cdot \text{m}^{-1}$$

Mukavemet kontrolü:

Kirisinin öz ağırlığından oluşan gerilim "σ₁"

$$\text{Kirisinin öz ağırlık momenti} \quad M_1 := \frac{\phi \cdot (q_{\text{K}} + q_{\text{SP}}) \cdot L_K^2}{8} \quad M_1 = 3699902 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}$$

$$\text{Öz ağırlık gerilimi} \quad \sigma_1 := \frac{M_1}{W_y} \quad \sigma_1 = 150 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

Ceraskal ve Arabanın ağırlığından oluşan gerilim "σ₂"

$$\text{Araabının ağırlık momenti} \quad M_2 := \frac{F_A}{32 \cdot L_K} \cdot (2 \cdot L_K - L_{\text{TA}})^2 \quad M_2 = 1692188 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}$$

$$\text{Araabının ağırlık gerilimi} \quad \sigma_2 := \frac{M_2}{W_y} \quad \sigma_2 = 69 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

Yükün ağırlığından oluşan gerilim "σ₃"

$$\text{Yük ağırlık momenti} \quad M_3 := \frac{F_y}{32 \cdot L_K} \cdot (2L_K - L_{\text{TA}})^2 \quad M_3 = 17108016 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}$$

$$\text{Yük ağırlık gerilimi} \quad \sigma_3 := \frac{M_3}{W_Y} \quad \sigma_3 = 693 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

Atalet kuvvetlerinden oluşan gerilim " σ_4 "

$$\text{Atalet momenti} \quad M_4 := 0.075 \cdot L_K \cdot \left[(q_K + q_{SP}) \cdot L_K + \frac{F_A}{2} \right] \quad M_4 = 2393128 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}$$

$$\text{Atalet gerilimi} \quad \sigma_4 := \frac{M_4}{W_Z} \quad \sigma_4 = 185 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

Araba kasılmasından oluşan gerilim " σ_5 "

$$\text{Araba kasılması momenti} \quad M_5 := 0.05 \cdot L_{TA} \cdot (F_A + F_Y) \quad M_5 = 700000 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}$$

$$\text{Araba kasılması gerilimi} \quad \sigma_5 := \frac{M_5}{W_Z} \quad \sigma_5 = 54 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

H - Hali için vinç kirişindeki normal gerilmeler σ_{max} ve σ_{min}

Yükleme grubu katsayısı " k_B " Yükleme grubu B3 için

$$k_B := 1.05$$

$$\text{max normal gerilme } \sigma_{max} \quad \sigma_{max} := k_B \cdot (\sigma_1 + \sigma_2 + \psi_K \cdot \sigma_3 + \sigma_4 + \sigma_5)$$

$$\sigma_{max} = 1208 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

$$\text{Min normal gerilme} \quad \sigma_{min} := \sigma_1 + \sigma_2$$

$$\sigma_{min} = 218 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

$$\text{Genel sınır değerler oranı} \quad \kappa_{2hes} := \frac{\sigma_{min}}{\sigma_{max}}$$

$$\kappa_{2hes} = 0.18$$

Kirişteki kayma gerilmesi " τ_{max} "

$$\text{Kirişte torsiyon momenti} \quad M_t := \frac{\psi_K \cdot F_Y + k_B \cdot F_A}{2} \cdot Y_{S4} \quad M_t = 14327 \cdot \text{m} \cdot \text{kg}$$

$$\text{Bret'e göre ortalama torsiyon alanı} \quad A_{Or} := (Y_{S2} + Y_{S4}) \cdot (Z_{S3} + Z_{S1}) \quad A_{Or} = 16272 \cdot \text{cm}^2$$

$$\tau_{max} := \frac{(\psi_K \cdot F_Y + k_B \cdot F_A)}{4 \cdot t_2} \cdot \left[\frac{Y_{S4} + 0.2 \cdot Z_{SR}}{(Y_{S2} + Y_{S4}) \cdot (Z_{S1} + Z_{S3})} + \frac{1}{h_2} \right] \quad \tau_{max} = 258.9 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

Statik kontrol

$$\sigma_{kar} := \sqrt{\sigma_{max}^2 + 3 \cdot \tau_{max}^2}$$

$$\sigma_{kar} = 1289 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

$$\sigma_{kar} = 1289 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

$$\sigma_{St\zeta EM} = 1600 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

$$\frac{\sigma_{St\zeta EM}}{\sigma_{kar}} = 1.242 > 1 \cdot i \cdot O \cdot$$

Dinamik kontrol

FEM e göre dinamik değişken mukavemet değeri :

Yükleme grubu $Y_{Gr} = "B3"$ ve $\zeta_{Gr} = "K4"$ için

$$\sigma_{Wx} := 764 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

Sınır değerler oranı

$$\kappa_{2hes} = 0.18$$

$$\kappa_0 := 0 \quad \text{için değişken mukavemet değeri} \quad \sigma_{D\zeta EM0} := \frac{5}{3} \cdot \sigma_W$$

$$\sigma_{D\zeta EM0} = 1273 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

$$\kappa_{2hes} = 0.18 \quad \text{için} \quad \sigma_{D\zeta EM2} := \frac{\sigma_{D\zeta EM0}}{1 - \left(1 - \frac{\sigma_{D\zeta EM0}}{0.75 \cdot R_m} \right) \cdot \kappa_{2hes}}$$

$$\sigma_{D\zeta EM2} = 1400 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

Emniyet katsayısı

$$\frac{\sigma_{D\zeta EM2}}{\sigma_{kar}} = 1.086 > 1 \cdot i \cdot O \cdot$$

Çentik grubunu K4 almamıza rağmen hesaplar yeterli sonuç veriyor.

Emniyet katsayıları 1 den büyük olduğundan kiriş fonksiyonunu yapar. Fakat yan ve üst kuşak plakalarının buruşma kontrolü yapılmalıdır.

Ters sehim

Yan boşluk değeri	$L_{CA} := 0.5 \cdot (L_K - L_{TA})$	$L_{CA} = 11.3 \text{ m}$
Kirişin öz ağırlık sehimi	$f_{Ki} := \frac{5 \cdot L_K^4 \cdot (q_K + q_{SP})}{384 \cdot E_{dyn} \cdot I_Y}$	$f_{Ki} = 4.4 \cdot \text{mm}$
Arabanın ağırlığından oluşan tekerlek yükü	$F_{ATek} := 0.25 \cdot F_A$	$F_{ATek} = 1500 \text{ kg}$
Arabanın ağırlık sehimi	$f_A := \frac{F_{ATek} \cdot L_{CA} \cdot (3 \cdot L_K^2 - 4 \cdot L_{CA}^2)}{24 \cdot E_{dyn} \cdot I_Y}$	$f_A = 0.19 \cdot \text{cm}$
Yükten oluşan tekerlek yükü	$F_{YTek} := 0.25 \cdot F_Y$	$F_{YTek} = 12500 \text{ kg}$
Yükün sehimi	$f_Y := \frac{F_{YTek} \cdot L_{CA} \cdot (3 \cdot L_K^2 - 4 \cdot L_{CA}^2)}{24 \cdot E_{dyn} \cdot I_Y}$	$f_Y = 16.0 \cdot \text{mm}$
Toplam Sehimi	$f_{Top} := f_{Ki} + f_A + f_Y$	$f_{Top} = 2.2 \cdot \text{cm}$
Ters sehimi	$f_{Ters} := f_{Ki} + f_A + 0.5f_Y$	$f_{Ters} = 14.3 \cdot \text{mm}$

Kiriş ortasına f_{Ters} kadar ters sehim verilir. Konstrüksiyona göre ters sehim uçlara doğru orantılı verilir.

Üst kuşak ile yan plakanın DIN 18800 e göre yapılan hesaplarında plakaların buruşmayacağı görülmüştür.

Üst kuşak ile yan plakanın DIN 4114 e göre yapılan hesaplarında plakaların buruşacağı görülmüştür. Son hesap şeklimiz DIN 18800 olduğu için konstrüksiyonu bu ölçülerle yapabiliriz.

Örnek 2 de kirişin ağırlığı 13'554 kg ve Örnek 4 de 10'056 kg. Kirişimiz 3'498 kg daha hafif.

DİKKAT; Bütün yapılan hesapların analizi konstrüksiyon kriteri ile 41_08 dosyasına görülecektir.

5. Konu İndeksi

A

Arabanın öz ağırlığından oluşan gerilim
" σ_2 "8

B

Bir tekerleği etkileyen dik kuvvet.....2

K

Kiriş profilinin seçimi2

Kirişe ters sehim verilmesi..... 14

Kirişin öz ağırlığından oluşan gerilim
" σ_1 "7

Kirişin öz ağırlık sehimi.....13

Kirişteki enine gerilim " σ_{egII} "2

Kirişteki normal eğilme gerilimi " σ_{egl} "7

M

Mukavemet momenti..... 4

R

Raylı profil 2

T

Ters sehim 13, 14

Toplam kayma gerilimi " τ_{top} " 12

Toplam sehim 14

Y

Yüklem grubu katsayısı " k_B " 7

Yükün ağırlık sehimi.....13