

İlk yayın: 2012 Haziran

[www.guven-kutay.ch](http://www.guven-kutay.ch)

# VİNÇTE ÇELİK KONSTRÜKSİYON

## MONORAY KİRİŞ

41\_01

***M. Güven KUTAY***

***Son düzeltme: 30 Temmuz 2017***

***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	Monoray 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	Hesaplanan sehim değeri.....	3
1.2	Kirişte normal gerilimler " $\sigma_x$ ; $\sigma_y$ ".....	3
1.2.1	Kirişteki normal eğilme gerilimi.....	3
1.2.1.1	Yükleme grubu katsayısı " $k_B$ ".....	3
1.2.1.2	Normal gerilimlerin dağılımı.....	4
1.2.1.3	Kirişin öz ağırlığından oluşan gerilim " $\sigma_1$ ".....	5
1.2.1.4	Ceraskal ve arabasının öz ağırlıklarından oluşan gerilim " $\sigma_2$ ".....	5
1.2.1.5	Yükün öz ağırlığından oluşan gerilim " $\sigma_3$ ".....	6
1.2.1.6	Atalet kuvvetlerinden oluşan gerilim " $\sigma_4$ ".....	6
1.2.1.7	Araba kasılmasından oluşan gerilim " $\sigma_5$ ".....	7
1.2.2	Ek gerilimler.....	8
1.2.2.1	Kaba hesap.....	8
1.2.2.2	Ek gerilimlerin hassas hesaplanması.....	9
1.2.2.2.1	Kirişin x-yönündeki (boyuna) ek gerilimi " $\sigma_{Ekx}$ ".....	11
1.2.2.2.2	Kirişin y-yönündeki ek gerilimleri " $\sigma_{Eky}$ ".....	11
1.2.3	Kayma gerilimleri.....	11
1.2.3.1	Kesme gerilimi " $\tau_{Or}$ ".....	12
1.2.3.2	Torsiyon gerilimi " $\tau_t$ ".....	12
1.2.3.3	Toplam maksimum kayma gerilimi.....	13
1.3	Kiriş şekilleri.....	13
1.3.1	Standart hazır profiller ile konstrüksiyon.....	13
1.3.2	Kutu kiriş ile konstrüksiyon.....	13
1.3.2.1	Kirişin toplam alanı.....	16
1.3.2.2	Kirişin ağırlığı.....	16
1.3.2.3	Kirişin eylemsizlik momenti.....	17
1.4	Kirişin mukavemet hesabı.....	19
1.4.1	Kirişteki karşılaştırma gerilimi.....	19
1.4.2	Statik mukavemet kontrolü.....	19
1.4.3	Dinamik mukavemet kontrolü.....	20
1.5	Ters sehim.....	20
1.5.1	Kirişin öz ağırlık sehimi.....	20
1.5.2	Ceraskal ve arabanın öz ağırlık sehimi.....	20
1.5.3	Yükün ağırlık sehimi.....	21
1.5.4	Toplam sehim.....	21
1.5.5	Ters sehim.....	21
1.5.6	Kirişe ters sehim verilmesi.....	21
2	Örnekler.....	23
2.1	Örnek 1 - 3,2tx6,3m, NPI profilli monoray vinç.....	23
2.2	Örnek 2 - 6,3tx11m, IPB = HEB profilli monoray vinç.....	28
2.3	Örnek 3 - 2tx20m, Kutu kiriş monoray vinç.....	33
2.4	Örnek 4 - 3,2tx20m, Kutu kiriş monoray vinç.....	40
2.5	Örnek 5 - 3,2tx20m, Kutu kiriş monoray vinç, hafif konstrüksiyon.....	47
2.6	Örnek 6 - 3,2tx20m, Kutu kiriş monoray vinç, Yan plaka takviyeli.....	54
3	Konu İndeksi.....	60

## 0 Monoray Kirişler

Monoray kirişler genelde iki kısımda toplanır.

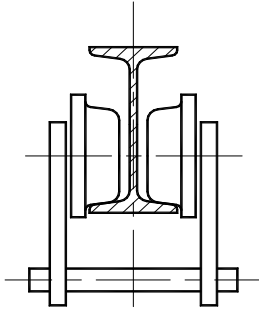
1. "Standart Profiller ve Kutu Kirişler."
2. "Özel konstrüksiyonlar, Karışık ve Kafes konstrüksiyonlar, v.b."

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

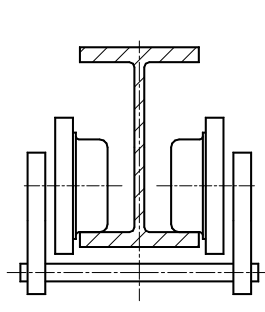
### 1 Standart Hazır Profiller ve Kutu Kirişler

Dolu kesitli tek kirişleri şu şekilde sıralayabiliriz;

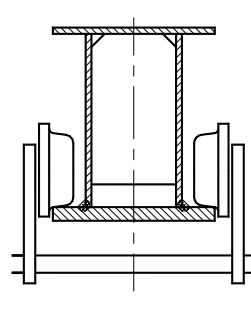
- Standart Hazır Profiller; NP, IPE, IPB v.b.
- Özel konstrüksiyon kutu kirişler.



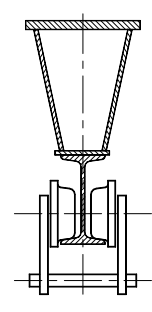
Şekil 1, NPI-Kiriş



Şekil 2, IPB-Kiriş

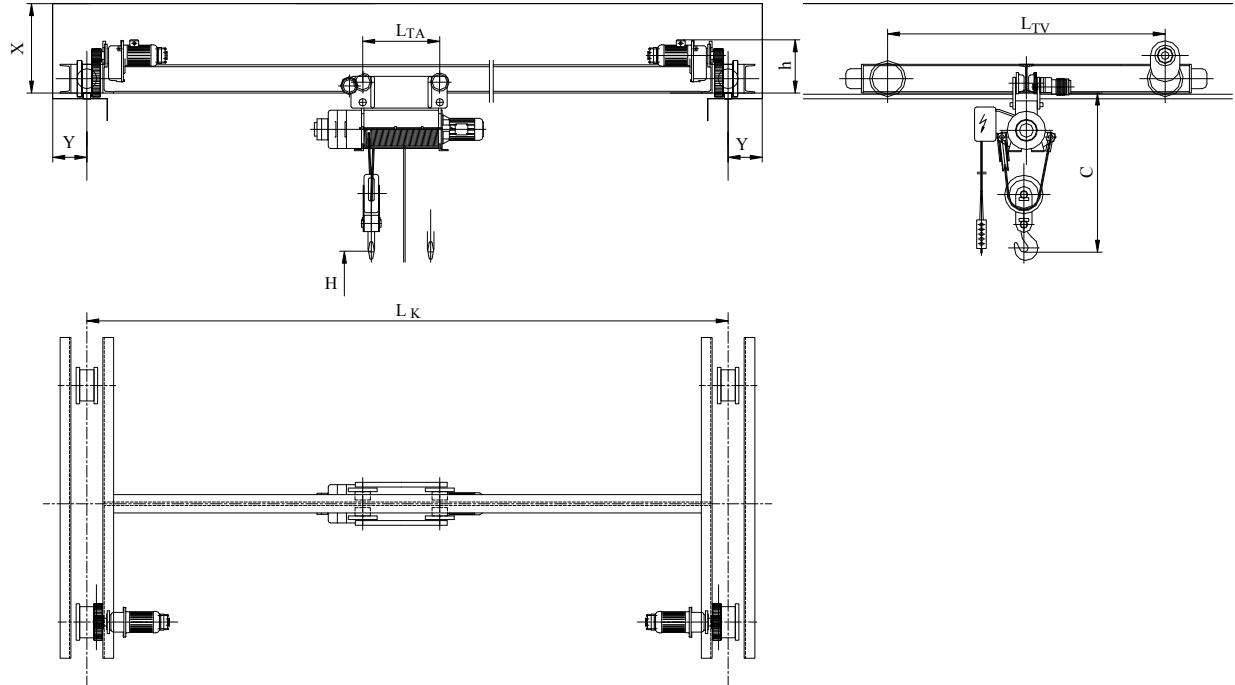


Şekil 3, Kutu Kiriş



Şekil 4, Karışık Kiriş

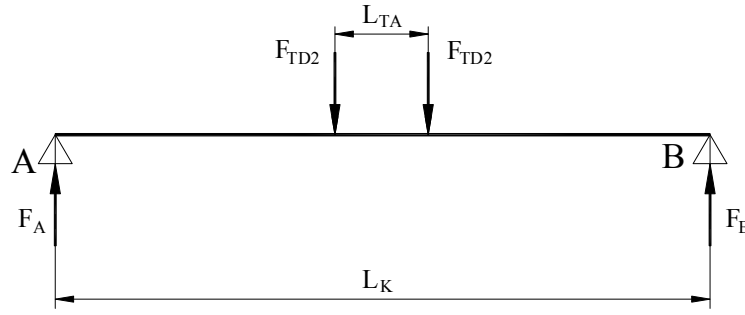
Aşağıda Şekil 5 ile NP li tek kirişli vinç gösterilmiştir. Genel olarak bütün tek kirişli vinçlerin hesaplarında gidilen yol şöyledir; tek kiriş profili seçilir ve kontrol hesabı yapılır.



Şekil 5, Monoray vinç

Kirişin seçimi giriş fasikülünde verilen "**Temel bilgiler**" 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 yapılabilecekse piyasadaki profil seçilir. Eğer bu profiller yeterli değilse özel profil veya kutu kiriş konstrüksiyonu yapılır.

## 1.1 Kiriş profilinin seçimi



Şekil 6, Tek Kiriş şematik

### 1.1.1 Gereken eylemsizlik momenti

$$I_{yger} \approx \frac{F_{TD2} \cdot (L_K - L_{TA})}{48 \cdot E \cdot f_{ger}} \cdot [3 \cdot L_K^2 - (L_K - L_{TA})^2] \quad F (1)$$

$I_{yger}$	cm <sup>4</sup>	Kiriş profilinin y-y için gerekli atalet momenti
$F_{TD2}$	kg	İki tekerleği etkileyen dik kuvvet
$L_K$	cm	Vinç ray açıklığı, hesapsal kiriş boyu
$L_{AT}$	cm	Arabanın tekerlek açıklığı
$E$	kg/cmm <sup>2</sup>	Kiriş malzemesinin elastiklik modülü
$f_{ger}$	cm	Kabul edilen gerekli sehim

Bunun yanında kiriş kuşağının kalınlığı için tecrübelere dayanan şu şart dikkate alınmalıdır:

$$t_{ger} \approx \sqrt{\frac{5 \cdot F_{TD}}{\sigma_{EM}}} \quad F (2)$$

$t_{ger}$	cm	Profil kuşağının gerekli ortalama kalınlığı
$F_{TD}$	kg	Bir tekerleği etkileyen dik kuvvet, bak F (4)
$\sigma_{EM}$	kg/cm <sup>2</sup>	Emniyetli mukavemet değeri, genelde 1.Hal

Seçilecek profilin kesit atalet momenti ve ortalama kuşak (flaş) kalınlığı 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 Tekerlekleri etkileyen dik kuvvet

$$\text{İki tekerleği etkileyen dik kuvvet} \quad F_{TD2} = 0,5 \cdot (\psi_K \cdot F_Y + \phi_K \cdot F_{C+A}) \quad F (3)$$

$$\text{Bir tekerleği etkileyen dik kuvvet} \quad F_{TD} = 0,25 \cdot (\psi_K \cdot F_Y + \phi_K \cdot F_{C+A}) = 0,5 \cdot F_{TD2} \quad F (4)$$

$\psi_K$	1	Kaldırma yükü katsayısı
$\phi_K$	1	Öz ağırlık katsayısı
$F_Y$	kg	Yük kuvveti
$F_{C+A}$	kg	Ceraskal ile arabanın öz ağırlık kuvveti

### 1.1.3 Hesaplanan sehım değeri

$$f_{hes} = \frac{F_{TD2} \cdot (L_K - L_{TA})}{48 \cdot E \cdot I_y} \cdot [3 \cdot L_K^2 - (L_K - L_{TA})^2] \quad F (5)$$

$F_{TD2}$	kg	İki tekerleği etkileyen dik kuvvet
$L_K$	cm	Köprü ray açıklığı, hesapsal kiriş boyu,
$L_{TA}$	cm	Arabanın tekerlek açıklığı
$E$	kg/cm <sup>2</sup>	Kiriş malzemesinin elastiklik modülü
$I_y$	cm <sup>4</sup>	Kiriş profilinin y-y eksenı atalet momenti

### 1.2 Kirişte normal gerilimler " $\sigma_x$ ; $\sigma_y$ "

Kirişte normal gerilimler " $\sigma_x$  ve  $\sigma_y$ "

$$\sigma_x = \sigma_{alt} + \sigma_{Ekx} \quad F (6)$$

$$\sigma_y = \sigma_{Eky} \quad F (7)$$

$\sigma_x$	kg/cm <sup>2</sup>	Kirişte x-yönünde (boyuna) gerilim
$\sigma_{alt}$	kg/cm <sup>2</sup>	Kirişin alt kuşaðındaki normal eğilme gerilimi
$\sigma_{Ekx}$	kg/cm <sup>2</sup>	Kirişte x-yönündeki ek gerilim
$\sigma_{Eky}$	kg/cm <sup>2</sup>	Kirişte y-yönündeki ek gerilim

#### 1.2.1 Kirişteki normal eğilme gerilimi

Kirişteki normal eğilme gerilimi, kirişin üst kuşaðını etkileyen genel kuvvetlerden oluşan gerilimdir ve F ( 8 ) ile verilmiş olan değerlerle hesaplanır.

$$\sigma_{üst} = k_B \cdot (\sigma_1 + \sigma_2 + \psi_K \cdot \sigma_3 + \sigma_4 + \sigma_5) \quad F (8)$$

$$\sigma_{max} = \sigma_{üst} \quad F (9)$$

$$\sigma_{alt} = \sigma_{üst} \cdot e_1 / e_2 \quad F (10)$$

$$\sigma_{min} = \sigma_1 + \sigma_2 \quad F (11)$$

$\sigma_{üst}$	kg/cm <sup>2</sup>	Kirişin üst kuşaðındaki normal eğilme gerilimi
$k_B$	[-]	Yükleme grubu katsayısı
$\sigma_1$	kg/cm <sup>2</sup>	Kirişin öz ağırlığından oluşan gerilim
$\sigma_2$	kg/cm <sup>2</sup>	Ceraskal ve arabasının ağırlıklarından oluşan gerilim
$\psi_K$	[-]	Kaldırma yükü katsayısı
$\sigma_3$	kg/cm <sup>2</sup>	Yükün ağırlığından oluşan gerilim
$\sigma_4$	kg/cm <sup>2</sup>	Atalet kuvvetlerinden oluşan gerilim
$\sigma_5$	kg/cm <sup>2</sup>	Araba kasılmasından oluşan gerilim

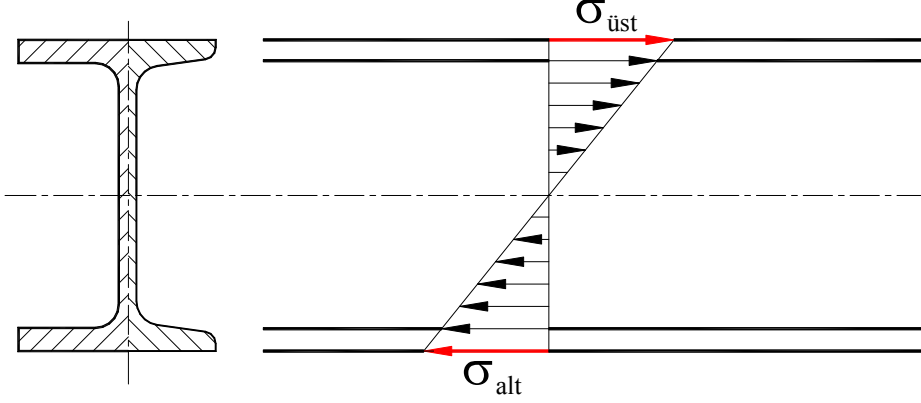
#### 1.2.1.1 Yüklem grubu katsayısı " $k_B$ "

Tablo 1, Yüklem 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

### 1.2.1.2 Normal gerilimlerin dağılımı

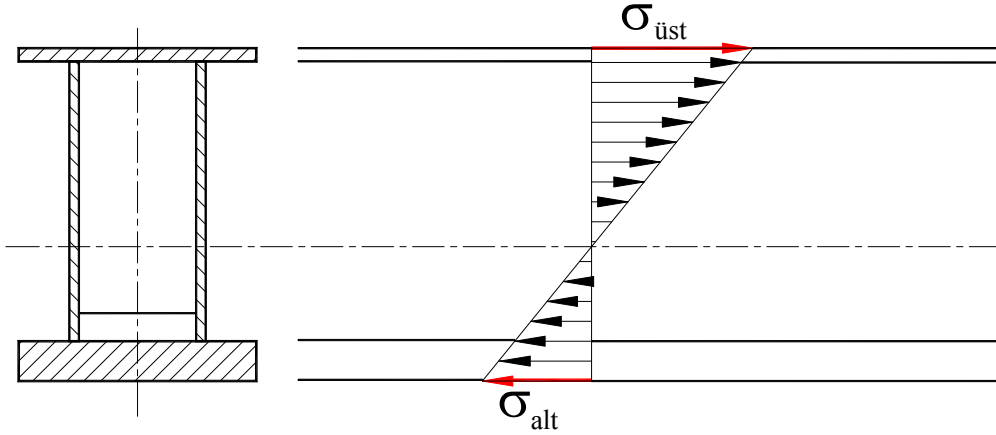
NPI veya IPB ile benzeri standart profillerin yapısı simetrik olduğundan nötr eksenleri sistemin tam ortasından geçer. Buda kirişteki normal eğilme geriliminin " $\sigma_{alt}$ " alt ve " $\sigma_{üst}$ " üst kuşakta eşit olması demektir.



Şekil 7, Standart profillerde normal eğilme gerilimi

Ek gerilimler alt kuşakta oluşacağından hesaplanan kirişteki normal eğilme gerilimi ile ek gerilimler aritmetik olarak toplanıp, x veya y yönündeki gerilimler bulunur. Buruşma kontrolünde ise bası gerilimi olarak yalnız normal eğilme gerilimi " $\sigma_{üst}$ " kullanılmalıdır.

Bunun yanında kutu kirişte alt kuşakla üst kuşak ekonomik açıdan eşit seçilmediğinden z-z eksenine göre sistem simetrik olduğundan nötr eksenini tam ortada, fakat y-y eksenine göre alt kuşağa daha yakın olacaktır. Buda hesaplanan kirişteki normal eğilme geriliminin üst kuşaktaki normal eğilme gerilimi olmasını sağlar.



Şekil 8, Kutu kirişte normal eğilme gerilimi

Hesaplarda x veya y yönündeki gerilimler hesaplanırken bu durum dikkate alınmalıdır. Alt kuşakta tekerlek basıncından oluşan ek gerilimler alt kuşak normal eğilme gerilimi ile toplanıp elde edilen gerilim " $\sigma_{alt}$ " kirişin çekiye zorlanan kısmı olarak mukavemet hesabında kullanılmalıdır.

$$\sigma_{alt} = \frac{\sigma_{üst} \cdot e_1}{e_2}$$

F ( 12 )

$\sigma_{egl}$	kg/cm <sup>2</sup>	Kirişteki hesaplanan normal eğilme gerilimi
$e_1$	cm	Nötr eksenini küçük mesafesi
$e_2$	cm	Nötr eksenini büyük mesafesi

### 1.2.1.3 Kirişin öz ağırlığından oluşan gerilim " $\sigma_1$ "

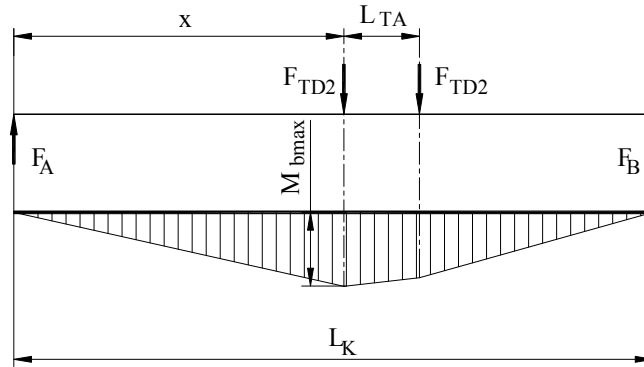
Kirişin öz ağırlığından oluşan gerilim F ( 13 ) ve Şekil 9 ile hesaplanır.

$$\sigma_1 = \frac{\varphi_K \cdot q_K \cdot L_K^2}{8 \cdot W_y} \quad F ( 13 )$$

$\varphi_K$	[-]	Öz ağırlık katsayısı
$q_K$	kg/cm	Kirişin birim kuvveti
$L_K$	cm	Kirişin boyu
$W_y$	cm <sup>3</sup>	Kirişin mukavemet momenti

### 1.2.1.4 Ceraskal ve arabasının öz ağırlıklarından oluşan gerilim " $\sigma_2$ "

Ceraskal ve arabasının ağırlıklarından oluşan gerilim formül F ( 14 ) ve Şekil 9 göre hesaplanır.



Şekil 9, Yük, ceraskal ve arabasının öz ağırlık momentinin kirişte dağılımı

Ceraskal ve arabanın ağırlıklarından oluşan gerilim genel olarak şu şekilde bulunur;

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

Burada oluşan maksimum moment " $M_2$ " nin hesabı, arabanın yerinin bulunması ile başlar. Burada Şekil 9 e göre "B" tarafındaki moment denklemini yazarsak "A" dayanak kuvvetini buluruz:

$$F_A \cdot L_K - 0,5 \cdot F_{C+A} \cdot (L_K - x) - 0,5 \cdot F_{C+A} \cdot (L_K - x - L_{TA}) = 0$$

$$F_A = \frac{F_{C+A}}{2 \cdot L_K} \cdot (2 \cdot L_K - 2 \cdot x - L_{TA})$$

Burada "x" kesitindeki moment:

$$M_{Fx} = F_A \cdot x = \frac{F_{C+A}}{2 \cdot L_K} \cdot (2 \cdot L_K \cdot x - 2 \cdot x^2 - L_{TA} \cdot x)$$

Maksimum moment değerini bulmak için denklemin türevini alıp sifıra eşitlememiz gerekir:

$$\frac{dM_{Fx}}{dx} = 0 = \frac{F_{C+A}}{2 \cdot L_K} \cdot (2 \cdot L_K - 4 \cdot x - L_{TA})$$

Burada yalnız parantez içi sıfır olabilir:

$$2 \cdot L_K - 4 \cdot x - L_{TA} = 0$$

Böylece:

$$x = \frac{L_K}{2} - \frac{L_{TA}}{4}$$

Bu x değerini türevini aldığımız formülde yerleştirirsek arandığımız maksimum momenti buluruz :

$$M_2 = \frac{F_{C+A}}{16 \cdot L_K} \cdot (2 \cdot L_K - L_{TA})^2$$

Ceraskal ve arabasının öz ağırlıklarından oluşan gerilim F ( 14 ) ile bulunur:

$$\sigma_2 = \frac{F_{C+A}}{16 \cdot L_K \cdot W_y} \cdot (2 \cdot L_K - L_{TA})^2 \quad F ( 14 )$$

$F_{C+A}$	kg	Ceraskal ve arabanın ağırlık kuvveti
$L_K$	cm	Kirişin boyu
$W_x$	cm <sup>3</sup>	Kirişin mukavemet momenti
$L_{TA}$	cm	Arabasının tekerlek açıklığı

### 1.2.1.5 Yükün öz ağırlığından oluşan gerilim " $\sigma_3$ "

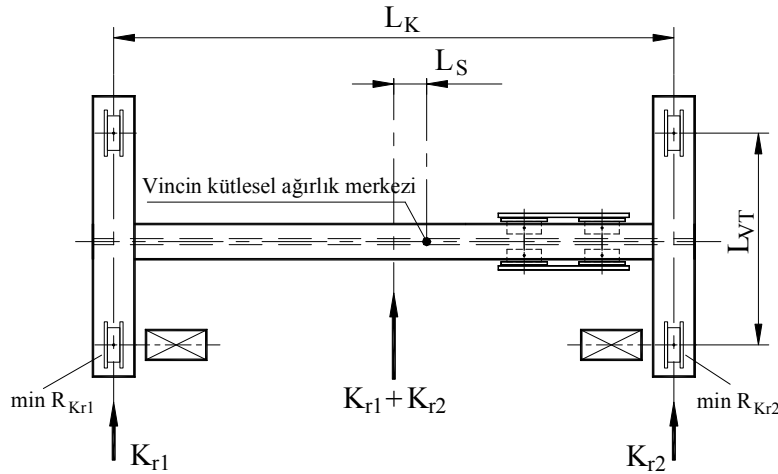
Yükün öz ağırlığından oluşan gerilim ceraskal ve arabasının öz ağırlıklarından oluşan gerilim gibi hesaplanır. Burada yükün kuvveti  $F_Y$  devreye girer.

$$\sigma_3 = \frac{F_Y}{16 \cdot L_K \cdot W_y} \cdot (2 \cdot L_K - L_{TA})^2 \quad F ( 15 )$$

$F_Y$	kg	Yükün kuvveti
$L_K$	cm	Kirişin boyu
$W_y$	cm <sup>3</sup>	Kirişin y-y eksenli mukavemet momenti
$L_{TA}$	cm	Arabasının tekerlek açıklığı

### 1.2.1.6 Atalet kuvvetlerinden oluşan gerilim " $\sigma_4$ "

Atalet kuvvetlerinden oluşan gerilim F ( 16 ) ve Şekil 10 ile hesaplanır. Vinç kirişi ve arabasının kütesinin doğurduğu atalet kuvvetinden oluşan gerilim, DIN 15 018 e göre bulunan yatay kuvvetler ile hesaplanır. DIN 15 018 e göre ivme veya frenlemeden doğan kütle kuvvetlerinin sonucu olarak yatay tekerlek kuvvetleri aşağıda gösterildiği gibi bulunur. Bu hesaplarda vinç tekerleklerinin ikisinin karşılıklı ayrı ayrı tahrik edildiği kabul edilir. Vincin atalet kuvvetlerinden ileri gelen gerilim demek, frenlenen tekerleklerdeki sürtünme kuvvetinden oluşan momentin doğurduğu gerilim demektir. Tekerleklerdeki dik kuvvet hesaplamasında yük dikkate alınmaz. Çünkü yük halatla arabaya bağlı olduğundan halat sönümleme işi görür ve yükün tekerleği etkilemediği kabul edilir.



Şekil 10, Monoray vinçte atalet kuvvetinin analizi

Kütlerden oluşan gerilim genel olarak şu şekilde bulunur;

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

Atalet kuvvetlerinden ileri gelen moment " $M_4$ " şu şekilde hesaplanır:

$$M_4 = 0,5 \cdot L_K \cdot K_{r1}$$

Vinç tekerleğindeki ivme ve frenlemeden ileri gelen hareket yönündeki yatay sürtünme kuvveti " $K_{r1}$ " :



$$K_{r1} = 1,5 \cdot \mu \cdot (\min R_{Kr1} + \min R_{Kr2})$$

Burada kullanılan 1,5 katsayısı bilinmeyen etkenleri göz önüne almak ve hesabı gereksiz yere detaylı yapmamak için seçilmiştir. Sürtünme katsayısı  $\mu$ , ray ve vinç yürüyüş tekerlekleri arasındaki kuvvet bağıntısını kurar. Ray ve tekerlek çelik olduğundan burada  $\mu = 0,2$  alınır. Bu hesaplarda kritik durum, arabanın kirişin tam ortasında olmasıdır. Böylece kiriş ve arabanın öz ağırlığının vinç yürüyüş tekerleklerindeki minimum dik kuvveti  $\min R_{Kr1} = \min R_{Kr2}$  ve  $K_{r1} = K_{r2}$  kabul edilirse, vinç yürüyüş tekerleğindeki ivme ile frenlemeden ileri gelen hareket yönündeki yatay kuvvet  $K_{r1}$  şu formülle bulunur:

$$K_{r1} = 1,5 \cdot 0,2 \cdot \min R_{Kr1} = 0,3 \cdot \min R_{Kr1}$$

Kiriş ve arabanın öz ağırlığının vinç tekerleklerindeki minimum dik kuvvetinin ( $\min R_{Kr1}$ ) hesabı:

$$\min R_{Kr1} = 0,5 \cdot [\varphi_K \cdot q_K \cdot L_K + F_{C+A}]$$

Bu değeri  $K_{r1}$  denkleminde yerleştirirsek:

$$K_{r1} = 0,15 \cdot [\varphi_K \cdot q_K \cdot L_K + F_{C+A}]$$

Böylece atalet kuvvetlerinin doğurduğu eğilme momenti " $M_3$ " şu şekilde hesaplanır:

$$M_3 = 0,5 \cdot L_K \cdot 0,15 \cdot [\varphi_K \cdot q_K \cdot L_K + F_{C+A}]$$

$$M_3 = 0,075 \cdot L_K \cdot [\varphi_K \cdot q_K \cdot L_K + F_{C+A}]$$

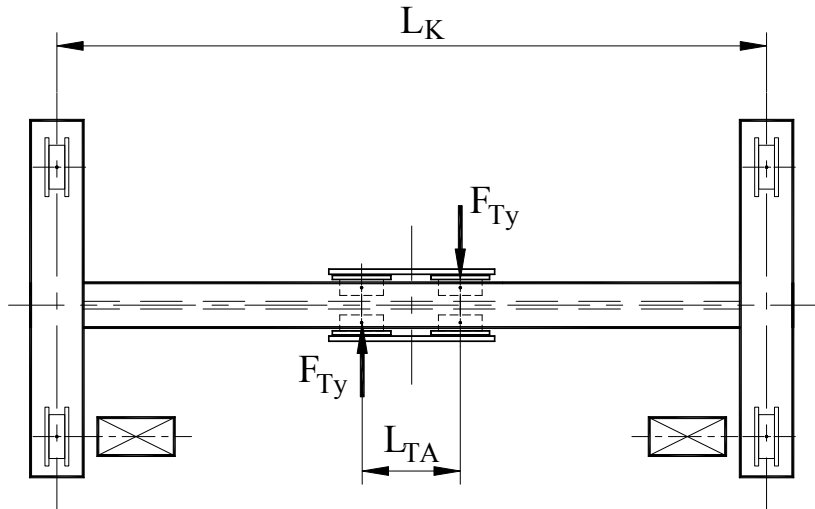
Atalet kuvvetlerinden oluşan gerilim " $\sigma_3$ " bilinen ana büyüklüklerle şu şekilde hesaplanır:

$$\sigma_3 = 0,075 \cdot \frac{L_K}{W_z} \cdot (\varphi_K \cdot q_K \cdot L_K + F_{C+A}) \quad F (16)$$

$L_K$	m	Kirişin boyu
$W_z$	cm <sup>3</sup>	Kirişin z-z eksenli mukavemet momenti
$\varphi_K$	[-]	Öz ağırlık katsayısı
$q_K$	kg/cm	Kirişin birim kuvveti
$F_{C+A}$	kg	Ceraskal ve arabasının öz ağırlığı

### 1.2.1.7 Araba kasılmasından oluşan gerilim " $\sigma_5$ "

Araba kasılmasından oluşan gerilim genel olarak şu şekilde bulunur;



Şekil 11, Araba kasılmasının analizi

Araba kasılmasından oluşan gerilim:

$$\sigma_5 = \frac{F_{TD} \cdot L_{TA}}{5 \cdot W_z} \quad F (17)$$

$F_{TD}$	kg	Bir tekerleğin dik kuvveti
$L_{TA}$	cm	Arabanın tekerlek açıklığı
$W_z$	cm <sup>3</sup>	Kirişin z-z eksenli mukavemet momenti

## 1.2.2 Ek gerilimler

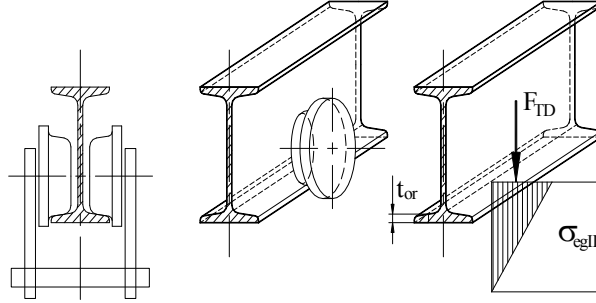
Hesaplar uzun zaman 1970 li yıllara kadar genelde "*Ernst*" e göre ve ender olarak "*Ernst ve Gregor*" a göre yapılmıştır. 80 li yıllarda mukavemet hesapları hassas olarak "*FEM 9.341: Örtliche Trägerbeanspruchung, 10/83*" ve "*Hannover, H.O., Reichwald, R.*" göre yapılmaya başlandı ve karşılaştırma mukavemet değeride "*Huber-Mises-Hencky*" hipotezine göre kabul edildi. Fakat çoğu yerde hesaplar pratik olarak "*Ernst ve Gregor*" a göre kabaca, ve bu yeterli görülmesse hassas olarak "*FEM*" e göre yapılır. Çoğu zaman pratikte kaba hesap yeterli görülerek konstrüksiyona geçilir.

### 1.2.2.1 Kaba hesap

Mukavemet hesapları 1970 li yıllara kadar hesaplar kabaca "*Ernst*" e göre tecrübeler sonucu elde edilen şu formüllerle yapıldı.

$$\sigma_{\max} = \sigma_{\text{egI}} + \sigma_{\text{egII}} + \sigma_{\text{egIII}} \leq \sigma_{\text{çEM}} \quad \text{F ( 18 )}$$

$\sigma_{\text{egI}}$	kg/cm <sup>2</sup>	Kirişteki normal eğilme gerilimi
$\sigma_{\text{egII}}$	kg/cm <sup>2</sup>	Kirişteki enine gerilim
$\sigma_{\text{egIII}}$	kg/cm <sup>2</sup>	Kirişteki boyuna gerilim
$\sigma_{\text{çEM}}$	kg/cm <sup>2</sup>	Kiriş malzemesinin emniyetli mukavemet değeri



Şekil 12, Kirişteki enine gerilim

- **Kirişte enine gerilimler " $\sigma_{\text{egII}}$ "**

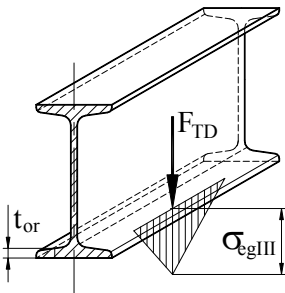
Kirişte enine gerilim kabaca F ( 19 ) ile hesaplanır.

$$\sigma_{\text{egII}} = 2,8 \cdot \frac{F_{\text{TD}}}{t_{\text{or}}^2} \quad \text{F ( 19 )}$$

$\sigma_{\text{egII}}$	kg/cm <sup>2</sup>	Kirişteki enine gerilim
$F_{\text{TD}}$	kg	Tekerlek dik kuvveti
$t_{\text{or}}$	cm	Ortalama kuşak kalınlığı

- **Kirişte boyuna gerilimler " $\sigma_{\text{egIII}}$ "**

Kirişteki boyuna gerilim kabaca F ( 20 ) ile hesaplanır.



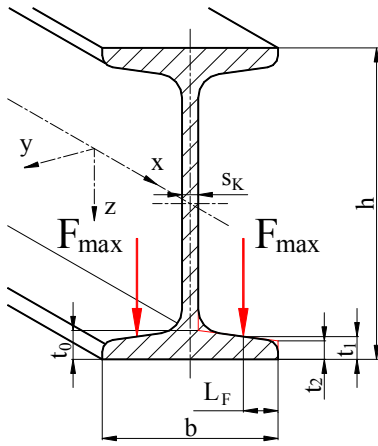
$$\sigma_{\text{egIII}} = 1,6 \cdot \frac{F_{\text{TD}}}{t_{\text{or}}^2} \quad \text{F ( 20 )}$$

$F_{\text{TD}}$	kg	Bir tekerleğe gelen dik kuvvet
$t_{\text{or}}$	cm	Ortalama kuşak kalınlığı

Şekil 13, Kirişteki boyuna gerilim

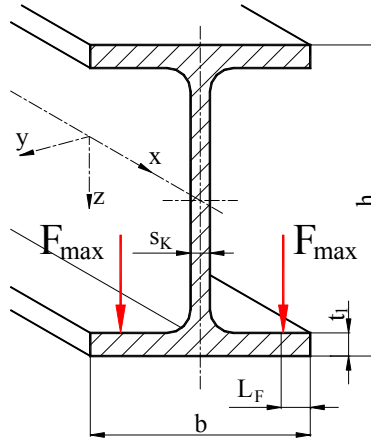
### 1.2.2.2 Ek gerilmelerin hassas hesaplanması

Kirişteki normal eğilme geriliminin yanısıra alt kuşakta tekerlek basıncından dolayı yerel gerilmeler oluşur.



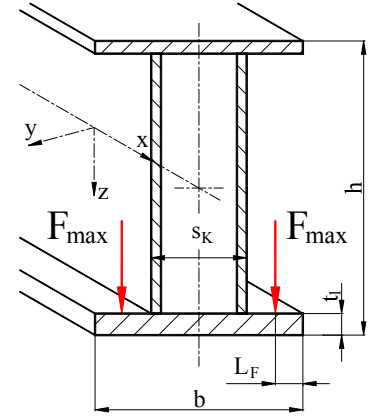
Şekil 14, Standart NPI-Profil

Alt kuşak eğik konstrüksiyon



Şekil 15, Paralel kuşaklı Profil

Alt kuşak paralel profil konstrüksiyon



Şekil 16, Kutu Kiriş

Düzeltilme faktörü " $\epsilon_{Dü}$ " "*FEM 9.341: Örtliche Trägerbeanspruchung, 10/83*" göre  $\epsilon_{Dü} = 0,75$  alınır. FEM in bu faktörle düzeltme yapılmasının sebebi tekerlek basıncından oluşan gerilmeler bölgesel olup hesaplanan gerilimin birkaç santimetre sonra çok çabuk azalmasıdır. Bu durumu dengelemek için bu düzeltme faktörü kullanılır.

Önce "*Ölçüler oranı katsayısı  $\lambda_P$* " yi belirlenir. Bu ölçüler oranı katsayısı eğik ve paralel alt kuşak konstrüksiyonları için aynıdır.

$$\lambda_P = \frac{2 \cdot L_F}{b - s_K}$$

F ( 21 )

$L_F$	cm	Kuvvetin kuşak kenarına olan mesafesi
$b$	cm	Alt kuşak genişliği
$s_K$	cm	Dikmenin kalınlığı

Paralel kuşaklı profilde (IPB ve Kutu kiriş) x ve y yönündeki ek gerilim katsayıları;

$$c_{x0} = 0,05 - 0,58 \cdot \lambda + 0,148 \cdot e^{(3,015 \cdot \lambda)}$$

F ( 22 )

$$c_{x1} = 2,23 - 1,49 \cdot \lambda + 1,390 \cdot e^{(-18,33 \cdot \lambda)}$$

F ( 23 )

$$c_{x2} = 0,73 - 1,58 \cdot \lambda + 2,910 \cdot e^{(-6,0 \cdot \lambda)}$$

F ( 24 )

$$c_{y0} = -2,11 + 1,977 \cdot \lambda + 0,0076 \cdot e^{(6,53 \cdot \lambda)}$$

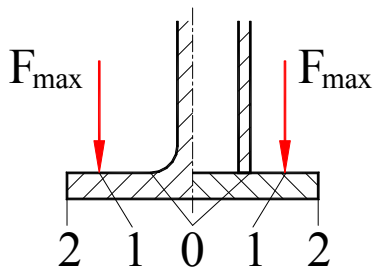
F ( 25 )

$$c_{y1} = 10,108 - 7,408 \cdot \lambda - 10,108 \cdot e^{(-1,364 \cdot \lambda)}$$

F ( 26 )

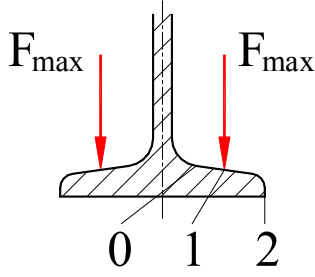
$$c_{y2} = 0$$

F ( 27 )



Şekil 17, Alt kuşak paralel profil

Eğik kuşaklı profilde x ve y yönündeki ek gerilim katsayıları;



$$c_{x0} = -0,981 - 1,479 \cdot \lambda + 1,120 \cdot e^{(1,322 \cdot \lambda)} \quad F (28)$$

$$c_{x1} = 1,810 - 1,150 \cdot \lambda + 1,060 \cdot e^{(-7,700 \cdot \lambda)} \quad F (29)$$

$$c_{x2} = 1,990 - 2,810 \cdot \lambda + 0,840 \cdot e^{(-4,690 \cdot \lambda)} \quad F (30)$$

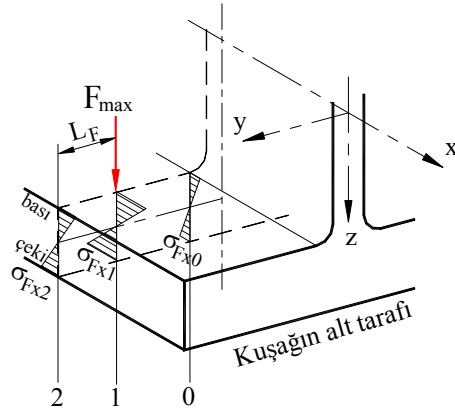
$$c_{y0} = -1,096 + 1,095 \cdot \lambda + 0,192 \cdot e^{(-6,0 \cdot \lambda)} \quad F (31)$$

$$c_{y1} = 3,965 - 4,835 \cdot \lambda - 3,965 \cdot e^{(-2,675 \cdot \lambda)} \quad F (32)$$

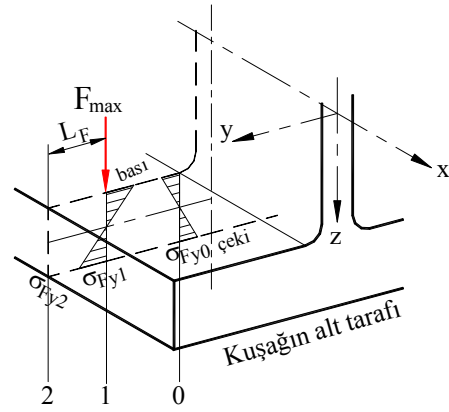
$$c_{y2} = 0 \quad F (33)$$

Şekil 18, Alt kuşak eğik profil

• *Kiriş alt kuşağındaki ek gerilimler*



Şekil 19, Profilde x-yönündeki gerilimler



Şekil 20, Profilde y-yönündeki gerilimler

*Kirişin x-yönündeki ek gerilimleri*

$$\sigma_{Fx0} = c_{x0} \cdot \frac{F_{max}}{t_0^2} \quad F (34)$$

$$\sigma_{x0} = \varepsilon_{Dü} \cdot \sigma_{Fx0} \quad F (36)$$

$$\sigma_{Fx1} = c_{x1} \cdot \frac{F_{max}}{t_1^2} \quad F (38)$$

$$\sigma_{x1} = \varepsilon_{Dü} \cdot \sigma_{Fx1} \quad F (40)$$

$$\sigma_{Fx2} = c_{x2} \cdot \frac{F_{max}}{t_2^2} \quad F (42)$$

$$\sigma_{x2} = \varepsilon_{Dü} \cdot \sigma_{Fx2} \quad F (44)$$

*Kirişin y-yönündeki ek gerilimleri*

$$\sigma_{Fy0} = c_{y0} \cdot \frac{F_{max}}{t_0^2} \quad F (35)$$

$$\sigma_{y0} = \varepsilon_{Dü} \cdot \sigma_{Fy0} \quad F (37)$$

$$\sigma_{Fy1} = c_{y1} \cdot \frac{F_{max}}{t_1^2} \quad F (39)$$

$$\sigma_{y1} = \varepsilon_{Dü} \cdot \sigma_{Fy1} \quad F (41)$$

$$\sigma_{Fy2} = c_{y2} \cdot \frac{F_{max}}{t_2^2} = 0 \quad F (43)$$

$$\sigma_{y2} = \varepsilon_{Dü} \cdot \sigma_{Fy2} = 0 \quad F (45)$$

### 1.2.2.2.1 Kirişin x-yönündeki (boyuna) ek gerilimi " $\sigma_{Ekx}$ "

Kirişin alt kuşağında tekerlek basıncı ile oluşan yerel gerilimlerden kirişin x-yönündeki (boyuna) maksimum ek gerilimi, yukarıda verilen formüllere göre bulunan maksimum değerle F ( 46 ) ile hesaplanır.

$$\sigma_{Ekx} = \varepsilon_{Dü} \cdot \sigma_{xi} \quad F ( 46 )$$

$\varepsilon_{Dü}$	[-]	Düzeltilme faktörü
$\sigma_{xi}$	kg/cm <sup>3</sup>	Kirişin x-yönündeki (boyuna) maksimum ek gerilimi

### 1.2.2.2.2 Kirişin y-yönündeki ek gerilimleri " $\sigma_{Eky}$ "

Kirişin alt kuşağında tekerlek basıncı ile oluşan yerel gerilimlerden kirişin y-yönündeki (enine) maksimum ek gerilimi, yukarıda verilen formüllere göre bulunan maksimum değerle F ( 47 ) ile hesaplanır.

$$\sigma_{Eky} = \varepsilon_{Dü} \cdot \sigma_{yi} \quad F ( 47 )$$

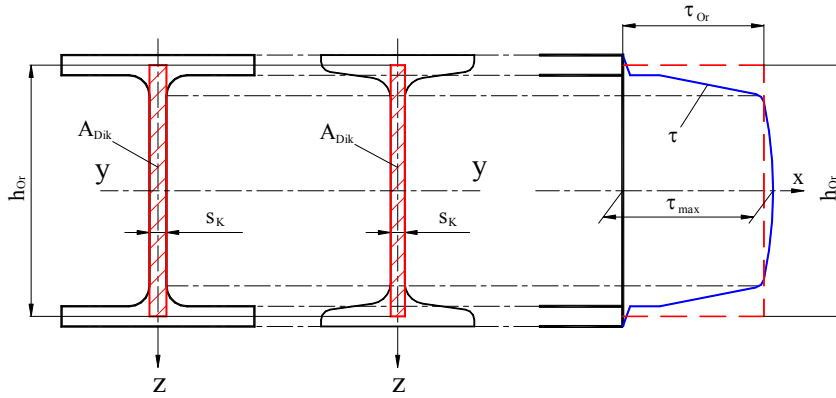
$\varepsilon_{Dü}$	[-]	Düzeltilme faktörü
$\sigma_{yi}$	kg/cm <sup>3</sup>	Kirişin y-yönündeki (enine) maksimum ek gerilimi

Kirişte y-yönünde (enine) gerilim " $\sigma_y$ " yalnız ek gerilimden oluşur ve kirişin y-yönündeki (enine) maksimum ek gerilimi ile hesaplanan değer kabul edilir.

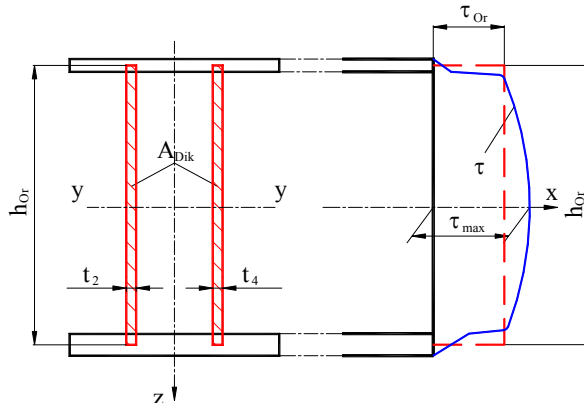
$$\sigma_y = \sigma_{Eky} \quad F ( 48 )$$

### 1.2.3 Kayma gerilimleri

Kayma gerilimi olarak ortalama kesme gerilimi kullanılır. Şekil 21 ve Şekil 22 ile kayma gerilimlerinin dağılımı gösterilmiştir.



Şekil 21, Standart profillerde kayma gerilimleri



Şekil 22, Kutu Kirişte kayma gerilimleri

### 1.2.3.1 Kesme gerilimi " $\tau_{Or}$ "

Ortalama "Kesme gerilimi  $\tau_{Or}$ " F ( 49 ) ile hesaplanır:

$$\tau_{Or} = \frac{F_{TD2}}{A_{Dik}} = \frac{2 \cdot F_{TD}}{A_{Dik}} \quad F ( 49 )$$

$\tau_{Or}$	kg/ cm <sup>2</sup>	Ortalama kesme gerilimi
$F_{TD2}$	kg	Kesite dik kuvvet
$A_{Dik}$	cm <sup>2</sup>	Dik kuvveti taşıyan kesit alanı

#### Kesiteki dik kuvveti taşıyan kesit alanı

Profil kesitinde  $A_{Dik} = h_{Or} \cdot s_K$  F ( 50 )

Kutu kiriş kesitinde  $A_{Dik} = h_{Or} \cdot (t_2 + t_4)$  F ( 51 )

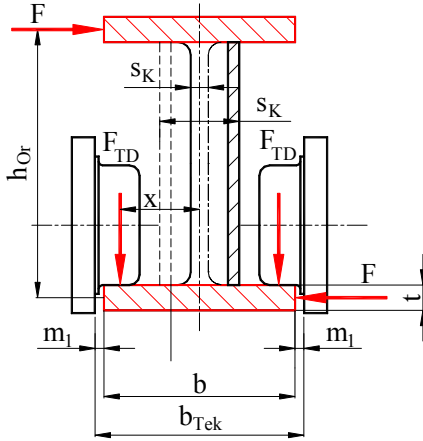
$h_{Or}$	cm	Ortalama dikme yüksekliği
$s_K$	cm	Dikme kalınlığı
$t_2, t_4$	cm	Yan plaka kalınlıkları

Ortalama dikme yüksekliği;

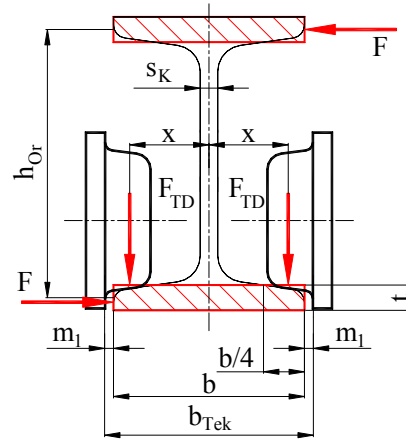
$$h_{Or} = h - t_1 \quad F ( 52 )$$

$h$	cm	Kiriş veya profil yüksekliği
$t_1$	cm	Kuşak (ortalama) kalınlığı

### 1.2.3.2 Torsiyon gerilimi " $\tau_t$ "



Şekil 23, Kutu + IPB kirişte torsiyon gerilimleri



Şekil 24, NPI kirişte torsiyon gerilimleri

Şekil 23 ile verilen paralel kuşaklı profil ile kutu kiriş arasında fark yoktur. Monoray kirişte torsiyon momenti;

$$M_t = (x - m_1) \cdot F_{TD2} - (x + m_1) \cdot F_{TD2}$$

$$M_t = 2 \cdot m_1 \cdot F_{TD2}$$

$$M_t = 4 \cdot F_{TD} \cdot m_1 \quad F ( 53 )$$

$F_{TD}$	kg	Bir tekerleğin dik kuvveti
$m_1$	cm	Tekerlek kuşak arası mesafesi

Tekerlek kuşak arası mesafesi Şekil 23 ile görülen boyutlarla F ( 54 ) ile hesaplanır.

$$m_1 = 0,5 \cdot (b_{\text{Tek}} - b) \quad \text{F ( 54 )}$$

$b_{\text{Tek}}$	cm	Tekerlekler flanş mesafesi
$b$	cm	Alt kuşak genişliği

**Torsiyon gerilimi " $\tau_t$ "**

$$F = M_t / h_{\text{Or}}$$

$$\tau_t = \frac{2 \cdot F_{\text{TD}} \cdot (b_{\text{Tek}} - b)}{h_{\text{Or}} \cdot A_{\text{Kuş}} \quad \text{F ( 55 )}$$

$F_{\text{TD}}$	kg	Kuşağı etkileyen kesit kuvveti
$M_t$	kg.cm	Monoray kirişte torsiyon momenti
$h_{\text{Or}}$	cm	Ortalama kuşak mesafesi
$A_{\text{Kuş}}$	cm <sup>2</sup>	Kuşak alanı

### 1.2.3.3 Toplam maksimum kayma gerilimi

Kirişteki maksimum kayma gerilimi " $\tau_{\text{max}}$ " F ( 56 ) ile hesaplanır:

$$\tau_{\text{top}} = \tau_{\text{Or}} + \tau_t \quad \text{F ( 56 )}$$

$$\tau_{\text{max}} = 2 \cdot F_{\text{TD}} \cdot \left( \frac{1}{A_{\text{Dik}}} + \frac{b_{\text{Tek}} - b}{h_{\text{Or}} \cdot A_{\text{Kuş}}} \right) \quad \text{F ( 57 )}$$

$\tau_{\text{Or}}$	kg/cm <sup>2</sup>	Ortalama kesme gerilimi
$\tau_t$	kg/cm <sup>2</sup>	Torsiyon gerilimi

## 1.3 Kiriş şekilleri

### 1.3.1 Standart hazır profiller ile konstrüksiyon

Standart hazır profil olarak genelde "normal I profil"i NPI veya "geniş paralel kuşaklı" IPB profilleri kullanılır. Profillerin değerleri şu tablolara verilmiştir.

NPI profillerinin hesaplar ve konstrüksiyon için gereken bütün değerleri, "Vinçte Çelik Konstrüksiyon, Genel Giriş" te verilmiştir.

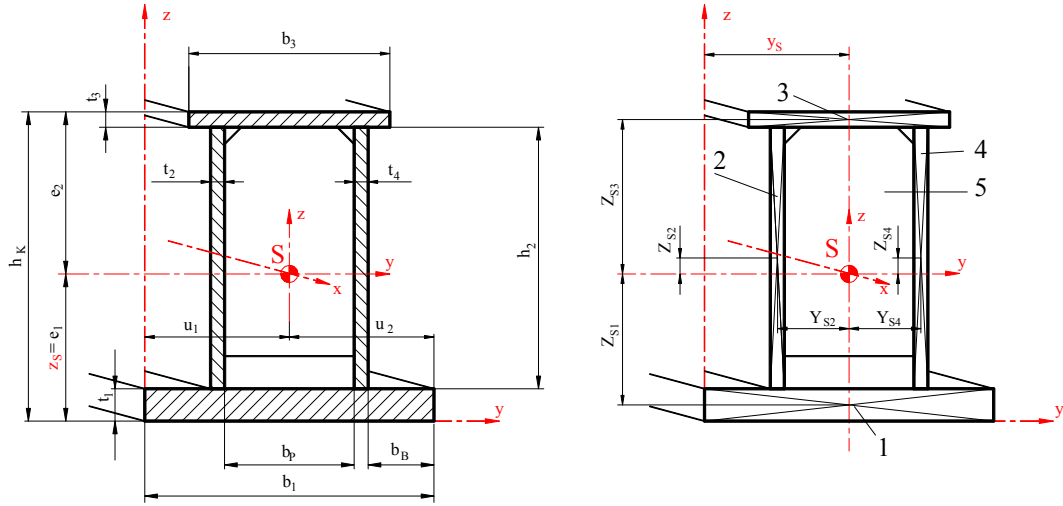
IPB profillerinin hesaplar ve konstrüksiyon için gereken bütün değerleri, "Vinçte Çelik Konstrüksiyon, Genel Giriş" te verilmiştir.

### 1.3.2 Kutu kiriş ile konstrüksiyon

Kutu kirişin hesaplar ve konstrüksiyon için gereken değerleri ya her hal için özel hesaplanır veya daha önceden firma standartı olarak kutu kiriş konstrüksiyonu yapılır. Kutu kiriş kesiti 4 parçadan oluşur (bak Şekil 25). Poz 1 "**Alt kuşak**" plakası, Poz 2 ve Poz 4 "**Yan plakalar**", Poz 3 "**Üst kuşak**" plakası ve bu parçaların yanı sıra, genelde her iki metrede bir, Poz 5 "**perde**" kullanılır. İlk Poz 4 ile kirişin eylemsizlik (atalet), karşı koyma momentleri hesaplanır. Ağırlıkta ek parçalar dikkate alınır Poz 5 perdeler ve benzeri parçalar gibi. Burada yapılan hesapların pratikte geçerli olması için ilk önce kutu kirişin kaynak ve bağlantı konstrüksiyonunun bu hesapların geçerli olabileceği şekilde yapılmış olması gerekir. Monoray araba yürüyüş tekerleğinin konstrüksiyonu kiriş profiline göre yapılmalıdır.

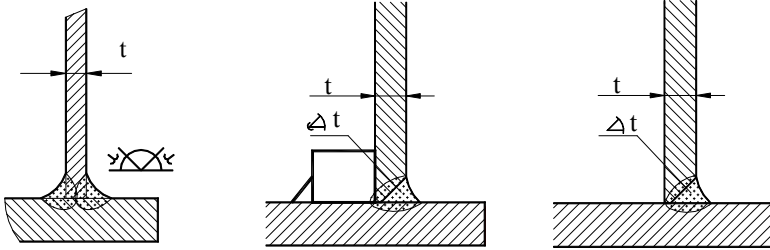
Normal konstrüksiyon için şu orantılar kullanıldığında takviyesiz kutu kiriş konstrüksiyonu yapılabilir;

- Yan plaka yüksekliği ile kalınlığı oranı;  $t_2 \approx h_2 / 125$
- Yan plaka üst kuşak kalınlığı oranı;  $t_3 \approx (1...2) t_2$
- Yan plakalar ara mesafesi  $b_{\text{Per}} \approx 0,5 \cdot h_2$

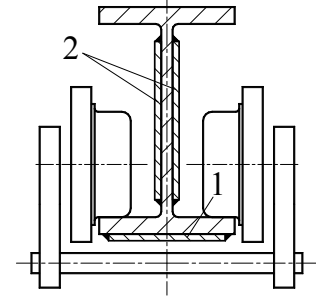


Şekil 25, Takviyesiz Kutu kirişin boyutları

Yan plakalar ile alt kuşak kaynağı için yan plakalara  $\alpha = 30$  ile  $45^\circ$  arası kaynak ağızı açmalı ve yan plakaların kaynak esnasında kaymaması içinde, 1m de bir 6-8 cm boyunda veya boydan boya dörtköşe çubukla arkadan desteklenmelidir. Kaynak sanki köklü kaynak gibi, en az yan plaka kalınlığını verecek kadar olmalıdır. Bak Şekil 26 . Yapılabilirse çift taraflı kaynak yapmak fonksiyon için çok daha iyi olur. Profil eklemelerinde gerekirse alt kuşak ve dikmeye takviye plakaları kaynatılmalıdır. Bak Şekil 27.



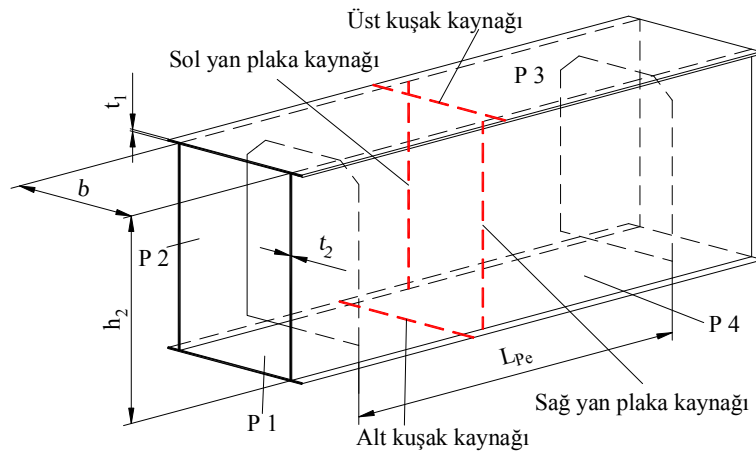
Şekil 26, Yan plakanın alt kuşağa kaynağı



Şekil 27, Alt kaynak takviyesi

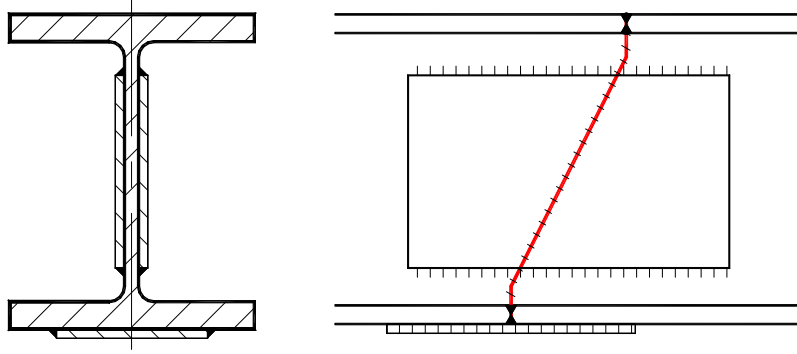
Tekerlek konstrüksiyonundada dikkat edilecek ölçü " $L_F$ ", kuvvetin alt kuşak kenarına olan mesafesidir. Bu ölçü en uygun büyüklükte seçilmelidir. " $L_F$ " eğer çok küçük olursa elde edilen boyuna gerilmeler çok büyük olur ve kirişin alt kuşaktan başlayan yırtılmalarla fonksiyonunu yapamaz hale gelmesi an meselesi olur. Tekerlek profili yürüyeceği profile uygun olmalıdır. Paralel kuşaklı profillerde silindirik, eğik kuşaklı profilde konik olması avantajdır.

Kiriş plakalarının kaynak bağlantıları en az 100 mm kayık alınmalı ve bir kesitte bir kaynak bağlantısından fazla kaynak bulunmamasına dikkat edilmelidir.



Şekil 28, Kutu kirişte bağlantı kaynağı

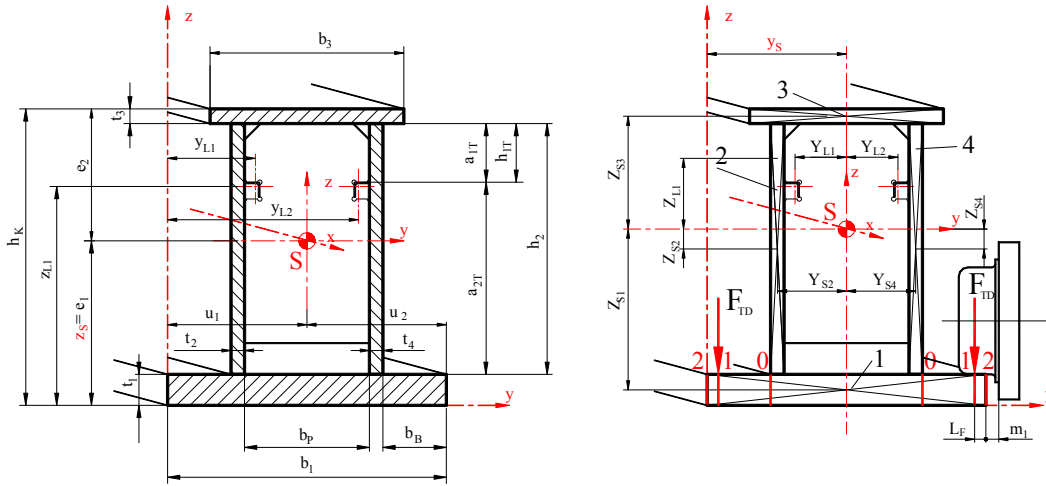




Şekil 29, Monoray profil kirişte bağlantı kaynağı

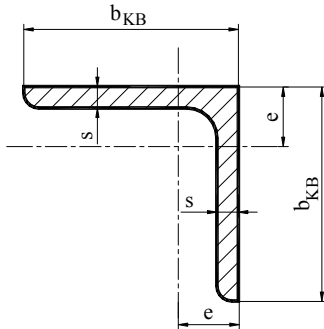
Kirişteki normal eğilim gerilimlerini hesaplamak için kirişin ağırlığı, eylemsizlik ve mukavemet momentlerinin bilinmesi gerekir. Profillerde bu değerler tablolardan alınır. Fakat özel profiller ve kutu kirişte bu değerlerin hesaplanması gerekir. Şekil 25 ile takviyesiz basit monoray kutu kirişin şekli ve koordinatları verilmiştir. Kiriş kesiti 4 parçadan oluşur. Önce Şekil 25 ile verilen parçaların boyutları, eldeki tecrübe değerlerine göre seçilir. Bugün hesaplar programlarla yapıldığından, boyut seçimleri hiçbir düşünce ve tecrübe olmadanda yapılabilir. Duruma göre boyutlar her zaman kolaylıkla değiştirilir.

Genel olarak monoray kutu kirişte yan plakalarda en fazla iki takviye kullanılır. Üst kuşakta takviye kullanılmaz. Yan plakası takviyeli monoray kutu kirişin boyutlarını vermek aşağıda Şekil 30 ile kutu kiriş konstrüksiyonu gösterilmiştir.



Şekil 30, Takviyeli monoray kutu kirişin boyutları

Monoray kutu kirişin ağırlığını bulmak için kesit alanlarını bulmamız yeterlidir. Kesit alanları aynı zamanda kirişin eylemsizlik ve mukavemet momentlerinin hesaplanması için gereklidir.



Şekil 31, Takviye L-Profilin boyutları

Takviye için örnek olarak L50x50x5 köşebentini ele alalım:

$$\begin{aligned}
 b_{KB} &= 50 \text{ mm} \\
 s &= 5 \text{ mm} \\
 e &= 14 \text{ mm} \\
 A_{KB} &= 480 \text{ mm}^2 \\
 G_{KB} &= 3,77 \text{ kg/m} \\
 I_x &= 11,0 \text{ cm}^4 \\
 W_x &= 3,05 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

### 1.3.2.1 Kirişin toplam alanı

Şekil 25 ve Şekil 30 ile verilen kutu kirişin parçalarının ve kirişin kesit alanı şu şekilde hesaplanır.

Ana pozisyonlar

$$\text{Pozisyon 1 in alanı} \quad A_1 = b_1 \cdot t_1 \quad \text{Pozisyon 2 in alanı} \quad A_2 = h_2 \cdot t_2$$

$$\text{Pozisyon 3 ün alanı} \quad A_3 = b_3 \cdot t_3 \quad \text{Pozisyon 4 ün alanı} \quad A_4 = h_4 \cdot t_4$$

Ek parçalar. Yan plaka ve üst kuşak plakasının takviyesi ekonomik açıdan aynı alınır.

$$\text{Takviye alanı / Sıra adedi} \quad A_{KB} / n_{S1} \quad \text{Takviyeler toplam alanı}$$

$$\text{Üst kuşak takviyesi/ Sıra adedi} \quad A_{KB} / 1 \quad A_{KBtop} = 2 \cdot n_{S1} \cdot A_{KB} + A_{KB}$$

Kesitin toplam alanı

$$A_{top} = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_{KBtop}$$

F ( 58 )

### 1.3.2.2 Kirişin ağırlığı

Burada kirişin ağırlığını bulmak için önce "*kirişin birim ağırlığı*"nı bulmamız gerekir. Birim ağırlığı bulduktan sonra kabaca kirişin hesapsal boyu, aynı zamanda köprü ray açıklığında denilen " $L_K$ " değeri ile çarparak kirişin toplam ağırlığı bulunur.

Kirişin birim ağırlığını bulmak için perde ağırlığını da " $G_{Per}$ " bilmemiz gerekir.

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

F ( 59 )

$G_{Per}$	kg	Perde ağırlığı
$h_{Per}$	cm	Perde yüksekliği
$b_{Per}$	cm	Perde genişliği
$t_{Per}$	cm	Perde kalınlığı
$\rho_{St}$	kg/cm <sup>3</sup>	Çeliğin özgül ağırlığı (0,00785 kg/cm <sup>3</sup> )
1cm	cm	Hesap için gereken boy 1 cm

### Perdesiz kirişin birim ağırlığı

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

F ( 60 )

$A_{top}$	cm <sup>2</sup>	Kesitin toplam alanı
$\rho_{St}$	kg/cm <sup>3</sup>	Çeliğin özgül ağırlığı (0,00785 kg/cm <sup>3</sup> )

### Kirişin birim ağırlığı

$$q_K = q_{K1} + \frac{G_{Per}}{L_{Per}}$$

F ( 61 )

$q_{K1}$	kg/cm	Perdesiz kirişin birim ağırlığı
$G_{Per}$	kg	Perde ağırlığı
$L_{Per}$	cm	Perde aralığı

### Kirişin toplam ağırlığı " $G_{Ki}$ "

Kirişin toplam ağırlığını " $G_{Ki}$ " bulmak vade hesaplarda dahada emin olmak için malzeme ve üretim toleransları ile kaynak ağırlığını da dikkate almak için *toleranslar faktörü* " $k_{Tot}$ " kabul edilir. Genelde bu faktör %2 ile %5 arası seçilir. Benim önerim " $k_{Tot} = 1,03$ " dür. Böylece kirişin toplam ağırlığı şu formülle bulunur.

$$G_{Ki} = q_K \cdot L_K \cdot k_{Tol}$$

F ( 62 )

$G_{Ki}$	kg	Kirişin toplam ağırlığı
$q_K$	kg/cm	Kirişin birim ağırlığı
$L_K$	cm	Kirişin hesapsal boyu
$k_{Tol}$	1	Malzeme toleransları faktörü

### 1.3.2.3 Kirişin eylemsizlik momenti

Kirişin eylemsizlik momentini bulmak için konstrüksiyonun ağırlık merkezini bulmak gerekir. Monoray kutu kiriş konstrüksiyonu %95 simetrik yapılıdır. Her ne kadar Şekil 25 ile gösterilen monoray kutu kirişte takviyeler verilmemiştir. Fakat Şekil 30 ile verilen takviyelerde simetrik olarak konstrüksiyona konulur. Bunun içinde monoray kutu kirişin ağırlık merkezi y-eksenine göre kirişin ortasındadır. Kısaca;

$$y_S = 0,5 \cdot b_1$$

F ( 63 )

$b_1$	cm	Kirişin alt kuşak genişliği
-------	----	-----------------------------

#### Parçaların ağırlık merkezlerinin koordinatları hesaplanır.

1. Parçanın y-koordinatı	$y_1 = 0,5 \cdot b_1$	1. Parçanın z-koordinatı	$z_1 = 0,5 \cdot t_1$
2. Parçanın y-koordinatı	$y_2 = b_B + 0,5 \cdot t_2$	2. Parçanın z-koordinatı	$z_2 = t_1 + 0,5 \cdot h_2$
3. Parçanın y-koordinatı	$y_3 = 0,5 \cdot b_1$	3. Parçanın z-koordinatı	$z_3 = t_1 + 0,5 \cdot t_3 + h_2$
4. Parçanın y-koordinatı	$y_4 = b_1 - b_B - 0,5 \cdot t_2$	4. Parçanın z-koordinatı	$z_4 = t_1 + 0,5 \cdot h_4$
1.sıra takviye y-koordi.	$y_{L1} = b_B + t_2 + b_{KB} - e_x$	1.sıra takviye z-koordi.	$z_{L1} = h_S + a_{1T} - e_x$
2.sıra takviye y-koordi.	$y_{L2} = b_1 - b_B - t_4 - b_{KB} + e_x$		

#### Ağırlık merkezinin koordinatları.

$$A_{\text{gırlık merkezinin y-koordinatı}} \quad y_S = \frac{y_1 \cdot A_1 + y_2 \cdot A_2 + y_3 \cdot A_3 + y_4 \cdot A_4 + n_z \cdot A_{KB} \cdot (y_{L1} + y_{L2})}{A_{\text{top}}}$$

$$A_{\text{gırlık merkezinin z-koordinatı}} \quad z_S = \frac{z_1 \cdot A_1 + z_2 \cdot A_2 + z_3 \cdot A_3 + z_4 \cdot A_4 + n_x \cdot A_{KB} \cdot z_{L1}}{A_{\text{top}}}$$

#### Parçaların ağırlık merkezi mesafesi.

1. Parçanın $y_S$ -koordinatı	$y_{S1} = y_S - y_1$	1. Parçanın $z_S$ -koordinatı	$z_{S1} = z_S - z_1$
2. Parçanın $y_S$ -koordinatı	$y_{S2} = y_S - y_2$	2. Parçanın $z_S$ -koordinatı	$z_{S2} = z_S - z_2$
3. Parçanın $y_S$ -koordinatı	$y_{S3} = y_S - y_3$	3. Parçanın $z_S$ -koordinatı	$z_{S3} = z_S - z_3$
4. Parçanın $y_S$ -koordinatı	$y_{S4} = y_S - y_4$	4. Parçanın $z_S$ -koordinatı	$z_{S4} = z_S - z_4 = z_{S2}$
1.sıra takviye $y_S$ -koordi.	$y_{SL1} = y_S - y_{L1}$	1.sıra takviye $z_S$ -koordinatı	$z_{SL1} = z_S - z_{L1}$
2.sıra takviye $y_S$ -koordi.	$y_{SL2} = y_S - y_{L2}$		

**Parçaların kendi eylemsizlik momentleri hesaplanır.**

y-y eksenine göre

1. Parça

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

2. Parça

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

3. Parça

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

4. Parça

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

Köşebent

$$I_{KBy}$$

z-z eksenine göre

1. Parça

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

2. Parça

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

3. Parça

$$I_{3z} = \frac{t_3 \cdot b_3^3}{12}$$

4. Parça

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

Köşebent

$$I_{KBz}$$

**Parçaların toplam kendi eylemsizlik momentleri**

$$I_{y1} = I_{1y} + I_{2y} + I_{3y} + I_{4y} + n_x \cdot n_z \cdot I_{KBy}$$

$$I_{z1} = I_{1z} + I_{2z} + I_{3z} + I_{4z} + n_x \cdot n_z \cdot I_{KBz}$$

**Parçaların sistemde eylemsizlik momentleri hesaplanır.**

$$I_{y2} = z_{S1}^2 \cdot A_1 + z_{S2}^2 \cdot A_2 + z_{S3}^2 \cdot A_3 + z_{S4}^2 \cdot A_4 + n_x \cdot A_{KB}$$

$$I_{z2} = y_{S1}^2 \cdot A_1 + y_{S2}^2 \cdot A_2 + y_{S3}^2 \cdot A_3 + y_{S4}^2 \cdot A_4$$

**Kirişin y-y eksenine göre eylemsizlik momenti.**

$$I_y = I_{y1} + I_{y2}$$

F ( 64 )

**Kirişin z-z eksenine göre eylemsizlik momenti.**

$$I_z = I_{z1} + I_{z2}$$

F ( 65 )

**Kirişin y-y eksenine göre mukavemet momenti.**

Kirişin y-y eksenine göre mukavemet momentini bulmak için kirişin y-y eksenine göre eylemsizlik momentini eylemsizlik daresi yarıçapına bölmek gerekir. Kirişin y-y eksenine göre eylemsizlik daresi yarıçapı ağırlık merkezi ekseninden en uzak mesafedir. Buda Şekil 25 ile gösterilen kirişte:

$$e_1 = z_S$$

$$e_2 = h_K - z_S$$

Bu değerlerden hangisi daha büyükse " $e_{max}$ " olarak kabul edilir ve kirişin y-y eksenine göre mukavemet momenti bulunur.

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

F ( 66 )

$$I_y \quad \text{cm}^4$$

$$e_{max} \quad \text{cm}$$

Kirişin y-y eksenine göre eylemsizlik momenti  
y-y eksenine göre eylemsizlik daresi yarı çapı

### Kirişin z-z eksenine göre mukavemet momenti.

Kirişin z-z eksenine göre mukavemet momentini bulmak için kirişin z-z eksenine göre eylemsizlik momentini, eylemsizlik dairesi yarıçapına bölmek gerekir. Kirişin z-z eksenine göre eylemsizlik dairesi yarıçapı ağırlık merkezi ekseninden en uzak mesafedir. Buda Şekil 25 ile gösterilen kirişte:

$$u_1 = y_S$$

$$u_2 = b_1 - y_S = u_1$$

Bu değerlerden hangisi daha büyükse " $u_{\max}$ " olarak kabul edilir ve kirişin y-y eksenine göre mukavemet momenti bulunur. Genelde monoray kutu kirişte  $y_S$  simetri ekseninde olduğundan " $u_1 = u_2$ " dir.

$$W_z = \frac{I_z}{u_{\max}} \quad F ( 67 )$$

$I_z$	cm <sup>4</sup>	Kirişin z-z eksenine göre eylemsizlik momenti
$u_{\max}$	cm	z-z eksenine göre eylemsizlik dairesi yarıçapı

Bu değerler bulunduktan sonra kirişin sehim ve mukavemet kontrolü kolaylıkla yapılır. Sonuçlar yeterli ise konstrüksiyon yapılır. Yoksa yeni boyutlarla yeterli sonuçlar bulana kadar hesaplar yapılır.

## 1.4 Kirişin mukavemet hesabı

### 1.4.1 Kirişteki karşılaştırma gerilimi

Alt kuşakta karşılaştırma gerilimi F ( 68 ) ile bulunur.

$$\sigma_{\text{karAlt}} = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \cdot \sigma_y + 3 \cdot \tau_{\max}^2} \quad F ( 68 )$$

Üst kuşakta karşılaştırma gerilimi F ( 69 ) ile bulunur.

$$\sigma_{\text{karÜst}} = \sqrt{\sigma_{\text{üst}}^2 + 3 \cdot \tau_{\max}^2} \quad F ( 69 )$$

$\sigma_x$	kg/cm <sup>2</sup>	Kirişte x-yönünde (boyuna) normal gerilimler
$\sigma_y$	kg/cm <sup>2</sup>	Kirişte y-yönünde (enine) normal gerilimler
$\sigma_{\text{üst}}$	kg/cm <sup>2</sup>	Kirişte üst kuşak normal gerilimler
$\tau_{\max}$	kg/cm <sup>2</sup>	Kirişte maksimum kayma gerilimleri

Bulunan bu değerlerden hangisi büyükse statik ve dinamik kontrollerde o değer kullanılır. Buruşma için üst kuşaktaki karşılaştırma gerilimi kullanılır.

Çelik konstrüksiyon hesaplarında standartlarla belirlenmiş statik ve dinamik emniyetli mukavemet değerleri alınır ve gereken karşılaştırma gerilimi ile karşılaştırılır.

### 1.4.2 Statik mukavemet kontrolü

Kirişin mukavemet hesabı için önce kirişin karşılaştırma gerilimi hesaplanır. Bu hesaplanan değer önce malzemenin emniyetli statik mukavemet değeri ile karşılaştırılır. Karşılaştırma F ( 70 ) ile verilen şartı yerine getirmelidir. Hesaplanan emniyet katsayısı bire eşit veya büyük olmalıdır.

$$S_{\text{Hes}} = \frac{\sigma_{\text{sEM}}}{\sigma_{\text{kar}}} \geq 1 \quad F ( 70 )$$

$\sigma_{\text{sEM}}$	kg/cm <sup>2</sup>	Malzemenin statik emniyetli mukavemet değeri
$\sigma_{\text{kar}}$	kg/cm <sup>2</sup>	Konstrüksiyonun karşılaştırma gerilimi

F ( 70 ) ile yapılan kontrol olumlu sonuç vermişse konstrüksiyonun dinamik kontrolüne geçilir.

### 1.4.3 Dinamik mukavemet kontrolü

Dinamik mukavemet kontrolü karşılaştırma geriliminin malzemenin dinamik emniyetli mukavemet değeri ile karşılaştırılarak yapılır. Karşılaştırma F ( 71 ) ile verilen şartı yerine getirmelidir. Hesaplanan emniyet katsayısı bire eşit veya büyük olmalıdır.

$$S_{Hes} = \frac{\sigma_{dEM}}{\sigma_{kar}} \geq 1 \quad F ( 71 )$$

$\sigma_{dEM}$	kg/cm <sup>2</sup>	Malzemenin dinamik emniyetli mukavemet değeri
$\sigma_{kar}$	kg/cm <sup>2</sup>	Konstrüksiyonun karşılaştırma gerilimi

F ( 71 ) ile yapılan kontrolde olumlu sonuç verirse konstrüksiyon fonksiyonunu kolaylıkla yapacak demektir.

### 1.5 Ters sehimi

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

Yardımcı değer olarak araba tam kiriş ortasında iken kirişin sehimini bulmak için araba tekerlekleriyle kiriş uçları arasındaki mesafe bilinmelidir. Bu değere " *Yan boşluk değeri* " denir ve F ( 72 ) ile hesaplanır.

$$L_{CA} = 0,5 \cdot (L_K - L_{TA}) \quad F ( 72 )$$

#### 1.5.1 Kirişin öz ağırlık sehim

Kirişin öz ağırlık sehim tam yayılı yük altında klasik kiriş sehim olarak literatürden alınan formülle hesaplanır.

$$f_{Ki} = \frac{5 \cdot L_K^4 \cdot q_K}{384 \cdot E_{dyn} \cdot I_y} \quad F ( 73 )$$

$L_K$	cm	Köprü ray açıklığı, hesapsal kiriş boyu,
$q_K$	kg/cm	Kirişin birim ağırlığı
$E$	kg/cm <sup>2</sup>	Kiriş malzemesinin elastiklik modülü
$I_y$	cm <sup>4</sup>	Kiriş profilinin y-y eksenine atalet momenti

#### 1.5.2 Ceraskal ve arabanın öz ağırlık sehim

Ceraskal ve arabanın öz ağırlık sehim iki eşit yükün klasik kiriş sehim olarak literatürden alınan formülle hesaplanır.

$$f_A = \frac{F_{C+A} \cdot L_{CA} \cdot (3 \cdot L_K^2 - 4 \cdot L_{CA}^2)}{48 \cdot E_{dyn} \cdot I_y} \quad F ( 74 )$$

$F_{C+A}$	kg	Ceraskal ve arabanın öz ağırlığı
$L_K$	cm	Köprü ray açıklığı, hesapsal kiriş boyu,
$L_{CA}$	cm	Yan boşluk değeri
$E$	kg/cm <sup>2</sup>	Kiriş malzemesinin elastiklik modülü
$I_y$	cm <sup>4</sup>	Kiriş profilinin y-y eksenine atalet momenti

### 1.5.3 Yükün ağırlık sehimi

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

$$f_Y = \frac{F_Y \cdot L_{CA} \cdot (3 \cdot L_K^2 - 4 \cdot L_{CA}^2)}{48 \cdot E_{dyn} \cdot I_y} \quad F (75)$$

$F_Y$	kg	Yükün ağırlığı
$L_K$	cm	Köprü ray açıklığı, hesapsal kiriş boyu,
$L_{CA}$	cm	Yan boşluk değeri
$E$	kg/cm <sup>2</sup>	Kiriş malzemesinin elastiklik modülü
$I_y$	cm <sup>4</sup>	Kiriş profilinin y-y eksenine atalet momenti

### 1.5.4 Toplam sehim

$$f_{top} = f_{K_i} + f_A + f_Y \quad F (76)$$

$f_{K_i}$	cm	Kirişin öz ağırlık sehimi
$f_A$	cm	Ceraskal ve arabannın öz ağırlık sehimi
$f_Y$	cm	Yükün ağırlık sehimi

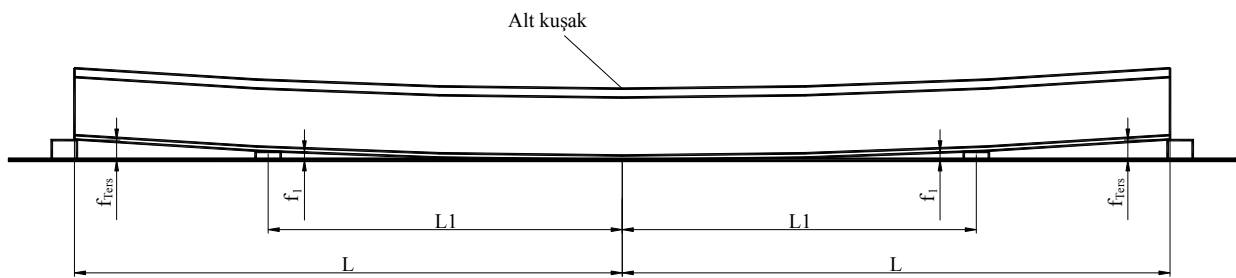
### 1.5.5 Ters sehim

$$f_{Ters} = f_{K_i} + f_A + 0,5 \cdot f_Y \quad F (77)$$

$f_{K_i}$	cm	Kirişin öz ağırlık sehimi
$f_A$	cm	Ceraskal ve arabannın öz ağırlık sehimi
$f_Y$	cm	Yükün ağırlık sehimi

### 1.5.6 Kirişe ters sehim verilmesi

Kirişe ters sehim verilmesi Şekil 32 ile gösterilmiştir. Genelde kiriş ters olarak düz bir sahaya yatırılır. Hesaplanmış ters sehim ölçüsündeki takozlar kirişin iki ucuna yerleştirilir.



Şekil 32, Monoray kirişte ters sehim

Kirişin boyuna ve konstrüksiyonuna göre kiriş ortası düz sahaya degecek şekilde sehim verilir. Eğer kiriş boyu arada destek istiyorsa ara takozların kalınlığı formül F ( 78 ) ile hesaplanır.

$$f_i = L_i \cdot f_{Ters} / L \quad F (78)$$

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

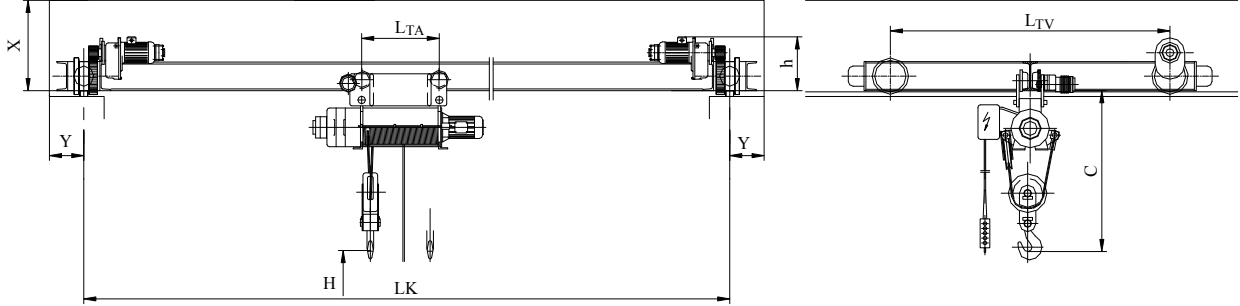
Özel notlar:



## 2 Örnekler

### 2.1 Örnek 1 - 3,2tx6,3m, NPI profilli monoray vinç

NPI profilli monoray vincin bilinen değerleri ve kabuller aşağıda verilmiştir.



Şekil 33, NPI profilli monoray vinç

1.	Vincin çalıştığı yer ve saat	<b>*)1</b>	
2.	Vincin kaldırma kapasitesi	$F_Y =$	3,2 t
3.	Kaldırma hızı	$v_K =$	5 m/dak
4.	Kaldırma yüksekliği	$H =$	10 m
5.	Vincin ray açıklığı, kiriş boyu	$L_K =$	6,3 m
6.	Köprü yürüme hızı	$v_V =$	20 m/dak
7.	Arabanın ağırlığı	$G_A =$	300 kg
8.	Araba yürüme hızı	$v_A =$	20 m/dak
9.	Araba tekerlek aks açıklığı	$L_{TA} =$	0,6 m
10.	Araba tekerlek grubu sayısı	$n_{Tek} =$	2 1
11.	Sehim oranı katsayısı	$k_f =$	1'000 1
12.	Vincin yükleme hali	<b>*)2</b>	$Y_{üHa} = H$
13.	Vincin kaldırma sınıfı DIN 15018	<b>*)1</b>	$K_{aS_1} = H2$
14.	Vincin yükleme grubu DIN 15018	<b>*)1, *)3</b>	$Y_{üGr} = B3$
15.	Vincin tahrik grubu DIN 15020	<b>*)4</b>	$T_{aGr} = 1Am$
16.	Kirişin çentik grubu DIN 15020	<b>*)5</b>	$Ç_{eGr} = K1$

**\*)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 2 ile 4 saat. Bak "*Çelik Konstrüksiyona Genel Giriş*" Sayfa 6, Tablo 9.

**\*)5** Kirişin çentik grubu kaynaksız profil olduğundan "K1" kabul edip hesabımızı yapalım. 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.

**Burada bulunan bilgilere göre vincin genel grupları kabul edilmiştir. İnfomasyonlar daha başka olursa tabii tanımlamalarda daha başka olacaktır.**

**Örnek 1, NPI profilli monoray vincin hesabı**

Gerekli sehim

$$f_{ger} := \frac{1}{1000} \cdot L_K$$

$$f_{ger} = 6.3 \text{ mm}$$

Dinamik katsayısı

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

$$\psi_K = 1.222$$

Öz ağırlık katsayısı

$$\varphi_K := 1.1$$

**Malzemenin mukavemet değerleri**

Malzeme

$$\text{Malzeme} := \text{"St 37"}$$

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

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

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

$$F_{TD2} := \frac{\psi_K \cdot F_Y + \varphi_K \cdot F_A}{n_{Tek}}$$

$$F_{TD2} = 2120 \text{ kg}$$

Gerekli atalet momenti

$$J_{yger} := \frac{F_{TD2} \cdot (L_K - L_{TA})}{48 \cdot E_{dyn} \cdot f_{ger}} \cdot [3 \cdot L_K^2 - (L_K - L_{TA})^2]$$

$$J_{yger} = 16477 \cdot \text{cm}^4$$

Bir tekerleğin kuvveti

$$F_{TD} := 0.5 \cdot F_{TD2}$$

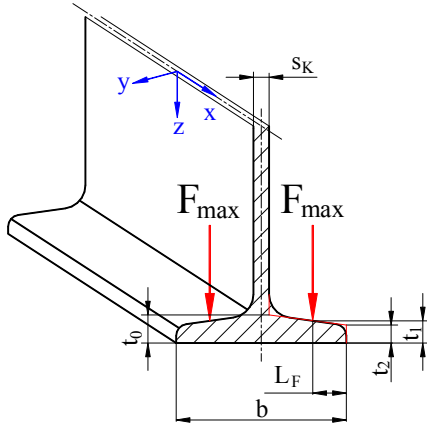
$$F_{TD} = 1060 \text{ kg}$$

Gerekli kuşak kalınlığı

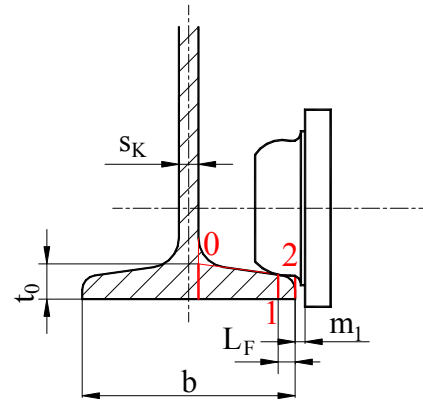
$$t_{ger} := \sqrt{5 \cdot \frac{F_{TD}}{\sigma_{St\check{c}EM}}}$$

$$t_{ger} = 18.2 \text{ mm}$$

Bu değere göre NPI 380 seçelim.



Şekil 34, NPI Profilinin ölçüleri



Şekil 35, NPI Profilinde tekerlek ve gerilim noktaları

NPI := "NPI380"

$$h_1 := 380 \text{ mm}$$

$$b_1 := 149 \text{ mm}$$

$$s_K := 13.7 \text{ mm}$$

$$t_1 := 20.5 \text{ mm}$$

$$J_y := 24010 \cdot \text{cm}^4$$

$$W_y := 1260 \cdot \text{cm}^3$$

$$q_k := 84 \cdot \text{kg} \cdot \text{m}^{-1}$$

$$J_z := 975 \cdot \text{cm}^4$$

$$W_z := 131 \cdot \text{cm}^3$$

Konstrüksiyondan

$$L_F := 35 \text{ mm}$$

$$h_{dik} := h_1 - 2 \cdot t_1$$

$$h_{dik} = 339 \text{ mm}$$

Profilde dikme alanı	$A_{dik} := h_{dik} \cdot s_K$	$A_{dik} = 46.4 \cdot \text{cm}^2$
Profilde kuşak alanı	$A_{kus} := b_1 \cdot t_1$	$A_{kus} = 30.5 \cdot \text{cm}^2$
	$\alpha_0 := \text{atan}(0.14)$	$\alpha_0 = 7.9696 \cdot \text{deg}$
Kuşak kenarı yükseklik	$t_2 := t_1 - 0.25 \tan(\alpha_0) \cdot b_1$	$t_2 = 15.3 \cdot \text{mm}$
Kuşak-Dikme geçiş kalınlığı	$t_0 := t_1 + \tan(\alpha_0) \cdot (0.25 \cdot b_1 - 0.5 \cdot s_K)$	$t_0 = 24.8 \cdot \text{mm}$

**Şehim kontrolü:**

İşletmede hesaplanan hakiki şehim

$$f_{Hes} := \frac{F_{TD2} \cdot (L_K - L_{TA})}{48 \cdot E_{dyn} \cdot J_y} \cdot [3 \cdot L_K^2 - (L_K - L_{TA})^2]$$

$$f_{Hes} = 4.3 \cdot \text{mm}$$

Gerekli şehim

$$f_{ger} = 6.3 \cdot \text{mm}$$

Hakiki şehim oranı

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

$$S_{fL} = 1457$$

İstenilen şehim oranı

$$k_f = 1'000$$

**Hesaplanan şehim gerekli şehimden küçük olduğundan fonksiyon için yeterlidir.****Mukavemet kontrolü:****Kirisinin öz ağırlığından oluşan gerilim " $\sigma_1$ "**

Kirisinin öz ağırlık momenti	$M_{max} := \frac{\varphi_K \cdot q_k \cdot L_K^2}{8}$	$M_{max} = 458 \text{ kg} \cdot \text{m}$
------------------------------	--	---

Öz ağırlık gerilimi	$\sigma_1 := \frac{M_{max}}{W_y}$	$\sigma_1 = 36.4 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$
---------------------	-----------------------------------	--

**Ceraskal ve Arabanın ağırlığından oluşan gerilim " $\sigma_2$ "**

Ceraskal ve Arabanın ağırlık momenti	$M_2 := \frac{F_A}{16 \cdot L_K} \cdot (2 \cdot L_K - L_{TA})^2$	$M_2 = 42857 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}$
--------------------------------------	--	---

Ceraskal ve Arabanın ağırlık gerilimi	$\sigma_2 := \frac{M_2}{W_y}$	$\sigma_2 = 34 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$
---------------------------------------	-------------------------------	--

**Yükün ağırlığından oluşan gerilim " $\sigma_3$ "**

Yük ağırlık momenti	$M_3 := \frac{F_Y}{16 \cdot L_K} \cdot (2 \cdot L_K - L_{TA})^2$	$M_3 = 457143 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}$
---------------------	--	--

Yük ağırlık gerilimi	$\sigma_3 := \frac{M_3}{W_y}$	$\sigma_3 = 362.8 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$
----------------------	-------------------------------	---

**Atalet kuvvetlerinden oluşan gerilim " $\sigma_4$ "**

Atalet momenti	$M_4 := 0.075 \cdot L_K \cdot (\varphi_K \cdot q_k \cdot L_K + F_A)$	$M_4 = 41680 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}$
----------------	--	---

Atalet gerilimi	$\sigma_4 := \frac{M_4}{W_z}$	$\sigma_4 = 318.2 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$
-----------------	-------------------------------	---

**Araba kasılmasından oluşan gerilim " $\sigma_5$ "**

Araba kasılması momenti	$M_5 := 0.2 \cdot L_{TA} \cdot F_{TD}$	$M_5 = 12721.2 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}$
-------------------------	--	---

Araba kasılması gerilimi	$\sigma_5 := \frac{F_{TD} \cdot L_{TA}}{5 \cdot W_z}$	$\sigma_5 = 97.1 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$
--------------------------	---	--

**H - Hali için vinç kirişindeki normal gerilmeler  $\sigma_{max}$  ve  $\sigma_{min}$** Yükleme grubu katsayısı " $k_B$ " Yükleme grubu B3 için

$$k_B := 1.05$$

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

$$\sigma_{egl} = 975 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

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

$$\sigma_{min} = 70 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

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

$$\kappa_{2hes} = 0.07$$

**Kirişteki kayma gerilmesi " $\tau_{max}$ "**

Tekerlek alt kuşak kenarı mesafesi, konstrüksiyondan

$$m_1 := 5.5 \cdot \text{mm}$$

$$\text{Kirişte torsiyon momenti} \quad M_{t1} := 4F_{TD} \cdot m_1$$

$$M_{t1} = 23.3 \cdot \text{m} \cdot \text{kg}$$

$$\text{Kesme gerilimi} \quad \tau_a := \frac{F_{TD2}}{A_{dik}}$$

$$\tau_a = 45.7 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

$$\text{Torsiyon gerilimi} \quad \tau_t := \frac{M_{t1}}{(h_1 - t_1) \cdot A_{kus}}$$

$$\tau_t = 2.1 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

$$\tau_{max} := \tau_a + \tau_t$$

$$\tau_{max} = 47.8 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

**Kirişteki ek gerilimler**NPI profilli kirişte  
Ölçüler oranı katsayısı

$$\lambda_K := \frac{2L_F}{b_1 - s_K}$$

$$\lambda_K = 0.517$$

Gerilim düzeltme faktörü

$$\varepsilon_{Dü} := 0.75$$

**x- yönü, boyuna gerilim katsayıları**

$$0\text{-Altkuşak ile yan plaka geçişi} \quad c_{x0} := -0.981 - 1.479 \cdot \lambda_K + 1.120 \cdot e^{(1.322 \cdot \lambda_K)} \quad c_{x0} = 0.47333$$

$$1\text{-Tekerleğin etkilediği nokta} \quad c_{x1} := 1.810 - 1.150 \cdot \lambda_K + 1.060 \cdot e^{(-7.700 \cdot \lambda_K)} \quad c_{x1} = 1.234759$$

$$2\text{-Alt kuşak kenarı} \quad c_{x2} := 1.990 - 2.810 \cdot \lambda_K + 0.840 \cdot e^{(-4.690 \cdot \lambda_K)} \quad c_{x2} = 0.610407$$

**y- yönü, enine gerilim katsayıları**

$$0\text{-Altkuşak ile yan plaka geçişi} \quad c_{y0} := -1.096 + 1.095 \cdot \lambda_K + 0.192 \cdot e^{(-6.0 \cdot \lambda_K)} \quad c_{y0} = -0.520868$$

$$1\text{-Tekerleğin etkilediği nokta} \quad c_{y1} := 3.965 - 4.835 \cdot \lambda_K - 3.965 \cdot e^{(-2.675 \cdot \lambda_K)} \quad c_{y1} = 0.469957$$

$$2\text{-Alt kuşak kenarı} \quad c_{y2} := 0$$

**x- yönünde, boyuna gerilimler**

$$0\text{-Altkuşak ile yan plaka geçişi} \quad \sigma_{Fx0} := c_{x0} \cdot F_{TD} \cdot t_0^{-2} \quad \sigma_{Fx0} = 82 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

$$1\text{-Tekerleğin etkilediği nokta} \quad \sigma_{Fx1} := c_{x1} \cdot F_{TD} \cdot t_1^{-2} \quad \sigma_{Fx1} = 311 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

$$2\text{-Alt kuşak kenarı} \quad \sigma_{Fx2} := c_{x2} \cdot F_{TD} \cdot t_2^{-2} \quad \sigma_{Fx2} = 277 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

**y- yönünde, enine gerilimler**

$$0\text{-Altkuşak ile yan plaka geçişi} \quad \sigma_{Fy0} := c_{y0} \cdot F_{TD} \cdot t_0^{-2} \quad \text{Kuşak alt tarafı bası} \quad \sigma_{Fy0} = -90 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

$$1\text{-Tekerleğin etkilediği nokta} \quad \sigma_{Fy1} := c_{y1} \cdot F_{TD} \cdot t_1^{-2} \quad \sigma_{Fy1} = 119 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

$$2\text{-Alt kuşak kenarı} \quad \sigma_{Fy2} := c_{y2} \cdot F_{TD} \cdot t_2^{-2} \quad \sigma_{Fy2} = 0$$

Burada bulunan maksimum gerilimler hesaplar için gerekli ek gerilimler olarak alınır.

x- yönü gerilimi

$$\sigma_x := \sigma_{egl} + \varepsilon_{Dü} \cdot \sigma_{Fx1}$$

$$\sigma_x = 1209.1 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

y- yönü gerilimi

$$\sigma_y := \varepsilon_{Dü} \cdot \sigma_{Fy1}$$

$$\sigma_y = 88.9 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

Karşılaştırma gerilimi

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

$$\sigma_{kar} = 1170 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

**Kirişin statik kontrolü**

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

$$\frac{\sigma_{SçEM}}{\sigma_{kar}} = 1.367 > 1$$

**Kirişin dinamik kontrolü**Yü<sub>Gr</sub> = "B3"Çe<sub>Gr</sub> = "K1" için

$$\sigma_W := 1800 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

$$\sigma_{DçEM0} := \frac{5 \cdot \sigma_W}{3}$$

$$\sigma_{DçEM0} = 3000 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

$$\sigma_{DçEMκ2} := \frac{\sigma_{DçEM0}}{1 - \left(1 - \frac{\sigma_{DçEM0}}{0.75R_m}\right) \cdot \kappa_{2hes}}$$

$$\sigma_{DçEMκ2} = 3027 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

$$\frac{\sigma_{DçEMκ2}}{\sigma_{kar}} = 2.719 > 1$$

**Emniyet katsayıları 1 den büyük olduğundan kiriş fonksiyonunu yapar.****Ters sehim**

Yan boşluk değeri

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

$$L_{CA} = 2.9 \text{ m}$$

Kirişin öz ağırlık sehimi

$$f_{Ki} := \frac{5 \cdot L_K^4 \cdot q_k}{384 \cdot E_{dyn} \cdot J_y}$$

$$f_{Ki} = 0.34 \cdot \text{mm}$$

Arabanın ağırlık sehimi

$$f_A := \frac{F_A \cdot L_{CA} \cdot (3 \cdot L_K^2 - 4 \cdot L_{CA}^2)}{48 \cdot E_{dyn} \cdot J_y}$$

$$f_A = 0.31 \cdot \text{mm}$$

Yükün sehimi

$$f_Y := \frac{F_Y \cdot L_{CA} \cdot (3 \cdot L_K^2 - 4 \cdot L_{CA}^2)}{48 \cdot E_{dyn} \cdot J_y}$$

$$f_Y = 3.3 \cdot \text{mm}$$

Toplam Sehimi

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

$$f_{Top} = 3.9 \cdot \text{mm}$$

Ters sehimi

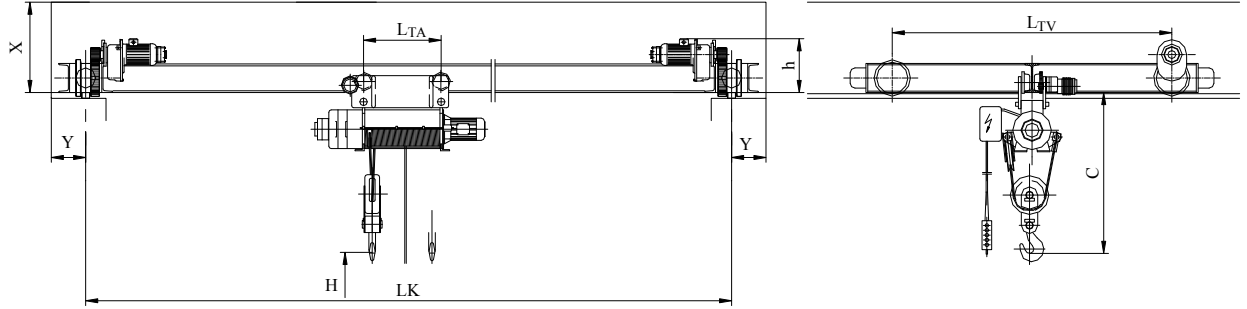
$$f_{Ters} := f_{Ki} + f_A + 0.5f_Y$$

$$f_{Ters} = 2.28 \cdot \text{mm}$$

**Bu kadar küçük değer pratikte yapılmaz ve kiriş olduğu gibi kullanılır.**

## 2.2 Örnek 2 - 6,3tx11m, IPB = HEB profilli monoray vinç

IPB = HEB profilli monoray vincin bilinen değerleri ve kabuller aşağıda verilmiştir.



Şekil 36, IPB = HEB profilli monoray vinç

1.	Vincin çalıştığı yer ve saat	<b>*)1</b>	
2.	Vincin kaldırma kapasitesi		$F_V = 6,3 \text{ t}$
3.	Kaldırma hızı		$v_K = 5 \text{ m/dak}$
4.	Kaldırma yüksekliği		$H = 8 \text{ m}$
5.	Vincin ray açıklığı, kiriş boyu		$L_K = 11 \text{ m}$
6.	Köprü yürüme hızı		$v_V = 20 \text{ m/dak}$
7.	Arabanın ağırlığı		$G_A = 500 \text{ kg}$
8.	Araba yürüme hızı		$v_A = 15 \text{ m/dak}$
9.	Araba tekerlek aks açıklığı		$L_{AT} = 0,6 \text{ m}$
10.	Araba tekerlek grubu sayısı		$n_{Tek} = 2 \text{ t}$
11.	Sehim oranı katsayısı		$k_f = 1000$
12.	Vincin yükleme hali	<b>*)2</b>	$Y_{üHa} = H$
13.	Vincin kaldırma sınıfı DIN 15018	<b>*)1</b>	$Ka_{S1} = H2$
14.	Vincin yükleme grubu DIN 15018	<b>*)1, *)3</b>	$Y_{üGr} = B3$
15.	Vincin tahrik grubu DIN 15020	<b>*)4</b>	$Ta_{Gr} = 2m$
16.	Kirişin çentik grubu DIN 15020	<b>*)5</b>	$Çe_{Gr} = K1$

### Eldeki informasyonlara göre;

- \*)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** Kirişin çentik grubu kaynaksız profil olduğundan "K1" kabul edip hesabımızı yapalım. 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 1, IPB = HEB profilli monoray vincin hesabı**

Gerekli sehim  $f_{ger} := \frac{1}{1000} \cdot L_K$   $f_{ger} = 11 \cdot \text{mm}$

Dinamik katsayısı  $\psi_K := 1.2 + 0.0044 \cdot \text{min} \cdot \text{m}^{-1} \cdot v_H$   $\psi_K = 1.222$

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

$F_{TD2} := \frac{\psi_K \cdot F_Y + \phi_K \cdot F_A}{n_{Tek}}$

$F_{TD2} = 4124 \text{kg}$

Gerekli atalet momenti

$J_{yger} := \frac{F_{TD2} \cdot (L_K - L_{TA})}{48 \cdot E_{dyn} \cdot f_{ger}} \cdot [3 \cdot L_K^2 - (L_K - L_{TA})^2]$

$J_{yger} = 98582 \cdot \text{cm}^4$

Bir tekerleğin kuvveti

$F_{TD} := 0.5 \cdot F_{TD2}$

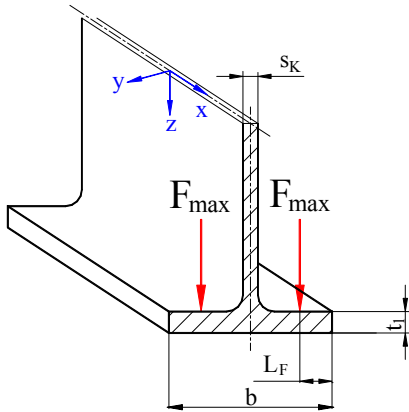
$F_{TD} = 2062 \text{kg}$

Gerekli kuşak kalınlığı

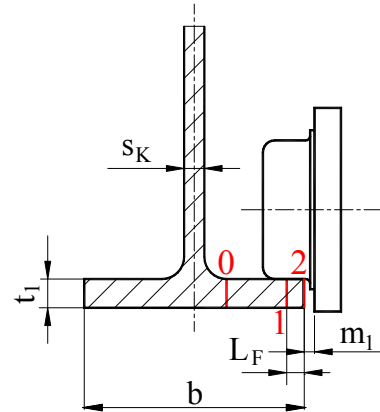
$t_{ger} := \sqrt{5 \cdot \frac{F_{TD}}{\sigma_{StçEM}}}$

$t_{ger} = 25.4 \cdot \text{mm}$

Bu değere göre IPB = HEB 500 profilini seçelim.



Şekil 37, IPB = HEB 500 Profilinin ölçüleri



Şekil 38, IPB = HEB 500 Profilinde tekerlek ve gerilim noktaları

IPB := "IPB500"

$h_1 := 500 \cdot \text{mm}$

$b_1 := 300 \cdot \text{mm}$

$s_K := 14.5 \cdot \text{mm}$

$t_1 := 28 \cdot \text{mm}$

$J_y := 107180 \cdot \text{cm}^4$

$W_y := 4287 \cdot \text{cm}^3$

$q_k := 187.3 \cdot \text{kg} \cdot \text{m}^{-1}$

$J_z := 12624 \cdot \text{cm}^4$

$W_z := 1260 \cdot \text{cm}^3$

Konstrüksiyondan

$L_F := 50 \cdot \text{mm}$

$h_{dik} := h_1 - t_1$

$h_{dik} = 472 \cdot \text{mm}$

Profilde dikme alanı	$A_{dik} := h_{dik} \cdot s_K$	$A_{dik} = 68.4 \cdot \text{cm}^2$
Profilde kuşak alanı	$A_{kus} := b_1 \cdot t_1$	$A_{kus} = 84 \cdot \text{cm}^2$
<b>Sehim kontrolü:</b>		
İşletmede hesaplanan hakiki sehim		
	$f_{Hes} := \frac{F_{TD2} \cdot (L_K - L_{TA})}{48 \cdot E_{dyn} \cdot J_y} \cdot [3 \cdot L_K^2 - (L_K - L_{TA})^2]$	$f_{Hes} = 10.1 \cdot \text{mm}$
Gerekli sehim		$f_{ger} = 11 \cdot \text{mm}$
Hakiki sehim oranı	$S_{fl} := L_K \cdot f_{Hes}^{-1}$	$S_{fl} = 1087$
İstenilen sehim oranı		$k_f = 1'000$

**Hesaplanan sehim gerekli sehimden küçük olduğundan fonksiyon için yeterlidir.**

### **Mukavemet kontrolü:**

#### **Kirisinin öz ağırlığından oluşan gerilim " $\sigma_1$ "**

Kirisinin öz ağırlık momenti	$M_{max} := \frac{\varphi_K \cdot q_k \cdot L_K^2}{8}$	$M_{max} = 3116 \text{m} \cdot \text{kg}$
Öz ağırlık gerilimi	$\sigma_1 := \frac{M_{max}}{W_y}$	$\sigma_1 = 72.7 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$

#### **Ceraskal ve Arabanın ağırlığından oluşan gerilim " $\sigma_2$ "**

Ceraskal ve Arabanın ağırlık momenti	$M_2 := \frac{F_A}{16 \cdot L_K} \cdot (2 \cdot L_K - L_{TA})^2$	$M_2 = 130102 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}$
Ceraskal ve Arabanın ağırlık gerilimi	$\sigma_2 := \frac{M_2}{W_y}$	$\sigma_2 = 30.3 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$

#### **Yükün ağırlığından oluşan gerilim " $\sigma_3$ "**

Yük ağırlık momenti	$M_3 := \frac{F_Y}{16 \cdot L_K} \cdot (2 \cdot L_K - L_{TA})^2$	$M_3 = 1639289 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}$
Yük ağırlık gerilimi	$\sigma_3 := \frac{M_3}{W_y}$	$\sigma_3 = 382 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$

#### **Atalet kuvvetlerinden oluşan gerilim " $\sigma_4$ "**

Atalet momenti	$M_4 := 0.075 \cdot L_K \cdot (\varphi_K \cdot q_k \cdot L_K + F_A)$	$M_4 = 228222 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}$
Atalet gerilimi	$\sigma_4 := \frac{M_4}{W_z}$	$\sigma_4 = 181.1 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$

#### **Araba kasılmasından oluşan gerilim " $\sigma_5$ "**

Araba kasılması momenti	$M_5 := 0.2 \cdot L_{TA} \cdot F_{TD}$	$M_5 = 24746 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}$
Araba kasılması gerilimi	$\sigma_5 := \frac{M_5}{W_z}$	$\sigma_5 = 20 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$



**H - Hali için vinç kirişindeki normal gerilmeler  $\sigma_{max}$  ve  $\sigma_{min}$** Yükleme grubu katsayısı " $k_B$ " Yükleme grubu B3 için

$$k_B := 1.05$$

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

$$\sigma_{egl} = 810 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

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

$$\sigma_{min} = 103 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

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

$$\kappa_{2hes} = 0.13$$

**Kirişteki kayma gerilmesi " $\tau_{max}$ "**

Tekerlek alt kuşak kenarı mesafesi, konstrüksiyondan

$$m_1 := 5.5 \cdot \text{mm}$$

$$\text{Kirişte torsiyon momenti} \quad M_{t1} := 4F_{TD} \cdot m_1$$

$$M_{t1} = 45.4 \cdot \text{m} \cdot \text{kg}$$

$$\text{Kesme gerilimi} \quad \tau_a := \frac{F_{TD2}}{A_{dik}}$$

$$\tau_a = 60.3 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

$$\text{Torsiyon gerilimi} \quad \tau_t := \frac{M_{t1}}{(h_l - t_1) \cdot A_{kus}}$$

$$\tau_t = 1.1 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

$$\tau_{max} := \tau_a + \tau_t$$

$$\tau_{max} = 61.4 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

**Kirişteki ek gerilmeler**NPI profilli kirişte  
Ölçüler oranı katsayısı

$$\lambda_K := \frac{2L_F}{b_1 - s_K}$$

$$\lambda_K = 0.35$$

Gerilim düzeltme faktörü

$$\varepsilon_{Dü} := 0.75$$

**x- yönü, boyuna gerilim katsayıları**

$$0\text{-Altkuşak ile yan plaka geçişi} \quad c_{x0} := 0.05 - 0.58 \cdot \lambda_K + 0.148 \cdot e^{(3.015 \cdot \lambda_K)} \quad c_{x0} = 0.272343$$

$$1\text{-Tekerleğin etkilediği nokta} \quad c_{x1} := 2.23 - 1.49 \cdot \lambda_K + 1.39 \cdot e^{(-18.33 \cdot \lambda_K)} \quad c_{x1} = 1.710372$$

$$2\text{-Alt kuşak kenarı} \quad c_{x2} := 0.73 - 1.58 \cdot \lambda_K + 2.91 \cdot e^{(-6 \cdot \lambda_K)} \quad c_{x2} = 0.532372$$

**y- yönü, enine gerilim katsayıları**

$$0\text{-Altkuşak ile yan plaka geçişi} \quad c_{y0} := -2.11 + 1.977 \cdot \lambda_K + 0.0076 \cdot e^{(6.53 \cdot \lambda_K)} \quad c_{y0} = -1.342690$$

$$1\text{-Tekerleğin etkilediği nokta} \quad c_{y1} := 10.108 - 7.408 \cdot \lambda_K - 10.108 \cdot e^{(-1.364 \cdot \lambda_K)} \quad c_{y1} = 1.244555$$

$$2\text{-Alt kuşak kenarı} \quad c_{y2} := 0$$

**x- yönünde, boyuna gerilmeler**

$$0\text{-Altkuşak ile yan plaka geçişi} \quad \sigma_{Fx0} := c_{x0} \cdot F_{TD} \cdot t_1^{-2} \quad \sigma_{Fx0} = 72 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

$$1\text{-Tekerleğin etkilediği nokta} \quad \sigma_{Fx1} := c_{x1} \cdot F_{TD} \cdot t_1^{-2} \quad \sigma_{Fx1} = 450 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

$$2\text{-Alt kuşak kenarı} \quad \sigma_{Fx2} := c_{x2} \cdot F_{TD} \cdot t_1^{-2} \quad \sigma_{Fx2} = 140 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

**y- yönünde, enine gerilmeler**

$$0\text{-Altkuşak ile yan plaka geçişi} \quad \sigma_{Fy0} := c_{y0} \cdot F_{TD} \cdot t_1^{-2} \quad \text{Kuşak alt tarafı bası} \quad \sigma_{Fy0} = -353 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

$$1\text{-Tekerleğin etkilediği nokta} \quad \sigma_{Fy1} := c_{y1} \cdot F_{TD} \cdot t_1^{-2} \quad \sigma_{Fy1} = 327 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

$$2\text{-Alt kuşak kenarı} \quad \sigma_{Fy2} := c_{y2} \cdot F_{TD} \cdot t_1^{-2} \quad \sigma_{Fy2} = 0$$

Burada bulunan maksimum gerilmeler hesaplar için gerekli ek gerilmeler olarak alınır.

x- yönünde ek gerilim	$\sigma_{Fx} := \varepsilon_{Dü} \cdot \sigma_{Fx1}$	$\sigma_{Fx} = 337 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$
y- yönünde ek gerilim	$\sigma_{Fy} := \varepsilon_{Dü} \cdot \sigma_{Fy1}$	$\sigma_{Fy} = 246 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$
x- yönünde gerilim	$\sigma_x := \sigma_{egl} + \varepsilon_{Dü} \cdot \sigma_{Fx1}$	$\sigma_x = 1130 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$
y- yönünde gerilim	$\sigma_y := \sigma_{Fy}$	$\sigma_y = 246 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$
Karşılaştırma gerilimi	$\sigma_{kar} := \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \cdot \sigma_y + 3\tau_{max}^2}$	$\sigma_{kar} = 1052 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$

**Kirişin statik kontrolü**

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

$$\frac{\sigma_{SçEM}}{\sigma_{kar}} = 1.522 > 1$$

**Kirişin dinamik kontrolü**Yü<sub>Gr</sub> = "B3"Çe<sub>Gr</sub> = "K1" için

$$\sigma_W := 1800 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

$$\sigma_{DçEM0} := \frac{5 \cdot \sigma_W}{3}$$

$$\sigma_{DçEM0} = 3000 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

$$\sigma_{DçEMκ2} := \frac{\sigma_{DçEM0}}{1 - \left(1 - \frac{\sigma_{DçEM0}}{0.75R_m}\right) \cdot κ_{2hes}}$$

$$\sigma_{DçEMκ2} = 3047 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

$$\frac{\sigma_{DçEMκ2}}{\sigma_{kar}} = 2.944 > 1$$

**Emniyet katsayıları 1 den büyük olduğundan kiriş fonksiyonunu yapar.**

**Ters sehim**

Yan boşluk değeri

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

$$L_{CA} = 5.2 \text{ m}$$

Kirişin öz ağırlık sehimi

$$f_{Ki} := \frac{5 \cdot L_K^4 \cdot q_k}{384 \cdot E_{dyn} \cdot J_y}$$

$$f_{Ki} = 1.59 \cdot \text{mm}$$

Arabanın ağırlık sehimi

$$f_A := \frac{F_A \cdot L_{CA} \cdot (3 \cdot L_K^2 - 4 \cdot L_{CA}^2)}{48 \cdot E_{dyn} \cdot J_y}$$

$$f_A = 0.61 \cdot \text{mm}$$

Yükün sehimi

$$f_Y := \frac{F_Y \cdot L_{CA} \cdot (3 \cdot L_K^2 - 4 \cdot L_{CA}^2)}{48 \cdot E_{dyn} \cdot J_y}$$

$$f_Y = 7.7 \cdot \text{mm}$$

Toplam Sehim

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

$$f_{Top} = 9.9 \cdot \text{mm}$$

Ters sehim

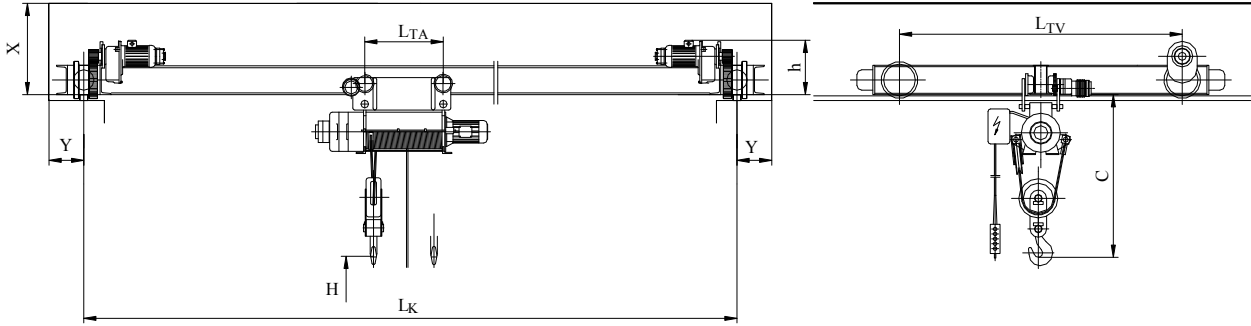
$$f_{Ters} := f_{Ki} + f_A + 0.5f_Y$$

$$f_{Ters} = 6.06 \cdot \text{mm}$$

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

### 2.3 Örnek 3 - 2tx20m, Kutu kiriş monoray vinç

Kutu kiriş monoray vincin bilinen değerleri ve kabuller aşağıda verilmiştir.



Şekil 39, Tek kirişli köprülü vinç

1.	Vincin çalıştığı yer ve saat	<b>*)1</b>	
2.	Vincin kaldırma kapasitesi	$F_Y =$	2 t
3.	Kaldırma hızı	$v_K =$	5 m/dak
4.	Kaldırma yüksekliği	$H =$	8 m
5.	Vincin ray açıklığı, kiriş boyu	$L_K =$	20 m
6.	Köprü yürüme hızı	$v_V =$	20 m/dak
7.	Arabanın ağırlığı	$G_A =$	400 kg
8.	Araba yürüme hızı	$v_A =$	15 m/dak
9.	Araba tekerlek aks açıklığı	$L_{AT} =$	0,6 m
10.	Araba tekerlek grubu sayısı	$n_{Tek} =$	2 1
11.	Sehim oranı katsayısı	$k_f =$	1000 1
12.	Vincin yükleme hali	<b>*)2</b>	$Y_{üHa} =$ H
13.	Vincin kaldırma sınıfı DIN 15018	<b>*)1</b>	$K_{aS1} =$ H2
14.	Vincin yükleme grubu DIN 15018	<b>*)1, *)3</b>	$Y_{üGr} =$ B3
15.	Vincin tahrik grubu DIN 15020	<b>*)4</b>	$Ç_{eGr} =$ K3
16.	Kirişin çentik grubu DIN 15020	<b>*)5</b>	$T_{aGr} =$ 2m

#### Eldeki informasyonlara göre;

- \*)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** Kirişin çentik grubunu "K3" kabul edip hesabımızı yapalım. 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.

**2tx20m, Kutu kiriş monoray vinçin hesabı**

$$\text{Gerekli sehim} \quad f_{ger} := \frac{1}{1000} \cdot L_K \quad f_{ger} = 20 \cdot \text{mm}$$

$$\text{Dinamik katsayısı} \quad \psi_K := 1.2 + 0.0044 \cdot \text{min} \cdot \text{m}^{-1} \cdot v_H \quad \psi_K = 1.222$$

$$\text{Öz ağırlık katsayısı} \quad \varphi_K := 1.1$$

**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

$$F_{TD2} := \frac{\psi_K \cdot F_Y + \varphi_K \cdot F_A}{n_{Tek}}$$

$$F_{TD2} = 1442 \text{kg}$$

Gerekli atalet momenti

$$J_{yger} := \frac{F_{TD2} \cdot (L_K - L_{TA})}{48 \cdot E_{dyn} \cdot f_{ger}} \cdot [3 \cdot L_K^2 - (L_K - L_{TA})^2]$$

$$J_{yger} = 114291 \cdot \text{cm}^4$$

Bir tekerleğin kuvveti

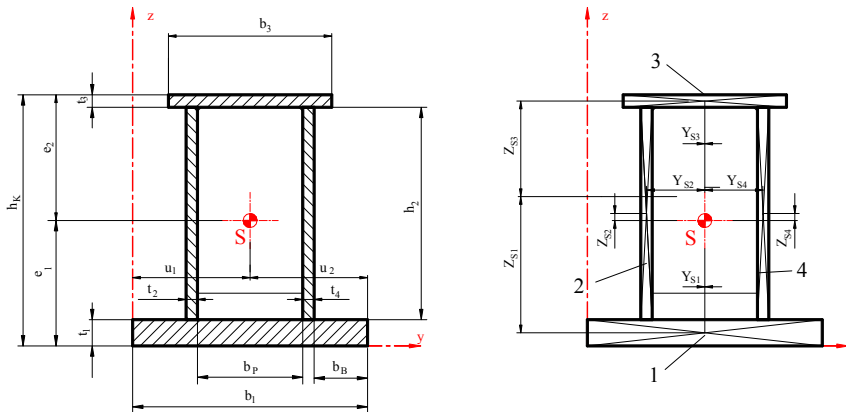
$$F_{TD} := 0.5 \cdot F_{TD2}$$

$$F_{TD} = 721 \text{kg}$$

Gerekli kuşak kalınlığı

$$t_{ger} := \sqrt{5 \cdot \frac{F_{TD}}{\sigma_{StçEM}}}$$

$$t_{1ger} = 15 \cdot \text{mm}$$

**Bu değere göre kutu kiriş boyutlarını konstrüksiyon önerilerine göre seçelim**

Şekil 40, Kutu kiriş ölçüleri

Yan plaka yüksekliği 1,5 m den 2 adet almak için;

$$h_2 = h_4 = 740 \text{ mm}$$

$$t_2 \approx h_2/125 = 740/125 = 5,92$$

$$t_2 = t_4 = 5 \text{ mm}$$

$$t_3 = 1,2 \cdot t_2 = 1,2 \cdot 5 = 6 \text{ mm}$$

$$b_B = 50 \text{ mm}$$

1,5 m den 3 adet almak için;

$$b_1 = 490 \text{ mm}$$

$$b_3 = b_1 - 2 \cdot b_B + 20 \text{ mm}$$

$$b_3 = 410 \text{ mm}$$

$$b_1 := 490 \cdot \text{mm}$$

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

$$b_3 := 410 \cdot \text{mm}$$

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

$$b_B := 50 \cdot \text{mm}$$

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

$$t_2 := 5 \cdot \text{mm}$$

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

$$t_4 := 5 \cdot \text{mm}$$

Perde yüksekliği

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

$$h_{Per} = 690 \cdot \text{mm}$$

Perde eni

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

$$b_{Per} = 380 \cdot \text{mm}$$

Perde aralığı ve kalınlığı

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

$$t_{Per} := 5 \cdot \text{mm}$$

$$X \text{ eksenini üst kuşak alt kenarı} \quad h_S := h_2 + t_1$$

$$h_S = 75.5 \cdot \text{cm}$$

$$\text{Kirişin tam yüksekliği} \quad h_K := t_1 + t_3 + h_2$$

$$h_K = 761 \cdot \text{mm}$$

### Parçaların ve sistemin alanı:

$$A_1 := b_1 \cdot t_1$$

$$A_1 = 74 \cdot \text{cm}^2$$

$$A_2 := h_2 \cdot t_2$$

$$A_2 = 37 \cdot \text{cm}^2$$

$$A_3 := b_3 \cdot t_3$$

$$A_3 = 25 \cdot \text{cm}^2$$

$$A_4 := h_4 \cdot t_4$$

$$A_4 = 37 \cdot \text{cm}^2$$

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

$$A_{\text{top}} = 172.1 \cdot \text{cm}^2$$

### Parçaların ağırlık merkezlerinin koordinatları:

$$y_1 := 0.5 \cdot b_1$$

$$y_1 = 24.50 \cdot \text{cm}$$

$$z_1 := 0.5 \cdot t_1$$

$$z_1 = 0.75 \cdot \text{cm}$$

$$y_2 := b_B + 0.5 \cdot t_2$$

$$y_2 = 5.3 \cdot \text{cm}$$

$$z_2 := t_1 + 0.5 \cdot h_2$$

$$z_2 = 38.5 \cdot \text{cm}$$

$$y_3 := 0.5 \cdot b_1$$

$$y_3 = 24.5 \cdot \text{cm}$$

$$z_3 := t_1 + 0.5 \cdot t_3 + h_2$$

$$z_3 = 75.8 \cdot \text{cm}$$

$$y_4 := b_1 - b_B - 0.5 \cdot t_2$$

$$y_4 = 39.75 \cdot \text{cm}$$

$$z_4 := t_1 + 0.5 h_2$$

$$z_4 = 38.5 \cdot \text{cm}$$

### Ağırlık merkezi koordinatları $Y_S$ ve $Z_S$

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

$$Y_S = 24.50 \cdot \text{cm}$$

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

$$Z_S = 27.71 \cdot \text{cm}$$

### Parçaların ağırlık merkezine uzaklıkları

$$Y_{S1} := Y_S - y_1$$

$$Y_{S1} = 0 \cdot \text{cm}$$

$$Z_{S1} := Z_S - z_1$$

$$Z_{S1} = 27 \cdot \text{cm}$$

$$Y_{S2} := Y_S - y_2$$

$$Y_{S2} = 19.25 \cdot \text{cm}$$

$$Z_{S2} := Z_S - z_2$$

$$Z_{S2} = 10.79 \cdot \text{cm}$$

$$Y_{S3} := Y_S - y_3$$

$$Y_{S3} = 0 \cdot \text{cm}$$

$$Z_{S3} := Z_S - z_3$$

$$Z_{S3} = 48.1 \cdot \text{cm}$$

$$Y_{S4} := Y_S - y_4$$

$$Y_{S4} = 19.25 \cdot \text{cm}$$

$$Z_{S4} := Z_S$$

$$Z_{S4} = 10.79 \cdot \text{cm}$$

### Parçaların kendi atalet momentleri

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

$$I_{1y} = 13.78 \cdot \text{cm}^4$$

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

$$I_{2y} = 16884 \cdot \text{cm}^4$$

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

$$I_{3y} = 0.74 \cdot \text{cm}^4$$

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

$$I_{4y} = 16884 \cdot \text{cm}^4$$

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

$$I_{1z} = 14706 \cdot \text{cm}^4$$

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

$$I_{2z} = 0.77 \cdot \text{cm}^4$$

$$I_{3z} := \frac{t_3 \cdot b_3^3}{12}$$

$$I_{3z} = 3446 \cdot \text{cm}^4$$

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

$$I_{4z} = 0.77 \cdot \text{cm}^4$$

### Kirişin atalet momentleri

$$I_{y1} := I_{1y} + I_{2y} + I_{3y} + I_{4y}$$

$$I_{y1} = 33783 \cdot \text{cm}^4$$

$$I_{y2} := Z_{S1}^2 \cdot A_1 + Z_{S2}^2 \cdot A_2 + Z_{S3}^2 \cdot A_3 + Z_{S4}^2 \cdot A_4$$

$$I_{y2} = 118929 \cdot \text{cm}^4$$

Kirişin y-y eksenini atalet momenti

$$I_y := I_{y1} + I_{y2}$$

$$I_y = 152713 \cdot \text{cm}^4$$

Kirişin y-y ekseninde gerekli atalet momenti

$$J_{yger} = 114291 \cdot \text{cm}^4$$

$$I_{z1} := I_{1z} + I_{2z} + I_{3z} + I_{4z}$$

$$I_{z1} = 18154 \cdot \text{cm}^4$$

$$I_{z2} := Y_{S1}^2 \cdot A_1 + Y_{S2}^2 \cdot A_2 + Y_{S3}^2 \cdot A_3 + Y_{S4}^2 \cdot A_4$$

$$I_{z2} = 27422 \cdot \text{cm}^4$$

Kirişin z-z eksenini atalet momenti

$$I_z := I_{z1} + I_{z2}$$

$$I_z = 45575 \cdot \text{cm}^4$$

**Atalet dairesi yarı çapı**

$$\begin{aligned} u_1 &:= y_S & u_1 &= 245 \cdot \text{mm} & e_1 &:= z_S & e_1 &= 27.7 \cdot \text{cm} \\ u_2 &:= b_3 - y_S & u_2 &= 165 \cdot \text{mm} & e_2 &:= h_K - e_1 & e_2 &= 48.4 \cdot \text{cm} \end{aligned}$$

Kirişin y-y eksenine karşı koyma momenti

$$W_y := \frac{I_y}{e_{\max}} \quad W_y = 3156 \cdot \text{cm}^3$$

Kirişin z-z eksenine karşı koyma momenti

$$W_z := \frac{I_z}{u_{\max}} \quad W_z = 1860 \cdot \text{cm}^3$$

**Sehim kontrolü:**

İşletmede hesaplanan hakiki sehim

$$f_{\text{Hes}} := \frac{F_{\text{TD2}} \cdot (L_K - L_{\text{TA}})}{48 \cdot E_{\text{dyn}} \cdot J_y} \cdot \left[ 3 \cdot L_K^2 - (L_K - L_{\text{TA}})^2 \right]$$

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

Gerekli sehim

$$f_{\text{ger}} = 20 \cdot \text{mm}$$

Hakiki sehim oranı

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

$$S_{\text{fl}} = 1336$$

İstenilen sehim oranı

$$k_f = 1'000$$

**Hesaplanan sehim gerekli sehimden küçük olduğundan fonksiyon için yeterlidir.****Kirişin birim ağırlığı "q<sub>K</sub>"**

Toleranslardan doğan farklılık oranı

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

$$G_{\text{Per}} := h_{\text{Per}} \cdot b_{\text{Per}} \cdot t_{\text{Per}} \cdot \rho_{\text{St}} \cdot m^{-1}$$

$$G_{\text{Per}} = 10.29 \cdot \text{kg} \cdot \text{m}^{-1}$$

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

$$q_{\text{K1}} = 135.1 \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{kg}$$

Kirişin birim ağırlığı "q<sub>K</sub>":

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

$$q_K = 140.24 \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{kg}$$

**Kirişin toplam ağırlığı "G<sub>K1top</sub>"**

$$G_{\text{K1top}} := q_K \cdot L_K \cdot k_{\text{KrTol}}$$

$$G_{\text{K1top}} = 2889 \cdot \text{kg}$$

**Mukavemet kontrolü:****Kirisinin öz ağırlığından oluşan gerilim "σ<sub>1</sub>"**

$$\text{Kirisinin öz ağırlık momenti} \quad M_1 := \frac{\varphi_K \cdot q_K \cdot L_K^2}{8}$$

$$M_1 = 771343 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}$$

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

$$\sigma_1 = 244 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

**Ceraskal ve Arabanın ağırlığından oluşan gerilim "σ<sub>2</sub>"**

$$\text{Ceraskal ve Arabanın ağırlık momenti} \quad M_2 := \frac{F_A}{16 \cdot L_K} \cdot (2 \cdot L_K - L_{\text{TA}})^2$$

$$M_2 = 194045 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}$$

$$\text{Ceraskal ve Arabanın ağırlık gerilimi} \quad \sigma_2 := \frac{M_2}{W_y}$$

$$\sigma_2 = 61 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

**Yükün ağırlığından oluşan gerilim "σ<sub>3</sub>"**

$$\text{Yük ağırlık momenti} \quad M_3 := \frac{F_Y}{16 \cdot L_K} \cdot (2 \cdot L_K - L_{\text{TA}})^2$$

$$M_3 = 970225 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}$$

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

$$\sigma_3 = 307 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

**Atalet kuvvetlerinden oluşan gerilim " $\sigma_4$ "**

$$\text{Atalet momenti} \quad M_4 := 0.075 \cdot L_K \cdot (\varphi_K \cdot q_k \cdot L_K + F_A) \quad M_4 = 450733 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}$$

$$\text{Atalet gerilimi} \quad \sigma_4 := \frac{M_4}{W_z} \quad \sigma_4 = 264.9 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

**Araba kasılmasından oluşan gerilim " $\sigma_5$ "**

$$\text{Araba kasılması momenti} \quad M_5 := 0.2 \cdot L_{TA} \cdot F_{TD} \quad M_5 = 8652.0 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}$$

$$\text{Araba kasılması gerilimi} \quad \sigma_5 := \frac{M_5}{W_z} \quad \sigma_5 = 4.7 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

**H - Hali için vinç kirişindeki normal gerilmeler  $\sigma_{üst}$  ve  $\sigma_{min}$** 

$$\text{Yükleme grubu katsayısı "k_B"} \quad k_B := 1.05$$

$$\text{Üst kuşakta normal gerilim } \sigma_{üst} \quad \sigma_{üst} := k_B \cdot (\sigma_1 + \sigma_2 + \psi_K \cdot \sigma_3 + \sigma_4 + \sigma_5) \quad \sigma_{üst} = 999 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

$$\text{Min normal gerilim} \quad \sigma_{min} := \sigma_1 + \sigma_2 \quad \sigma_{min} = 306 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

$$\text{Genel sınır değerler oranı} \quad \kappa_{2hes} := \frac{\sigma_{min}}{\sigma_{üst}} \quad \kappa_{2hes} = 0.31$$

$$\text{Alt kuşakta normal gerilim } \sigma_{alt} \quad \sigma_{alt} := \frac{\sigma_{üst}}{e_2} \cdot e_1 \quad \sigma_{alt} = 572 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

**Kirişteki kayma gerilmesi " $\tau_{max}$ "**

$$\text{Tekerlek alt kuşak kenarı mesafesi, konstrüksiyondan} \quad m_1 := 5.5 \cdot \text{mm}$$

$$\text{Kirişte torsiyon momenti} \quad M_{t1} := 4F_{TD} \cdot m_1 \quad M_{t1} = 15.9 \cdot \text{m} \cdot \text{kg}$$

Bret'e göre ortalama torsiyon alanı

$$A_{or} := \left( b_1 - 2 \cdot b_B - \frac{t_2}{2} - \frac{t_4}{2} \right) \cdot \left( h_2 + \frac{t_1}{2} + \frac{t_3}{2} \right) \quad A_{or} = 2889.4 \cdot \text{cm}^2$$

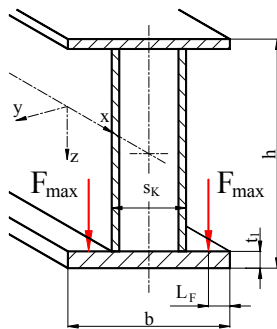
$$\text{Torsiyon karşı koyma momenti} \quad W_{t1} := 2 \cdot A_{or} \cdot t_2 \quad W_{t1} = 2889.4 \cdot \text{cm}^3$$

$$\text{Yan plakalar alanı} \quad A_{Dik} := 2 \cdot h_2 \cdot t_2 \quad A_{Dik} = 74 \cdot \text{cm}^2$$

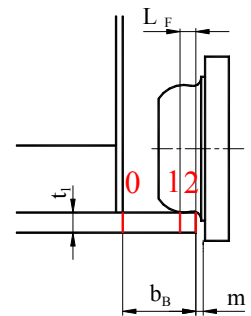
$$\text{Kesme gerilimi} \quad \tau_{a1} := \frac{F_{TD2}}{A_{Dik}} \quad \tau_{a1} = 0.5 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

$$\text{Torsiyon gerilimi} \quad \tau_{t1} := \frac{M_{t1}}{W_{t1}} \quad \tau_{t1} = 19.5 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

$$\text{Torsiyon gerilimi} \quad \tau_{max} := \tau_a + \tau_t \quad \tau_{max} = 20 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

**Kirişteki ek gerilmeler**

Şekil 41, Alt kuşak



Şekil 42, Alt kuşakta tekerlek

Alt kuşakta  $F_{Te}$  kuvvetinin etkilediği yerdeki kalınlığı.

Malzeme kalınlık toleransı ve olacak aşınmalar dikkate alınmadan.

Alt kuşak kenarından kuvvetin etkileme mesafesi, ortalama

Alt kuşak kenarından kuvvetin etkileme mesafesi, minimum

Kutu kirişte

Ölçüler oranı katsayısı

Gerilim düzeltme faktörü

$$\lambda_K := \frac{L_F}{b_B}$$

$$L_F := L_{For} - m_1$$

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

$$L_{For} := 11.9 \cdot \text{mm}$$

$$L_F = 6.4 \cdot \text{mm}$$

$$\lambda_K = 0.128$$

$$\varepsilon_{Dü} := 0.75$$

### ***x- yönü, boyuna gerilim katsayıları***

0-Altkuşak ile yan plaka geçişi

$$c_{x0} := 0.05 - 0.58 \cdot \lambda_K + 0.148 \cdot e^{(3.015 \cdot \lambda_K)}$$

$$c_{x0} = 0.193463$$

1-Tekerleğin etkilediği nokta

$$c_{x1} := 2.23 - 1.49 \cdot \lambda_K + 1.39 \cdot e^{(-18.33 \cdot \lambda_K)}$$

$$c_{x1} = 2.172343$$

2-Alt kuşak kenarı

$$c_{x2} := 0.73 - 1.58 \cdot \lambda_K + 2.91 \cdot e^{(-6 \cdot \lambda_K)}$$

$$c_{x2} = 1.877825$$

### ***y- yönü, enine gerilim katsayıları***

0-Altkuşak ile yan plaka geçişi

$$c_{y0} := -2.11 + 1.977 \cdot \lambda_K + 0.0076 \cdot e^{(6.53 \cdot \lambda_K)}$$

$$c_{y0} = -1.839413$$

1-Tekerleğin etkilediği nokta

$$c_{y1} := 10.108 - 7.408 \cdot \lambda_K - 10.108 \cdot e^{(-1.364 \cdot \lambda_K)}$$

$$c_{y1} = 0.671082$$

2-Alt kuşak kenarı

$$c_{y2} := 0$$

### ***x- yönünde, boyuna gerilimler***

0-Altkuşak ile yan plaka geçişi

$$\sigma_{Fx0} := c_{x0} \cdot F_{TD} \cdot t_1^{-2}$$

$$\sigma_{Fx0} = 62 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

1-Tekerleğin etkilediği nokta

$$\sigma_{Fx1} := c_{x1} \cdot F_{TD} \cdot t_1^{-2}$$

$$\sigma_{Fx1} = 696 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

2-Alt kuşak kenarı

$$\sigma_{Fx2} := c_{x2} \cdot F_{TD} \cdot t_1^{-2}$$

$$\sigma_{Fx2} = 602 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

### ***y- yönünde, enine gerilimler***

0-Altkuşak ile yan plaka geçişi

$$\sigma_{Fy0} := c_{y0} \cdot F_{TD} \cdot t_1^{-2}$$

$$\sigma_{Fy0} = -589 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

1-Tekerleğin etkilediği nokta

$$\sigma_{Fy1} := c_{y1} \cdot F_{TD} \cdot t_1^{-2}$$

$$\sigma_{Fy1} = 215 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

2-Alt kuşak kenarı

$$\sigma_{Fy2} := c_{y2} \cdot F_{TD} \cdot t_1^{-2}$$

$$\sigma_{Fy2} = 0$$

Burada bulunan maksimum gerilimler hesaplar için gerekli ek gerilimler olarak alınır.

### ***Kirişin kontrolü***

x- yönünde toplam gerilim

$$\sigma_x := \sigma_{alt} + \varepsilon_{Dü} \cdot \sigma_{Fx1}$$

$$\sigma_x = 1094 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

y- yönünde toplam gerilim

$$\sigma_y := \varepsilon_{Dü} \cdot \sigma_{Fy1}$$

$$\sigma_y = 161 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

Alt kuşakta hesapsal karşılaştırma gerilimleri

$$\sigma_{karAlt} := \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \cdot \sigma_y + 3 \cdot \tau_{max}^2}$$

$$\sigma_{karAlt} = 1024 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

Üst kuşakta hesapsal karşılaştırma gerilimleri

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

$$\sigma_{karÜst} = 999 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

### ***Karşılaştırma gerilimleri***

$$\sigma_{kar} = \sigma_{karAlt}$$

$$\sigma_{kar} = 1024 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$



**Statik kontrol:**

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

$$\frac{\sigma_{St\check{c}EM}}{\sigma_{kar}} = 1.56 > 1$$

**Dinamik kontrol:**

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

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

$\kappa_0 := 0$  için değişken mukavemet değeri

$$\sigma_{D\check{c}EM0} := \frac{5}{3} \cdot \sigma_W$$

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

$\kappa_{2hes} = 0.31$  için

$$\sigma_{D\check{c}EM\kappa2} := \frac{\sigma_{D\check{c}EM0}}{1 - \left(1 - \frac{\sigma_{D\check{c}EM0}}{0.75R_m}\right) \cdot \kappa_{2hes}}$$

$$\sigma_{D\check{c}EM2} = 2237 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

$$\frac{\sigma_{D\check{c}EM2}}{\sigma_{kar}} = 2.185 > 1$$

**Emniyet katsayıları 1 den büyük olduğundan kiriş fonksiyonunu yapar.**

**Kati karara varmak için plakalardaki buruşma kontrol edilmelidir.**

**DIN 18800 ve DIN4114 e göre yapılan hesapta buruşma tehlikesi yoktur ve konstrüksiyon seçilen değerlerle yapılır.**

**Çentik grubu K4 olarak seçilsede kiriş fonksiyonunu yapar**

**Ters sehim**

Yan boşluk değeri

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

$$L_{CA} = 9.7 \text{ m}$$

Kirişin öz ağırlık sehimi

$$f_{Ki} := \frac{5 \cdot L_K^4 \cdot q_k}{384 \cdot E_{dyn} \cdot J_y}$$

$$f_{Ki} = 9.1 \cdot \text{mm}$$

Arabanın ağırlığından oluşan tekerlek yükü

$$F_{ATek} := 0.5 \cdot F_A$$

$$F_{ATek} = 200 \text{ kg}$$

Arabanın ağırlık sehimi

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

$$f_A = 0.21 \cdot \text{cm}$$

Yükten oluşan tekerlek yükü

$$F_{YTEk} := 0.5 \cdot F_Y$$

$$F_{YTEk} = 1030 \text{ kg}$$

Yükün sehimi

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

$$f_Y = 10.4 \cdot \text{mm}$$

Toplam Sehim

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

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

Ters sehim

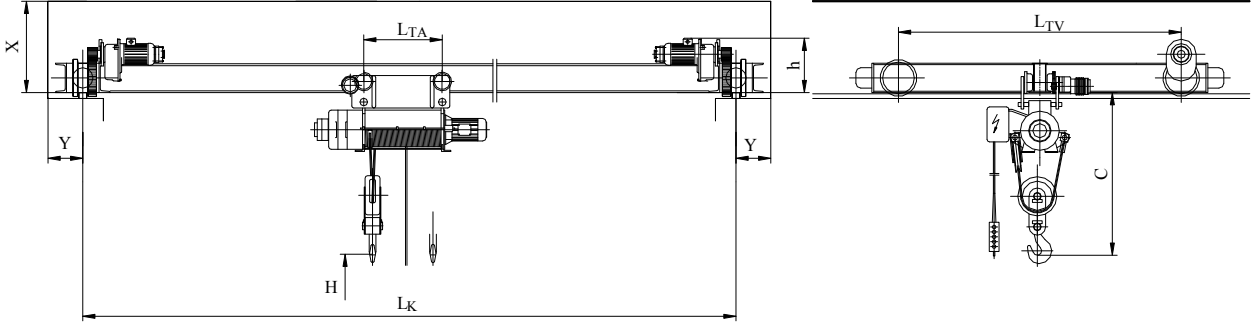
$$f_{Ters} := f_{Ki} + f_A + 0.5f_Y$$

$$f_{Ters} = 16 \cdot \text{mm}$$

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

## 2.4 Örnek 4 - 3,2tx20m, Kutu kiriş monoray vinç

Kutu kiriş monoray vincin bilinen değerleri ve kabuller aşağıda verilmiştir.



Şekil 43, 3,2t Kutu kiriş monoray vinç

1.	Vincin çalıştığı yer ve saat	<b>*)1</b>	
2.	Vincin kaldırma kapasitesi	$G_Y =$	3,2 t
3.	Kaldırma hızı	$v_K =$	5 m/dak
4.	Kaldırma yüksekliği	$H =$	8 m
5.	Vincin ray açıklığı, kiriş boyu	$L_K =$	20 m
6.	Köprü yürüme hızı	$v_V =$	20 m/dak
7.	Arabanın ağırlığı	$G_A =$	400 kg
8.	Araba yürüme hızı	$v_A =$	15 m/dak
9.	Araba tekerlek aks açıklığı	$L_{AT} =$	0,6 m
10.	Araba tekerlek grubu sayısı	$n_{Tek} =$	2 1
11.	Sehim oranı katsayısı	$k_f =$	1000 1
12.	Vincin yükleme hali	<b>*)2</b>	$Y_{üHa} =$ H
13.	Vincin kaldırma sınıfı DIN 15018	<b>*)1</b>	$Ka_{S1} =$ H2
14.	Vincin yükleme grubu DIN 15018	<b>*)1, *)3</b>	$Y_{üGr} =$ B3
15.	Vincin tahrik grubu DIN 15020	<b>*)4</b>	$Ta_{Gr} =$ 2m
16.	Kirişin çentik grubu DIN 15020	<b>*)5</b>	$Çe_{Gr} =$ K3

### Eldeki informasyonlara göre;

- \*)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** Kirişin çentik grubunu "K3" kabul edip hesabımızı yapalım. 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 4 - 3,2tx20m, Kutu kiriş monoray vinçin hesabı.**

$$\text{Gerekli sehim} \quad f_{\text{ger}} := \frac{1}{1000} \cdot L_K \quad f_{\text{ger}} = 20 \cdot \text{mm}$$

$$\text{Dinamik katsayısı} \quad \psi_K := 1.2 + 0.0044 \cdot \text{min} \cdot \text{m}^{-1} \cdot v_H \quad \psi_K = 1.222$$

$$\text{Öz ağırlık katsayısı} \quad \varphi_K := 1.1$$

**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

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

Poisson sayısı

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

Özgül ağırlığı

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

**Statik değerler, I. Hal için :**

çeki

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

bası

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

kayma

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

Hesap için gerekli tekerlek kuvveti

$$F_{\text{TD2}} := \frac{\psi_K \cdot F_Y + \varphi_K \cdot F_A}{n_{\text{Tek}}}$$

$$F_{\text{TD2}} = 2175 \text{kg}$$

Gerekli atalet momenti

$$J_{y_{\text{ger}}} := \frac{F_{\text{TD2}} \cdot (L_K - L_{\text{TA}})}{48 \cdot E_{\text{dyn}} \cdot f_{\text{ger}}} \cdot \left[ 3 \cdot L_K^2 - (L_K - L_{\text{TA}})^2 \right]$$

$$J_{y_{\text{ger}}} = 172404 \text{cm}^4$$

Bir tekerleğin kuvveti

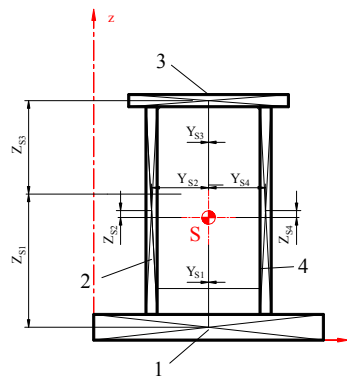
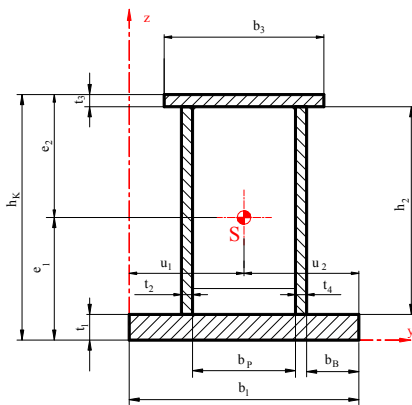
$$F_{\text{TD}} := 0.5 \cdot F_{\text{TD2}}$$

$$F_{\text{TD}} = 1088 \text{kg}$$

Gerekli kuşak kalınlığı

$$t_{\text{ger}} := \sqrt{5 \cdot \frac{F_{\text{TD}}}{\sigma_{\text{StçEM}}}}$$

$$t_{\text{ger}} = 18.4 \cdot \text{mm}$$

**Bu değere göre kutu kiriş boyutlarını konstrüksiyon önerilerine göre seçelim**

Şekil 44, Kutu kiriş ölçüleri

Yan plaka yüksekliği 1,5 m den 2 adet almak için;

$$h_2 = h_4 = 740 \text{mm}$$

$$t_2 \approx h_2/125 = 740/125 = 5,92$$

$$t_2 = t_4 = 6 \text{mm}$$

$$t_3 = 1,2 \cdot t_2 = 1,2 \cdot 6 = 7,2 \text{mm}$$

$$t_3 = 8 \text{mm}$$

$$b_B = 50 \text{mm}$$

1,5 m den 3 adet, 1 m den 2 adet almak için;

$$b_1 = 490 \text{mm}$$

$$b_3 = b_1 - 2 \cdot b_B + 20 \text{mm}$$

$$b_3 = 410 \text{mm}$$

$$b_1 := 490 \cdot \text{mm}$$

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

$$b_3 = 410 \cdot \text{mm}$$

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

$$b_B := 50 \cdot \text{mm}$$

$$t_1 := 20 \cdot \text{mm}$$

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

$$t_3 := 8 \cdot \text{mm}$$

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

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

Perde yüksekliği

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

$$h_{\text{Per}} = 690 \cdot \text{mm}$$

Perde eni

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

$$b_{\text{Per}} = 378 \cdot \text{mm}$$

X eksenini üst kuşak alt kenarı

$$h_S := h_2 + t_1$$

$$h_S = 76 \cdot \text{cm}$$

Kirişin tam yüksekliği

$$h_K := t_1 + t_3 + h_2$$

$$h_K = 768 \cdot \text{mm}$$

### Parçaların ve sistemin alanı:

$$A_1 := b_1 \cdot t_1$$

$$A_1 = 98 \cdot \text{cm}^2$$

$$A_2 := h_2 \cdot t_2$$

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

$$A_3 := b_3 \cdot t_3$$

$$A_3 = 33 \cdot \text{cm}^2$$

$$A_4 := h_4 \cdot t_4$$

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

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

$$A_{\text{top}} = 219.6 \cdot \text{cm}^2$$

### Parçaların ağırlık merkezlerinin koordinatları:

$$y_1 := 0.5 \cdot b_1$$

$$y_1 = 24.50 \cdot \text{cm}$$

$$z_1 := 0.5 \cdot t_1$$

$$z_1 = 1 \cdot \text{cm}$$

$$y_2 := b_B + 0.5 \cdot t_2$$

$$y_2 = 5.3 \cdot \text{cm}$$

$$z_2 := t_1 + 0.5 \cdot h_2$$

$$z_2 = 39 \cdot \text{cm}$$

$$y_3 := 0.5 \cdot b_1$$

$$y_3 = 24.5 \cdot \text{cm}$$

$$z_3 := t_1 + 0.5 \cdot t_3 + h_2$$

$$z_3 = 76.4 \cdot \text{cm}$$

$$y_4 := b_1 - b_B - 0.5 \cdot t_2$$

$$y_4 = 43.7 \cdot \text{cm}$$

$$z_4 := t_1 + 0.5 h_2$$

$$z_4 = 39 \cdot \text{cm}$$

### Ağırlık merkezi koordinatları $Y_S$ ve $Z_S$

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

$$Y_S = 24.50 \cdot \text{cm}$$

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

$$Z_S = 27.63 \cdot \text{cm}$$

### Parçaların ağırlık merkezine uzaklıkları

$$Y_{S1} := Y_S - y_1$$

$$Y_{S1} = 0 \cdot \text{m}$$

$$Z_{S1} := Z_S - z_1$$

$$Z_{S1} = 26.6 \cdot \text{cm}$$

$$Y_{S2} := Y_S - y_2$$

$$Y_{S2} = 19.2 \cdot \text{cm}$$

$$Z_{S2} := Z_S - z_2$$

$$Z_{S2} = 11.37 \cdot \text{cm}$$

$$Y_{S3} := Y_S - y_3$$

$$Y_{S3} = 0 \cdot \text{m}$$

$$Z_{S3} := Z_S - z_3$$

$$Z_{S3} = 48.8 \cdot \text{cm}$$

$$Y_{S4} := Y_S - y_4$$

$$Y_{S4} = 19.2 \cdot \text{cm}$$

$$Z_{S4} := Z_S - z_4$$

$$Z_{S4} = 11.37 \cdot \text{cm}$$

### Parçaların kendi atalet momentleri

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

$$I_{1y} = 32.67 \cdot \text{cm}^4$$

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

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

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

$$I_{3y} = 1.75 \cdot \text{cm}^4$$

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

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

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

$$I_{1z} = 19608 \cdot \text{cm}^4$$

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

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

$$I_{3z} := \frac{t_3 \cdot b_3^3}{12}$$

$$I_{3z} = 4595 \cdot \text{cm}^4$$

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

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

### Kirişin atalet momentleri

$$I_{y1} := I_{1y} + I_{2y} + I_{3y} + I_{4y}$$

$$I_{y1} = 40557 \cdot \text{cm}^4$$

$$I_{y2} := Z_{S1}^2 \cdot A_1 + Z_{S2}^2 \cdot A_2 + Z_{S3}^2 \cdot A_3 + Z_{S4}^2 \cdot A_4$$

$$I_{y2} = 158992 \cdot \text{cm}^4$$

Kirişin y-y eksenini atalet momenti

$$I_y := I_{y1} + I_{y2}$$

$$I_y = 199549 \cdot \text{cm}^4$$

Kirişin y-y ekseninde gerekli atalet momenti

$$J_{yger} = 172404 \cdot \text{cm}^4$$

$$I_{z1} := I_{1z} + I_{2z} + I_{3z} + I_{4z}$$

$$I_{z1} = 24206 \cdot \text{cm}^4$$

$$I_{z2} := Y_{S1}^2 \cdot A_1 + Y_{S2}^2 \cdot A_2 + Y_{S3}^2 \cdot A_3 + Y_{S4}^2 \cdot A_4$$

$$I_{z2} = 32735 \cdot \text{cm}^4$$

Kirişin z-z eksenini atalet momenti

$$I_z := I_{z1} + I_{z2}$$

$$I_z = 56941 \cdot \text{cm}^4$$

**Atalet dairesi yarı çapı**

$$u_1 := y_S$$

$$u_1 = 245 \cdot \text{mm}$$

$$e_1 := z_S$$

$$e_1 = 27.6 \cdot \text{cm}$$

$$u_2 := b_3 - y_S$$

$$u_2 = 165 \cdot \text{mm}$$

$$e_2 := h_K - e_1$$

$$e_2 = 49.2 \cdot \text{cm}$$

$$u_{\max} = 24.5 \cdot \text{cm}$$

$$e_{\max} = 49.2 \cdot \text{cm}$$

Kirişin y-y eksenine karşı koyma momenti

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

$$W_y = 4058 \cdot \text{cm}^3$$

Kirişin z-z eksenine karşı koyma momenti

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

$$W_z = 2324 \cdot \text{cm}^3$$

**Sehim kontrolü:**

İşletmede hesaplanan hakiki sehim

$$f_{\text{Hes}} := \frac{F_{\text{TD2}} \cdot (L_K - L_{\text{TA}})}{48 \cdot E_{\text{dyn}} \cdot J_y} \cdot [3 \cdot L_K^2 - (L_K - L_{\text{TA}})^2]$$

$$f_{\text{Hes}} = 17.3 \cdot \text{mm}$$

Gerekli sehim

$$f_{\text{ger}} = 20 \cdot \text{mm}$$

Hakiki sehim oranı

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

$$S_{\text{fl}} = 1157$$

İstenilen sehim oranı

$$k_f = 1'000$$

**Hesaplanan sehim gerekli sehimden küçük olduğundan fonksiyon için yeterlidir.**

**Kirişin birim ağırlığı "q<sub>K</sub>"**

Toleranslardan doğan farklılık oranı

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

$$G_{\text{Per}} := h_{\text{Per}} \cdot b_{\text{Per}} \cdot t_{\text{Per}} \cdot \rho_{\text{St}} \cdot \text{m}^{-1}$$

$$G_{\text{Per}} = 12.3 \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{kg}$$

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

$$q_{\text{K1}} = 172.39 \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{kg}$$

Kirişin birim ağırlığı "q<sub>K</sub>":

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

$$q_K = 178.53 \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{kg}$$

**Kirişin toplam ağırlığı "G<sub>K1top</sub>"**

$$G_{\text{K1top}} := q_K \cdot L_K \cdot k_{\text{KrTol}}$$

$$G_{\text{K1top}} = 3677.7 \cdot \text{kg}$$

**Mukavemet kontrolü:**

**Kirisinin öz ağırlığından oluşan gerilim "σ<sub>1</sub>"**

$$\text{Kirisinin öz ağırlık momenti} \quad M_1 := \frac{\varphi_K \cdot q_K \cdot L_K^2}{8}$$

$$M_1 = 981906 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}$$

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

$$\sigma_1 = 242 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

**Ceraskal ve Arabanın ağırlığından oluşan gerilim "σ<sub>2</sub>"**

$$\text{Ceraskal ve Arabanın ağırlık momenti} \quad M_2 := \frac{F_A}{16 \cdot L_K} \cdot (2 \cdot L_K - L_{\text{TA}})^2$$

$$M_2 = 194045 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}$$

$$\text{Ceraskal ve Arabanın ağırlık gerilimi} \quad \sigma_2 := \frac{M_2}{W_y}$$

$$\sigma_2 = 48 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

**Yükün ağırlığından oluşan gerilim "σ<sub>3</sub>"**

$$\text{Yük ağırlık momenti} \quad M_3 := \frac{F_Y}{16 \cdot L_K} \cdot (2 \cdot L_K - L_{\text{TA}})^2$$

$$M_3 = 1896984 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}$$

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

$$\sigma_3 = 467 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

**Atalet kuvvetlerinden oluşan gerilim " $\sigma_4$ "**

$$\text{Atalet momenti} \quad M_4 := 0.075 \cdot L_K \cdot (\varphi_K \cdot q_k \cdot L_K + F_A) \quad M_4 = 565585 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}$$

$$\text{Atalet gerilimi} \quad \sigma_4 := \frac{M_4}{W_z} \quad \sigma_4 = 266.4 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

**Araba kasılmasından oluşan gerilim " $\sigma_5$ "**

$$\text{Araba kasılması momenti} \quad M_5 := 0.2 \cdot L_{TA} \cdot F_{TD} \quad M_5 = 13051 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}$$

$$\text{Araba kasılması gerilimi} \quad \sigma_5 := \frac{M_5}{W_z} \quad \sigma_5 = 5.6 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

**H - Hali için vinç kirişindeki normal gerilmeler  $\sigma_{üst}$  ve  $\sigma_{min}$** 

Yükleme grubu katsayısı " $k_B$ " Yükleme grubu B3 için

$$k_B := 1.05$$

$$\text{Üst kuşakta normal gerilim } \sigma_{üst} \quad \sigma_{üst} := k_B \cdot (\sigma_1 + \sigma_2 + \psi_K \cdot \sigma_3 + \sigma_4 + \sigma_5) \quad \sigma_{üst} = 1081 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

$$\text{Min normal gerilim} \quad \sigma_{min} := \sigma_1 + \sigma_2 \quad \sigma_{min} = 290 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

$$\text{Genel sınır değerler oranı} \quad \kappa_{2hes} := \frac{\sigma_{min}}{\sigma_{üst}} \quad \kappa_{2hes} = 0.27$$

$$\text{Alt kuşakta normal gerilim } \sigma_{alt} \quad \sigma_{alt} := \frac{\sigma_{üst}}{e_2} \cdot e_1 \quad \sigma_{alt} = 607 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

**Kirişteki kayma gerilmesi " $\tau_{max}$ "**

Tekerlek alt kuşak kenarı mesafesi, konstrüksiyondan

$$m_1 := 5.5 \cdot \text{mm}$$

$$\text{Kirişte torsiyon momenti} \quad M_{t1} := 4F_{TD} \cdot m_1 \quad M_{t1} = 23.9 \cdot \text{m} \cdot \text{kg}$$

Bret'e göre ortalama torsiyon alanı

$$A_{or} := \left( b_1 - 2 \cdot b_B - \frac{t_2}{2} - \frac{t_4}{2} \right) \cdot \left( h_2 + \frac{t_1}{2} + \frac{t_3}{2} \right) \quad A_{or} = 2895.4 \cdot \text{cm}^2$$

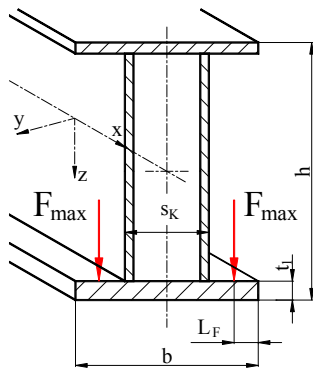
$$\text{Torsiyon karşı koyma momenti} \quad W_{t1} := 2 \cdot A_{or} \cdot t_2 \quad W_{t1} = 3474.4 \cdot \text{cm}^3$$

$$\text{Yan plakalar alanı} \quad A_{Dik} := 2 \cdot h_2 \cdot t_2 \quad A_{Dik} = 88.8 \cdot \text{cm}^2$$

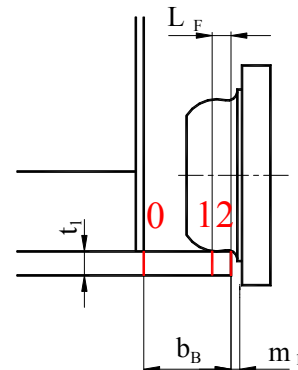
$$\text{Kesme gerilimi} \quad \tau_{a1} := \frac{F_{TD2}}{A_{Dik}} \quad \tau_{a1} = 0.7 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

$$\text{Torsiyon gerilimi} \quad \tau_{t1} := \frac{M_{t1}}{W_{t1}} \quad \tau_{a1} = 24.5 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

$$\text{Torsiyon gerilimi} \quad \tau_{max} := \tau_a + \tau_t \quad \tau_{max} = 25.2 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

**Kirişteki ek gerilmeler**

Şekil 45, Alt kuşak



Şekil 46, Alt kuşakta tekerlek

Alt kuşakta  $F_{Te}$  kuvvetinin etkilediği yerdeki kalınlığı.

Malzeme kalınlık toleransı ve olacak aşınmalar dikkate alınmadan.

Alt kuşak kenarından kuvvetin etkileme mesafesi, ortalama

Alt kuşak kenarından kuvvetin etkileme mesafesi, minimum

$$L_F := L_{For} - m_1$$

Kutu kirişte

Ölçüler oranı katsayısı

$$\lambda_K := \frac{L_F}{b_B}$$

Gerilim düzeltme faktörü

$$t_1 = 20 \cdot \text{mm}$$

$$L_{For} := 11.9 \cdot \text{mm}$$

$$L_F = 6.4 \cdot \text{mm}$$

$$\lambda_K = 0.128$$

$$\varepsilon_{Dü} := 0.75$$

### ***x- yönü, boyuna gerilim katsayıları***

0-Altkuşak ile yan plaka geçişi

$$c_{x0} := 0.05 - 0.58 \cdot \lambda_K + 0.148 \cdot e^{(3.015 \cdot \lambda_K)}$$

$$c_{x0} = 0.193463$$

1-Tekerleğin etkilediği nokta

$$c_{x1} := 2.23 - 1.49 \cdot \lambda_K + 1.39 \cdot e^{(-18.33 \cdot \lambda_K)}$$

$$c_{x1} = 2.172343$$

2-Alt kuşak kenarı

$$c_{x2} := 0.73 - 1.58 \cdot \lambda_K + 2.91 \cdot e^{(-6 \cdot \lambda_K)}$$

$$c_{x2} = 1.877825$$

### ***y- yönü, enine gerilim katsayıları***

0-Altkuşak ile yan plaka geçişi

$$c_{y0} := -2.11 + 1.977 \cdot \lambda_K + 0.0076 \cdot e^{(6.53 \cdot \lambda_K)}$$

$$c_{y0} = -1.839413$$

1-Tekerleğin etkilediği nokta

$$c_{y1} := 10.108 - 7.408 \cdot \lambda_K - 10.108 \cdot e^{(-1.364 \cdot \lambda_K)}$$

$$c_{y1} = 0.671082$$

2-Alt kuşak kenarı

$$c_{y2} := 0$$

### ***x- yönünde, boyuna gerilimler***

0-Altkuşak ile yan plaka geçişi

$$\sigma_{Fx0} := c_{x0} \cdot F_{TD} \cdot t_1^{-2}$$

$$\sigma_{Fx0} = 53 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

1-Tekerleğin etkilediği nokta

$$\sigma_{Fx1} := c_{x1} \cdot F_{TD} \cdot t_1^{-2}$$

$$\sigma_{Fx1} = 591 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

2-Alt kuşak kenarı

$$\sigma_{Fx2} := c_{x2} \cdot F_{TD} \cdot t_1^{-2}$$

$$\sigma_{Fx2} = 511 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

### ***y- yönünde, enine gerilimler***

0-Altkuşak ile yan plaka geçişi

$$\sigma_{Fy0} := c_{y0} \cdot F_{TD} \cdot t_1^{-2}$$

$$\sigma_{Fy0} = -500 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

1-Tekerleğin etkilediği nokta

$$\sigma_{Fy1} := c_{y1} \cdot F_{TD} \cdot t_1^{-2}$$

$$\sigma_{Fy1} = 182 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

2-Alt kuşak kenarı

$$\sigma_{Fy2} := c_{y2} \cdot F_{TD} \cdot t_1^{-2}$$

$$\sigma_{Fy2} = 0$$

Burada bulunan maksimum gerilimler hesaplar için gerekli ek gerilimler olarak alınır.

### ***Kirişin kontrolü***

x- yönünde toplam gerilim

$$\sigma_x := \sigma_{alt} + \varepsilon_{Dü} \cdot \sigma_{Fx1}$$

$$\sigma_x = 1050.2 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

y- yönünde toplam gerilim

$$\sigma_y := \varepsilon_{Dü} \cdot \sigma_{Fy1}$$

$$\sigma_y = 136.9 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

Alt kuşakta hesapsal karşılaştırma gerilimleri

$$\sigma_{karAlt} := \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \cdot \sigma_y + 3 \cdot \tau_{max}^2}$$

$$\sigma_{karAlt} = 990 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

Üst kuşakta hesapsal karşılaştırma gerilimleri

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

$$\sigma_{karÜst} = 1082 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

### ***Karşılaştırma gerilimleri***

$$\sigma_{kar} := \sigma_{karÜst}$$

$$\sigma_{kar} = 1082 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

**Statik kontrol:**

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

$$\frac{\sigma_{St\check{c}EM}}{\sigma_{kar}} = 1.479 > 1$$

**Dinamik kontrol:**

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

$\kappa_0 := 0$  için değişken mukavemet değeri

$$\sigma_{D\check{c}EM0} := \frac{5}{3} \cdot \sigma_W$$

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

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

$\kappa_{2hes} = 0.27$  için

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

$$\sigma_{D\check{c}EM2} = 2222 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

$$\frac{\sigma_{D\check{c}EM2}}{\sigma_{kar}} = 2.054 > 1$$

**Emniyet katsayıları 1 den büyük olduğundan kiriş fonksiyonunu yapar. Fakat yan ve üst kuşak plakalarının buruşma kontrolünün yapılması gerekir.**

**DIN 18800 ve DIN4114 e göre yapılan hesapta buruşma tehlikesi yoktur ve konstrüksiyon seçilen değerlerle yapılır.**

**Çentik grubu K4 olarak seçilsede kiriş fonksiyonunu yapar**

**Ters sehim**

Yan boşluk değeri

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

$$L_{CA} = 9.7 \text{ m}$$

Kirişin öz ağırlık sehimi

$$f_{Ki} := \frac{5 \cdot L_K^4 \cdot q_k}{384 \cdot E_{dyn} \cdot J_y}$$

$$f_{Ki} = 8.9 \cdot \text{mm}$$

Arabanın ağırlığından oluşan tekerlek yükü

$$F_{ATek} := 0.5 \cdot F_A$$

$$F_{ATek} = 200 \text{ kg}$$

Arabanın ağırlık sehimi

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

$$f_A = 0.16 \cdot \text{cm}$$

Yükten oluşan tekerlek yükü

$$F_{YTek} := 0.5 \cdot F_Y$$

$$F_{YTek} = 1600 \text{ kg}$$

Yükün sehimi

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

$$f_Y = 12.7 \cdot \text{mm}$$

Toplam Sehim

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

$$f_{Top} = 2.3 \cdot \text{cm}$$

Ters sehim

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

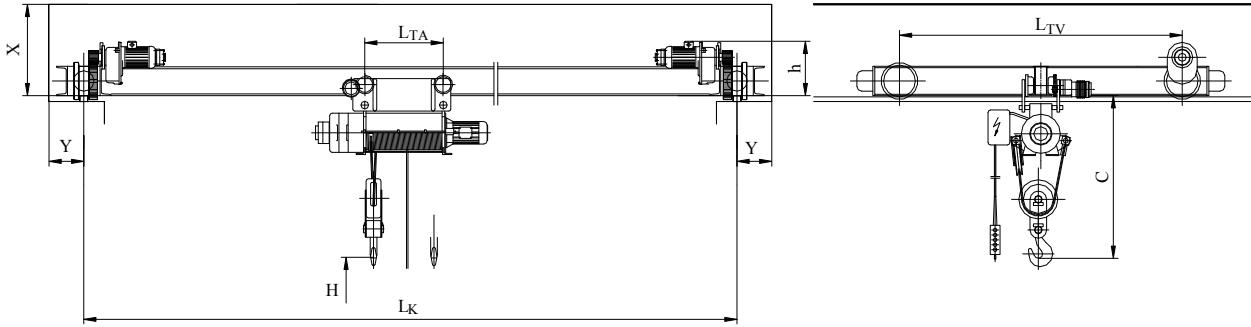
$$f_{Ters} = 17 \cdot \text{mm}$$

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



## 2.5 Örnek 5 - 3,2tx20m, Kutu kiriş monoray vinç, hafif konstrüksiyon

Örnek 4 de yapılan kirişin ağır olduğunu dişinerek hafifletmeye bakalım. Örnek 4 deki verileri aynen alıp daha hafif konstrüksiyon yapalım.



Şekil 47, 3,2t Kutu kiriş monoray vinç

1.	Vincin çalıştığı yer ve saat	<b>*)1</b>	
2.	Vincin kaldırma kapasitesi	$G_Y =$	3,2 t
3.	Kaldırma hızı	$v_K =$	5 m/dak
4.	Kaldırma yüksekliği	$H =$	8 m
5.	Vincin ray açıklığı, kiriş boyu	$L_K =$	20 m
6.	Köprü yürüme hızı	$v_V =$	20 m/dak
7.	Arabanın ağırlığı	$G_A =$	400 kg
8.	Araba yürüme hızı	$v_A =$	15 m/dak
9.	Araba tekerlek aks açıklığı	$L_{AT} =$	0,6 m
10.	Araba tekerlek grubu sayısı	$n_{Tek} =$	2 1
11.	Sehim oranı katsayısı	$k_f =$	1000 1
12.	Vincin yükleme hali	<b>*)2</b>	$Yü_{Ha} =$ H
13.	Vincin kaldırma sınıfı DIN 15018	<b>*)1</b>	$Ka_{S1} =$ H2
14.	Vincin yükleme grubu DIN 15018	<b>*)1, *)3</b>	$Yü_{Gr} =$ B3
15.	Vincin tahrik grubu DIN 15020	<b>*)4</b>	$Ta_{Gr} =$ 2m
16.	Kirişin çentik grubu DIN 15020	<b>*)5</b>	$Çe_{Gr} =$ K3

**Örnek 4 deki bütün bilgiler aynen geçerli ve kirişin ağır olduğunu kabul edip daha hafif konstrüksiyon yapmayı deneyelim.**

- \*)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** Kirişin çentik grubunu "K3" kabul edip hesabımızı yapalım. 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 5 - 3,2tx20m, Kutu kiriş monoray vinç, hafif konstrüksiyon hesabı**

Gerekli sehim  $f_{ger} := \frac{1}{1000} \cdot L_K$   $f_{ger} = 20 \cdot \text{mm}$

Dinamik katsayısı  $\psi_K := 1.2 + 0.0044 \cdot \text{min} \cdot \text{m}^{-1} \cdot v_H$   $\psi_K = 1.222$

Öz ağırlık katsayısı  $\varphi_K := 1.1$

**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

$F_{TD2} := \frac{\psi_K \cdot F_Y + \varphi_K \cdot F_A}{n_{Tek}}$

$F_{TD2} = 2175 \text{kg}$

Gerekli atalet momenti

$J_{yger} := \frac{F_{TD2} \cdot (L_K - L_{TA})}{48 \cdot E_{dyn} \cdot f_{ger}} \cdot [3 \cdot L_K^2 - (L_K - L_{TA})^2]$

$J_{yger} = 172404 \text{cm}^4$

Bir tekerleğin kuvveti

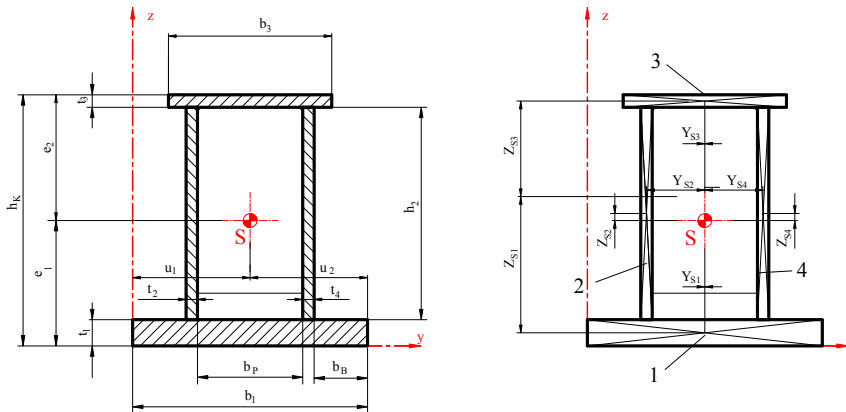
$F_{TD} := 0.5 \cdot F_{TD2}$

$F_{TD} = 1088 \text{kg}$

Gerekli kuşak kalınlığı

$t_{ger} := \sqrt{5 \cdot \frac{F_{TD}}{\sigma_{StçEM}}}$

$t_{ger} = 18.4 \cdot \text{mm}$

**Bu değere göre kutu kiriş boyutlarını konstrüksiyon önerilerine göre seçelim**

Şekil 48, Kutu kiriş ölçüleri

Değerleri hafif olsun diye seçelim ve kontrol edelim;

$h_2 = h_4 = 990 \text{mm}$

$t_2 = t_4 = 3 \text{mm}$

$t_3 = 6 \text{mm}$

$b_B = 50 \text{mm}$

$b_1 = 420 \text{mm}$

$b_3 = b_1 - 2 \cdot b_B + 20 \text{mm}$

$b_1 := 450 \cdot \text{mm}$

$h_2 := 990 \cdot \text{mm}$

$b_3 := 370 \cdot \text{mm}$

$h_4 := h_2$

$b_B := 50 \cdot \text{mm}$

$t_1 := 18 \cdot \text{mm}$

$t_2 := 3 \cdot \text{mm}$

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

$t_4 := t_2$

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

Perde yüksekliği

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

$h_{Per} = 940 \cdot \text{mm}$

Perde eni

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

$b_{Per} = 344 \cdot \text{mm}$

Perde kalınlığı

$t_{Per} := t_2$

$t_{Per} = 3 \cdot \text{mm}$

X eksenini üst kuşak alt kenarı  $h_S := h_2 + t_1$

$$h_S = 100.8 \cdot \text{cm}$$

Kirişin tam yüksekliği  $h_K := t_1 + t_3 + h_2$

$$h_K = 1014 \cdot \text{mm}$$

### Parçaların ve sistemin alanı:

$$A_1 := b_1 \cdot t_1$$

$$A_1 = 81 \cdot \text{cm}^2$$

$$A_2 := h_2 \cdot t_2$$

$$A_2 = 30 \cdot \text{cm}^2$$

$$A_3 := b_3 \cdot t_3$$

$$A_3 = 22 \cdot \text{cm}^2$$

$$A_4 := h_4 \cdot t_4$$

$$A_4 = 30 \cdot \text{cm}^2$$

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

$$A_{\text{top}} = 162.6 \cdot \text{cm}^2$$

### Parçaların ağırlık merkezlerinin koordinatları:

$$y_1 := 0.5 \cdot b_1$$

$$y_1 = 22.50 \cdot \text{cm}$$

$$z_1 := 0.5 \cdot t_1$$

$$z_1 = 0.9 \cdot \text{cm}$$

$$y_2 := b_B + 0.5 \cdot t_2$$

$$y_2 = 5.2 \cdot \text{cm}$$

$$z_2 := t_1 + 0.5 \cdot h_2$$

$$z_2 = 51.3 \cdot \text{cm}$$

$$y_3 := 0.5 \cdot b_1$$

$$y_3 = 22.5 \cdot \text{cm}$$

$$z_3 := t_1 + 0.5 \cdot t_3 + h_2$$

$$z_3 = 101.1 \cdot \text{cm}$$

$$y_4 := b_1 - b_B - 0.5 \cdot t_2$$

$$y_4 = 39.85 \cdot \text{cm}$$

$$z_4 := t_1 + 0.5 h_2$$

$$z_4 = 51.3 \cdot \text{cm}$$

### Ağırlık merkezi koordinatları $Y_S$ ve $Z_S$

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

$$Y_S = 22.50 \cdot \text{cm}$$

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

$$Z_S = 32.99 \cdot \text{cm}$$

### Parçaların ağırlık merkezine uzaklıkları

$$Y_{S1} := Y_S - y_1$$

$$Y_{S1} = 0 \cdot \text{m}$$

$$Z_{S1} := Z_S - z_1$$

$$Z_{S1} = 32.1 \cdot \text{cm}$$

$$Y_{S2} := Y_S - y_2$$

$$Y_{S2} = 17.3 \cdot \text{cm}$$

$$Z_{S2} := Z_S - z_2$$

$$Z_{S2} = 18.31 \cdot \text{cm}$$

$$Y_{S3} := Y_S - y_3$$

$$Y_{S3} = 0 \cdot \text{m}$$

$$Z_{S3} := Z_S - z_3$$

$$Z_{S3} = 68.1 \cdot \text{cm}$$

$$Y_{S4} := Y_S - y_4$$

$$Y_{S4} = 17.35 \cdot \text{cm}$$

$$Z_{S4} := Z_S - z_4$$

$$Z_{S4} = 18.31 \cdot \text{cm}$$

### Parçaların kendi atalet momentleri

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

$$I_{1y} = 21.87 \cdot \text{cm}^4$$

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

$$I_{2y} = 24257 \cdot \text{cm}^4$$

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

$$I_{3y} = 0.67 \cdot \text{cm}^4$$

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

$$I_{4y} = 24257 \cdot \text{cm}^4$$

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

$$I_{1z} = 13669 \cdot \text{cm}^4$$

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

$$I_{2z} = 0.22 \cdot \text{cm}^4$$

$$I_{3z} := \frac{t_3 \cdot b_3^3}{12}$$

$$I_{3z} = 2533 \cdot \text{cm}^4$$

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

$$I_{4z} = 0.22 \cdot \text{cm}^4$$

### Kirişin atalet momentleri

$$I_{y1} := I_{1y} + I_{2y} + I_{3y} + I_{4y}$$

$$I_{y1} = 48537 \cdot \text{cm}^4$$

$$I_{y2} := Z_{S1}^2 \cdot A_1 + Z_{S2}^2 \cdot A_2 + Z_{S3}^2 \cdot A_3 + Z_{S4}^2 \cdot A_4$$

$$I_{y2} = 206311 \cdot \text{cm}^4$$

Kirişin y-y eksenini atalet momenti

$$I_y := I_{y1} + I_{y2}$$

$$I_y = 254848 \cdot \text{cm}^4$$

Kirişin y-y ekseninde gerekli atalet momenti

$$J_{yger} = 172404 \cdot \text{cm}^4$$

$$I_{z1} := I_{1z} + I_{2z} + I_{3z} + I_{4z}$$

$$I_{z1} = 16202 \cdot \text{cm}^4$$

$$I_{z2} := Y_{S1}^2 \cdot A_1 + Y_{S2}^2 \cdot A_2 + Y_{S3}^2 \cdot A_3 + Y_{S4}^2 \cdot A_4$$

$$I_{z2} = 17881 \cdot \text{cm}^4$$

Kirişin z-z eksenini atalet momenti

$$I_z := I_{z1} + I_{z2}$$

$$I_z = 34083 \cdot \text{cm}^4$$

**Atalet dairesi yarı çapı**

$$\begin{aligned} u_1 &:= y_S & u_1 &= 225 \cdot \text{mm} & e_1 &:= z_S & e_1 &= 33 \cdot \text{cm} \\ u_2 &:= b_3 - y_S & u_2 &= 145 \cdot \text{mm} & e_2 &:= h_K - e_1 & e_2 &= 68.4 \cdot \text{cm} \\ & & u_{\max} &= 22.5 \cdot \text{cm} & & & e_{\max} &= 68.4 \cdot \text{cm} \end{aligned}$$

Kirişin y-y eksenine karşı koyma momenti

$$W_y := \frac{I_y}{e_{\max}} \quad W_y = 3725 \cdot \text{cm}^3$$

Kirişin z-z eksenine karşı koyma momenti

$$W_z := \frac{I_z}{u_{\max}} \quad W_z = 1515 \cdot \text{cm}^3$$

**Sehim kontrolü:**

İşletmede hesaplanan hakiki sehim

$$f_{\text{Hes}} := \frac{F_{\text{TD2}} \cdot (L_K - L_{\text{TA}})}{48 \cdot E_{\text{dyn}} \cdot J_y} \cdot \left[ 3 \cdot L_K^2 - (L_K - L_{\text{TA}})^2 \right] \quad f_{\text{Hes}} = 13.5 \cdot \text{mm}$$

Gerekli sehim

$$f_{\text{ger}} = 20 \cdot \text{mm}$$

Hakiki sehim oranı

$$S_{\text{fl}} := L_K \cdot f_{\text{Hes}}^{-1} \quad S_{\text{fl}} = 1478$$

İstenilen sehim oranı

$$k_f = 1'000$$

**Hesaplanan sehim gerekli sehimden küçük olduğundan fonksiyon için yeterlidir.****Kirişin birim ağırlığı "q<sub>K</sub>"**

Toleranslardan doğan farklılık oranı

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

$$G_{\text{Per}} := h_{\text{Per}} \cdot b_{\text{Per}} \cdot t_{\text{Per}} \cdot \rho_{\text{St}} \cdot \text{m}^{-1}$$

$$G_{\text{Per}} = 7.6 \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{kg}$$

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

$$q_{\text{K1}} = 127.64 \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{kg}$$

Kirişin birim ağırlığı "q<sub>K</sub>":

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

$$q_K = 131.45 \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{kg}$$

Kirişin toplam ağırlığı "G<sub>K1top</sub>"

$$G_{\text{K1top}} := q_K \cdot L_K \cdot k_{\text{KrTol}}$$

$$G_{\text{K1top}} = 2708 \text{kg}$$

**Mukavemet kontrolü:****Kirisinin öz ağırlığından oluşan gerilim "σ<sub>1</sub>"**

Kirisinin öz ağırlık momenti

$$M_1 := \frac{\varphi_K \cdot q_K \cdot L_K^2}{8}$$

$$M_1 = 722967 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}$$

Öz ağırlık gerilimi

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

$$\sigma_1 = 194 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

**Ceraskal ve Arabanın ağırlığından oluşan gerilim "σ<sub>2</sub>"**

Ceraskal ve Arabanın ağırlık momenti

$$M_2 := \frac{F_A}{16 \cdot L_K} \cdot (2 \cdot L_K - L_{\text{TA}})^2$$

$$M_2 = 194045 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}$$

Ceraskal ve Arabanın ağırlık gerilimi

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

$$\sigma_2 = 52 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

**Yükün ağırlığından oluşan gerilim "σ<sub>3</sub>"**

Yük ağırlık momenti

$$M_3 := \frac{F_Y}{16 \cdot L_K} \cdot (2 \cdot L_K - L_{\text{TA}})^2$$

$$M_3 = 1896984 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}$$

Yük ağırlık gerilimi

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

$$\sigma_3 = 509 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

**Atalet kuvvetlerinden oluşan gerilim "σ<sub>4</sub>"**

Atalet momenti

$$M_4 := 0.075 \cdot L_K \cdot (\varphi_K \cdot q_K \cdot L_K + F_A)$$

$$M_4 = 424346 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}$$

Atalet gerilimi

$$\sigma_4 := \frac{M_4}{W_z}$$

$$\sigma_4 = 306.2 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

**Araba kasılmasından oluşan gerilim " $\sigma_5$ "**

$$\text{Araba kasılması momenti} \quad M_5 := 0.2 \cdot L_{TA} \cdot F_{TD}$$

$$M_5 = 13051.2 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}$$

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

$$\sigma_5 = 8.6 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

**H - Hali için vinç kirişindeki normal gerilmeler  $\sigma_{üst}$  ve  $\sigma_{min}$** 

Yükleme grubu katsayısı " $k_B$ " Yükleme grubu B3 için

$$k_B := 1.05$$

$$\text{Üst kuşakta normal gerilim } \sigma_{üst} \quad \sigma_{üst} := k_B \cdot (\sigma_1 + \sigma_2 + \psi_K \cdot \sigma_3 + \sigma_4 + \sigma_5)$$

$$\sigma_{üst} = 1124 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

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

$$\sigma_{min} = 246 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

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

$$\kappa_{2hes} = 0.22$$

$$\text{Alt kuşakta normal gerilim } \sigma_{alt} \quad \sigma_{alt} := \frac{\sigma_{üst}}{e_2} \cdot e_1$$

$$\sigma_{alt} = 542 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

**Kirişteki kayma gerilmesi " $\tau_{max}$ "**

Tekerlek alt kuşak kenarı mesafesi, konstrüksiyondan

$$m_1 := 5.5 \cdot \text{mm}$$

$$\text{Kirişte torsiyon momenti} \quad M_{t1} := 4F_{TD} \cdot m_1$$

$$M_{t1} = 23.9 \text{m} \cdot \text{kg}$$

Bret'e göre ortalama torsiyon alanı

$$A_{or} := \left( b_1 - 2 \cdot b_B - \frac{t_2}{2} - \frac{t_4}{2} \right) \cdot \left( h_2 + \frac{t_1}{2} + \frac{t_3}{2} \right)$$

$$A_{or} = 3476.9 \cdot \text{cm}^2$$

$$\text{Torsiyon karşı koyma momenti} \quad W_{t1} := 2 \cdot A_{or} \cdot t_2$$

$$W_{t1} = 2086.2 \cdot \text{cm}^3$$

$$\text{Yan plakalar alanı} \quad A_{Dik} := 2 \cdot h_2 \cdot t_2$$

$$A_{Dik} = 59.4 \cdot \text{cm}^2$$

$$\text{Kesme gerilimi} \quad \tau_{a1} := \frac{F_{TD2}}{A_{Dik}}$$

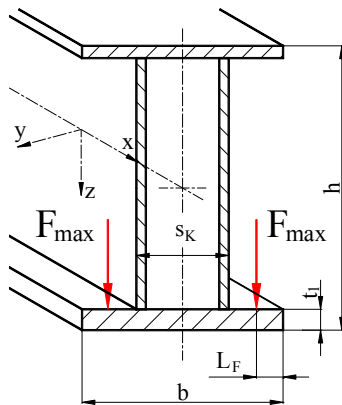
$$\tau_{t1} = 1.1 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

$$\text{Torsiyon gerilimi} \quad \tau_{t1} := \frac{M_{t1}}{W_{t1}}$$

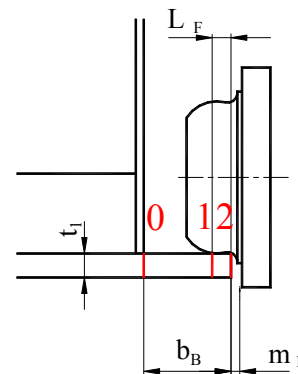
$$\tau_{a1} = 36.6 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

$$\text{Torsiyon gerilimi} \quad \tau_{max} := \tau_a + \tau_t$$

$$\tau_{max} = 37.8 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

**Kirişteki ek gerilmeler**

Şekil 49, Alt kuşak



Şekil 50, Alt kuşakta tekerlek

Alt kuşakta  $F_{Te}$  kuvvetinin etkilediği yerdeki kalınlığı.

Malzeme kalınlık toleransı ve olacak aşınmalar dikkate alınmadan.

Alt kuşak kenarından kuvvetin etkileme mesafesi, ortalama

Alt kuşak kenarından kuvvetin etkileme mesafesi, minimum

$$L_F := L_{For} - m_1$$

Kutu kirişte

Ölçüler oranı katsayısı

$$\lambda_K := \frac{L_F}{b_B}$$

Gerilim düzeltme faktörü

$$t_1 = 18 \cdot \text{mm}$$

$$L_{For} := 11.9 \cdot \text{mm}$$

$$L_F = 6.4 \cdot \text{mm}$$

$$\lambda_K = 0.128$$

$$\varepsilon_{Dü} := 0.75$$

### ***x- yönü, boyuna gerilim katsayıları***

0-Altkuşak ile yan plaka geçişi

$$c_{x0} := 0.05 - 0.58 \cdot \lambda_K + 0.148 \cdot e^{(3.015 \cdot \lambda_K)}$$

$$c_{x0} = 0.193463$$

1-Tekerleğin etkilediği nokta

$$c_{x1} := 2.23 - 1.49 \cdot \lambda_K + 1.39 \cdot e^{(-18.33 \cdot \lambda_K)}$$

$$c_{x1} = 2.172343$$

2-Alt kuşak kenarı

$$c_{x2} := 0.73 - 1.58 \cdot \lambda_K + 2.91 \cdot e^{(-6 \cdot \lambda_K)}$$

$$c_{x2} = 1.877825$$

### ***y- yönü, enine gerilim katsayıları***

0-Altkuşak ile yan plaka geçişi

$$c_{y0} := -2.11 + 1.977 \cdot \lambda_K + 0.0076 \cdot e^{(6.53 \cdot \lambda_K)}$$

$$c_{y0} = -1.839413$$

1-Tekerleğin etkilediği nokta

$$c_{y1} := 10.108 - 7.408 \cdot \lambda_K - 10.108 \cdot e^{(-1.364 \cdot \lambda_K)}$$

$$c_{y1} = 0.671082$$

2-Alt kuşak kenarı

$$c_{y2} := 0$$

### ***x- yönünde, boyuna gerilimler***

0-Altkuşak ile yan plaka geçişi

$$\sigma_{Fx0} := c_{x0} \cdot F_{TD} \cdot t_1^{-2}$$

$$\sigma_{Fx0} = 65 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

1-Tekerleğin etkilediği nokta

$$\sigma_{Fx1} := c_{x1} \cdot F_{TD} \cdot t_1^{-2}$$

$$\sigma_{Fx1} = 729 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

2-Alt kuşak kenarı

$$\sigma_{Fx2} := c_{x2} \cdot F_{TD} \cdot t_1^{-2}$$

$$\sigma_{Fx2} = 630 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

### ***y- yönünde, enine gerilimler***

0-Altkuşak ile yan plaka geçişi

$$\sigma_{Fy0} := c_{y0} \cdot F_{TD} \cdot t_1^{-2}$$

$$\sigma_{Fy0} = -617 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

1-Tekerleğin etkilediği nokta

$$\sigma_{Fy1} := c_{y1} \cdot F_{TD} \cdot t_1^{-2}$$

$$\sigma_{Fy1} = 225 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

2-Alt kuşak kenarı

$$\sigma_{Fy2} := c_{y2} \cdot F_{TD} \cdot t_1^{-2}$$

$$\sigma_{Fy2} = 0$$

Burada bulunan maksimum gerilimler hesaplar için gerekli ek gerilimler olarak alınır.

### ***Kirişin kontrolü***

x- yönünde toplam gerilim

$$\sigma_x := \sigma_{alt} + \varepsilon_{Dü} \cdot \sigma_{Fx1}$$

$$\sigma_x = 1089 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

y- yönünde toplam gerilim

$$\sigma_y := \varepsilon_{Dü} \cdot \sigma_{Fy1}$$

$$\sigma_y = 169 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

Alt kuşakta hesapsal karşılaştırma gerilimleri

$$\sigma_{karAlt} := \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \cdot \sigma_y + 3 \cdot \tau_{max}^2}$$

$$\sigma_{karAlt} = 1017 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

Üst kuşakta hesapsal karşılaştırma gerilimleri

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

$$\sigma_{karÜst} = 1126 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

### ***Karşılaştırma gerilimleri***

$$\sigma_{kar} := \sigma_{karÜst}$$

$$\sigma_{kar} = 1126 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

**Statik kontrol:**

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

$$\frac{\sigma_{St\check{c}EM}}{\sigma_{kar}} = 1.422 > 1$$

**Dinamik kontrol:**

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

$\kappa_0 := 0$  için değişken mukavemet değeri

$$\sigma_{D\check{c}EM0} := \frac{5}{3} \cdot \sigma_W$$

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

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

$\kappa_{2hes} = 0.22$  için

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

$$\sigma_{D\check{c}EM2} = 2203 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

$$\frac{\sigma_{D\check{c}EM2}}{\sigma_{kar}} = 1.957 > 1$$

**Emniyet katsayıları 1 den büyük olduğundan kiriş fonksiyonunu yapar. Fakat yan ve üst kuşak plakalarının buruşma kontrolünün yapılması gerekir.**

**Sonuç: Kirişin DIN18800'e göre yapılan hesaplarında üst plakada buruşma tehlikesi yoktur. Fakat yan plakalarda buruşma tehlikesi olduğundan takviye kullanılmalıdır.**

**Kiriş 3678 kg dı. Hafif konstrüksiyon 2549 kg, fakat yan plakalarda buruşma var. Takviyeli konstrüksiyon yapılmalı.**

**Ters sehim**

Yan boşluk değeri

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

$$L_{CA} = 9.7 \text{ m}$$

Kirişin öz ağırlık sehimi

$$f_{Ki} := \frac{5 \cdot L_K^4 \cdot q_k}{384 \cdot E_{dyn} \cdot J_y}$$

$$f_{Ki} = 5.1 \cdot \text{mm}$$

Arabanın ağırlığından oluşan tekerlek yükü

$$F_{ATek} := 0.5 \cdot F_A$$

$$F_{ATek} = 200 \text{ kg}$$

Arabanın ağırlık sehimi

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

$$f_A = 0.12 \cdot \text{cm}$$

Yükten oluşan tekerlek yükü

$$F_{YTEk} := 0.5 \cdot F_Y$$

$$F_{YTEk} = 1600 \text{ kg}$$

Yükün sehimi

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

$$f_Y = 10.0 \cdot \text{mm}$$

Toplam Sehim

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

$$f_{Top} = 1.6 \cdot \text{cm}$$

Ters sehim

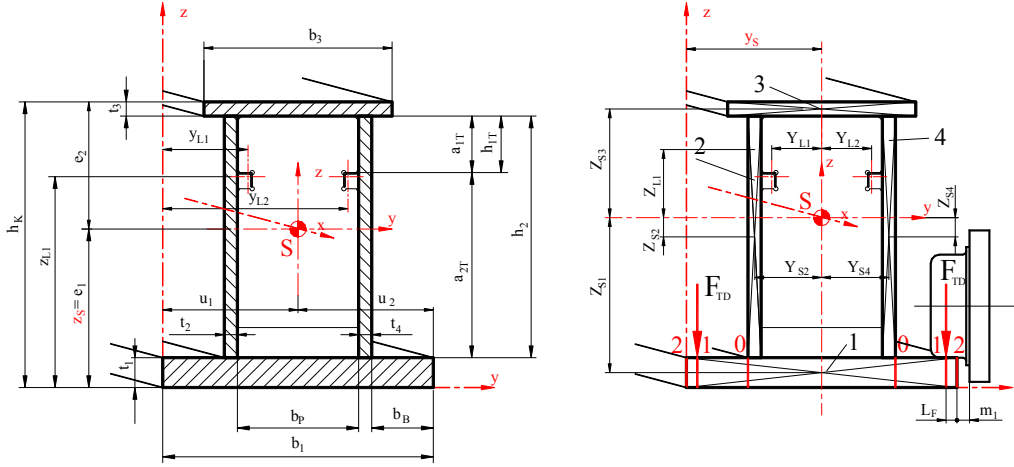
$$f_{Ters} := f_{Ki} + f_A + 0.5 f_Y$$

$$f_{Ters} = 11 \cdot \text{mm}$$

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

## 2.6 Örnek 6 - 3,2tx20m, Kutu kiriş monoray vinç, Yan plaka takviyeli

Örnek 5 deki 3,2tx20m, Kutu kiriş monoray vinç, Yan plaka takviyeli konstrüksiyonunun hesabı



Şekil 51, Kutu kiriş ölçüleri

$$b_1 := 420 \cdot \text{mm}$$

$$h_2 := 990 \cdot \text{mm}$$

$$h_4 := h_2$$

$$b_B := 50 \cdot \text{mm}$$

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

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

$$t_1 := 18 \cdot \text{mm}$$

$$t_2 := 3 \cdot \text{mm}$$

$$t_4 := t_2$$

$$b_3 := b_1 - 2 \cdot b_B + 2 \cdot \text{cm}$$

$$b_3 := 340 \cdot \text{mm}$$

$$t_{Per} := 3 \cdot \text{mm}$$

Takviye köşebenti

$$KB := "30 \times 30 \times 3"$$

Köşebent kenarı

$$b_{KB} := 3 \cdot \text{cm}$$

Köşebent Alanı

$$A_{KB} := 174 \cdot \text{mm}^2$$

Köşebent birim ağırlığı

$$G_{KB} := 1.36 \cdot \text{kg} \cdot \text{m}^{-1}$$

Köşebent e ölçüsü

$$e_x := 0.84 \cdot \text{cm}$$

Köşebent sıra sayısı

$$n_z := 1 \quad n_x := 2$$

$$e_y := e_x$$

$$I_{KBY} := 1.41 \cdot \text{cm}^4$$

$$I_{KBZ} := 1.41 \cdot \text{cm}^4$$

Birinci takviye aralığı ve mesafesi

$$a_{1Tx} := 0.333 \cdot h_2$$

$$a_{1Tx} = 329.7 \cdot \text{mm}$$

$$a_{1T} := 330 \cdot \text{mm}$$

Gerikalan yan plaka bölgesi

$$a_{2T} := h_2 - a_{1T}$$

$$a_{2T} = 660 \cdot \text{mm}$$

**Parçaların ve sistemin alanı:**

$$A_1 := b_1 \cdot t_1$$

$$A_1 = 75.6 \cdot \text{cm}^2$$

$$A_2 := h_2 \cdot t_2$$

$$A_2 = 29.7 \cdot \text{cm}^2$$

$$A_3 := b_3 \cdot t_3$$

$$A_3 = 20.4 \cdot \text{cm}^2$$

$$A_4 := h_4 \cdot t_4$$

$$A_4 = 29.7 \cdot \text{cm}^2$$

$$A_{\text{topKB}} := n_x \cdot n_z \cdot A_{KB}$$

$$A_{\text{topKB}} = 3.5 \cdot \text{cm}^2$$

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

$$A_{\text{top}} = 158.88 \cdot \text{cm}^2$$

**Parçaların ağırlık merkezlerinin koordinatları:**

$$y_1 := 0.5 \cdot b_1$$

$$Y_1 = 21 \cdot \text{cm}$$

$$z_1 := 0.5 \cdot t_1$$

$$Z_1 = 0.9 \cdot \text{cm}$$

$$y_2 := b_B + 0.5 \cdot t_2$$

$$Y_2 = 5.2 \cdot \text{cm}$$

$$z_2 := t_1 + 0.5 \cdot h_2$$

$$Z_2 = 51.3 \cdot \text{cm}$$

$$y_3 := 0.5 \cdot b_1$$

$$Y_3 = 21 \cdot \text{cm}$$

$$z_3 := t_1 + 0.5 \cdot t_3 + h_2$$

$$Z_3 = 101.1 \cdot \text{cm}$$

$$y_4 := b_1 - b_B - 0.5 \cdot t_2$$

$$Y_4 = 36.85 \cdot \text{cm}$$

$$z_4 := t_1 + 0.5 \cdot h_2$$

$$Z_4 = 51.3 \cdot \text{cm}$$

$$Y_{L1} := b_B + t_2 + b_{KB} - e_x$$

$$Y_{L1} = 7.46 \cdot \text{cm}$$

$$Z_{L1} := h_S - a_{1T} - e_x$$

$$Z_{L1} = 669.6 \cdot \text{mm}$$

$$Y_{L2} := b_1 - b_B - t_4 - b_{KB} + e_x$$

$$Y_{L2} = 34.54 \cdot \text{cm}$$



**Ağırlık merkezi koordinatları  $Y_S$  ve  $Z_S$** 

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

$$Y_S = 21.000 \cdot \text{cm}$$

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

$$Z_S = 34.055 \cdot \text{cm}$$

**Parçaların ağırlık merkezine uzaklıkları**

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

$$Y_{S1} = 0 \text{ m}$$

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

$$Z_{S1} = 33.2 \cdot \text{cm}$$

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

$$Y_{S2} = 15.8 \cdot \text{cm}$$

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

$$Z_{S2} = -17.2 \cdot \text{cm}$$

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

$$Y_{S3} = 0 \text{ m}$$

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

$$Z_{S3} = 67 \cdot \text{cm}$$

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

$$Y_{S4} = 15.85 \cdot \text{cm}$$

$$Z_{S4} := Z_{S2}$$

$$Z_{S4} = -17.24 \cdot \text{cm}$$

$$Y_{SL1} := Y_S - Y_{L1}$$

$$Y_{SL1} = 13.54 \cdot \text{cm}$$

$$Z_{SL1} := Z_S - Z_{L1}$$

$$Z_{SL1} = -32.9 \cdot \text{cm}$$

$$Y_{SL2} := Y_{L2} - Y_S$$

$$Y_{SL2} = 13.54 \cdot \text{cm}$$

**Parçaların kendi atalet momentleri**

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

$$I_{1Y} = 20.41 \cdot \text{cm}^4$$

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

$$I_{1Z} = 11113 \cdot \text{cm}^4$$

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

$$I_{2Y} = 24257 \cdot \text{cm}^4$$

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

$$I_{2Z} = 0.22 \cdot \text{cm}^4$$

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

$$I_{3Y} = 0.61 \cdot \text{cm}^4$$

$$I_{3z} := \frac{t_3 \cdot b_3^3}{12}$$

$$I_{3Z} = 1965 \cdot \text{cm}^4$$

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

$$I_{4Y} = 24257 \cdot \text{cm}^4$$

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

$$I_{4Z} = 0.22 \cdot \text{cm}^4$$

$$I_{KBY} = 1.4 \cdot \text{cm}^4$$

$$I_{KBZ} = 1.4 \cdot \text{cm}^4$$

**Kirişin atalet momentleri**

$$I_{Y1} := I_{1Y} + I_{2Y} + I_{3Y} + I_{4Y} + n_x \cdot n_z \cdot I_{KBY}$$

$$I_{Y1} = 48539 \cdot \text{cm}^4$$

$$I_{Y2} := Z_{S1}^2 \cdot A_1 + Z_{S2}^2 \cdot A_2 + Z_{S3}^2 \cdot A_3 + Z_{S4}^2 \cdot A_4 + n_x \cdot A_{KB} \cdot Z_{SL1}^2$$

$$I_{Y2} = 196235 \cdot \text{cm}^4$$

Kirişin y-y eksenine atalet momenti

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

$$I_Y = 244774 \cdot \text{cm}^4$$

Kirişin y-y ekseninde gerekli atalet momenti

$$J_{yger} = 172404 \cdot \text{cm}^4$$

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

$$I_{Z1} = 13082 \cdot \text{cm}^4$$

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

$$I_{Z2} = 15561 \cdot \text{cm}^4$$

Kirişin z-z eksenine atalet momenti

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

$$I_Z = 28642 \cdot \text{cm}^4$$

**Atalet dairesi yarı çapı**

$$u_1 := Y_S$$

$$u_1 = 210 \cdot \text{mm}$$

$$e_1 := Z_S$$

$$e_1 = 34.1 \cdot \text{cm}$$

$$u_2 := b_1 - Y_S$$

$$u_2 = 210 \cdot \text{mm}$$

$$e_2 := h_K - e_1$$

$$e_2 = 67.3 \cdot \text{cm}$$

$$u_{max} = 21 \cdot \text{cm}$$

$$e_{max} = 67.3 \cdot \text{cm}$$

Kirişin y-y eksenine karşı koyma momenti

$$W_Y := \frac{I_Y}{e_{max}}$$

$$W_Y = 3635 \cdot \text{cm}^3$$

Kirişin z-z eksenine karşı koyma momenti

$$W_Z := \frac{I_Z}{u_{max}}$$

$$W_Z = 1364 \cdot \text{cm}^3$$

**Sehim kontrolü:**

İşletmede hesaplanan hakiki sehim

$$f_{\text{Hes}} := \frac{F_{\text{TD2}} \cdot (L_K - L_{\text{TA}})}{48 \cdot E_{\text{dyn}} \cdot J_y} \cdot [3 \cdot L_K^2 - (L_K - L_{\text{TA}})^2]$$

$$f_{\text{Hes}} = 14.1 \cdot \text{mm}$$

Gerekli sehim

$$f_{\text{ger}} = 20 \cdot \text{mm}$$

Hakiki sehim oranı

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

$$S_{\text{fl}} = 1420$$

İstenilen sehim oranı

$$k_f = 1'000$$

**Hesaplanan sehim gerekli sehimden küçük olduğundan fonksiyon için yeterlidir.****Kirişin birim ağırlığı "q<sub>K</sub>"**

Toleranslardan doğan farklılık oranı

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

$$G_{\text{Per}} := h_{\text{Per}} \cdot b_{\text{Per}} \cdot t_{\text{Per}} \cdot \rho_{\text{St}} \cdot m^{-1}$$

$$G_{\text{Per}} = 7 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1}$$

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

$$q_{\text{K1}} = 125 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1}$$

Kirişin birim ağırlığı "q<sub>K</sub>":

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

$$q_{\text{K}} = 1.32 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-1}$$

**Kirişin toplam ağırlığı "G<sub>K1top</sub>"**

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

$$G_{\text{K1top}} = 2712 \text{ kg}$$

**Mukavemet kontrolü:****Kirisinin öz ağırlığından oluşan gerilim "σ<sub>1</sub>"**

$$\text{Kirisinin öz ağırlık momenti} \quad M_1 := \frac{\varphi_K \cdot q_K \cdot L_K^2}{8}$$

$$M_{\text{max}} = 724195 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}$$

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

$$\sigma_1 = 199 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

**Ceraskal ve Arabanın ağırlığından oluşan gerilim "σ<sub>2</sub>"**

$$\text{Ceraskal ve Arabanın ağırlık momenti} \quad M_2 := \frac{F_A}{16 \cdot L_K} \cdot (2 \cdot L_K - L_{\text{TA}})^2$$

$$M_2 = 194045 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}$$

$$\text{Ceraskal ve Arabanın ağırlık gerilimi} \quad \sigma_2 := \frac{M_2}{W_y}$$

$$\sigma_2 = 53 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

**Yükün ağırlığından oluşan gerilim "σ<sub>3</sub>"**

$$\text{Yük ağırlık momenti} \quad M_3 := \frac{F_Y}{16 \cdot L_K} \cdot (2 \cdot L_K - L_{\text{TA}})^2$$

$$M_3 = 1896984 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}$$

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

$$\sigma_3 = 522 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

**Atalet kuvvetlerinden oluşan gerilim "σ<sub>4</sub>"**

$$\text{Atalet momenti} \quad M_4 := 0.075 \cdot L_K \cdot (\varphi_K \cdot q_K \cdot L_K + F_A)$$

$$M_4 = 425015 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}$$

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

$$\sigma_4 = 341 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

**Araba kasılmasından oluşan gerilim "σ<sub>5</sub>"**

$$\text{Araba kasılması momenti} \quad M_5 := 0.2 \cdot L_{\text{TA}} \cdot F_{\text{TD}}$$

$$M_5 = 13051 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}$$

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

$$\sigma_5 = 9.6 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

**H - Hali için vinç kirişindeki normal gerilmeler  $\sigma_{üst}$  ve  $\sigma_{min}$** Yükleme grubu katsayısı " $k_B$ " Yükleme grubu B3 için

$$k_B := 1.05$$

Üst kuşakta normal gerilim  $\sigma_{üst}$   $\sigma_{üst} := k_B \cdot (\sigma_1 + \sigma_2 + \psi_K \cdot \sigma_3 + \sigma_4 + \sigma_5)$ 

$$\sigma_{üst} = 1181 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

Min normal gerilim  $\sigma_{min} := \sigma_1 + \sigma_2$ 

$$\sigma_{min} = 253 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

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

$$\kappa_{2hes} = 0.21$$

Alt kuşakta normal gerilim  $\sigma_{alt}$   $\sigma_{alt} := \frac{\sigma_{üst}}{e_2} \cdot e_1$ 

$$\sigma_{alt} = 597 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

**Kirişteki kayma gerilmesi " $\tau_{max}$ "**

Tekerlek alt kuşak kenarı mesafesi, konstrüksiyondan

$$m_1 := 5.5 \cdot \text{mm}$$

Kirişte torsiyon momenti  $M_{t1} := 4F_{TD} \cdot m_1$ 

$$M_{t1} = 2393 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}$$

Bret'e göre ortalama torsiyon alanı

$$A_{or} := \left( b_1 - 2 \cdot b_B - \frac{t_2}{2} - \frac{t_4}{2} \right) \cdot \left( h_2 + \frac{t_1}{2} + \frac{t_3}{2} \right)$$

$$A_{or} = 3176.3 \cdot \text{cm}^2$$

Torsiyon karşı koyma momenti  $W_{t1} := 2 \cdot A_{or} \cdot t_2$ 

$$W_{t1} = 1906 \cdot \text{cm}^3$$

Yan plakalar alanı  $A_{Dik} := 2 \cdot h_2 \cdot t_2$ 

$$A_{Dik} = 59.4 \cdot \text{cm}^2$$

Kesme gerilimi  $\tau_{a1} := \frac{F_{TD2}}{A_{Dik}}$ 

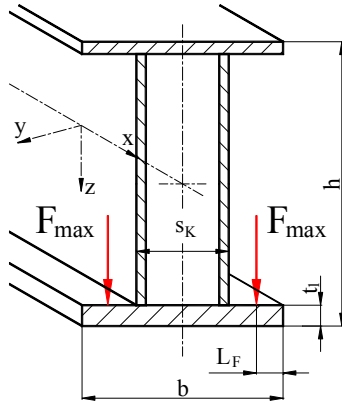
$$\tau_a = 36.6 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

Torsiyon gerilimi  $\tau_{t1} := \frac{M_{t1}}{W_{t1}}$ 

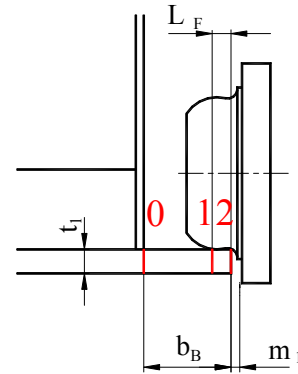
$$\tau_{t1} = 1.26 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

Torsiyon gerilimi  $\tau_{max} := \tau_a + \tau_t$ 

$$\tau_{max} = 37.9 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

**Kirişteki ek gerilmeler**

Şekil 52, Alt kuşak



Şekil 53, Alt kuşakta tekerlek

Alt kuşakta  $F_{Te}$  kuvvetinin etkilediği yerdeki kalınlığı.

$$t_1 = 18 \cdot \text{mm}$$

Malzeme kalınlık toleransı ve olacak aşınmalar dikkate alınmadan.

Alt kuşak kenarından kuvvetin etkileme mesafesi, ortalama

$$L_{For} := 11.9 \cdot \text{mm}$$

Alt kuşak kenarından kuvvetin etkileme mesafesi, minimum

$$L_F := L_{For} - m_1$$

$$L_F = 6.4 \cdot \text{mm}$$

Kutu kirişte

Ölçüler oranı katsayısı  $\lambda_K := \frac{L_F}{b_B}$ 

$$\lambda_K = 0.128$$

Gerilim düzeltme faktörü

$$\varepsilon_{Dü} := 0.75$$

**x- yönü, boyuna gerilim katsayıları**

0-Altkuşak ile yan plaka geçişi	$c_{x0} := 0.05 - 0.58 \cdot \lambda_K + 0.148 \cdot e^{(3.015 \cdot \lambda_K)}$	$c_{x0} = 0.193463$
1-Tekerleğin etkilediği nokta	$c_{x1} := 2.23 - 1.49 \cdot \lambda_K + 1.39 \cdot e^{(-18.33 \cdot \lambda_K)}$	$c_{x1} = 2.172343$
2-Alt kuşak kenarı	$c_{x2} := 0.73 - 1.58 \cdot \lambda_K + 2.91 \cdot e^{(-6 \cdot \lambda_K)}$	$c_{x2} = 1.877825$

### ***y- yönü, enine gerilim katsayıları***

0-Altkuşak ile yan plaka geçişi	$c_{y0} := -2.11 + 1.977 \cdot \lambda_K + 0.0076 \cdot e^{(6.53 \cdot \lambda_K)}$	$c_{y0} = -1.839413$
1-Tekerleğin etkilediği nokta	$c_{y1} := 10.108 - 7.408 \cdot \lambda_K - 10.108 \cdot e^{(-1.364 \cdot \lambda_K)}$	$c_{y1} = 0.671082$
2-Alt kuşak kenarı		$c_{y2} := 0$

### ***x- yönünde, boyuna gerilimler***

0-Altkuşak ile yan plaka geçişi	$\sigma_{Fx0} := c_{x0} \cdot F_{TD} \cdot t_1^{-2}$	$\sigma_{Fx0} = 65 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$
1-Tekerleğin etkilediği nokta	$\sigma_{Fx1} := c_{x1} \cdot F_{TD} \cdot t_1^{-2}$	$\sigma_{Fx1} = 729 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$
2-Alt kuşak kenarı	$\sigma_{Fx2} := c_{x2} \cdot F_{TD} \cdot t_1^{-2}$	$\sigma_{Fx2} = 630 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$

### ***y- yönünde, enine gerilimler***

0-Altkuşak ile yan plaka geçişi	$\sigma_{Fy0} := c_{y0} \cdot F_{TD} \cdot t_1^{-2}$	$\sigma_{Fy0} = -617 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$
1-Tekerleğin etkilediği nokta	$\sigma_{Fy1} := c_{y1} \cdot F_{TD} \cdot t_1^{-2}$	$\sigma_{Fy1} = 225 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$
2-Alt kuşak kenarı	$\sigma_{Fy2} := c_{y2} \cdot F_{TD} \cdot t_1^{-2}$	$\sigma_{Fy2} = 0$

Burada bulunan maksimum gerilimler hesaplar için gerekli ek gerilimler olarak alınır.

### ***Kirişin kontrolü***

x- yönünde toplam gerilim	$\sigma_x := \sigma_{alt} + \varepsilon_{Dü} \cdot \sigma_{Fx1}$	$\sigma_x = 1144 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$
y- yönünde toplam gerilim	$\sigma_y := \varepsilon_{Dü} \cdot \sigma_{Fy1}$	$\sigma_y = 169 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$
Alt kuşakta hesapsal karşılaştırma gerilimleri	$\sigma_{karAlt} := \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \cdot \sigma_y + 3 \cdot \tau_{max}^2}$	$\sigma_{karAlt} = 1072 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$
Üst kuşakta hesapsal karşılaştırma gerilimleri	$\sigma_{karÜst} := \sqrt{\sigma_{üst}^2 + 3 \cdot \tau_{max}^2}$	$\sigma_{karÜst} = 1183 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$
<b><i>Karşılaştırma gerilimleri</i></b>	$\sigma_{kar} := \sigma_{karÜst}$	$\sigma_{kar} = 1183 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$

### ***Statik kontrol:***

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

$$\frac{\sigma_{StçEM}}{\sigma_{kar}} = 1.353 > 1$$

**Dinamik kontrol:**

Yükleme grubu  $Yü_{Gr} = "B3"$  ve Çentik grubu  $Çe_{Gr} = "K3"$  için

$\kappa_0 := 0$  için değişken mukavemet değeri

$$\sigma_{D\check{c}EM0} := \frac{5}{3} \cdot \sigma_W$$

$$\sigma_W := 1277 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

$$\sigma_{D\check{c}EM0} = 2128 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

$\kappa_{2hes} = 0.21$  için

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

$$\sigma_{D\check{c}EM2} = 2206 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

$$\frac{\sigma_{D\check{c}EM2}}{\sigma_{kar}} = 1.865 > 1$$

**Emniyet katsayıları 1 den büyük olduğundan kiriş fonksiyonunu yapar. Fakat yan ve üst kuşak plakalarının buruşma kontrolünün yapılması gerekir.**

**DIN18800 e göre plakalarda buruşma tehlikesi yoktur. DIN4114 e göre yan levhada 1. ve 2. Bölgede buruşma tehlikesi vardır. Konstrüksiyon takviyeli olacaktır.**

**Kiriş 3678 kg dır. Hafif konstrüksiyon 2549 kg, fakat yan plakalarda buruşma var. Takviyeli konstrüksiyon yapılmalı. Takviyeli konstrüksiyon 2712 kg dır. Arada 952 kg fark bulunur.**

**Bu durum iyice analiz edilip, karar verilmelidir!...**

**Ters sehim**

Yan boşluk değeri

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

$$L_{CA} = 9.7 \text{ m}$$

Kirişin öz ağırlık sehimi

$$f_{Ki} := \frac{5 \cdot L_K^4 \cdot q_k}{384 \cdot E_{dyn} \cdot J_y}$$

$$f_{Ki} = 5.3 \cdot \text{mm}$$

Arabanın ağırlığından oluşan tekerlek yükü

$$F_{ATek} := 0.5 \cdot F_A$$

$$F_{ATek} = 200 \text{ kg}$$

Arabanın ağırlık sehimi

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

$$f_A = 0.13 \cdot \text{cm}$$

Yükten oluşan tekerlek yükü

$$F_{YTEk} := 0.5 \cdot F_Y$$

$$F_{YTEk} = 1600 \text{ kg}$$

Yükün sehimi

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

$$f_Y = 10.4 \cdot \text{mm}$$

Toplam Sehim

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

$$f_{Top} = 1.7 \cdot \text{cm}$$

Ters sehim

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

$$f_{Ters} = 12 \cdot \text{mm}$$

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

### 3 Konu İndeksi

#### A

Araba kasılmasından oluşan gerilim " $\sigma_5$ "	7
Arabanın öz ağırlığından oluşan gerilim " $\sigma_2$ "	5, 6
Atalet kuvvetlerinden oluşan gerilim " $\sigma_4$ "	6

#### B

Bir tekerleği etkileyen dik kuvvet	2
Boyuna gerilim " $\sigma_x$ "	3

#### C

Ceraskal ve arabanın öz ağırlık sehimi	20
--	----

#### D

Dolu kesitli tek kirişler	3
Düzeltilme faktörü " $\epsilon_{Dü}$ "	9

#### E

Eğik kuşaklı profilde x ve y yönündeki ek gerilim katsayıları	10
Ek gerilimler	8
Ek gerilimlerin hassas hesaplanması	9
Enine gerilim " $\sigma_y$ "	3

#### G

Gereken eylemsizlik momenti	2
-----------------------------	---

#### H

Hesaplanan sehim	3
------------------	---

#### I

İki tekerleği etkileyen dik kuvvet	2
------------------------------------	---

#### K

Kayma gerilimleri	11
Kesme gerilimi $\tau_{Or}$	12
Kiriş alt kuşağındaki ek gerilimler	10
Kiriş profilinin seçimi	2
Kirişe ters sehim verilmesi	21
Kirişin öz ağırlığından oluşan gerilim " $\sigma_1$ "	5
Kirişin öz ağırlık sehimi	20
Kirişte boyuna gerilim " $\sigma_{eIII}$ "	8
Kirişte enine gerilim " $\sigma_{eII}$ "	8
Kirişteki enine gerilim " $\sigma_{eI}$ "	2
Kirişteki normal eğilme gerilimi " $\sigma_{üst}$ "	3
Kuşağının gerekli ortalama kalınlığı	2

Kutu kirişin ağırlığı	16
Kutu kirişin alanı	15
Kutu kirişin birim ağırlığı	16
Kutu kirişin boyutları	13
Kutu kirişin eylemsizlik momenti	17
Kutu kirişin konstrüksiyonu	13
Kutu kirişin toplam ağırlığı	17
Kutu kirişte yan plaka kaynağı	14

#### M

Maksimum kayma gerilimi " $\tau_{max}$ "	13
Monoray kirişte alt kaynak takviyesi	14
Monoray kutu kirişte bağlantı kaynağı	14
Monoray profil kirişte bağlantı kaynağı	15

#### O

Ölçüler oranı katsayısı $\lambda_p$	9
Ortalama dikme alanı	12
Ortalama dikme yüksekliği	12

#### P

Paralel kuşaklı profilde x ve y yönündeki ek gerilim katsayıları	9
Profilde x-yönündeki ek gerilimler	10, 11
Profilde y-yönündeki ek gerilimler	10, 11

#### S

Sürtünme katsayısı $\mu$	7
--------------------------	---

#### T

Ters sehim	20, 21
toleranslar faktörü " $k_{Tol}$ "	16
Toplam kayma gerilimi " $\tau_{top}$ "	13
Toplam sehim	21
Torsiyon gerilimi " $\tau_t$ "	12
Torsiyon momenti " $M_t$ "	13

#### X

X-yönünde gerilim " $\sigma_x$ "	3
----------------------------------	---

#### Y

Yüklem grubu katsayısı " $k_B$ "	3
Yükün ağırlık sehimi	21
Yükün öz ağırlığından oluşan gerilim " $\sigma_3$ "	6
Y-yönünde gerilim " $\sigma_y$ "	3