

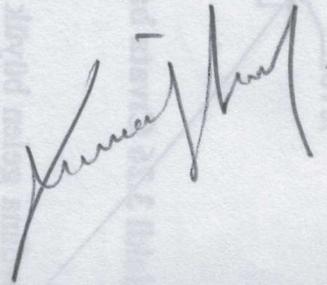
Molet ve

Molet Saplamaları

MUKAVEMET Hesabı

(inceleme)

-XI-



A_1 kesit alanının daha önceki sonuçlar verdiği göstermiştir.

- Burulmadan; M_G civata ile somun dişleri arasındaki sürtünme momenti olmak üzere

$$\zeta = \frac{M_G}{W_b} = \frac{F_{ön} \frac{d_2}{2} \mu (\alpha_m + \beta')}{0,2 d_1^3} \quad [L19; Eşitlik 85,86]$$

Gerilme değerleri yazılabilir. Burada, somun sürtünme momenti veya tabla sürtünme momenti:

$$M_A = F_{ön} \cdot \mu_A \cdot r_A \quad [L19; Eşitlik 14]$$

civataya burulma yönünde etki etmediği için hesaba alınmamıştır. (Onun için M_S yerine M_G ifadesi kullanılmıştır)

Hesaplayalım;

- Çekme gerilmesi;

$$\sigma_{\zeta} = \frac{F_{ön}}{A_1} = \frac{41610}{324,3} \quad [L19; Eşitlik 81]$$

$$\sigma_{\zeta} = \frac{41610}{324,3}$$

$$\sigma_{\zeta} = 128,3 \text{ N/mm}^2$$

- Burulma gerilmesi,

Eğim açısı,

$$t_g \alpha_m = \frac{h}{\pi d^2} \quad [L19; Eşitlik 2]$$

$$t_g \alpha_m = \frac{3}{\pi \cdot 22,051} = 4,33 \cdot 10^{-2}$$

$$\parallel \alpha_m = 2,48^\circ$$

Sürtünme katsayısı,

$$\mu' = \mu / (\cos \beta / 2) \quad [L19; Eşitlik 8]$$

$$\mu = 0,16 \quad [L19; Eşitlik 24]$$

$$\mu' = 0,16 / \cos 30^\circ = 0,185$$

$$\parallel \mu' = 0,2 \quad (\text{Kabül})$$

Sürtünme açısı,

$$\mu' = t_g \varphi' \quad [19; Eşitlik 8; 9]$$

$$0,2 = t_g \varphi'$$

$$\parallel \varphi' = 11,3^\circ$$

Sürtünme momenti,

$$M_G = F_{ön} \cdot \frac{d_2}{2} \cdot f_f (\alpha_m + \beta') \quad [L19; \text{Eşitlik 12}]$$

$$M_G = 41610 \cdot \frac{22,051}{2} \cdot f_f (2,48 + 11,3)$$

$$\| M_G = 112515,2 \text{ Nmm}$$

$$\zeta = \frac{M_G}{0,2 d_1^3} \quad [L19; \text{Eşitlik 85, 86}]$$

$$\zeta = \frac{112515,2}{0,2 \cdot (20,319)^3}$$

$$\| \zeta = 67,06 \text{ N/mm}^2$$

- Eşdeğer gerilme,

$$\sigma_V = \sqrt{\sigma_f^2 + 3 \zeta^2} \leq \sigma_{em} \quad [L19; \text{Eşitlik 87}]$$

Burada da, σ_{vem} yerine $\sigma_{em} = \sigma_{Ak}/S$ alınmıştır [L23].

$$\sigma_V = \sqrt{(128,3)^2 + 3(67,06)^2} \leq \frac{900}{3}$$

$$\| \sigma_V = 173,07 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{em} = \frac{900}{3} = 300 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_v (= 173,07 \text{ N/mm}^2) < \sigma_{em} (= 300 \text{ N/mm}^2)$$

Su halde civata, sıkma esnasında kopmayacaktır.

Şimdi, sıkma esnasında anahtara uygulanması gereken momenti bulalım.

$$M_S = M_G + M_A \quad [L19; \text{Eşitlik 17}]$$

Civata ile somun arasındaki sürtünme momenti M_G değerini hesapladık (Sayfa:203)

$$M_A = F_{on} \cdot (\mu_A \cdot r_A) \quad [L19; \text{Eşitlik 14}]$$

olduğuna göre, burada;

M_A - Somun sürtünme momenti veya tabla sürtünme momenti

μ_A - Somun (veya civata başı) ile bağlanacak parça arasındaki sürtünme katsayısı

$$\mu_A = 0,12 \text{ (Kabül)} \quad [L19; \text{Eşitlik 24}]$$

W52035

r_A - Somun oturma yüzeyinin orta-
lama yarı çapı

$$r_A \approx 0,7 \cdot d \quad [L19; Esitlik 16]$$

d - Diş başı çapı ($= 24 \text{ mm}$)

$$M_A = 41610 \cdot 0,12 \cdot (0,7 \cdot 24)$$

$$\| \underline{M_A = 83885,76 \text{ Nmm}}$$

Anahtara uygulanması gereken moment,

$$M_S = M_G + M_A = 112515,2 + 83885,76$$

$$\| \underline{M_S \approx 196401 \text{ Nmm} = 196,4 \text{ Nm}}$$

olarak bulunur.

Şimdi, [L19, Problem 1] den de faydalanarak malzeme kalitesi 10.9 olan M24 lük standart metrik civatanın müsaade edilen (emniyetli) max. ön gerilme kuvveti $F_{\text{ön,max}}$ ve toplam sıkma momenti M_S değerlerini hesaplaya-

lim.

DVB LHW

Fön. max. kuvveti;

$$F_{\text{ön. max.}} = \frac{0,9 \cdot \sigma_{0,2} \cdot A_s}{\sqrt{1+3 \left(\frac{t_f (\alpha_m + \rho') \cdot A_s \cdot d_2}{2\pi \frac{d_1^3}{16}} \right)^2}} \quad [L19, Eşitlik 9]$$

$\sigma_{0,2}$ - Teknik akma sınırı (0,2 uzama sınırı)

$$\sigma_{0,2} = \sigma_{Ak} = 10,9 = 90 \text{ kgf/mm}^2 = 900 \text{ N/mm}^2$$

$$t_f (\alpha_m + \rho') = \frac{t_f \alpha_m + t_f \rho'}{1 - t_f \alpha_m \cdot t_f \rho'}$$

Açılar küçük olduğundan, aşağıdaki gibi de

$$t_f (\alpha_m + \rho') \approx t_f \alpha_m + t_f \rho' \text{ yazılabilir.}$$

$$\left. \begin{array}{l} \alpha_m = 2,48^\circ \text{ Hesaplandı} \\ \rho' = 0,2 \text{ (Kabül)} \end{array} \right\} \text{ (Sayfa : 202)}$$

$$\rho' = t_f \rho' \quad [L19, Eşitlik 8, 9]$$

$$0,2 = t_f \rho'$$

$$\rho' = 11,3^\circ \quad \text{(Sayfa : 202)}$$

$$A_s = 353 \text{ mm}^2$$

$$d_2 = 22,051 \text{ mm}$$

$$d_1 = 20,319 \text{ mm}$$

$$A_1 = 324,3 \text{ mm}^2$$

[L19, Tablo 3]

$$F_{\text{ön. max.}} = \frac{0,9 \cdot 900 \cdot 353}{\sqrt{1+3 \left(\frac{f_p (2,48+11,3) \cdot 353 \cdot 22,051}{2\pi (20,319)^3 / 16} \right)^2}}$$

$$\| F_{\text{ön. max.}} \approx 201807 \text{ N}$$

• M_S toplam sıkma momenti ;

$$M_S = F_{\text{ön.}} \left[\frac{d_2}{2} f_p (\alpha_m + \beta') + (\mu_A \cdot r_A) \right]$$

[L19, Etilik 18]

$$M_S = 201807 \left[\frac{22,051}{2} f_p (2,48+11,3) + 0,12 \cdot (0,7 \cdot 29) \right]$$

$$\| M_S = 952537 \text{ Nmm} \approx 952 \text{ Nm}$$

Problemi yaklaşık hesapla çözelim ;

$$\bullet F_{\text{ön.}} \approx (0,7 \dots 0,8) A_1 \cdot \sigma_{AK} \quad [L19, Etilik 125]$$

$$F_{\text{ön.}} = (0,7 \dots 0,8) \cdot 324,3 \cdot 900$$

$$F_{\text{ön.}} = (204309 \dots 233496) \text{ N}$$

0,75 ortalama katsayısı ile,

$$F_{\text{ön.}} = 0,75 \cdot 324,3 \cdot 900$$

$$\| F_{\text{on}} = 218902 \text{ N}$$

$$\bullet M_S = 0,19 \cdot F_{\text{on}} \cdot d \quad [L19, \text{Esi.tlik } 26]$$

d - Diş baxı $\propto p$

$$M_S = 0,19 \cdot 218902 \cdot 24 = 998193 \text{ Nmm}$$

$$\| M_S \approx 998 \text{ Nmm}$$

$$\bullet M_S \approx 0,2 \cdot F_{\text{on}} \cdot d_2 \quad [L19, \text{Esi.tlik } 29]$$

d_2 - Ortalama $\propto p$

$$M_S = 0,2 \cdot 218902 \cdot 22,051 = 965401 \text{ Nmm}$$

$$\| M_S \approx 965 \text{ Nmm}$$

$$\bullet M_S = 0,17 \cdot F_{\text{on}} \cdot d \quad [L19, \text{Esi.tlik } 36]$$

$$M_S = 0,17 \cdot 218902 \cdot 24 = 893120 \text{ Nmm}$$

$$\| M_S \approx 893 \text{ Nmm}$$

Sonuçları toplu olarak verelim. (Tablo 10)

5.153

(a)

$F_M = F_{\text{ön. max.}} [N]$	201807	218902	211000
Literatür [L19]	Eşitlik (91)	Eşitlik (125)	Tablo: 25 M24 10.9 $\mu = 0,20$

(b)

$M_{csem.} = M_S [Nm]$	952	998	965	893	960
Literatür [L19]	Eşitlik (18)	Eşitlik (26)	Eşitlik (29)	Eşitlik (36)	Tablo: 25 M24 10.9 $\mu_A = 0,12$

Tablo 10 - Elde edilen max. (sınır veya limit) $F_{\text{ön. max.}}$ ve M_S değerleri

- a) $F_{\text{ön. max.}}$ } için.
b) M_S

İrdeleme :

- Ön gerilme kuvvetinin,

$$F_{\text{ön}} = 3 \cdot F_{i\text{ş}} = 47670 \text{ N} \quad (\text{Sayfa : 188})$$

kabulü ile, anahtarca uygulanması gereken moment (sıkma momentini),

$$M_S = 196,4 \text{ Nm} \quad (\text{Sayfa : 205})$$

olarak bulunmuştur.

- Tablo 10 dan ise ortalama max. (sınırlı veya limit) değerleri;

$$\left. \begin{aligned} F_{\text{ön.max.ort.}} &\approx 210000 \text{ N} \\ M_{\text{S.ort.}} &\approx 950 \text{ Nm} \end{aligned} \right\}$$

olarak alınabilir.

Tablo 10 da, adı geçen [L19; Tablo 25]'e göre;

Civata ların kalitelerine ve elastik sürtünme katsayılarına göre, civata lar için emniyet sınırı olan toplam sıkma momenti M_{cs} (baş sürtünmesi F_{m} $\mu_r k$ dahil.) ve montaj ön gerilme kuvvetinin max.

$F_{\text{Mmax.}} (= F_{\text{ön.max.}})$ emniyet değerleri verilmiştir. Bu değerler Alman mühendisler birliğinin (VDI) 2230 no lu önerisine göre hesaplanmış değerlerdir.

Fatih C. Babalık hocamın [L19 da L21] göre esdeğer gerilme hesaplanırken $F_{\text{ön.}}$ 'ün alabileceği elastik en büyük değer $F_{\text{ön.max.}}$ dikkate alınır. (Yani max. montaj ön gerilme kuvveti.)

$$F_{\text{ön.max.}} = 210000 \text{ N}$$

olduğuna göre,

$$\sigma_{\text{F max.}} = \frac{F_{\text{ön.max.}}}{A_s} \quad [\text{L19, Eşitlik 81}]$$

$$\sigma_{\text{F max.}} = \frac{210000}{353}$$

$$\parallel \sigma_{\text{F max.}} \approx 595 \text{ N/mm}^2$$

$$M_{G_{\text{max.}}} = F_{\text{ön.max.}} \frac{d_2}{2} t_f (d_m + s') \quad [\text{L19, Eşitlik 12}]$$

$$M_{G_{\text{max.}}} = 210000 \cdot \frac{22,051}{2} t_f (2,48 + 11,3)$$

$$\parallel M_{G_{\text{max.}}} \approx 567849 \text{ Nmm}$$

$$\xi_{\text{max.}} = \frac{M_{G_{\text{max.}}}}{0,2 d_1^3} \quad [\text{L19, Eşitlik 85, 86}]$$

$$\xi_{\text{max.}} = \frac{567849}{0,2 \cdot (20,319)^3}$$

$$\parallel \xi_{\text{max.}} = 338,45 \text{ N/mm}^2$$

Eşdeğer gerilme,

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma_{\text{F}}^2 + 3 \xi^2} \leq \sigma_{\text{vem.}} \quad [\text{L19, Eşitlik 87}]$$

$$\sigma_V = \sqrt{595^2 + 3(338,45)^2}$$

$$\sigma_V \approx 835 \text{ N/mm}^2$$

bulunur ($F_{\text{ön,max}} = 210000 \text{ N}$ değerine karşılık gelen).

Bu eşdeğer gerilme, emniyet katsayısı

$$S = 1 \text{ için,}$$

$$\sigma_{\text{em}} = \frac{\sigma_{AK}}{S} = \frac{900}{1} = 900 \text{ N/mm}^2$$

$$S = 1,07 \left(= \frac{900}{835} \right) \text{ için}$$

$$\sigma_{\text{em}} = \frac{900}{1,07} = 841 \text{ N/mm}^2$$

yani, $S = 1 \dots 1,07$ aralığında uygundur.

• PeKi :

$$(F_{\text{ön}})_{\text{hesap}} = 41610 \text{ N}$$

$$(F_{\text{ön}})_{\text{max}} = 210000 \text{ N (Montaj kuvvetinin en büyük değeri)}$$

$$(M_S)_{\text{hesap}} = 196,4 \text{ Nm}$$

$$(M_S)_{\text{max}} = 950 \text{ Nm (Montaj sıkma momentinin en büyük değeri)}$$

olduğuna göre, hesaplamada hangi değerler kullanılacak. Hemen söyleyelim;

• Montaj kuvvetinin en büyük değeri F_{Mmax} ,

$F_{ön.max}$ sınırını,

• Montaj sıkma momentinin en büyük değeri

M_{Mmax} , M_S sınırını

aşmamalıdır. yani,

$$F_{Mmax} \leq (F_{ön.max})_{sınır}$$

$$M_{Mmax} \leq (M_S)_{sınır}$$

olmalıdır.

- işletme anında civataya gelecek maksimum çeki kuvveti;

$$F_{max} = F_{top} = 49932 N \text{ (Sayfa: 188)}$$

olarak hesaplanmıştı. Buna oturmada dolayı %20 daha kuvvet ilave edersek montajda perekli olan max. çekme kuvveti, [L25];

$$F_{Mmax} = F_{max} + \frac{20}{100} \cdot F_{max}$$

$$F_{Mmax} = 49932 + \frac{20}{100} \cdot 49932 = 59918,4 N$$

$$\| \underline{F_{Mmax} \approx 60000 N}$$

olar ki bu değer 10.9 kalite civata - 214-

için elde edilen ve Tablo 10 da veya sayfa: 210 da

verilen $(F_{\text{ön.max.}})_{\text{sinir}} = 210000 \text{ N}$ değerinden

çok daha küçüktür. Daha küçük kalitede bir civata alınabilir.

- Montaj sıkma momentinin max. değeri;

$F_{M_{\text{max}}} = 60000 \text{ N}$ montaj sıkma kuvveti ile sayfa: 207 den faydalanarak, montaj da gerekli olan max. sıkma momenti,

$$M_{M_{\text{max}}} = 60000 \left[\frac{22,051}{2} f_g (2,48 + 11,3) + 0,12 \cdot 0,7 \cdot 24 \right]$$

$$\| \underline{M_{M_{\text{max}}} = 283202 \text{ Nmm} \approx 283 \text{ Nm}}$$

bulunur ki bu değer 10.9 kalite civata

için elde edilen ve Tablo 10 da veya sayfa: 210 da

verilen $(M_{S_{\text{max.}}})_{\text{sinir}} = 950 \text{ Nm}$ değerinden çok daha küçüktür. (Daha küçük kalitede civata

kullanılabilir, hesaplanmalıdır)

Bu şartlarda,

$$\| F_{M_{\text{max}}} (= 60000 \text{ N}) < F_{\text{ön.max. sinir}} (= 210000 \text{ N})$$

$$\| M_{M_{\text{max}}} (= 283 \text{ Nm}) < M_{S_{\text{max. sinir}}} (= 950 \text{ Nm})$$

civata çok çok emniyetlidir.

Su halde M24 ölçüsünde 10.9 kalite civata kullanacak olursak, montajda gerekli olan max. sıkma momenti

$$M_{Mmax} = 283 Nm$$

olmalıdır.

Bu arada bir bilgi verelim;

Fatih C. Babalık [L19 da L21] hocama

göre, montajdaki önerilme kuvveti, F_{Mmin} .

ve F_{Mmax} arasında değişir. Aynı konstrüksiyonda ve aynı montaj yönteminde oluşabilecek bu farklılıklar "sıkma faktörü" α_A

ile aşağıdaki gibi ifade edilir:

$$\alpha_A = \frac{F_{Mmax}}{F_{Mmin}} \quad (93)$$

α_A değerleri sıkma yöntemine göre Tablo 11 de de verilmiştir.

Ayrıca, civata bağlantılarında oturma olayına da bir açıklık getirelim.

F_M montaj kuvveti ile önerilme verilmiş

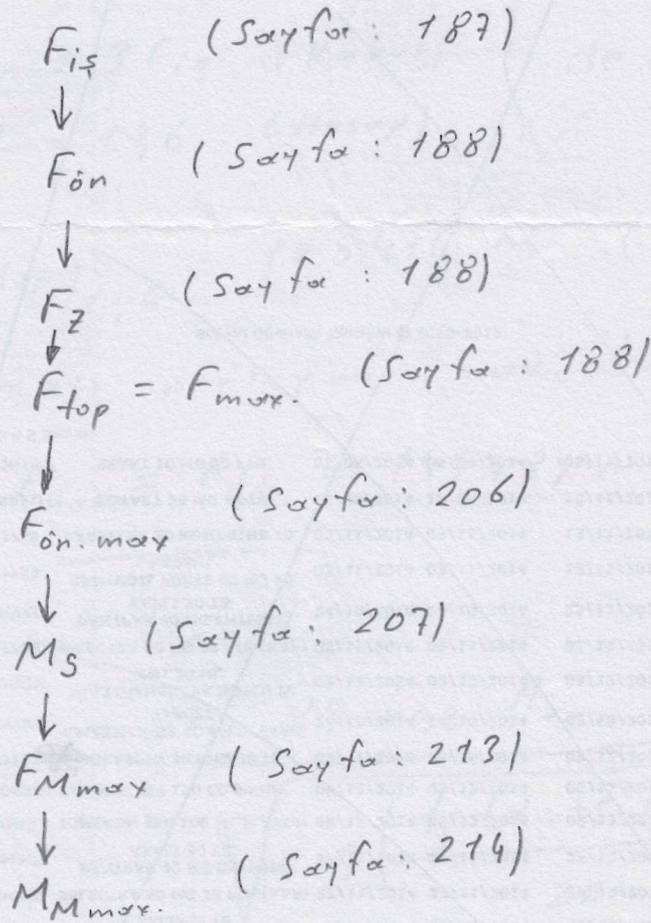
α_A	Sıkma Yöntemi	Sapma Miktarı [%]	
1	Motor veya el ile, akma sınırına veya dönme açısına ayarlı yöntemle sıkma	± 5	± 12
1,2 ... 1,6	Cıvatanın uzamasını ölçü esaslı alan yöntemler (karmaşık ve zor ölçüm), hidrolik sıkma	± 9	± 23
1,4 ... 1,6	Moment ayarlı anahtarla sıkma	± 17	± 23
1,7 ... 2,5	Moment ayarlı özel takımlarla sıkma	± 26	± 43
2,5 ... 4	Impuls ayarlı, darbeli çalışan özel anahtarla sıkma	± 43	± 60

Tablo 11- Cıvata sıkma faktörü α_A
[L19 da L21]

cıvata bağlantısında, montaj esnasında sıkıştırılan parçaların temas yüzeylerindeki pürüzlerin bir kısmı ezilir. Cıvatanın sıkıştırılması esnasında oluşan bu plastik deformasyonlar cıvatanın aynı oranda biraz daha sıkılmasıyla etkisini kaybeder. Ancak pürüz tepelerinin ezilmesi, montaj esnasında karşılaşılan bu olayla bitmez, montajdan sonra da zaman içerisinde - vada sıcaklık altında bile - özellikle mikro hareketlerin etkisiyle artan bir biçimde yüzey pürüzleri plastik deformasyona uğramaya,

ezilmeye devam ederler. Bu olaya "çivâ - 217-
tanın oturması" denir [L 19 da L 21].

Buraya kadar yaptığımız "Molet, çember
çivâ tablalarının mukavemet hesapları" karma-
şık gibi görülebilir. Sadece inceleme yapar-
rak sonuç varmaya çalıştık. Özetle :



değerlerini verilen formüller veya tablolardan
faydalanarak elde ettik.

Şimdi, molet saplamaları için aynı
uygulamayı yapalım.

Seçilen saplama : M56 (Sayfa: 169)

Büyükükleri : (Sayfa: 169)

Malzeme kalitesi : 10.9

$$\sigma_{AK} = 90 \text{ kgf/mm}^2 = 900 \text{ N/mm}^2$$

$$F_{\text{ön.max.}} = \frac{0,9 \cdot 900 \cdot 2030}{\sqrt{1+3 \left(\frac{f_p (1,91+11,3) 2030 \cdot 52,428}{2\bar{n} \cdot (49,252)^3 / 16} \right)^2}}$$

$$\| \underline{F_{\text{ön.max.}}} \approx 1208720 \text{ N}$$

Amprlik olarak ;

$$F_{\text{ön}} \approx (0,7 \dots 0,8) A_1 \cdot \sigma_{AK} \quad (\text{Sayfa: 207})$$

$$A_1 = 1905 \text{ mm}^2 \quad (\text{Sayfa: 169})$$

$$F_{\text{ön}} \approx 0,75 \cdot 1905 \cdot 900$$

$$\| \underline{F_{\text{ön}}} \approx 1285875 \text{ N}$$

$$\| \underline{F_{\text{ön.max.}}} = 1208720 \text{ N} \quad (\text{Kabül})$$

• $M_{S_{\text{max}}}$ toplam sıkma momenti ;

$$M_{S_{\text{max}}} = F_{\text{ön}} \cdot \left[\frac{d_2}{2} f_p (\alpha_m + \beta') + \mu_A \cdot r_A \right] \quad (\text{Sayfa: 207})$$

$$M_{S_{\text{max}}} = 1208720 \left[\frac{52,428}{2} f_p (1,91+11,3) + 0,12 \cdot (0,7 \cdot 56) \right]$$

$$\| \underline{M_{S_{\text{max}}}} = 13123394 \text{ Nmm} \approx 13123 \text{ Nm}$$

Amprlik olarak ;

$$- M_{S_{\text{max}}} \approx 0,19 \cdot F_{\text{ön.max.}} \quad (\text{Sayfa: 208})$$

$$M_{S_{max}} \approx 0,19 \cdot 1208720 \cdot 56$$

$$\| \underline{M_{S_{max}}} \approx 12860781 \text{ Nmm} = 12861 \text{ Nm}$$

- $M_{S_{max}} \approx 0,2 \cdot F_{\text{ön. max}} \cdot d_2$ (sayfa: 208)

$$M_{S_{max}} \approx 0,2 \cdot 1208720 \cdot 52,428$$

$$\| \underline{M_{S_{max}}} \approx 12674154 \text{ Nmm} = 12674 \text{ Nm}$$

- $M_{S_{max}} \approx 0,17 \cdot F_{\text{ön. max}} \cdot d$ (sayfa: 208)

$$M_{S_{max}} \approx 0,17 \cdot 1208720 \cdot 56$$

$$\| \underline{M_{S_{max}}} = 11507014 \text{ Nmm} = 11507 \text{ Nm}$$

$$\| (F_{\text{ön. max}})_{\text{hesap}} = 1208720 \text{ N}$$

$$\| (M_{S_{max}})_{\text{hesap}} = 13123 \text{ Nmm}$$

• $F_{M_{max}}$ montaj max. çekme kuvveti;

$$F_{M_{max}} = F_{max} + \frac{20}{100} F_{max} \quad (\text{sayfa: 213})$$

$$F_{M_{max}} = 149789 + \frac{20}{100} 149789$$

$$\| \underline{F_{M_{max}}} = 179747 \text{ N}$$

DBX22A