



Kalınlığı $s = 12$ mm, genişliği $b = 400$ mm, malzemesi st37 olan levhalar, iki kapaklı perçin bağlantısı ile bağlanmıştır. Perçin malzemesi st34 olarak verilmektedir.

Perçin bağlantısı $F = 420 \cdot 10^3$ N'luk bir kuvvet ile çekilmeye zorlandığı durumda;

- Perçin bağlantısını boyutlandırınız.
- Perçin bağlantısının konstrüksiyon resmini çiziniz.
- Konstrüksiyonun kontrol hesabını yapınız.

Çözüm:

Cetvel 2.2'den;

Levha malzemesi St37 için:

$\sigma_{\zeta em} = (120 \dots 140)$ değerleri arasından 135 MPa alınabilir.

$\tau'_{em} = (85 \dots 90)$ değerleri arasından 90 MPa alınabilir.

Perçin malzemesi St34 için:

$\tau_{em} = (100 \dots 140)$ değerleri arasından 120 MPa alınabilir.

$\sigma_{ez em} = (220 \dots 280)$ değerleri arasından 250 MPa alınabilir.

Cetvel 2.2. Perçin bağlantılarında emniyet gerilmelerinin değerler

Malzeme tipi	Perçin malzemesi			Parça malzemesi		
	Gösteriliş	Emniyet gerilmeleri, MPa		Gösteriliş	Emniyet gerilmeleri, MPa	
		τ_{em}	$\sigma_{ez em} = p_{em}$		$\sigma_{\zeta em}$	τ'_{em}
Çelik malzemeler	St 34	100 ... 140	220 ... 280	St 37	120 ... 140	85 ... 90
	St 44	140 ... 160	280 ... 320	St 50	140 ... 180	90 ... 95
				St 52	160 ... 200	90 ... 100
Hafif malzemeler	AlCuMg1F40	105	264	AlCuMg1F37... F40	≈ 150	90
	AlCuMg 0,5F28	84	208	AlCuMg2F44	≈ 190	114
				AlMg3F18	≈ 47	≈ 28
	AlMgSi1F23	≈ 64	160	AlMgF18	≈ 47	28
	AlMg3F23 için	64	160	AlMg3F23	82	50
AlMgF23				82	50	

Perçin malzemesinin mekanik özellikleri daha zayıf olduğundan hesaplamalarda St34 malzemesinin değerleri esas alınacaktır.

Perçin çapı d ve perçin deliğinin çapı d_1 minimum levha kalınlığına göre hesaplanır.

$s_1 = (0,5 \dots 0,8) \cdot s = (0,5 \dots 0,8) \cdot 12 = 6 \dots 9,6$ değerleri arasından 8 mm alınabilir.

$d \cong 2s_1 = 2 \cdot 8 = 16$ mm; $d_1 = d + (0,5 \dots 1) \cong 16 + 1 = 17$ mm

Perçin gövdesini kesmeye zorlayan 2 tane düzlem vardır. Bu nedenle $n = 2$ 'dir.

$$\tau = \frac{F}{znA_k} = \frac{F}{zn \frac{\pi d_1^2}{4}} \leq \tau_{em} \rightarrow z = \frac{4 * F}{n * \tau_{em} * \pi d_1^2} = \frac{4 * 420 * 10^3}{2 * 120 * \pi * 17^2} \cong 7,71$$

Perçin sayısı 8 alınarak, ezilme kontrolü yapılırsa,

$$\sigma_{ez} = \frac{F}{zs_1 d_1} = \frac{420 * 10^3}{8 * 8 * 17} \cong 386,03 \text{ MPa} > \sigma_{ezem} = 250 \text{ MPa uygun değildir.}$$

Kesilmeye göre yapılan boyutlandırmada bağlantının ezilmeye karşı emniyetli olmadığı görülür ve ezilmeye göre boyutlandırma yapılır.

$$\sigma_{ez} = \frac{F}{zs_1 d_1} \leq \sigma_{ezem} \rightarrow z = \frac{F}{s_1 d_1 \sigma_{ezem}} = \frac{420 * 10^3}{8 * 17 * 250} \cong 12,35$$

$z = 12$ alınabilir.

Perçin bağlantısının boyutları:

Perçin adımı:

$$t = (3 \dots 6)d_1 = (3 \dots 6) * 17 = (51 \dots 102) \rightarrow 100 \text{ mm seçilebilir.}$$

Perçin delik merkezinin levha kenarına olan uzaklığı:

$$e_1 = (1,6 \dots 3)d_1 = (1,6 \dots 3) * 17 = (27,2 \dots 51) \rightarrow 35 \text{ mm seçilebilir.}$$

Levha genişliği soruda veriliyor, dolayısıyla t bulduktan sonra delik merkezinin levha kenarına olan gerçek uzaklığı bulunabilir.

Perçin sıraları arasındaki uzaklık:

$$e_2 = (1,5 \dots 3)d_1 = (1,5 \dots 3) * 17 = (25,5 \dots 51) \rightarrow 30 \text{ mm seçilebilir.}$$

Perçinin delik dışında kalan (kapama başın) uzunluğu:

$$l_1 = 1,5d_1 = 1,5 * 17 = 25,5 \text{ mm}$$

Perçinin toplam uzunluğu (veya toplam boyu):

$$l = \sum s + l_1 = (2s_1 + s) + l_1 = (2 * 8 + 12) + 25,5 = 53,5 \text{ mm}$$

Bir sırada yerleşen peçin sayısı ve gerekli levha genişliği:

$$z_1 = \frac{b}{t} = \frac{400}{100} = 4$$

$$b_0 = 2e_1 + (z_1 - 1)t = 2 * 35 + (4 - 1) * 100 = 370 \text{ mm}$$

Bulunan sonuç, soruda verilen levha genişliğinden küçük olup, uygundur. Eğer, hesaplanan değer 400'den büyük çıksa idi (yani levhanın genişliğinin perçinler için gereken genişlikten küçük olması durumu), 400'den küçük çıkması için seçilen değerlerde değişiklik yapılacaktı.

Perçinin sıra sayısı:

$$i = z/z_1 = 12/4 = 3$$

Bu durumda her sırada 4 perçin ve toplam 3 sıra olacaktır.

Levha ve kapak emniyet kontrol hesabı yapılırsa;

Kapak için (m = 4):

$$\sigma_{\zeta}^{kapak} = \frac{F}{s_1(b-md_1)} = \frac{420 \cdot 10^3}{8(400-4 \cdot 17)} \cong 158,13 \text{ MPa} > \sigma_{\zeta em} = 135 \text{ MPa uygun değildir.}$$

Levha için (m = 4):

$$\sigma_{\zeta}^{levha} = \frac{F}{s(b-md_1)} = \frac{420 \cdot 10^3}{12(400-4 \cdot 17)} \cong 105,42 \text{ MPa} \leq \sigma_{\zeta em} = 135 \text{ MPa uygundur.}$$

Levhaların kenarlarının kesilmeye zorlanması durumunda;

$$\tau'_{kapak} = \frac{F}{2s_1z(e_1 - \frac{d_1}{2})} = \frac{420 \cdot 10^3}{2 \cdot 8 \cdot 12(35 - \frac{17}{2})} \cong 82,55 \text{ MPa} \leq \tau'_{em} = 90 \text{ MPa uygundur.}$$

$$\tau'_{levha} = \frac{F}{2sz(e_1 - \frac{d_1}{2})} = \frac{420 \cdot 10^3}{2 \cdot 12 \cdot 12(35 - \frac{17}{2})} = 55,03 \leq \tau'_{em} = 90 \text{ MPa uygundur.}$$

Hesaplama sonucunda bağlantının kapak için emniyetli olmadığı görülmüştür. Bu durumda bağlantıda daha geniş bir levha kullanılabilir, s_1 kalınlığı artırılabilir, m: kesite düşen delik sayısını azaltmak için bir sıradaki perçin sayısı azaltılabilir, kuvvet azaltılabilir veya malzeme değiştirilebilir. Bu değişiklikler yapılırken, belirli olan şeyleri değiştiremeyiz. Örneğin kullanılacak levha belli ise levha genişliği ve malzeme değiştirilemez. Soruda bize verilen değerler yerine bizim seçtiğimiz değerlerde değişiklik yapılması daha uygun olacaktır. Burada kendi seçimimize bağlı olarak değişen s_1 , d_1 ve m değerleridir. s_1 değeri en fazla 9,6 alınabilir, fakat levha kalınlıklarında standart değer 10 mm olduğu için 10 mm alınması daha uygundur. s_1 değeri 10 alınırsa d_1 değeri $10 \cdot 2 + 1 = 21$ mm olur ve kapak için çekme gerilmesi (bir sıradaki perçin sayısının aynı kalacağı düşünülürse), 132,91 MPa bulunur, uygundur. Diğer bir yöntem ise bir sıradaki perçin sayısının azaltılmasıdır. Eğer ki bir sıradaki perçin sayısı 4 değil de 3 alınır, formülde m yerine 3 yazıldığında, yine emniyetsiz çıktığı görülür.

$s_1 = 10$ mm $d_1 = 2s_1 + 1 = 2 \cdot 10 + 1 = 21$ mm alınarak, hesaplamalar yeniden yapılırsa;

$$\tau = \frac{F}{znA_k} = \frac{F}{zn \frac{\pi d_1^2}{4}} \leq \tau_{em} \rightarrow z = \frac{4 \cdot F}{n \cdot \tau_{em} \cdot \pi d_1^2} = \frac{4 \cdot 420 \cdot 10^3}{2 \cdot 120 \cdot \pi \cdot 21^2} \cong 5,05$$

Perçin sayısı 5 alınarak, ezilme kontrolü yapılırsa,

$$\sigma_{ez} = \frac{F}{zs_1d_1} = \frac{420 \cdot 10^3}{5 \cdot 10 \cdot 21} = 400 \text{ MPa} > \sigma_{ez em} = 250 \text{ MPa uygun değildir.}$$

Kesilmeye göre yapılan boyutlandırmada bağlantının ezilmeye karşı emniyetli olmadığı görülür ve ezilmeye göre boyutlandırma yapılır.

$$\sigma_{ez} = \frac{F}{zs_1d_1} \leq \sigma_{ez em} \rightarrow z = \frac{F}{s_1d_1\sigma_{ez em}} = \frac{420 \cdot 10^3}{10 \cdot 21 \cdot 250} = 8$$

Perçin sayısı $z = 8$ alınır.

Perçin bağlantısının boyutları:

$$t_1 = (3 \dots 6)d_1 = (3 \dots 6) * 21 = (63 \dots 126) \rightarrow 100 \text{ mm seçilebilir.}$$

$$e_1 = (1,6 \dots 3)d_1 = (1,6 \dots 3) * 21 = (33,6 \dots 63) \rightarrow 40 \text{ mm seçilebilir.}$$

$$e_2 = (1,5 \dots 3)d_1 = (1,5 \dots 3) * 21 = (31,5 \dots 63) \rightarrow 35 \text{ mm seçilebilir.}$$

$$l_1 = 1,5d_1 = 1,5 * 21 = 31,5 \text{ mm}$$

$$l = \sum s + l_1 = (2s_1 + s) + l_1 = (2 * 10 + 12) + 31,5 = 63,5 \text{ mm}$$

$$z_1 = \frac{b}{t} = \frac{400}{100} = 4$$

$$b_0 = 2e_1 + (z_1 - 1)t = 2 * 40 + (4 - 1) * 100 = 380 \text{ mm}$$

Bulunan sonuç, soruda verilen levha genişliğinden küçük olup, uygundur.

Perçinin sıra sayısı:

$$i = z/z_1 = 8/4 = 2$$

Levha ve kapağın emniyet kontrol hesabı yapılırsa;

$$\sigma_{\zeta}^{kapak} = \frac{F}{s_1(b-md_1)} = \frac{420*10^3}{10(400-4*21)} \cong 132,91 \text{ MPa} \leq \sigma_{\zeta em} = 135 \text{ MPa uygundur.}$$

$$\sigma_{\zeta}^{levha} = \frac{F}{s(b-md_1)} = \frac{420*10^3}{12(400-4*21)} \cong 110,76 \text{ MPa} \leq \sigma_{\zeta em} = 135 \text{ MPa uygundur.}$$

$$\tau'_{kapak} = \frac{F}{2s_1z(e_1 - \frac{d_1}{2})} = \frac{420*10^3}{2*10*8(40 - \frac{21}{2})} \cong 88,98 \text{ MPa} \leq \tau'_{em} = 90 \text{ MPa uygundur.}$$

$$\tau'_{levha} = \frac{F}{2sz(e_1 - \frac{d_1}{2})} = \frac{420*10^3}{2*12*8(40 - \frac{21}{2})} \cong 74,15 \leq \tau'_{em} = 90 \text{ MPa uygundur.}$$

Perçin delikleri dolayısıyla sacın mukavemet bakımından zayıflama katsayısına göre emniyet kontrolü yapılırsa:

$$v = \frac{t - d}{t} = \frac{100 - 17}{100} \cong 0,83 < 1$$

buradan da bağlantının emniyetli olduğu belirlenir.

Bir sırada 4 perçin var dolayısıyla 3 aralık var. Bu 3 aralık $3*100 = 300 \text{ mm}$ yer kaplıyor geri kalan kısımda ise şekilden görüldüğü gibi e_1 ile ifade edilen levha kenarına olan uzaklık var. Bu durumda, e_1 şekle göre $(400 - 300)/2 = 50 \text{ mm}$ olarak bulunur. Bu değer, e_1 'in gerçek değeri olup, $(33,6 \dots 63)$ tahmin edilen aralıktadır.

Levhanın verilen konstrüksiyon boyutları dikkate alınmış, verilmeyen ölçüler uygun kabullerle belirlenmiş, hesaplamalarda da emniyetli olduğu görülmüştür. O halde, bağlantının konstrüksiyon resmini çizebiliriz.

Bağlantının konstrüksiyon resmi aşağıda verilmiştir.

Hazırlayanlar: Prof. Dr. Burhan SELÇUK, Araş. Gör. Lutfi ERTÜRK

Kaynak Kitap: Makine Elemanları Problemleri, Dr. İsfendiyar BAKŞIYEV, Dr. Burhan SELÇUK, 1. Basım, Nobel Yayınevi, Ekim 2012

