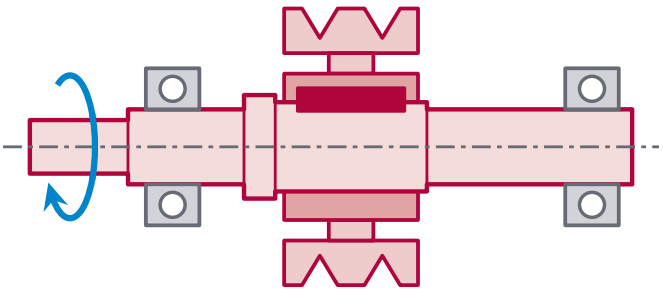
MAKİNE ELEMANLARI 1

SORU KİTABI

ÖRNEK SAYFALAR

9 ünite · 162 soru · adım adım çözümler



Ertan Sinan Şahin

ertansinansahin.com

Bu kitap nasıl kullanılır?

- Her ünite, soruların dayandığı tanım ve formülleri özetleyen bir hatırlatma kutusuyla açılır.
- Zorluk: ★☆☆ temel ★★☆ orta ★★★ ileri. Her ünitede birkaç çoktan seçmeli kavram sorusu vardır; her ünite sınav tipi karma sorularla biter.
- Her sorunun altındaki noktalı alan sizin çözümünüz içindir. Önce kendiniz çözün; takıldığınızda hatırlatma kutusuna ve ders notuna dönün, çözüme en son bakın.
- Bütün çözümler kitabın sonundadır. Sorunun yanındaki Çözüm → bağlantısı çözüme, çözümdeki ← Soru bağlantısı soruya götürür. Kısa cevaplar **CEVAP** kutusundadır.
- **Birimler ve işaretler:** Birimler SI; gerilmeler ve dayanımlar MPa, elastisite modülleri GPa, kuvvetler N ya da kN, momentler N·m ile verilir. Normal gerilme çekmede pozitiftir. Şekillerde kuvvet, moment ve tork okları kırmızıdır.
- **Ekler:** Kitabın sonundaki ekler (malzeme; yorulma; toleranslar ve geçmeler; cıvatalar ve vidalar; kamalar ve kamalı miller; yaylar) soruda verilmeyen malzeme değerlerini, katsayıları ve standart boyutları içerir; sorular yalnız soru metnindeki verilerle ve bu eklerle çözülür.
- **Vize ve final:** Okulların çoğunda vize ve final konuları şöyle bölünür:

  Vize Ünite 1–5 tasarım ve emniyet, toleranslar, statik dayanım, yorulma, miller

  Final Ünite 6–9 mil-göbek bağlantıları, cıvatalar, kaynak ve perçin, yaylar

  Bazı okullar mili, cıvataları, kaynağı ya da yayları Makine Elemanları II dersinde işler; dersi tek dönemde bitiren okullarda *Makine Elemanları 2* de gerekir. Kendi dersinizin izlencesine göre çalışacağınız üniteleri seçin.

İçindekiler

Sayfa numaraları tam kitaba aittir. Renkli üniteler bu örnekte vardır; tıklayınca o üniteye gidersiniz.

1 Giriş: Tasarım ve Emniyet ..... 14 soru 4

2 Toleranslar ve Geçmeler ..... 16 soru 14

3 Statik Dayanım ..... 18 soru 24

4 **Yorulma** ..... 22 soru 35

5 Miller ..... 20 soru 49

6 Mil-Göbek Bağlantıları ..... 16 soru 60

7 **Cıvatalar ve Hareket Vidaları** ..... 22 soru 70

8 Kaynak, Perçin ve Yapıştırma Bağlantıları ..... 16 soru 82

9 **Yaylar** ..... 18 soru 92

Çözümler 102

4. ÜNİTE

YORULMA

bileşenler

$\sigma_m = \frac{1}{2}(\sigma_{\max} + \sigma_{\min}),\ \sigma_a = \frac{1}{2}(\sigma_{\max} - \sigma_{\min})$

gerilme oranı $R = \sigma_{\min}/\sigma_{\max}$

S-N doğrusu

$S_f = aN^b,\ a = \frac{(fS_{ut})^2}{S_e},\ b = -\frac{1}{3}\log\frac{fS_{ut}}{S_e}$

yorulma sınırı $S_e = k_a k_b k_c k_d k_e S_e',\ S_e' = 0.5\,S_{ut}$

yüzey, boyut $k_a = c_1 S_{ut}^{c_2},\ k_b = 1.24\,d^{-0.107}$

yükleme

$k_c = 1$ (eğilme), 0.85 (eksenel), 0.59 (burulma)

çentik $q = \frac{1}{1+\sqrt{a}/\sqrt{r}},\ K_f = 1 + q(K_t - 1)$

Goodman $\frac{\sigma_a}{S_e} + \frac{\sigma_m}{S_{ut}} = \frac{1}{n}$

Soderberg $\frac{\sigma_a}{S_e} + \frac{\sigma_m}{S_y} = \frac{1}{n}$

Gerber $\frac{n\sigma_a}{S_e} + \left(\frac{n\sigma_m}{S_{ut}}\right)^2 = 1$

ASME eliptik $\left(\frac{n\sigma_a}{S_e}\right)^2 + \left(\frac{n\sigma_m}{S_y}\right)^2 = 1$

akma (Langer) $\sigma_a + \sigma_m = S_y/n_y$

von Mises $\sigma_a' = \sqrt{\sigma_a^2 + 3\tau_a^2},\ \sigma_m' = \sqrt{\sigma_m^2 + 3\tau_m^2}$

Miner $\sum_i n_i/N_i = 1$

yüzey ($k_a = c_1 S_{ut}^{c_2}$, S_{ut} MPa)	c_1	c_2	yüzey	c_1	c_2
taşlanmış	1.58	−0.085	sıcak haddelenmiş	57.7	−0.718
talaşlı veya soğuk çekilmiş	4.51	−0.265	dövme	272	−0.995

Aksi yazılmadıkça şu kabuller geçerlidir. Çelikte düzeltilmemiş yorulma sınırı $S_e' = 0.5\,S_{ut}$ alınır ($S_{ut} \le 1400$ MPa için). Yorulma sınırı ya da sürekli mukavemet S_e, 10^6 çevrimde tanımlanır ve S-N eğrisi 10^3 ile 10^6 çevrim arasında log-log eksende doğrudur. Boyut faktörü bağıntısı $2.79 \le d \le 51$ mm için geçerlidir; sıcaklık faktörü $k_d = 1$, güvenilirlik %50 ($k_e = 1$) alınır. Yorulma çentik katsayısı K_f hem genlik hem ortalama gerilmeye uygulanır. Emniyet katsayısı yorulmada n_f, akmada n_y ile gösterilir; yük doğrusu boyunca (gerilmeler aynı oranda artarak) hesaplanır. Teknik resimlerde ölçüler mm'dir. Diyagramlarda dayanım sınırları siyah, akma doğrusu gri, çalışma noktası kırmızıdır.

Yorulma ve S-N eğrisi

4.1 ★☆☆ Çözüm →

Çelik ve alüminyum alaşımlı parçaların gerilme-ömür (S-N) davranışıyla ilgili aşağıdakilerden hangisi doğrudur?

A) Alüminyum alaşımlarında S-N eğrisi 10^6 çevrimden sonra yataylaşır; bu düzeyin altındaki genlikte parça sonsuz ömürlüdür.

B) Çeliklerin çoğunda S-N eğrisi yaklaşık 10^6–10^7 çevrimde yataylaşır; bu düzeyin (yorulma sınırının) altındaki genlikte parça sonsuz ömürlü kabul edilir.

C) 10^3 çevrimden kısa ömürlerde (düşük çevrimli yorulma) gerilme-ömür yaklaşımı en doğru sonucu verir.

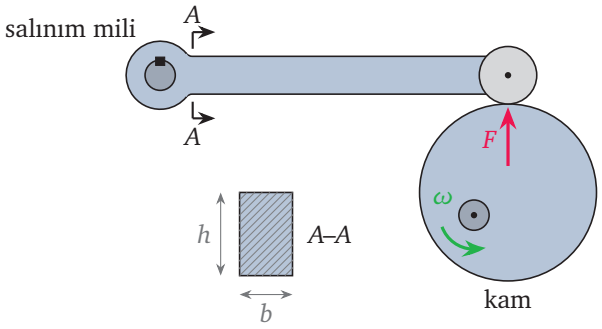
D) Yorulma sınırı çekme dayanımından bağımsızdır; bütün çeliklerde yaklaşık aynı değeri alır.

E) Yorulma çatlağı çoğunlukla parçanın içinden, eğilmede tarafsız eksenin yakınından başlar.

Ortalama gerilmenin etkisi

4.15 ★★☆ Çözüm →

Bir paketleme makinesinin kam takipçi kolunun kritik kesitinde eğilme momenti her devirde 0 ile 95 N·m arasında değişir (şekil). Kesit dikdörtgendir: genişlik $b = 10$ mm, yükseklik h tasarlanacaktır. Kritik kesit kolun göbeğe bağlandığı yuvarlatmadadır (şekilde A); burada $K_f = 1.35$'tir. Malzeme için $S_y = 520$ MPa; Marin düzeltmeli yorulma sınırı $S_e = 262$ MPa (h'den bağımsız kabul ediniz).

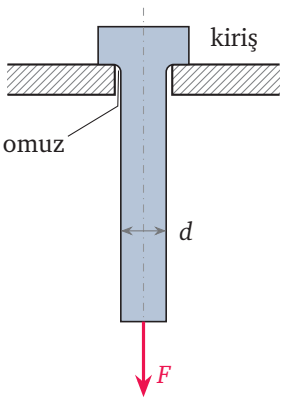


a. ASME eliptik ölçütüyle $n_f = 1.8$ için en küçük yüksekliği bulunuz.

b. Yüksekliği tam mm'ye yuvarlayınız; yorulma ve akma emniyet katsayılarını bulunuz.

4.17 ★★★ Çözüm →

Bir yaya asma köprüsünde tabliyeyi taşıyan askı çubuğu, boş köprü ile en kalabalık durum arasında 15 kN ile 60 kN çekme kuvveti taşır (şekil). Çubuk ıslah edilmiş C35 çeliğindendir ($S_{ut} = 630$ MPa, $S_y = 380$ MPa) ve talaşlı işlenmiştir; hesap %95 güvenilirlikle yapılacaktır ($k_e = 0.868$). Çubuğun taşıyıcı kirişe oturduğu omuzda $K_f = 1.6$'dır (çaptan bağımsız kabul ediniz).



a. Goodman ölçütüyle $n_f = 2.2$ için en küçük çapı bulunuz; çapı çift sayı mm olarak seçiniz.

b. Seçilen çapta yorulma ve akma emniyet katsayılarını bulunuz.

c. Soderberg ölçütü kullanılsaydı hangi çap seçilirdi?

7. ÜNİTE

CIVATALAR VE HAREKET VİDALARI

hatve, helis açısı $l = n_a P,\ \tan\lambda = \dfrac{l}{\pi d_2}$

sürtünme açısı (trapez) $\tan\rho' = \dfrac{\mu}{\cos 15^\circ}$

kaldırma $T = F\dfrac{d_2}{2}\tan\left(\lambda + \rho'\right) + \mu_c F\dfrac{d_c}{2}$

indirme $T = F\dfrac{d_2}{2}\tan\left(\rho' - \lambda\right)$

kilitlenme, verim $\lambda < \rho',\ \eta = \dfrac{\tan\lambda}{\tan(\lambda+\rho')} = \dfrac{F\,l}{2\pi T}$

trapez vida $d_2 = d - \frac{P}{2},\ H_1 = \frac{P}{2},\ p = \dfrac{F}{z\,\pi d_2 H_1}$

cıvata grubu $F' = \dfrac{V}{N},\ F_i'' = \dfrac{M r_i}{\sum r_j^2}$

cıvata rijitliği $k_b = \dfrac{A_d A_t E}{A_d l_t + A_t l_d}$

parça (koni 30°) $k_m = \dfrac{0.5774\,\pi E d}{2\ln\left(5\,\dfrac{0.5774\,l + 0.5\,d}{0.5774\,l + 2.5\,d}\right)}$

yük paylaşımı

$C = \dfrac{k_b}{k_b + k_m},\ F_b = F_i + CP,\ F_m = F_i - (1-C)P$

ön gerilme, moment $F_i = 0.75 A_t S_p,\ T = K F_i d$

emniyetler

$n_p = \dfrac{S_p A_t}{CP + F_i},\ n_L = \dfrac{S_p A_t - F_i}{CP},\ n_0 = \dfrac{F_i}{P(1-C)}$

yorulma

$\sigma_a = \dfrac{C(P_{\max} - P_{\min})}{2A_t},\ \sigma_m = \dfrac{C(P_{\max} + P_{\min})/2 + F_i}{A_t}$

Goodman ($\sigma_i = F_i/A_t$) $n_f = \dfrac{S_e(S_{ut} - \sigma_i)}{S_{ut}\sigma_a + S_e(\sigma_m - \sigma_i)}$

Aksi yazılmadıkça şu kabuller geçerlidir. Trapez vidanın (ISO 2904) profil açısı 30°'dir; d_2 böğür çapı, d_3 diş dibi çapıdır. Cıvata ve sıkıştırılan parçalar çeliktir ($E = 207$ GPa); A_t gerilme kesit alanı, A_d gövde alanıdır. Parça rijitliği yarı tepe açısı 30° olan basınç konisiyle hesaplanır; pullar ihmal edilir. Sökülebilir bağlantıda ön gerilme $F_i = 0.75 A_t S_p$'dir. Dış yük cıvatalara eşit dağılır. Cıvata yorulma sınırı S_e haddelenmiş diş için tam düzeltilmiş değerdir (K_f dahil); ön gerilme sabit kalır, dış yük artar (Goodman doğrusu σ_i'den başlar). Kesmeye çalışan cıvata gruplarında yük cıvata gövdesiyle taşınır (geçme cıvatası), parçalar rijittir. Teknik resimlerde ölçüler mm'dir.

Ön gerilme ve bağlantı rijitliği

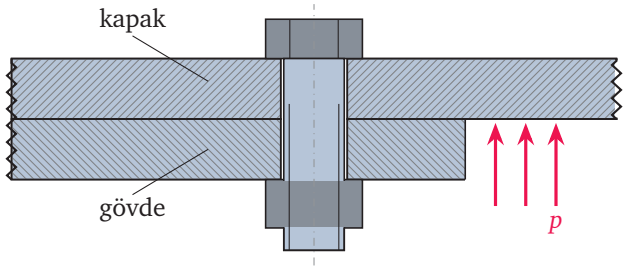
7.10 ★★☆ Çözüm →

Bir dişli pompanın gövde kapağında bir cıvatanın rijitliği $k_b = 800$ kN/mm, sıkıştırılan parçalarınki $k_m = 2400$ kN/mm'dir. Cıvata $F_i = 40$ kN ön gerilmeyle sıkılmıştır. Pompa basıncı cıvata başına $P = 24$ kN ayırıcı kuvvet yaratır (şekil).

a. Montajda cıvatanın uzamasını ve parçaların kısalmasını bulunuz; kuvvet–uzama diyagramını çiziniz.

b. Basınç altında cıvata ve parça kuvvetlerini, cıvatanın ek uzamasını bulunuz; diyagramda gösteriniz.

c. Parçaların ayrılmasına yol açan dış yükü ve ayrılmaya karşı emniyet katsayısını bulunuz.



Eksantrik yüklü cıvata grupları

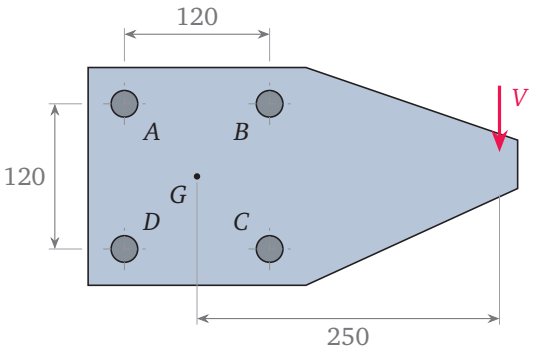
7.16 ★☆☆ Çözüm →

Bir makine gövdesine dört cıvatayla bağlanan konsol braket, cıvata grubunun ağırlık merkezinden 250 mm uzakta 18 kN düşey yük taşır. Cıvatalar 120 × 120 mm'lik bir karenin köşelerindedir (şekil).

a. Her cıvatadaki doğrudan ve momentten gelen kesme kuvvetini bulunuz.

b. En çok zorlanan cıvatayı ve kuvvetini bulunuz.

c. Cıvata gövdesi 16 mm çaplıdır. Kayma gerilmesi nedir?



9. ÜNİTE

YAYLAR

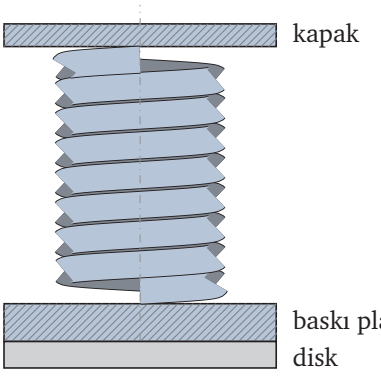
yay oranı, gerilme	$C=\frac{D}{d},\ \tau=K_B\frac{8FD}{\pi d^3}$	Zimmerli + Goodman	
Bergsträsser	$K_B=\frac{4C+2}{4C-3}$		$S_{se}=\frac{S_{sa}}{1-S_{sm}/S_{su}},\ \frac{1}{n_f}=\frac{\tau_a}{S_{se}}+\frac{\tau_m}{S_{su}}$
yay sabiti	$k=\frac{d^4G}{8D^3N_a}$	çekme yayı	$F=F_i+ky,\ N_a=N_b+G/E$
kare-taşlanmış uç		burulma yayı	$k'=\frac{d^4E}{64DN_a},\ \sigma=K_i\frac{32M}{\pi d^3}$
$N_t=N_a+2,\ L_s=dN_t,\ L_0=pN_a+2d$			$K_i=\frac{4C^2-C-1}{4C(C-1)}$
tel dayanımı	$S_{ut}=A/d^m,\ S_{su}=0.67\,S_{ut}$	yaprak yay	$\sigma=\frac{6FL}{nbt^2},\ y=\frac{6FL^3}{Enbt^3}$
burkulma (çelik)	$L_0<2.63\,D/\alpha$	disk yay paketi	seri: F aynı, y toplanır
doğal frekans	$f_n=\frac{1}{2}\sqrt{k/m_a},\ m_a=\frac{\pi^2d^2DN_a\rho}{4}$		paralel: y aynı, F toplanır

Aksi yazılmadıkça şu kabuller geçerlidir. d tel çapı, D ortalama sarım çapı, N_a etkin, N_t toplam sarım sayısıdır. Çelik yay telinde $G=79.3$ GPa, $\rho=7850\ \text{kg/m}^3$ alınır. Basma yaylarının uçları kare ve taşlanmıştır ve yay iki paralel düz yüzey arasında çalışır. Kayma gerilmesi hem statik hem yorulma hesabında Bergsträsser katsayısıyla düzeltilir. Kayma akma dayanımı S_{sy} soruda çekme dayanımının kesri olarak verilir. Zimmerli verisi çapı 10 mm'den küçük çelik yay telleri içindir: bilyeli dövülmemiş tel için $S_{sa}=241$ MPa, $S_{sm}=379$ MPa; bilyeli dövülmüş tel için $S_{sa}=398$ MPa, $S_{sm}=534$ MPa. Teknik resimlerde ölçüler mm'dir.

Malzeme, statik tasarım, burkulma ve titreşim

9.6 ★★☆ Çözüm →

Bir kamyon kavramasında baskı plakasını çevre boyunca dizilmiş 12 helisel yay bastırır; kavrama kapalıyken her yay 500 N uygular (şekil). Yaylar krom-vanadyum alaşımlı teldendir ($S_{ut}=A/d^m$, $A=2005\ \text{MPa}\cdot\text{mm}^m$, $m=0.168$; $S_{sy}=0.50\,S_{ut}$); $d=4.5$ mm, $D=26$ mm, $N_a=6.5$, $L_0=58$ mm. Kavrama ayrılırken yaylar 2.5 mm daha sıkışır.



a. Telin çekme ve kayma akma dayanımlarını bulunuz.

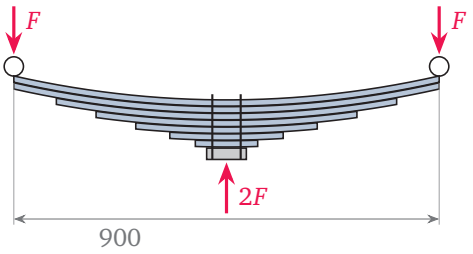
b. Yay sabitini, ayırma anındaki yay kuvvetini, kayma gerilmesini ve emniyet katsayısını bulunuz.

c. Yay katı boya kadar sıkışırsa emniyet katsayısı ne olur? Ayırma konumunda katı boya ne kadar pay kalır?

Yaprak ve disk yaylar

9.14 ★☆☆ Çözüm →

Tek akslı bir yük römorkunun aksında yarı eliptik yaprak yay kullanılır. Yayın gözleri arasındaki açıklık 900 mm'dir ve ortasından aksa 36 kN kuvvetle yüklenir (şekil). Yay 70 × 12 mm kesitli 7 yapraktan oluşur, $E = 207$ GPa. Yay eşdeğer üçgen levha (düzgün dayanımlı) olarak hesaplanacaktır.



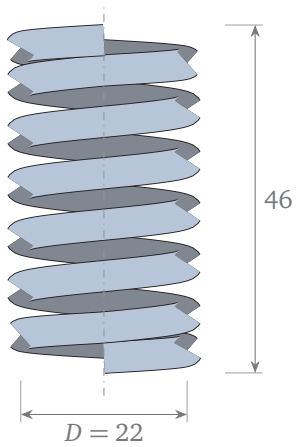
a. Yapraklardaki eğilme gerilmesini, orta noktanın sehimini ve yay sabitini bulunuz.

b. Eğilme gerilmesinin 600 MPa'ı aşmaması için en az kaç yaprak gerekir? Bu durumda sehim ne olur?

Karma sorular

9.17 ★★★ Çözüm →

Yüksek devirli bir benzinli motorun valf yayı krom-vanadyum alaşımlı, bilyeli dövülmüş teldendir ($A = 2005$ MPa · mm^m, $m = 0.168$; $S_{sy} = 0.50\,S_{ut}$): $d = 4.0$ mm, $D = 22$ mm, $N_a = 5$, $L_0 = 46$ mm (şekil). Valf kapalıyken yay kuvveti 240 N, valf kalkışı 9 mm'dir. Motorun en yüksek devri 5500 dev/dk; kam mili krank milinin yarı hızında döner.



a. Yay sabitini ve valf tam açıkken yay kuvvetini bulunuz.

b. Zimmerli verisi ve Goodman ölçütüyle yorulma emniyet katsayısını bulunuz.

c. Valf kapalı ve tam açıkken yay boylarını ve katı boya kalan payı bulunuz.

d. Doğal frekansı bulunuz. Doğal frekansın kam frekansının en az 15 katı olması ölçütü sağlanıyor mu? Yorumlayınız.

ÇÖZÜMLER

4 YORULMA

4.1

← Soru

Çeliklerde S-N eğrisi bir dirsekten sonra yataylaşır; bu düzey yorulma sınırıdır (sürekli mukavemet). Altındaki genliklerde çatlak ilerlemez, parça sonsuz ömürlü sayılır. **B** doğrudur.

- (A): Alüminyum alaşımlarının belirgin bir yorulma sınırı yoktur; eğri inmeyi sürdürür. Bu yüzden alüminyumda yorulma dayanımı belirli bir ömür için (5×10^8 çevrim gibi) verilir.
- (C): Düşük çevrimli bölgede gerilmeler akma sınırını aşar ve plastik şekil değiştirme belirleyicidir; burada şekil değiştirme-ömür yaklaşımı kullanılır.
- (D): Yorulma sınırı çekme dayanımıyla artar; yaklaşık $S_e' = 0.5\,S_{ut}$ ($S_{ut} \le 1400$ MPa).
- (E): Eğilmede gerilme yüzeyde en büyüktür, yüzeyde çentik ve pürüzlülük de vardır; çatlak çoğunlukla yüzeyden başlar. Tarafsız eksende eğilme gerilmesi sıfırdır.

CEVAP B

4.15

← Soru

a. Moment sıfırdan başladığı için $\sigma_a = \sigma_m = \sigma$; $M_a = M_m = 47.5$ N·m. ASME elipsinde $n_f \sigma \sqrt{1/S_e^2 + 1/S_y^2} = 1$:

$$\sqrt{\frac{1}{262^2} + \frac{1}{520^2}} = 4.274 \times 10^{-3}\ \text{MPa}^{-1},$$

$$\sigma = \frac{1}{1.8(4.274 \times 10^{-3})} = 130.0\ \text{MPa}.$$

$$\sigma = K_f \frac{6M_a}{bh^2} \Rightarrow h^2 = \frac{1.35(6)(47\,500)}{(10)(130.0)} = 296.0,$$

$$h_{\min} = 17.20 \approx 17.2\ \text{mm}.$$

b. $h = 18$ mm için:

$$\sigma_a = \sigma_m = \frac{1.35(6)(47\,500)}{(10)(18)^2} = 118.75\ \text{MPa},$$

$$n_f = \frac{1}{(118.75)(4.274 \times 10^{-3})} = 1.970 \approx 1.97,$$

$$n_y = \frac{S_y}{\sigma_a + \sigma_m} = \frac{520}{237.5} = 2.189 \approx 2.19.$$

ASME elipsi akma dayanımından geçtiği için akmaya yakın bölgeyi de sınırlar; Langer kontrolü yine yapılır ve burada yorulma belirleyicidir.

CEVAP a. $h_{\min} = 17.2$ mm b. $h = 18$ mm: $n_f = 1.97$, $n_y = 2.19$

ertansinansahin.com

4.17

← Soru

a. Eksenel yükte $k_b = 1$, $k_c = 0.85$:

$$k_a = 4.51(630)^{-0.265} = 0.8173,$$

$$S_e = (0.8173)(0.85)(0.868)(315) = 189.9 \text{ MPa}.$$

$F_m = 37.5$ kN, $F_a = 22.5$ kN. Gerilmeler $K_f F/A$ ve $A = \pi d^2/4$; Goodman denklemi A için çözülür:

$$\frac{K_f}{A}\left(\frac{F_a}{S_e} + \frac{F_m}{S_{ut}}\right) = \frac{1}{n_f},$$

$$d^2 = \frac{4 n_f K_f}{\pi}\left(\frac{22\,500}{189.9} + \frac{37\,500}{630}\right),$$

$$d^2 = 4.4818\,(118.46 + 59.52) = 797.7 \text{ mm}^2,$$

$$d_{\min} = 28.24 \approx 28.2 \text{ mm} \Rightarrow d = 30 \text{ mm}.$$

b. $d = 30$ mm, $A = 706.9$ mm^2:

$$n_f = \frac{706.9}{1.6\,(118.46 + 59.52)} = 2.482 \approx 2.48,$$

$$\sigma_{\max} = K_f \frac{F_{\max}}{A} = \frac{1.6(60\,000)}{706.9} = 135.8 \text{ MPa},$$

$$n_y = \frac{380}{135.8} = 2.798 \approx 2.80.$$

c. Soderberg'de S_{ut} yerine S_y:

$$d^2 = 4.4818\left(118.46 + \frac{37\,500}{380}\right) = 973.2,$$

$$d_{\min} = 31.20 \approx 31.2 \text{ mm} \Rightarrow d = 32 \text{ mm}.$$

Ortalama kuvvet büyük olduğundan ($F_m > F_a$) ölçüt seçimi sonucu değiştirir: Soderberg bir standart çap büyütür. Ölü yükü büyük askı elemanlarında akma ayrıca kontrol edildiği için Goodman yeterlidir.

CEVAP a. $d_{\min} = 28.2$ mm, $d = 30$ mm
b. $n_f = 2.48$, $n_y = 2.80$ c. $d_{\min} = 31.2$ mm, $d = 32$ mm

ertansinansahin.com

7 CIVATALAR VE HAREKET VİDALARI

7.10

← Soru

a. Montaj durumu:

$$\delta_b = \frac{F_i}{k_b} = \frac{40}{800} = 0.0500 \text{ mm},$$

$$\delta_m = \frac{F_i}{k_m} = \frac{40}{2400} = 0.01667 \text{ mm}.$$

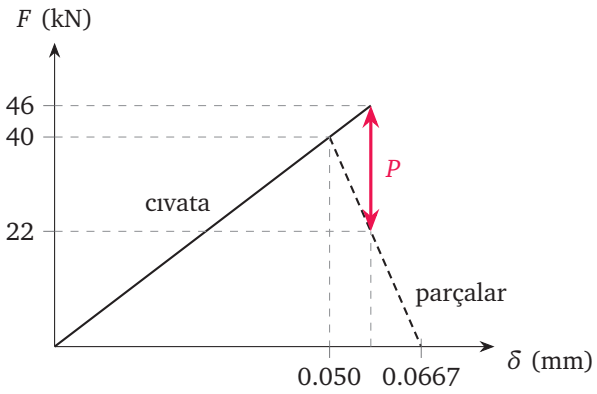
b. $C = 800/3200 = 0.25$:

$$F_b = F_i + CP = 40 + 0.25(24) = 46.0 \text{ kN},$$

$$F_m = F_i - (1 - C)P = 40 - 0.75(24) = 22.0 \text{ kN},$$

$$\Delta\delta = \frac{CP}{k_b} = \frac{6.0}{800} = 0.00750 \text{ mm}.$$

Diyagramda cıvata doğrusu orijinden eğim k_b ile, parça doğrusu montaj noktasından eğim $-k_m$ ile iner. Dış yük P, $x = 0.0575$ mm'de iki doğru arasındaki düşey aralıktır (kırmızı).



c. Parça kuvveti sıfır olunca ayrılma olur:

$$P_0 = \frac{F_i}{1 - C} = \frac{40}{0.75} = 53.33 \approx 53.3 \text{ kN},$$

$$n_0 = \frac{53.33}{24} = 2.222 \approx 2.22.$$

CEVAP a. $\delta_b = 0.0500$ mm, $\delta_m = 0.01667$ mm
b. $F_b = 46.0$ kN, $F_m = 22.0$ kN, $\Delta\delta = 0.00750$ mm
c. $P_0 = 53.3$ kN, $n_0 = 2.22$

Örnek sayfalar · Kitabın tamamı: ertansinansahin.com

7.16

← Soru

a. Doğrudan kesme her cıvatada yukarı (yükü dengeleyen) yönde:

$$F' = \frac{18\,000}{4} = 4500\ \text{N} = 4.50\ \text{kN}.$$

Moment $M = 18\,000(250) = 4.5 \times 10^6$ N·mm (saat yönü); her cıvata $r = 60\sqrt{2} = 84.85$ mm uzaklıkta:

$$F'' = \frac{Mr}{4r^2} = \frac{4.5 \times 10^6}{4(84.85)} = 13\,260\ \text{N} \approx 13.3\ \text{kN}.$$

F'' yarıçapa diktir ve grubu saat yönünün tersine döndürmeye çalışır.

b. Yüke yakın B ve C cıvatalarında F'''nin düşey bileşeni ($13\,258/\sqrt{2} = 9375$ N) yukarıdır, F' ile toplanır:

$$R = \sqrt{9375^2 + (9375 + 4500)^2},$$

$$R = 16\,750\ \text{N} \approx 16.7\ \text{kN}.$$

A ve D'de düşey bileşenler zıttır, bileşke daha küçüktür.

c. Gövde alanı $\pi(16)^2/4 = 201.1$ mm^2:

$$\tau = \frac{16\,745}{201.1} = 83.28 \approx 83.3\ \text{MPa}.$$

CEVAP a. $F' = 4.50$ kN, $F'' = 13.3$ kN b. B ve C, $R = 16.7$ kN c. $\tau = 83.3$ MPa

9 YAYLAR

9.6

← Soru

a. Tel dayanımı:

$$S_{ut} = \frac{2005}{4.5^{0.168}} = \frac{2005}{1.2875} = 1557\ \text{MPa},$$

$$S_{sy} = 0.50(1557) = 778.7\ \text{MPa}.$$

b. $C = 26/4.5 = 5.778$, $K_B = 25.11/20.11 = 1.2486$:

$$k = \frac{(4.5)^4(79\,300)}{8(26)^3(6.5)} = 35.58 \approx 35.6\ \text{N/mm},$$

$$F_2 = 500 + 35.58(2.5) = 588.95 \approx 589\ \text{N},$$

$$\tau_2 = 1.2486\,\frac{8(588.95)(26)}{\pi(4.5)^3} = 534.3\ \text{MPa},$$

$$n = \frac{778.7}{534.3} = 1.457 \approx 1.46.$$

c. $y_1 = 500/35.58 = 14.05$ mm;
$L_s = 4.5(8.5) = 38.25$ mm,
$y_s = 58 - 38.25 = 19.75$ mm:

$$F_s = 35.58(19.75) = 702.7\ \text{N},$$

$$\tau_s = 534.3\,\frac{702.7}{588.95} = 637.5\ \text{MPa},$$

$$n_s = \frac{778.7}{637.5} = 1.2215 \approx 1.22.$$

Ayırma konumunda boy $58 - 14.05 - 2.5 = 41.45$ mm, katı boya $41.45 - 38.25 = 3.20$ mm kalır. Katı boyda emniyet, önerilen en küçük değere (≈ 1.2) ancak ulaşır: montaj hatası ya da aşırı pedal yolu yayı katı boya getirse bile akma olmaz, ama pay küçüktür.

CEVAP a. $S_{ut} = 1557$, $S_{sy} = 778.7$ MPa
b. $k = 35.6$ N/mm, $F_2 = 589$ N, $\tau_2 = 534.3$ MPa, $n = 1.46$ c. $n_s = 1.22$; pay 3.20 mm

9.14

← Soru

Her yarım yay, ucunda $F = 18$ kN taşıyan $L = 450$ mm boyunda bir ankastre kiriştir.

a. Gerilme, sehim ve yay sabiti:

$$\sigma = \frac{6FL}{nbt^2} = \frac{6(18\,000)(450)}{7(70)(12)^2} = 688.8\ \text{MPa},$$

$$y = \frac{6FL^3}{Enbt^3} = \frac{6(18\,000)(450)^3}{207\,000(7)(70)(12)^3},$$

$$y = 56.15 \approx 56.2\ \text{mm},$$

$$k = \frac{2F}{y} = \frac{36\,000}{56.15} = 641.1 \approx 641\ \text{N/mm}.$$

b. Gerilme yaprak sayısıyla ters orantılıdır:

$$n \geq 7\,\frac{688.8}{600} = 8.036 \Rightarrow n = 9,$$

$$\sigma = 688.8\,\frac{7}{9} = 535.7\ \text{MPa},$$

$$y = 56.15\,\frac{7}{9} = 43.67 \approx 43.7\ \text{mm}.$$

Yaprak eklemek yayı hem dayanıklı hem sert yapar. Gerçek yayda yapraklar arasındaki sürtünme sönüm sağlar ve yaprak uçlarında hesap tam uymaz; eşdeğer üçgen levha bir ön boyutlandırmadır.

CEVAP a. $\sigma = 688.8$ MPa, $y = 56.2$ mm, $k = 641$ N/mm b. $n = 9$: $\sigma = 535.7$ MPa, $y = 43.7$ mm

ertansinansahin.com

9.17 ← Soru

a. Yay sabiti ve kuvvet:

$$k = \frac{(4)^4(79\,300)}{8(22)^3(5)} = 47.66 \approx 47.7 \text{ N/mm},$$

$$F_2 = 240 + 47.66(9) = 669.0 \approx 669 \text{ N}.$$

b. $C = 5.5$, $K_B = 24/19 = 1.2632$; $F_a = 214.5$ N, $F_m = 454.5$ N:

$$\tau_a = 1.2632\,\frac{8(214.5)(22)}{\pi(4)^3} = 237.17 \text{ MPa},$$

$$\tau_m = 237.17\,\frac{454.5}{214.5} = 502.5 \text{ MPa}.$$

$$S_{ut} = \frac{2005}{4^{0.168}} = 1588 \text{ MPa},$$

$$S_{su} = 0.67(1588.4) = 1064.3 \text{ MPa},$$

$$S_{se} = \frac{398}{1 - 534/1064.3} = 798.8 \text{ MPa},$$

$$\frac{1}{n_f} = \frac{237.17}{798.8} + \frac{502.5}{1064.3} = 0.2969 + 0.4721,$$

$$n_f = 1.300 \approx 1.30.$$

c. $y_1 = 240/47.66 = 5.035$ mm; $L_s = 4(5+2) = 28$ mm:

$$L_1 = 46 - 5.035 = 40.96 \text{ mm},$$

$$L_2 = 40.96 - 9 = 31.96 \text{ mm},$$

$$L_2 - L_s = 31.96 - 28 = 3.96 \text{ mm}.$$

Pay, kalkışın %44'üdür; aşırı devirde valf yüzerse bile sarımlar çarpışmaz.

d. Etkin kütle ve doğal frekans:

$$m_a = \frac{\pi^2(0.004)^2(0.022)(5)(7850)}{4} = 0.03409 \text{ kg},$$

$$f_n = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{47\,660}{0.03409}} = 591.2 \approx 591 \text{ Hz}.$$

5500 dev/dk'de kam frekansı $5500/120 = 45.83$ Hz; oran $591.2/45.83 = 12.9 < 15$: ölçüt sağlanmaz. Ölçüt ancak $(591.2/15)(120) = 4730$ dev/dk'ye kadar geçerlidir. Sarım sayısını azaltmak frekansı yükseltir ama yayı sertleştirip gerilme genliğini artırır; yorulma emniyeti zaten 1.30'dur. Çözüm, değişken adımlı (ilerleyen) ya da konik ("arı kovanı") yay veya iç içe çift yaydır.

CEVAP a. $k = 47.7$ N/mm, $F_2 = 669$ N b. $n_f = 1.30$ c. $L_1 = 40.96$, $L_2 = 31.96$ mm, pay 3.96 mm d. $f_n = 591$ Hz, oran $12.9 < 15$: sağlanmaz (sınır 4730 dev/dk)

ertansinansahin.com

KİTABIN TAMAMINDA

- 9 ünite, 162 soru ve hepsinin adım adım çözümü.
- Her ünitenin başında, soruların dayandığı bağıntıları özetleyen hatırlatma kutusu.
- Temel, orta ve ileri düzeyde sorular; her sorunun altında kendi çözümünüz için noktalı alan.
- Sorudan çözüme, çözümden soruya tek tıkla geçiş.

ertansinansahin.com