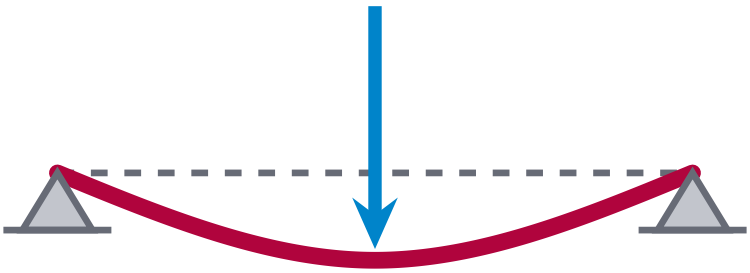
MUKAVEMET 1

SORU KİTABI

ÖRNEK SAYFALAR

6 ünite · 106 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 MPa, elastisite modülleri GPa ile verilir; $g = 9.81\ \text{m/s}^2$. Normal gerilme ve şekil değiştirme çekmede pozitiftir. Eğilme momenti kirişin üst lifini bastırdığında pozitiftir. Şekillerde kuvvet ve tepkiler kırmızıdır.
- **Ortak üniteler:** Ünite 5–6 (kirişlerin analizi ve tasarımı, kirişlerde kayma gerilmeleri) *Mukavemet 2* kitabında da vardır; Mukavemet II dersi kirişlerle başlayan okullar için o kitapta tekrar yer alır.
- **Vize ve final:** Mukavemet I çoğunlukla 2. sınıf güzde okutulur. Birinci vize genellikle gerilme, eksenel yükleme ve burulmayı (Ünite 1–3), final eğilmeyi ve kirişleri (Ünite 4–6) kapsar. Dersi tek dönemde bitiren okullarda *Mukavemet 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 Gerilme Kavramı ..... 16 soru 4

2 **Gerilme ve Şekil Değiştirme: Eksenel Yükleme** ..... 20 soru 15

3 Burulma ..... 18 soru 28

4 **Saf Eğilme** ..... 18 soru 39

5 **Kirişlerin Eğilmeye Göre Analizi ve Tasarımı** ..... 18 soru 51

6 Kirişlerde ve İnce Cidarlı Elemanlarda Kayma Gerilmeleri ..... 16 soru 67

Çözümler 79

2. ÜNİTE

GERİLME VE ŞEKİL DEĞİŞTİRME: EKSENEL YÜKLEME

normal şekil değiştirme	$\varepsilon = \dfrac{\delta}{L},\ \sigma = E\varepsilon$	genelleştirilmiş Hooke	$\varepsilon_x = \dfrac{\sigma_x}{E} - \dfrac{\nu}{E}(\sigma_y + \sigma_z)$
eksenel uzama	$\delta = \dfrac{PL}{AE},\ \delta = \sum_i \dfrac{P_i L_i}{A_i E_i}$	hacim değişimi	$e = \dfrac{1-2\nu}{E}(\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z)$
ısıl uzama	$\delta_T = \alpha\,\Delta T\,L$	kayma	$\tau = G\gamma,\ G = \dfrac{E}{2(1+\nu)}$
Poisson oranı	$\nu = -\dfrac{\varepsilon_{\text{enine}}}{\varepsilon_{\text{eksenel}}}$	elastoplastik	$\sigma = E\varepsilon\ (\varepsilon \le \varepsilon_Y),\ \sigma = \sigma_Y\ (\varepsilon \ge \varepsilon_Y)$
gerilme yığılması	$\sigma_{\max} = K\,\sigma_{\text{ort}}$		

Normal gerilme ve uzama çekmede pozitiftir. Statikçe belirsiz sorularda denge, uygunluk ve kuvvet–şekil değiştirme bağıntıları ayrı ayrı yazılır. Aksi verilmedikçe şu sabitler alınır: çelikte $E = 200$ GPa, $\nu = 0.30$ ve $\alpha = 12 \times 10^{-6}/°\text{C}$; alüminyumda $E = 70$ GPa, $\nu = 0.33$ ve $\alpha = 23 \times 10^{-6}/°\text{C}$. Malzemeler, aksi yazılmadıkça doğrusal elastik bölgede çalışır; elemanların öz ağırlığı ihmal edilir.

Şekil değiştirme ve Hooke yasası

2.4

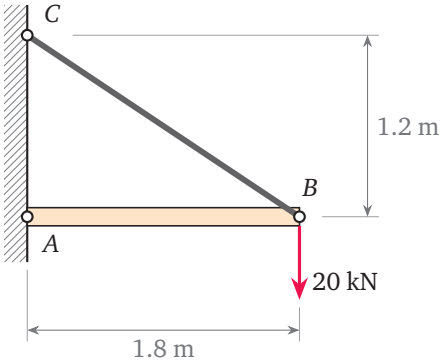
★★☆ Çözüm →

Yatay rijit AB kolu A'da duvara mafsallıdır; B ucu, A'nın 1.2 m üstündeki C noktasından gelen 15 mm çaplı çelik BC çubuğuyla tutulur. $AB = 1.8$ m'dir ve B'ye 20 kN'luk bir yük asılıdır.

a. BC çubuğundaki gerilmeyi ve uzamayı bulunuz.

b. B noktasının düşey yer değiştirmesini bulunuz.

c. B'nin düşey yer değiştirmesi 3 mm'yi aşmayacaksa çubuğun en küçük çapı ne olmalıdır?



Statikçe belirsiz problemler

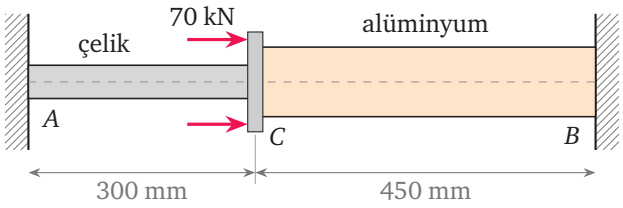
2.6 ★★☆ Çözüm →

Şekildeki çubuk iki ucundan rijit duvarlara sabitlenmiştir. AC kısmı 22 mm çaplı çelik, CB kısmı 46 mm çaplı alüminyumdur. C'deki bileziğe B'ye doğru toplam 70 kN kuvvet uygulanıyor.

a. Duvar tepkilerini ve her kısımdaki gerilmeyi bulunuz.

b. C kesitinin yer değiştirmesini bulunuz.

c. Emniyetli gerilmeler çelikte 120 MPa, alüminyumda 80 MPa ise C'ye uygulanabilecek en büyük kuvvet nedir?



Sıcaklık değişimi

2.8 ★☆☆ Çözüm →

İki ucu rijit duvarlara gerilmesiz olarak sabitlenmiş prizmatik bir çubuk ΔT kadar ısıtılıyor. Çubuğun uzunluğu ve kesit alanı iki katına çıkarılıp aynı ısıtma yapılsaydı çubuktaki gerilme için ne söylenebilirdi?

A) Uzunluk iki katına çıktığı için gerilme de iki katına çıkar.

B) Kesit alanı iki katına çıktığı için gerilme yarıya iner.

C) Uzunluğun ve alanın etkileri çarpılır; gerilme dört katına çıkar.

D) Duvarlara gelen kuvvet değişmez, bu yüzden gerilme yarıya iner.

E) Gerilme değişmez; büyüklüğü yalnız E, α ve ΔT'ye bağlıdır.

4. ÜNİTE

SAF EĞİLME

normal gerilme	$\sigma_x = -\dfrac{My}{I},\ \sigma_m = \dfrac{Mc}{I} = \dfrac{M}{S}$
dikdörtgen kesit	$I = \frac{1}{12}bh^3,\ S = \frac{1}{6}bh^2$
eğrilik	$\dfrac{1}{\rho} = \dfrac{M}{EI},\ \varepsilon_x = -\dfrac{y}{\rho},\ \rho' = \dfrac{\rho}{\nu}$
kompozit kesit	$n = \dfrac{E_2}{E_1},\ \sigma_1 = -\dfrac{My}{I_{\text{eş}}},\ \sigma_2 = -n\dfrac{My}{I_{\text{eş}}}$
gerilme yığılması	$\sigma_m = K\dfrac{Mc}{I}$
eksantrik eksenel yük	$\sigma_x = \dfrac{P}{A} - \dfrac{My}{I},\ M = Pe$
simetrik olmayan eğilme	$\sigma_x = -\dfrac{M_z y}{I_z} + \dfrac{M_y z}{I_y}$
tarafsız eksen	$\tan\phi = \dfrac{I_z}{I_y}\tan\theta$
elastoplastik dikdörtgen	$M_p = \frac{3}{2}M_Y,\ M = \frac{3}{2}M_Y\left(1 - \dfrac{y_Y^2}{3c^2}\right)$

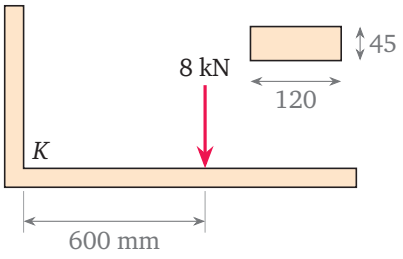
Kesitlerin en az bir simetri ekseni vardır ve malzeme doğrusal elastik bölgede çalışır (aksi yazılmadıkça). x ekseni kiriş ekseni boyuncadır; kesitte y yukarı, z yatay doğrultudadır ve tarafsız eksen ağırlık merkezinden geçer. Eğilme momenti üst lifi bastırdığında pozitiftir; normal gerilmede çekme pozitif, basma negatiftir. Şekillerde kuvvet çiftleri kırmızı yay okla, moment vektörleri (sağ el kuralı) çift başlı kırmızı okla gösterilir. θ moment vektörünün, ϕ tarafsız eksenin z ekseniyle yaptığı açıdır. Aksi verilmedikçe çelik için $E = 200$ GPa, alüminyum için $E = 70$ GPa ve $\nu = 0.33$, ahşap için $E = 12$ GPa alınır.

Saf eğilmede gerilmeler ve şekil değiştirmeler

4.2

★☆☆ Çözüm →

Bir forkliftin dikdörtgen kesitli çelik çatalları 120 mm genişliğinde, 45 mm kalınlığındadır. 16 kN ağırlığındaki bir palet iki çatala eşit paylaşılır; her çataldaki bileşke yük, çatalın düşey şaftının ön yüzünden 600 mm uzaktadır. Çatalın kendi ağırlığını ihmal ediniz ve kök kesiti K'yı şaftın ön yüzü hizasında alınız.



a. K kesitindeki en büyük normal gerilmeyi bulunuz. Hangi yüz çekmededir?

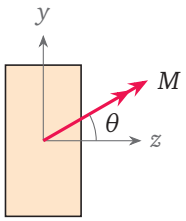
b. Çatal kalınlığı aşınmayla %10 azalırsa aynı yükte en büyük gerilme yüzde kaç artar?

c. Emniyetli gerilme 180 MPa ise aşınmış çatallarla kaldırılabilecek en ağır palet kaç kN'dur?

Simetrik olmayan eğilme

4.13 ★☆☆ Çözüm →

Yüksekliği genişliğinin iki katı olan dikdörtgen bir kesite, vektörü z ekseniyle θ açısı ($0 < \theta < 90°$) yapan bir M momenti etkiyor. Tarafsız eksenin konumu için hangisi doğrudur?



A) Tarafsız eksen moment vektörüyle çakışır.

B) Tarafsız eksen moment vektörüne diktir.

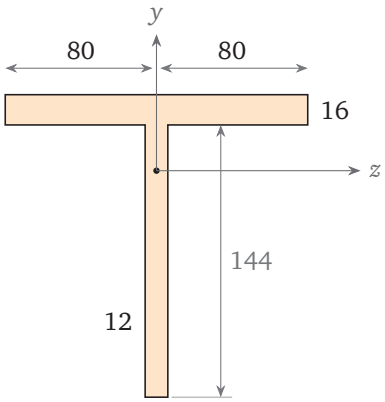
C) Tarafsız eksen moment vektörü ile y ekseni arasında kalır ($\phi > \theta$).

D) Tarafsız eksen moment vektörü ile z ekseni arasında kalır ($\phi < \theta$).

E) Tarafsız eksen, θ'dan bağımsız olarak z ekseniyle çakışır.

4.15 ★★★ Çözüm →

Bir arıtma tesisinde havuzların üstünden geçen yürüme platformunun kenar kirişi, kaynaklanmış T kesitli bir çelik kiriştir: üst flanş 160×16, gövde 12×144 (mm). En kritik kesitte düşey platform yüklerinin momenti $M_z = 14\ \text{kN}\cdot\text{m}$'dir (üst lifi bastırır). Üst flanşa kaynaklı korkuluk dikmeleri, korkuluğa yaslanan kalabalığın yatay itmesini kirişe aktarır; bu itme flanşı yatay doğrultuda eğen ek bir $M_y = 1.4\ \text{kN}\cdot\text{m}$ momenti doğurur ve flanşın sol ucunu bastırır, sağ ucunu çeker.



a. Flanşın iki ucundaki ve gövdenin alt ucundaki en büyük gerilmeleri bulunuz.

b. Tarafsız eksenin yatayla yaptığı açıyı bulunuz.

c. Yatay moment flanş uçlarındaki en büyük basma gerilmesini yüzde kaç artırır?

5. ÜNİTE

KİRİŞLERİN EĞİLMEYE GÖRE ANALİZİ VE TASARIMI

yük, kesme, moment $\dfrac{dV}{dx} = -w, \quad \dfrac{dM}{dx} = V$

alan bağıntıları

$$V_D - V_C = -\int_C^D w\,dx, \quad M_D - M_C = \int_C^D V\,dx$$

sıçramalar

aşağı P : $\Delta V = -P$; saat yönü M_0 : $\Delta M = +M_0$

normal gerilme $\sigma_m = \dfrac{|M|_{\max}\, c}{I} = \dfrac{|M|_{\max}}{S}$

tasarım $S_{\min} = \dfrac{|M|_{\max}}{\sigma_{\text{em}}}$

dikdörtgen, daire $S = \frac{1}{6}bh^2, \quad S = \dfrac{\pi d^3}{32}$

tekillik fonksiyonu $\langle x-a\rangle^n = \begin{cases} (x-a)^n & x \geq a \\ 0 & x < a \end{cases}$

integral $\displaystyle\int \langle x-a\rangle^n dx = \frac{\langle x-a\rangle^{n+1}}{n+1}$

tekil yük $w = P\langle x-a\rangle^{-1}, \quad \displaystyle\int \langle x-a\rangle^{-1} dx = \langle x-a\rangle^0$

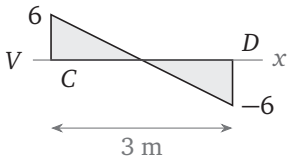
Kirişler prizmatiktir ve doğrusal elastik bölgede çalışır; kendi ağırlıkları aksi yazılmadıkça ihmal edilir. x ekseni kirişin sol ucundan sağa doğrudur; yayılı yük w aşağı yönde pozitiftir. İşaret kuralı: kesitin solundaki parçaya etkiyen dış kuvvetlerin bileşkesi yukarı yöndeyse kesme kuvveti V pozitiftir; eğilme momenti M ise kirişin üst lifi basılıp alt lifi çekildiğinde pozitiftir. Diyagramlarda pozitif değerler eksenin üstüne çizilir. Şekillerde üçgen sembol sabit mafsallı, tekerlekli sembol kayıcı mesnettir. $\langle x-a\rangle^0$, $x \geq a$ için 1, $x < a$ için 0'dır.

Yük, kesme kuvveti ve moment arasındaki bağıntılar

5.6

★☆☆ Çözüm →

Bir kirişin CD aralığında kesme kuvveti diyagramı şekildeki gibidir: C'de $+6$ kN'dan D'de -6 kN'a doğrusal azalır. Bu aralıkta tekil yük ya da kuvvet çifti yoktur. Bu aralık için hangisi doğrudur?



A) M aralıkta doğrusal azalır.

B) M aralık boyunca sabittir.

C) M aralığın ortasında en küçük değerini alır.

D) M aralığın ortasında en büyük değerini alır; C ve D'deki momentler eşittir.

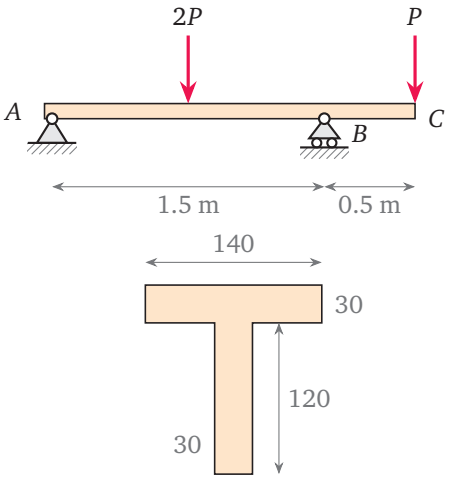
E) Aralığa yukarı yönlü düzgün yayılı yük etkir.

Karma sorular

5.17

★★★ Çözüm →

Dökme demirden bir makine kızağı kirişi A'da sabit mafsallı, B'de kayıcı mesnetlidir: $AB = 1.5$ m, BC çıkması 0.5 m. AB'nin ortasına $2P$, C ucuna P düşey yükü etkiyor. Kesit, flanşı üstte olan bir T'dir: flanş 140×30, gövde 30×120 (mm). Dökme demirin emniyetli gerilmesi çekmede 35 MPa, basmada 105 MPa'dır.



a. Moment diyagramını P cinsinden çiziniz.

b. P'nin en büyük değerini bulunuz. Hangi kesit ve hangi lif belirleyicidir?

c. Kesit ters çevrilirse (flanş altta) P artırılabilir mi? Açıklayınız.

ÇÖZÜMLER

2 GERİLME VE ŞEKİL DEĞİŞTİRME: EKSENEL YÜKLEME

2.4

← Soru

BC boyu $\sqrt{1.8^2+1.2^2}=2.163$ m; çubuğun yatayla yaptığı açı için $\sin\theta = 1.2/2.163 = 0.5547$.

a. A'ya göre moment: çubuk kuvvetinin düşey bileşeni yükü dengeler.

$$(T\sin\theta)(1.8)=(20)(1.8)\ \Rightarrow\ T=\frac{20}{0.5547}=36.06\ \text{kN}.$$

$$\sigma=\frac{36.06\times10^3}{\frac{\pi}{4}(15)^2}=\frac{36.06\times10^3}{176.7}=204\ \text{MPa},$$

$$\delta=\frac{\sigma L}{E}=\frac{(204.0)(2163)}{200\times10^3}=2.207\approx2.21\ \text{mm}.$$

b. Kol A çevresinde küçük bir açıyla döner; B düşey v_B kadar iner. Çubuğun uzaması, B'nin yer değiştirmesinin çubuk doğrultusundaki bileşenidir:

$$\delta=v_B\sin\theta\ \Rightarrow\ v_B=\frac{2.207}{0.5547}=3.98\ \text{mm}.$$

B, çubuğun uzamasından neredeyse iki kat fazla iner; eğik çubuk düşey harekete ancak kısmen karşı koyar.

c. $v_B=\delta/\sin\theta\le 3$ mm koşulu:

$$\delta=\frac{TL}{AE}\le(3)(0.5547)=1.664\ \text{mm},$$

$$A\ge\frac{(36.06\times10^3)(2163)}{(200\times10^3)(1.664)}=234.4\ \text{mm}^2,$$

$$d\ge17.3\ \text{mm}.$$

CEVAP a. 204 MPa, 2.21 mm b. 3.98 mm aşağı c. 17.3 mm

2.6

← Soru

x ekseni A'dan B'ye. Tepkiler R_A ve R_B, denge denklemi bir tane: bir derece belirsiz. AC kısmı $N_1=R_A$ ile çekilir, CB kısmı $N_2=-R_B$ ile basılır.

a. Denge: $R_A+R_B=70$ kN (ikisi de $-x$ yönünde). Uygunluk: duvarlar arası uzaklık değişmez, $\delta_{AC}+\delta_{CB}=0$; yani AC'nin uzaması CB'nin kısalmasına eşittir. Kuvvet–şekil değiştirme $\delta=N/k$, $k=AE/L$:

$$k_1=\frac{(380.1)(200\times10^3)}{300}=253\,420\ \text{N/mm},$$

$$k_2=\frac{(1661.9)(70\times10^3)}{450}=258\,520\ \text{N/mm}.$$

$$\frac{R_A}{k_1}=\frac{R_B}{k_2}\ \Rightarrow\ R_A=70\,\frac{k_1}{k_1+k_2}=34.652\ \text{kN},$$

$$R_B=70-34.652=35.348\ \text{kN}.$$

Üç anlamlı rakamla $R_A=34.7$, $R_B=35.3$ kN; iki tepki de uygulanan kuvvetin tersi yönündedir.

$$\sigma_{AC}=\frac{34.652\times10^3}{380.1}=91.2\ \text{MPa},$$

$$\sigma_{CB}=-\frac{35.348\times10^3}{1661.9}=-21.3\ \text{MPa}.$$

b. C, AC'nin uzaması kadar B'ye doğru gider:

$$u_C=\frac{34.652\times10^3}{253\,420}=0.137\ \text{mm}.$$

c. Gerilmeler kuvvetle orantılıdır:

$$P\le70\,\frac{120}{91.16}=92.1\ \text{kN}\ \ (\text{çelik}),$$

$$P\le70\,\frac{80}{21.27}=263\ \text{kN}\ \ (\text{alüminyum}).$$

Çelik kısım sınırlar: $P_{\max}=92.1$ kN. İki kısmın rijitliği hemen hemen eşit olduğundan kuvvet yarı yarıya paylaşılır, ama ince çelik kısmın gerilmesi dört katından büyüktür.

CEVAP a. $R_A=34.7$, $R_B=35.3$ kN (ikisi de kuvvete zıt); $\sigma_{AC}=91.2$, $\sigma_{CB}=-21.3$ MPa b. 0.137 mm, B'ye doğru c. 92.1 kN

ertansinansahin.com

2.8 ← Soru

Uygunluk: serbest ısıl uzama, kuvvetin yarattığı kısalmayla tamamen giderilir:

$$\alpha\,\Delta T\,L - \frac{PL}{AE} = 0 \;\Rightarrow\; \sigma = -\frac{P}{A} = -E\alpha\,\Delta T.$$

L sadeleşir ve A bağıntıda yoktur. **E** doğrudur.

- (A) ve (C): Uzunluk iki katına çıkınca engellenen uzama da iki katına çıkar, ama şekil değiştirme (uzama/boy) aynı kalır.
- (B) ve (D): Alan iki katına çıkınca duvar kuvveti de iki katına çıkar ($P = E\alpha\,\Delta T\,A$); gerilme aynıdır. (D)'deki "kuvvet değişmez" varsayımı yanlıştır.

CEVAP E

4 SAF EĞİLME

4.2 ← Soru

a. K'daki moment, bir çataldaki yükün koluyla çarpımıdır:

$$M = (8\times10^3)(600) = 4.8\times10^6\ \text{N}\cdot\text{mm},$$

$$S = \tfrac{1}{6}(120)(45)^2 = 40\,500\ \text{mm}^3,$$

$$\sigma_m = \frac{M}{S} = \frac{4.8\times10^6}{40\,500} = 118.5 \approx 119\ \text{MPa}.$$

Çatal konsol gibi aşağı eğilir; moment negatiftir (üst lif çekilir). Üst yüz 119 MPa çekmede, alt yüz aynı büyüklükte basmadadır.

b. $S \propto h^2$; kalınlık 40.5 mm'ye iner:

$$\sigma_m' = 118.5\left(\frac{45}{40.5}\right)^2 = 146.3\ \text{MPa},$$

$$\frac{146.3}{118.5} = 1.235 \;\Rightarrow\; \%23.5\ \text{artış}.$$

Kalınlıkta küçük bir kayıp gerilmeyi kalınlığın karesiyle büyütür; bu yüzden aşınmış çatallar kullanımdan çekilir.

c. Gerilme yükle orantılıdır:

$$W_{\max} = 16\,\frac{180}{146.3} = 19.7\ \text{kN}.$$

CEVAP a. 119 MPa; üst yüz çekmede b. %23.5 c. 19.7 kN

4.13 ← Soru

y ve z simetri eksenleridir, dolayısıyla asal eksenlerdir. Tarafsız eksen $\tan\phi = (I_z/I_y)\tan\theta$ ile verilir. $h = 2b$ için $I_z/I_y = (bh^3)/(hb^3) = (h/b)^2 = 4 > 1$; öyleyse $\tan\phi > \tan\theta$, yani $\phi > \theta$: tarafsız eksen moment vektöründen daha dik durur, vektör ile y ekseni arasında kalır. **C** doğrudur.

- (A): Yalnız $I_y = I_z$ (kare, daire) olduğunda ya da $\theta = 0, 90°$ iken doğrudur.
- (B): Simetrik eğilmede bile tarafsız eksen moment vektörüne paraleldir, dik değildir.
- (D): $I_z/I_y < 1$ olsaydı doğru olurdu (kesit yatık dursaydı).
- (E): Tarafsız eksen θ ile döner; yalnız $\theta = 0$ için z ekseniyle çakışır.

CEVAP C

ertansinansahin.com

4.15

← Soru

Kesit y eksenine göre simetrik olduğundan y ve z asal eksenlerdir; $\sigma_x = -M_z y/I_z + M_y z/I_y$ kullanılır. M_y'nin işaretini, sağ uç $(+z)$ çekmede olacak biçimde pozitif alalım.

a. Ağırlık merkezi (alttan):

$$\bar{y} = \frac{1728(72) + 2560(152)}{4288} = 119.8 \text{ mm}.$$

Üst lif 40.24 mm yukarıda, gövdenin alt ucu 119.8 mm aşağıdadır.

$$I_z = \tfrac{1}{12}(12)(144)^3 + 1728(47.76)^2$$
$$+ \tfrac{1}{12}(160)(16)^3 + 2560(32.24)^2,$$
$$I_z = 9.643 \times 10^6 \text{ mm}^4.$$

$$I_y = \tfrac{1}{12}(16)(160)^3 + \tfrac{1}{12}(144)(12)^3 = 5.482 \times 10^6 \text{ mm}^4.$$

Bileşen gerilmeleri:

$$\frac{M_z(40.24)}{I_z} = 58.42, \quad \frac{M_y(80)}{I_y} = 20.43 \text{ MPa},$$

$$\frac{M_z(119.8)}{I_z} = 173.9, \quad \frac{M_y(6)}{I_y} = 1.532 \text{ MPa}.$$

Flanş uçları:

$$\sigma_{\text{sol}} = -58.42 - 20.43 = -78.9 \text{ MPa},$$

$$\sigma_{\text{sağ}} = -58.42 + 20.43 = -38.0 \text{ MPa}.$$

Gövdenin alt ucunda (sağ köşe):

$$\sigma = 173.9 + 1.532 = 175 \text{ MPa (çekme)}.$$

b. $\tan\theta = M_y/M_z = 0.1$, $\theta = 5.71°$:

$$\tan\phi = \frac{9.643}{5.482}(0.1) = 0.1759 \Rightarrow \phi = 9.98°.$$

c. Yalnız düşey momentte flanş uçları −58.4 MPa'dır:

$$\frac{78.85}{58.42} = 1.350 \Rightarrow \%35.0 \text{ artış}.$$

Düşey momentin yalnız %10'u kadar yatay moment, flanş ucundaki basmayı %35 artırır: yatay eğilmede kesitin direncini neredeyse yalnız flanş sağlar $(I_y < I_z)$ ve flanş ucu z ekseninden çok uzaktadır. Gövdenin dar alt ucu ise yatay momentten neredeyse etkilenmez.

CEVAP a. sol uç −78.9 MPa, sağ uç −38.0 MPa, gövde alt ucu 175 MPa (çekme) b. 9.98° c. %35.0

5 KİRİŞLERİN EĞİLMEYE GÖRE ANALİZİ VE TASARIMI

5.6

← Soru

$dM/dx = V$: M'nin eğimi C'de +6, ortada 0, D'de −6'dır. M ortaya kadar artar, sonra azalır; ortada en büyük değerini alır. $M_D - M_C$, V diyagramının alanıdır: $\frac{1}{2}(6)(1.5) - \frac{1}{2}(6)(1.5) = 0$, yani $M_C = M_D$. **D** doğrudur.

- (A) ve (B): V sabit olsaydı M doğrusal, $V = 0$ olsaydı sabit olurdu; burada V doğrusal olduğundan M paraboliktir.
- (C): Ortada dM/dx artıdan eksiye geçer; bu bir en büyük değerdir, en küçük değil.
- (E): $dV/dx = -w = -4$ kN/m, yani $w = 4$ kN/m ve yük *aşağı* yönlüdür.

CEVAP D

5.17

← Soru

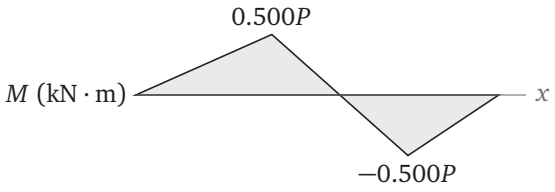
a. Tepkiler $(\sum M_A = 0)$:

$$1.5B = 2P(0.75) + P(2) \Rightarrow B = 2.333P,$$

$$A = 3P - 2.333P = 0.6667P.$$

$$M_{\text{orta}} = 0.6667P(0.75) = +0.500P,$$

$$M_B = -P(0.5) = -0.500P \ \ (\text{kN}\cdot\text{m}).$$



b. Ağırlık merkezi (üstten):

$$\bar{y} = \frac{4200(15) + 3600(90)}{7800} = 49.62 \text{ mm},$$

alt lif $150 - 49.62 = 100.38$ mm uzaktadır.

$$I = 315\,000 + 4200(34.62)^2$$
$$+ 4.320 \times 10^6 + 3600(40.38)^2,$$
$$I = 15.54 \times 10^6 \text{ mm}^4.$$

Pozitif moment (ortada) altı çeker, negatif moment

ertansinansahin.com

(B'de) üstü çeker. Dört sınır:

$$M^{+}_{\text{alt, çekme}} = \frac{35(15.54\times10^{6})}{100.38} = 5.418\ \text{kN}\cdot\text{m},$$

$$M^{+}_{\text{üst, basma}} = \frac{105(15.54\times10^{6})}{49.62} = 32.88\ \text{kN}\cdot\text{m},$$

$$M^{-}_{\text{üst, çekme}} = \frac{35(15.54\times10^{6})}{49.62} = 10.96\ \text{kN}\cdot\text{m},$$

$$M^{-}_{\text{alt, basma}} = \frac{105(15.54\times10^{6})}{100.38} = 16.26\ \text{kN}\cdot\text{m}.$$

Her iki kesitte $|M| = 0.5P$; en küçük sınır belirleyicidir:

$$0.5P \le 5.418 \ \Rightarrow\ P_{\max} = 10.8\ \text{kN}.$$

Belirleyici olan, açıklık ortasındaki kesitte uzak alt lifin çekmesidir.

c. Ters çevrilince uzak lif üste geçer. Bu kez B'deki negatif moment uzak üst lifi çeker: sınır yine $35I/100.38 = 5.418\ \text{kN}\cdot\text{m}$ ve $P_{\max} = 10.8\ \text{kN}$ olur. Pozitif ve negatif momentler eşit büyüklükte olduğundan kesiti çevirmek yarar sağlamaz; dökme demir T kesit, ancak tek işaretli momentte flanşı çekme tarafına koyarak verimli kullanılır.

CEVAP a. $M_{\text{orta}} = 0.500P$, $M_B = -0.500P$
b. $P_{\max} = 10.8$ kN; ortadaki kesitte alt lif (çekme)
c. hayır, yine 10.8 kN

ertansinansahin.com

KİTABIN TAMAMINDA

- 6 ünite, 106 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