KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ

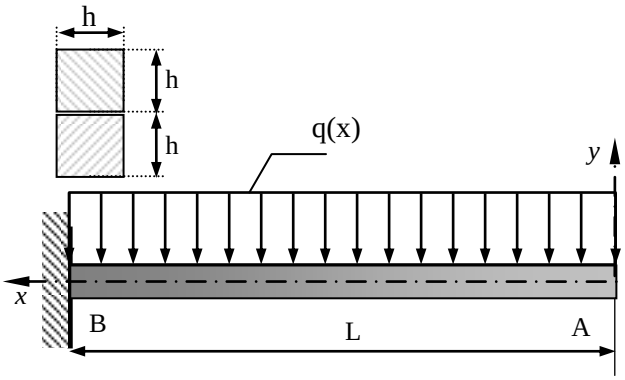
Mühendislik Fakültesi –Makina Mühendisliği Bölümü

Mukavemet I –Final Sınavı

Adı Soyadı **:** **9 Ocak 2013**

Sınıfı **:**

No **:**

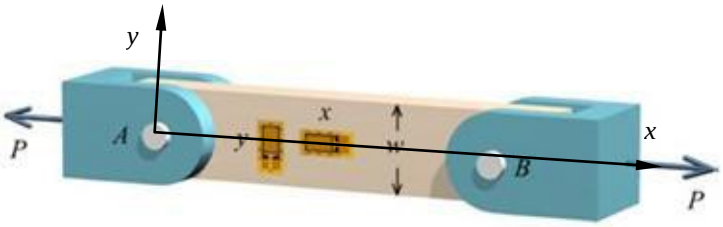


SORU 1: Şekildeki B ucundan ankastre, A ucundan serbest olan AB kirişinin uzunluğu L=3 m olarak verilmiştir. Kiriş kesiti, üst üste bindirilmiş yapışık olmayan iki adet kare kesitli içi dolu h = 100 mm. x 100 mm boyutlarında olup malzemede elastik modülü E = 200 GPa olarak verilmiştir. AB kirişi, kiriş uzunluğuna bağlı olarak q_x = 12 kN/m'lik değerde doğrusal değişim gösteren ve uzunluğu boyunca düşey doğrultuda bir yayılı yük etkisi altında olduğuna göre;

a) Mesnet tepki kuvvetlerini hesaplayarak kirişe ait kesme kuvveti ve eğilme momenti diyagramlarını çiziniz **(5 P)**,

b) Kirişin eğim ve sehim denklemlerini çıkarıp maksimum eğim ve sehimin oluştuğu yeri ve değerini hesaplayınız **(10 P)**

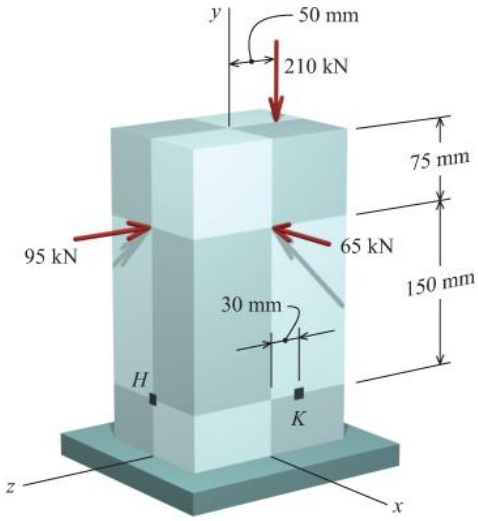
c) Kirişte oluşan maksimum normal ve kayma gerilmelerinin oluştukları yerleri belirleyip değerlerini hesaplayınız ve B ucunda kesit boyunca gerilmelerin dağılımlarını çiziniz **(10 P)**



SORU 2: Şekilde verilen 6 mm kalınlığında ve w = 30 mm yüksekliğindeki çubuk A ve B noktalarında pimlerle bağlı olup P yükü taşımaktadır. Parçanın yüzeyinde kullanılan uzama ölçerlerle x yönünde okunan genleme ε_x = 900 ve y yönünde okunan genleme ε_y = - 275 olarak ölçüldüğüne göre;

a) Parçanın Poisson katsayısını bulunuz **(15 P)**

b) Elde edilen genlemeler P = 19 kN'luk bir kuvvet altında elde edildiğine göre parçanın elastik modülünü hesaplayınız **(10 P)**

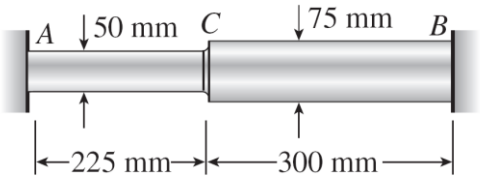


SORU 3: Şekildeki parçada kesit alanı 200 mm x 100 mm ölçülerinde bir dikdörtgen olduğuna göre verilenleri de göz önüne alarak;

a) K noktasında meydana gelen normal ve kayma gerilmelerinin değerlerini hesaplayınız **(15 P)**.

b) H noktasında meydana gelen normal ve kayma gerilmelerinin değerlerini hesaplayınız **(10 P)**.

SORU 4: Şekilde verilen ABC plastik parçası içi dolu dairsel kesitli olup iki parçadan oluşmaktadır. Parça iki tarafındaki uçlardan ankastre olup malzemede elastik modülü 6 GPa, termal genleşme katsayısı ise $\alpha = 100\text{x}10^{-6}\ {}^{o}C^{-1}$ olarak verilmektedir. Sistemde 30 ^{o}C sıcaklık artışı olması durumunda;



a) AB parçasında oluşan basma kuvvetini hesaplayınız **(15 P)**

b) AC ve CB parçalarında oluşan basma normal gerilmesini hesaplayınız **(5 P)**

c) C noktasındaki yatay yer değişimini hesaplayınız **(5 P)**

Sınav süresi 90 dakikadır

Başarılar

Prof.Dr. Paşa YAYLA

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
Mühendislik Fakültesi –Makina Mühendisliği Bölümü
Mukavemet I –Final Sınavı 2A

09 Ocak 2013

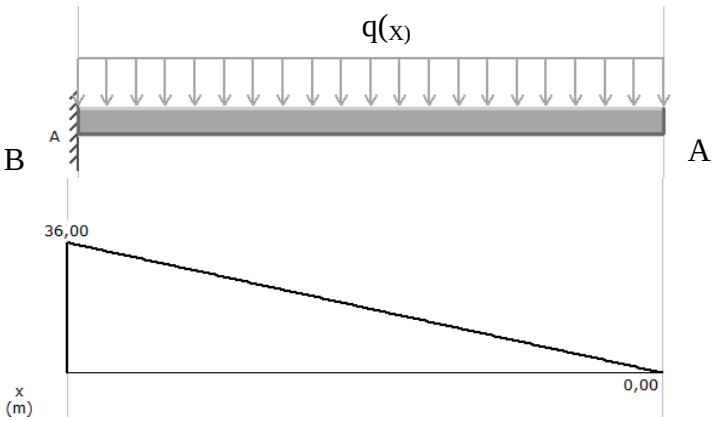
ÇÖZÜM 1:

a) $\overset{+\leftarrow}{\Sigma F_x} = 0 \Rightarrow F_{B\ x} = 0 \quad \overset{+}{\uparrow}\Sigma F_y = 0 \quad F_{A\ y} + F_{B\ y} - w * x = 0$

$F_{A\ y} = 0 \Rightarrow F_{B\ y} = 12*3 = 36$ kN

$\overset{+}{\downarrow}\Sigma M_B = 0$

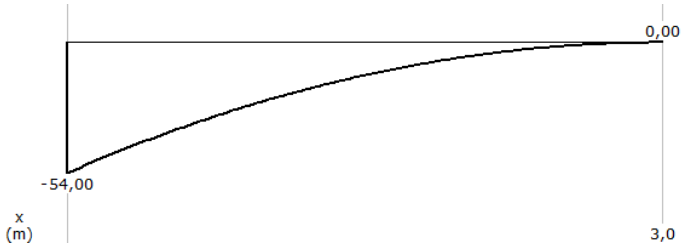
$$M_B + q * L * \frac{L}{2} = 0 \Rightarrow M_B = -\frac{qL^2}{2}$$



$0 \le x \le L$ için orijin A noktası olmak üzere;

$$M_x = \frac{qx^2}{2} \quad \text{ve} \quad T_x = \frac{\partial M_x}{\partial x} = qx$$

b) $\dfrac{d^2y}{dx^2} EI = -M_x$



$0 \le x \le L$ için;

$$\frac{d^2y}{dx^2} EI = -\frac{qx^2}{2}$$

$$\frac{dy}{dx} EI = -\frac{qx^3}{6} + C_1$$

$$y\ EI = -\frac{qx^4}{24} + C_1 x + C_2$$

Sınır şartlarından: x = L'da dy/dx=0 olacağından

$$0 = -\frac{qL^3}{6} + C_1 \text{ dan } C_1 = \frac{qL^3}{6}$$

Yine sınır şartlarından: x=L'da y = 0 olacağından

$$0 = -\frac{qL^4}{24} + \frac{qL^3}{6} L + C_2 \text{ dan } C_2 = -\frac{qL^4}{8}$$

Böylece eğim ve sehim denklemleri

$$\frac{dy}{dx} EI = -\frac{qx^3}{6} + \frac{qL^3}{6}$$

$$y\ EI = -\frac{qx^4}{24} + \frac{qL^3}{6} x - \frac{qL^4}{8}$$

şeklinde elde edilir. Maksimum eğim ve sehim kirişin A noktasında (x=0 m) oluşur. q = 12 kN/m, E=200 GPa = $200*10^9$ N/m^2 = $200*10^6$ kN/m^2 , atalet momenti I = 2 h^4/12 alındığında ve

uzunlukların birimleri metre olarak işlem yapıldığında maksimum eğim ve sehim A acunda x = 0 da oluşacağından

$$\frac{dy}{dx}EI = -\frac{qx^3}{6} + \frac{qL^3}{6} = \frac{1}{200*10^6*2*\frac{0.1^4}{12}}\left[\frac{12*3^3}{6}\right] = 0.0162 \quad \text{burada}$$

Buradan $\frac{dy}{dx} = tan\ \alpha_{A\ x=0} = 1.62*10^{-2}$ olup $\alpha_A = 1.62*10^{-2}\ rad = 0.93^o$ elde edilir.

$$y\ EI = -\frac{qx^4}{24} + \frac{qL^3}{6}x - \frac{qL^4}{8}$$

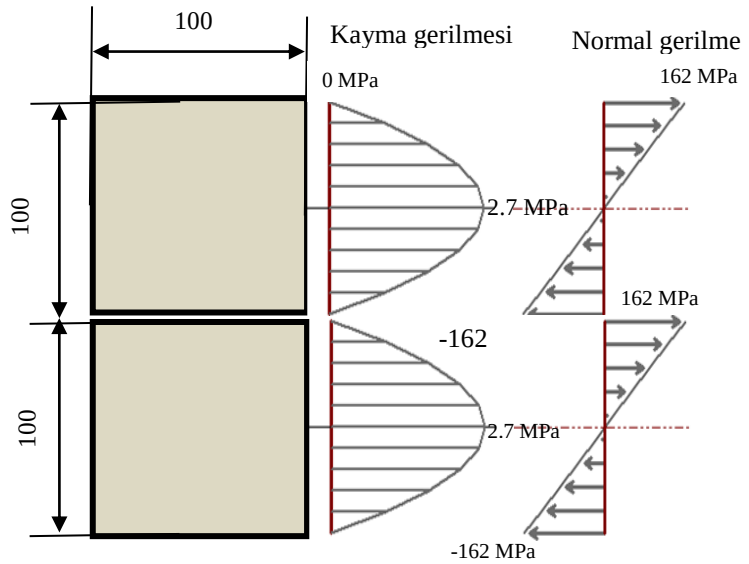
$$y = \frac{1}{200*10^6*2\frac{0.1^4}{12}}\left[-\frac{12*3^4}{8}\right] = 0.03645\ m = 36.45\ mm$$

c) Parça için maksimum normal gerilmenin yeri momentin maksimum olduğu B ucu ve asal eksenden en uzak nokta olan üst (çekme) ve alt (basma) noktalarıdır.

$$\sigma_{maks} = \frac{M_e}{I_x}y = \frac{54*10^6}{2*\frac{100*100^3}{12}}*50 = 162\,N/mm^2 = 162\,MPa$$

Maksimum kayma gerilmesi ise kesme kuvvetinin en büyük olduğu B ucunda ve parçanın asal ekseni doğrultusundadır.

$$\tau_{maks} = K\frac{F}{A} = \frac{3}{2}\ \frac{36*10^3}{2*\ 100*100} = 2.7\,N/mm^2 = 2.7\,MPa$$



ÇÖZÜM 2:

a) Poisson katsayısı yanal genlemenin boyca genlemeye oranı olarak ifade edilir. Y ekseni doğrultusunda çekme yapıldığında bu ifade $\nu = -\varepsilon_x / \varepsilon_x$ olarak bilinir. Ancak burada çekme doğrultusu x eksenindedir; bu durumda Poisson oranı

$\nu = -\frac{\varepsilon_y}{\varepsilon_x} = -\frac{-275}{900} = 0.306$ olarak bulunur.

b) $\sigma = E*\varepsilon$ ve $\sigma = \frac{F}{A}$ olduğundan

$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{19000}{6*30} = 105.556\ MPa$ ve $E = \frac{\sigma}{\varepsilon_{uzama}} = \frac{105.556\ MPa}{900} = 0.117\ MPa$ olarak bulunur.

ÇÖZÜM 3:

a) $\sigma_K = -\frac{210*10^3}{200*100} - \frac{210*10^3*50}{\frac{100*200^3}{12}}*30 - \frac{95*10^3*150}{\frac{100*200^3}{12}}*30 + \frac{65000*150}{\frac{200*100^3}{12}}*50$

$\sigma_K = 7.6125\ N/mm^2 \Rightarrow \sigma_K = 7.6125\ MPa$

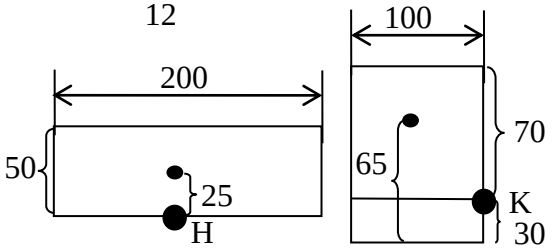
$\tau_K = \frac{T_X S_Z}{I_X b} = \frac{95*10^3*\ 100*70*65}{\frac{100*200^3}{12}*100} = 6.484\ N/mm^2 \quad \Rightarrow \tau_K = 6.484\ MPa$

b) $\sigma_H = -\frac{210*10^3}{200*100} - \frac{210*10^3*50}{\frac{100*200^3}{12}}*100 + \frac{95*10^3*150}{\frac{100*200^3}{12}}*100 - \frac{65000*150}{\frac{200*100^3}{12}}*0$

$\sigma_H = 26.625\ N/mm^2 \Rightarrow \sigma_H = 26.625\ MPa$

$\tau_H = \frac{T_X S_Z}{I_X b} = \frac{65*10^3*\ 200*50*25}{\frac{200*100^3}{12}*200} = 4.875\ N/mm^2$

$\tau_H = 4.875\ MPa$



<u>II.YOL</u>: H noktası asal eksen üzerinde olduğundan kayma gerilmesi maksimum olacaktır.

$\tau_H = k*\frac{F}{A} = \frac{3}{2}*\frac{65000}{200*100} = 4.875\ MPa$

ÇÖZÜM 4:

Parça iki ucundan mesnetli olmasaydı sıcaklık artışından dolayı bir uzama meydana gelecekti. Bu durumda normal basma gerilmesi hesabı yaparken; parçanın B noktasındaki desteği kaldırarak parçanın serbest uzamasına izin verilmiş daha sonra da bir kuvvetle parça eski haline getirilmiş gibi düşünebiliriz.

Sıcaklık artışından dolayı olan uzama

$\delta_T = \alpha\Delta T\ \ L_1 + L_2 \quad \Rightarrow \delta_T = 100*10^{-6}*30*(225+300) \Rightarrow \delta_T = 1.575\ mm$ bulunur. Parçada bu kadar kısalma yaratacak basma kuvveti

$$\delta_P = \frac{PL_1}{EA_1} + \frac{PL_2}{EA_2} \Rightarrow 1.575 = P*\left(\frac{225}{6*10^3*\pi\frac{50^2}{4}} + \frac{300}{6*10^3*\pi\frac{75^2}{4}}\right) \Rightarrow P = 51781\ N$$

b) $\sigma_{AC} = \frac{P}{A} = \frac{51781}{\pi\frac{50^2}{4}} = 26.37\ N/mm^2 = 26.37\ MPa$

$\sigma_{CB} = \frac{P}{A} = \frac{51781}{\pi\frac{75^2}{4}} = 11.72\ N/mm^2 = 11.72\ MPa$

c) C noktasındaki yer değiştirme ise o noktanın sıcaklık ile uzaması ile kuvvet etkisi altında kısalması arasındaki farktır.

$\delta_C = \alpha\ \ \Delta T\ \ L_1 - \frac{PL_1}{EA_1} \Rightarrow \delta_C = 100*10^{-6}*30*225 - \frac{51781*225}{6*10^3*\pi\frac{50^2}{4}} = -0,314\ mm$

AC çubuğu 0.314 mm kısalmıştır yani C noktası 0.314 mm sola kaymıştır.

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ

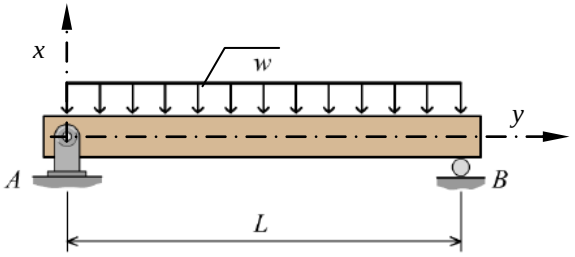
Mühendislik Fakültesi –Makina Mühendisliği Bölümü

Mukavemet I –Final Sınavı (İÖ)

Adı Soyadı **:** **9 Ocak 2013**

Sınıfı **:**

No **:**

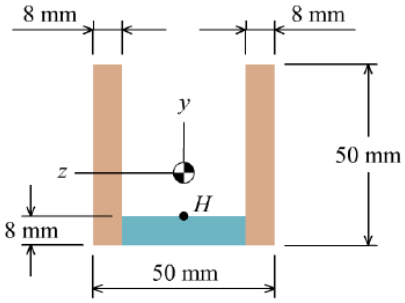


SORU 1: Şekildeki AB kirişinde L=6 m ve yayılı yük w = 4 kN/m olarak verilmiştir. Kiriş kesiti alttaki gibi verilmekte olup malzemede elastik modülü E = 200 GPa olarak verilmiştir. Buna göre;

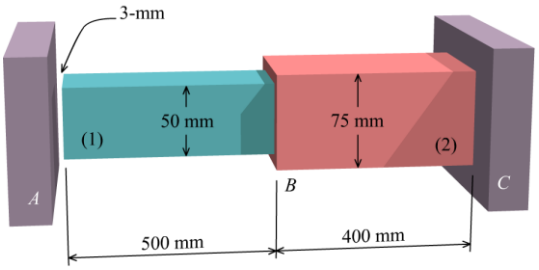
a) Mesnet tepki kuvvetlerini hesaplayarak kirişe ait kesme kuvveti ve eğilme momenti diyagramlarını çiziniz **(5 P)**,

b) Kirişin eğim ve sehim denklemlerini çıkarıp maksimum eğim ve sehimin oluştuğu yeri ve değerini hesaplayınız **(10 P)**

c) Kirişte oluşan maksimum normal ve kayma gerilmelerinin oluştukları yerleri belirleyip değerlerini hesaplayınız ve kirişin ortasında kesit boyunca oluşan gerilmelerin dağılımlarını çiziniz **(10 P)**



SORU 2: Şekilde verilen sistemde 5 ^{o}C'de polimer parçalar ile sabit A bloğu arasında 3 mm'lik bir boşluk bulunmaktadır. (1) nolu parça 50 mm genişliğinde ve 20 mm kalınlığında olup elastik modülü E_1 = 800 MP ve termal genleşme katsayısı ise α_1 = 140x10^{-6} ^{o}C^{-1} olarak verilmektedir. (2) nolu parçanın genişliği 75 mm ve kalınlığı 25 mm E_2 = 2.7 GP ve termal genleşme katsayısı ise α_2 = 67x10^{-6} ^{o}C^{-1} olarak verilmektedir A ve C uçlarındaki destekler rijit olduğuna göre;

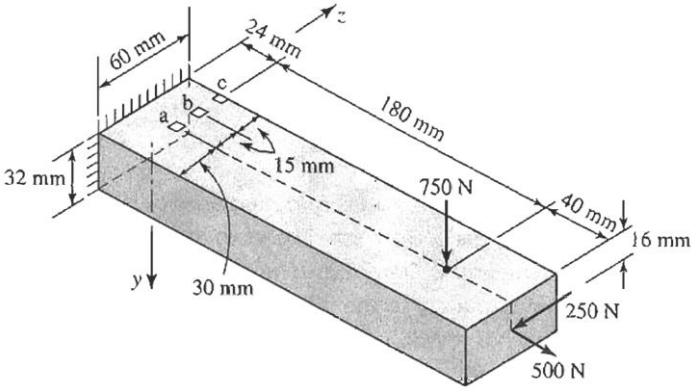


a) 3 mm'lik mesafenin kapandığı en düşük sıcaklığı hesaplayınız **(10 P)**

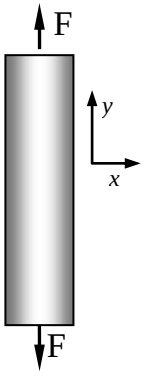
b) 60°C sıcaklıkta her iki parçada oluşan normal gerilmeleri hesaplayınız **(10 P)**

c) 60°C sıcaklıkta her iki parçada oluşan normal genlemeleri hesaplayınız **(5 P)**

SORU 3: Şekilde verilen parçada verilenleri esas alarak **a**, **b** ve **c** noktalarında oluşan normal ve kayma gerilmelerini hesaplayınız **(25 P).**



SORU 4: Şekildeki gibi verilen 20 mm çaplı dairesel kesitli bir silindir 75 kN'luk bir F kuvveti ile çekilmektedir. Yük altında silindirin 70 mm'lik uzunluğunda oluşan uzama miktarı 0.16 mm ve çapındaki daralma ise 0,015 mm olarak gerçekleştiğine göre silindir malzemesinin elastik modülü **E**, Poisson katsayısı **ν**, kayma modülü **G** ve hacimsel elastisite modülü **K** gibi malzeme sabitlerini hesaplayınız **(25 P)**.



Sınav süresi 90 dakikadır

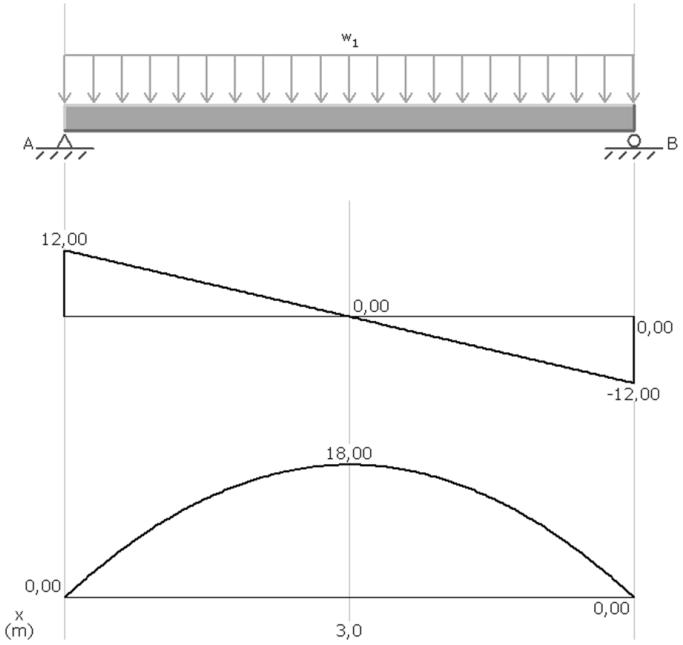
Başarılar

Prof.Dr. Paşa YAYLA

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
Mühendislik Fakültesi –Makina Mühendisliği Bölümü
Mukavemet I –Final Sınavı 2A-İÖ

09 Ocak 2013

ÇÖZÜM 1:



a) $\overset{+}{\leftarrow}\Sigma F_x = 0$ ve $\overset{+}{\uparrow}\Sigma F_y = 0$

$$F_{A\ y} + F_{B\ y} - w * L = 0 \Rightarrow$$

$$F_{A\ y} + F_{B\ y} = w * L$$

$$\underset{+}{\downarrow}\Sigma M_A = 0 \Rightarrow F_{B\ y} * L - wL\frac{L}{2} = 0$$

$$F_{B\ y} = \frac{wL}{2} = 12\ \text{kN}$$

$$F_{A\ y} = \frac{wL}{2} = 12\ \text{kN}$$

$$T_X = T_A - w * x \Rightarrow T_X = 12 - 4x$$

$$M_X = T_A * x - w\frac{x^2}{2} = 12x - 4\frac{x^2}{2}$$

$$x = 3\ \text{m için}\ M_X = 12 * 3 - 4\frac{3^2}{2} = 18\ \text{kNm}$$

b) $\frac{d^2y}{dx^2} EI = -M_x$

$0 \le x \le 6$ için;

$$\frac{d^2y}{dx^2} EI = (2x^2 - 12x)$$

$$\frac{dy}{dx} EI = \frac{2x^3}{3} - 6x^2 + C_1$$

$$y\ EI = \frac{x^4}{6} - 2x^3 + C_1 x + C_2$$

Sınır şartlarından: x = 0'da y=0 olacağından C_2 =0 ve x=6m'de y=0 olacağından C_1 = 36 olarak bulunur. Buradan $0 \le x \le 6$ için

$$\frac{dy}{dx} EI = \frac{2x^3}{3} - 6x^2 + 36 \quad \text{ve}$$

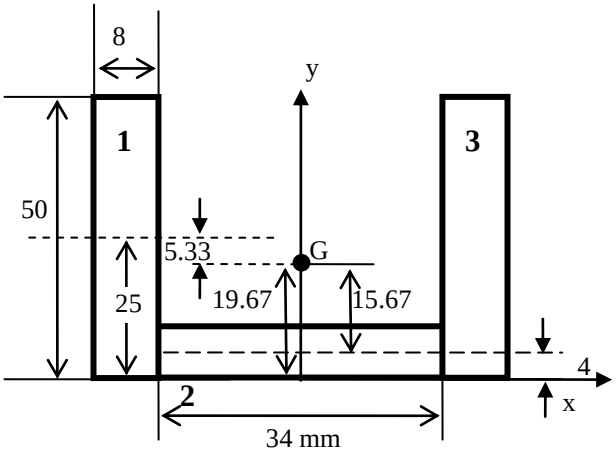
$$y\ EI = \frac{x^4}{6} - 2x^3 + 36x$$

Maksimum sehim türevinin yani eğimin 0 olduğu noktada oluşur.

$$\frac{dy}{dx}EI = \frac{2x^3}{3} - 6x^2 + 36 = 0 \Rightarrow x = 3$$

Maksimum eğim ise türevinin yani momentin 0 olduğu x=0 ve x= 6 noktalarında oluşur.

b) Atalet momenti hesaplanırken ya paralel eksen teoremine göre hesaplanır ya da asal eksenleri aynı olmak koşulu ile büyük parçaların atalet momentlerinden küçük parçaların atalet momentleri çıkartılıp toplanır. Bu soru da büyük parçalar ile küçük parçaların asal eksenleri aynı değildir. Bu yüzden birbirinden çıkartma metodu kullanılamaz. Paralel eksenler teoremi için önce cismin asal ekseninin de geçtiği ağırlık merkezi bulunur. Şekilden ağırlık merkezinin cismin orta noktasından geçtiği anlaşılmaktadır.



$$\bar{x} = 0 \quad \text{ve} \quad \bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^{3} A_i y_i}{A_i} = \frac{8*50*25 + 34*8*4 + 8*50*25}{8*50 + 34*8 + 8*50} = 19.67 \text{ mm}$$

Paralel eksen teoreminden

$$I_x = \sum_{i=1}^{3} I_{xi} + A_i * d_i^2$$

$$I_x = \left(\frac{8*50^3}{12} + 8*50*\ 25 - 9.97\ ^2\right) + \left(\frac{34*8^3}{12} + 34*8*\ 19.67\ ^2\right) + \left(\frac{8*50^3}{12} + 8*50*\ 25 - 9.97\ ^2\right)$$

$$I_x = 257,633.75 \text{ mm}^4 \cong 257.6*10^{-9} \text{m}^4$$

Buradan maksimum eğim x=0 noktası için

$E = 200\text{GPA} = 200*10^9 \text{ N/m}^2 = 200*10^6 \text{ kN/m}^2$ olduğundan

$$\frac{dy}{dx} = \frac{1}{200*10^6 * 257.6*10^{-9}}\ 36\ = 0.6987 \text{ rad} \Rightarrow \frac{dy}{dx} = 40.31° \text{ maksimum sehim ise}$$

x=3m için

$$y = \frac{1}{200*10^6 * 257.6*10^{-9}}\left(\frac{3^4}{6} - 2*3^3 + 36*3\right) = 1.31 \text{ m olarak bulunur.}$$

Kirişte maksimum normal gerilme eğilme momentinin en büyük olduğu x=3m'de ve asal eksenden en uzak mesafede olan üst noktada oluşur.

$$\sigma_{maks} = \frac{M_{Eğ}}{I_x} y = \frac{18*10^6}{257,633.75} * (50 - 19.67) = 2119 \text{ MPa basma olarak, kirişin alt}$$

noktasında ise

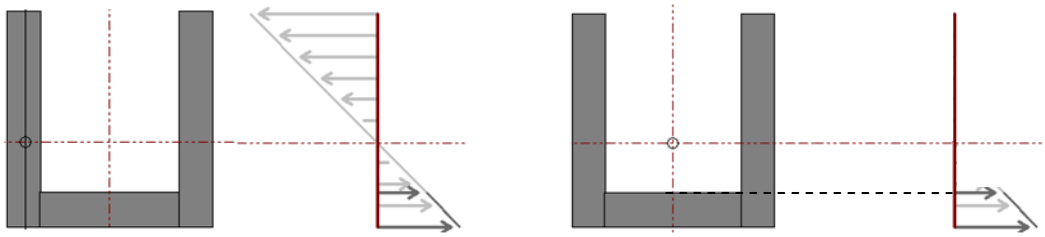
$$\sigma_{maks} = \frac{M_{Eğ}}{I_x} y = \frac{18*10^6}{257,633.75} * (19.67) = 1374.2 \text{ MPa çekme olarak bulunur.}$$

Maksimum kayma gerilmesi kesme kuvvetinin en yüksek olduğu x=0 noktasında asal eksenin üstüne gelen noktada oluşur.

$$\tau_{maks} = \frac{T_{max} S_z}{I_x b} = \frac{12000 * \left(50 - 19.67 \ * 8 * \frac{50 - 19.67}{2} \right)}{257,633.75 * 8} = 21.42 \text{ MPa}$$

X=3m için profilin sağ ve sol bölgelerindeki normal gerilme dağılımı

X=3 m için profilin orta bölgesindeki normal gerilme dağılımı



Kirişin orta noktasında kesme kuvveti 0 olduğundan orta noktasında kayma gerilmesi görülmez.

ÇÖZÜM 2:

a) $\delta = 3 \text{ mm}$ aralığının kapandığı ve çubuklarda kuvvet doğurmayan son sıcaklık değeri t_1 ;

$$\delta = \Delta L_{1\ 01} + \Delta L_{2\ 01}$$

$$\delta = \alpha_1 * L_1 * \ t_1 - 5 \ + \alpha_2 * L_2 * \ t_1 - 5$$

$$3 = 140 * 10^{-6} * 500 * \ t_1 - 5 \ + 67 * 10^{-6} * 400 * \ t_1 - 5 \quad \Rightarrow \quad t_1 \cong \ 35.99 \ \ ^oC$$

b)

$30.99 \ ^oC$ sıcaklık artışı olduğunda 1 numaralı çubuğun boyu; $L_{1\ 1}$

$$L_{1\ 1} = L_1 + \ \Delta L_{1\ 01}$$

$$L_{1\ 1} = L_1 + \alpha_1 * L_1 * \Delta t_{01} = 500 + 140 * 10^{-6} * 500 * 30.99 \quad \Rightarrow \quad L_{1\ 1} \cong 502.17 \text{ mm.}$$

$\Delta t_{01} \cong \ 30.99 \ \ ^oC$ sıcaklık artışı olduğunda 2 numaralı çubuğun boyu; $L_{2\ 1}$

$$L_{2\ 1} = L_2 + \ \Delta L_{2\ 01}$$

$$L_{2\ 1} = L_2 + \alpha_2 * L_2 * \Delta t_{01} = 400 + 67 * 10^{-6} * 400 * 30.99 \quad \Rightarrow \quad L_{2\ 1} \cong 400.83 \text{ mm.}$$

Sıcaklık $60 \ C°$ $(\Delta T_{12} = 24.01)$ olduğunda rijit A desteği olmasaydı parçalar uzamaya devam edecekti. Parçaları eski konumuna getirmek için bir F kuvveti ile bastırmamız gerekecekti. Bu durumda ısıl farkın yarattığı kuvvet bu kuvvete esit olur.

$$\Delta L_{top} = 140 * 10^{-6} * 502.17 * 24.01 + 67 * 10^{-6} * 400.83 * 24.01$$

$$\Delta L_{top} = 2.33 \text{ mm}$$

$$2.33 = \frac{F * 502.17}{800 * 1000} + \frac{F * 400.83}{2700 * 1875} \quad \Rightarrow \quad F = 3296 \text{ N}$$

$$\sigma_1 = \frac{F_1}{A_1} \quad \Rightarrow \quad \sigma_1 = \frac{3296}{1000} = 3.296 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_2 = \frac{F_2}{A_2} \quad \Rightarrow \quad \sigma_2 = \frac{3296}{1875} = 1.758 \text{ N/mm}^2$$

c) Çubuğun son boyunu bulmak için serbest halden $60 \ C°$'ye ısıtılmış halinin 3296 N'luk bir kuvvetle bastırılmış hali gibi hesaplayabiliriz. Bu durumda

$$L_{1\ son} = L_{1\ 60°} - L_{1\ sıkı} \Rightarrow L_{1\ 60°} = 500 + 140*10^{-6}*55*500 = 503.850 \text{ mm}$$

$$L_{1\ son} = 503.850 - \frac{3296*503.850}{800*50*20} = 501.774 \text{ mm}$$

$$\varepsilon_1 = \frac{501.774 - 500}{500} = 3.548*10^{-3}$$

$$L_{2\ son} = L_{2\ 60°} - L_{2\ sıkı} \Rightarrow L_{2\ 60°} = 400 + 67*10^{-6}*55*400 = 401.474 \text{ mm}$$

$$L_{1\ son} = 401.474 - \frac{3296*401.474}{2700*75*25} = 401.212 \text{ mm}$$

$$\varepsilon_1 = \frac{401.212 - 400}{400} = 3.03*10^{-3}$$

ÇÖZÜM 3:

$$\sigma_a = +\frac{500}{60*32} + \frac{750*180}{\frac{60*32^3}{12}}*16 + \frac{250*220}{\frac{32*60^3}{12}}*0 \qquad \sigma_a = 13.54\ N/mm^2 \Rightarrow \sigma_a = 13.54\ MPa$$

$$\sigma_b = +\frac{500}{60*32} + \frac{750*180}{\frac{60*32^3}{12}}*16 + \frac{250*220}{\frac{32*60^3}{12}}*15 \qquad \sigma_b = 14.87\ MPa$$

$$\sigma_c = +\frac{500}{60*32} + \frac{750*180}{\frac{60*32^3}{12}}*16 + \frac{250*220}{\frac{32*60^3}{12}}*30 \qquad \sigma_c = 16.31\ MPa$$

$$\tau_a = \frac{T_X S_Z}{I_X b} = \frac{250*\ 32*30*15}{\frac{32*60^3}{12}*32} = 0.195\,MPa$$

$$\tau_b = \frac{T_X S_Z}{I_X b} = \frac{250*\ 32*15*22.5}{\frac{32*60^3}{12}*32} = 0.147\,MPa$$

$$\tau_c = 0$$

ÇÖZÜM 4:

Silindirde oluşan eksenel gerilme $\sigma_y = \frac{F}{A} = \frac{75000}{\pi\frac{20^2}{4}} = 239,7\ N/mm^2$

Silindirde oluşan eksenel genleme $\varepsilon_y = \frac{\Delta L}{L} = \frac{0,16}{70} = 228,6*10^{-5}$

Silindirde oluşan yanal genleme $\varepsilon_x = \frac{\Delta D}{D} = \frac{0,015}{20} = 75*10^{-5}$

Malzemenin elastik modülü $E = \frac{\sigma_y}{\varepsilon_y} = \frac{239.7}{228.6*10^{-5}} = 104868.8\ N/mm^2 = 104.87\ GPa$

Poisson oranı $\nu = \frac{\varepsilon_x}{\varepsilon_y} = \frac{75*10^{-5}}{228,6*10^{-5}} = 0,328$

Kayma modülü $G = \frac{E}{2\ 1+\nu} = \frac{104.868}{2\ 1+0,328} = 39,48\ GPa$

Hacimsel elastisite modülü $K = \frac{E}{3\ 1-2\nu} = \frac{104.868}{3\ 1-2*0,328} = 101,49\ GPa$