

SORU 1

Anma çapı 16 mm ($\phi 16$) olan S420 sınıfı bir çelik numunede çekme deneyi yapılmıştır. Uygulanan kuvvetler karşısında, ayakları arası 100 mm olan ekstansometre ile boy değişimleri ölçülmüş ve deney sonuçları aşağıda verilmiştir:

P (Yük, N)	0	20100	40200	60300	80400	88400	108500	124600	115600
Δl (Uzama, mm)	0	0,045	0,090	0,135	0,180	0,280	6,300	9,200	Kopma

Verilenlere göre bu malzemenin:

- Gerilme-şekil değiştirme (σ - ϵ) diyagramını çizerek, orantı sınırını (σ_s), akma dayanımını (σ_a) ve çekme dayanımını (σ_{ϕ}) belirleyiniz.
- Elastisite modülünü (E); hem minimum kareler yöntemi ile hem de gerilme-şekil değiştirme eğrisinin elastik sınır içerisindeki eğimini dikkate alarak belirleyiniz.
- Kopma esnasında çapı 14,8 mm'ye düştüğüne göre gerçek (σ_{gk}) ve zahirî (görünen) kopma dayanımlarını (σ_{zk}) ve büzülme oranını (B) hesaplayınız.
- Kopma sonrası son ölçü boyu 90 mm olarak belirlendiğine göre sünekliğini (kopma-uzama oranını) (ϵ_k) hesaplayınız.
- Poisson oranı (ν) 0,3 olduğuna göre kayma modülünü hesaplayınız.
- Rezilyansını (W_R) ve tokluğunu (W_T) hesaplayınız.
- Betonarme-donatı çeliği için TS 708'de verilen mekanik özellik sınır değerleri dikkate alarak (Çizelge 1), bu çeliğin S420 sınıfına uygun olup olmadığını belirtiniz.

Çözüm a)

$$d_o = 16 \text{ mm}$$

$$l_o = 10 \text{ cm} = 100 \text{ mm}$$

$$A_0 = \frac{\pi \times d_o^2}{4} = \frac{\pi \cdot 16^2}{4} = 201 \text{ mm}^2 \quad (201 \text{ mm}^2)$$

$$\sigma_i = \frac{P_i}{A_0}$$

$$\varepsilon_i = \frac{l - l_0}{l_0} = \frac{\Delta l}{l_0}$$

$$\sigma_1 = 20100 / 201 = 100 \text{ N/mm}^2 = 100 \text{ MPa}$$

$$\sigma_2 = 40200 / 201 = 200 \text{ MPa}$$

$$\sigma_3 = 60300 / 201 = 300 \text{ MPa}$$

$$\sigma_4 = 80400 / 201 = 400 \text{ MPa}$$

$$\sigma_5 = 88400 / 201 = 440 \text{ MPa}$$

$$\sigma_6 = 108500 / 201 = 540 \text{ MPa}$$

$$\sigma_7 = 124600 / 201 = 620 \text{ MPa}$$

$$\sigma_8 = 115600 / 201 = 575 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon_1 = 0,045 / 100 = 4,5 \times 10^{-4}$$

$$\varepsilon_2 = 0,090 / 100 = 9,0 \times 10^{-4}$$

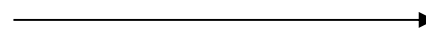
$$\varepsilon_3 = 0,135 / 100 = 13,5 \times 10^{-4}$$

$$\varepsilon_4 = 0,180 / 100 = 18,0 \times 10^{-4}$$

$$\varepsilon_5 = 0,280 / 100 = 28,0 \times 10^{-4}$$

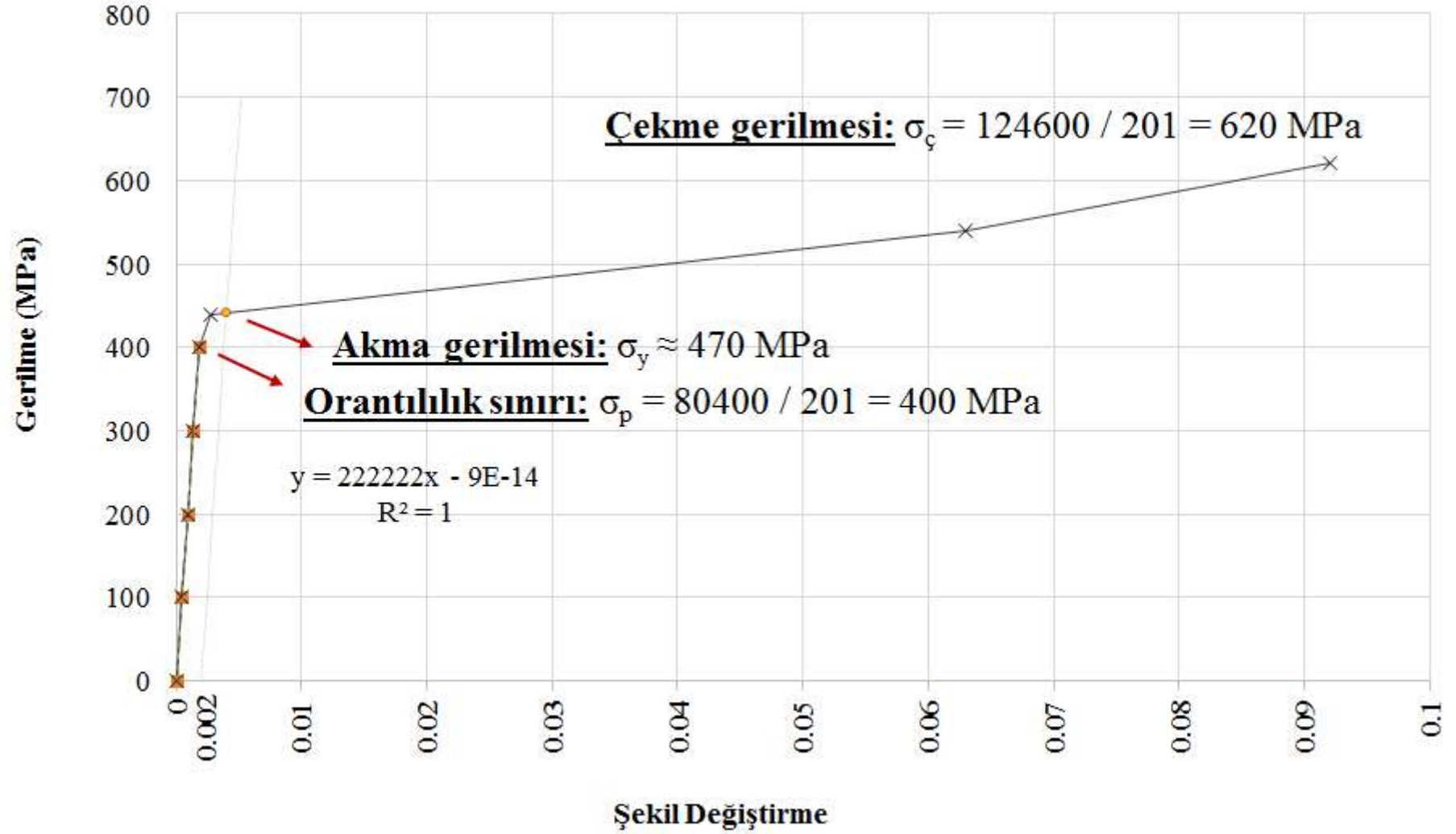
$$\varepsilon_6 = 6,300 / 100 = 630 \times 10^{-4}$$

$$\varepsilon_7 = 9,200 / 100 = 920 \times 10^{-4}$$



Kopma

Çözüm a)



Çözüm b)

$$E = \Sigma \sigma_i \cdot \varepsilon_i / \Sigma \varepsilon_i^2$$

σ_i (MPa)	ε_i	$\sigma_i \times \varepsilon_i$ (MPa)	ε_i^2
0	0	0	0
100	$4,5 \times 10^{-4}$	0,045	$20,2 \times 10^{-8}$
200	$9,0 \times 10^{-4}$	0,180	$81,3 \times 10^{-8}$
300	$13,5 \times 10^{-4}$	0,405	182×10^{-8}
400	18×10^{-4}	0,720	324×10^{-8}
440	28×10^{-4}	$\Sigma = 1,35$	$\Sigma = 607,5 \times 10^{-8}$
540	630×10^{-4}		
620	920×10^{-4}		
575	—		

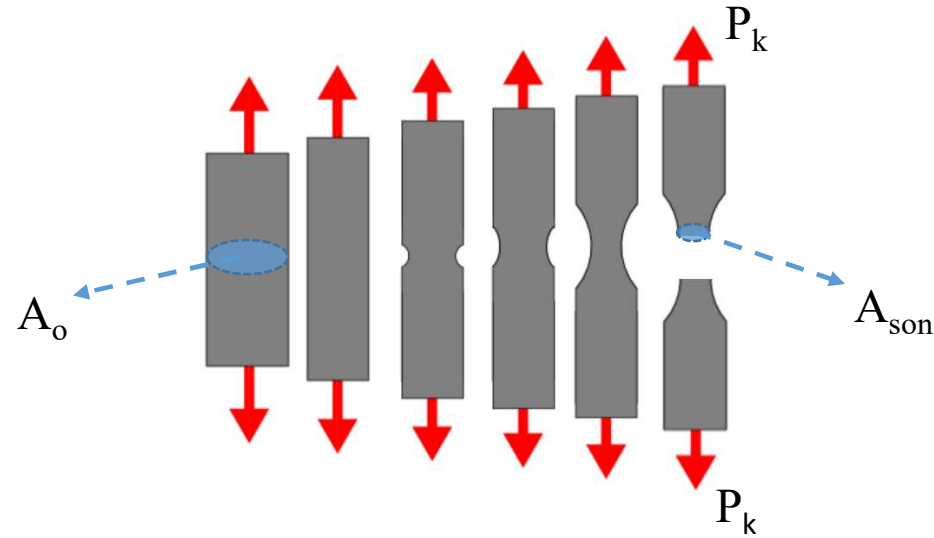
Elastisite Modülü

$$E = \Sigma \sigma_i \cdot \varepsilon_i / \Sigma \varepsilon_i^2$$

$$E = 1,35 / (607,5 \times 10^{-8}) = 222222 \text{ MPa} = 222,2 \text{ GPa}$$

Çözüm c)

Zahiri (görünen) kopma dayanımı: $\sigma_{zk} = P_k / A_o = 115600 / 201 = 575 \text{ MPa}$



Gerçek kopma dayanımı: $\sigma_{gk} = P_k / A_{son}$

$$A_{son} = \pi \cdot d_{son}^2 / 4 = \pi \cdot (14,8)^2 / 4 = 172,03 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{gk} = 115600 / 172 = 672,21 \text{ MPa}$$

Büzülme oranı: $B = (A_o - A_{son}) / (A_o) = (201 - 172) / 201 = 0,144 = \%14,4$

Çözüm d)

Süneklik: $\varepsilon_k = (l_{\text{son}} - l_i) / l_i$

$$l_i = 5 \times d_o = 5 \times 16 = 80 \text{ mm}$$

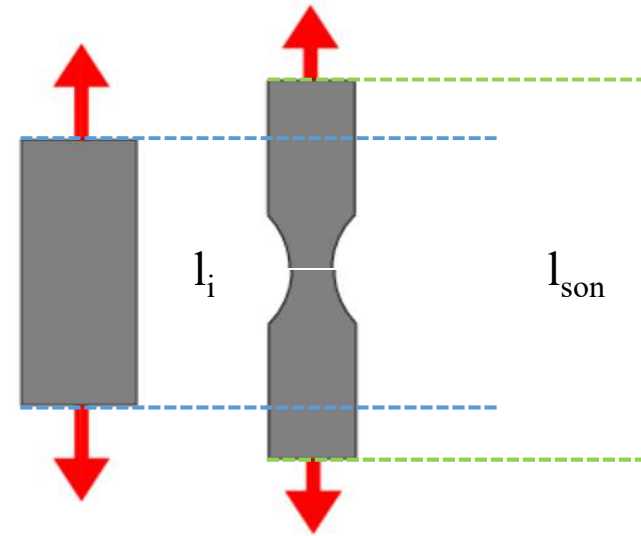
$$l_{\text{son}} = 90 \text{ mm}$$

$$\varepsilon_k = (90 - 80) / 80 = 0,125 = \%12,5$$

Çözüm e)

Kayma Modülü: G

$$G = \frac{E}{2(1+\nu)} = \frac{222222}{2(1+0,3)} = 85470 \text{ MPa}$$



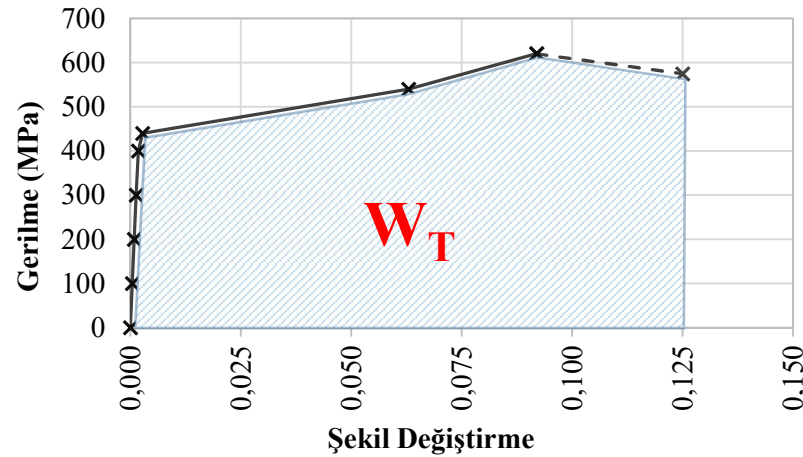
Çözüm f)

Rezilyans: W_R

$$W_R = \frac{\sigma_y \times \varepsilon_y}{2} = \frac{\sigma_y}{2} \times \frac{\sigma_y}{E} = \frac{\sigma_y^2}{2E} = \frac{470^2}{2 \times 222222} = 0,50 MPa$$

Tokluk: W_T

$$W_T = \int_0^{\varepsilon_f} \sigma d\varepsilon = \text{Gerilme- Şekil Değiştirme Diyagramının Altında Kalan Toplam Alan}$$



$$\text{veya} \quad W_T = \frac{(\sigma_y + \sigma_t)}{2} \times \varepsilon_f = \frac{470 + 620}{2} \times 0,125 = 68,13 MPa$$

Solution g)

Çelik Numunenin Tipi ve İlgili Sınır Değerleri		Test Sonuçları ve Değerlendirme	
Sınıf / Tip	S420 / Nervürlü	<u>Test Sonuçları</u>	<u>Değerlendirme</u>
Akma Dayanımı ≥ 420 (MPa)		$\sigma_{akma} = 470$ MPa	✓
Çekme Dayanımı ≥ 500 (MPa)		$\sigma_{çekme} = 620$ MPa	✓
$1,15 \leq \frac{\text{Çekme Dayanımı}}{\text{Akma Dayanımı}} < 1,35^*$		$\sigma_{çekme} / \sigma_{akma} = 1,32$	✓
$\frac{\text{DeneySEL Akma Dayanımı}}{\text{Karakteristik Akma Dayanımı}} \leq 1,30$		$\sigma_{a,deneysel} / \sigma_{a,karakteristik} = 1,12$	✓
Süneklik $\geq \% 10$		Süneklik = % 12,5	✓

Sonuç

Test edilen S420 sınıfı çelik ilgili standart ve yönetmeliklere uygundur.

* Deprem bölgelerinde yapılan betonarme binalarda kullanılacak olan S420 sınıfı çelik için üst limit Deprem Yönetmeliği (2018)'de 1,35 olarak verilmiştir.

SORU 2

İkinci derece-gün bölgesinde ($U_{maks}=0,38 \text{ W/m}^2\text{K}$) yapılacak $20 \times 10 \text{ m}$ boyutlarında, kesiti aşağıda verilen bir teras çatı için ısı yalıtımı yapılması gerekli midir? Gerekli ise, ısı iletkenlik katsayısı $0,03 \text{ (W/mK)}$ olan yalıtım malzemesinin kalınlığı* ne olmalıdır?

(* Yalıtım malzemesinin kalınlığı tam sayı (1,2,3...) olmalıdır.)

Bu tavandan, günde ortalama 10 saatten 180 günde kaçan ısı, 11 kWh/m^3 ısı veren ve fiyatı $1,57 \text{ TL/m}^3$ olan yakacak ile karşılanacağına göre yalıtım yapılması durumunda sezonluk (180 günlük) kâr kaç TL'dir?

	Seramik Karo	$d_1=2,5 \text{ cm}$
Eğim Betonu		$d_2=5,0 \text{ cm}$
Betonarme		$d_3=10,0 \text{ cm}$
Sıva		$d_4=1,5 \text{ cm}$

Malzeme	Isıl İletkenlik Katsayısı (λ) (W/mK)
Seramik Karo	1,50
Eğim Betonu	2,00
Betonarme	2,50
Sıva	1,60

Ortamın Fiziksel Verileri	
$T_{içl} = 20^\circ\text{C}$ $R_i = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$	$T_{dışl} = 2,9^\circ\text{C}$ $R_e = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$

Çözüm 2

$$U \leq U_{\max}$$

$$\frac{1}{U} = R_i + R + R_e = 0,13 + \left[\frac{0,025}{1,5} + \frac{0,05}{2,0} + \frac{0,1}{2,5} + \frac{0,015}{1,6} \right] + 0,04$$

$$U = 3,83 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$U = 3,83 \text{ W/m}^2\text{K} > U_{\max} = 0,38 \text{ W/m}^2\text{K} \rightarrow \text{Isı Yalıtımı Gerekli!}$$

$$\frac{1}{0,38} = 0,13 + \left[\frac{0,025}{1,5} + \frac{0,05}{2,0} + \frac{0,1}{2,5} + \frac{0,015}{1,6} + \frac{d_{\text{yalıtım}}}{0,03} \right] + 0,04$$

$$d_{\text{yalıtım}} = 0,071 \text{ m} = 7,1 \text{ cm}$$

Sonuç, en küçük tam sayıya yuvarlanır ve yalıtım malzemesinin kalınlığı 8 cm olarak belirlenir.

$$d_{\text{yalıtım}} = 8 \text{ cm}$$

$$t = 10 \text{ saat}$$

1. Durum: Mevcut Durum

$$Q_1 = U_1 \cdot \Delta T \cdot A \cdot t$$

$$U_1 = 3,83 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$A = 20 \times 10 = 200\text{m}^2$$

$$\Delta T = 20 - 2,9 = 17,1^\circ\text{C}$$

$$Q_1 = 3,83 \times 17,1 \times 200 \times 10$$

$$Q_1 = 130986\text{Wh} \cong 131\text{kWh}$$

$$V_{yakıt,1} = \frac{131}{11} = 11,9\text{m}^3$$

$$\text{Maliyet}_1 = 11,9 \times 1,57 = 18,68\text{TL}$$

2. Durum: Isı Yalıtımı Yapılmış Durum

$$Q_2 = U_2 \cdot \Delta T \cdot A \cdot t$$

$$U_2 = 0,13 + \left[\frac{0,025}{1,5} + \frac{0,05}{2,0} + \frac{0,1}{2,5} + \frac{0,015}{1,6} + \frac{0,08}{0,03} \right] + 0,04$$

$$U_2 = 0,34 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$A = 20 \times 10 = 200\text{m}^2$$

$$\Delta T = 20 - 2,9 = 17,1^\circ\text{C}$$

$$Q_2 = 0,34 \times 17,1 \times 200 \times 10$$

$$Q_2 = 11628\text{Wh} \cong 11,63\text{kWh}$$

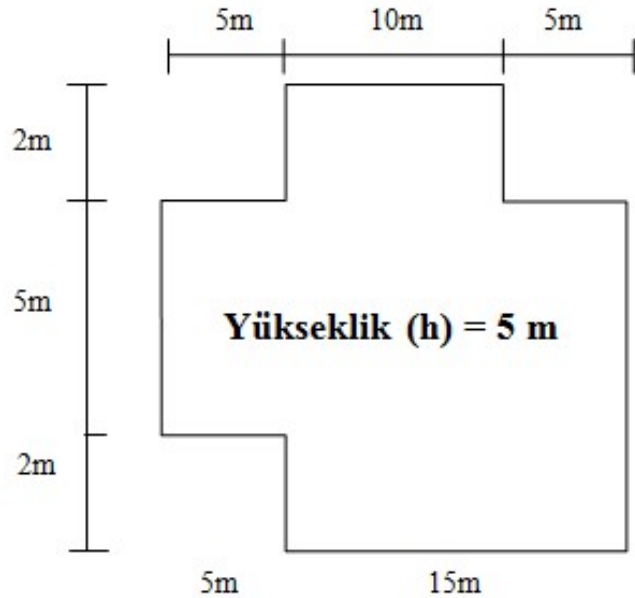
$$V_{yakıt,2} = \frac{11,63}{11} = 1,03\text{m}^3$$

$$\text{Maliyet}_2 = 1,03 \times 1,57 = 1,62 \text{ TL}$$

$\text{Sezonluk kar: } P_s = (18,68 - 1,62) \times 180 = \mathbf{3070,8 \text{ TL}}$
--

SORU 3

Aşağıda planı verilen 5 m yüksekliğindeki konser salonunda; her birinin alanı 0,5 m² olan 200 adet koltuk ve kişi başı 0,6 m² alana sahip 200 dinleyici bulunduğu takdirde reverberasyon süresinin 1,26 s olması istendiğine göre salonun akustik yönünden uygunluğunu kontrol ediniz. Uygun değil ise, döşemenin ses yutma katsayısı ne olmalıdır?



Eleman	Ses Yutma Katsayısı (α)
Tavan	0,04
Döşeme	0,05
Duvar	0,04
Koltuk	0,10
Dinleyici	0,20

$$t_R = 0,163 \frac{V}{\sum F_i \alpha_i}$$

Çözüm 3

$$V = F \times H = 150 \times 5 = 750 \text{ m}^3$$

$$F_{\text{döşeme}} = F_{\text{tavan}} = 5 \times 5 + 10 \times 9 + 5 \times 7 = 150 \text{ m}^2$$

$$F_{\text{duvar}} = (5 + 2 + 2 + 5 + 10 + 2 + 7 + 15 + 5) \times 5 = 290 \text{ m}^2$$

Eleman	Alan (F_i)	Ses Yutma Katsayısı (α_i)	$F_i \cdot \alpha_i$
Tavan	150	0,04	6,0
Döşeme	150	0,05	7,5
Duvar	290	0,04	11,6
Koltuk	$200 \times 0,5 = 100$	0,10	10
Dinleyici	$200 \times 0,6 = 120$	0,20	24
			$\Sigma F_i \cdot \alpha_i = 59,1$

$$t_R = 0,163 \times (750 / 59,1) = 2,07 \text{ s} > 1,26 \text{ s} \text{ (Akustik yönünden uygun değil.)}$$

$$t_R = 1,26 = 0,163 \times (750 / \Sigma F_i \alpha_i) \rightarrow \Sigma F_i \alpha_i = 97,02$$

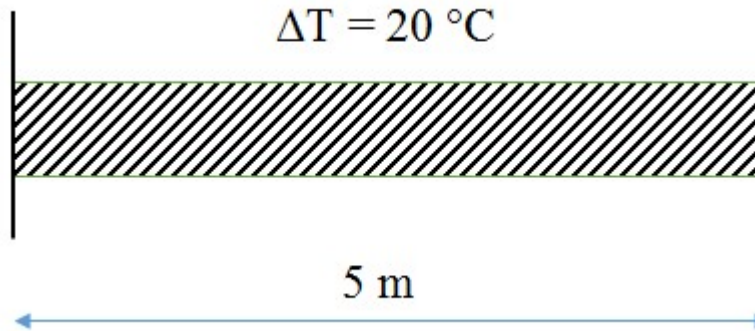
$$\Sigma F_i \alpha_i = 97,02 = 6 + (150 \times \alpha_d) + 11,6 + 10 + 24$$

$$\alpha_d \approx 0,30$$

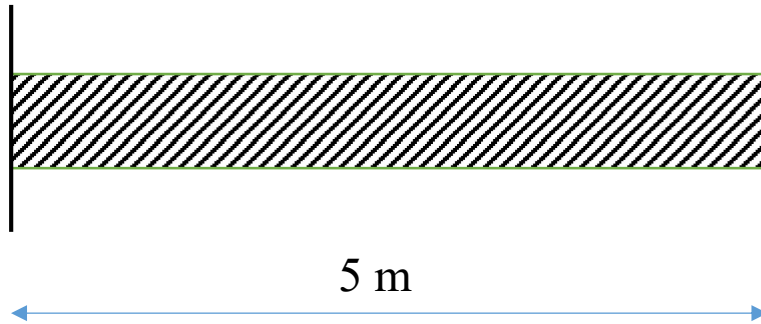
SORU 4

5 m uzunluğunda ve her iki ucu da ankastre mesnetlenmiş beton plakta, 20°C'lik sıcaklık artışı için oluşacak termal gerilmenin, betonda çatlak oluşturup oluşturmayacağını kontrol ediniz.

<i>Betonun Özellikleri</i>	
Çekme Dayanımı	3,0 MPa
Isıl Genleşme Katsayısı (α_t)	$12 \times 10^{-6} \text{ 1/}^\circ\text{C}$
Elastisite Modülü (E)	30000 MPa



Çözüm 4



$$\Delta T = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\alpha_T = 12 \times 10^{-6} \text{ } 1/^{\circ}\text{C}$$

$$E = 30000 \text{ MPa}$$

$$\sigma = \frac{\Delta l}{l} E = [\alpha(T_2 - T_1)] E = \alpha \cdot \Delta T \cdot E$$

$$\sigma = (12 \times 10^{-6}) \times 20 \times 30000 = 7,2 \text{ MPa}$$

$$\sigma = 7,2 \text{ MPa} > f_t = 3 \text{ MPa}$$

Sıcaklık artışı sonucu oluşan termal (çekme) gerilme betonun çekme dayanımından büyük olduğu için çatlak oluşumu görülür.