

【本日の課題】

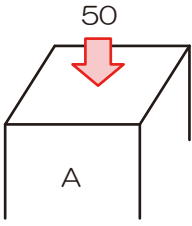
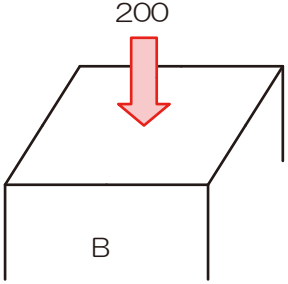
- 1) 応力度：応力度・許容応力度計算
⇒ 『解法 12』 応力度、『解法 13』 許容応力度
- 2) 座屈：座屈長さ・弾性座屈荷重
⇒ 『解法 16』 座屈

1-8 応力度

1-8-1 応力度

■ 応力度とは

➤ 応力と応力度の違い

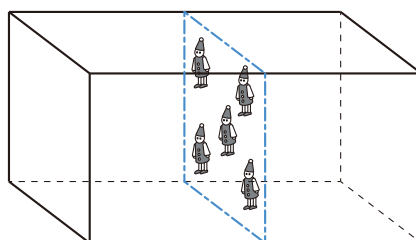
		
荷重	50	200
断面積	10	50
柱として頑張っているのは？		

1-8-2 垂直応力度

■ 垂直応力度とは

➤ 垂直応力度とは：

□

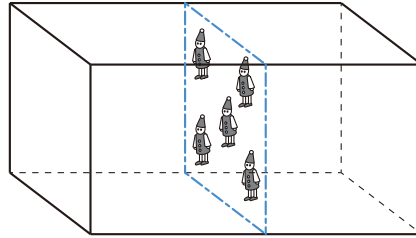


1-8-3 せん断応力度

■ せん断応力度とは

➤ せん断応力度とは：

□

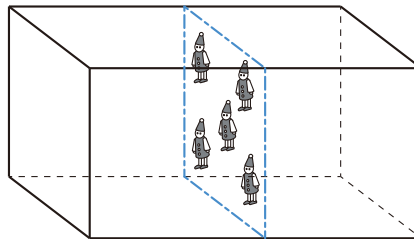


1-8-4 曲げ応力度

■ 曲げ応力度とは

➤ 曲げ応力度とは：

□



1-8-5 部材に生じる最大応力度の求め方

■ 算定手順

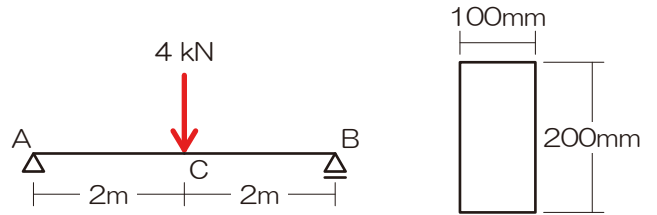
➤



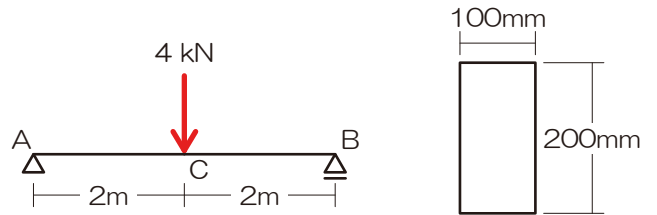
★基礎徹底 14★ 応力度計算

★Q14★ 以下の構造物の各最大応力度を求めましょう

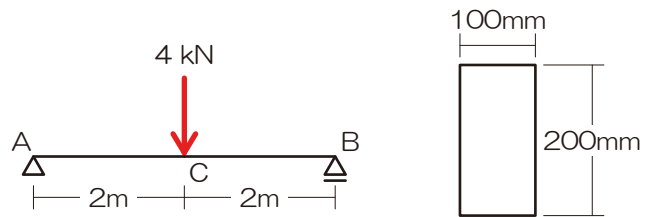
【基本】



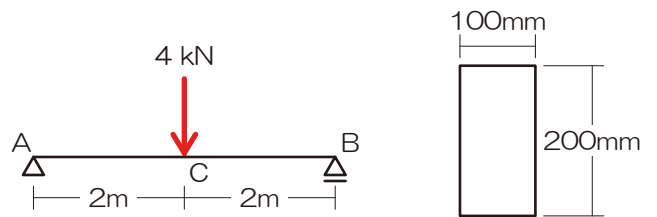
【B点】



【C点】



【A点】



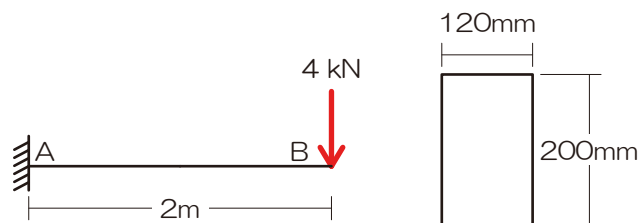
解答： $\sigma_N = 0$ [N/mm²]、 $\tau = 0.15$ [N/mm²]、 $\sigma_M = 6$ [N/mm²]

『解法 12』 応力度 『教科書 P60 : □問題 1、P61 : □問題 2、P62 : □問題 3、P64 : □問題 5』 【問題集 P288 : □問題 01、P289 : □問題 02、問題集 P290 : □問題 04、P291 : □問題 06】

以下の構造物における最大曲げ応力度を求めよ。

『過去問解法手順 12』 応力度

- 1) 反力を図示
- 2) 応力が切り替わる可能性のある箇所をチェック
- 3) 単位を[N][mm]に変換
- 4) 生じる最大の応力を求める (解法: 応力参照)
- 5) 断面諸係数を求める (解法: 断面係数等参照)
- 6) 最大の応力度を求める



10[N/mm²]

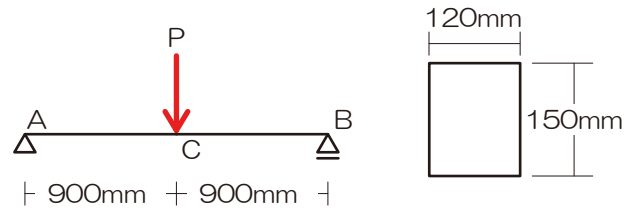
1-8-6 許容応力度

- 許容応力度とは



★基礎徹底 15★ 許容応力度計算

★Q15★ 材料の許容曲げ応力度を $20[\text{N}/\text{mm}^2]$ とした場合の許容最大荷重を求めてみましょう

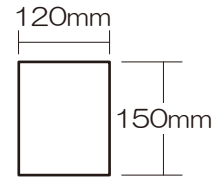


$$P < 20,000[\text{N}]$$

以下の断面の許容せん断力を求めよ。ただし、使用している材料の許容せん断応力度は $1.5[\text{N}/\text{mm}^2]$ とする。

『過去問解法手順 13』 許容応力度

- 1) 反力を図示
- 2) 応力が切り替わる可能性のある箇所をチェック
- 3) 単位を $[\text{N}][\text{mm}]$ に変換
- 4) 生じる最大の応力を求める (解法 : 応力参照)
- 5) 断面諸係数を求める
- 6) 最大の応力度を求める
- 7) 許容応力度計算



18,000[N]

1-9 梁の変形、座屈

1-9-1 梁の変形

■ ひずみ

- 部材に力が加わった時の伸び縮み・太さの変形の事

□

■ ヤング係数

- ヤング係数とは : 部材に荷重が加わった場合の変形のし難さを表す ⇒ コンクリートは値が大きい、ゴムは小さい

□

■ 変形量の算定

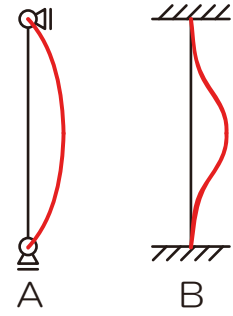
-



1-9-2 座屈

■ 座屈とは

- 部材が非常に大きな圧縮力を受けた際に、ぐにゃりと折れ曲がる現象、主に柱で生じる



■ 座屈のし難さ

- 材質：
- 支持条件：
- 材長：
- 断面形状：

(1) 座屈方向と座屈軸

■ 座屈の検討

- 座屈の生じる方向（軸）は断面二次半径（断面二次モーメントを断面積で除した値）が最小となる軸にて座屈は生じる

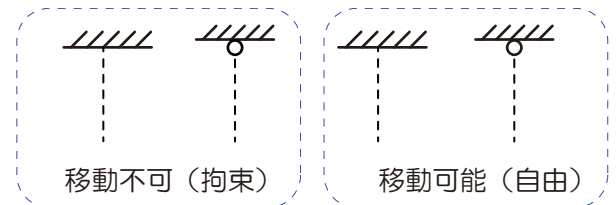
(2) 座屈長さの取り方

■ 座屈長さ (l_k)

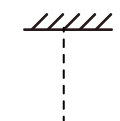
- 支持条件と材長より求める
-

■ 座屈長さ係数の判別方法

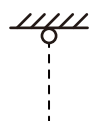
- 支持条件により決定、実際に図示して確認、チェック項目は以下の2つ
- 上端移動：



支点種類：



固定支点



ピン支点

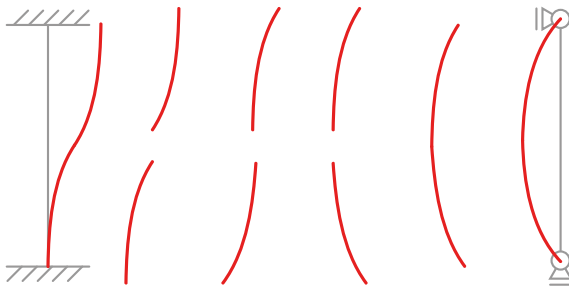


■ 座屈長さ係数

➢ 0.5/0.7/1.0/2.0 の4種のみ、実際に座屈する様子を図示して確認しましょう

上端移動	拘束				自由	
支持種類(上端)	ピン	固定	ピン	固定	固定	自由
支持種類(下端)	ピン	固定	固定	ピン	固定	固定
座屈形状						
座屈長さ係数						

➢ なぜ右から二番目は 1.0 なの? ⇒ 実は左端と同じだから…



■ 座屈長さ算定

➢ □ 以下の各柱の座屈長さを求めてみましょう

上端移動	自由	拘束	拘束	拘束
座屈長さ係数				
座屈長さ				



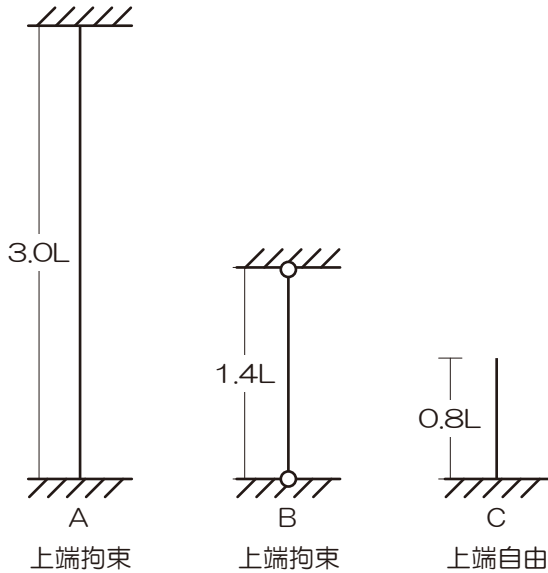
(3) 弾性座屈荷重

■ 弾性座屈荷重とは



★基礎徹底 18★ 弾性座屈荷重

★Q18★ 以下の構造物の弾性座屈荷重の大きさを比較してみましょう



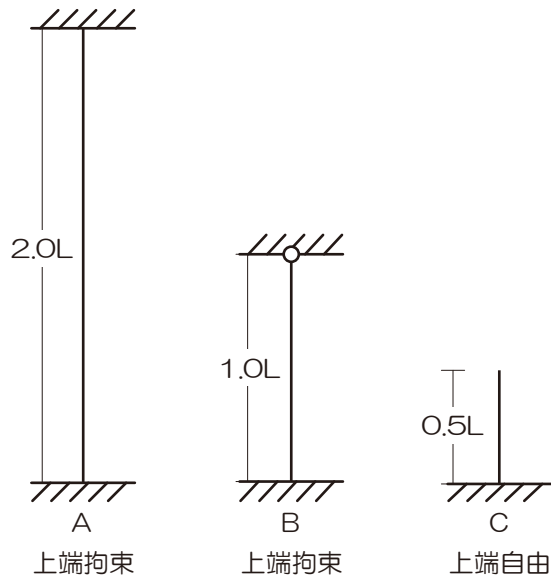
$$P_B > P_A > P_C$$

『解法 16』 座屈 『教科書：□P70/Q3、□P71/Q4、□P72/Q5、□P72/Q6、□P73/Q7、□P74/Q8』 【問題集 P314：□問題 01、P315：□問題 02/□問題 03、P316：□問題 04、P317：□問題 05/□問題 06、P318：□問題 07】

図のような材の長さおよび材端の支持条件が異なる柱 A・B・C の弾性座屈荷重の大きさを比較せよ。ただし、すべての柱は等質等断面とする。

『過去問解法手順 16』 座屈

- 1) 上端の移動をチェック
- 2) 支点の形状をチェック
- 3) 上記 2 点より座屈の状況を図示
- 4) 座屈の状況より座屈長さを算定
- 5) 弾性座屈荷重の大きさを比較



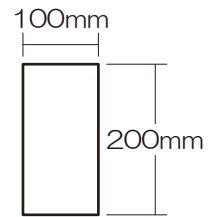
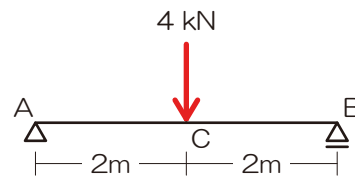
$$P_B > P_A = P_C$$

〔要点チェック〕

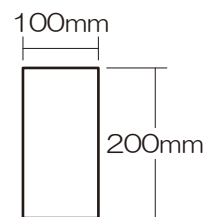
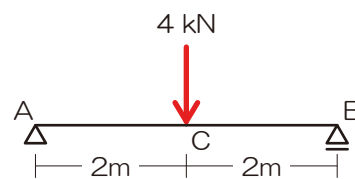
★基礎徹底 14★ 応力度計算

★Q14★ 以下の構造物の各最大応力度を求めましょう

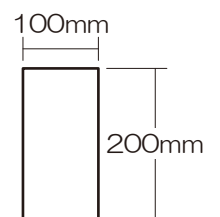
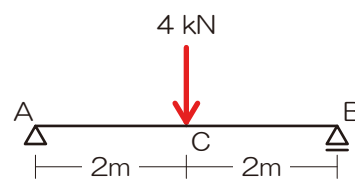
【基本】



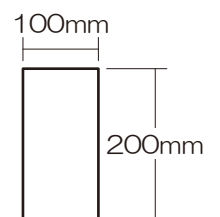
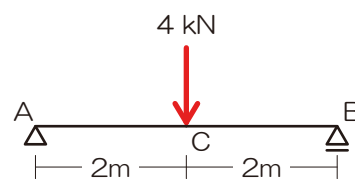
【B点】



【C点】



【A点】



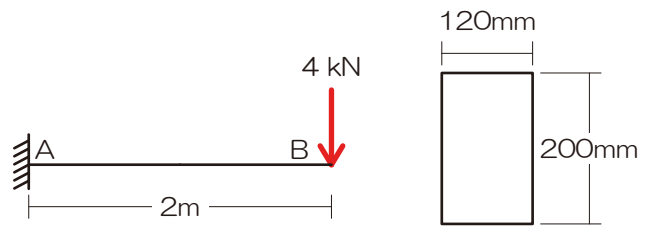
解答： $\sigma_N = 0$ [N/mm²]、 $\tau = 0.15$ [N/mm²]、 $\sigma_M = 6$ [N/mm²]



以下の構造物における最大曲げ応力度を求めよ。

『過去問解法手順 12』 応力度

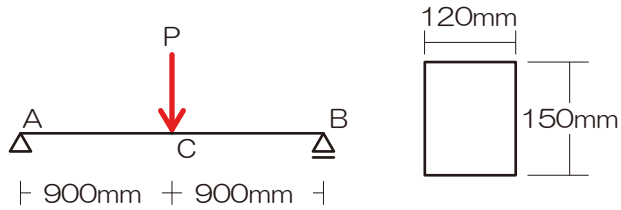
- 1) 反力を図示
- 2) 応力が切り替わる可能性のある箇所をチェック
- 3) 単位を[N][mm]に変換
- 4) 生じる最大の応力を求める (解法: 応力参照)
- 5) 断面諸係数を求める (解法: 断面係数等参照)
- 6) 最大の応力度を求める



10[N/mm²]

★基礎徹底 15★ 許容応力度計算

★Q15★ 材料の許容曲げ応力度を $20[\text{N}/\text{mm}^2]$ とした場合の許容最大荷重を求めてみましょう



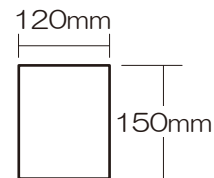
$P < 20,000[\text{N}]$

『解法 13』 許容応力度

以下の断面の許容せん断力を求めよ。ただし、使用している材料の許容せん断応力度は $1.5[\text{N}/\text{mm}^2]$ とする。

『過去問解法手順 13』 許容応力度

- 1) 反力を図示
- 2) 応力が切り替わる可能性のある箇所をチェック
- 3) 単位を $[\text{N}][\text{mm}]$ に変換
- 4) 生じる最大の応力を求める (解法: 応力参照)
- 5) 断面諸係数を求める
- 6) 最大の応力度を求める
- 7) 許容応力度計算

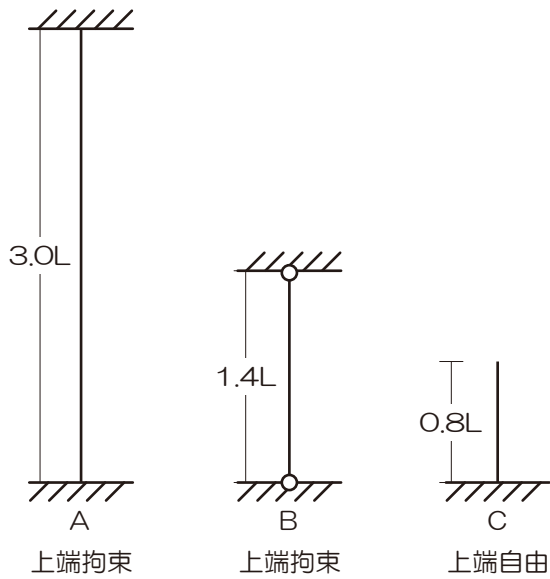


18,000[N]



★基礎徹底 18★ 弾性座屈荷重

★Q18★ 以下の構造物の弾性座屈荷重の大きさを比較してみましょう



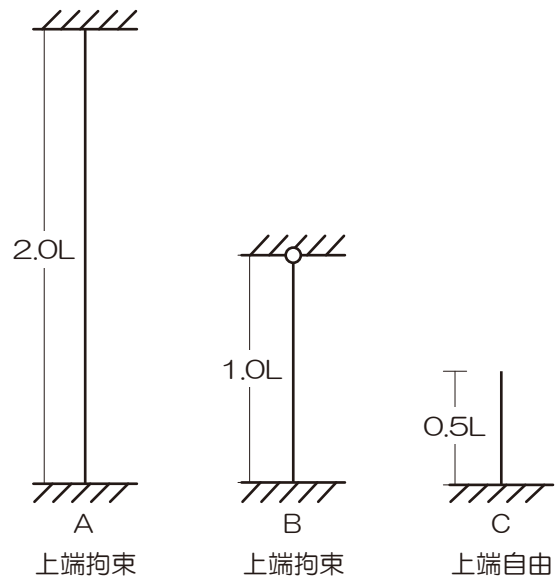
$$P_B > P_A > P_C$$

『解法 16』 座屈

図のような材の長さおよび材端の支持条件が異なる柱 A・B・C の弾性座屈荷重の大きさを比較せよ。ただし、すべての柱は等質等断面とする。

『過去問解法手順 16』 座屈

- 1) 上端の移動をチェック
- 2) 支点の形状をチェック
- 3) 上記 2 点より座屈の状況を図示
- 4) 座屈の状況より座屈長さを算定
- 5) 弾性座屈荷重の大きさを比較



$$P_B > P_A = P_C$$

【解答】

★Q14★ 以下の構造物の各最大応力度を求めてみましょう

- 1) 反力を図示
- 2) 応力が切り替わる可能性のある箇所をチェック
- 3) 単位を[N][mm]に変換
- 4) 生じる最大の応力を求める（解法：応力参照）

⇒ 前述（P24）の通り、荷重のかかっている点での軸方向力/せん断力の算定は不可なのですが…

※B点（のちよい左）の各応力は、

$$\begin{aligned} N_B &= 0[N] \\ Q_B &= 2,000[N] \\ M_B &= 2,000 \times 0 = 0[Nmm] \end{aligned}$$

※C点（のちよい左）の各応力は、

$$\begin{aligned} N_C &= 0[N] \\ Q_C &= 2,000 - 4,000 = -2,000[N] \\ M_C &= -2,000 \times 2,000 = -4,000,000[Nmm] \end{aligned}$$

※A点（のちよい右）の各応力は、

$$\begin{aligned} N_A &= 0[N] \\ Q_A &= 2,000 - 4,000 = -2,000[N] \\ M_A &= -2,000 \times 4,000 + 4,000 \times 2,000 = 0[Nmm] \end{aligned}$$

- 5) 断面諸係数を求める（解法：断面係数等参照）

断面積は、

$$A = 200 \times 100 = 20,000[mm^2]$$

断面係数は、

$$Z = \frac{bh^2}{6} = \frac{100 \times 200 \times 200}{6} = \frac{4,000,000}{6}[mm^3]$$

- 6) 最大の応力度を求める

垂直応力度の最大値は

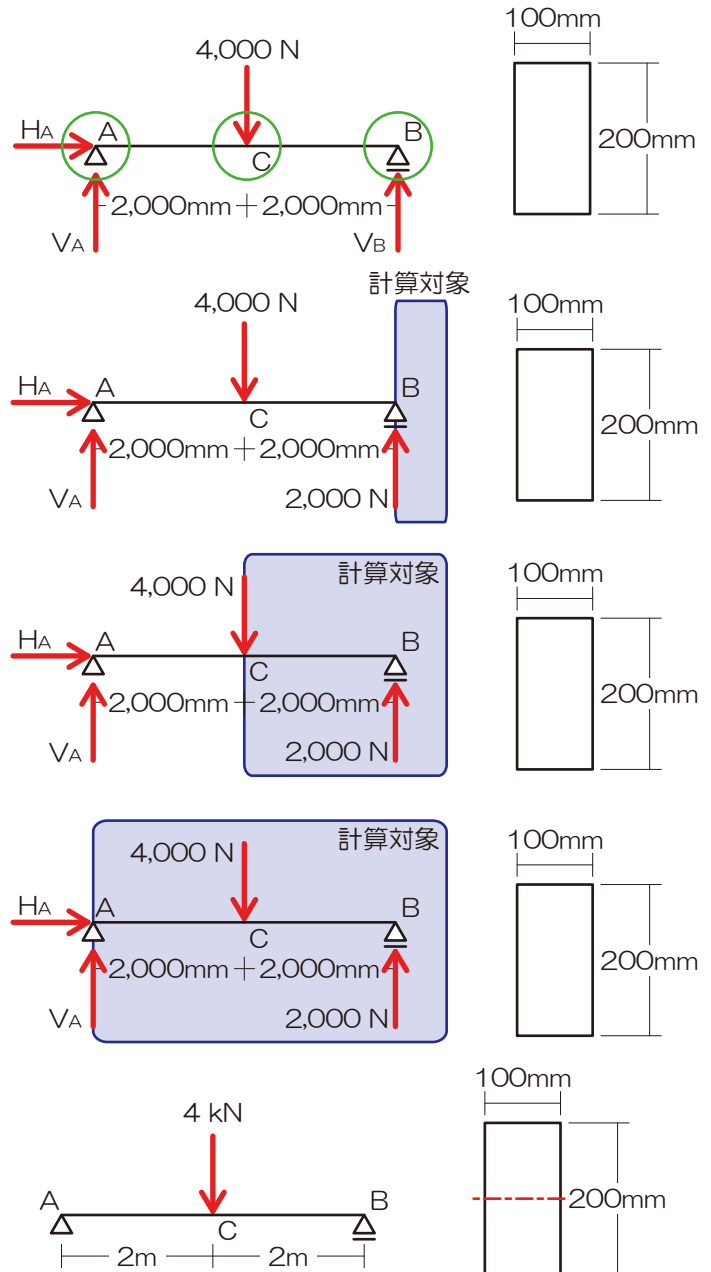
$$\sigma_{N \max} = \frac{N_{\max}}{A} = 0[N/mm^2]$$

せん断応力度の最大値は

$$\tau_{\max} = \frac{3}{2} \times \frac{Q_{\max}}{A} = \frac{3}{2} \times \frac{2,000}{20,000} = \frac{3}{20} = 0.15[N/mm^2]$$

曲げ応力度の最大値は

$$\sigma_{M \max} = \frac{M_{\max}}{Z} = 4,000,000 \times \frac{6}{4,000,000} = 6[N/mm^2]$$

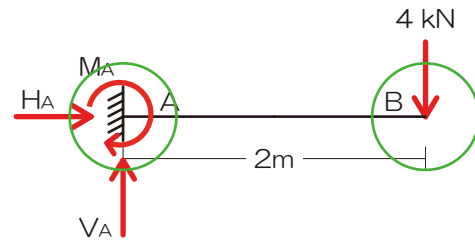


解答： $\sigma_N = 0[N/mm^2]$ 、 $\tau = 0.15[N/mm^2]$ 、 $\sigma_M = 6[N/mm^2]$



『過去問解法手順 12』 応力度

- 1) 反力を図示
- 2) 応力が切り替わる可能性のある箇所をチェック
⇒ A点とB点
- 3) 単位を[N][mm]に変換
- 4) 生じる最大の応力を求める (解法: 応力参照)



⇒ A点の曲げモーメントを求める

$$M_c = +4,000 \times 2,000 [Nmm]$$

断面諸係数を求める (解法: 断面係数等参照)

⇒ 断面係数は (矩形なので)

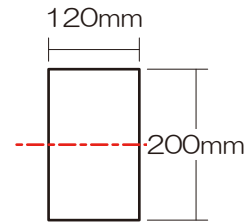
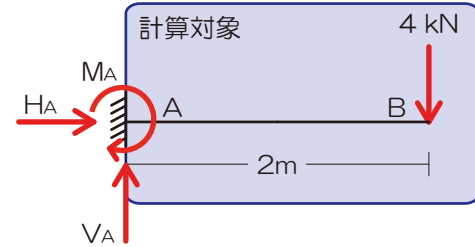
$$Z = \frac{bh^2}{6} = \frac{120 \times 200 \times 200}{6} [mm^3]$$

- 5) 最大の応力度を求める

$$\sigma_M = \frac{M}{Z}$$

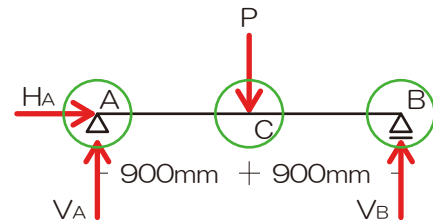
$$\sigma_M = \frac{4,000 \times 2,000}{1} \times \frac{6}{120 \times 200 \times 200}$$

$$\sigma_M = 10 [N/mm^2]$$



★Q15★ 材料の許容曲げ応力度を 20[N/mm²]とした場合の許容最大荷重を求めてみましょう

- 1) 反力を図示
- 2) 応力が切り替わる可能性のある箇所をチェック
⇒ A点とB点とC点
- 3) 単位を[N][mm]に変換
- 4) 生じる最大の応力を求める (解法: 応力参照)
⇒ A支点はピン、B支点はローラーなので曲げモーメントは生じない、C点の曲げモーメントを求める



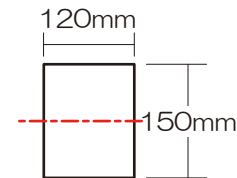
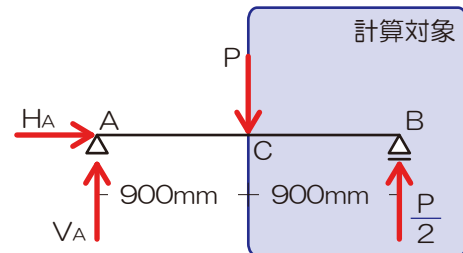
$$M_c = -\frac{P}{2} \times 900$$

$$M_c = \frac{900P}{2} [Nmm]$$

- 5) 断面諸係数を求める (解法: 断面係数等参照)

⇒ 断面係数は (矩形なので)

$$Z = \frac{bh^2}{6} = \frac{120 \times 150 \times 150}{6} [mm^3]$$



- 6) 最大の応力度を求める

$$\sigma_M = \frac{M}{Z}$$

$$\sigma_M = \frac{900P}{2} \times \frac{6}{120 \times 150 \times 150} [N/mm^2]$$

- 7) 許容応力度計算

$$\sigma_M \leq f$$

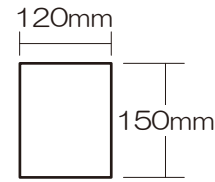
$$\frac{900P}{2} \times \frac{6}{120 \times 150 \times 150} \leq 20$$

$$P \leq \frac{20 \times 2 \times 120 \times 150 \times 150}{900 \times 6}$$

$$P \leq 20,000 [N]$$

『過去問解法手順 13』 許容応力度

- 1) 反力を図示 ⇒ 不要
- 2) 応力が切り替わる可能性のある箇所をチェック ⇒ 不要
- 3) 単位を[N][mm]に変換 ⇒ 不要
- 4) 生じる最大の応力を求める (解法: 応力参照)
⇒ 許容せん断応力度を Q とする



- 5) 断面諸係数を求める ⇒ 断面積は

$$A = 120 \times 150 [\text{mm}^2]$$

- 6) 最大の応力度を求める

$$\tau = \frac{Q}{A} \times \frac{3}{2}$$

$$\tau = \frac{Q \times 3}{120 \times 150 \times 2}$$

- 7) 許容応力度計算

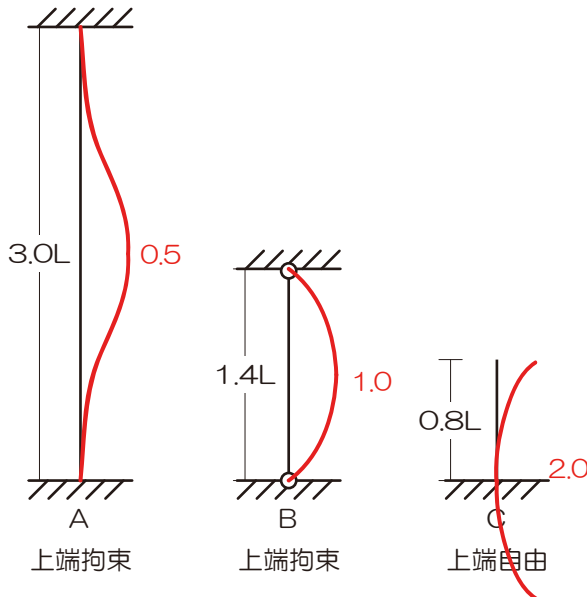
$$\tau \leq f$$

$$\frac{Q \times 3}{120 \times 150 \times 2} \leq 1.5$$

$$Q \leq \frac{1.5 \times 120 \times 150 \times 2}{3}$$

$$Q \leq 18,000 [\text{N}]$$

★Q18★ 以下の構造物の弾性座屈荷重の大きさを比較してみましょう



- 1) 上端の移動をチェック
- 2) 支点の形状をチェック
- 3) 上記 2 点より座屈の状況を図示
- 4) 座屈の状況より座屈長さを算定
- 5) 弾性座屈荷重の大きさを比較

各柱の座屈長さを求める

$$l_{kA} = 0.5 \times 3.0L = 1.5L$$

$$l_{kB} = 1.0 \times 1.4L = 1.4L$$

$$l_{kC} = 2.0 \times 0.8L = 1.6L$$

座屈長さの大小は $l_{kB} < l_{kA} < l_{kC}$

ゆえに $P_B > P_A > P_C$

『過去問解法手順 16』 座屈

- 1) 上端の移動をチェック
- 2) 支点の形状をチェック
- 3) 上記 2 点より座屈の状況を図示
- 4) 座屈の状況より座屈長さを算定

$$l_{kA} = 0.5 \times 2.0L = 1.0L$$

$$l_{kB} = 0.7 \times 1.0L = 0.7L$$

$$l_{kC} = 2.0 \times 0.5L = 1.0L$$

$$l_{kB} < l_{kA} = l_{kC}$$

- 5) 弾性座屈荷重の大きさを比較

$$P_B > P_A = P_C$$

