

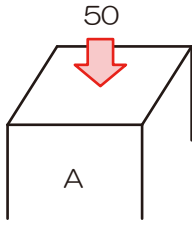
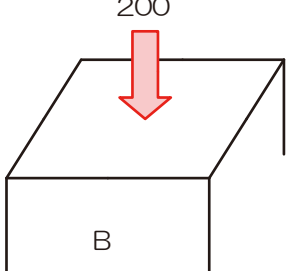
【本日の課題】

- 1) 応力度：応力度・許容応力度計算  
⇒ 『解法 11』 応力度、『解法 12』 許容応力度
- 2) 座屈：座屈長さ・弾性座屈荷重  
⇒ 『解法 15』 座屈

1-8 応力度

1-8-1 応力度

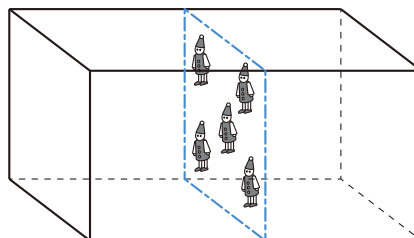
- 応力度とは
  - 応力と応力度の違い

	 <p>A</p>	 <p>B</p>
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：

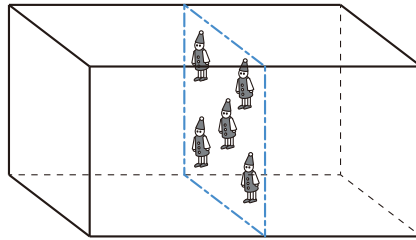
□



### 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：

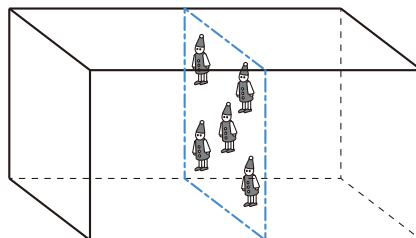
□



### 1-8-4 曲げ応力度

- 曲げ応力度とは
  - 曲げ応力度とは：

□



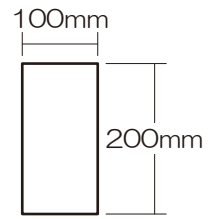
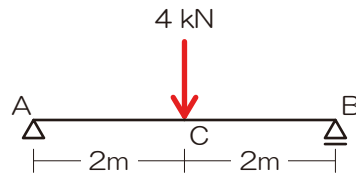
### 1-8-5 部材に生じる最大応力度の求め方

- 算定手順
  -

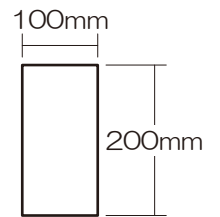
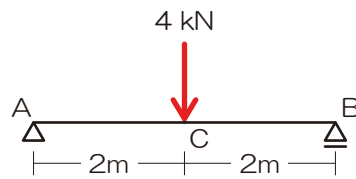


★Q14★ 以下の構造物の各最大応力度を求めてみましょう

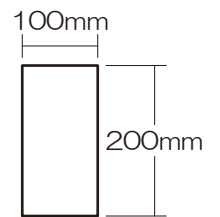
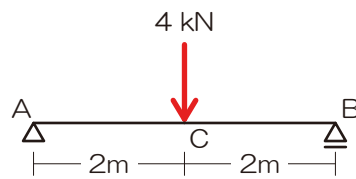
【基本】



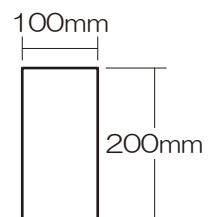
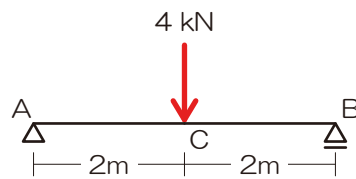
【B点】



【C点】



【A点】



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

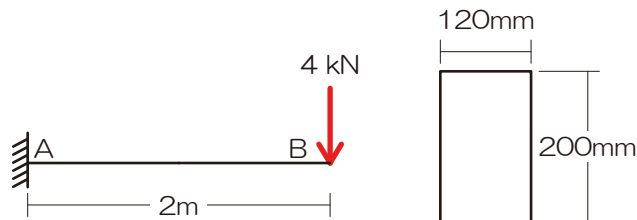


『解法 11』 応力度 『教科書 P60 : □問題 1、P61 : □問題 2、P62 : □問題 3、P64 : □問題 5』 【問題集 P285 : □問題 14、P286 : □問題 12、P288 : □問題 09/□問題 08】

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 11』 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/mm<sup>2</sup>]

1-8-6 許容応力度

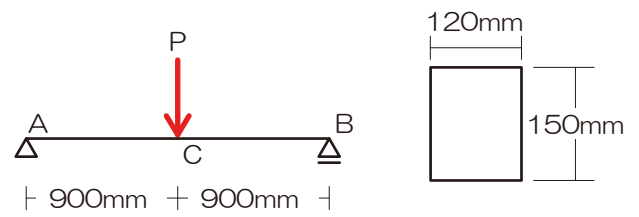
- 許容応力度とは

➤



★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



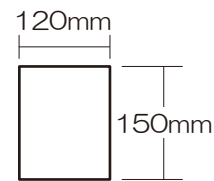
$$P < 20,000 [\text{N}]$$



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 12』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

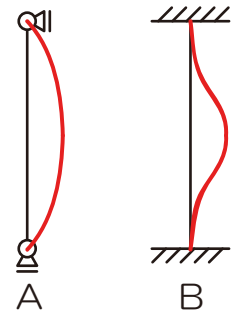
➤



## 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

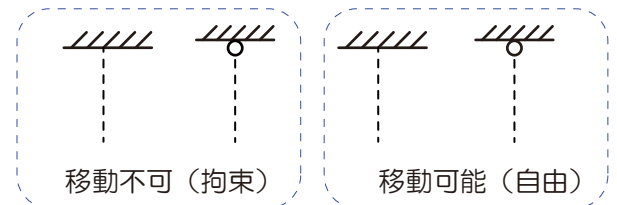
### (2) 座屈長さの取り方

#### ■ 座屈長さ ( $l_k$ )

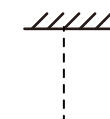
- 支持条件と材長より求める
- 

#### ■ 座屈長さ係数の判別方法

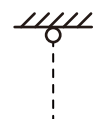
- 支持条件により決定、実際に図示して確認、チェック項目は以下の2つ
- 上端移動：



支点種類：



固定支点



ピン支点

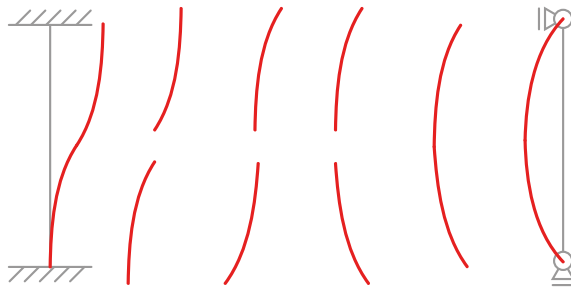


■ 座屈長さ係数

➢ 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				





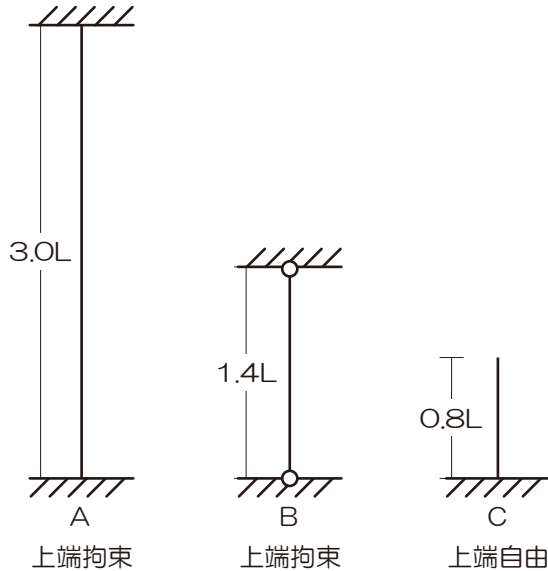
(3) 弾性座屈荷重

■ 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



$$P_B > P_A > P_C$$

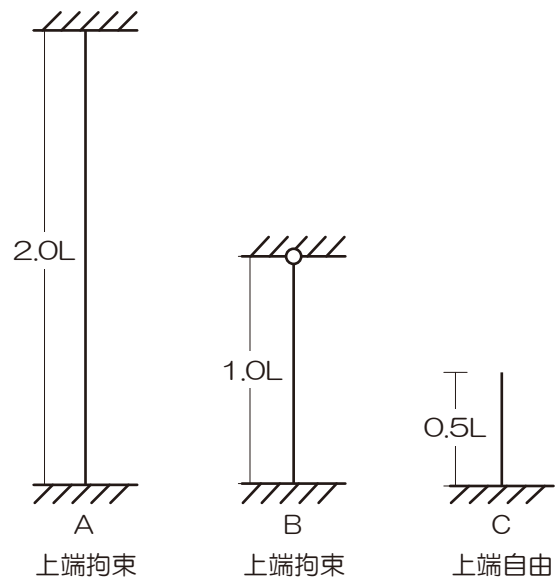
『解法 15』 座屈 『教科書 P70 : 口問題 3、P71 : 口問題 4、P72 : 口問題 5/口問題 6、P73 : 口問題 7、P74 : 口問題 8』

【問題集 P311 : 口問題 14/口問題 13、P312 : 口問題 12、P313 : 口問題 11/口問題 10、P314 : 口問題 09/口問題 08】

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 15』 座屈

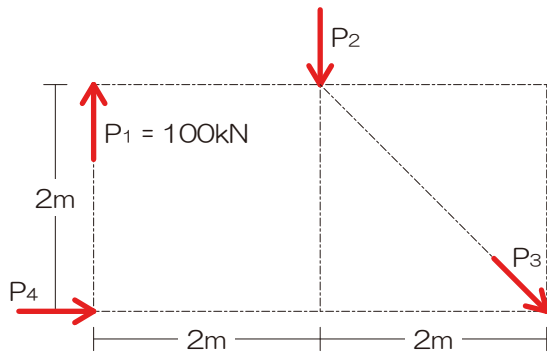
- 1) 上端の移動をチェック
- 2) 支点の形状をチェック
- 3) 上記 2 点より座屈の状況を図示
- 4) 座屈の状況より座屈長さを算定
- 5) 弾性座屈荷重の大きさを比較



$$P_B > P_A = P_C$$

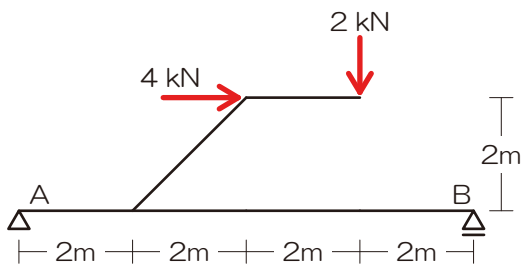


【問 1】以下の4つの荷重がつり合っている場合、未知力  $P_2 \cdot P_3 \cdot P_4$  を求めよ。



$$P_2 = 200[kN]、P_3 = -100\sqrt{2}[kN]、P_4 = 100[kN]$$

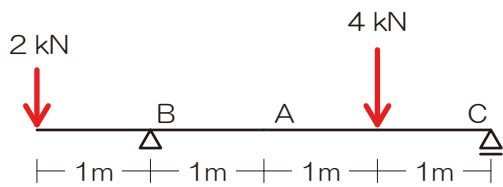
【問 2】以下の構造物の各支点の反力を求めよ。



$$V_A = -\frac{1}{2}[kN]、V_B = \frac{5}{2}[kN]、H_A = -4[kN]$$

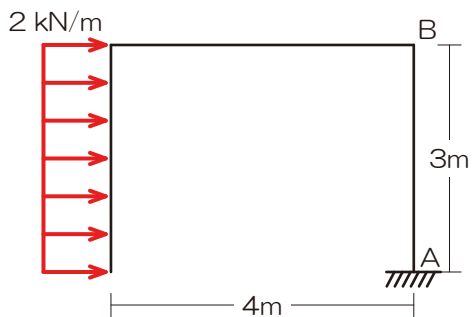


【問 3】以下の構造物の A 点における曲げモーメントを求めよ。



$$M_A = 0 [kNm]$$

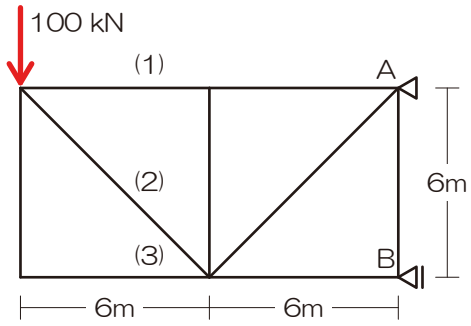
【問 4】以下の構造物の B 点における曲げモーメントを求めよ。



$$M_B = 9 [kNm]$$

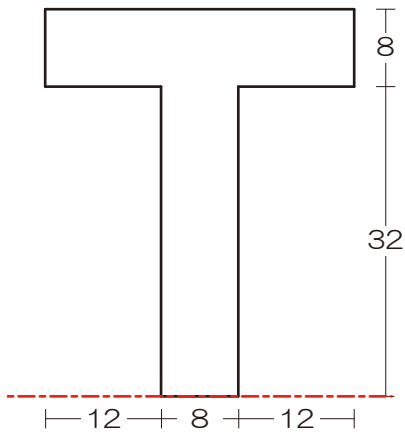


【問 5】以下の(1)～(3)の各点の曲げモーメントを求めよ。



$$N_{(1)} = 100[kN]、N_{(2)} = -100\sqrt{2}[kN]、N_{(3)} = 0[kN]$$

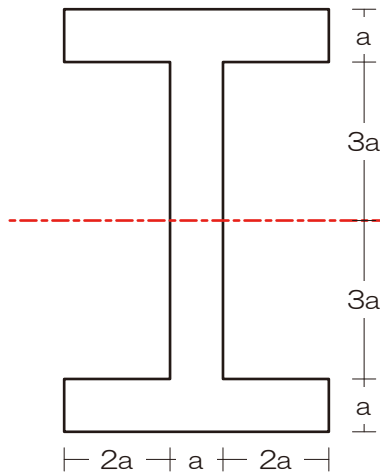
【問 6】以下の断面の「図心」の位置を求めよ。



解答：底部より 26

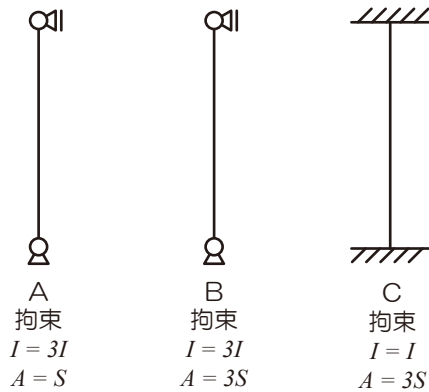


【問 7】 以下の断面の示された軸における「断面 2 次モーメント」および縁部分の「断面係数」をそれぞれ求めよ。



解答 :  $I = 424a^4/3$ 、 $Z = 106a^3/3$

【問 8】 以下の各柱における「座屈荷重」を求めよ。ただし、上端の支持条件、各部材の断面形状等を以下に示すものとする（ $I$ …断面 2 次モーメント、 $A$ …断面積）。また各部材の長さを  $h$ 、ヤング係数は共通で  $E$  とする。（H9）



解答 :  $N_{kA} = 3\pi^2EI/(h^2)$ 、 $N_{kB} = 3\pi^2EI/(h^2)$ 、 $N_{kC} = 4\pi^2EI/(h^2)$



【解答】

【問 1】 ターゲット以外の未知力の作用線の関係に注目ですね

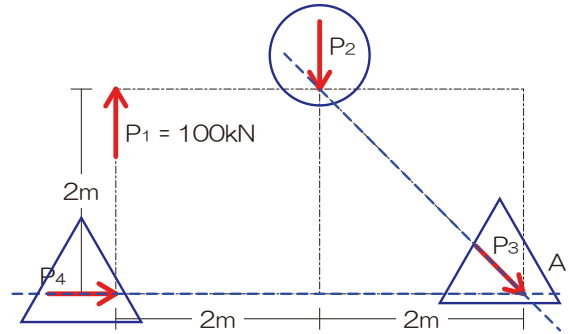
- 1) 求めたい未知力（ターゲット）を○チェック
- 2) ターゲット以外の未知力を△チェック
- 3) ターゲット以外の未知力の作用線を図示
- 4) 上記作用線が交差するなら⇒交点のモーメントに着目（ $M_o = 0$ ）、平行なら⇒直行する軸のつり合いに着目（ $\sum Y = 0$  もしくは  $\sum X = 0$ ）

$P_2$  を求める ⇒ ターゲット以外の未知力が交差

$P_3$  と  $P_4$  の交点に着目

$$M_A = +100 \times 4 - P_2 \times 2 = 0$$

$$P_2 = 200[kN]$$



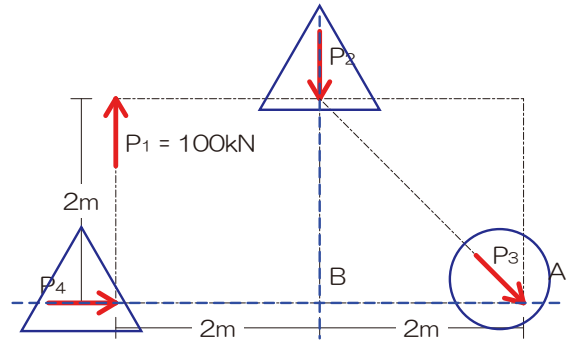
$P_3$  を求める ⇒ ターゲット以外の未知力が交差

$P_2$  と  $P_4$  の交点に着目

$$M_B = +100 \times 2 + P_3 \times 2 = 0$$

$$+100 \times 2 + \frac{P_3}{\sqrt{2}} \times 2 = 0$$

$$P_3 = -100\sqrt{2}[kN]$$

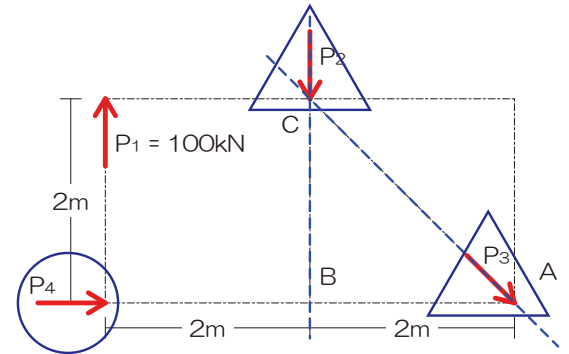


$P_4$  を求める ⇒ ターゲット以外の未知力が交差

$P_2$  と  $P_3$  の交点に着目

$$M_C = +100 \times 2 - P_4 \times 2 = 0$$

$$P_4 = 100[kN]$$



【問2】反力を図示からの力のつり合いですね

- 1) 生じる可能性のある反力を図示
- 2) 求めたい未知力（ターゲット）を○チェック
- 3) ターゲット以外の未知力を△チェック
- 4) ターゲット以外の未知力の作用線を図示
- 5) 上記作用線が交差するなら⇒交点のモーメントに着目、交差しないなら⇒直行する軸のつり合いに着目
- 6) 残りの反力はそれ以外のカードを用いて求める

$V_A$  を求める ⇒  $H_A$  と  $V_B$  の交点に着目

$$M_B = +V_A \times 8 + 4 \times 2 - 2 \times 2 = 0$$

$$V_A = -\frac{1}{2} [kN]$$

$H_A$  を求める ⇒ 水平方向の力のつり合いに着目

$$\sum X = +H_A + 4 = 0$$

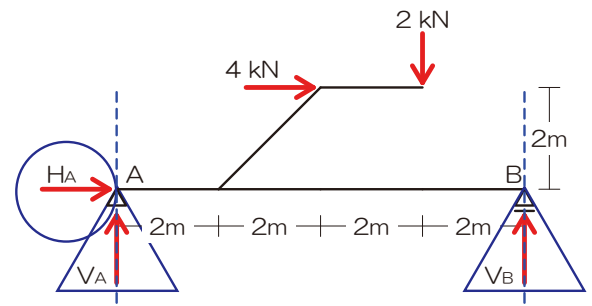
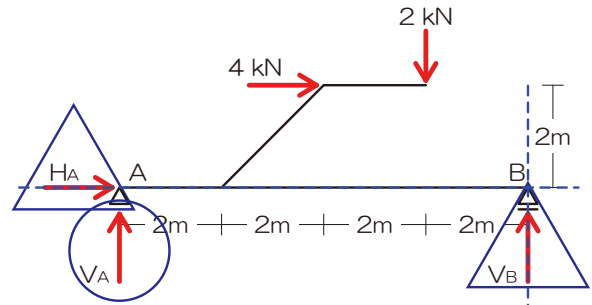
$$H_A = -4 [kN]$$

$V_B$  を求める ⇒ 鉛直方向の力のつり合いに着目

$$\sum Y = +V_A + V_B - 2 = 0$$

$$-\frac{1}{2} + V_B - 2 = 0$$

$$V_B = \frac{5}{2} [kN]$$



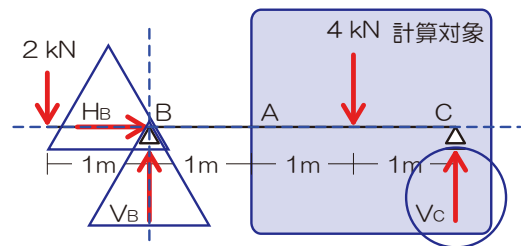
【問3】まずは応力を求める点で【切断】⇒【選択】

- 1) 生じる可能性のある反力を図示
- 2) 応力を求めたい点で構造体を【切断】！
- 3) 計算対象を【選択】 ⇒ 計算対象は右側
- 4) もし、未知力が入っていたら、未知力を求める

$V_C$  を求める ⇒  $H_B$  と  $V_B$  の交点に着目

$$M_B = -2 \times 1 + 4 \times 2 - V_C \times 3 = 0$$

$$V_C = 2 [kN]$$



- 5) せん断力は軸に対して鉛直な力、軸方向力は軸に平行な力、曲げモーメントはとにかく計算対象側全部の力

A 点の曲げモーメントは

$$M_A = +4 \times 1 - V_C \times 2$$

$$M_A = +4 \times 1 - 2 \times 2$$

$$M_A = 0 [kNm]$$



【問 4】片持ち意地でも支点が入らない側を選択しましょう

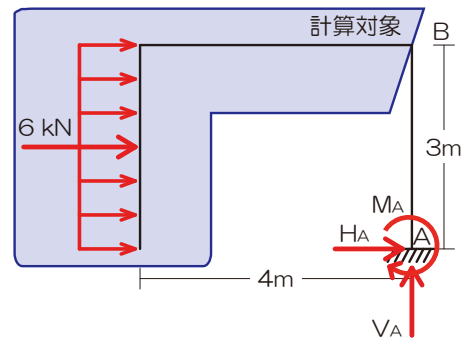
切断、計算対象は左

B 点の曲げモーメントは

$$M_B = -6 \times \frac{3}{2}$$

$$M_B = -9$$

$$M_B = 9[kNm]$$



【問 5】切断法を用いましょう（支点が無い方を選択ですよ）

- 1) 反力を図示
- 2) 【切断】面を決定 ⇒ 計算対象側を【選択】

⇒ 左とする

- 3) 切断された部材内の応力を仮定
- 4) 力のつり合いにて未知力を算定

⇒  $N_{(1)}$  を求める ⇒ 交点 O に着目

$$M_O = +N_{(1)} \times 6 - 100 \times 6 = 0$$

$$N_{(1)} = 100[kN]$$

⇒  $N_{(3)}$  を求める ⇒ 交点 Q に着目

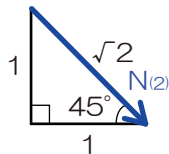
$$M_Q = 100 \times 0 - N_{(3)} \times 6 = 0$$

$$N_{(3)} = 0[kN]$$

⇒  $N_{(2)}$  を求める ⇒ 鉛直方向の力のつり合い

$N_{(2)}$  を縦・横に分力

$$N_{(2)Y} = N_{(2)} \times \frac{1}{\sqrt{2}}$$



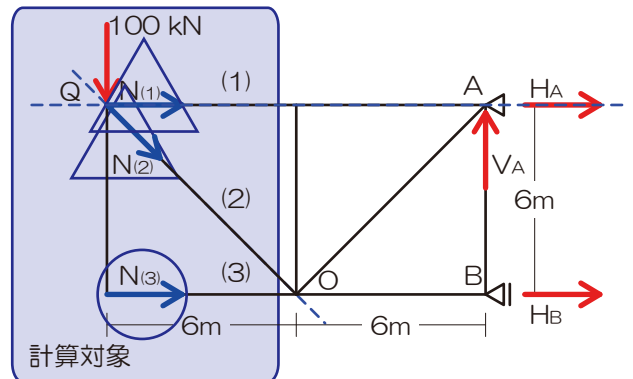
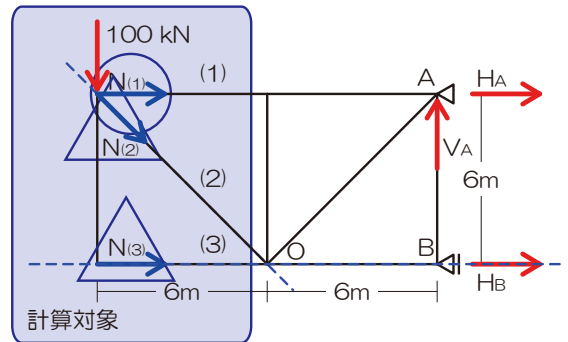
鉛直方向の力のつり合いより

$$\sum Y = -N_{(2)Y} - 100 = 0$$

$$-N_{(2)Y} = 100$$

$$-N_{(2)} \times \frac{1}{\sqrt{2}} = 100$$

$$N_{(2)} = -100\sqrt{2}[kN]$$





【問6】 対象軸を決定の後、断面を分割して考えましょう

- 1) 軸を確認 (今回は底部)
- 2) 矩形 (長方形) に分割 ⇒ 右図
- 3) 断面全体の断面 1 次モーメントを求める

青部分の断面 1 次モーメントは

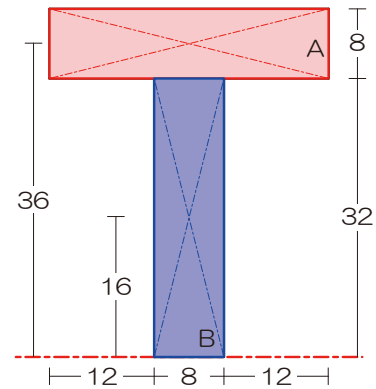
$$S_A = A_A \times y_A \quad \text{このまま放置 (計算しない)}$$

$$S_A = (32 \times 8) \times 16$$

赤部分の断面 1 次モーメントは

$$S_B = A_B \times y_B \quad \leftarrow \text{上に同じ}$$

$$S_B = (8 \times 32) \times 36$$



- 4) 断面 1 次モーメントの合計を全断面積で除す

全体の断面積は

$$A_{All} = (8 \times 32) + (32 \times 8)$$

図心の位置を求める (公式に代入)

$$y = \frac{S_A + S_B}{A_A + A_B}$$

$$y = \frac{(32 \times 8) \times 16 + (8 \times 32) \times 36}{(8 \times 32) + (32 \times 8)}$$

$$y = \frac{(32 \times 8)(16 + 36)}{(32 \times 8) \times 2}$$

$$y = \frac{16 + 36}{2}$$

$$y = 26$$

【問7】 複雑な断面は分割し考える (分割図形の軸は揃えてね!)

- 1) 軸を確認
- 2) 図心が等しくなるように断面を分割 ⇒ 右図
- 3) 各断面の断面 2 次モーメントを求め足し引き

断面 2 次モーメントを求める

$$I = I_A - I_B \times 2$$

$$I_A = \frac{5a \times 8a \times 8a \times 8a}{12}$$

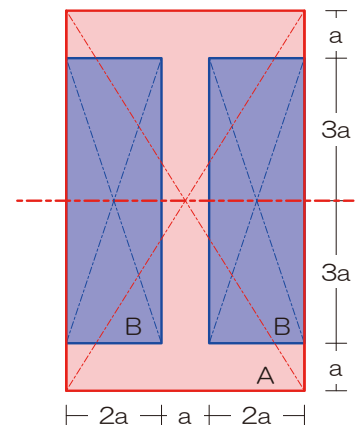
$$I_A = \frac{640}{3} a^4$$

$$I_B = \frac{2a \times 6a \times 6a \times 6a}{12}$$

$$I_B = 36a^4$$

$$I = \frac{640}{3} a^4 - 36a^4 \times 2$$

$$I = \frac{424}{3} a^4$$



- 3) 断面係数は断面二次 M をせいの半分で除す

断面係数を求める

$$Z = \frac{I}{y/2}$$

$$Z = \frac{424}{3} a^4 \times \frac{2}{8a}$$

$$Z = \frac{106}{3} a^3$$



【問 8】 ヒックケ問題です…断面積は関係ないですね

- 1) 上端の移動をチェック
- 2) 支点の形状をチェック ⇒ 右図
- 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

$$l_{kA} = 1.0 \times h = 1.0h$$

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

$$l_{kC} = 0.5 \times h = 0.5L$$

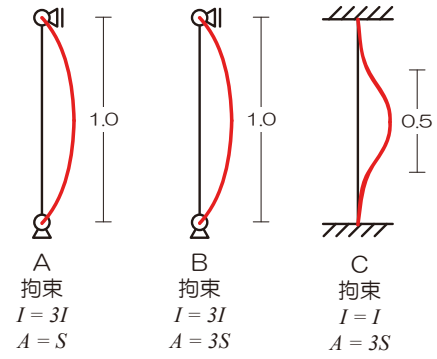
- 5) 弾性座屈荷重の大小を求める

$$N_k = \frac{\pi^2 EI}{l_k^2} \text{ より}$$

$$N_{kA} = \frac{\pi^2 E 3I}{(h)^2} = \frac{3\pi^2 EI}{h^2}$$

$$N_{kB} = \frac{\pi^2 E 3I}{(h)^2} = \frac{3\pi^2 EI}{h^2}$$

$$N_{kC} = \frac{\pi^2 EI}{(0.5h)^2} = \frac{\pi^2 EI}{(1/2h)^2} = \frac{4\pi^2 EI}{h^2}$$



日々の復習をお忘れなく！

以上！

