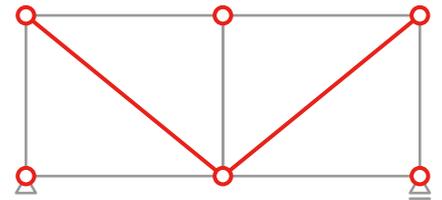


1-6 静定トラス部材に生ずる力

1-6-1 トラス構造

■ トラス構造とは

- 曲げモーメントを生じさせないように節点をピンで構成
⇒ 安定させるために斜めの材を入れて三角形で構成



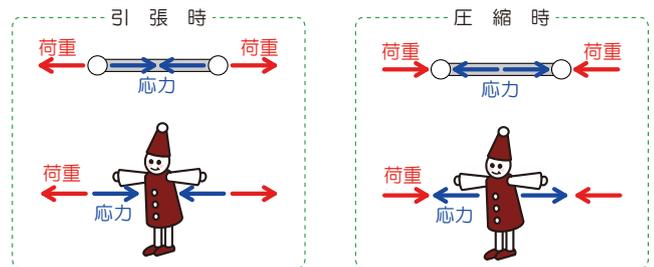
1-6-2 トラス部材に生ずる力（応力）

■ トラスに生じる応力

- 曲げモーメントが生じない場合にはせん断力も生じない ⇒ 軸方向力のみ
- 「トラスの応力を求めよ」=軸方向力を求めなさいって意味です

■ 荷重と応力の向き

- 引張られた際には応力は「内側」を向き、潰された（圧縮された）際には「外側」を向きます



1-6-3 トラス部材に生ずる力（応力）の求め方

■ 切断法

- 建築士試験において最も一般的な解法
- 前回学んだ応力の求め方（【応力】は【切断】し、いずれかを【選択】する）とほぼ同じ

■ 節点法

- 任意の節点（もしくは支点）に着目、その点に作用する力（荷重・反力・応力）のつり合い式を用いて未知力を求める
- ただし、使えるつり合い式は、縦の力の合計が0もしくは横の力の合計が0の2つのみであるので選択した節点への力のうち未知のものが3つ以上あると使えない

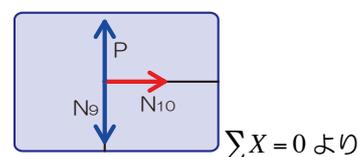
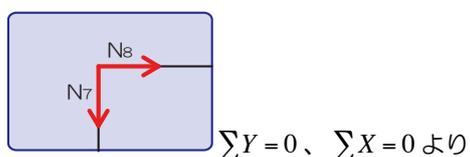
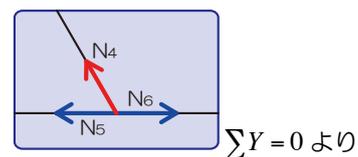
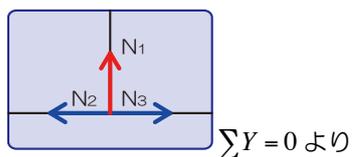
■ 図解法

- 節点法と同様に任意の節点（もしくは支点）に着目し、その点に作用する力（荷重・反力・応力）のつり合いを図に示しながら未知力を求める方法、正確な作図が要求されるので、建築士試験では採用する人はほぼいない（ハズ…）

1-6-4 トラス部材に生ずる力（応力）の性質

■ ゼロメンバー

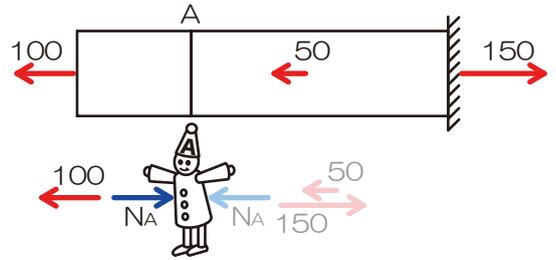
- 節点法の解法より、応力が生じない部材を一撃で選別することが可能です



1-6-5 節点法で部材に生ずる力（応力）を求める

■ 節点法とは

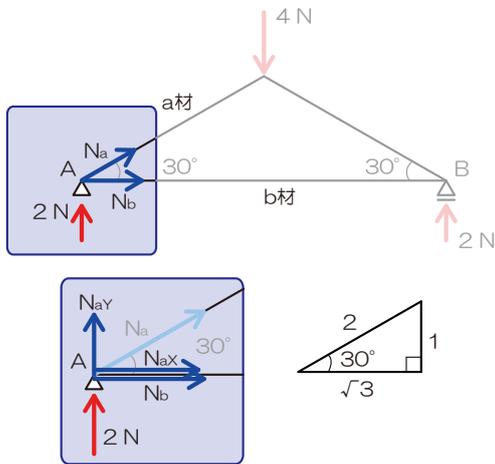
- 任意の支点・節点に着目し、その点に作用する「荷重・反力」と「応力」のつり合い条件より未知の「応力」を求める
- これまでは、上記のように節点法の説明を行ってきましたが、どうやらちょっと生温いようですので、ピシッと言い切ってみます



■ 節点法とは（その2）

- 任意の支点・節点を【えぐり取って】、その点のみに作用する力のつり合いより未知の応力を求める解法
- 【えぐり取った】際には、くっ付いている部材分だけ【生じる可能性のある応力を図示】
- 部材の少ない支点・節点から計算を始めないと解けないので注意！

★最終確認 11★ トラス（節点法）以下のトラスの a、b 材の応力を求めてみましょう



- 1) 生じる可能性のある反力を図示
- 2) 任意の支点・節点をえぐり取る
⇒ 必ず支点・節点からベクトル表記
- 3) 荷重・反力と仮定した応力のつり合い条件より。未知の応力を算定
⇒ 使えるつり合い式は $\sum X=0$ 、 $\sum Y=0$ のみ

斜めの荷重をたて・横に分力しておきます

$$N_{ay} = N_a \times \frac{1}{2}$$

$$N_{ax} = N_a \times \frac{\sqrt{3}}{2}$$

縦方向の力の釣り合いより

$$\sum Y = +2 + N_{ay} = 0$$

$$+2 + \frac{N_a}{2} = 0$$

$$N_a = -4[N]$$

横方向の力のつり合いより

$$\sum X = +N_{ax} + N_b = 0$$

$$N_a \times \frac{\sqrt{3}}{2} + N_b = 0$$

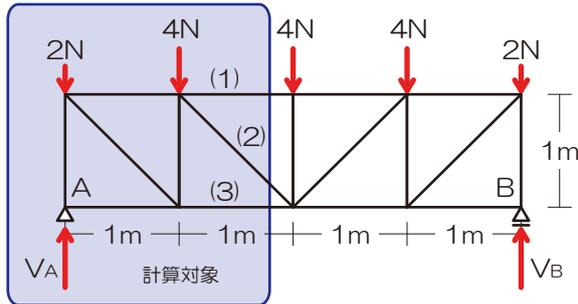
$$-4 \times \frac{\sqrt{3}}{2} + N_b = 0$$

$$N_b = 2\sqrt{3}[N]$$

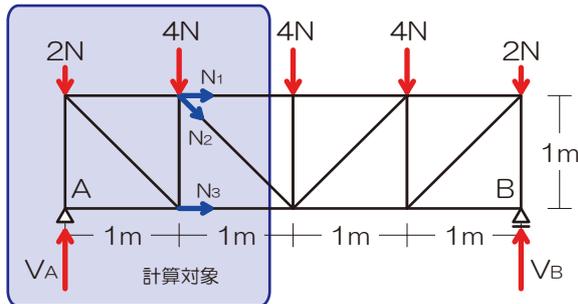


1-6-6 切断法で部材に生ずる力（応力）を求める

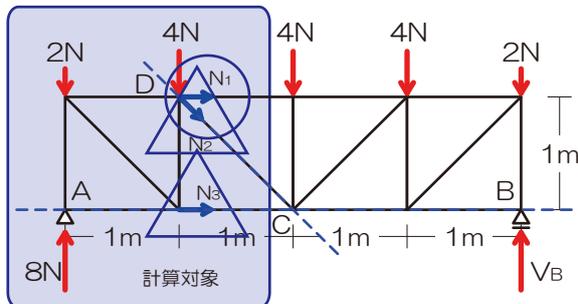
★最終確認 12★ トラス（切断法）以下のトラスの（1）～（3）材の応力を求めてみましょう



- 1) 反力を図示
- 2) 【切断】面を決定 ⇒ 計算対象側を【選択】
 - ※ 求める必要のある部材を含む3本で切断
 - (2本で切断しても良いですが旨みは少ないですよ)



- 3) 切断された部材内の応力を仮定
 - ※ 必ず計算対象側の支点・節点からベクトル表記



- 4) 力のつり合いにて未知力を算定
 - ※ ターゲット以外の未知力が交差？並行？

N_1 を求める

$$M_C = +8 \times 2 - 2 \times 2 - 4 \times 1 + N_1 \times 1 = 0$$

$$N_1 = -8[N]$$

N_3 を求める

$$\sum X = N_1 + N_{2X} + N_3 = 0$$

$$-8 + 2 + N_3 = 0$$

$$N_3 = 6$$

N_2 を求める

$$\sum Y = +8 - 2 - 4 - N_{2Y} = 0$$

$$N_{2Y} = 2[N]$$

また N_{2Y} は

$$N_{2Y} = N_2 \times \frac{1}{\sqrt{2}} \quad \text{ゆえに} \quad N_2 \times \frac{1}{\sqrt{2}} = 2$$

$$N_2 = 2\sqrt{2}$$

もしくは

$$M_D = +8 \times 1 - 2 \times 1 - N_3 \times 1 = 0$$

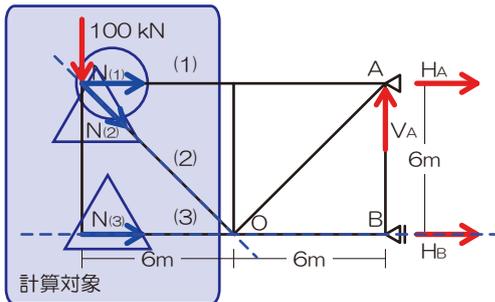
$$N_3 = 6[N]$$



図のような外力を受ける静定トラスにおいて、部材 (1)・(2)・(3) に生じる軸方向力を求めよ。

『解法 09』 トラスの応力

- 1) 反力を図示
- 2) 【切断】面を決定 ⇒ 計算対象側を【選択】
⇒ **すべて左とする**
- 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



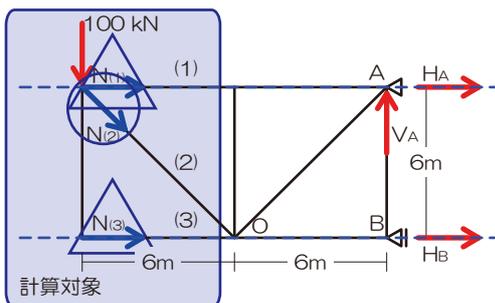
※ $N_{(1)}$ を求める (交点 O に着目)

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

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

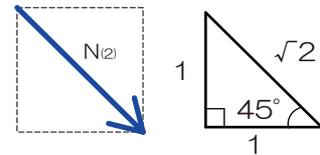
※ $N_{(2)}$ を求める (縦の力のつり合い)

45度のちっこい三角形より $N_{(2)Y}$ を求める



$$N_D = N_{DY} \times \sqrt{2}$$

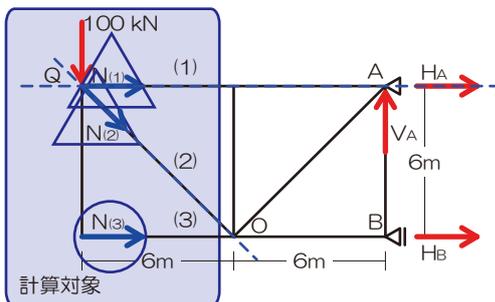
$$N_D = \sqrt{2} [kN]$$



計算対象側の縦方向の力は荷重 100[kN] と $N_{(2)}$ の縦成分である $N_{(2)Y}$ のみ

$$\sum Y = -100 - N_{(2)} \times \frac{1}{\sqrt{2}} = 0$$

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



※ $N_{(3)}$ を求める (交点 Q に着目)

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

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

と言うよりも…ゼロメンバーですね…

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



1-7 断面の性質

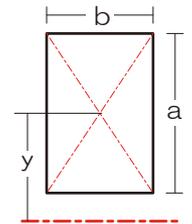
1-7-1 断面一次モーメント

■ 断面1次モーメントとは

- 図心の位置（対象軸から図心までの距離）を求める際に必要、図心とは：降伏を開始するまでの曲げモーメントの「中立軸」とも定義される（力学においては…）

□ $S = A \times y$ S …断面1次モーメント、 A …断面積、 y …対象軸から図心までの距離

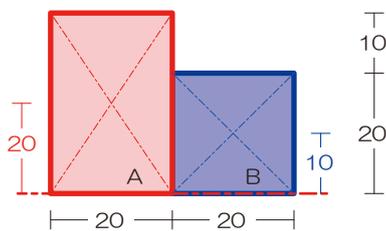
$$S = (a \times b) \times y$$



- 逆に…対象軸から図心までの距離を求めたかったら

□ $y = \frac{S}{A}$ ⇒ 断面全体の断面1次モーメントを求めて断面積で割れば良い、って意味ですね

★最終確認 13★ 図心（断面1次モーメント）以下の断面における図心の位置を底部からの距離で求めてみましょう



1) 軸を確認 ⇒ 今回は底部

2) 矩形（長方形）に分割（お好きなように…）⇒ 左図

3) 断面全体の断面1次モーメントを求める

⇒ 合算可能なのは軸が同一の場合のみね！

$$S_{All} = S_A + S_B$$

$$S_{All} = (30 \times 20) \times 20 + (20 \times 20) \times 10$$

4) 断面1次モーメントの合計を全断面積で除す

⇒ 断面全体の面積を求める

$$A_{All} = A_A + A_B$$

$$A_{All} = (30 \times 20) + (20 \times 20)$$

⇒ 図心の位置を求める

$$y = \frac{S_{All}}{A_{All}}$$

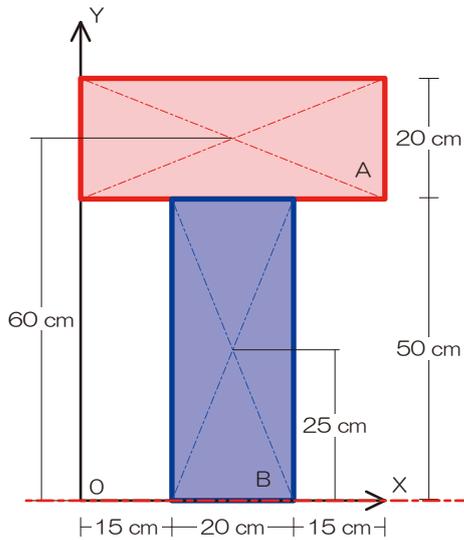
$$y = \frac{(30 \times 20) \times 20 + (20 \times 20) \times 10}{(30 \times 20) + (20 \times 20)}$$

$$y = \frac{(30 \times 20) \times 20 + (20 \times 20) \times 10}{(30 \times 20) + (20 \times 20)}$$

$$y = \frac{600 + 200}{30 + 20}$$



以下の断面の図心の位置を求めよ。なお、底部からの距離で示せ。



『解法 10』 図心 (断面一次モーメント)

- 1) 軸を確認 ⇒ 今回は底部
- 2) 矩形 (長方形) に分割 (お好きなように...) ⇒ 左図
- 3) 断面全体の断面 1 次モーメントを求める

$$S_{All} = S_A + S_B$$

$$S_{All} = (20 \times 50) \times 60 + (50 \times 20) \times 25$$

- 4) 断面 1 次モーメントの合計を全断面積で除す

⇒ 断面全体の面積を求める

$$A_{All} = A_A + A_B$$

$$A_{All} = (20 \times 50) + (50 \times 20)$$

⇒ 図心の位置を求める

$$y = \frac{S_{All}}{A_{All}}$$

$$y = \frac{(20 \times 50) \times 60 + (50 \times 20) \times 25}{(20 \times 50) + (50 \times 20)}$$

$$y = \frac{(20 \times 50) \times 60 + (50 \times 20) \times 25}{(20 \times 50) + (50 \times 20)}$$

$$y = \frac{60 + 25}{2}$$

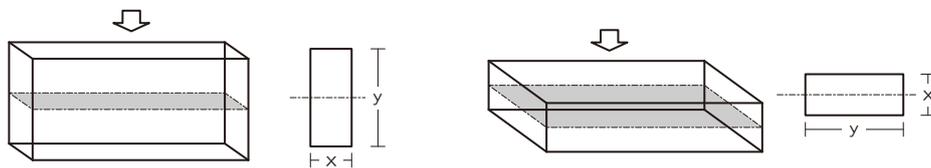
$$y = 42.5 [cm]$$

解答: 42.5[cm]

1-7-2 断面二次モーメント

■ 断面 2 次モーメントとは

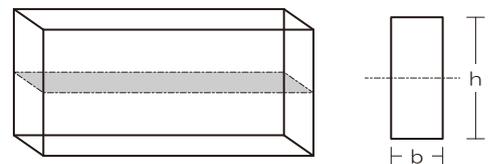
- 部材の変形 (たわみ・座屈) のし難さを表す、同一断面積でも、たわみの状況は異なる



- 図心の位置の断面 2 次モーメント (上段: 矩形、下段: 円)

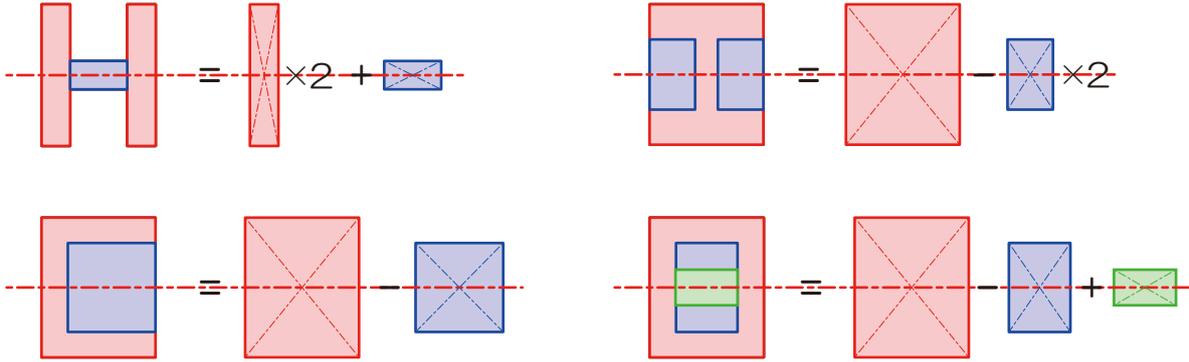
□ $I = \frac{bh^3}{12}$ b …幅、 h …せい (たわむ面、対象となる軸が交差する方向)

□ $I = \frac{\pi d^4}{64}$ d …直径

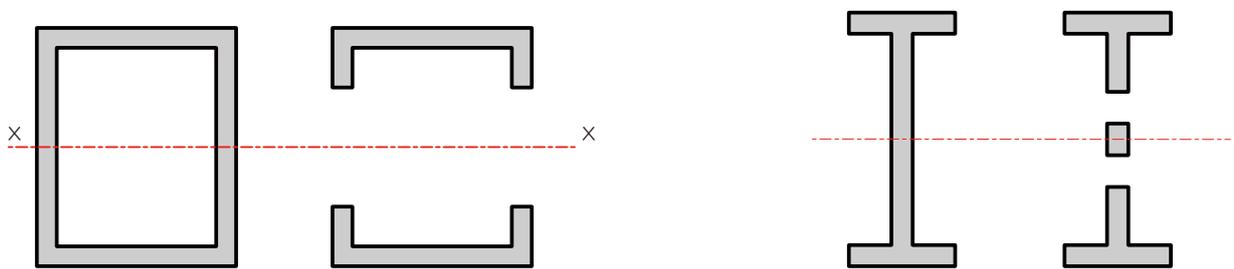


■ 複雑断面の断面 2 次モーメント

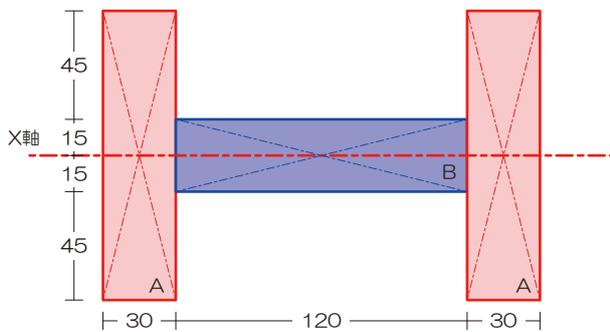
➢ 矩形（単純な長方形）に分割後（ただし、求める軸と各分割断面の図心位置がキレイに重なるように）に合算



➢ 2つの断面の差？



★最終確認 14★ 断面 2 次モーメント 以下の断面の図心位置における断面 2 次モーメントをもとめてみましょう



【解法 11】断面 2 次モーメント/断面係数

1) 軸チェック

⇒ X 軸

2) 図心が等しくなるように断面を分割

⇒ 左図のように分割

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

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

$$I_A = \frac{120 \times 30 \times 30 \times 30}{12}$$

$$I_B = \frac{30 \times 120 \times 120 \times 120}{12}$$

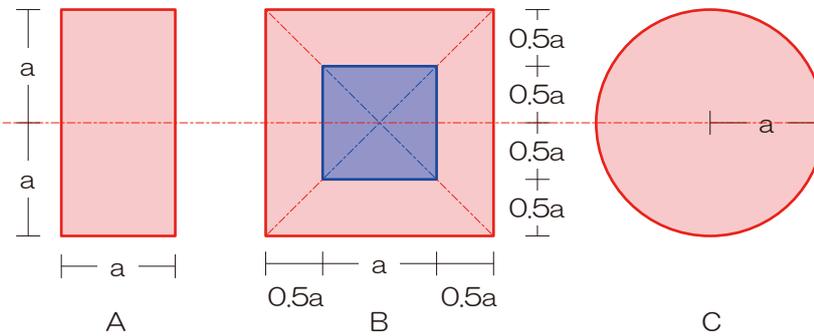
$$I = \frac{120 \times 30 \times 30 \times 30}{12} + \frac{30 \times 120 \times 120 \times 120}{12} \times 2$$

$$I = \frac{120 \times 30}{12} (30 \times 30 + 120 \times 120 \times 2)$$

$$I = 8910000$$



断面 A、B、C の X 軸に関する断面二次モーメント (I_A 、 I_B 、 I_C) の大小関係を示せ。【H20 (1 級)】



『解法 11』 断面 2 次モーメント

- 1) 軸チェック
- 2) 図心が等しくなるように断面を分割
- 3) 各断面の断面 2 次モーメントを求め足し引き

⇒ A 断面の断面二次モーメント

$$I_A = \frac{a \times 2a \times 2a \times 2a}{12}$$

$$I_A = \frac{8a^4}{12}$$

⇒ B 断面の断面二次モーメント

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

$$I_B = \frac{15a^4}{12}$$

⇒ C 断面の断面二次モーメント

$$I_C = \frac{\pi \times 2a \times 2a \times 2a \times 2a}{64}$$

$$I_C = \frac{\pi a^4}{4}$$

$$I_C = \frac{3 \times 3.14 a^4}{12}$$

⇒ ゆえに

$$I_B > I_C > I_A$$

解答： $I_B > I_C > I_A$

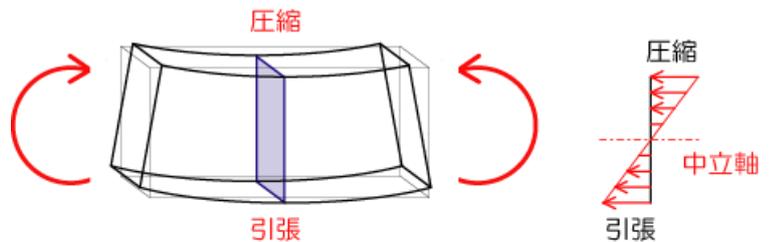
1-7-3 断面係数

■ 断面係数とは

- 曲げ応力度を求める際に使用

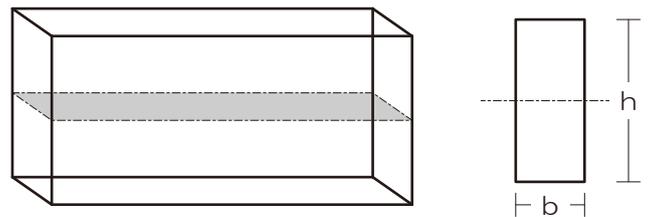
■ 曲げ応力度とは

- 曲げ応力度は断面位置で値が変化します ⇒ (算定するために) ⇒ 断面位置で値の変わる断面係数を用いる
- 曲げ応力度は断面位置で値が変わるのでメンドウ!? ⇒ 安全性をチェックする際には最大値(縁部分)しかチェックしないので、結果的には断面係数も縁部分(上下端)の値を用いることになります



- 断面係数 (Z) (縁部分)

□ $Z = \frac{I}{h/2}$ I…断面 2 次モーメント、h…せい、

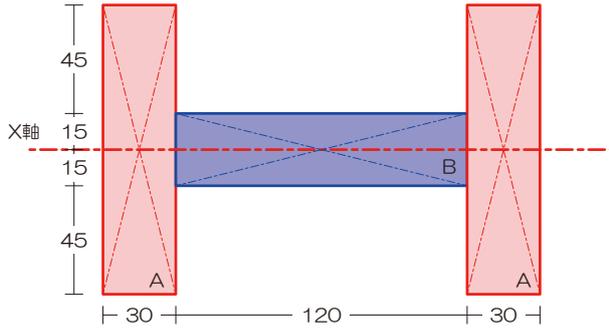


- 複雑な断面の断面係数：矩形(長方形)に分割後合算は出来

ません! 公式の通り、まずは断面 2 次モーメントを求め、その後せいの半分(中立軸から縁までのキヨリ)で除す



★最終確認 15★ 複雑断面の断面係数 以下の断面の底部における断面係数をもとめてみましょう



『解法 11'』 断面係数

- 1) 断面 2 次モーメントを求める
- 2) 図心から所定の軸までの距離で除す (底部ならばせいの半分)

⇒ 断面 2 次モーメントを求める

$$I_x = \frac{120 \times 30 \times 30 \times 30}{12} + \frac{30 \times 120 \times 120 \times 120}{12} \times 2$$

$$I_x = 8,910,000$$

⇒ 断面係数を求める

$$Z = \frac{I_x}{h/2}$$

$$Z = \frac{8,910,000}{60}$$

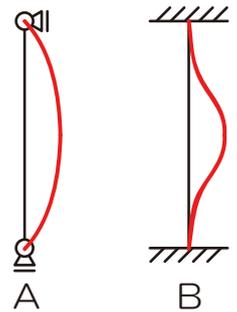
$$Z = 1,485,000$$

1-7-4 断面二次半径

■ 断面二次半径とは

- 座屈の生じにくさを示す係数 (過去に出題されたことが無いので、軽めにチェックしていただければ充分と思います)
- 断面二次半径 (i) (縁部分)

□ $i = \sqrt{\frac{I}{A}}$ I …断面 2 次モーメント、 A …断面積



■ 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



【要点チェック】

『解法 09』 トラス

難度：★★☆

コスパ：♥♥♥

H27

H26

H25

H24

H23

H22

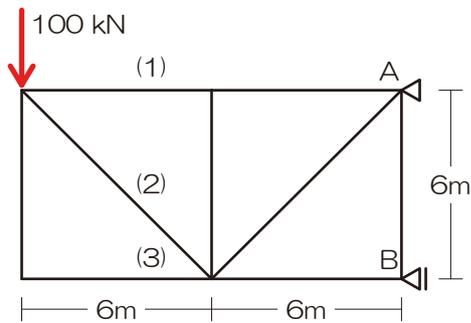
H21

H20

H19

H18

図のような外力を受ける静定トラスにおいて、部材 (1)・(2)・(3) に生じる軸方向力を求めよ。



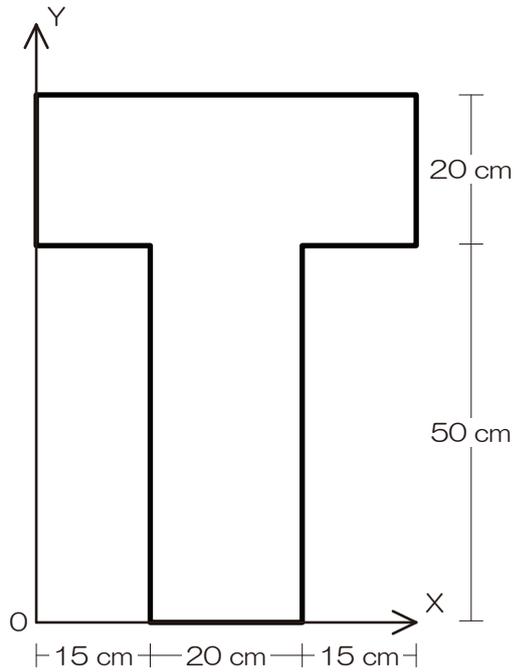
『解法 09』 トラスの応力

- 5) 反力を図示
- 6) 【切断】面を決定 ⇒ 計算対象側を【選択】
- 7) 切断された部材内の応力を仮定
- 8) 力のつり合いにて未知力を算定

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



以下の断面の図心の位置を求めよ。なお、底部からの距離で示せ。



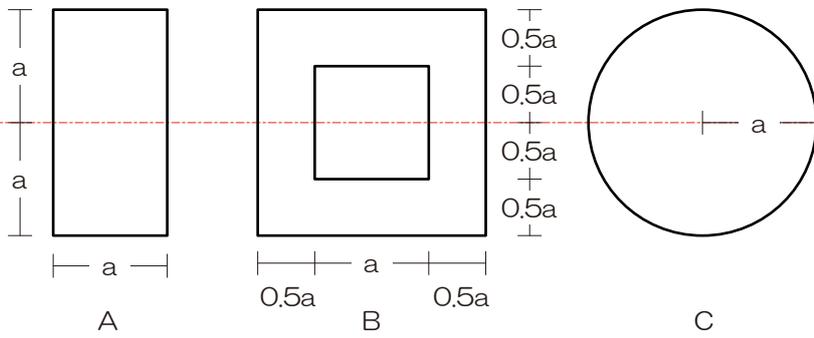
『解法 10』 図心 (断面一次モーメント)

- 1) 軸を確認
- 2) 矩形 (長方形) に分割 (お好きなように…)
- 3) 断面全体の断面 1 次モーメントを求める
- 4) 断面 1 次モーメントの合計を全断面積で除す

解答: 42.5[cm]



断面 A、B、C の X 軸に関する断面二次モーメント (I_A 、 I_B 、 I_C) の大小関係を示せ。【H20 (1 級)】



『解法 11』 断面 2 次モーメント

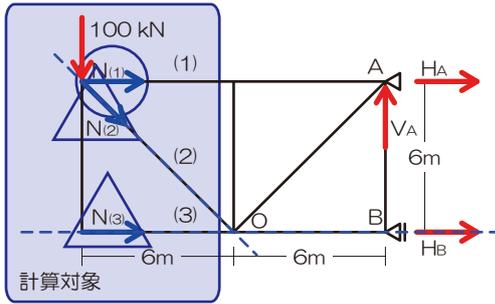
- 1) 軸チェック
- 2) 図心が等しくなるように断面を分割
- 3) 各断面の断面 2 次モーメントを求め足し引き

解答： $I_B > I_C > I_A$



【解答】

『解法 09』 トラスの応力



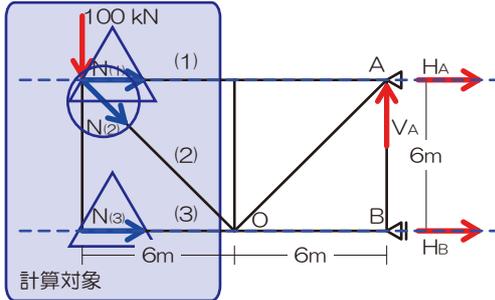
※ $N_{(1)}$ を求める (交点 O に着目)

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

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

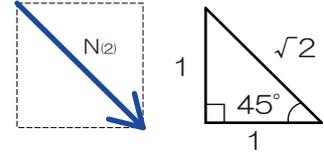
※ $N_{(2)}$ を求める (縦の力のつり合い)

45度のちっこい三角形より $N_{(2)Y}$ を求める



$$N_D = N_{DY} \times \sqrt{2}$$

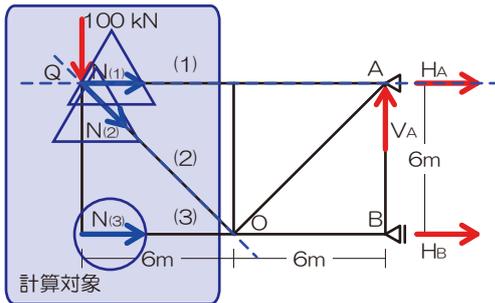
$$N_D = \sqrt{2} [kN]$$



計算対象側の縦方向の力は荷重 100[kN] と $N_{(2)}$ の縦成分である $N_{(2)Y}$ のみ

$$\sum Y = -100 - N_{(2)} \times \frac{1}{\sqrt{2}} = 0$$

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



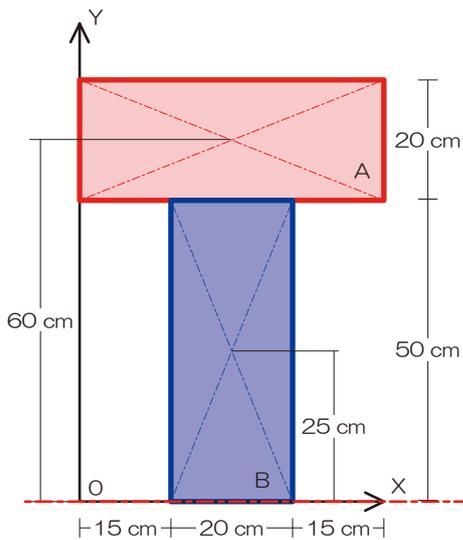
※ $N_{(3)}$ を求める (交点 Q に着目)

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

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

と言うよりも…ゼロメンバーですね…

『解法 10』 図心 (断面一次モーメント)



断面全体の断面 1 次モーメントを求める

$$S_{All} = S_A + S_B$$

$$S_{All} = (20 \times 50) \times 60 + (50 \times 20) \times 25$$

断面 1 次モーメントの合計を全断面積で除す

$$y = \frac{S_{All}}{A_{All}}$$

$$y = \frac{(20 \times 50) \times 60 + (50 \times 20) \times 25}{(20 \times 50) + (50 \times 20)}$$

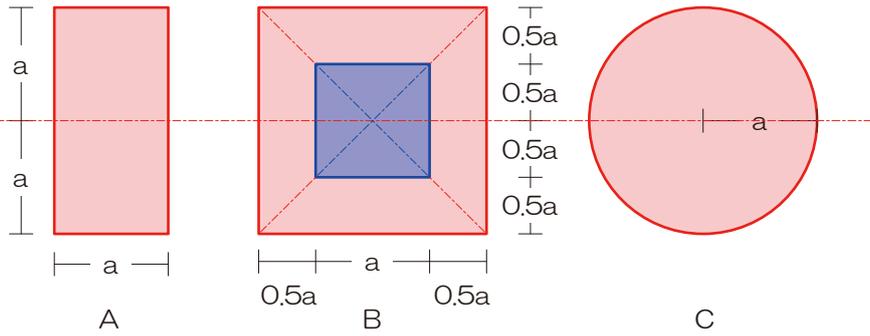
$$y = \frac{(20 \times 50) \times 60 + (50 \times 20) \times 25}{(20 \times 50) + (50 \times 20)}$$

$$y = \frac{60 + 25}{2}$$

$$y = 42.5 [cm]$$



『解法 11』 断面 2 次モーメント



⇒ A 断面の断面二次モーメント

$$I_A = \frac{a \times 2a \times 2a \times 2a}{12}$$

$$I_A = \frac{8a^4}{12}$$

⇒ B 断面の断面二次モーメント

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

$$I_B = \frac{15a^4}{12}$$

⇒ C 断面の断面二次モーメント

$$I_C = \frac{\pi \times 2a \times 2a \times 2a \times 2a}{64}$$

$$I_C = \frac{\pi a^4}{4}$$

$$I_C = \frac{3 \times 3.14 a^4}{12}$$

⇒ ゆえに

$$I_B > I_C > I_A$$

