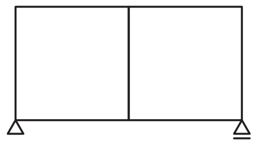
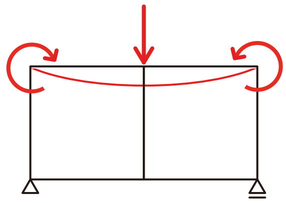
1-6　静定トラス部材に生ずる力

1-6-1　トラス構造

1）なんとしても長スパンの架構を作りたい

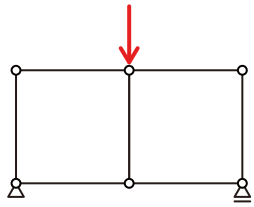


2）梁が曲げモーメントでやられる…

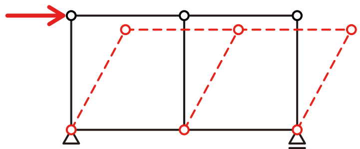


3）曲げモーメントが生じないようにするには　⇒

ピンで接合

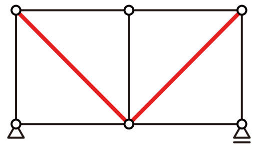


4）ピン接合では安定しない（自立できない）



5）斜めの材を入れて三角形で構成すれば安定する

ただし、荷重をかける位置は節点・支点のみね



1-6-2　トラス部材に生ずる力（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

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）に着目し、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

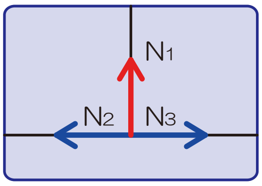
■　図解法

- 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…）

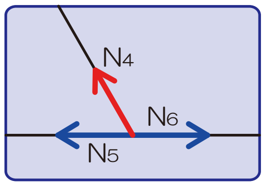
1-6-4　トラス部材に生ずる力（応力）の性質

■　ゼロメンバー

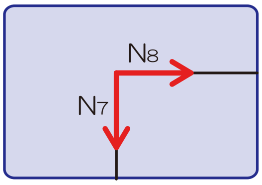
➢　節点法の解法より、応力が生じない部材を一撃で選別することが可能です



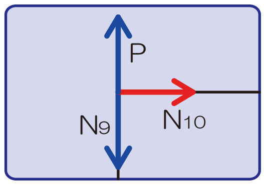
$\sum Y = 0$ より



$\sum Y = 0$ より



$\sum Y = 0$、$\sum X = 0$ より



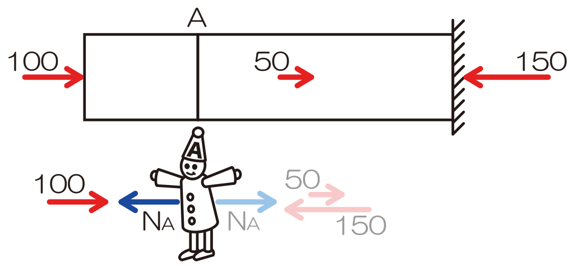
$\sum X = 0$ より

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

➢　トラス部材には、軸方向力しか生じない（せん断力が生じない）ことを利用し、未知の応力を導く解法

➢　任意の支点・節点に着目し、「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



■　節点法の解法

1）　任意の支点・節点に着目

2）　上記支点・節点に付随する部材の応力を仮定※1

※1 応力を仮定する場合には、必ず支点・節点からベクトルを図示（引張応力を仮定すること）

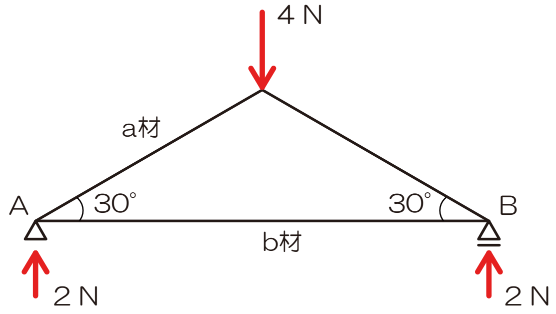
3）　上記支点・節点にかかる「荷重」「反力」と「応力」の力のつり合い※2 より未知の応力を求める

※2 使用可能なつり合い式は「縦方向の力の合計が0」「横方向の力の合計が0」の２式のみ

★重点対策 10★　節点法

★Q 10★　節点法にて以下のトラスの各部材の応力を求めてみましょう

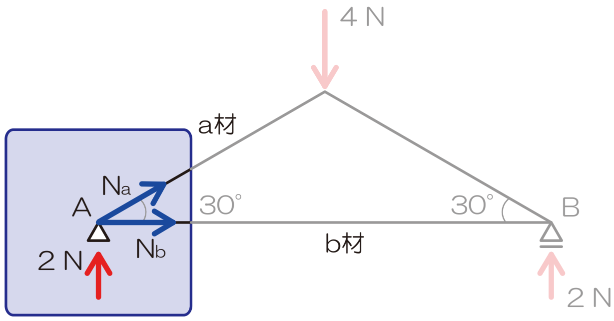
1）生じる可能性のある反力を図示



2）任意の支点・節点に着目

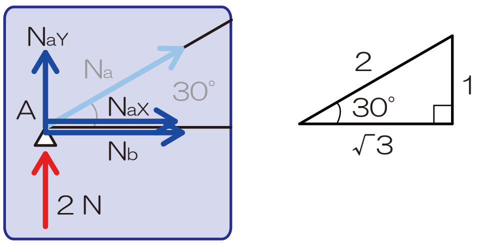
3）生じる可能性のある応力を仮定

⇒　必ず支点・節点からベクトル表記



4）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

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

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

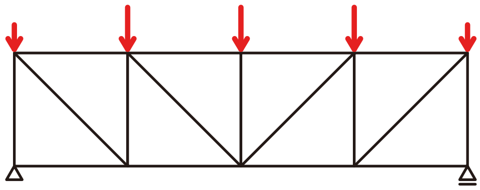
$$-4\times\frac{\sqrt{3}}{2}+N_b=0$$

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

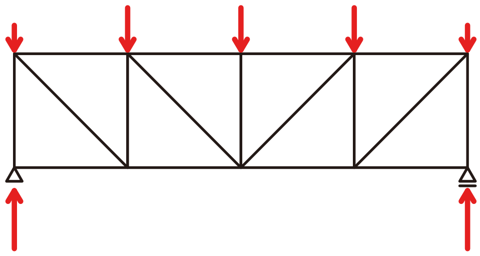
1-6-6　切断法で部材に生ずる力（応力）を求める

■　切断法の考え方（詳細）

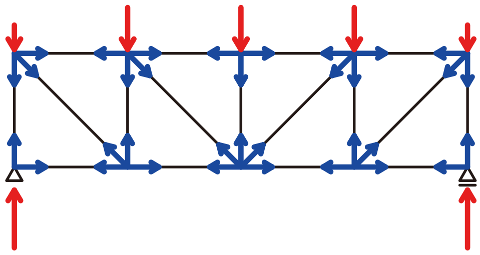
- 右のトラスを例に解説します



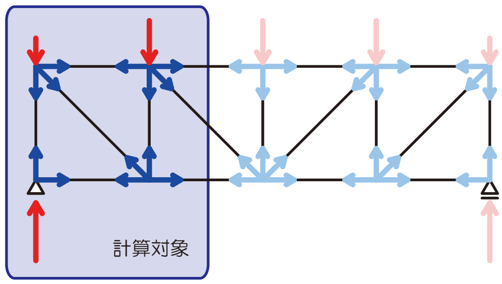
- 反力を図示（どんな問題でも鉄則）



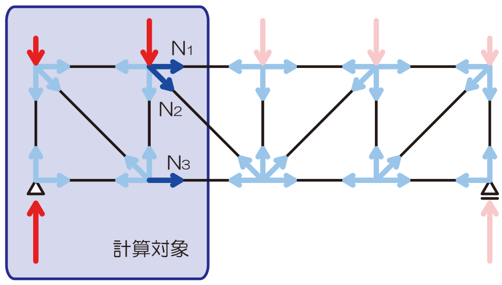
- 荷重がかかっていることから各部材は傷めつけられている（応力が生じている）はず



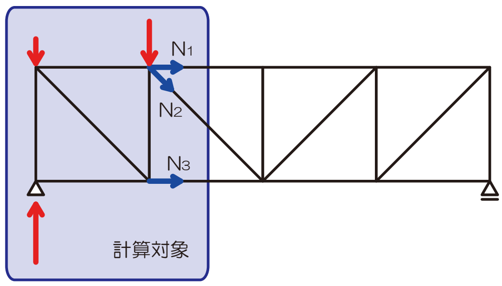
- 【応力】は【切断】⇒【選択】であるので以下のように左側を計算対象とする（右側の力は応力算定時には無視）



- 部材内の軸方向力は力の向きが反対で大きさが同じであるので打ち消し合う



- 計算対象側に残った力と応力は…



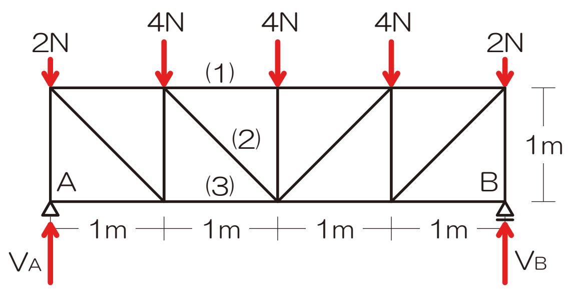
- 応力は計算対象片側の力をつり合うので、つり合い三式を用いて未知の応力を求めましょう

Ref. 全日本建築士会、
二級建築士合格セミナー
建築構造、オーム社

★Q 09★　切断法にて教科書 P42 図 10 の例題における（1）(2)(3)部材の応力を求めてみましょう

1）反力を図示

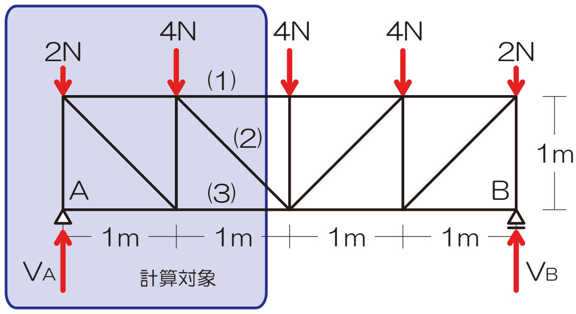
（いかなる問題でも鉄則）



2）【切断】面を決定　⇒　計算対象側を【選択】

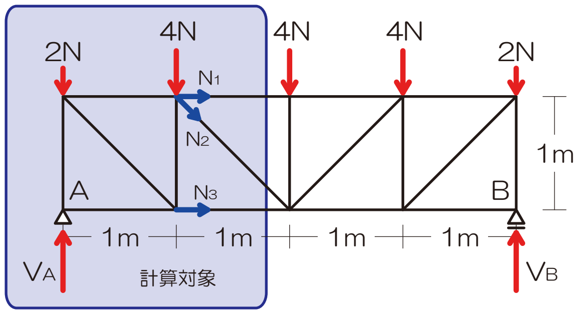
※　求める必要のある部材を含む３本で切断

（2 本で切断しても求められますが旨みは少ないですよ）



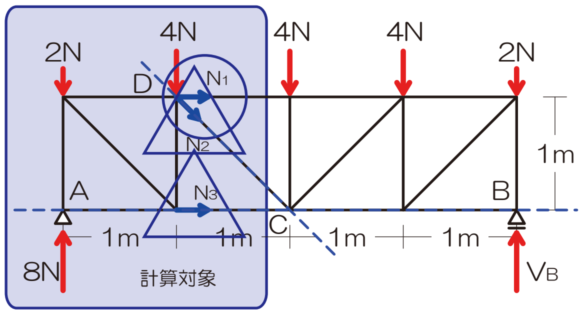
3）切断された部材内の応力を仮定

※　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

$$M_C = +8\times2-2\times2-4\times1+N_1\times1=0$$
$$N_1=-8[N]$$

N_2 を求める

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

また N_{2Y} は

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

N_3 を求める

$$\sum X = N_1+N_{2X}+N_3=0$$
$$-8+2+N_3=0$$
$$N_3=6$$

もしくは

$$M_D=+8\times1-2\times1-N_3\times1=0$$
$$N_3=6[N]$$

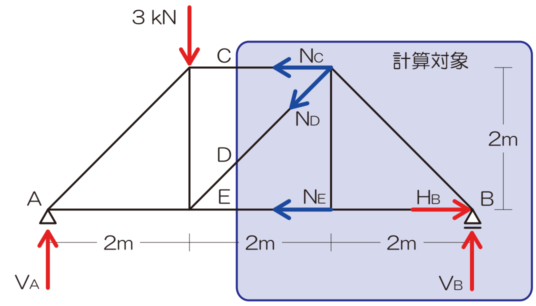
『過去問 08』トラスの応力『教科書：□P43/Q1、□P44/Q2、□P45/Q3、□P46/Q4、□P47/Q5、□P48/Q5』

【問題集：□P304/Q13、□P305/Q12、□P306/Q11、□P307/Q10、□P307/Q09、□P309/Q08、□P310/Q07】

{{CAUTION}}　教科書の問題は□P48/Q5 以外すべて節点法で解いています…節点法はあまりオススメの解法では無いので別途切断法の解法を次ページ以降に示します

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

『過去問解法手順 08』トラスの応力



1）反力を図示

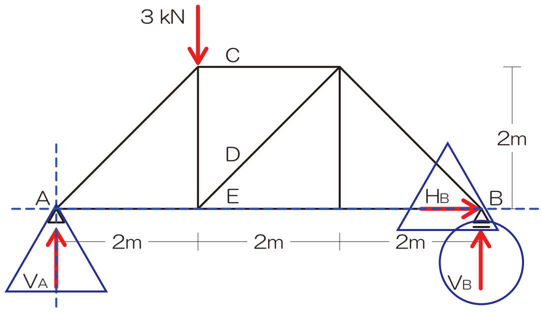
2）【切断】面を決定　⇒　計算対象側を【選択】

3）切断された部材内の応力を仮定

反力があるので反力 V_A を求める

V_B を求める（交点 A に着目）

$$M_A = +3 \times 2 - V_B \times 6 = 0$$
$$-6V_B = -3 \times 2$$
$$V_B = \frac{-3 \times 2}{-6}$$
$$V_B = 1[kN]$$

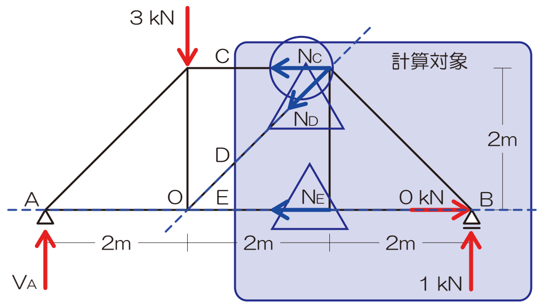


H_B を求める（水平方向の力のつり合い）

$$\sum X = H_B = 0[kN]$$

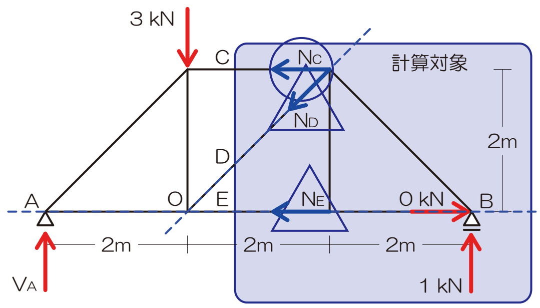
4）力のつり合いにて未知力を算定

※　N_C を求める（交点 O に着目）



$$M_O = -N_C \times 2 - 1 \times 4 = 0$$
$$-2N_C = 1 \times 4$$
$$N_C = \frac{1 \times 4}{-2}$$
$$N_C = -2[kN]$$

※　N_D を求める（縦の力のつり合い）



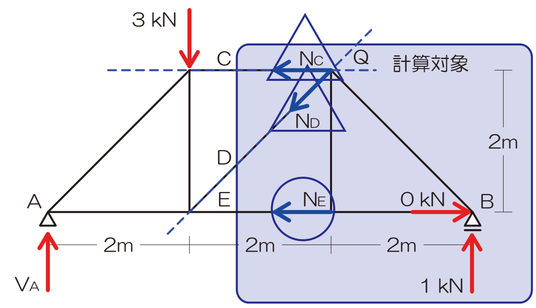
計算対象側の縦方向の力は反力 1[kN]と N_D の縦成分である N_{DY} のみ

$$\sum Y = -N_{DY} + 1 = 0$$
$$N_{DY} = 1$$

45 度のちっこい三角形より

$$N_D = N_{DY} \times \sqrt{2}$$
$$N_D = \sqrt{2}[kN]$$

※　N_E を求める（交点 Q に着目）



$$M_Q = +N_E \times 2 - 1 \times 2 = 0$$
$$2N_E = 1 \times 2$$
$$N_E = \frac{1 \times 2}{2}$$
$$N_E = 1[kN]$$

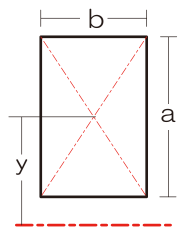
N_C=-2[kN]、N_D=$\sqrt{2}$[kN]、N_E=1[kN]

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

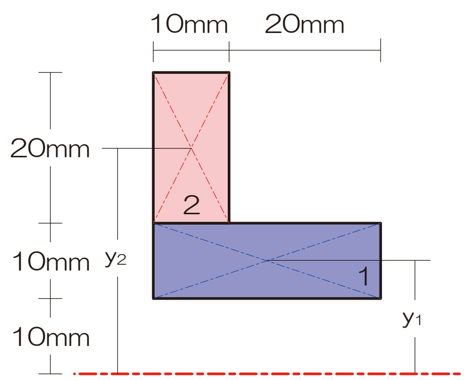
$$S = (a \times b) \times y$$

➢ 逆に…対象軸から図心までの距離を求めたかったら

□　$y = \dfrac{S}{A}$　⇒　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

★重点対策 11★　断面一次モーメント（図心）

★Q 11★　以下の断面における図心の位置をＸ軸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…）

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！

$$S_{All} = S_1 + S_2$$
$$S_{All} = (10 \times 30) \times 15 + (20 \times 10) \times 30$$

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

$$A_{All} = A_1 + A_2$$
$$A_{All} = (10 \times 30) + (20 \times 10)$$

図心の位置を求める

$$y = \frac{(10 \times 30) \times 15 + (20 \times 10) \times 30}{(10 \times 30) + (20 \times 10)}$$
$$y = \frac{4500 + 6000}{300 + 200}$$
$$y = 21[mm]$$

21[mm]

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。

『過去問解法手順 09』図心（断面一次モーメント）

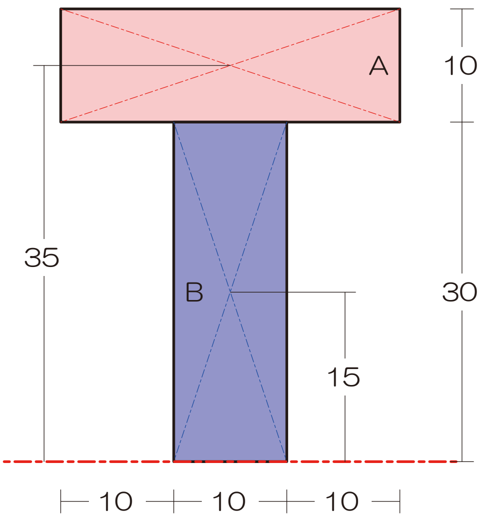
1）軸を確認（今回は底部）

2）矩形（長方形）に分割（お好きなように…）

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！

$$S_{All} = S_A + S_B$$
$$S_{All} = (10\times 30)\times 35 + (30\times 10)\times 15$$



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

$$A_{All} = A_A + A_B$$
$$A_{All} = (10\times 30) + (30\times 10)$$

図心の位置を求める

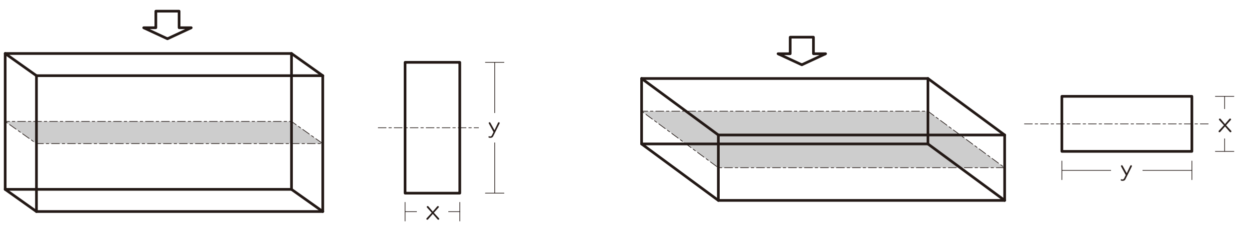
$$y = \frac{(10\times 30)\times 35 + (30\times 10)\times 15}{(10\times 30) + (30\times 10)}$$
$$y = \frac{(10\times 30)(35+15)}{(10\times 30)\times 2}$$
$$y = \frac{35+15}{2}$$
$$y = 25$$

25（底部より）

1-7-2　断面二次モーメント

■　断面 2 次モーメントとは

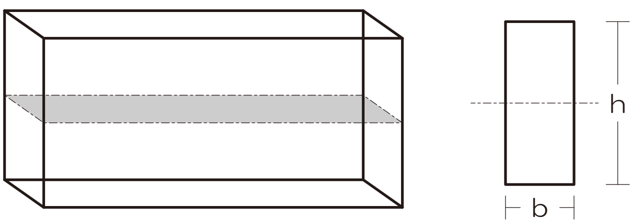
➢　部材の変形（たわみ・座屈）のし難さを表す、同一断面積でも、たわみの状況は異なる（以下の図、左の方が「たわみ」難いですね）



➢　図心の位置の断面 2 次モーメント

□　$I = \dfrac{bh^3}{12}$　　I …断面 2 次モーメント、b …幅、

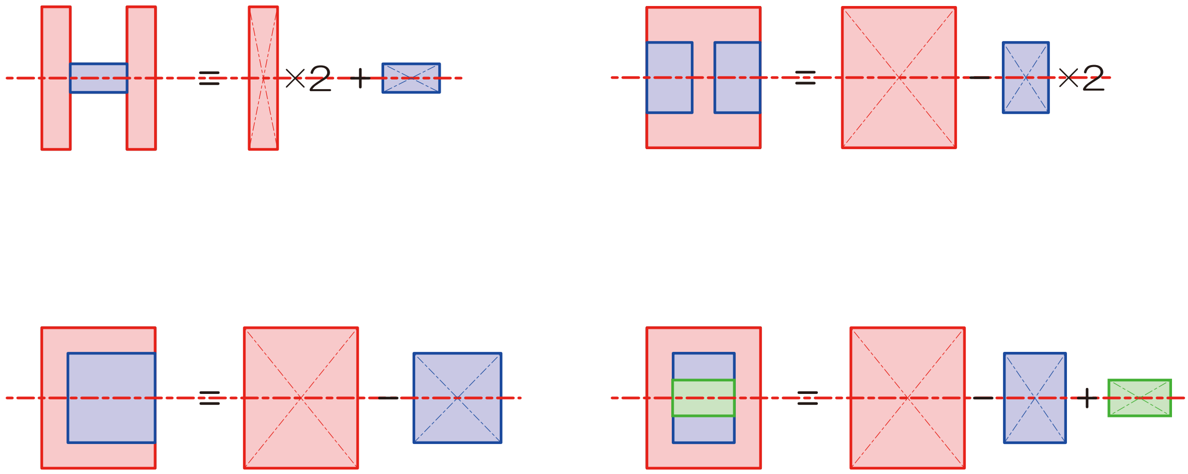
h …せい（たわむ面、対象となる軸が交差する方向）



Ref. 全日本建築士会、
二級建築士合格セミナー
建築構造、オーム社

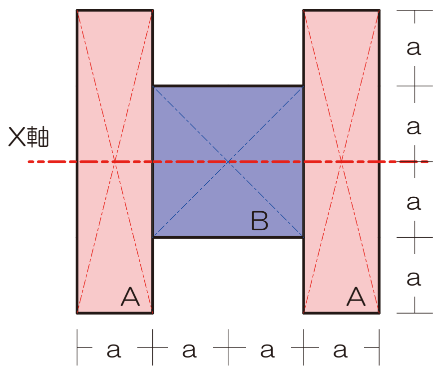
■ 複雑断面の断面２次モーメント

➢ 矩形（単純な長方形）に分割後に合算（ただし、分割した各矩形の図心の位置が元の断面の図心位置と綺麗に並ぶように）



★重点対策 12★　断面二次モーメント

★Q 12★　以下の断面におけるＸ軸における断面二次モーメントを求めてみましょう



1）軸を確認

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

⇒　合算可能なのは各分割断面の図心位置が綺麗に揃っている場合のみね！

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

$$I_X = \frac{a \times 4a \times 4a \times 4a}{12} \times 2 + \frac{2a \times 2a \times 2a \times 2a}{12}$$

$$I_X = \frac{32a^4}{3} + \frac{4a^4}{3}$$

$$I_X = 12a^4$$

$12a^4$

『過去問 10』断面二次モーメント『教科書：□P54/Q2、□P54/Q3、□P55/Q4、□P55/Q5』【問題集：無し】

【問題集：□P281/Q13、□P281/Q12、□P282/Q11、□P282/Q10、□P284/Q09、□P284/Q08、□P285/Q07】

以下の断面におけるＸ軸・Ｙ軸の断面二次モーメントの比（I_X：I_Y）を求めよ。

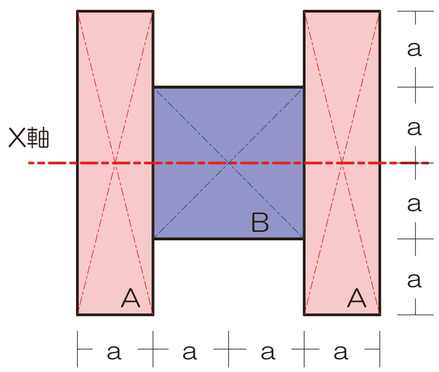
『過去問解法手順 09』断面二次モーメント

1）軸を確認

2）図心が等しくなるように断面を分割

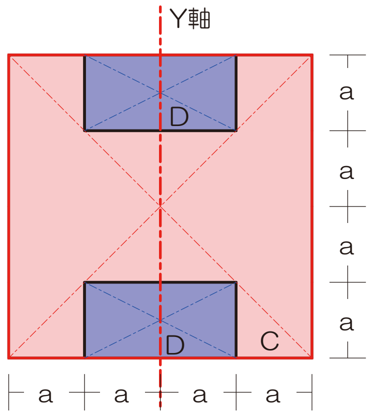
3）各断面の断面２次モーメントを求め足し引き

⇒　合算可能なのは各分割断面の図心位置が綺麗に揃っている場合のみね！



Ｘ軸における断面二次モーメント

$$I_X = I_A \times 2 + I_B$$
$$I_X = \frac{a \times 4a \times 4a \times 4a}{12} \times 2 + \frac{2a \times 2a \times 2a \times 2a}{12}$$
$$I_X = \frac{32a^4}{3} + \frac{4a^4}{3}$$
$$I_X = 12a^4$$



Ｙ軸における断面二次モーメント

$$I_Y = I_C - I_D \times 2$$
$$I_Y = \frac{4a \times 4a \times 4a \times 4a}{12} - \frac{a \times 2a \times 2a \times 2a}{12} \times 2$$
$$I_Y = \frac{64a^4}{3} + \frac{4a^4}{3}$$
$$I_Y = 20a^4$$

断面二次モーメントの比（I_X：I_Y）は

$$I_X : I_Y = 12a^4 : 20a^4$$
$$I_X : I_Y = 3:5$$

I_X：I_Y =3：5

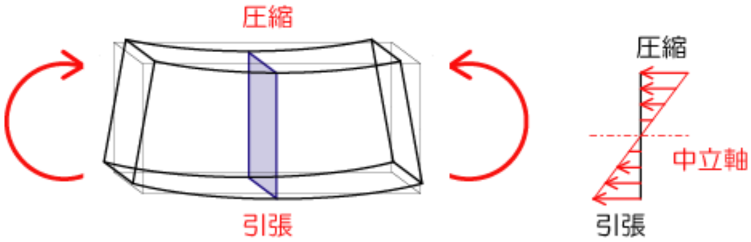
1-7-3　断面係数

■　断面係数とは

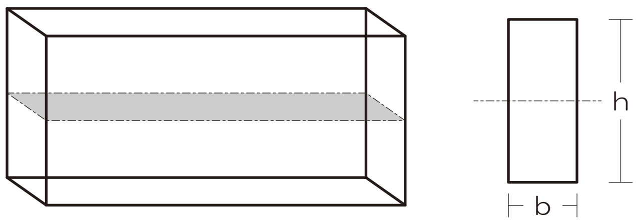
- 曲げ応力度を求める際に使用（曲げ強さの大小―云々、って言われたら、純粋に断面係数を比較すれば OK）

■　曲げ応力度とは

- 以下の図右です（断面内の小人さんの働き）



- 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）

□　$Z = \dfrac{I}{h/2}$　　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、先ずは断面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ョリ）で除す

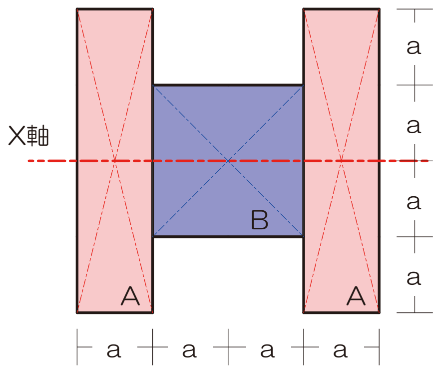
★重点対策 13★　断面二次モーメント

★Q 13★　以下の断面における下端縁部分における断面係数を求めてみましょう

1）軸を確認

2）まずは断面二次モーメントを求める

3）上記断面二次モーメントを図心から縁までの距離で除す



断面二次モーメントを求める

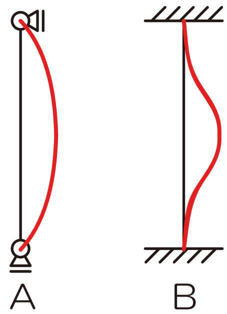
$$I_X = I_A \times 2 + I_B$$
$$I_X = \frac{a \times 4a \times 4a \times 4a}{12} \times 2 + \frac{2a \times 2a \times 2a \times 2a}{12}$$
$$I_X = \frac{32a^4}{3} + \frac{4a^4}{3}$$
$$I_X = 12a^4$$

断面係数を求める

$$Z = \frac{I_X}{2a}$$
$$Z = 6a^3$$

6a³

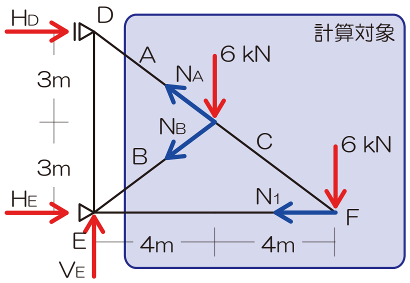
1-7-4　断面二次半径



- 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）
- 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

【おまけ】教科書のトラスの問題を切断法にて解いてみました

【P43　問題 1】　⇒　注：この問題は切断法を２回用います…



左図のように切断　⇒　計算対象を右

1）N_A を求める：N_B と N_1 の交点である E 点のモーメントに注目

$$\sum M_E = +6\times4+6\times8-N_{Ax}\times3-N_{Ay}\times4=0$$

$$\left(N_{Ax}=\frac{4}{5}N_A, N_{Ay}=\frac{3}{5}N_A\right)$$

$$+6\times4+6\times8-\frac{4}{5}N_A\times3-\frac{3}{5}N_A\times4=0$$

$$+6\times4+6\times8=\frac{12+12}{5}N_A$$

$$N_A=\frac{5(6\times4+6\times8)}{12\times2}$$

$$N_A=15[kN]$$

2）N_B を求める：N_A と N_1 の交点である F 点のモーメントに注目

$$\sum M_F = -6\times4+6\times0-N_{Bx}\times3-N_{By}\times4=0$$

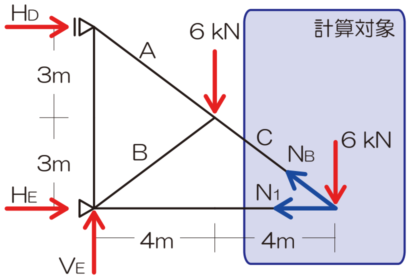
$$\left(N_{Bx}=\frac{4}{5}N_B, N_{By}=\frac{3}{5}N_B\right)$$

$$-6\times4-\frac{4}{5}N_B\times3-\frac{3}{5}N_B\times4=0$$

$$-6\times4=\frac{12+12}{5}N_B$$

$$N_B=-\frac{5(6\times4)}{12\times2}$$

$$N_B=-5[kN]$$



切断その２（２本で切っても切断法は成立します、ただし最強のカードである任意の点のモーメント＝0は使えませんけど…）

3）N_C を求める：鉛直方向の力の釣り合いに注目

$$\sum Y = -6+N_{Cy}=0$$

$$\left(N_{Cy}=\frac{3}{5}N_C\right)$$

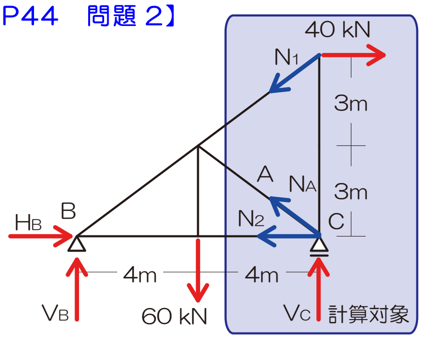
$$-6+\frac{3}{5}N_C=0$$

$$N_C=\frac{6\times5}{3}$$

$$N_C=10[kN]$$

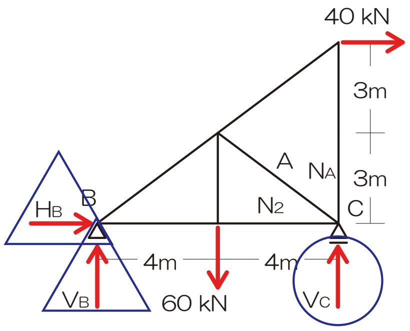
Ref. 全日本建築士会、
二級建築士合格セミナー
建築構造、オーム社

【P44　問題 2】



左図のように切断　⇒　計算対象を右

1）N_A を求める



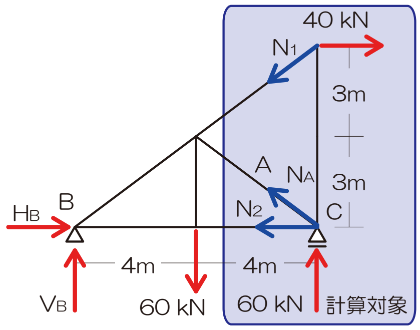
⇒計算対象側に反力があるので反力 V_C を求める

図は元に戻り、H_B と V_B の交点である B 点に注目

$$\sum M_B = +60\times4+40\times6-V_C\times8=0$$

$$V_C=\frac{60\times4+40\times6}{8}$$

$$V_C=60[kN]$$



⇒計算対象側に戻り、N_1 と N_2 の交点である B 点のモーメントに注目

$$\sum M_B = -V_C\times8+40\times6-N_{Ax}\times0-N_{Ay}\times8=0$$

$$\left(N_{Ay}=\frac{3}{5}N_A\right)$$

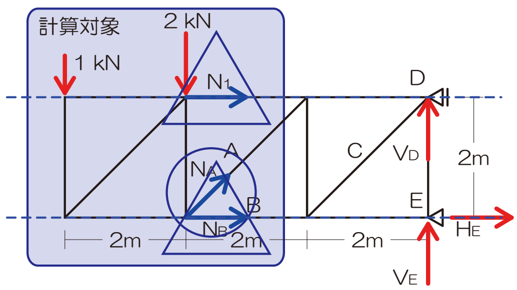
$$-60\times8+40\times6-\frac{3}{5}N_A\times8=0$$

$$-240=\frac{3}{5}N_A\times8$$

$$N_A=\frac{-240\times5}{3\times8}$$

$$N_A=-50[kN]$$

【P45　問題 3】



左図のように切断　⇒　計算対象を左

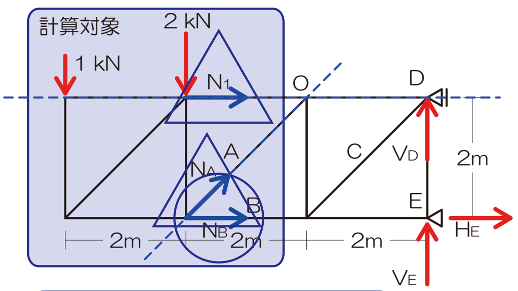
1）N_A を求める：N_1 と N_B は平行なので直行する縦方向の力の釣り合いに注目

$$\sum Y = -1-2+N_{Ay}=0$$

$$\left(N_{Ay}=\frac{1}{\sqrt{2}}N_A\right)$$

$$-3+\frac{1}{\sqrt{2}}N_A=0$$

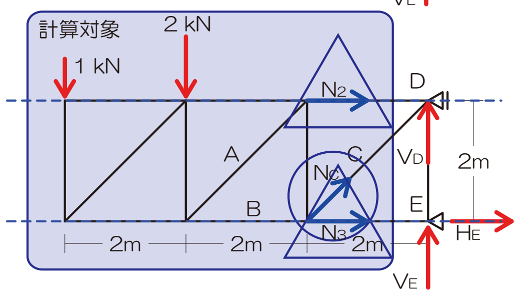
$$N_A=3\sqrt{2}[kN]$$



2）N_B を求める：N_1 と N_B は平行なので直行する縦方向の力の釣り合いに注目

$$M_O = -1\times4-2\times2-N_B\times2=0$$

$$N_B=-4[kN]$$



3）N_C を求める：N_2 と N_3 は平行なので直行する縦方向の力の釣り合いに注目

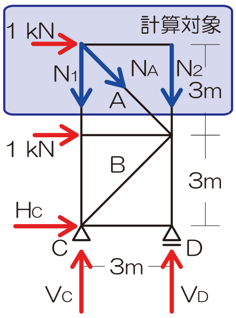
$$\sum Y = -1-2+N_{Cy}=0$$

$$\left(N_{Cy}=\frac{1}{\sqrt{2}}N_C\right)$$

$$-3+\frac{1}{\sqrt{2}}N_C=0$$

$$N_C=3\sqrt{2}[kN]$$

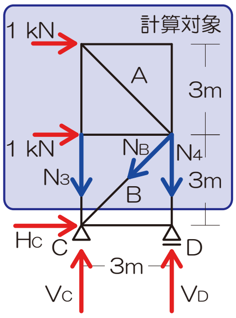
【P46　問題 4】



左図のように切断　⇒　計算対象を右

1）N_A を求める：N_1 と N_2 は平行なので直行する横方向の力の釣り合いに注目

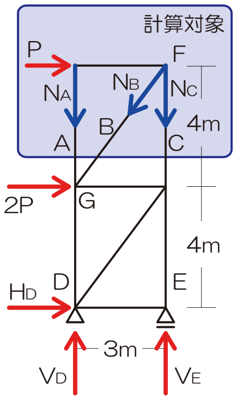
$$\sum X = +1 + N_{Ax} = 0$$
$$\left(N_{Ax} = \frac{1}{\sqrt{2}} N_A \right)$$
$$+1 + \frac{1}{\sqrt{2}} N_A = 0$$
$$N_A = -\sqrt{2}$$
$$N_A = -1.4[kN]$$



2）N_A を求める：N_1 と N_2 は平行なので直行する横方向の力の釣り合いに注目

$$\sum X = +1 + 1 - N_{Bx} = 0$$
$$\left(N_{Bx} = \frac{1}{\sqrt{2}} N_B \right)$$
$$+2 - \frac{1}{\sqrt{2}} N_B = 0$$
$$N_B = 2\sqrt{2}$$
$$N_B = 2.8[kN]$$

【P47　問題 5】



左図のように切断　⇒　計算対象を右

1）N_A を求める：N_B と N_C の交点である F 点のモーメントに注目

$$\sum M_F = -N_A \times 3 + P \times 0 = 0$$
$$N_A = 0$$

2）N_B を求める：N_A と N_C は平行なので直行する横方向の力の釣り合いに注目

$$\sum X = +P - N_{Bx} = 0$$
$$\left(N_{Bx} = \frac{3}{5} N_B \right)$$
$$+P - \frac{3}{5} N_B = 0 \qquad \Rightarrow \text{引張}$$
$$N_B = +\frac{5P}{3}$$

3）N_C を求める：N_A と N_B の交点である G 点のモーメントに注目

$$\sum M_G = +N_C \times 3 + P \times 4 = 0$$
$$N_C = -\frac{4}{3} P \qquad \Rightarrow \text{圧縮}$$

P48 問題６は教科書も切断法で説いているのでそちらを参照のこと

以上です