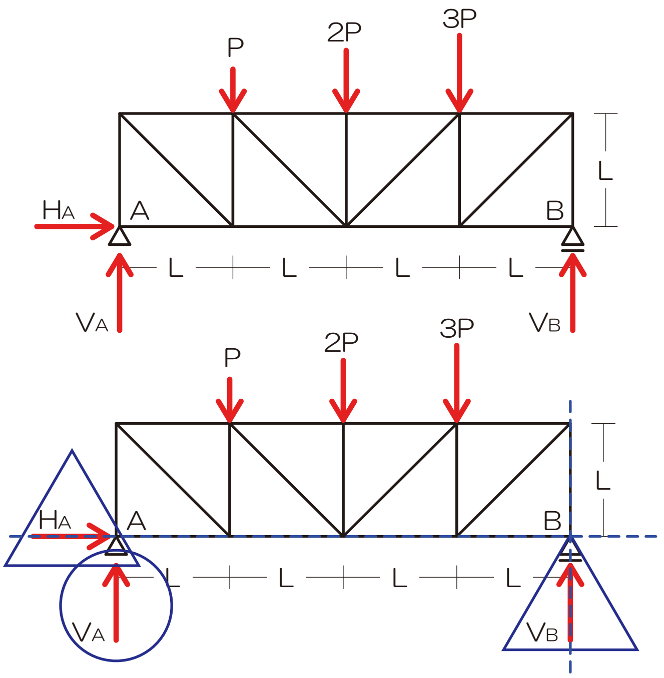
【本日の目標】

1）トラスの応力を求めることができる　PP38-39《基礎問題 16-18》

2）弾性座屈荷重の大小の比較ができる　P42《基礎問題 19》

『復習』

《復習問題 05》以下の A 点の鉛直反力を求めよ。




『解法手順（基礎）』

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

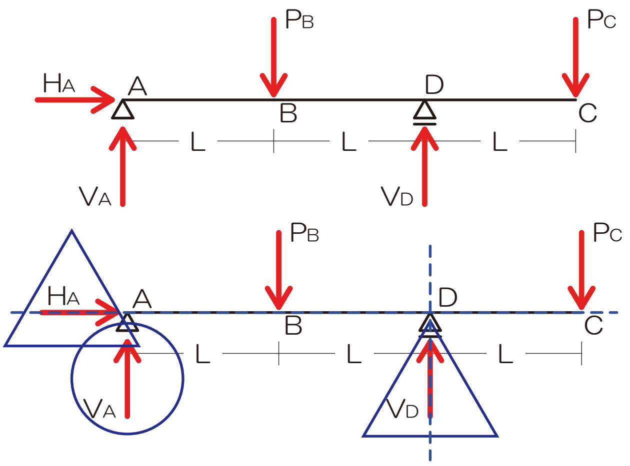
5）上記作用線が交差するなら⇒交点のモーメントに注目（$M_O = 0$）、平行なら⇒直行する軸のつり合いに注目（$\sum Y = 0$ もしくは $\sum X = 0$）

$V_A$ を求める（交点 B に注目）

$$M_B = +V_A \times 4L - P \times 3L - 2P \times 2L - 3P \times L = 0$$
$$4V_A L - 10PL = 0$$
$$V_A = \frac{5}{2}P$$

解答：$V_A = 5P/2$

《復習問題 06》支点 A 鉛直反力生じない場合の荷重 $P_B$ と $P_C$ の比を求めよ。




「△△が生じない場合の―」との問題では、△△を求めた後に、△△=0 とした際の式を立てることにより解を導けば OK

『解法手順（基礎）』

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注目、平行なら⇒直行する軸のつり合いに注目

$V_A$ を求める（交点 D のモーメントに注目）

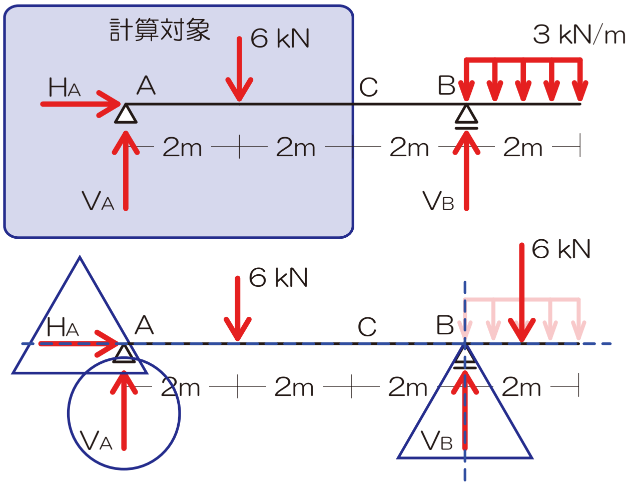
$$M_D = +V_A \times 2L - P_B \times L + P_C \times L = 0$$

$V_A$ が 0 となるので

$$+0 \times 2L - P_B \times L + P_C \times L = 0$$
$$P_B = P_C$$
$$P_B : P_C = 1:1$$

解答：$P_B : P_C = 1:1$

《復習問題 07》以下の構造物の C 点の曲げモーメントを求めよ。【H12（改)】




C 点で【切断】⇒計算対象は左を【選択】

$V_A$ を求める（交点 B に注目）

$$M_B = +V_A \times 6 - 6 \times 4 + 6 \times 1 = 0$$
$$6V_A = 6 \times 4 - 6 \times 1$$
$$V_A = 4 - 1$$
$$V_A = 3[kN]$$

『解法手順（基礎)』

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】(計算対象とならなかった力は応力算定時には完全シカトすること！）

4）もし、未知力が入っていたら、ここでようやく未知力（通常は反力）を求める　図は 1）に戻るよ！）

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

$H_A$ を求める（水平方向の力のつり合い）

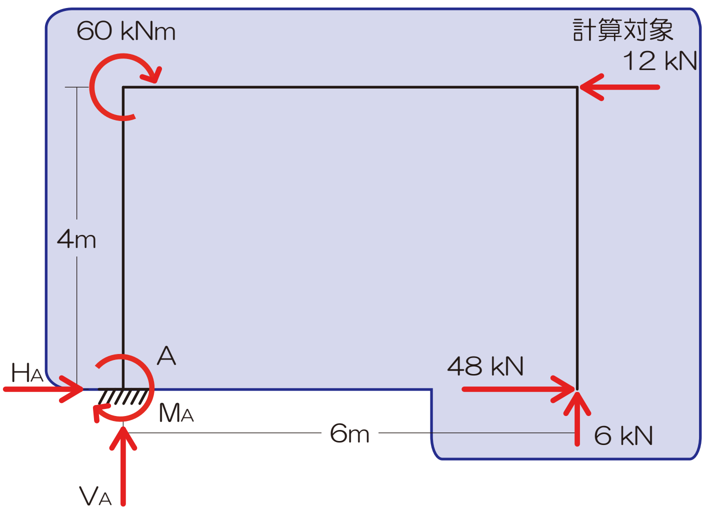
$$\sum X = H_A = 0[kN]$$

C 点の曲げモーメント（すべての力対象）を求める

$$M_C = +V_A \times 4 - 6 \times 2$$
$$M_C = +3 \times 4 - 6 \times 2$$
$$M_C = 0[kNm]$$

解答：$M_C$=0[kNm]

《復習問題 08》以下の構造物の A 点の曲げモーメントを求めよ。【H13（改)】




『解法手順（基礎)』

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】(計算対象とならなかった力は応力算定時には完全シカトすること！）

4）もし、未知力が入っていたら、ここでようやく未知力（通常は反力）を求める　図は 1）に戻るよ！）

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

A 点で【切断】右側を【選択】

C 点の曲げモーメント（すべての力対象）を求める

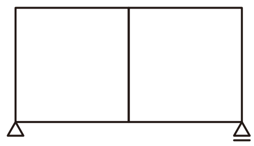
$$M_C = +60 - 12 \times 4 - 6 \times 6$$
$$M_C = -24 \qquad \text{（絶対値表記）}$$
$$M_C = 24[kNm]$$

解答：$M_C$=24[kNm]

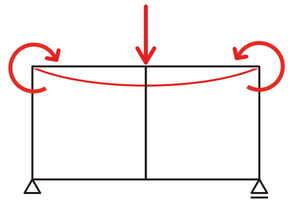
# 5　トラス

## 5.1　トラスとは

1）なんとしても長スパンの架構を作りたい

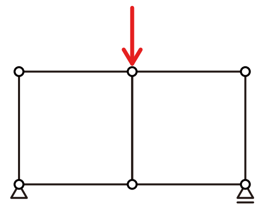


2）梁が曲げモーメントでやられる…

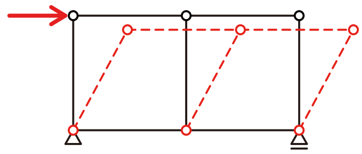


3）曲げモーメントが生じないようにするには　⇒

ピンで接合

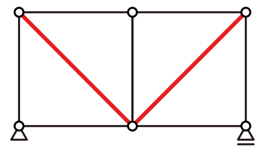


4）ピン接合では安定しない（自立できない）



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



## 5.2　トラスの生じる応力

■　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

## 5.3　トラスの応力の求め方

■　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）に注目し、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

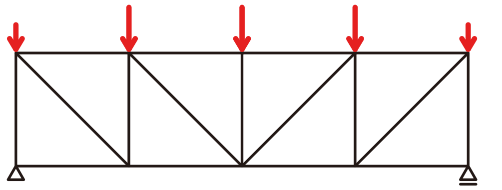
■　図解法

- 節点法と同様に任意の節点（もしくは支点）に注目し、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…）

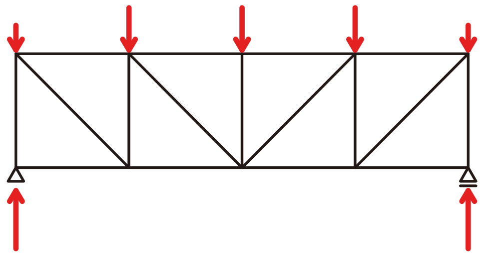
## 5.4 切断法

■ 切断法の考え方（詳細）

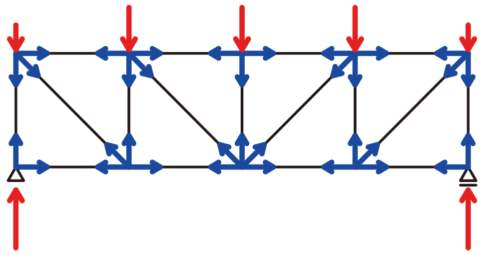
- 右のトラスを例に解説します



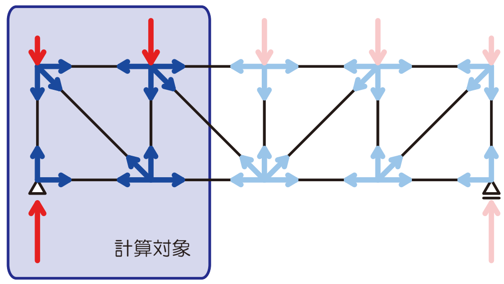
- 反力を図示（どんな問題でも鉄則）



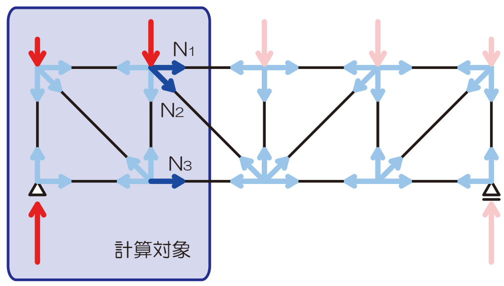
- 荷重がかかっていることから各部材は傷めつけられている（応力が生じている）はず



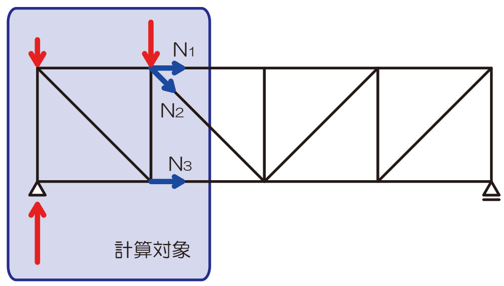
- 【応力】は【切断】⇒【選択】であるので以下のように左側を計算対象とする（右側の力は応力算定時には無視）




- 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



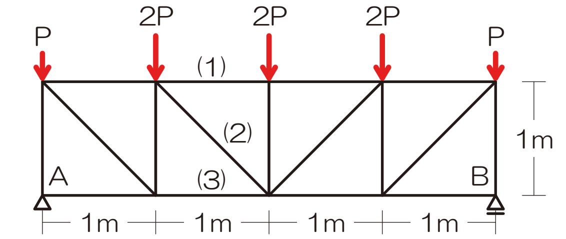

- 計算対象側に残った力と応力は…




- 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

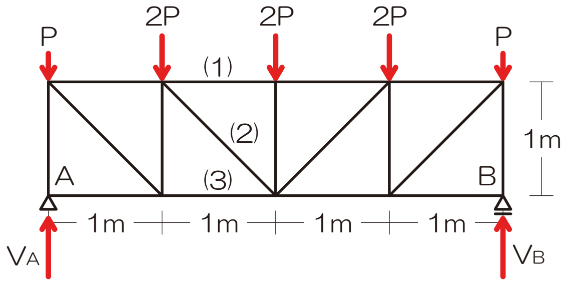
■　切断法の解法

では、右のトラスにおける部材（１）（２）（３）の応力を求めてみましょう




１）反力を図示

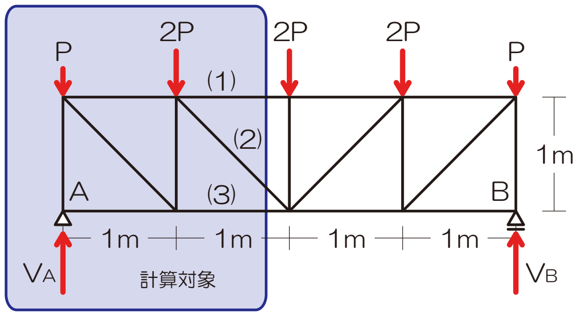
（いかなる問題でも鉄則）




２）【切断】面を決定　⇒　計算対象側を【選択】

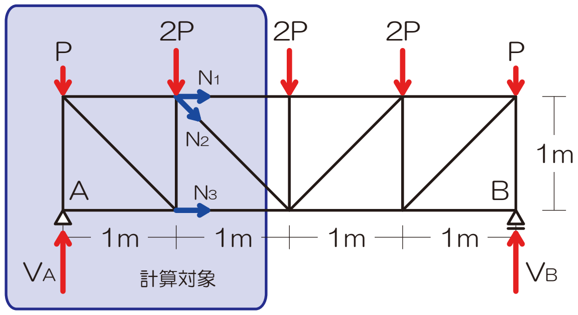
※　求める必要のある部材を含む３本で切断

（２本で切断しても求められますが旨みは少ないですよ）



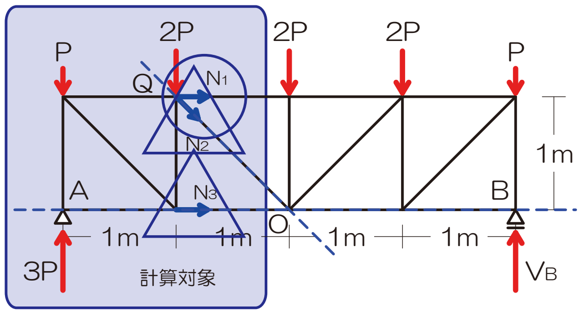

３）切断された部材内の応力を仮定

※　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？




N1 を求める

$$M_O = +4P \times 2 - P \times 2 - 2P \times 1 + N_1 \times 1 = 0$$
$$N_1 = -4P$$

N2 を求める

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

また $N_{2Y}$ は

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

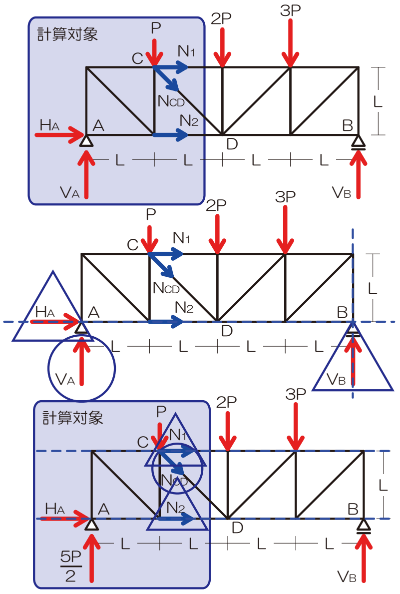
N3 を求める

$$\sum X = N_1 + N_{2X} + N_3 = 0$$
$$-4P + P + N_3 = 0$$
$$N_3 = 3P$$

もしくは

$$M_Q = +4P \times 1 - P \times 1 - N_3 \times 1 = 0$$
$$N_3 = 3P$$

《基礎問題 16》CD 部材の応力を求めよ【H24】




【切断】⇒計算対象は左を【選択】(図上)

反力があるので反力 $V_A$ を求める(図中)

$$M_B = +V_A \times 4L - P \times 3L - 2P \times 2L - 3P \times L = 0$$
$$4V_A L - 10PL = 0$$
$$V_A = \frac{10}{4}P = \frac{5}{2}P$$

『解法手順(基礎)』

1)反力を図示

2)切断面※1 を決定→計算対象を決定(反力あったら反力算定)

※1 部材 3 本を切断するように

3)切断された部材内の応力(軸方向力)を仮定※2

※2 必ず計算対象側の節点からベクトル表記

4)力のつり合いで未知の応力を算定

$N_{CD}$ を求める(図左下)

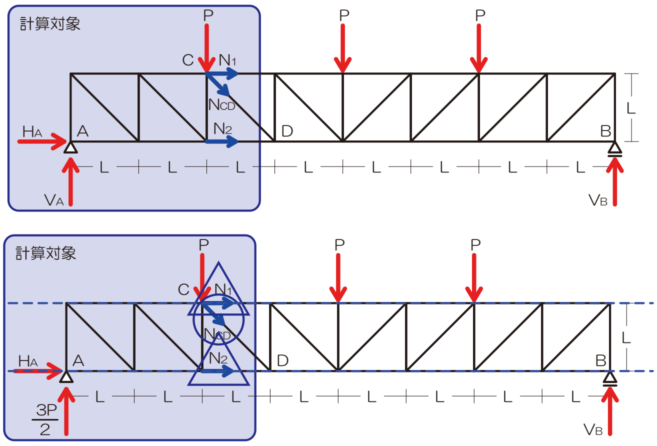
$$\sum Y = +\frac{5P}{2} - P - N_{CDY} = 0$$
$$N_{CDY} = \frac{3P}{2}$$

また

$$N_{CD} = N_{CDY} \times \sqrt{2}$$
$$N_{CD} = \frac{3\sqrt{2}P}{2}$$

3√2P/2

《基礎問題 17》CD 部材の応力を求めよ【H18】




【切断】⇒計算対象は左を【選択】(図上)

反力があるので反力 $V_A$ を求める

線対称なので

$$V_A = \frac{3P}{2}$$

『解法手順(基礎)』

1)反力を図示

2)切断面※1 を決定→計算対象を決定(反力あったら反力算定)

※1 部材 3 本を切断するように

3)切断された部材内の応力(軸方向力)を仮定※2

※2 必ず計算対象側の節点からベクトル表記

4)力のつり合いで未知の応力を算定

$N_{CD}$ を求める(図左下)

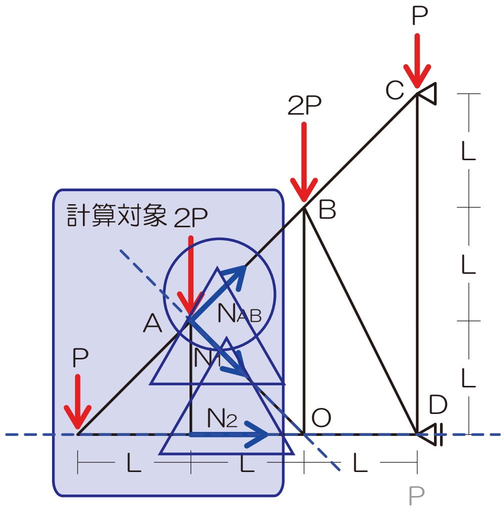
$$\sum Y = +\frac{3P}{2} - P - N_{CDY} = 0$$
$$N_{CDY} = \frac{P}{2}$$

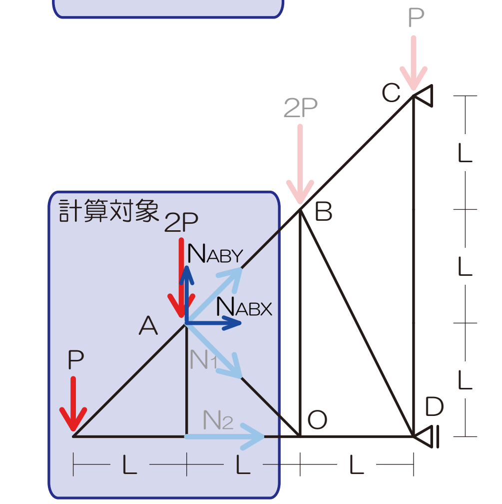
また

$$N_{CD} = N_{CDY} \times \sqrt{2}$$
$$N_{CD} = \frac{\sqrt{2}P}{2}$$

√2P/2

《基礎問題 18》AB 部材の応力を求めよ【H20】




『解法手順（基礎）』

1）反力を図示

2）切断面※1 を決定→計算対象を決定（反力あったら反力算定）

※1 部材３本を切断するように

3）切断された部材内の応力（軸方向力）を仮定※2

※2 必ず計算対象側の節点からベクトル表記

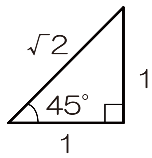
4）力のつり合いで未知の応力を算定

【切断】⇒計算対象は左を【選択】（図左上）

$N_{AB}$ を求めるために $N_1$ と $N_2$ の交点Ｏのモーメントに注目、ただし $N_{AB}$ は斜めの力なので分力（図左下）

$$N_{ABX} = N_{AB} \times \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{N_{AB}}{\sqrt{2}}$$

$$N_{ABY} = N_{AB} \times \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{N_{AB}}{\sqrt{2}}$$




$M_O$＝０より

$$M_O = -P \times 2L - 2P \times L + \frac{N_{AB}}{\sqrt{2}} \times L + \frac{N_{AB}}{\sqrt{2}} \times L = 0$$

$$-4PL + \frac{2N_{AB}L}{\sqrt{2}} = 0$$

$$\frac{2N_{AB}L}{\sqrt{2}} = 4PL$$

$$N_{AB} = \frac{4PL \times \sqrt{2}}{2L}$$

$$N_{AB} = 2\sqrt{2}P$$

2√2P

［ポイント］

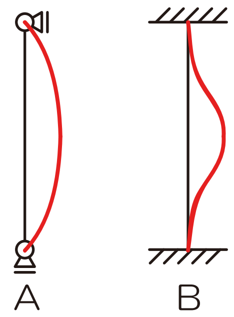
- ✓ トラスの解法のうちお勧めは「切断法」
- ✓ 部材３本を切る切断面でで構造物を二分割
- ✓ 切断された部材には取り残された応力を図示（必ず計算対象側の支点・節点から）

# 6　座屈

## 6.1　座屈とは

■　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：コンクリートの柱のほうがゴムの柱よりも座屈しにくい　⇒　ヤング係数

- 支持条件：がっちり部材を抑えれば座屈しにくい（固定支点の方がピン支点よりも座屈し難い）　⇒　座屈長さ係数

- 材長：短い柱のほうが座屈しにくい　⇒　材長

- 断面形状：太い部材のほうが座屈しにくい　⇒　断面２次モーメント

## 6.2　弾性座屈荷重

■　弾性座屈荷重とは

- 座屈が生じ始める荷重、これ以上の荷重がかかるとアウト、弾性座屈荷重が大きい部材ほど座屈し難い（強い）

□　$N_k = \dfrac{\pi^2 EI}{l_k^2}$　　　$N_k$ …弾性座屈荷重、$E$ …ヤング係数、$I$ …断面２次モーメント、$l_k$ …座屈長さ

## 6.3　座屈長さ

■　座屈長さ（$l_k$）

- 支持条件と材長より求める

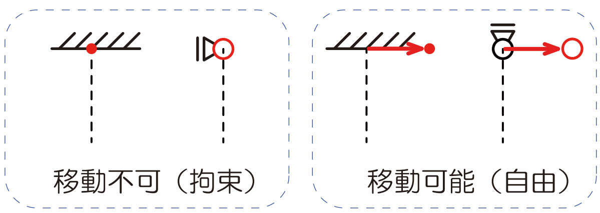
□　$l_k = \alpha \times l$　　$\alpha$ …座屈長さ係数、$l$ …材長

■　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：水平方向に移動できるか？できないか？

⇒　移動できない場合：文中に「拘束」図中に「横三角」

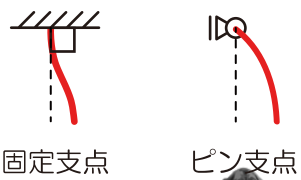
⇒　移動できるならちょいズラしてあげましょう




- 支点種類：支点の種類は固定？ピン？

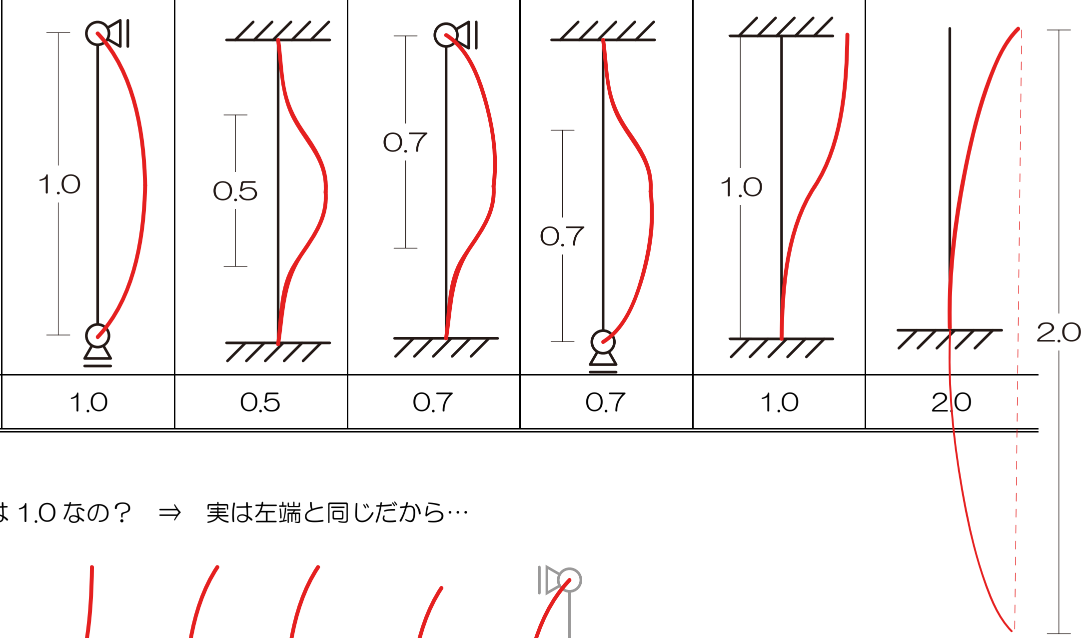
⇒　固定ならば支点では曲がりません

⇒　ピンの場合は支点から曲がります



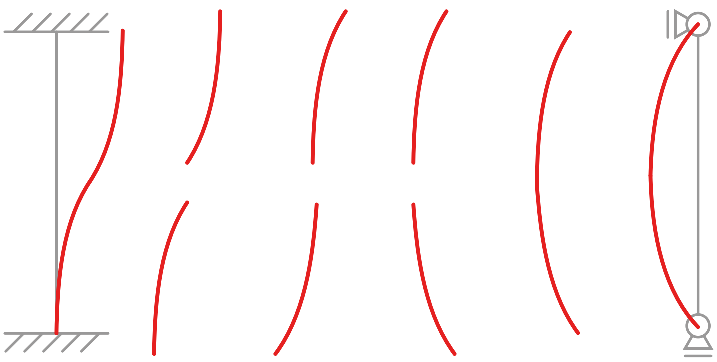
■ 座屈長さ係数

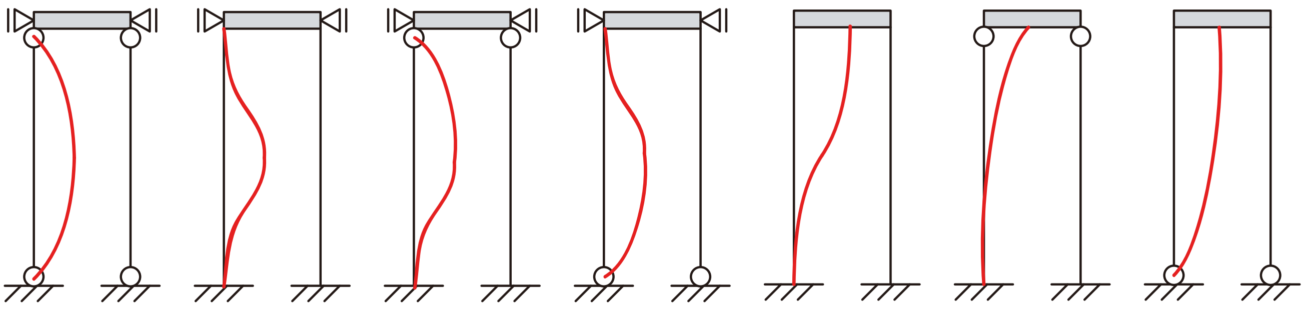
➢ 0.5/0.7/1.0/2.0 の 4 種のみ、実際に座屈する様子を図示して確認しましょう

| 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 | 1.0 | 0.5 | 0.7 | 0.7 | 1.0 | 2.0 |



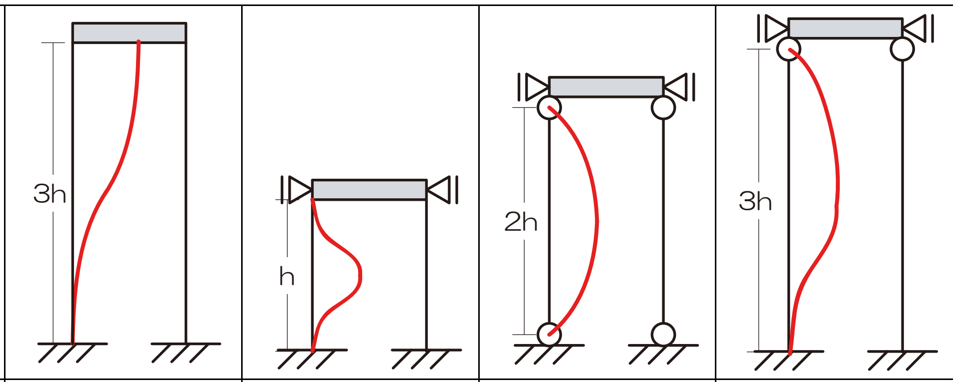
➢ なぜ右から二番目は 1.0 なの？　⇒　実は左端と同じだから…





■ 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

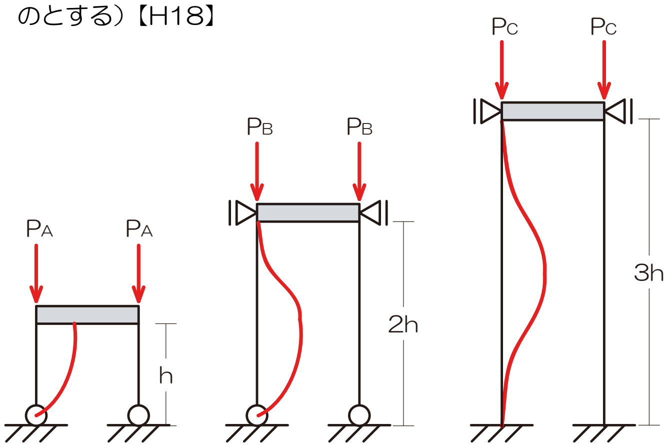



| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 座屈長さ係数 | 1.0 | 0.5 | 1.0 | 0.7 |
| 座屈長さ | $1.0\times 3h = 3h$ | $0.5\times h = 0.5h$ | $1.0\times 2h = 2h$ | $0.7\times 3h = 2.1h$ |

■ 弾性座屈荷重と座屈長さ

➢ 等質等断面な柱の弾性座屈荷重を比較する場合には、ヤング係数と断面２次モーメントが等しいことから、座屈長さの逆数の比較となる（座屈長さが大きいほど弾性座屈荷重が小さい、要は順番が逆になるってことね）

《基礎問題 19》以下の構造物 A、B、C の弾性座屈荷重の大小を比較せよ（ただしすべての柱は等質等断面であるものとする）【H18】




『解法手順（基礎）』

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）弾性座屈荷重の大小を比較

各柱の座屈長さを求める

$$l_{kA} = 2.0\times h = 2h$$
$$l_{kB} = 0.7\times 2h = 1.4h$$
$$l_{kC} = 0.5\times 3h = 1.5h$$

座屈長さの大小は

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

ゆえに

$$P_B > P_C > P_A$$

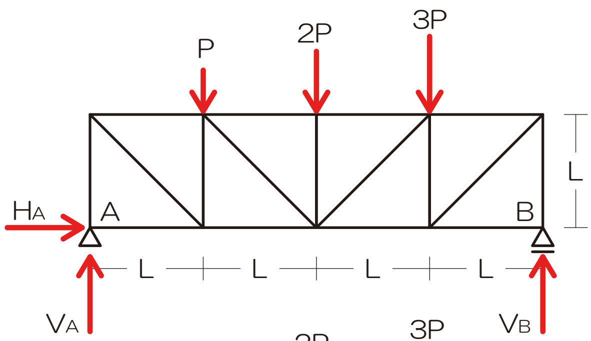
$P_B > P_C > P_A$

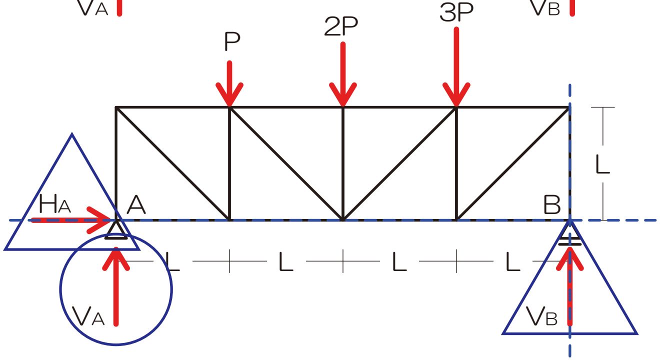
［ポイント］

✓ 座屈長さは座屈する様子を図示して確認しましょう

✓ 図示する際の留意点は「上端の移動」「支持条件」の２点です

《復習問題 05》以下の A 点の鉛直反力を求めよ。




『解法手順（基礎）』

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注目（$M_O = 0$）、平行なら⇒直行する軸のつり合いに注目（$\sum Y = 0$ もしくは $\sum X = 0$）

$V_A$ を求める（交点 B に注目）

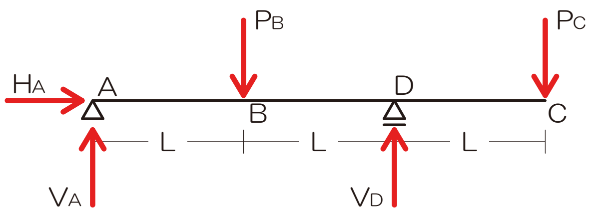
$$M_B = +V_A \times 4L - P \times 3L - 2P \times 2L - 3P \times L = 0$$

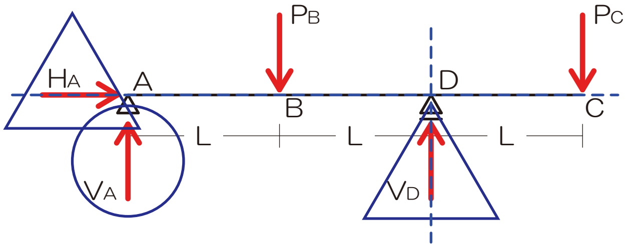
$$4V_A L - 10PL = 0$$

$$V_A = \frac{5}{2}P$$

解答：$V_A = 5P/2$

《復習問題 06》支点 A 鉛直反力生じない場合の荷重 $P_B$ と $P_C$ の比を求めよ。




「△△が生じない場合の—」との問題では、△△を求めた後に、△△=0 とした際の式を立てることにより解を導けば OK

『解法手順（基礎）』

1）生じる可能性のある反力を図示

6）求めたい未知力（ターゲット）を○チェック

7）ターゲット以外の未知力を△チェック

8）ターゲット以外の未知力の作用線を図示

9）上記作用線が交差するなら⇒交点のモーメントに注目、平行なら⇒直行する軸のつり合いに注目

$V_A$ を求める（交点 D のモーメントに注目）

$$M_D = +V_A \times 2L - P_B \times L + P_C \times L = 0$$

$V_A$ が 0 となるので

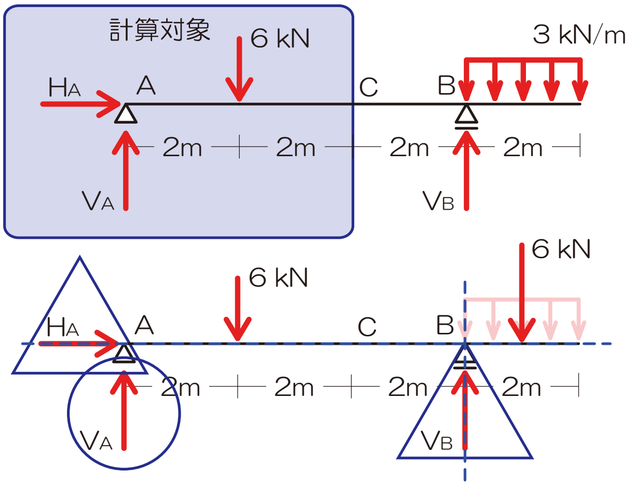
$$+0 \times 2L - P_B \times L + P_C \times L = 0$$

$$P_B = P_C$$

$$P_B : P_C = 1:1$$

解答：$P_B : P_C = 1:1$

《復習問題 07》以下の構造物の C 点の曲げモーメントを求めよ。【H12（改）】




C 点で【切断】⇒計算対象は左を【選択】

$V_A$ を求める（交点 B に注目）

$$M_B = +V_A \times 6 - 6 \times 4 + 6 \times 1 = 0$$
$$6V_A = 6 \times 4 - 6 \times 1$$
$$V_A = 4 - 1$$
$$V_A = 3[kN]$$

『解法手順（基礎）』

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】（計算対象とならなかった力は応力算定時には完全シカトすること！）

4）もし、未知力が入っていたら、ここでようやく未知力（通常は反力）を求める　図は 1）に戻るよ！）

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

$H_A$ を求める（水平方向の力のつり合い）

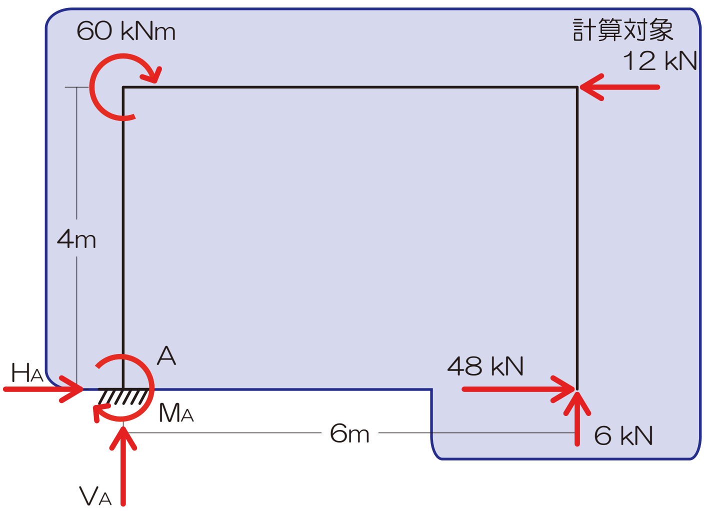
$$\sum X = H_A = 0[kN]$$

C 点の曲げモーメント（すべての力対象）を求める

$$M_C = +V_A \times 4 - 6 \times 2$$
$$M_C = +3 \times 4 - 6 \times 2$$
$$M_C = 0[kNm]$$

解答：$M_C$=0[kNm]

《復習問題 08》以下の構造物の A 点の曲げモーメントを求めよ。【H13（改）】




『解法手順（基礎）』

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】（計算対象とならなかった力は応力算定時には完全シカトすること！）

4）もし、未知力が入っていたら、ここでようやく未知力（通常は反力）を求める　図は 1）に戻るよ！）

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

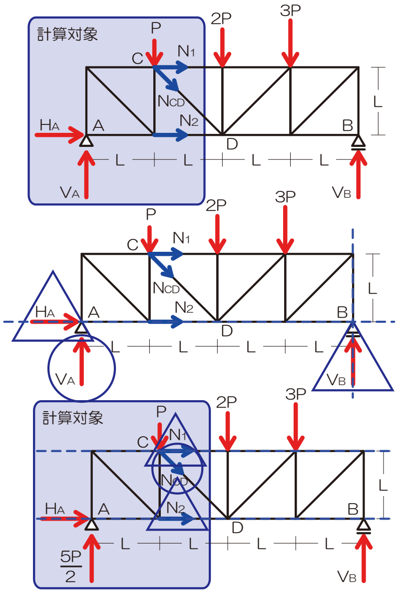
A 点で【切断】右側を【選択】

C 点の曲げモーメント（すべての力対象）を求める

$$M_C = +60 - 12 \times 4 - 6 \times 6$$
$$M_C = -24 \qquad \text{（絶対値表記）}$$
$$M_C = 24[kNm]$$

解答：$M_C$=24[kNm]

《基礎問題 16》CD 部材の応力を求めよ【H24】




【切断】⇒計算対象は左を【選択】（図上）

反力があるので反力 $V_A$ を求める（図中）

$$M_B = +V_A \times 4L - P \times 3L - 2P \times 2L - 3P \times L = 0$$
$$4V_A L - 10PL = 0$$
$$V_A = \frac{10}{4}P = \frac{5}{2}P$$

『解法手順（基礎）』

1）反力を図示

2）切断面※1 を決定→計算対象を決定（反力あったら反力算定）

※1 部材３本を切断するように

3）切断された部材内の応力（軸方向力）を仮定※2

※2 必ず計算対象側の節点からベクトル表記

4）力のつり合いで未知の応力を算定

$N_{CD}$ を求める（図左下）

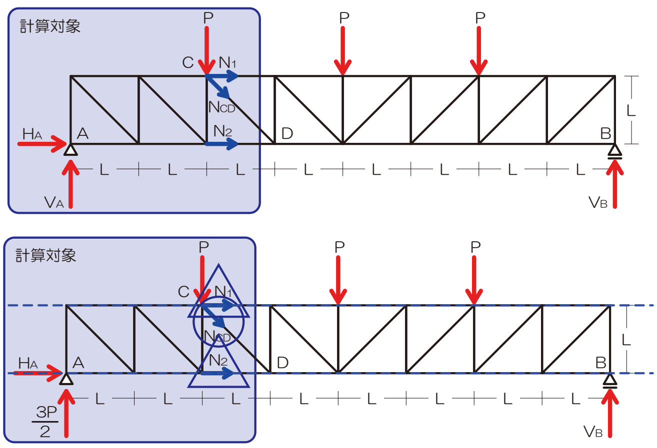
$$\sum Y = +\frac{5P}{2} - P - N_{CDY} = 0$$
$$N_{CDY} = \frac{3P}{2}$$

また

$$N_{CD} = N_{CDY} \times \sqrt{2}$$
$$N_{CD} = \frac{3\sqrt{2}P}{2}$$

3√2P／2

《基礎問題 17》CD 部材の応力を求めよ【H18】




【切断】⇒計算対象は左を【選択】（図上）

反力があるので反力 $V_A$ を求める

線対称なので

$$V_A = \frac{3P}{2}$$

『解法手順（基礎）』

1）反力を図示

2）切断面※1 を決定→計算対象を決定（反力あったら反力算定）

※1 部材３本を切断するように

3）切断された部材内の応力（軸方向力）を仮定※2

※2 必ず計算対象側の節点からベクトル表記

4）力のつり合いで未知の応力を算定

$N_{CD}$ を求める（図左下）

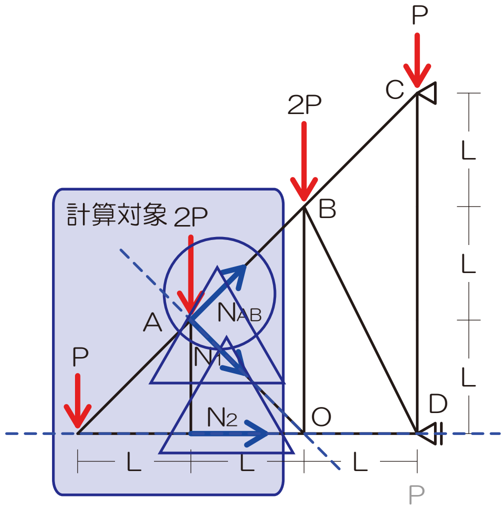
$$\sum Y = +\frac{3P}{2} - P - N_{CDY} = 0$$
$$N_{CDY} = \frac{P}{2}$$

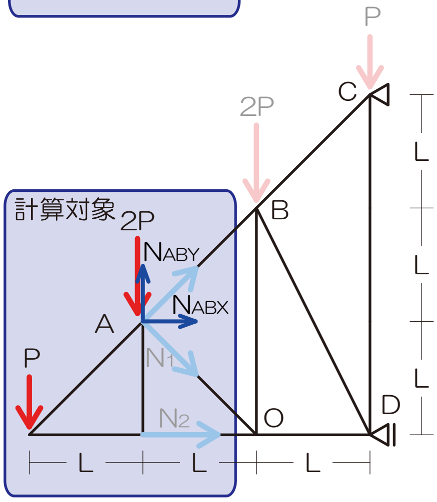
また

$$N_{CD} = N_{CDY} \times \sqrt{2}$$
$$N_{CD} = \frac{\sqrt{2}P}{2}$$

√2P／2

《基礎問題 18》AB 部材の応力を求めよ【H20】




『解法手順（基礎）』

1）反力を図示

2）切断面※1 を決定→計算対象を決定（反力あったら反力算定）

※1 部材３本を切断するように

3）切断された部材内の応力（軸方向力）を仮定※2

※2 必ず計算対象側の節点からベクトル表記

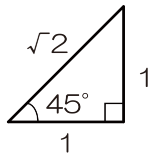
4）力のつり合いで未知の応力を算定

【切断】⇒計算対象は左を【選択】（図左上）

$N_{AB}$ を求めるために $N_1$ と $N_2$ の交点Ｏのモーメントに注目、ただし $N_{AB}$ は斜めの力なので分力（図左下）

$$N_{ABX} = N_{AB} \times \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{N_{AB}}{\sqrt{2}}$$

$$N_{ABY} = N_{AB} \times \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{N_{AB}}{\sqrt{2}}$$




$M_O$＝０より

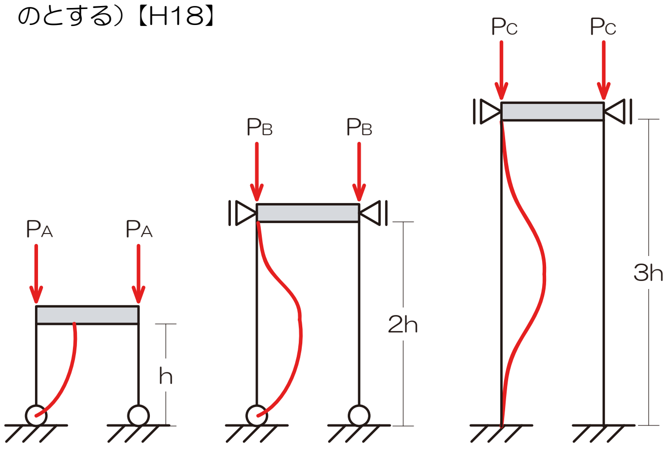
$$M_O = -P \times 2L - 2P \times L + \frac{N_{AB}}{\sqrt{2}} \times L + \frac{N_{AB}}{\sqrt{2}} \times L = 0$$

$$-4PL + \frac{2N_{AB}L}{\sqrt{2}} = 0$$

$$N_{AB} = 2\sqrt{2}P$$

2√2P

《基礎問題 19》以下の構造物Ａ、Ｂ、Ｃの弾性座屈荷重の大小を比較せよ（ただしすべての柱は等質等断面であるものとする）【H18】




『解法手順（基礎）』

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）弾性座屈荷重の大小を比較

各柱の座屈長さを求める

$$l_{kA} = 2.0 \times h = 2h$$
$$l_{kB} = 0.7 \times 2h = 1.4h$$
$$l_{kC} = 0.5 \times 3h = 1.5h$$

座屈長さの大小は

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

ゆえに

$$P_B > P_C > P_A$$

$P_B > P_C > P_A$