

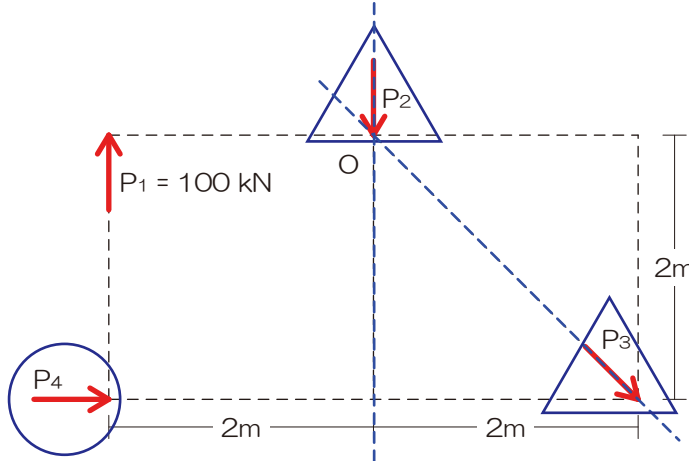
【本日の目標】

- 1) トラスの応力を求めることができる PP38-39 《基礎問題 16-17》
- 2) 弾性座屈荷重の大小の比較ができる P42 《基礎問題 18》

『復習』

《復習問題 05》力のつり合い条件が成立している場合の

P_2 の値を求めよ。



『解法手順（基礎）』

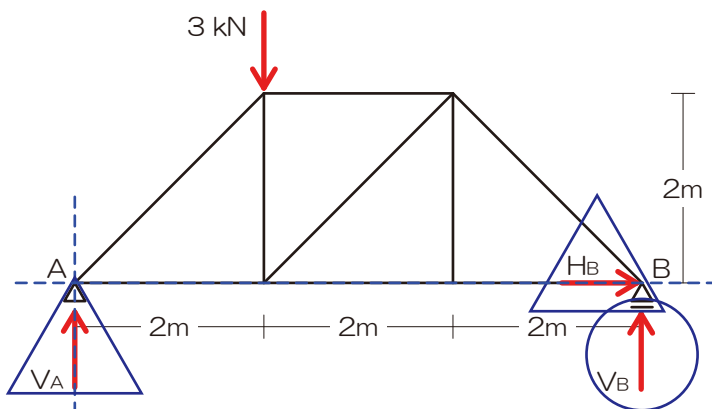
- 1) 求めたい未知力（ターゲット）を○チェック
- 2) ターゲット以外の未知力を△チェック
- 3) ターゲット以外の未知力の作用線を図示
- 4) 上記作用線が交差するなら⇒交点のモーメントに注目（ $M_O = 0$ ）、平行なら⇒直行する軸のつり合いに注目（ $\sum Y = 0$ もしくは $\sum X = 0$ ）

交点 O に注目

$$\begin{aligned} M_O &= +100 \times 2 - P_4 \times 2 = 0 \\ -2P_4 &= -100 \times 2 \\ P_4 &= \frac{-100 \times 2}{-2} \\ P_4 &= 100 [\text{kN}] \end{aligned}$$

解答： $P_4 = 100 [\text{kN}]$

《復習問題 06》以下の B 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 $\sum X = 0$ ）

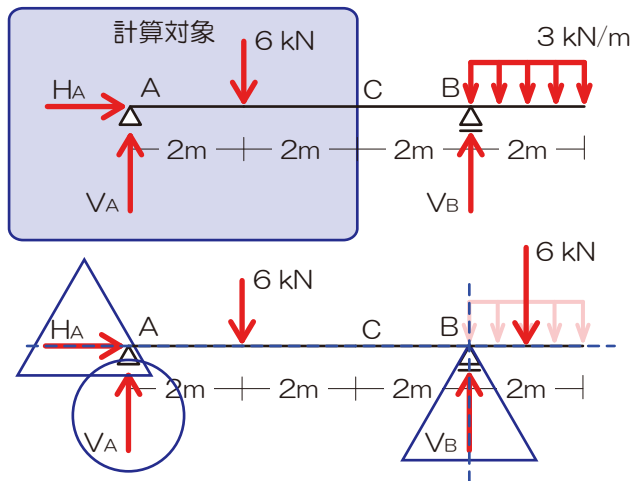
V_B を求める（交点 A に注目）

$$\begin{aligned} M_A &= +3 \times 2 - V_B \times 6 = 0 \\ -6V_B &= -3 \times 2 \\ V_B &= \frac{-3 \times 2}{-6} \\ V_B &= 1 [\text{kN}] \end{aligned}$$

解答： $V_B = 1 [\text{kN}]$



《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) セン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

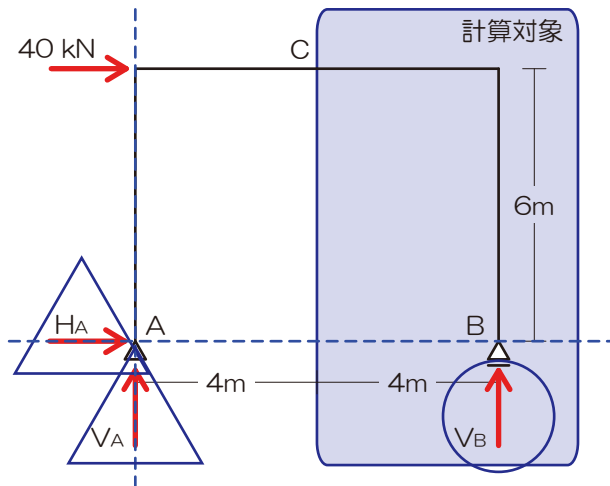
$$M_C = +V_A \times 4 - 6 \times 2$$

$$M_C = +3 \times 4 - 6 \times 2$$

$$M_C = 0[kNm]$$

解答： $M_C = 0[kNm]$

《復習問題 08》以下の構造物の C 点のせん断力を求めよ。【H19（改）】



A 点で【切断】右側を【選択】

反力 V_B を求める（交点 A に注目）

$$M_A = +40 \times 6 - V_B \times 8 = 0$$

$$-8V_B = -40 \times 6$$

$$V_B = \frac{-40 \times 6}{-8}$$

$$V_B = 30[kN]$$

『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) セン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

C 点のせん断力（軸に直交・鉛直の力）を求める

$$Q_C = V_B$$

$$Q_C = 30[kN]$$

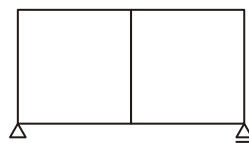
解答： $Q_C = 30[kN]$



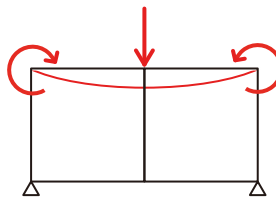
5 トラス

5.1 トラスとは

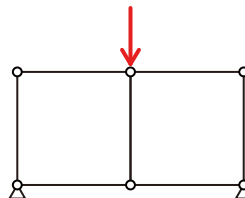
1) なんとしても長スパンの架構を作りたい



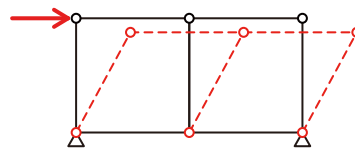
2) 梁が曲げモーメントでやられる…



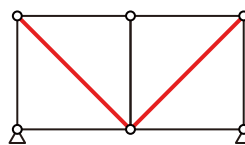
3) 曲げモーメントが生じないようにするには ⇒
ピンで接合



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

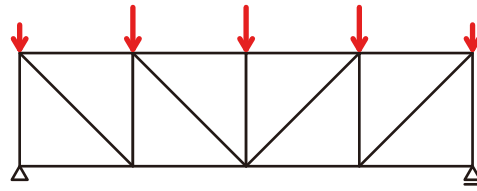
- 節点法と同様に任意の節点（もしくは支点）に注目し、その点に作用する力（荷重・反力・応力）のつり合いを図に示しながら未知力を求める方法
- 正確な作図が要求されるので、建築士試験では採用する人はほぼいない（ハズ…）



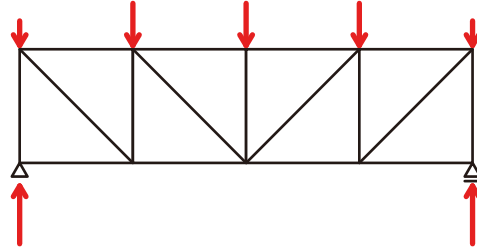
5.4 切断法

■ 切断法の考え方（詳細）

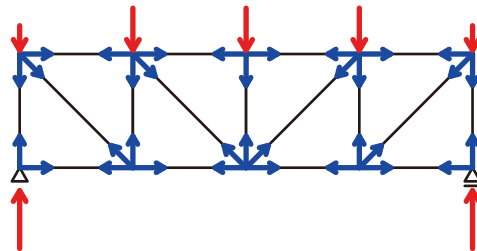
➤ 右のトラスを例に解説します



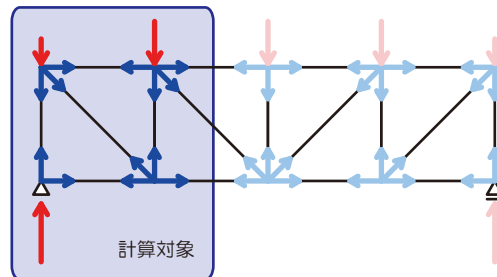
➤ 反力を図示（どんな問題でも鉄則）



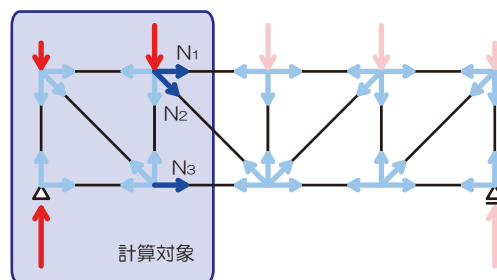
➤ 荷重がかかっていることから各部材は傷めつけられている（応力が生じている）はず



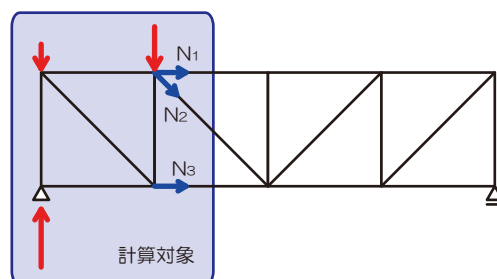
➤ 【応力】は【切断】⇒【選択】であるので以下のよう
に左側を計算対象とする（右側の力は応力算定時
には無視）



➤ 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…

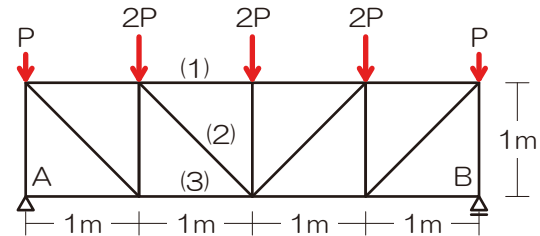


➤ 応力は計算対象片側の力をつり合うので、つり合い
三式を用いて未知の応力を求めましょう



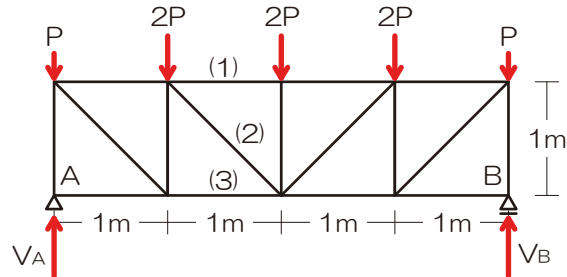
■ 切断法の解法

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

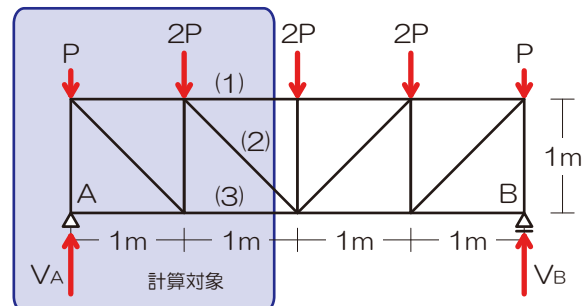
(いかなる問題でも鉄則)



2) 【切断】面を決定 ⇒ 計算対象側を【選択】

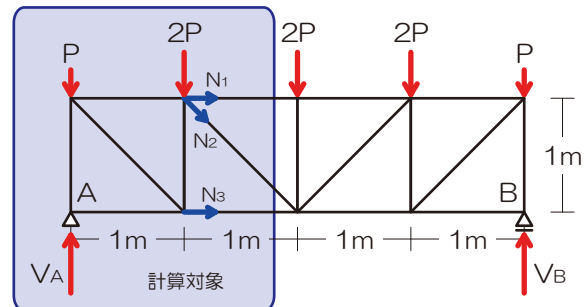
※ 求める必要のある部材を含む 3 本で切断

(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

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

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

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

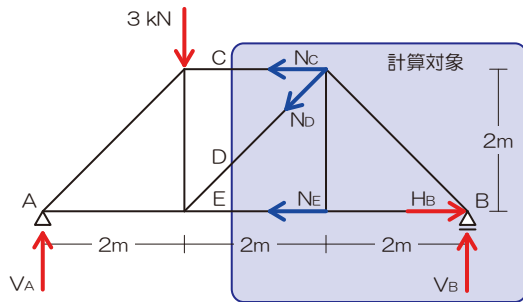
$$M_O = +4P \times 1 - P \times 1 - N_3 \times 1 = 0$$

$$N_3 = 3P$$

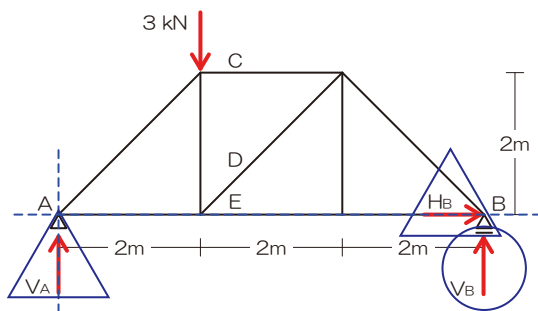


《基礎問題 16》C・D・E 各部材の応力を求めよ【H18】 『解法手順（基礎）』

- 1) 反力を図示
- 2) 切断面^{※1}を決定→計算対象を決定
- 3) 切断された部材内の応力（軸方向力）を仮定^{※2}



反力があるので反力 V_A を求める



V_B を求める（交点 A に注目）

$$M_A = +3 \times 2 - V_B \times 6 = 0$$

$$-6V_B = -3 \times 2$$

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

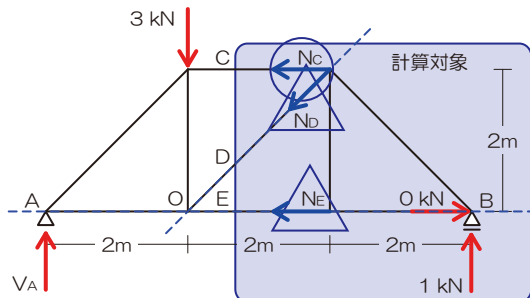
$$V_B = 1[kN]$$

H_B を求める（交点 A に注目）

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

- 4) 力のつり合いで未知の応力を算定

N_C を求める（交点 O に注目）



$$M_O = -N_C \times 2 - 1 \times 4 = 0$$

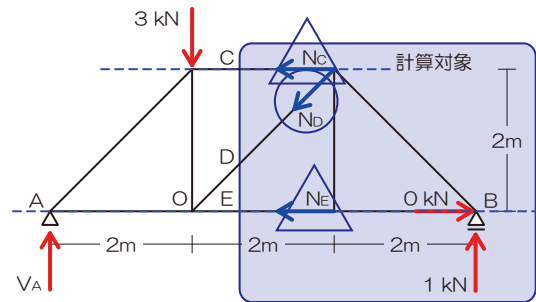
$$-2N_C = 1 \times 4$$

$$N_C = \frac{1 \times 4}{-2}$$

$$N_C = -2[kN]$$

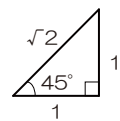
N_D を求める（縦の力のつり合い）

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



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

$$N_{DY} = 1$$



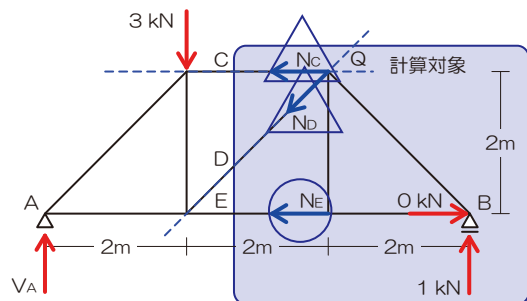
45 度のちっこい三角形より、横の長さが 1 の場合

の斜めの長さは

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

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

N_E を求める（交点 Q に注目）



$$M_Q = +N_E \times 2 - 1 \times 2 = 0$$

$$2N_E = 1 \times 2$$

$$N_E = \frac{1 \times 2}{2}$$

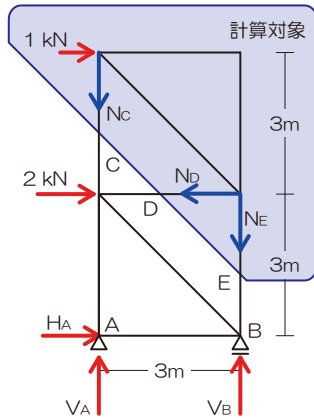
$$N_E = 1[kN]$$

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

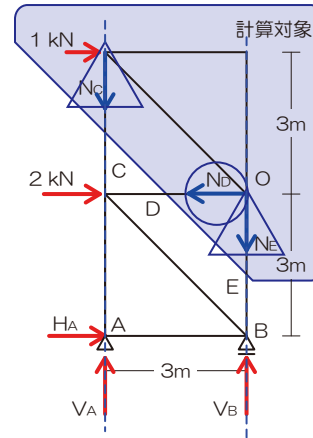


《基礎問題 17》 C・D・E 各部材の応力を求めよ【H22】 『解法手順（基礎）』

- 1) 反力を図示
- 2) 切断面※1 を決定→計算対象を決定
- 3) 切断された部材内の応力（軸方向力）を仮定※2



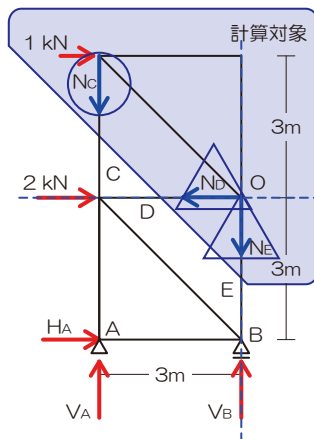
N_D を求める（横の力のつり合い）



$$\begin{aligned}\sum X &= +1 - N_D = 0 \\ -N_D &= -1 \\ N_D &= 1[kN]\end{aligned}$$

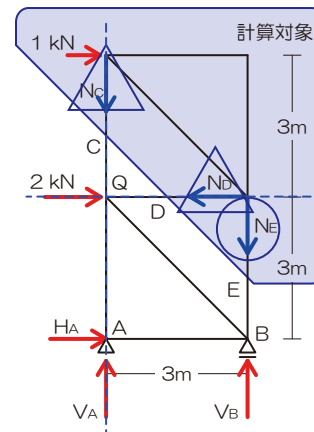
- 4) 力のつり合いで未知の応力を算定

N_C を求める（交点 O に注目）



$$\begin{aligned}M_O &= +1 \times 3 - N_C \times 3 = 0 \\ -3N_C &= -1 \times 3 \\ N_C &= \frac{-1 \times 3}{-3} \\ N_C &= 1[kN]\end{aligned}$$

N_E を求める（交点 Q に注目）



$$\begin{aligned}M_Q &= +N_E \times 3 + 1 \times 3 = 0 \\ 3N_E &= -1 \times 3 \\ N_E &= \frac{-1 \times 3}{3} \\ N_E &= -1[kN]\end{aligned}$$

$$N_C = 1[kN], N_D = 1[kN], N_E = -1[kN]$$

[ポイント]

- ✓ トラスの解法のうちお勧めは「切断法」
- ✓ 部材 3 本を切る切断面ですて構造物を二分割
- ✓ 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）

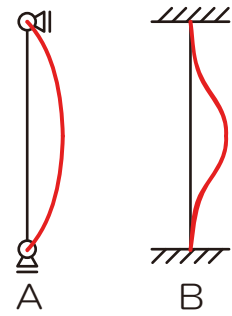


6 座屈

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）

$$\square N_k = \frac{\pi^2 EI}{l_k^2} \quad N_k \cdots \text{弾性座屈荷重、} E \cdots \text{ヤング係数、} I \cdots \text{断面 2 次モーメント、} l_k \cdots \text{座屈長さ}$$

6.3 座屈長さ

■ 座屈長さ (l_k)

- 支持条件と材長より求める

$$\square l_k = \alpha \times l \quad \alpha \cdots \text{座屈長さ係数、} l \cdots \text{材長}$$

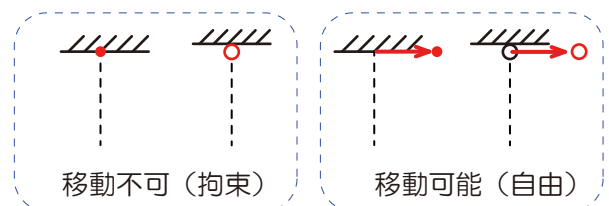
■ 座屈長さ係数の判別方法

- 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」と示されています

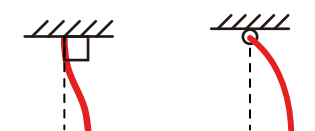
⇒ 移動できるならちょいズラしてあげましょう



- 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



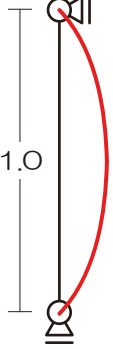
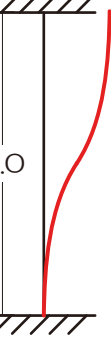
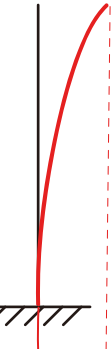
固定支点

ピン支点

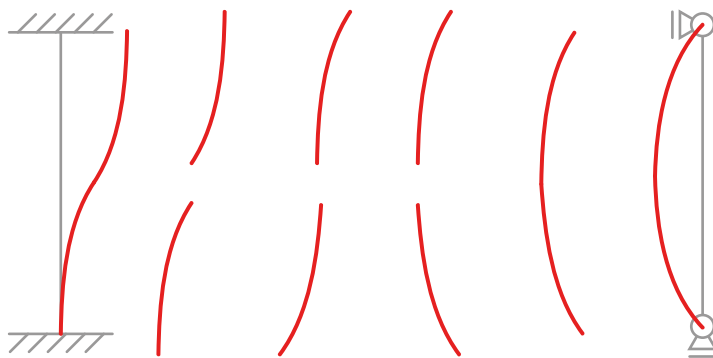


■ 座屈長さ係数

➤ 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

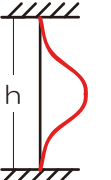
上端移動	拘束				自由	
支持種類（上端）	ピン	固定	ピン	固定	固定	自由
支持種類（下端）	ピン	固定	固定	ピン	固定	固定
座屈形状						
座屈長さ係数	1.0	0.5	0.7	0.7	1.0	2.0

➤ 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

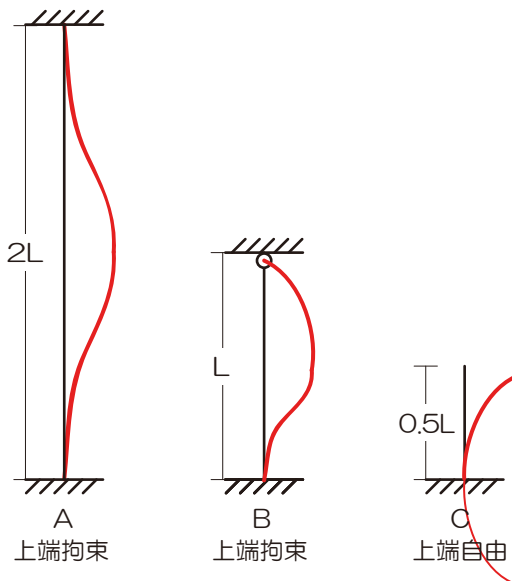
				
上端移動	自由	拘束	拘束	拘束
座屈長さ係数	1.0	0.5	1.0	0.7
座屈長さ	$1.0 \times 3h = 3h$	$0.5 \times h = 0.5h$	$1.0 \times 2h = 2h$	$0.7 \times 3h = 2.1h$



■ 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 18》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

$$l_{kA} = 0.5 \times 2h = h$$

$$l_{kB} = 0.7 \times h = 0.7h$$

$$l_{kC} = 2.0 \times 0.5h = h$$

座屈長さの大小は

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

ゆえに

$$P_B > P_A = P_C$$

$$P_B > P_A = P_C$$

[ポイント]

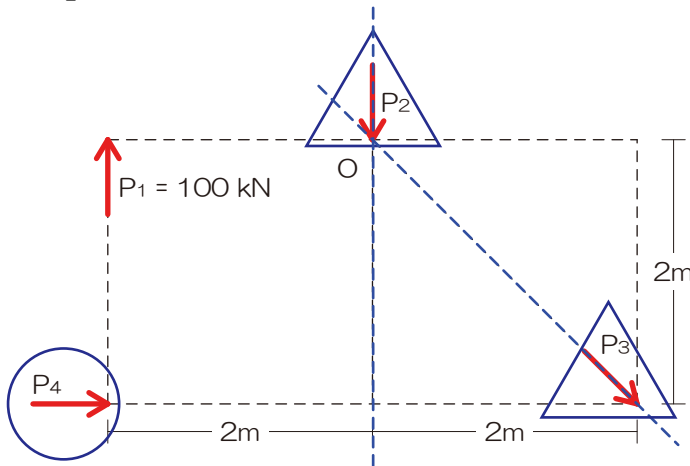
- ✓ 座屈長さは座屈する様子を図示して確認しましょう
- ✓ 図示する際の留意点は「上端の移動」「支持条件」の 2 点です



『復習』

《復習問題 05》力のつり合い条件が成立している場合の

P_2 の値を求めよ。



『解法手順（基礎）』

- 5) 求めたい未知力（ターゲット）を○チェック
- 6) ターゲット以外の未知力を△チェック
- 7) ターゲット以外の未知力の作用線を図示
- 8) 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 $\sum X = 0$ ）

交点 O に注目

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

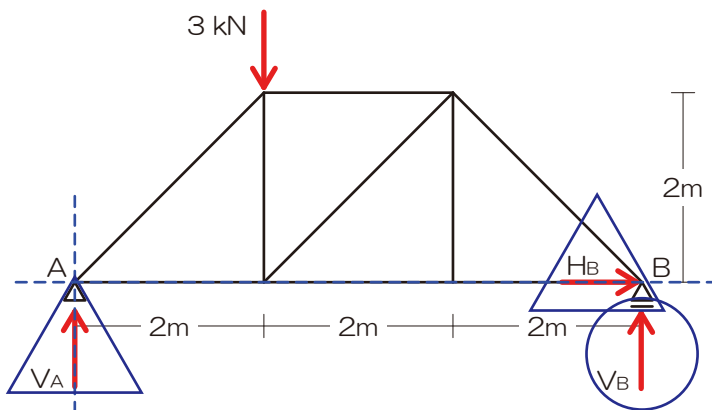
$$-2P_4 = -100 \times 2$$

$$P_4 = \frac{-100 \times 2}{-2}$$

$$P_4 = 100 [\text{kN}]$$

解答： $P_4 = 100 [\text{kN}]$

《復習問題 06》以下の B 点の鉛直反力を求めよ。



『解法手順（基礎）』

- 6) 生じる可能性のある反力を図示
- 7) 求めたい未知力（ターゲット）を○チェック
- 8) ターゲット以外の未知力を△チェック
- 9) ターゲット以外の未知力の作用線を図示
- 10) 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_B を求める（交点 A に注目）

$$M_A = +3 \times 2 - V_B \times 6 = 0$$

$$-6V_B = -3 \times 2$$

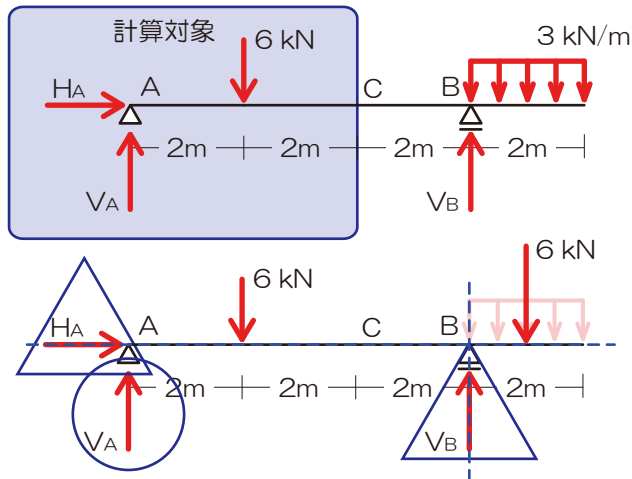
$$V_B = \frac{-3 \times 2}{-6}$$

$$V_B = 1 [\text{kN}]$$

解答： $V_B = 1 [\text{kN}]$



《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）

$$\begin{aligned} M_B &= +V_A \times 6 - 6 \times 4 + 6 \times 1 = 0 \\ 6V_A &= 6 \times 4 - 6 \times 1 \\ V_A &= 4 - 1 \\ V_A &= 3[kN] \end{aligned}$$

『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) セン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）

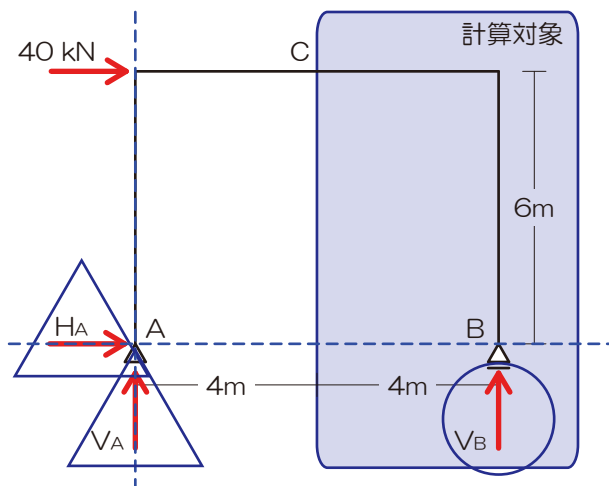
$$\sum X = H_A = 0[kN]$$

C 点の曲げモーメント（すべての力対象）を求める

$$\begin{aligned} M_C &= +V_A \times 4 - 6 \times 2 \\ M_C &= +3 \times 4 - 6 \times 2 \\ M_C &= 0[kNm] \end{aligned}$$

解答： $M_C = 0[kNm]$

《復習問題 08》以下の構造物の C 点のせん断力を求めよ。【H19（改）】



A 点で【切断】右側を【選択】

反力 V_B を求める（交点 A に注目）

$$\begin{aligned} M_A &= +40 \times 6 - V_B \times 8 = 0 \\ -8V_B &= -40 \times 6 \\ V_B &= \frac{-40 \times 6}{-8} \\ V_B &= 30[kN] \end{aligned}$$

『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) セン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

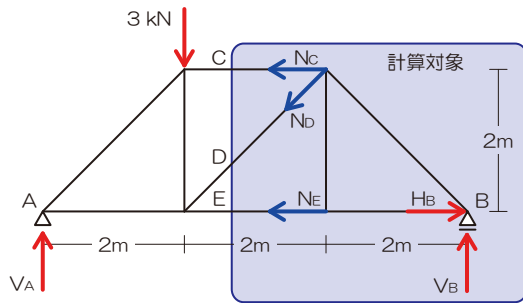
C 点のせん断力（軸に直交・鉛直の力）を求める

$$\begin{aligned} Q_C &= V_B \\ Q_C &= 30[kN] \end{aligned}$$

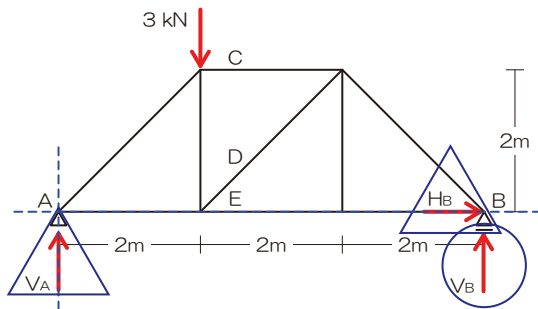
解答： $Q_C = 30[kN]$



- 1) 反力を図示
- 2) 切断面※1 を決定→計算対象を決定
- 3) 切断された部材内の応力（軸方向力）を仮定※2



反力があるので反力 V_A を求める



V_B を求める（交点 A に注目）

$$M_A = +3 \times 2 - V_B \times 6 = 0$$

$$-6V_B = -3 \times 2$$

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

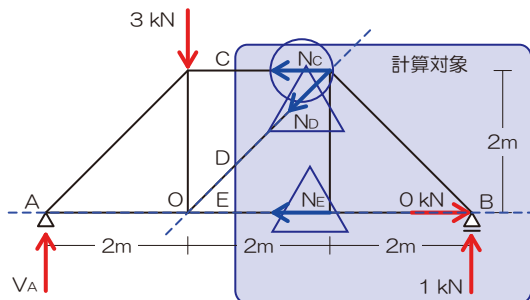
$$V_B = 1 [kN]$$

H_B を求める（交点 A に注目）

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

- 4) 力のつり合いで未知の応力を算定

N_C を求める（交点 O に注目）



$$M_O = -N_C \times 2 - 1 \times 4 = 0$$

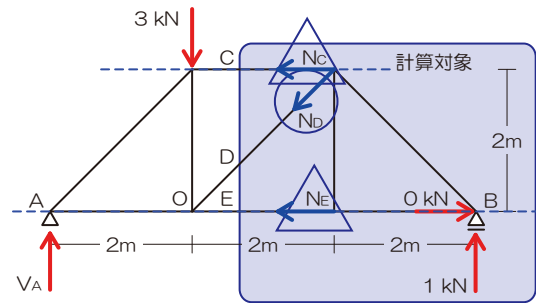
$$-2N_C = 1 \times 4$$

$$N_C = \frac{1 \times 4}{-2}$$

$$N_C = -2 [kN]$$

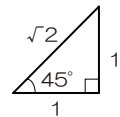
N_D を求める（縦の力のつり合い）

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



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

$$N_{DY} = 1$$



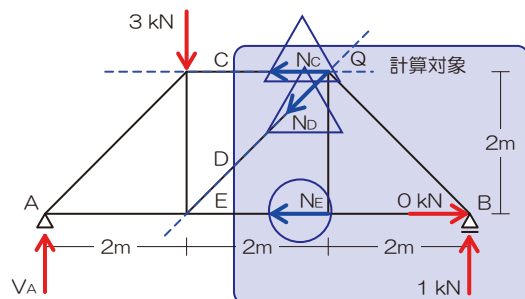
45 度のちっこい三角形より、横の長さが 1 の場合

の斜めの長さは

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

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

N_E を求める（交点 Q に注目）



$$M_Q = +N_E \times 2 - 1 \times 2 = 0$$

$$2N_E = 1 \times 2$$

$$N_E = \frac{1 \times 2}{2}$$

$$N_E = 1 [kN]$$

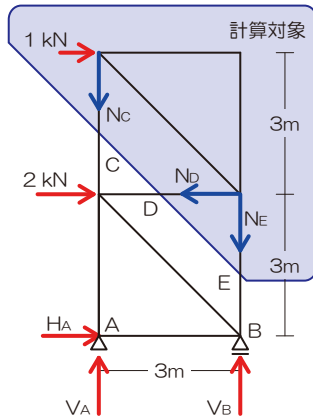
$$N_C = -2 [kN], N_D = \sqrt{2} [kN], N_E = 1 [kN]$$



《基礎問題 17》C・D・E 各部材の応力を求めよ【H22】

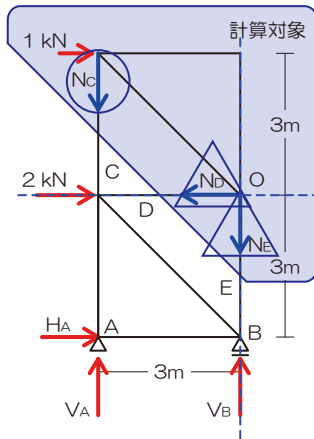
『解法手順（基礎）』

- 1) 反力を図示
- 2) 切断面^{※1}を決定→計算対象を決定
- 3) 切断された部材内の応力（軸方向力）を仮定^{※2}



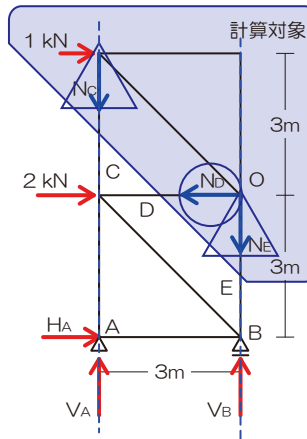
- 4) 力のつり合いで未知の応力を算定

N_C を求める（交点Oに注目）



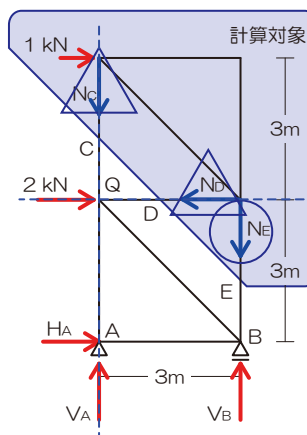
$$\begin{aligned} M_O &= +1 \times 3 - N_C \times 3 = 0 \\ -3N_C &= -1 \times 3 \\ N_C &= \frac{-1 \times 3}{-3} \\ N_C &= 1[kN] \end{aligned}$$

N_D を求める（横の力のつり合い）



$$\begin{aligned} \sum X &= +1 - N_D = 0 \\ -N_D &= -1 \\ N_D &= 1[kN] \end{aligned}$$

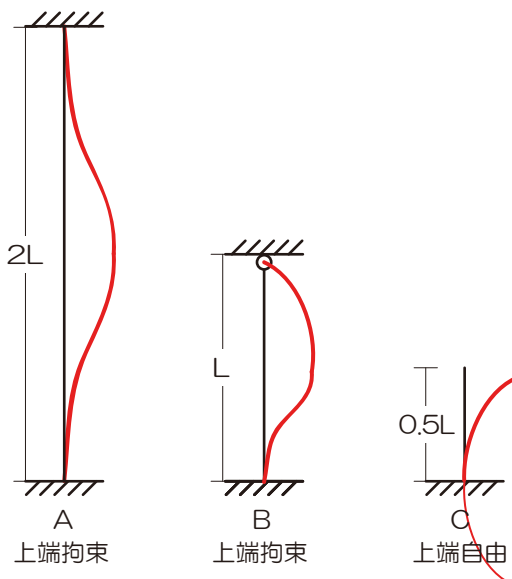
N_E を求める（交点Qに注目）



$$\begin{aligned} M_Q &= +N_E \times 3 + 1 \times 3 = 0 \\ 3N_E &= -1 \times 3 \\ N_E &= \frac{-1 \times 3}{3} \\ N_E &= -1[kN] \end{aligned}$$

$$N_C = 1[kN], N_D = 1[kN], N_E = -1[kN]$$

《基礎問題 18》以下の構造物 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であるものとする）【H1】



『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) 弾性座屈荷重の大きさを比較

各柱の座屈長さを求める

$$\begin{aligned} l_{kA} &= 0.5 \times 2h = h \\ l_{kB} &= 0.7 \times h = 0.7h \\ l_{kC} &= 2.0 \times 0.5h = h \end{aligned}$$

座屈長さの大小は $l_{kB} < l_{kA} = l_{kC}$

ゆえに

$$P_B > P_A = P_C$$

$$P_B > P_A = P_C$$

