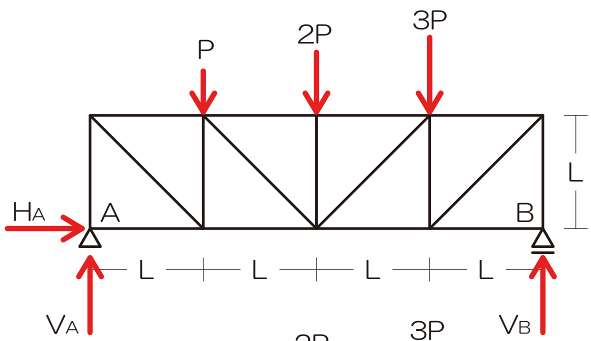
【本日午前の目標】

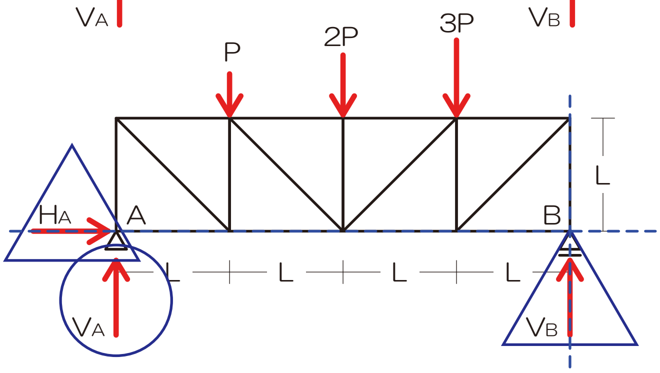
1）トラスの応力を求めることができる　PP38-39《基礎問題 16-18》

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

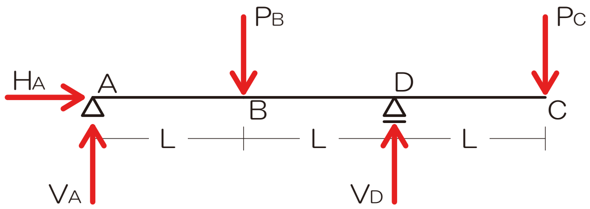
5）上記作用線が交差するなら⇒交点のモーメントに注目（$M_O=0$）、平行なら⇒直行する軸のつり合いに注目（$\sum Y=0$ もしくは $\sum X=0$）

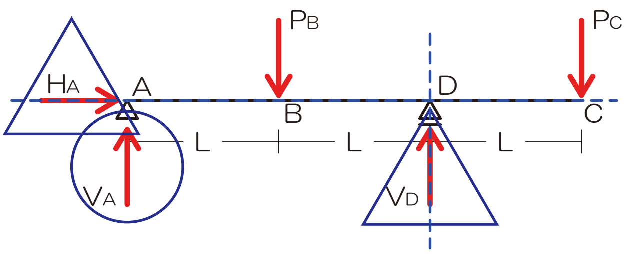
V_A を求める（交点 B に注目）

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

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）

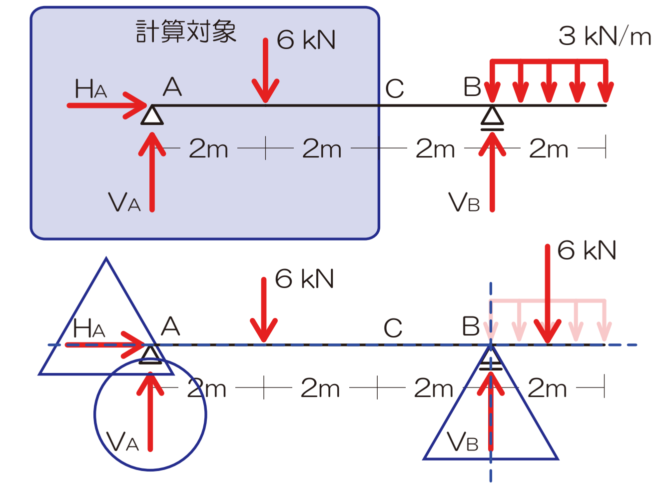
$$M_D=+V_A\times 2L-P_B\times L+P_C\times L=0$$

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）

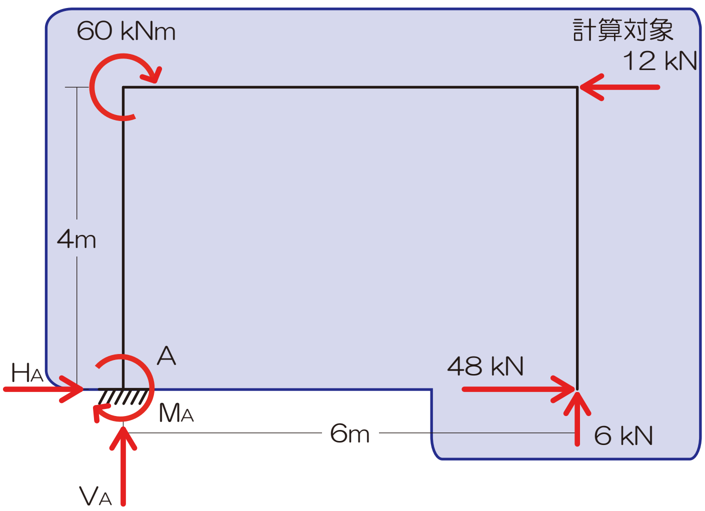
$$\sum X = H_A = 0[kN]$$

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

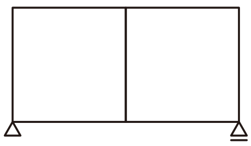
$$M_C = +60 - 12 \times 4 - 6 \times 6$$
$$M_C = -24 \qquad \text{（絶対値表記）}$$
$$M_C = 24[kNm]$$

解答：M_C=24[kNm]

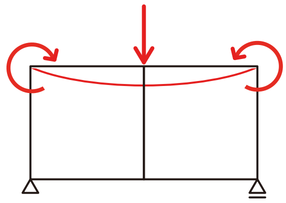
5　トラス

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

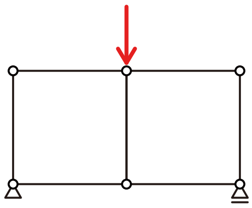


2）梁が曲げモーメントでやられる…

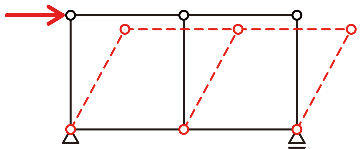


3）曲げモーメントが生じないようにするには　⇒

ピンで接合

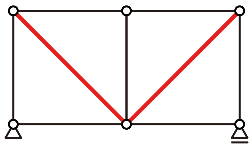


4）ピン接合では安定しない（自立できない）



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

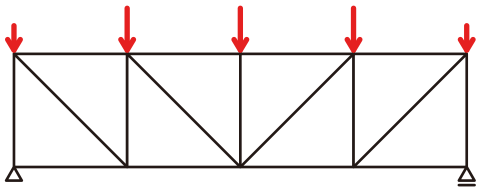
■　図解法

- 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…）

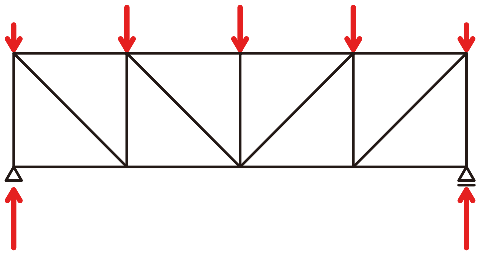
5.4 切断法

■ 切断法の考え方（詳細）

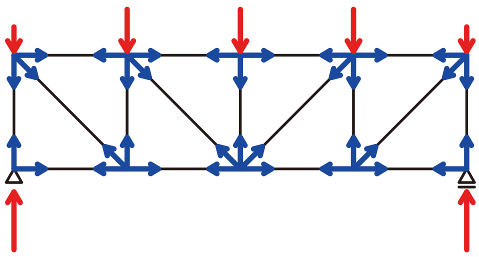
- 右のトラスを例に解説します



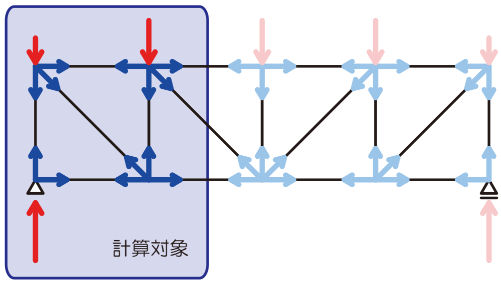
- 反力を図示（どんな問題でも鉄則）



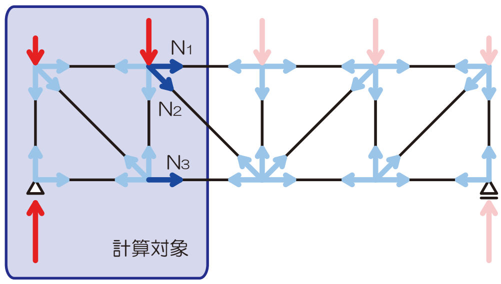
- 荷重がかかっていることから各部材は傷めつけられている（応力が生じている）はず



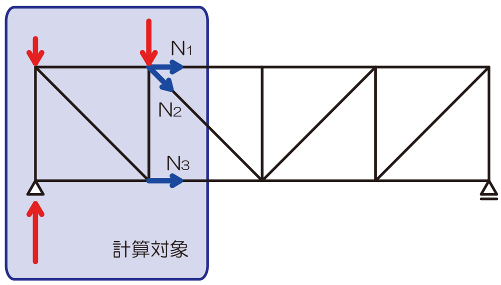
- 【応力】は【切断】⇒【選択】であるので以下のように左側を計算対象とする（右側の力は応力算定時には無視）



- 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



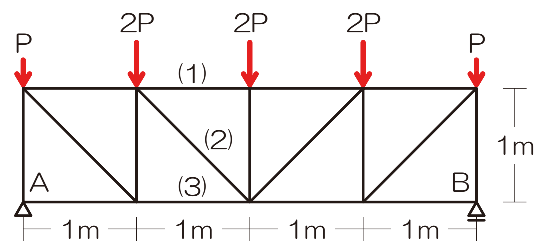
- 計算対象側に残った力と応力は…



- 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

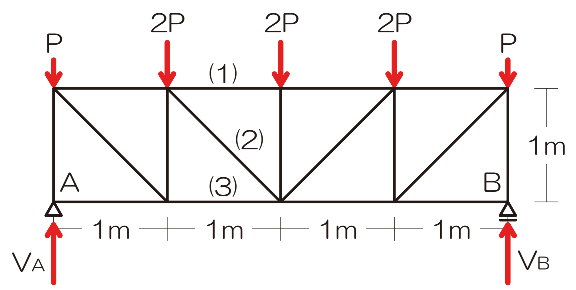
■　切断法の解法

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

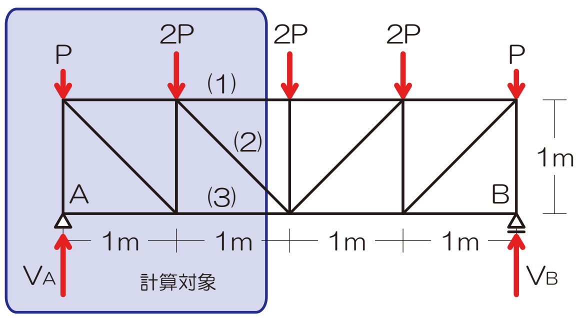
（いかなる問題でも鉄則）



2）【切断】面を決定　⇒　計算対象側を【選択】

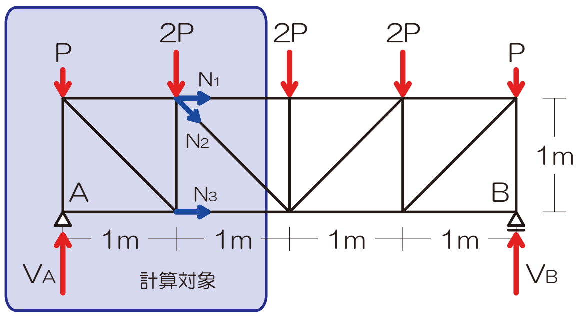
※　求める必要のある部材を含む３本で切断

（2 本で切断しても求められますが旨みは少ないですよ）



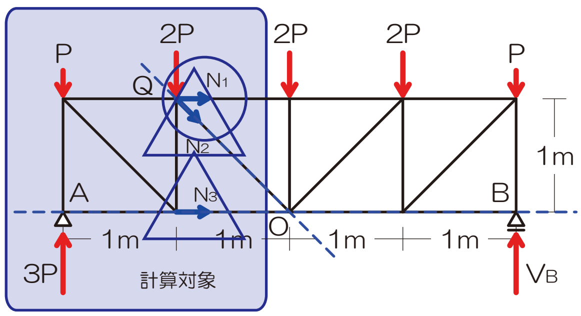
3）切断された部材内の応力を仮定

※　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

$$M_O = +4P\times2 - P\times2 - 2P\times1 + N_1\times1 = 0$$
$$N_1 = -4P$$

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

$$N_2\times\frac{1}{\sqrt{2}} = P$$
$$N_2 = \sqrt{2}P$$

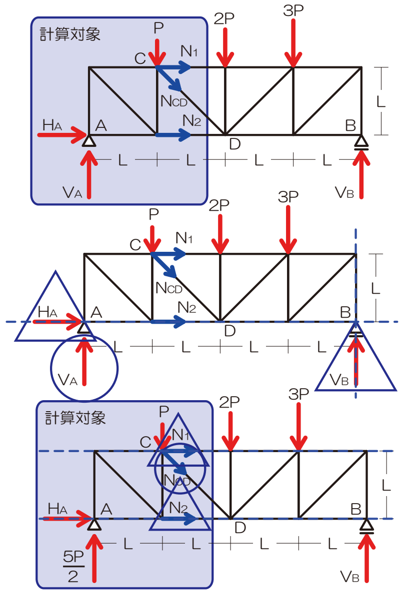
N3 を求める

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

もしくは

$$M_Q = +4P\times1 - P\times1 - N_3\times1 = 0$$
$$N_3 = 3P$$

《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)

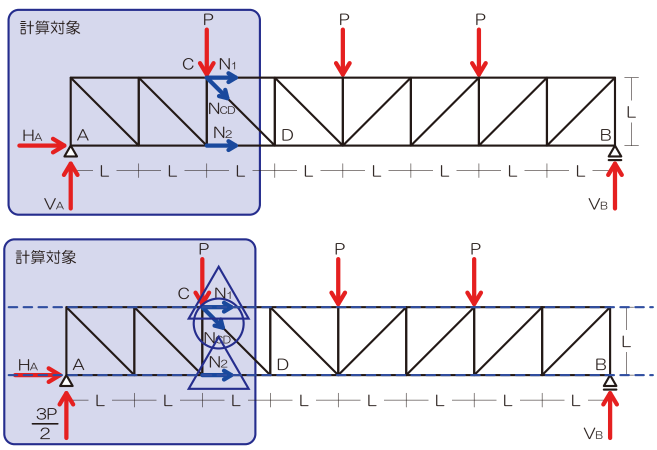
$$\sum Y = +\frac{5P}{2} - P - N_{CDY} = 0$$
$$N_{CDY} = \frac{3P}{2}$$

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)

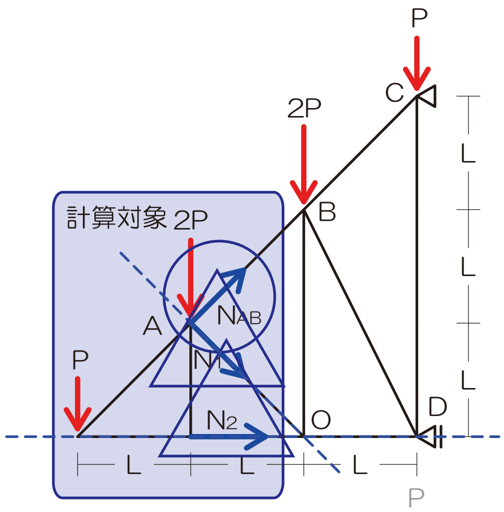
$$\sum Y = +\frac{3P}{2} - P - N_{CDY} = 0$$
$$N_{CDY} = \frac{P}{2}$$

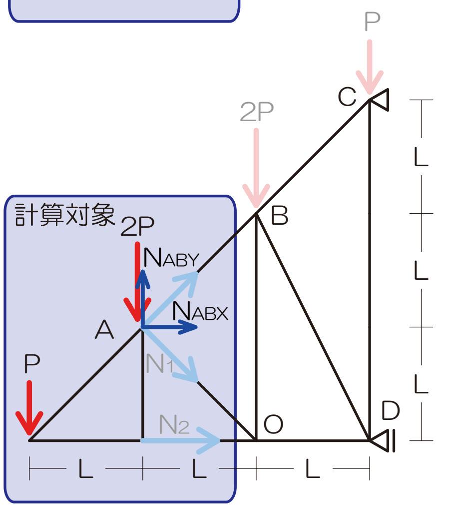
また

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

√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*

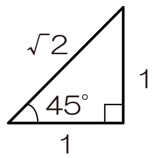
4）力のつり合いで未知の応力を算定

【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

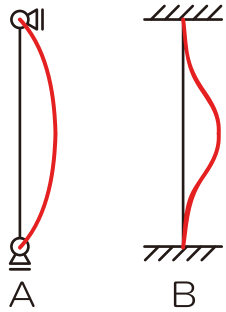
✓　切断された部材には取り残された応力を図示（必ず計算対象側の支点・節点から）

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

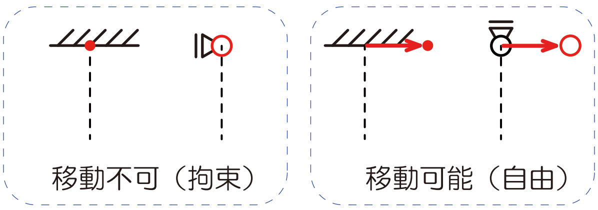
■ 座屈長さ（l_k）

- 支持条件と材長より求める

□ $l_k = \alpha \times l$　　α …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

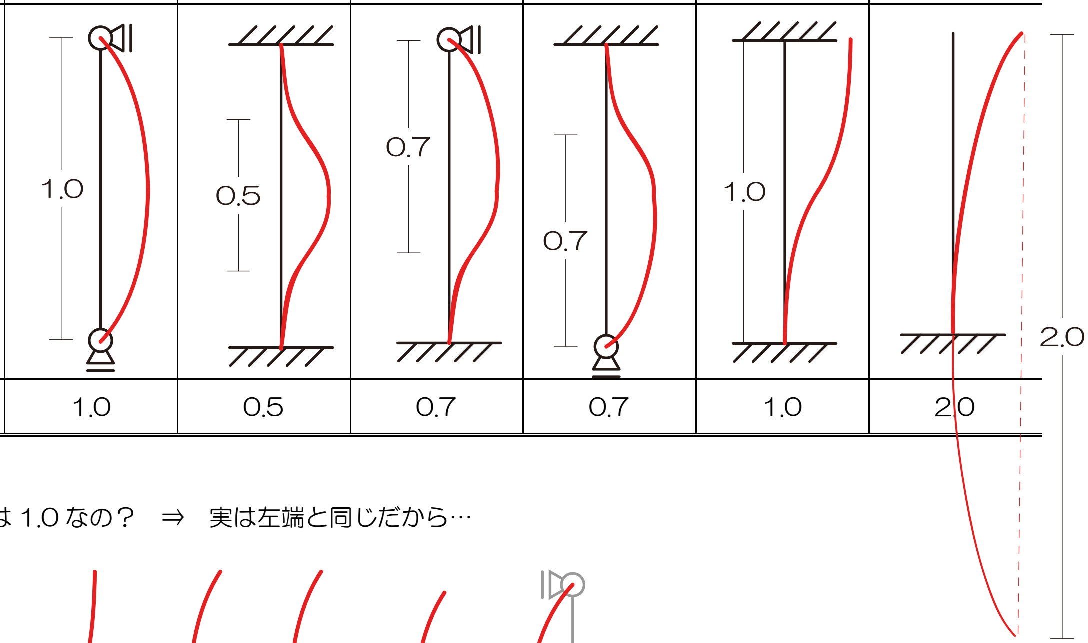


- 支点種類：支点の種類は固定？ピン？
  - ⇒　固定ならば支点では曲がりません
  - ⇒　ピンの場合は支点から曲がります

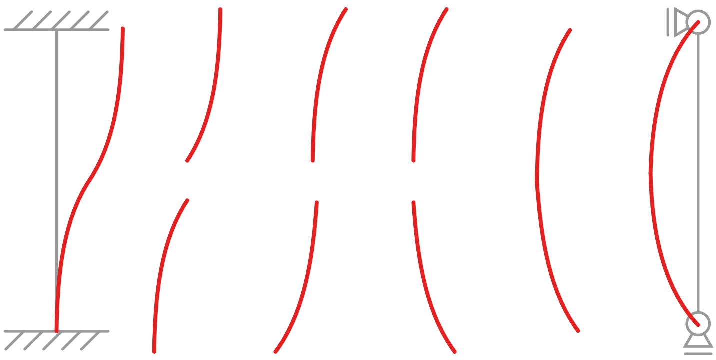
■ 座屈長さ係数

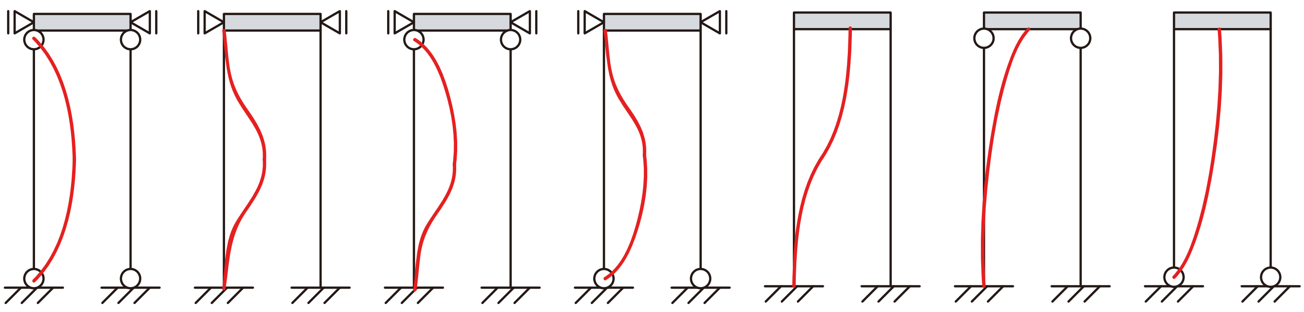
➢ 0.5/0.7/1.0/2.0 の 4 種のみ、実際に座屈する様子を図示して確認しましょう

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



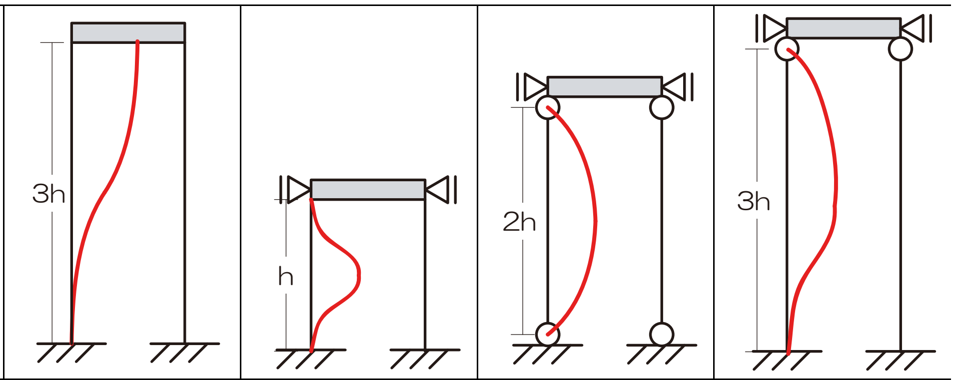
➢ なぜ右から二番目は 1.0 なの？　⇒　実は左端と同じだから…





■ 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

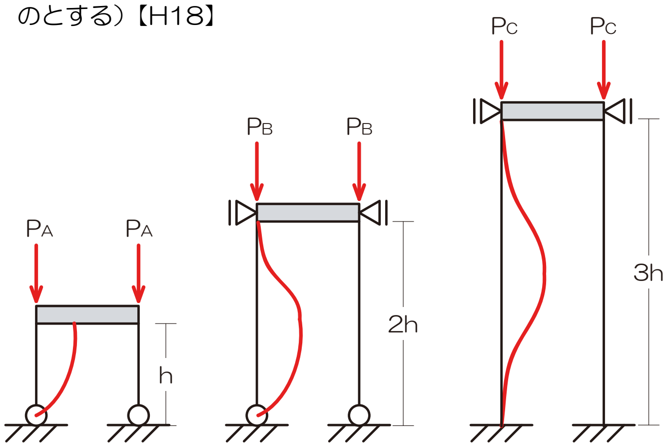


座屈長さ係数	1.0	0.5	1.0	0.7
座屈長さ	$1.0\times3h=3h$	$0.5\times h=0.5h$	$1.0\times2h=2h$	$0.7\times3h=2.1h$

■ 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

【本日午後の目標】

1）たわみの基礎的な問題を解くことができる　PP48-49《基礎問題 20-21》

2）応力の中でもちょっと難解な問題を解くことができる　P51《基礎問題 22》

7　たわみ

7.1 たわみとは

■ たわみとたわみ角

- たわみ：部材に荷重がかかった際に生じる湾曲による沈み込み
- たわみ角：上記湾曲による傾き（もとの位置との角度のずれ）

7.2 「たわみ」の知識を用いる建築士の問題

■ たわみの公式「出題頻度 70%」

- たわみの公式（軽本計）通りの荷重条件によるたわみ・たわみ角を求める
- たわみの公式（基本形）を用いて特殊な架構・荷重条件のたわみ・たわみ角を求める

■ 不静定構造物の反力「出題頻度 10%」

- 力のつり合いのみでは反力を求められない際に、たわみ（変形）の条件を用いることで反力を算定できる場合がある

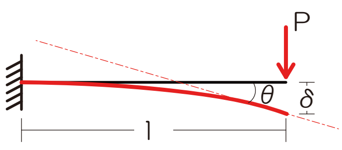
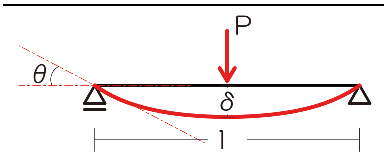
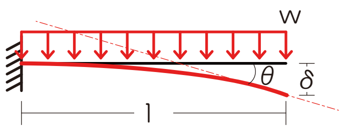
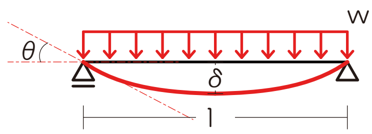
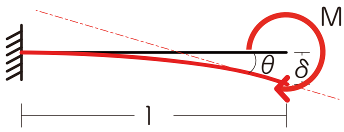
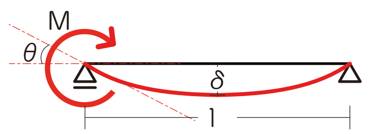
■ 水平荷重の分配（頂部水平変位）「出題頻度 30%」

- 水平方向の荷重は各柱に分配される、その値は柱の剛性ごとに異なるが各柱の頂部の水平変位（たわみ）が等しくなることをもとに解を進める

7.3 たわみの公式

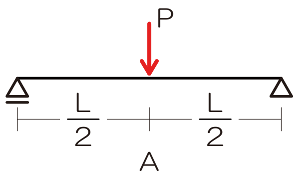
■ たわみの公式（基本形）

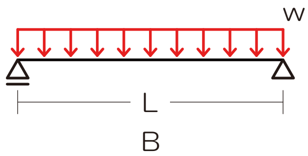
- 架構は「単純梁」「片持梁」、荷重条件は「集中荷重」「分布荷重」「モーメント荷重」
- E …ヤング係数、 I …断面２次モーメント、両者を併せて（ EI ）曲げ剛性

架構・荷重条件	たわみ	たわみ角	架構・荷重条件	たわみ	たわみ角
	$\frac{Pl^3}{3EI}$	$\frac{Pl^2}{2EI}$		$\frac{Pl^3}{48EI}$	$\frac{Pl^2}{16EI}$
	$\frac{wl^4}{8EI}$	$\frac{wl^3}{6EI}$		$\frac{5wl^4}{384EI}$	$\frac{wl^3}{24EI}$
	$\frac{Ml^2}{2EI}$	$\frac{Ml}{EI}$		$\frac{Ml^2}{16EI}$	$\frac{Ml}{3EI}, \frac{Ml}{6EI}$

■ たわみをもとめる（基本形）

➢ 以下の２つの梁の中央部分のたわみが等しい際の荷重の比（P：wL）を求めてみましょう





梁 A のたわみ

$$\frac{PL^3}{48EI}$$

梁 B のたわみ

$$\frac{5wL^4}{384EI}$$

両者のたわみは等しいので

$$\frac{PL^3}{48EI} = \frac{5wL^4}{384EI}$$

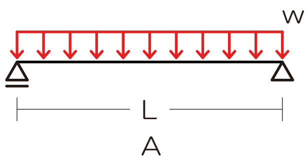
$$P = \frac{5wL^4}{384EI} \times \frac{48EI}{L^3}$$

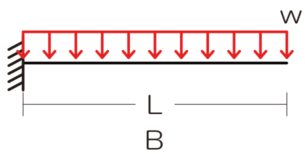
$$P = \frac{5}{8}wL$$

ゆえに

$$P : wL = 5 : 8$$

《基礎問題 20》以下の梁 A•梁 B における最大たわみ δ_A•δ_B の比を求めよ（両者のヤング係数・断面２次モーメントはともに等しいとする）【H23】





『解法手順（基礎）』⇒ 基本形

1）たわみの公式より最大たわみを求める

梁 A のたわみを求める

$$\delta_A = \frac{5wL^4}{384EI}$$

梁 B のたわみを求める

$$\delta_B = \frac{wL^4}{8EI}$$

両者の比を求める

$$\delta_A : \delta_B = \frac{5wL^4}{384EI} : \frac{wL^4}{8EI}$$

$$\delta_A : \delta_B = \frac{5}{48} : \frac{1}{1}$$

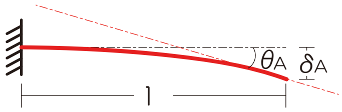
$$\delta_A : \delta_B = 5 : 48$$

5：48

■ たわみをもとめる（特殊形）

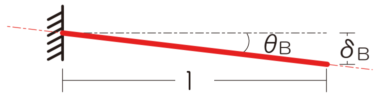
➢ たわみの起因：前述の通り部材が湾曲することにより生じる（以下 δ_A)、その他にも部材が傾く事により生じる沈み込み（以下 δ_B）も広義で「たわみ」に含める、両者が同時に生じている場合には合算可能

湾曲によるたわみ



前述の公式より求める

傾きによるたわみ



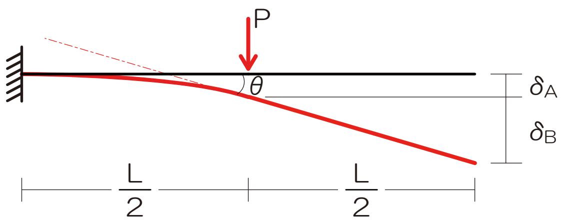
材長×傾き　：　$\delta_B = l \times \theta_B$

《基礎問題 21》以下の梁の先端部分のたわみを求めよ（ただし、ヤング係数を E、断面 2 次モーメントを I とする）

【H13】

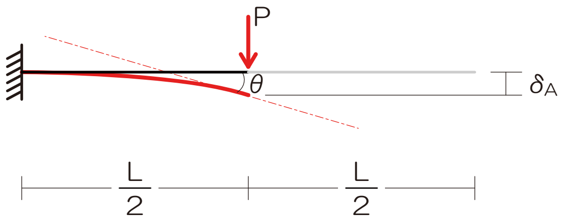
『解法手順（基礎）』⇒ 特殊形

1）変形の様子を図示



2）基本形の箇所は公式よりたわみ算定

δ_A を求める（基本形）



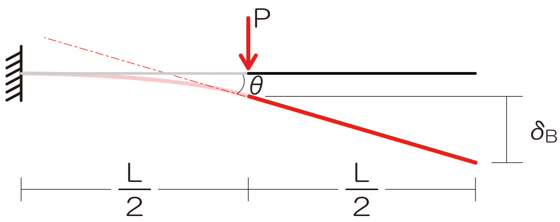
$$\delta_A = \frac{P(\frac{L}{2})^3}{3EI}$$

$$\delta_A = \frac{PL^3}{24EI}$$

3）傾きにより生じるたわみは材長×傾き

δ_B を求める（特殊形）

部材の傾きは左半分のたわみ角に等しいので、中央部分のたわみ角を求める



$$\theta = \frac{P(\frac{L}{2})^2}{2EI} = \frac{PL^2}{8EI}$$

先端部分のたわみは

$$\delta_B = \frac{L}{2} \times \theta = \frac{L}{2} \times \frac{PL^2}{8EI} = \frac{PL^3}{16EI}$$

4）両者を合算

$$\delta = \delta_A + \delta_B$$

$$\delta = \frac{PL^3}{24EI} + \frac{PL^3}{16EI}$$

$$\delta = \frac{5PL^3}{48EI}$$

5PL^3/（48EI）

［ポイント］

✓　たわみの公式は必須

✓　基本形でない場合はバラして考えましょう（「変位＝材長×傾き」でも求められます）

8　1 級ならではの応力問題

8.1　応力の問題種類

注：表中の番号は出題時の問題番号			講義日	10 年	H26	H25	H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17
1	断面の性質	中立軸	12/13	0%										
2		断面２次Ｍ・断面係数	12/13	50%	2					6	1	1	1	
3	応力度	垂直応力度（塑性状態）		40%	1				5	1				1
4	ひずみ	ひずみ		10%						5				
5	座屈	座屈長さ･弾性座屈荷重	12/06	60%			6		6	6		6	6	6
6	振動	固有周期		40%	7	7		7				7		
7	判別	静定・不静定の判別		10%							6			
8	応力	梁・ラーメンの応力	11/29	50%	3		2				2	3		3
9		３ヒンジラーメン	12/06	40%			3		4	3			4	
10		ラーメンの応力図	12/06	20%					3					4
11		トラス	12/06	100%	5	5	4	5	5	5	5	4	5	5
12		合成ラーメン	-	40%		6	5	6			3			
13	たわみ	たわみの公式	12/06	70%	2	2		2	2	2			3	2
14		不静定構造物の反力		10%								2		
15		水平荷重の分配		20%	6			3						
16	不静定	不静定ラーメンの応力		20%	4			4						
17		不静定ラーメン応力図	12/06	30%		3			3			5		
18	層間変形	層間変形		10%						4				
19	全塑性ﾓｰﾒﾝﾄ	全塑性モーメント		50%		1	1	1	1	1				
20	崩壊	崩壊荷重		60%	4	4		4	5		4		2	

8.2 ３ヒンジラーメン

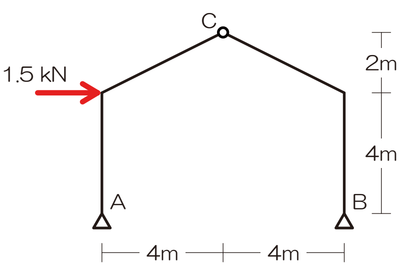
■　３ヒンジラーメンとは

- ピン支点×2、ピン節点×1 にて構成されるラーメン（ピンのことを別称で「ヒンジ」とも呼びます）
- ピン支点が２つであることより、反力が４つ…　⇒　カのつり合いのみでは反力を求められない…

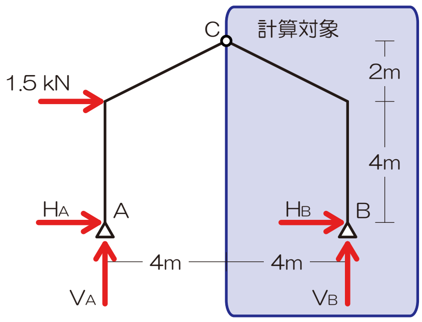
■　３ヒンジラーメンの解法

- 「ピン節点では曲げモーメントが生じない（回転可能なので抵抗不可）」を用いて反力の１つに消えてもらいましょう

B 支点の水平反力を求めてみましょう

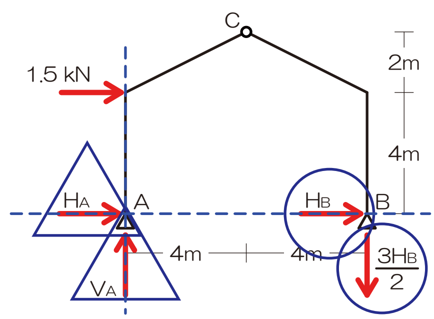


反力を図示、ピン節点の曲げモーメントより余計な鉛直反力 V_B に消えてもらいます



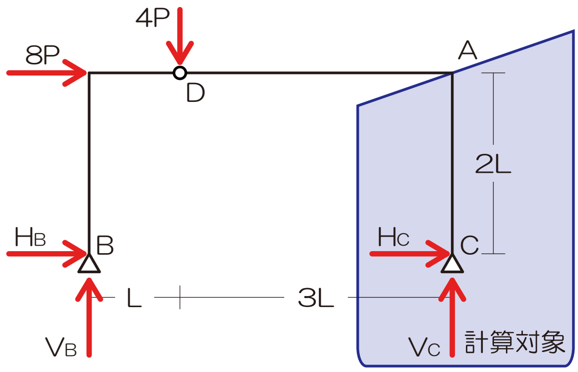
$$M_C = -V_B \times 4 - H_B \times 6 = 0$$
$$-4V_B = 6H_B$$
$$V_B = -\frac{3H_B}{2}$$

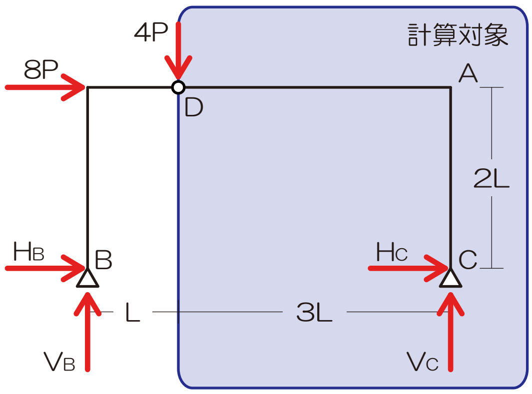
ターゲットである HB 系以外の残りの未知力の作用線に注目すると…

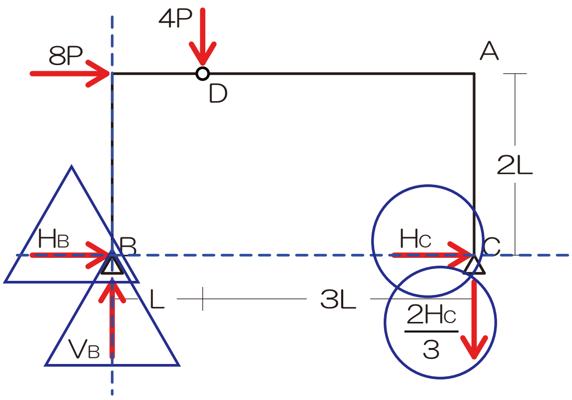


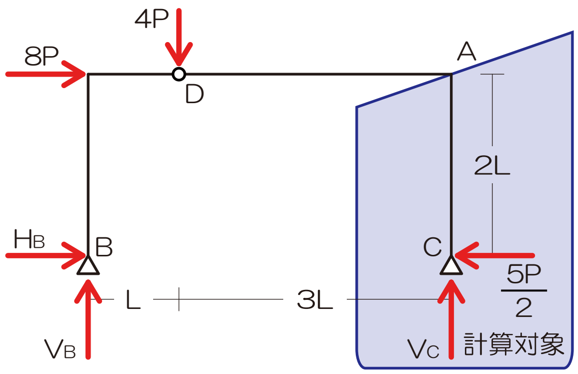
$$M_A = +1.5 \times 4 + \frac{3H_B}{2} \times 8 = 0$$
$$12H_B = -6$$
$$H_B = -\frac{1}{2}[kN]$$

《基礎問題 22》以下の構造物の A 点の曲げモーメントを求めよ。【H10】









『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！）

⇒　以下３ヒンジラーメンの反力算定へ

5）せん断力は軸に対して鉛直な全てのカが対象、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

『解法手順（基礎）』　３ヒンジラーメンの反力算定

1）生じる可能性のある反力を図示

2）ピン節点のモーメントに注目し、反力１つ消去

$$M_D = -H_C \times 2L - V_C \times 3L = 0$$
$$-3V_C L = 2H_C L$$
$$V_C = -\frac{2H_C}{3}$$

3）ターゲット以外の交点に注目し…

$$M_B = +8P \times 2L + 4P \times L + \frac{2H_C}{3} \times 4L = 0$$
$$20PL + \frac{8H_C L}{3} = 0$$
$$H_C = \frac{-20PL \times 3}{8L}$$
$$H_C = -\frac{15P}{2}$$

A 点の曲げモーメント算定に戻りますよ！

$$M_A = +\frac{15P}{2} \times 2L$$
$$M_A = 15PL$$

解答：M_A＝15PL

［ポイント］

✓　ピン節点の曲げモーメントに注目し、反力の１つを消し去ってしまいましょう

8.3 曲げモーメント図

■ 応力図とは

- 構造体の各所に生じる応力を図示した物 ⇒ 軸方向力図：N 図、せん断力図：Q 図、曲げモーメント図：M 図

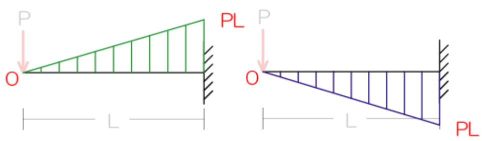
■ クルクルドン解法（曲げモーメント図の書き方）

- クルクルドンは「曲げモーメント図」の書き方です（M 図は「引張側（応力度的）に書くこと」って決まりがあります）
- 「クルクルドン」をしなければならない点→支点・節点・荷重の加わっている点→これらの点をつなげると M 図完成

以下の片持ち梁で説明してみます

A 点と B 点の曲げモーメントは以下です

問題となるのは、M 図を上に書くか？下に書くか？

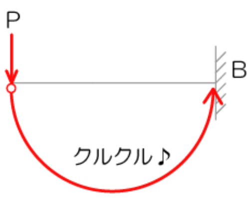


そこで【クルクルドン】の登場

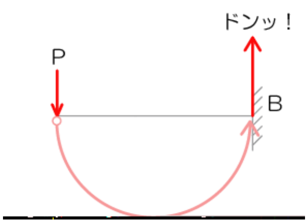
1）荷重 P により、B 点に曲げモーメントが発生、そこで B 点に注目し、上？下？を検討する

2）荷重 P の作用点をスタート

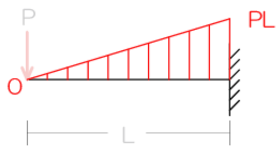
3）ゴールを曲げモーメントを求める点（今回は B 点）とし、「クルクル♪」



4）上記クルクルによって、応力を求めたい点（B 点）がすっ飛ばされる方に「ドンッ！」



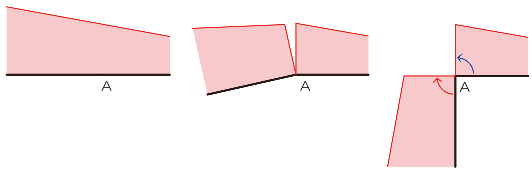
5）「ドンッ！」って飛ばされた方に応力の分布図を示す



上記法則は単純梁、片持ち梁に限らずラーメン等の全ての構造物で成り立ちます

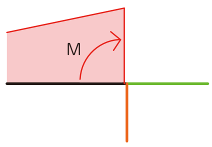
節点の曲げモーメント図

『曲げモーメントはたとえ部材の角度が変わっても連続性が維持される』ってルールがあります

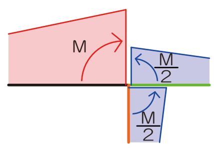


母材から M 図がどちら回転に立ち上がっているの？【小さな風車】に注目すると、打ち消し合って 0 になります（赤風車は時計回り、青風車は反時計回りで合計 0）

さて、複数の部材か構成される節点では？こちらも【小さな風車】の法則は成立します



黒部材に赤風車 M（時計回り）の曲げモーメントが生じているとすると、付随する緑・赤の部材で打ち消さなくてはなりません



赤・緑部材ともに剛性が等しい場合には仲良く半分ずつ受け持ちます（右図）赤風車を青風車２つで打ち消し曲げモーメント０

この法則を覚えておくと、不静定の M 図の問題の最強のカードとなります

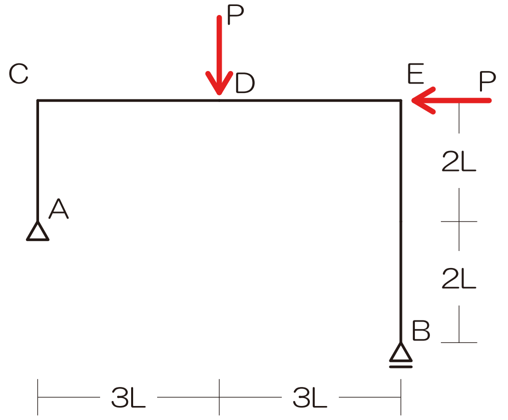
■ 建築士試験における曲げモーメント図に関する出題

- 静定ラーメン（平成 7/9/15/17）：『クルクルドン』にて図示
- 不静定ラーメン（平成 19/22/25）：『小さな風車』『半分おすそ分け』の両チェック項目にて選択（『半分おすそ分け』とは固定端では反対側の材端曲げモーメントの半分が生じること、って固定モーメント法の解法があるのです…）

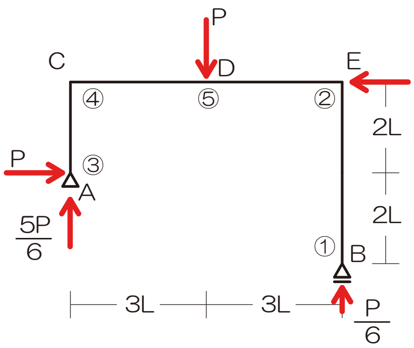
H06	H07	H08	H09	H10	H11	H12	H13	H14	H15
	静　定		静　定						静　定
H16	**H17**	**H18**	**H19**	**H20**	**H21**	**H22**	**H23**	**H24**	**H25**
	静　定		不静定			不静定			不静定

※静定・不静定：静定⇒力のつり合いのみで反力算定可能、不静定⇒算定不可

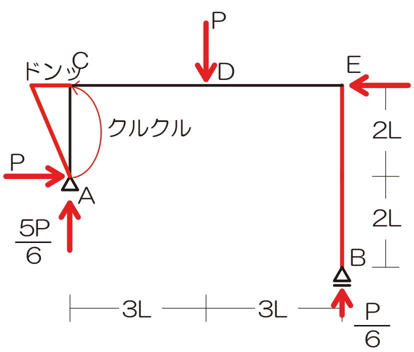
■ 以下の静定ラーメンにおける正しい曲げモーメント図を示してみましょう【H17】



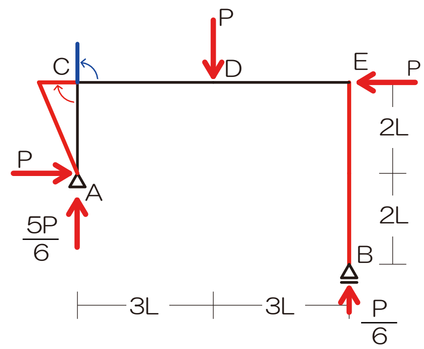
1）要クルクルドンの点は上記５つ



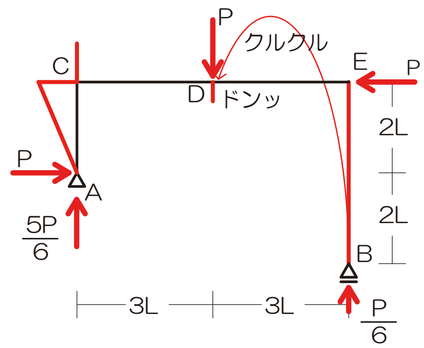
2）まずは両柱からクルクルドンッ



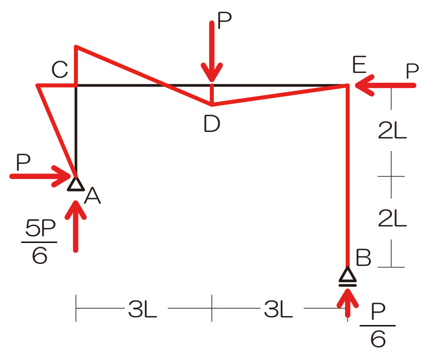
3）小さな風車



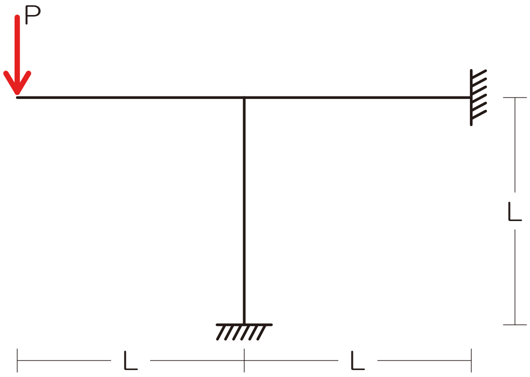
4）梁の荷重点もクルクルドンッ

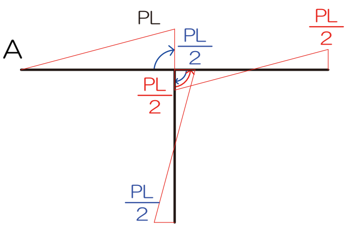
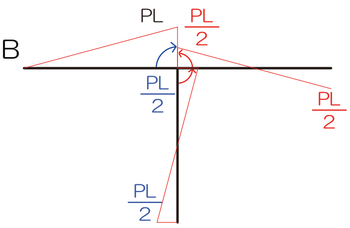


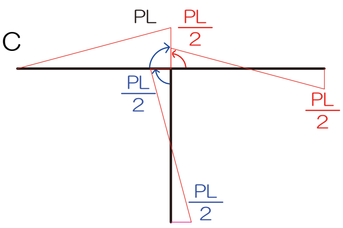
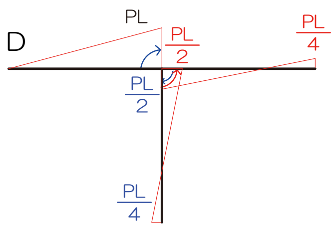
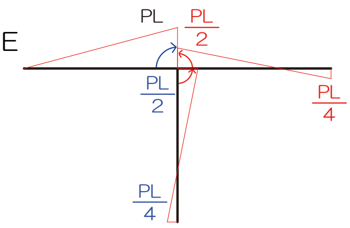
5）つないで完成！



■ 以下の不静定ラーメンにおける正しい曲げモーメント図を選択してみましょう【H19】



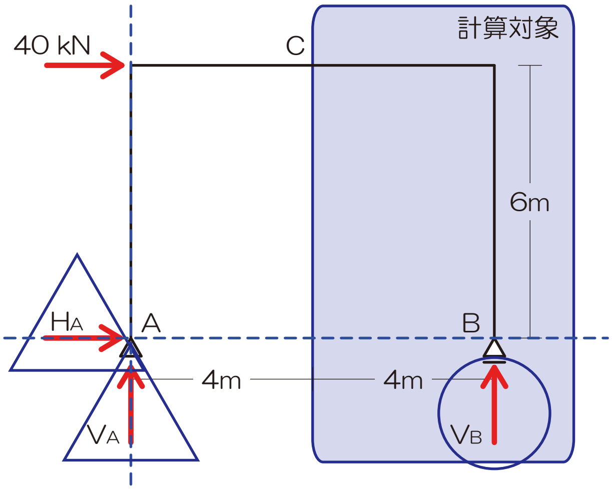
	A 	B 
小さな風車	× $+PL+\frac{PL}{2}-\frac{PL}{2}\neq 0$	○ $+PL-\frac{PL}{2}-\frac{PL}{2}=0$
半分おすそ分け	× $\frac{PL}{2}\Rightarrow\frac{PL}{2}$、× $\frac{PL}{2}\Rightarrow\frac{PL}{2}$	× $\frac{PL}{2}\Rightarrow\frac{PL}{2}$、× $\frac{PL}{2}\Rightarrow\frac{PL}{2}$

	C 	D 	E 
小さな風車	× $+PL-\frac{PL}{2}+\frac{PL}{2}\neq 0$	× $+PL+\frac{PL}{2}-\frac{PL}{2}\neq 0$	○ $+PL-\frac{PL}{2}-\frac{PL}{2}=0$
半分おすそ分け	× $\frac{PL}{2}\Rightarrow\frac{PL}{2}$、× $\frac{PL}{2}\Rightarrow\frac{PL}{2}$	○ $\frac{PL}{2}\Rightarrow\frac{PL}{4}$、○ $\frac{PL}{2}\Rightarrow\frac{PL}{4}$	○ $\frac{PL}{2}\Rightarrow\frac{PL}{4}$、○ $\frac{PL}{2}\Rightarrow\frac{PL}{4}$

［ポイント］

- ✓ 曲げモーメント図の問題は正しいものが選べれば良し
- ✓ 曲げモーメント図の書き方は『クルクルドン』『小さな風車』『半分おすそ分け』

《復習問題 09》以下の構造物の C 点のせん断力を求めよ。【2 級 H19（改）】



A 点で【切断】右側を【選択】

反力 VB を求める（交点 A に注目）

$$M_A = +40\times6 - V_B\times8 = 0$$
$$-8V_B = -40\times6$$
$$V_B = \frac{-40\times6}{-8}$$
$$V_B = 30[kN]$$

『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！）

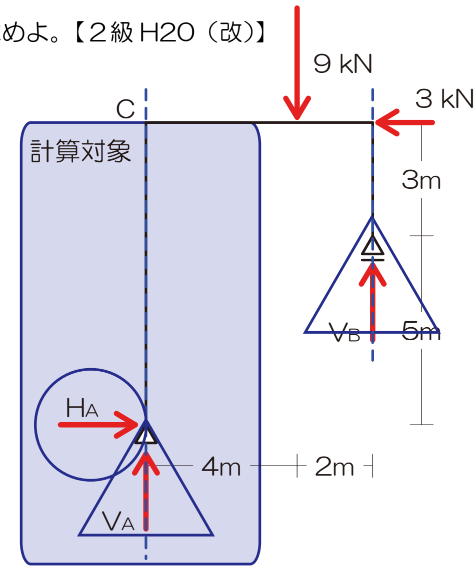
5）せん断力は軸に対して鉛直な全ての力が対象、軸方向力は軸に平行な力の全て、曲げモーメントはとにかく計算対象側全部の力

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]

《復習問題 10》以下の構造物の C 点の曲げモーメントを求めよ。【2 級 H20（改）】



C 点で【切断】⇒計算対象は左を【選択】

C 点に曲げモーメントの影響を与える未知力は H_A

H_A を求める（横の力のつり合いに注目）

$$\sum X = H_A - 3 = 0$$
$$H_A = 3[kN]$$

『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（通常は反力だね）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

C 点の曲げモーメント（すべての力対象）を求める

$$M_C = -H_A\times8 + V_A\times0$$
$$M_C = -3\times8 \qquad \text{（最後に絶対値標記）}$$
$$M_C = 24[kNm]$$

解答：M_C=24[kNm]

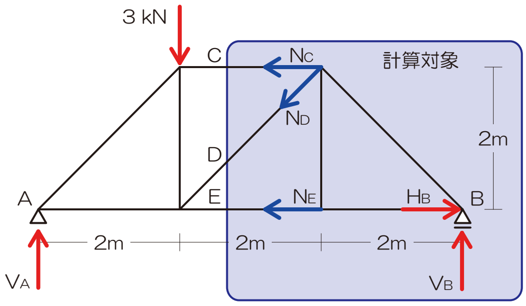
《復習問題 11》C・D・E 各部材の応力を求めよ。　　　　『解法手順（基礎）』

【2 級 H18】

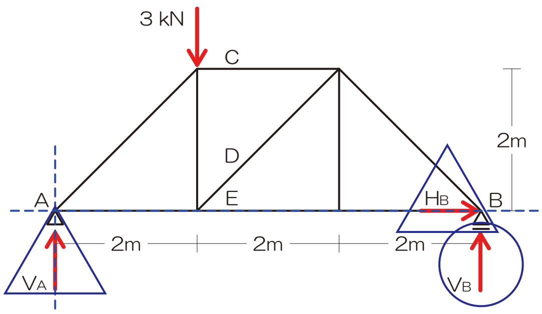
1）反力を図示

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）

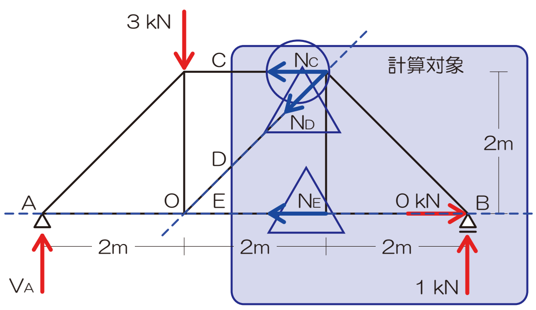
$$M_A = +3\times 2 - V_B \times 6 = 0$$
$$-6V_B = -3\times 2$$
$$V_B = \frac{-3\times 2}{-6}$$
$$V_B = 1[kN]$$

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）

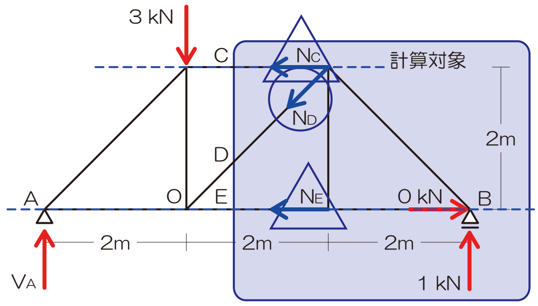


$$M_O = -N_C \times 2 - 1\times 4 = 0$$
$$-2N_C = 1\times 4$$
$$N_C = \frac{1\times 4}{-2}$$
$$N_C = -2[kN]$$

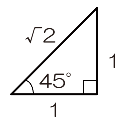
N_D を求める（縦の力のつり合い）

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



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

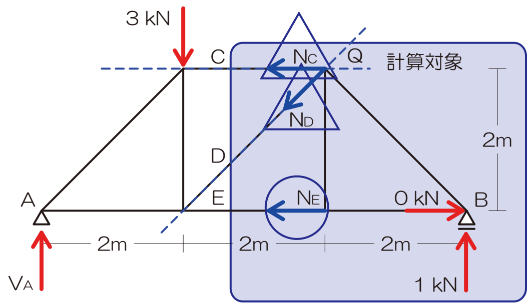


45 度のちっこい三角形より、横の長さが 1 の場合の

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=√2[kN]、N_C=1[kN]

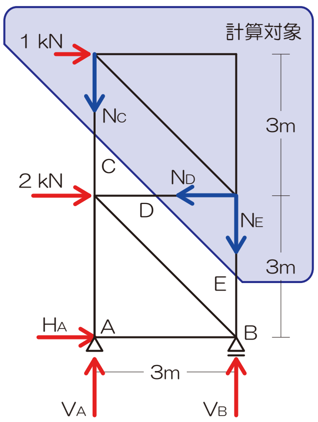
《復習問題 12》C・D・E 各部材の応力を求めよ　　　　　『解法手順（基礎）』

【2 級 H22】

1）反力を図示

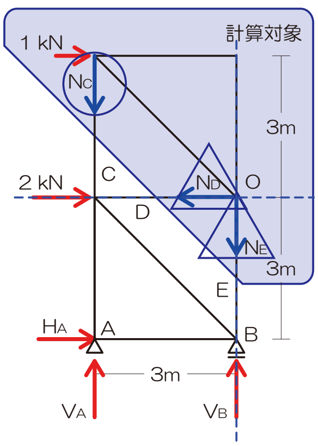
2）切断面[※1]を決定→計算対象を決定

3）切断された部材内の応力（軸方向力）を仮定[※2]



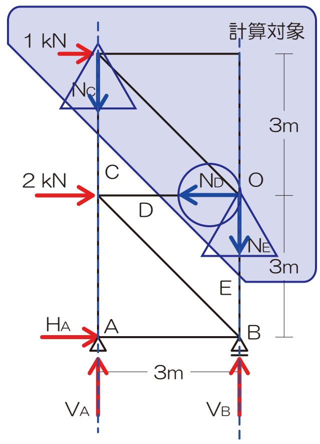
4）力のつり合いで未知の応力を算定

N_C を求める（交点 O に注目）



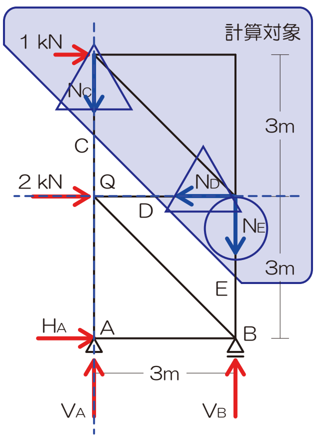
$$M_O = +1 \times 3 - N_C \times 3 = 0$$
$$-3N_C = -1 \times 3$$
$$N_C = \frac{-1 \times 3}{-3}$$
$$N_C = 1[kN]$$

N_D を求める（横の力のつり合い）



$$\sum X = +1 - N_D = 0$$
$$-N_D = -1$$
$$N_D = 1[kN]$$

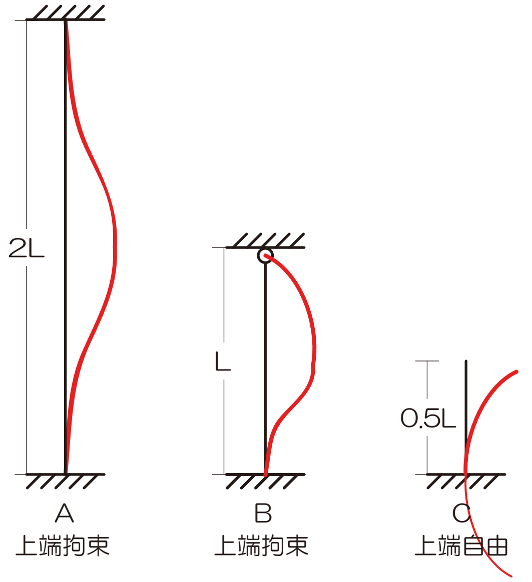
N_E を求める（交点 Q に注目）



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

N_C=1[kN]、N_D=1[kN]、N_C=-1[kN]

《復習問題 13》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

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

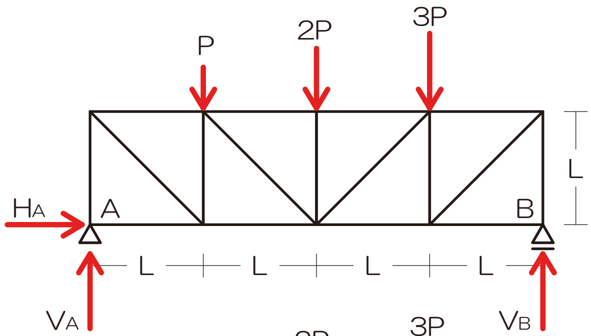
ゆえに

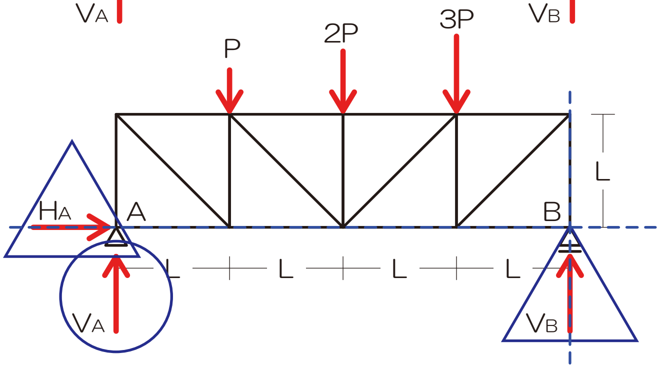
$$P_B>P_A=P_C$$

$P_B>P_A=P_C$

『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

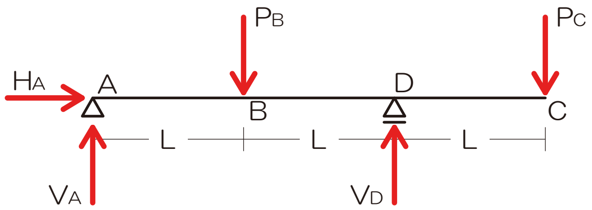
5）上記作用線が交差するなら⇒交点のモーメントに注目（$M_O=0$）、平行なら⇒直行する軸のつり合いに注目（$\sum Y=0$ もしくは $\sum X=0$ ）

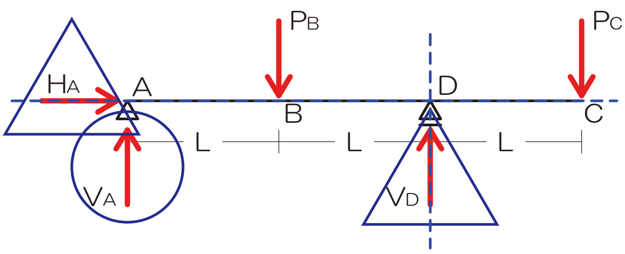
V_A を求める（交点 B に注目）

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

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）

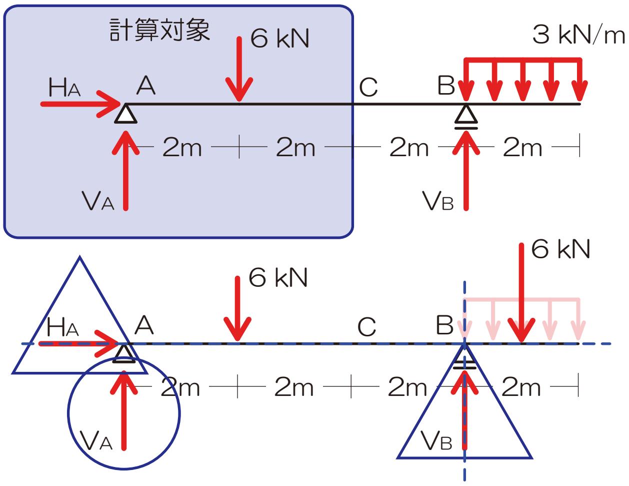
$$M_D=+V_A\times 2L-P_B\times L+P_C\times L=0$$

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）

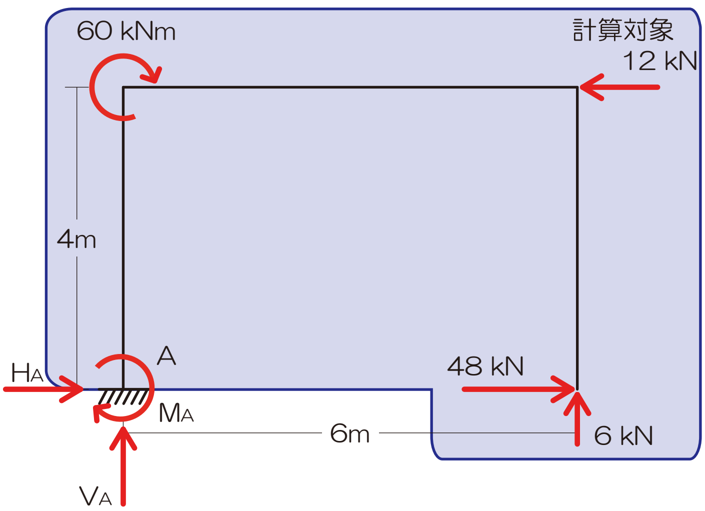
$$\sum X = H_A = 0[kN]$$

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

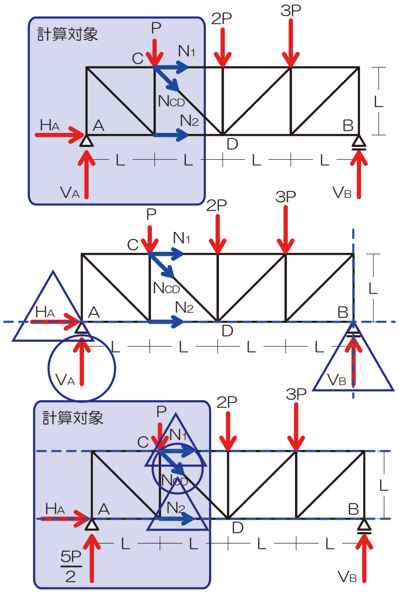
A 点で【切断】右側を【選択】

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)

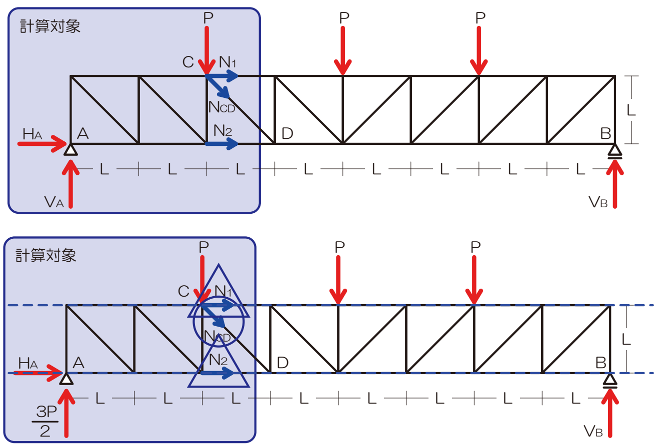
$$\sum Y = +\frac{5P}{2} - P - N_{CDY} = 0$$
$$N_{CDY} = \frac{3P}{2}$$

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)

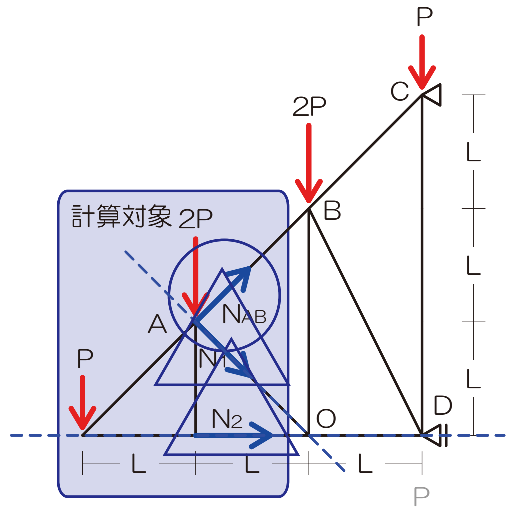
$$\sum Y = +\frac{3P}{2} - P - N_{CDY} = 0$$
$$N_{CDY} = \frac{P}{2}$$

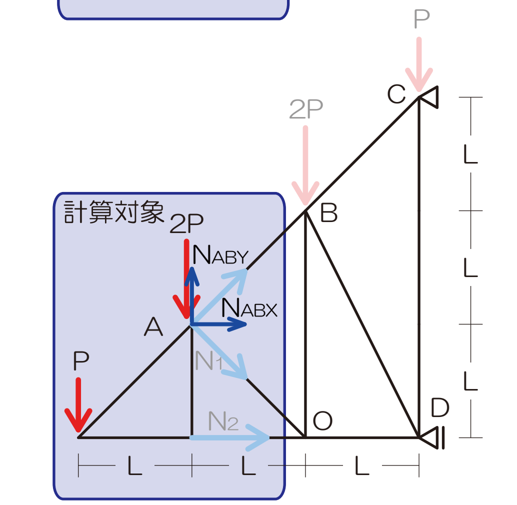
また

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

√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*

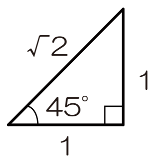
4）力のつり合いで未知の応力を算定

【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

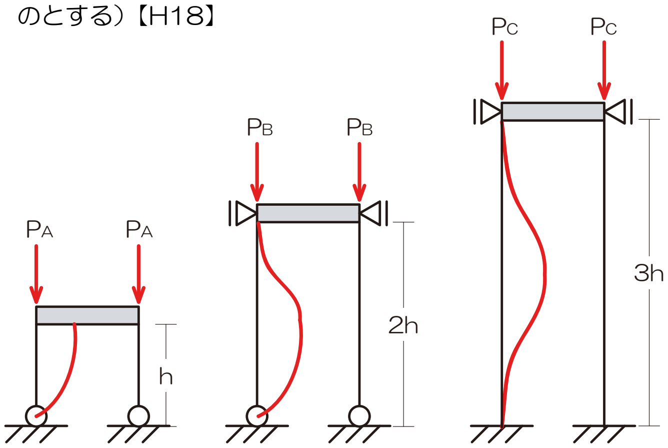
$$M_O = -P \times 2L - 2P \times L + \frac{N_{AB}}{\sqrt{2}} \times L + \frac{N_{AB}}{\sqrt{2}} \times L = 0$$

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

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

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

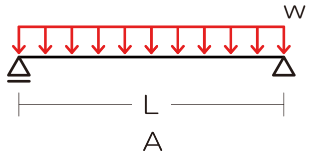
$$l_{kB} < l_{kC} < l_{kA}$$

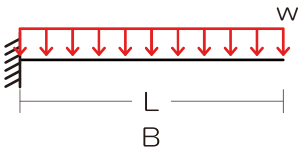
ゆえに

$$P_B > P_C > P_A$$

$P_B > P_C > P_A$

《基礎問題 20》以下の梁 A・梁 B における最大たわみ δ_A・δ_B の比を求めよ（両者のヤング係数・断面 2 次モーメントはともに等しいとする）【H23】





『解法手順（基礎）』⇒ 基本形

1）たわみの公式より最大たわみを求める

梁 A のたわみを求める

$$\delta_A = \frac{5wL^4}{384EI}$$

梁 B のたわみを求める

$$\delta_B = \frac{wL^4}{8EI}$$

両者の比を求める

$$\delta_A : \delta_B = \frac{5wL^4}{384EI} : \frac{wL^4}{8EI}$$

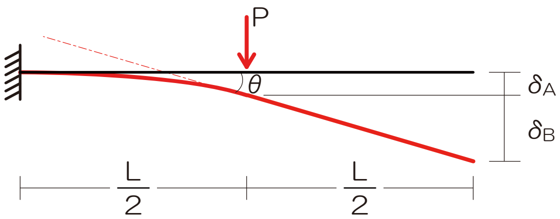
$$\delta_A : \delta_B = \frac{5}{48} : \frac{1}{1}$$

$$\delta_A : \delta_B = 5 : 48$$

5：48

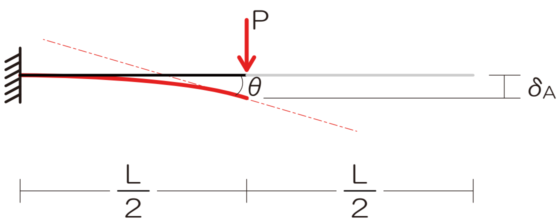
《基礎問題 21》以下の梁の先端部分のたわみを求めよ（ただし、ヤング係数を E、断面 2 次モーメントを I とする）【H13】

2）変形の様子を図示



2）基本形の箇所は公式よりたわみ算定

δ_A を求める（基本形）



$$\delta_A = \frac{P(\frac{L}{2})^3}{3EI}$$

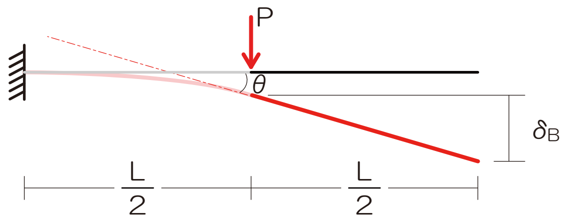
$$\delta_A = \frac{PL^3}{24EI}$$

『解法手順（基礎）』⇒ 特殊形

3）傾きにより生じるたわみは材長×傾き

δ_B を求める（特殊形）

部材の傾きは左半分のたわみ角に等しいので、中央部分のたわみ角を求める



$$\theta = \frac{P(\frac{L}{2})^2}{2EI} = \frac{PL^2}{8EI}$$

先端部分のたわみは

$$\delta_B = \frac{L}{2} \times \theta = \frac{L}{2} \times \frac{PL^2}{8EI} = \frac{PL^3}{16EI}$$

4）両者を合算

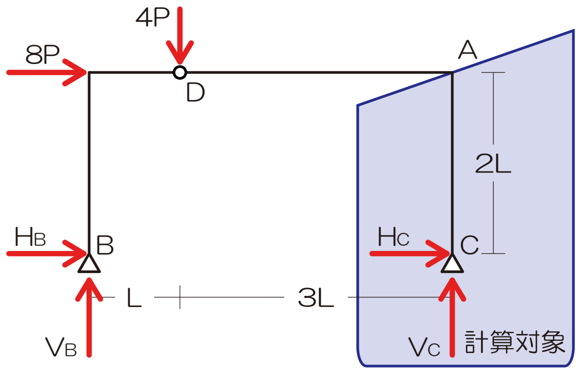
$$\delta = \delta_A + \delta_B$$

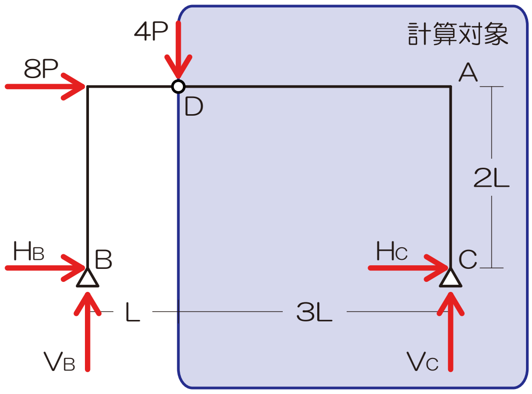
$$\delta = \frac{PL^3}{24EI} + \frac{PL^3}{16EI}$$

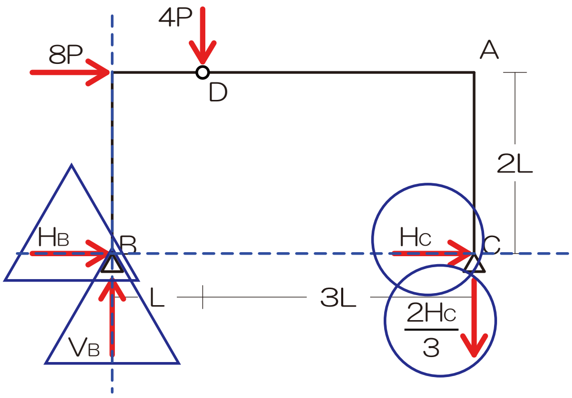
$$\delta = \frac{5PL^3}{48EI}$$

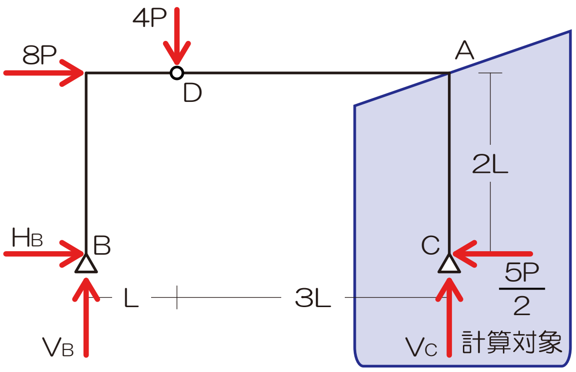
$5PL^3$/（48EI）

《基礎問題 22》以下の構造物の A 点の曲げモーメントを求めよ。【H10】









『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！）

⇒　以下３ヒンジラーメンの反力算定へ

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

『解法手順（基礎）』　３ヒンジラーメンの反力算定

1）生じる可能性のある反力を図示

2）ピン節点のモーメントに注目し、反力１つ消去

$$M_D = -H_C \times 2L - V_C \times 3L = 0$$

$$-3V_C L = 2H_C L$$

$$V_C = -\frac{2H_C}{3}$$

3）ターゲット以外の交点に注目し…

$$M_B = +8P \times 2L + 4P \times L + \frac{2H_C}{3} \times 4L = 0$$

$$20PL + \frac{8H_C L}{3} = 0$$

$$H_C = \frac{-20PL \times 3}{8L}$$

$$H_C = -\frac{15P}{2}$$

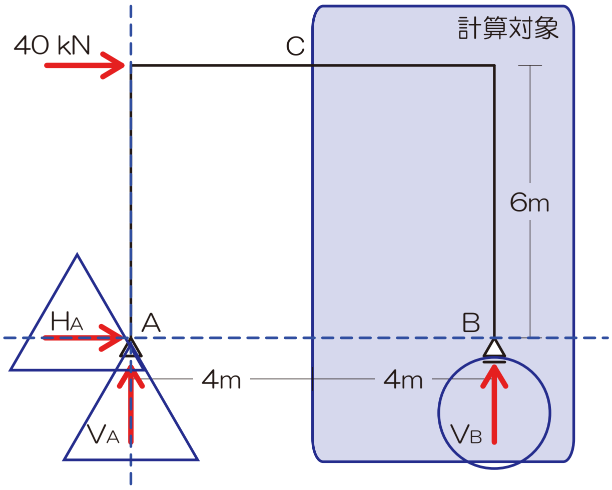
A 点の曲げモーメント算定に戻りますよ！

$$M_A = +\frac{15P}{2} \times 2L$$

$$M_A = 15PL$$

解答：M_A＝15PL

《復習問題 09》以下の構造物の C 点のせん断力を求めよ。【2 級 H19（改）】



A 点で【切断】右側を【選択】

反力 VB を求める（交点 A に注目）

$$M_A = +40\times6 - V_B\times8 = 0$$
$$-8V_B = -40\times6$$
$$V_B = \frac{-40\times6}{-8}$$
$$V_B = 30[kN]$$

『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！）

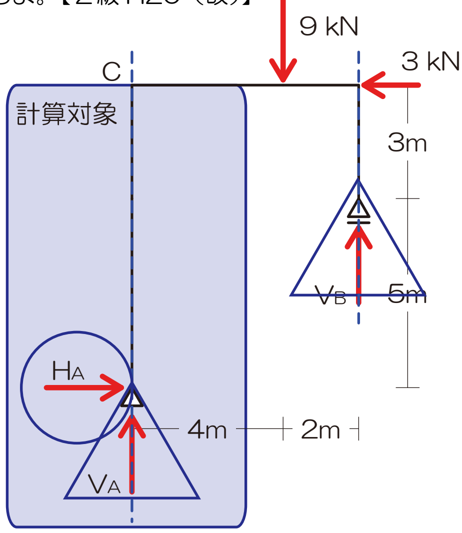
5）せん断力は軸に対して鉛直な全ての力が対象、軸方向力は軸に平行な力の全て、曲げモーメントはとにかく計算対象側全部の力

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]

《復習問題 10》以下の構造物の C 点の曲げモーメントを求めよ。【2 級 H20（改）】



C 点で【切断】⇒計算対象は左を【選択】

C 点に曲げモーメントの影響を与える未知力は H_A

H_A を求める（横の力のつり合いに注目）

$$\sum X = H_A - 3 = 0$$
$$H_A = 3[kN]$$

『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（通常は反力だね）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

C 点の曲げモーメント（すべての力対象）を求める

$$M_C = -H_A\times8 + V_A\times0$$
$$M_C = -3\times8$$
（最後に絶対値標記）
$$M_C = 24[kNm]$$

解答：M_C=24[kNm]

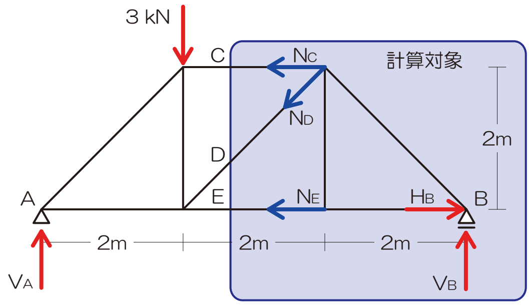
《復習問題 11》C・D・E 各部材の応力を求めよ　　　　　『解法手順（基礎）』

【2 級 H18】

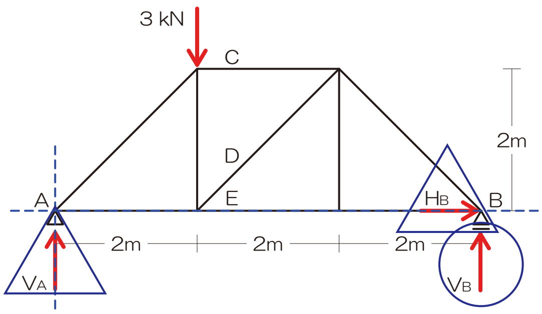
1）反力を図示

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）

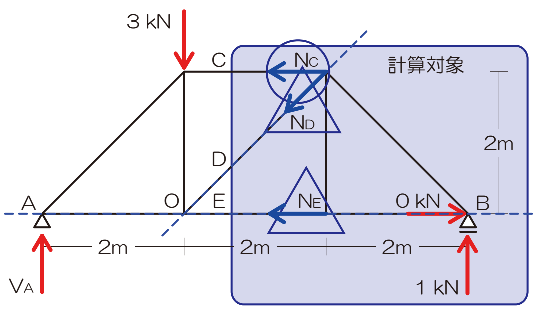
$$M_A = +3\times 2 - V_B \times 6 = 0$$
$$-6V_B = -3\times 2$$
$$V_B = \frac{-3\times 2}{-6}$$
$$V_B = 1[kN]$$

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）

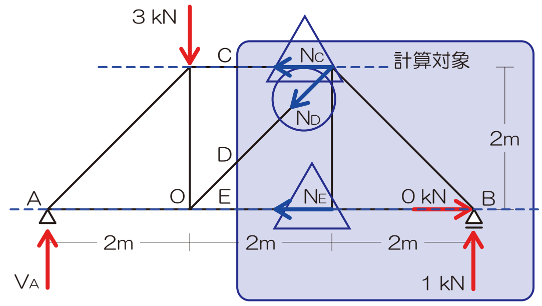


$$M_O = -N_C \times 2 - 1\times 4 = 0$$
$$-2N_C = 1\times 4$$
$$N_C = \frac{1\times 4}{-2}$$
$$N_C = -2[kN]$$

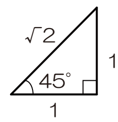
N_D を求める（縦の力のつり合い）

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



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

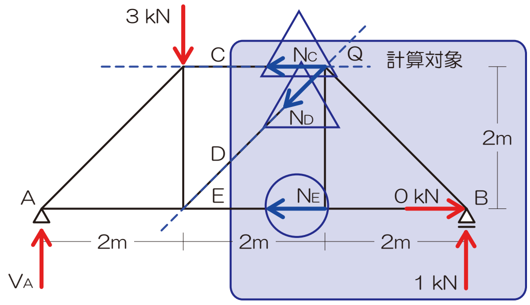


45 度のちっこい三角形より、横の長さが 1 の場合の

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=√2[kN]、N_C=1[kN]

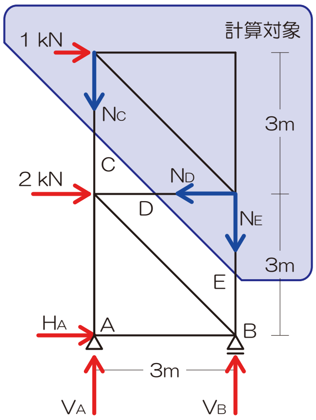
《復習問題 12》C・D・E 各部材の応力を求めよ　　　　　『解法手順（基礎）』

【2 級 H22】

1）反力を図示

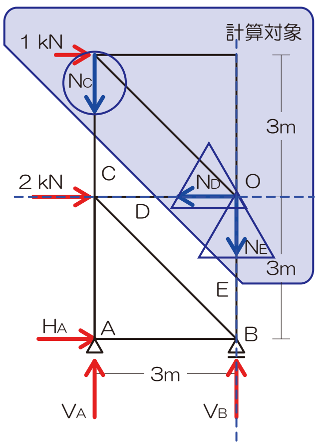
2）切断面※1 を決定→計算対象を決定

3）切断された部材内の応力（軸方向力）を仮定※2



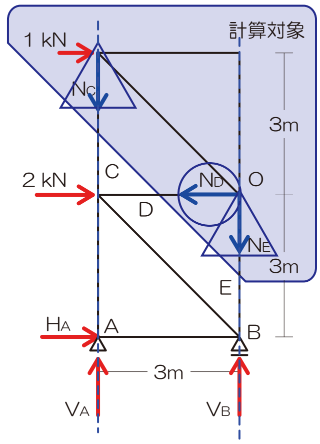
4）力のつり合いで未知の応力を算定

N_C を求める（交点 O に注目）



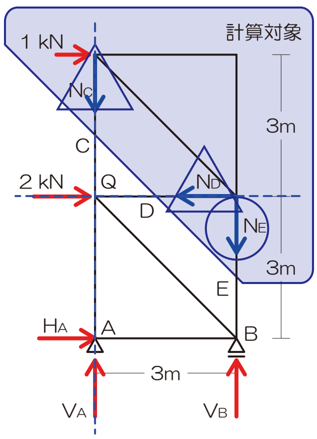
$$M_O = +1\times 3 - N_C \times 3 = 0$$
$$-3N_C = -1\times 3$$
$$N_C = \frac{-1\times 3}{-3}$$
$$N_C = 1[kN]$$

N_D を求める（横の力のつり合い）



$$\sum X = +1 - N_D = 0$$
$$-N_D = -1$$
$$N_D = 1[kN]$$

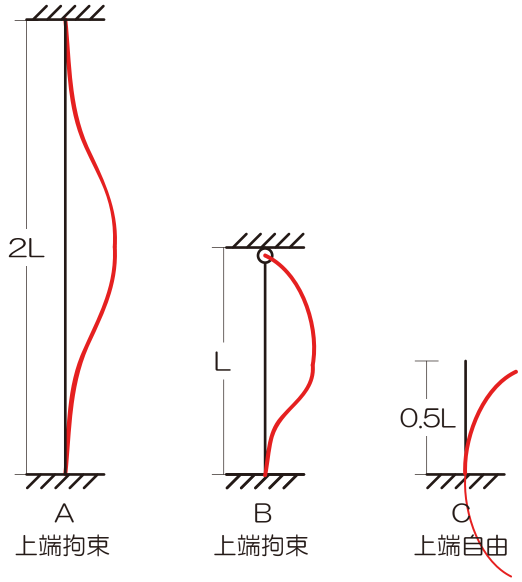
N_E を求める（交点 Q に注目）



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

N_C=1 [kN]、N_D=1 [kN]、N_C=-1 [kN]

《復習問題 13》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

$$P_B > P_A = P_C$$

$P_B > P_A = P_C$