

【本日の目標】

- 1) たわみの基礎的な問題を解くことができる PP38-39 《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 P42 《基礎問題 21-22》

7 たわみ

7.1 たわみとは

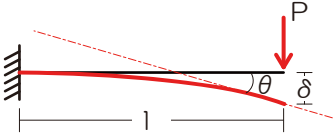
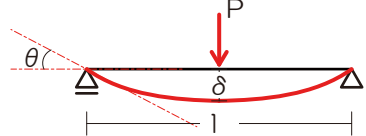
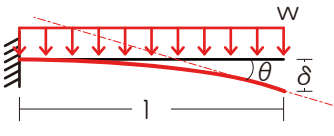
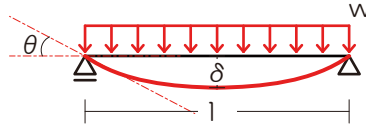
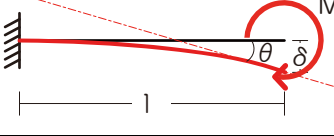
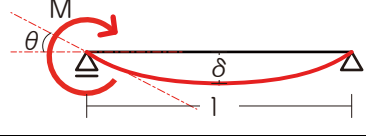
- たわみとたわみ角
 - たわみ：部材に荷重がかかった際に生じる湾曲による沈み込み
 - たわみ角：上記湾曲による傾き（もとの位置との角度のずれ）

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

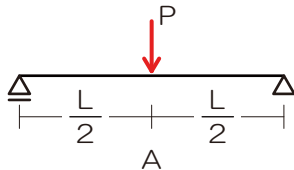
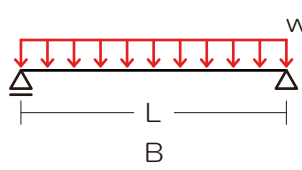
- たわみの公式（基本形）
 - 架構は「単純梁」「片持梁」、荷重条件は「集中荷重」「分布荷重」「モーメント荷重」
 - E …ヤング係数、 I …断面 2 次モーメント、両者を併せて（ EI ）曲げ剛性

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

ゆえに

$$P : wL = 5 : 8$$

$$\begin{aligned}\frac{PL^3}{48EI} &= \frac{5wL^4}{384EI} \\ P &= \frac{5wL^4}{384EI} \times \frac{48EI}{L^3} \\ P &= \frac{5}{8}wL\end{aligned}$$

《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

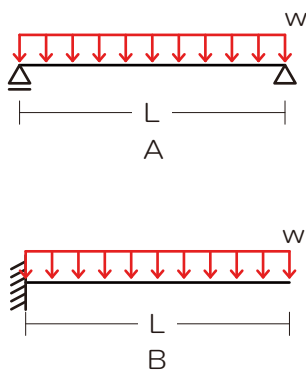
$$\delta_A = \frac{5wL^4}{384EI}$$

梁 B のたわみを求める

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

両者の比を求める

$$\begin{aligned}\delta_A : \delta_B &= \frac{5wL^4}{384EI} : \frac{wL^4}{8EI} \\ \delta_A : \delta_B &= \frac{5}{48} : \frac{1}{1} \\ \delta_A : \delta_B &= 5 : 48\end{aligned}$$



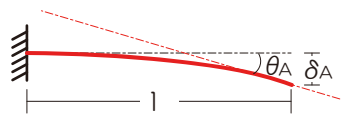
5 : 48



■ たわみをもとめる（特殊形）

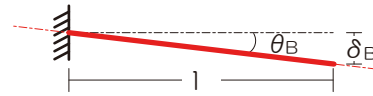
- たわみの起因：前述の通り部材が湾曲することにより生じる（以下 δ_A ）、その他にも部材が傾く事により生じる沈み込み（以下 δ_B ）も広義で「たわみ」に含める、両者が同時に生じている場合には合算可能

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



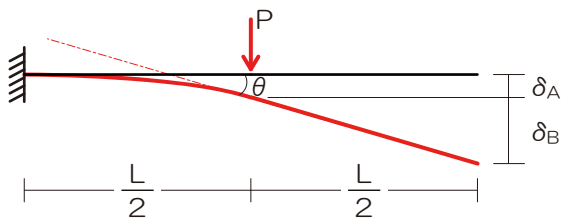
材長×傾き : $\delta_B = l \times \theta_B$

《基礎問題 20》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）

『解法手順（基礎）』⇒ 特殊形

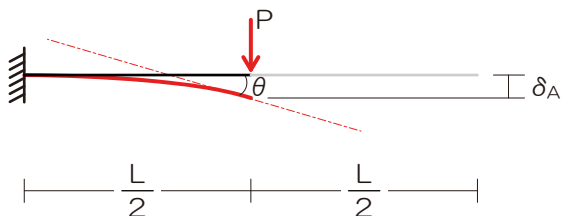
[H13]

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）



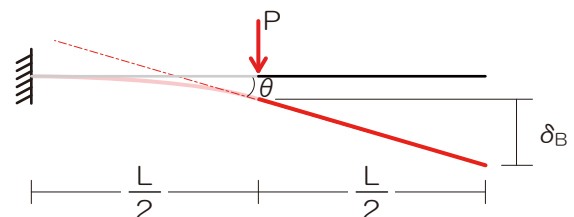
$$\delta_A = \frac{P(\frac{L}{2})^3}{3EI}$$

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

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				10 年	H25	H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16
1	断面の性質	中立軸	12/14	10%										1
2		断面 2 次 M・断面係数	12/14	40%					6	1	1	1		
3	応力度	垂直応力度（塑性状態）		30%				5	1				1	
4	ひずみ	ひずみ		20%					5					5
5	座屈	座屈長さ・弾性座屈荷重	11/16	70%		6		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	11/02	40%		2				2	3		3	
9		3 ヒンジラーメン	11/30	40%		3		4	3			4		
10		ラーメンの応力図	11/30	20%				3					4	
11		トラス	11/16	100%	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5
12		合成ラーメン		40%	6	5	6			3				
13	たわみ	たわみの公式	11/30	70%	2		2	2	2			3	2	2
14		不静定構造物の反力		10%							2			
15		水平荷重の分配		20%			3							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	11/30	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		40%	4		4			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… ⇒ 力のつり合いのみでは反力を求められない…

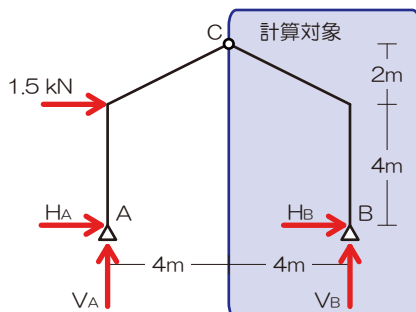
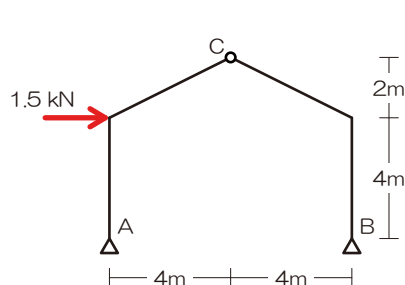
■ 3 ヒンジラーメンの解法

- 「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

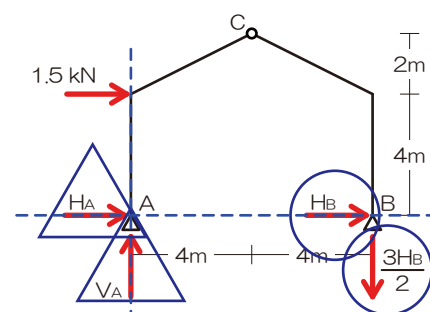
ターゲットである H_B 系以外の残りの未知力の作用線に注目すると…



$$M_C = -V_B \times 4 - H_B \times 6 = 0$$

$$-4V_B = 6H_B$$

$$V_B = -\frac{3H_B}{2}$$



$$M_A = +1.5 \times 4 + \frac{3H_B}{2} \times 8 = 0$$

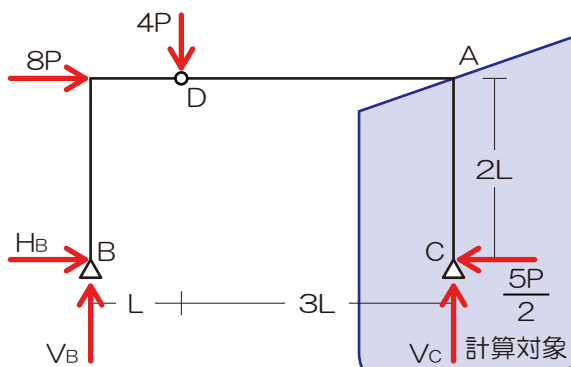
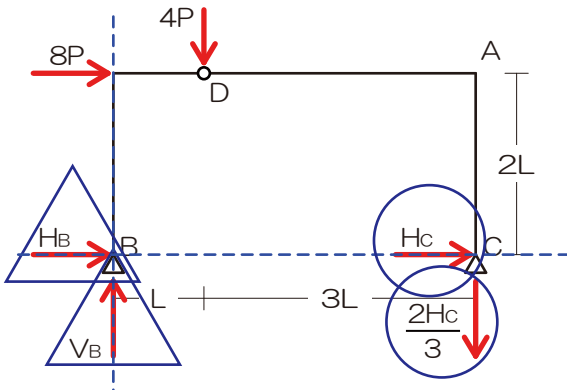
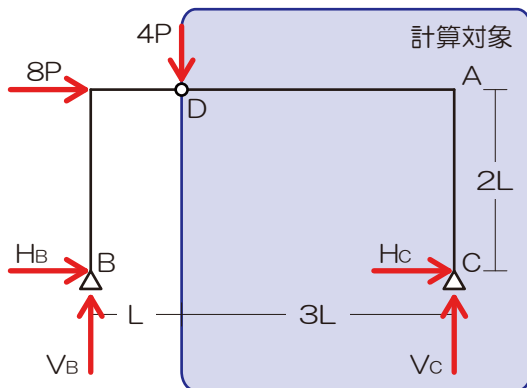
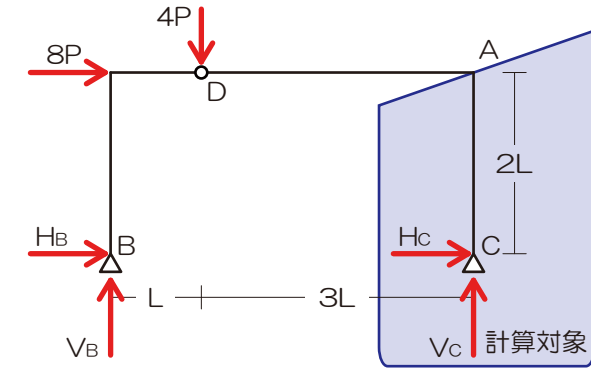
$$12H_B = -6$$

$$H_B = -\frac{1}{2} [kN]$$



《基礎問題 21》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物を【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： $M_A = 15PL$

[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

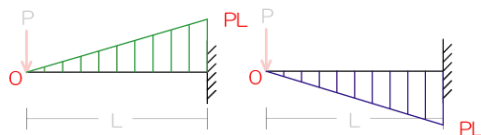
以下の片持ち梁で説明してみます



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 図を上を書くか？下を書くか？



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

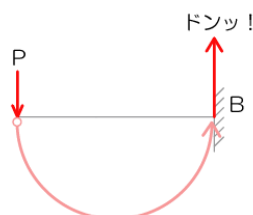
2) 荷重 P の作用点をスタート



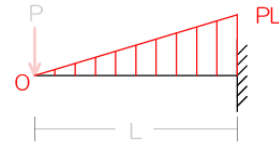
3) ゴールを曲げモーメントを求める点（今回は B 点）とし、「クルクル♪」



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！」



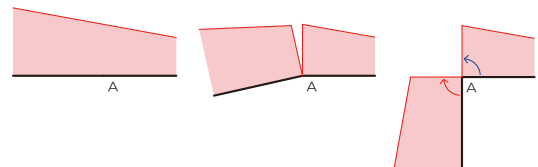
5) 「ドンッ！」って飛ばされた方に応力の分布図を示す



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

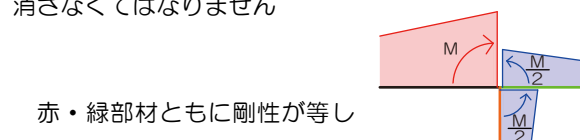
『曲げモーメントはたとえ部材の角度が変わっても連続性が維持される』ってルールがあります



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、複数の部材が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

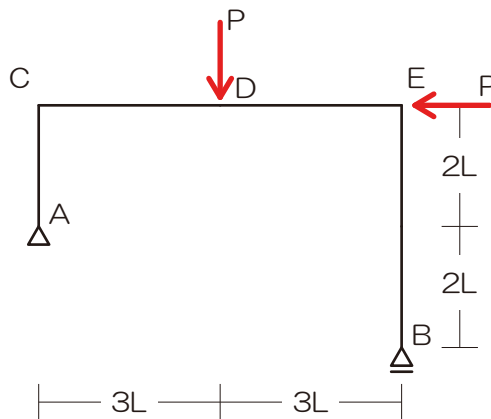
➤ 静定ラーメン（平成 7/9/15/17）：『クルクルドン』にて図示

➤ 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…）

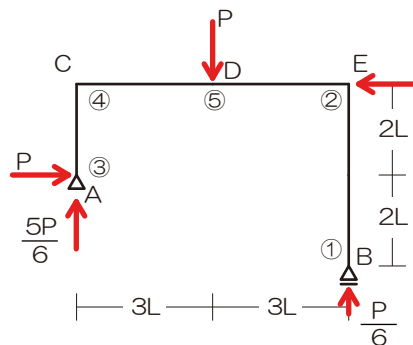
H06	H07	H08	H09	H10	H11	H12	H13	H14	H15
	静 定		静 定						静 定
H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25
	静 定		不静定			不静定			不静定

※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

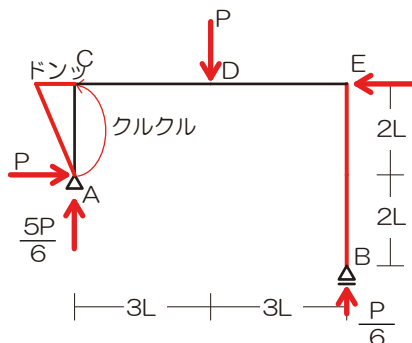
■ 以下の静定ラーメンにおける正しい曲げモーメント図を示してみましょう【H17】



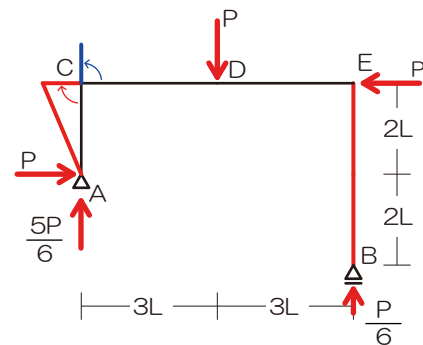
1) 要クルクルドンの点は上記5つ



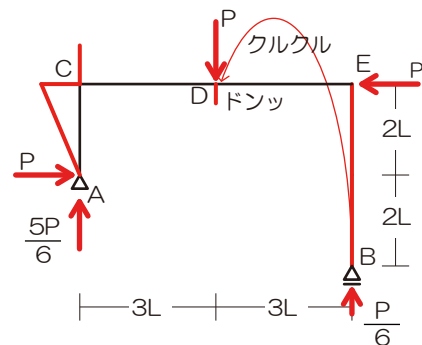
2) まずは両柱からクルクルドンッ



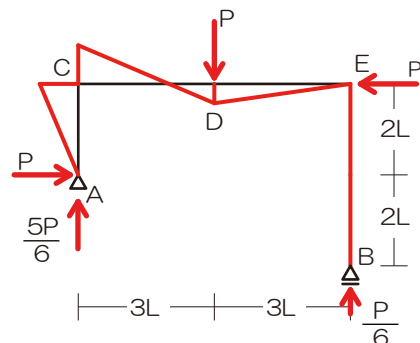
3) 小さな風車



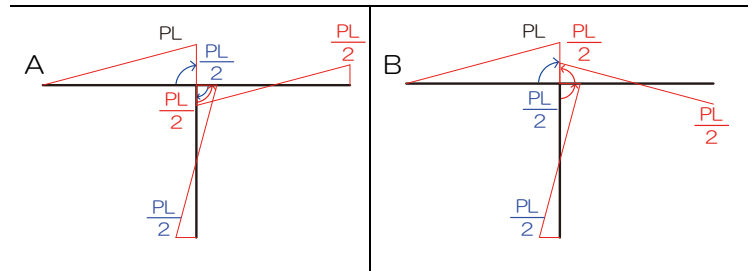
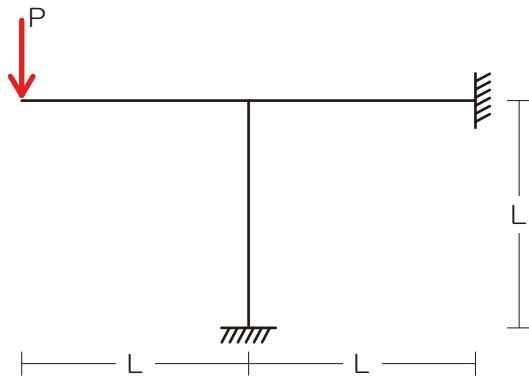
4) 梁の荷重点もクルクルドンッ

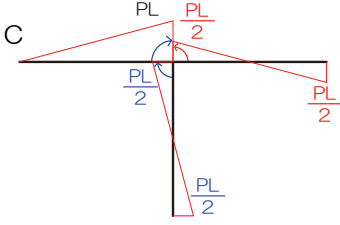
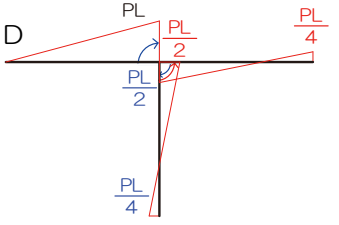
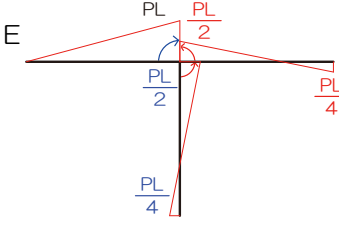


5) つないで完成！



■ 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】



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

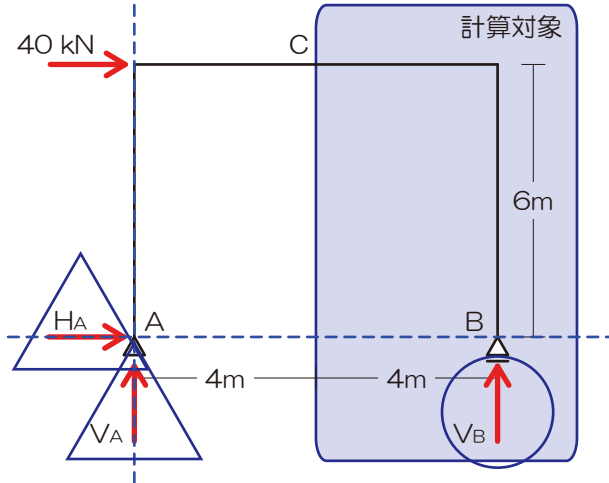
[ポイント]

- ✓ 曲げモーメント図の問題は正しいものが選べればよし
- ✓ 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』



9 これまでの復習

《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）

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

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

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

$$V_B = 30[kN]$$

『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) 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

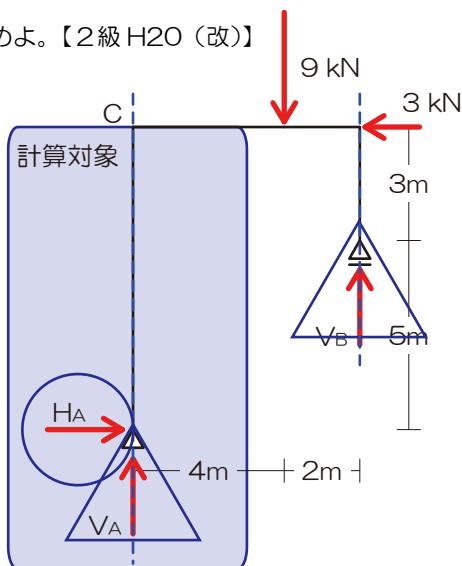
C 点のせん断力（軸に直交・鉛直の力）を求める

$$Q_C = V_B$$

$$Q_C = 30[kN]$$

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

$$M_C = -H_A \times 8 + V_A \times 0$$

$$M_C = -3 \times 8$$

（最後に絶対値標記）

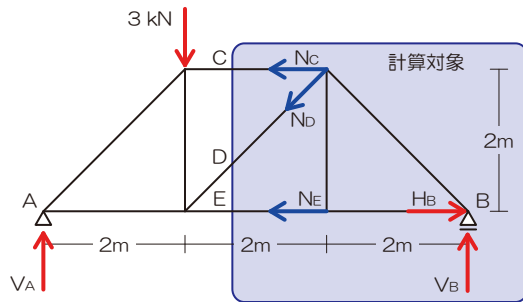
$$M_C = 24[kNm]$$

解答： $M_C = 24[kNm]$

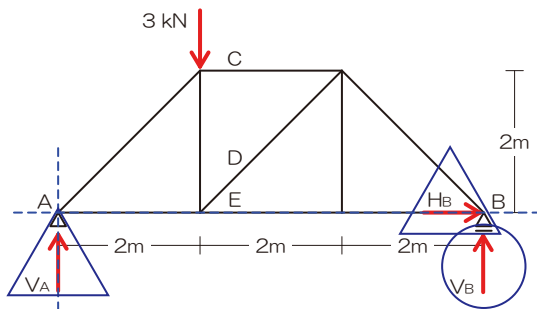


【2 級 H18】

- 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）

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

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

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

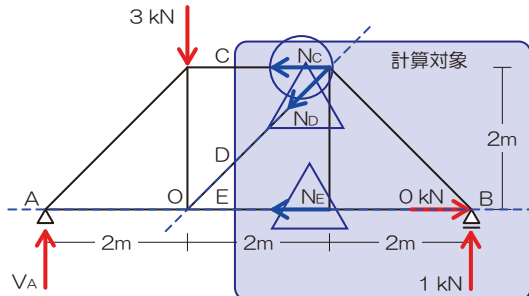
$$V_B = 1[kN]$$

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）



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

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

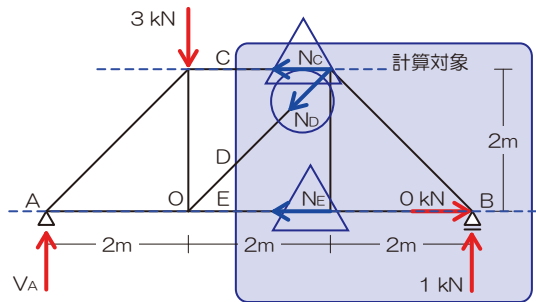
$$N_C = \frac{1 \times 4}{-2}$$

$$N_C = -2[kN]$$

N_D を求める（縦の力のつり合い）

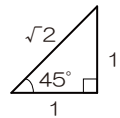
計算対象側の縦方向の力は反力 1 [kN] と N_D の縦成分

である N_{DY} のみ



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

$$N_{DY} = 1$$



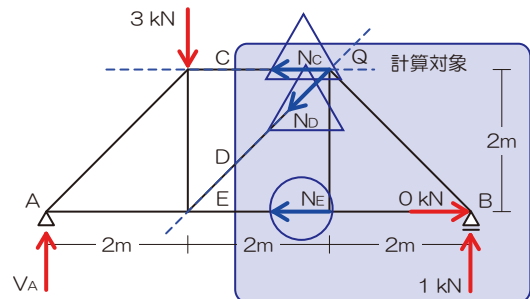
45 度のちっこい三角形より、横の長さが 1 の場合の

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）



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

$$2N_E = 1 \times 2$$

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

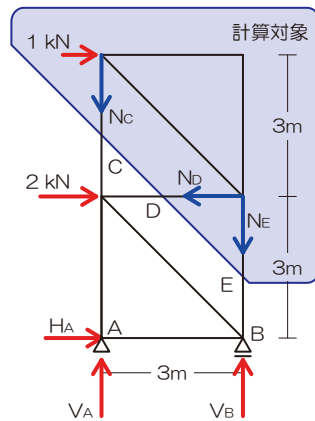
$$N_E = 1[kN]$$

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

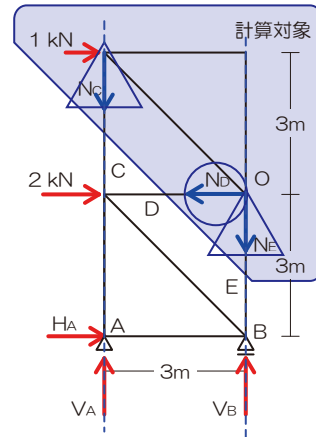


【2 級 H22】

- 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}



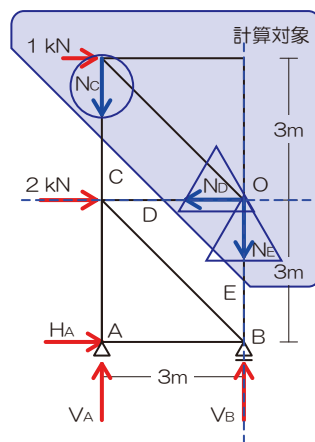
N_D を求める（横の力のつり合い）



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

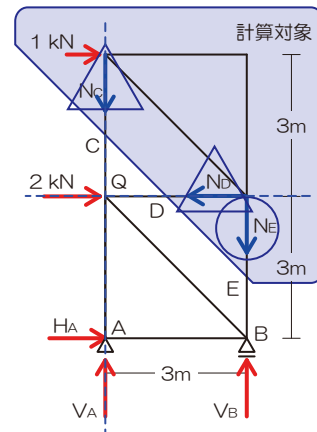
- 4) 力のつり合いで未知の応力を算定

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）

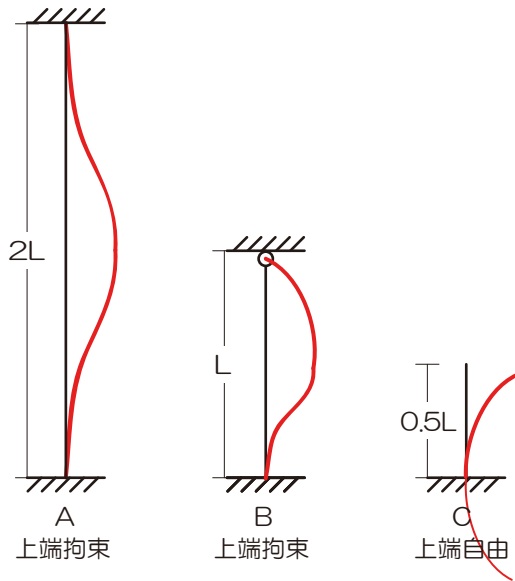


$$\begin{aligned}M_Q &= +N_E \times 3 + 1 \times 3 = 0 \\ 3N_E &= -1 \times 3 \\ N_E &= \frac{-1 \times 3}{3} \\ N_E &= -1[kN]\end{aligned}$$

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



《復習問題 13》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)【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) 弾性座屈荷重の大きさを比較

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

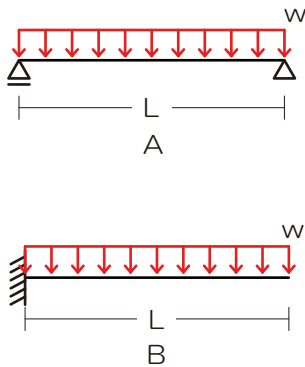
$$P_B > P_A = P_C$$

$$P_B > P_A = P_C$$



《基礎問題 20》以下の梁 A・梁 B における最大たわみ δ

$\delta_A \cdot \delta_B$ 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

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

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

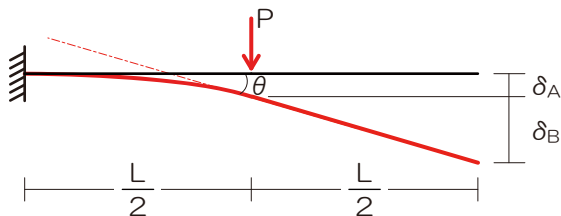
$$\delta_A : \delta_B = 5 : 48$$

5 : 48

《基礎問題 20》以下の梁の先端部分のたわみを求めよ

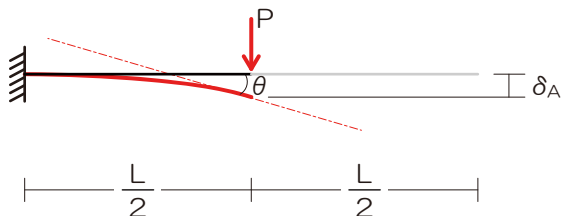
(ただし、ヤング係数を E、断面 2 次モーメントを I とする) 【H13】

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)



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

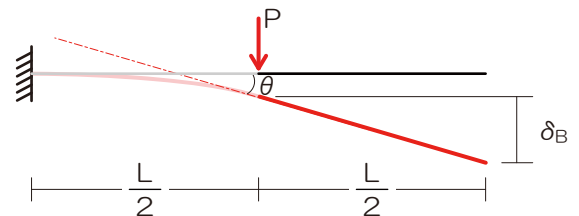
$$\delta_A = \frac{PL^3}{24EI}$$

『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

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

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

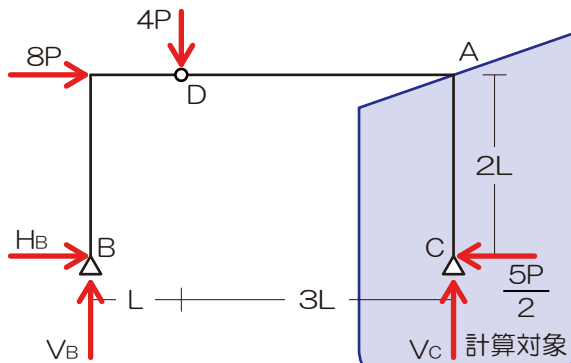
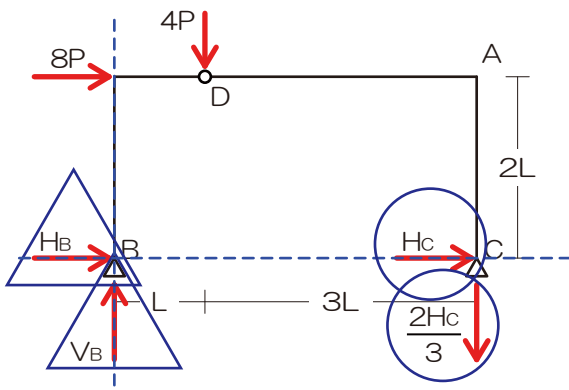
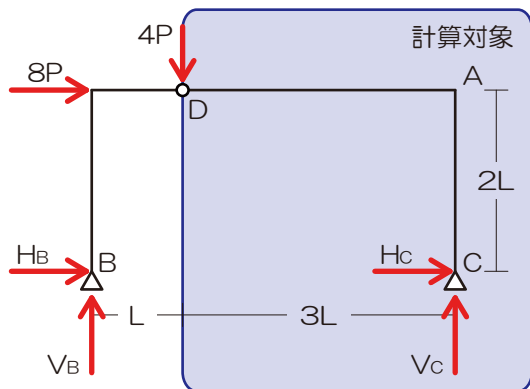
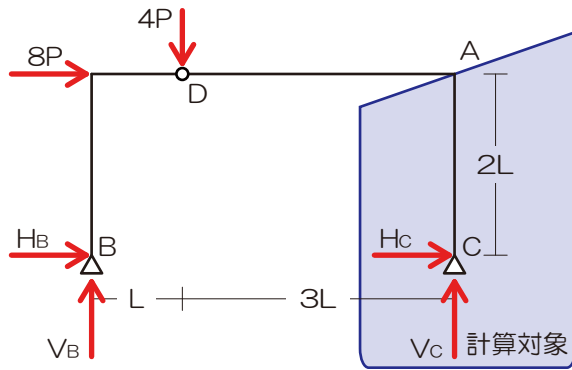
$$\delta = \frac{5PL^3}{48EI}$$

$5PL^3 / (48EI)$



《基礎問題 21》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) 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

『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！

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

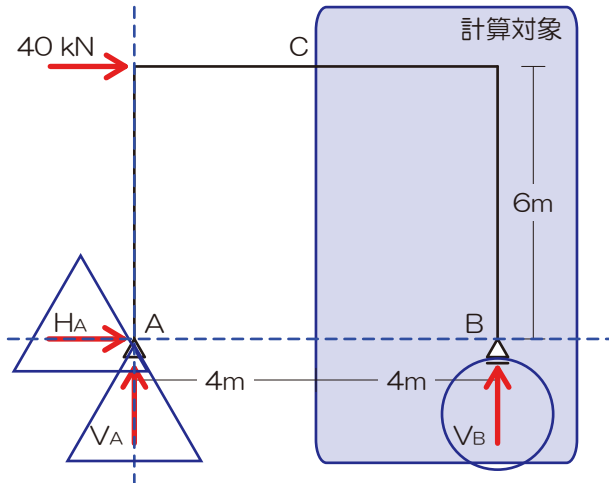
$$M_A = 15PL$$

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 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) 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

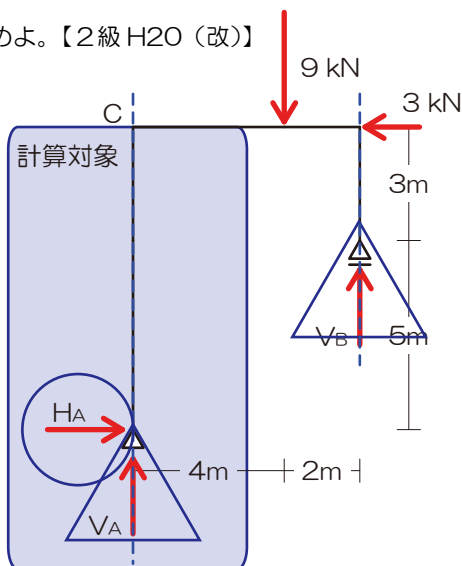
$$Q_C = V_B$$

$$Q_C = 30[kN]$$

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

$$M_C = -H_A \times 8 + V_A \times 0$$

$$M_C = -3 \times 8$$

（最後に絶対値標記）

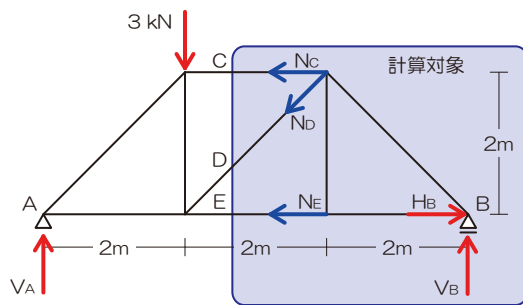
$$M_C = 24[kNm]$$

解答： $M_C = 24[kNm]$

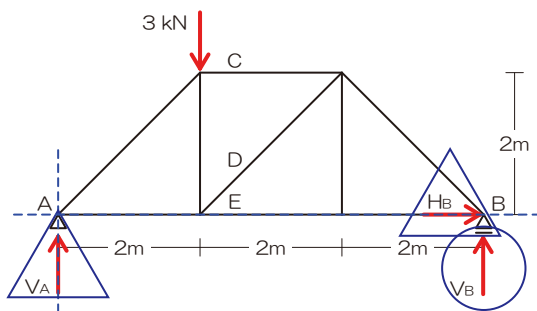


【2 級 H18】

- 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）

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

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

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

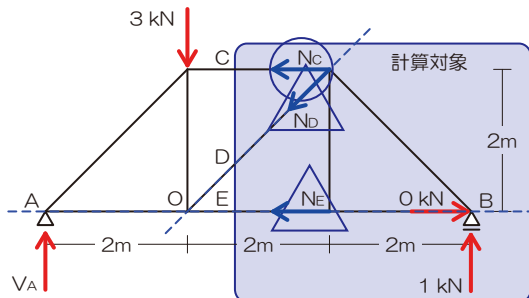
$$V_B = 1[kN]$$

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）



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

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

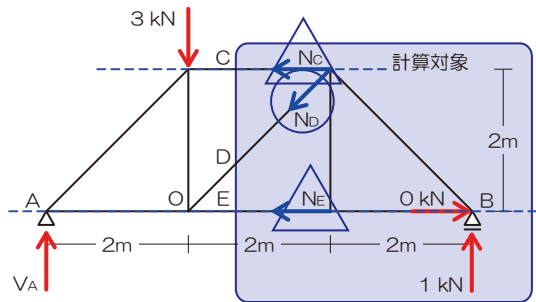
$$N_C = \frac{1 \times 4}{-2}$$

$$N_C = -2[kN]$$

N_D を求める（縦の力のつり合い）

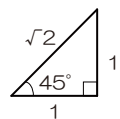
計算対象側の縦方向の力は反力 1 [kN] と N_D の縦成分

である N_{DY} のみ



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

$$N_{DY} = 1$$



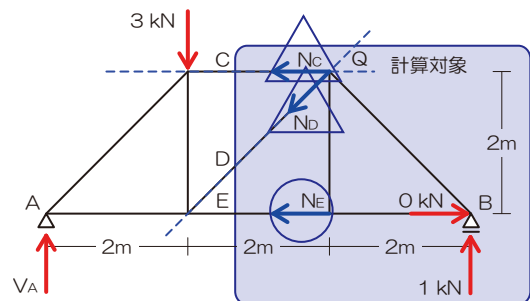
45 度のちっこい三角形より、横の長さが 1 の場合の

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）



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

$$2N_E = 1 \times 2$$

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

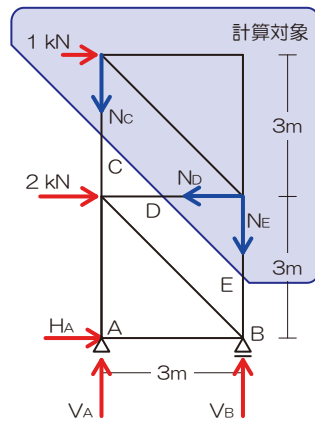
$$N_E = 1[kN]$$

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

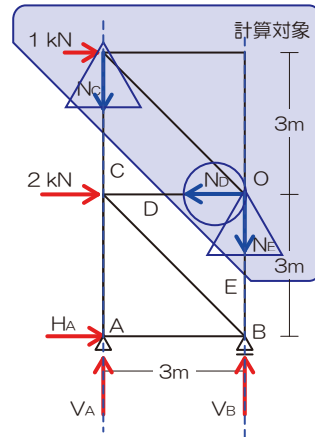


【2 級 H22】

- 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}



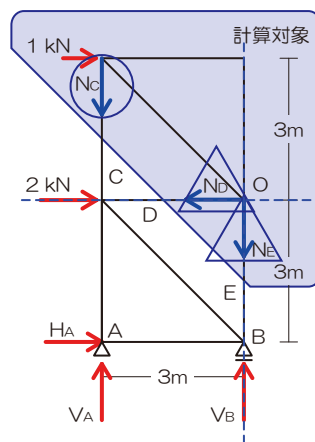
N_D を求める（横の力のつり合い）



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

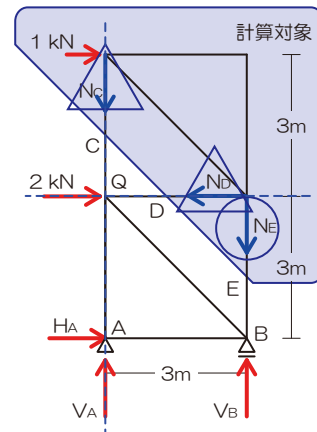
- 4) 力のつり合いで未知の応力を算定

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）

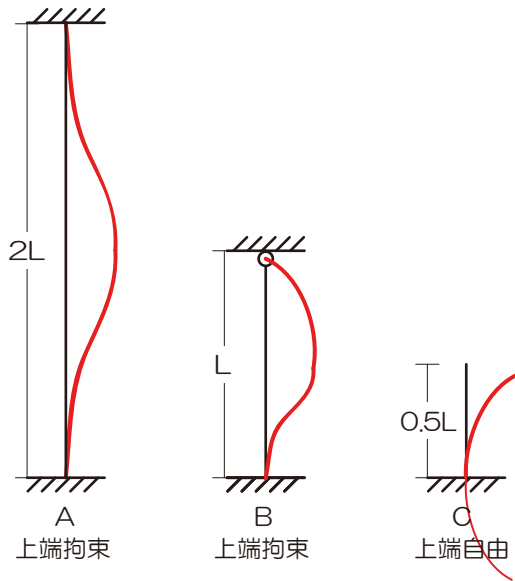


$$\begin{aligned}M_Q &= +N_E \times 3 + 1 \times 3 = 0 \\ 3N_E &= -1 \times 3 \\ N_E &= \frac{-1 \times 3}{3} \\ N_E &= -1[kN]\end{aligned}$$

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



《復習問題 13》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)【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) 弾性座屈荷重の大きさを比較

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

$$P_B > P_A = P_C$$

$$P_B > P_A = P_C$$

