

【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》

7 たわみ

7.1 たわみとは

■ たわみとたわみ角

➤ たわみ：

➤ たわみ角：

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

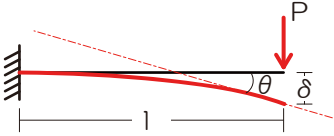
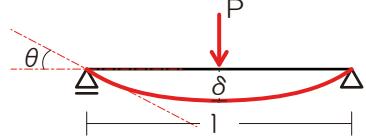
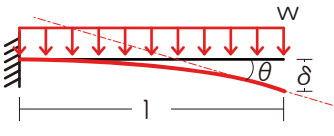
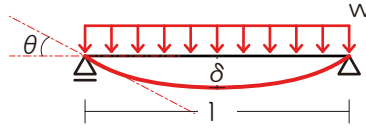
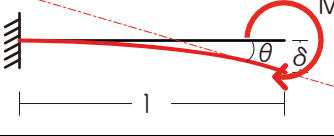
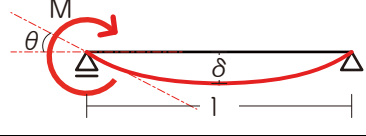
■ 水平荷重の分配（頂部水平変位）「出題頻度 30%」

- 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）

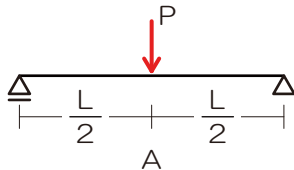
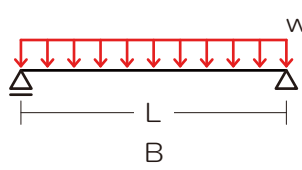
- 架構は「単純梁」「片持梁」、荷重条件は「集中荷重」「分布荷重」「モーメント荷重」
- E …ヤング係数、 I …断面 2 次モーメント、両者を併せて（ EI ）曲げ剛性

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

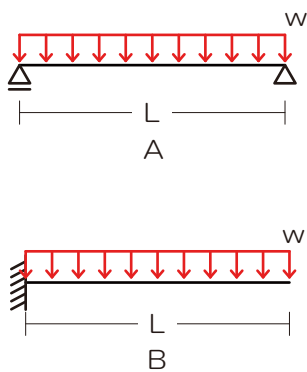
	
梁 A のたわみ	梁 B のたわみ

《基礎問題 20》以下の梁 A・梁 B における最大たわみ $\delta_A \cdot$

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



■ 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



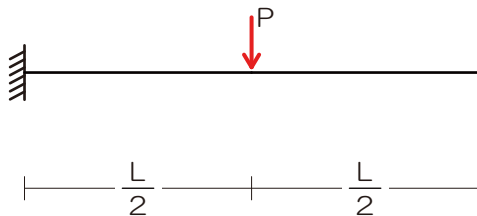
傾きによるたわみ



《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】

『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
- 3) 傾きにより生じるたわみは材長×傾き
- 4) 両者を合算



$$5PL^3 / (48EI)$$

[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

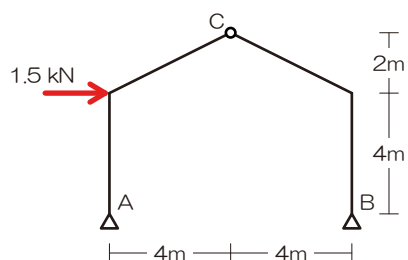
■ 3 ヒンジラーメンとは



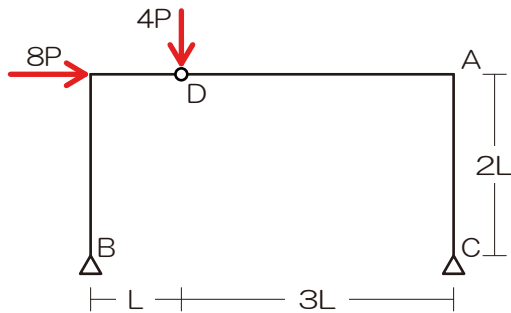
■ 3 ヒンジラーメンの解法



B 支点の水平反力を求めてみましょう



《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) 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
- 3) ターゲット以外の交点に注目し…

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

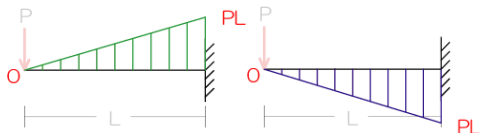
以下の片持ち梁で説明してみます



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

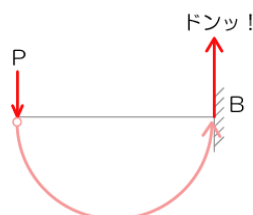
2) 荷重 P の作用点をスタート



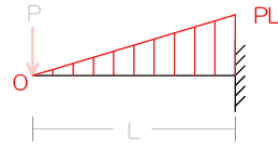
3) ゴールを曲げモーメントを求める点（今回は B 点）とし、「クルクル♪」



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！」



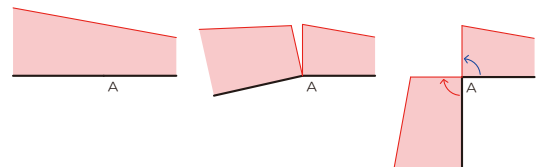
5) 「ドンッ！」って飛ばされた方に応力の分布図を示す



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）

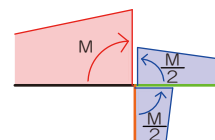
さて、複数の部材が構成される節点では？こちらも【小さな風車】の法則は成立します

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



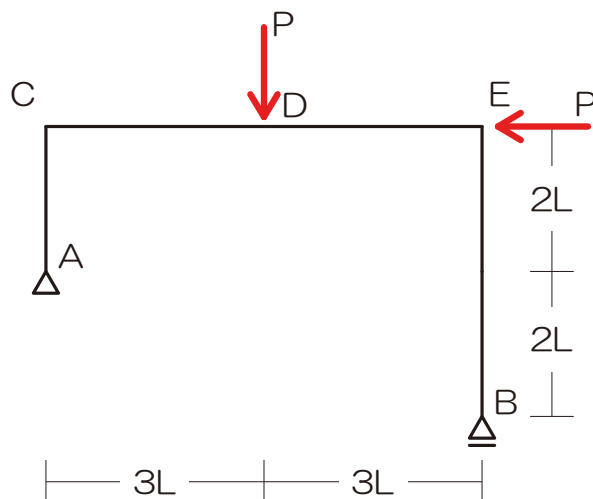
■ 建築士試験における曲げモーメント図に関する出題

- 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】



■ 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		
半分おすそ分け		
小さな風車		
半分おすそ分け		

[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』

© office archetype-lab
All rights reserved!
archetype-lab.com

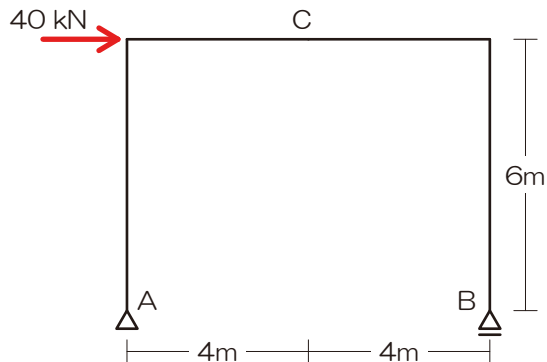
1 級建築士 『学科Ⅳ構造』
【基礎力徹底養成】

Date
2013/ /

Page -54-

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）】

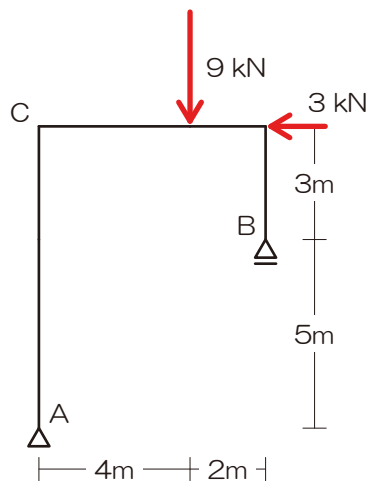


『解法手順（基礎）』

- 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！
- 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

解答： $Q_C = 30 \text{ [kN]}$

《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）】



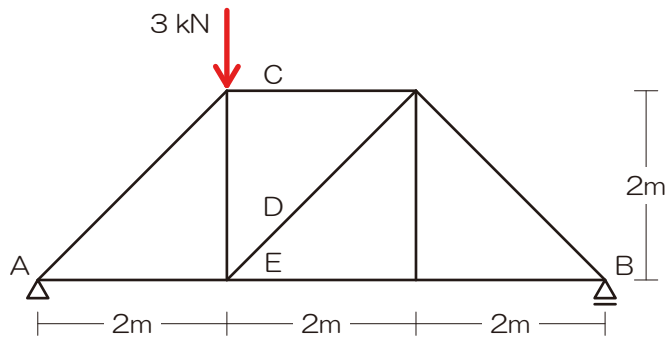
『解法手順（基礎）』

- 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

解答： $M_C = 24 \text{ [kNm]}$ （絶対値表記）



【2 級 H18】



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}

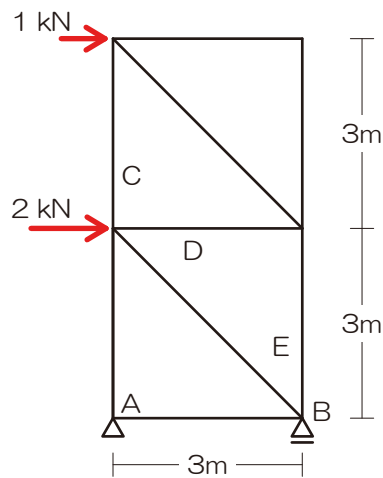
※2 必ず計算対象側の節点からベクトル表記

4) 力のつり合いで未知の応力を算定

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



【2 級 H22】



1) 反力を図示

2) 切断面^{※1}を決定→計算対象を決定（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

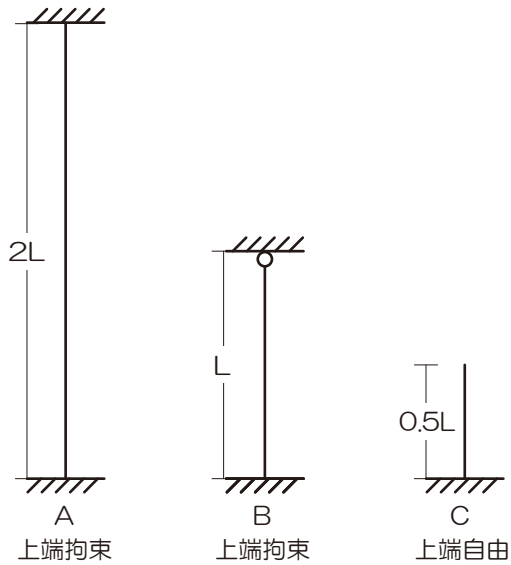
$$N_C = 1 \text{ [kN]}, N_D = 1 \text{ [kN]}, N_E = -1 \text{ [kN]}$$



《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)【2 級 H18】

『解法手順(基礎)』

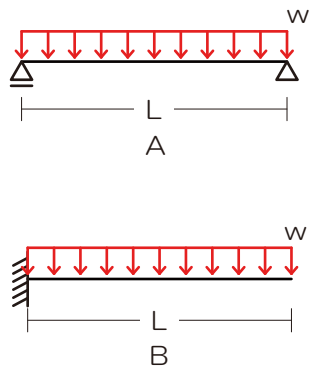
- 1) 上端の移動をチェック
- 2) 支点の形状をチェック
- 3) 上記 2 点より座屈の状況を図示
- 4) 座屈の状況より座屈長さを算定
- 5) 弾性座屈荷重の大きさを比較



$$P_B > P_A = P_C$$



《基礎問題 20》以下の梁 A・梁 B における最大たわみ δ_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】

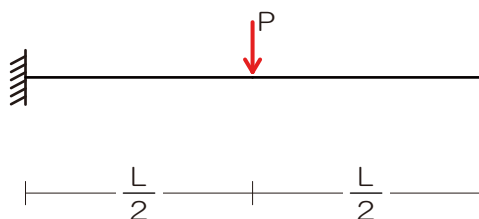


『解法手順（基礎）』⇒ 基本形

1) たわみの公式より最大たわみを求める

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】



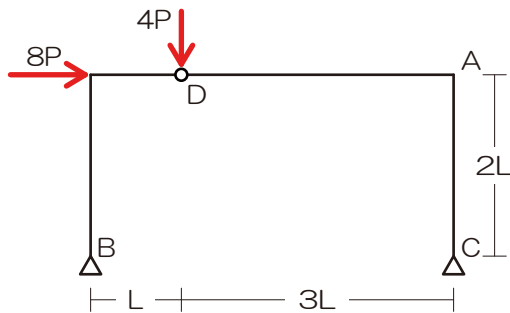
『解法手順（基礎）』⇒ 特殊形

- 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
- 3) 傾きにより生じるたわみは材長×傾き
- 4) 両者を合算

$5PL^3/(48EI)$



《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) 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

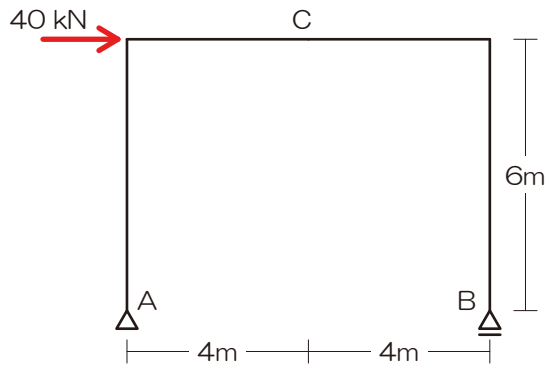
『解法手順（基礎）』 3 ヒンジラーメンの反力算定

- 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
- 3) ターゲット以外の交点に注目し…

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）】

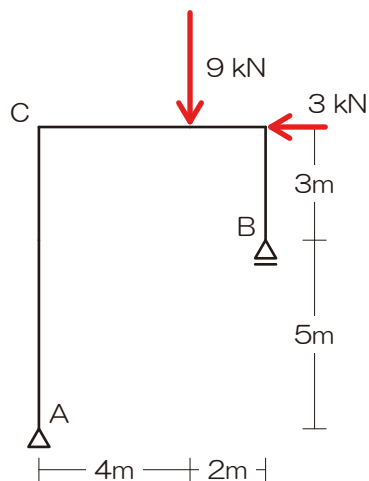


『解法手順（基礎）』

- 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

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）】



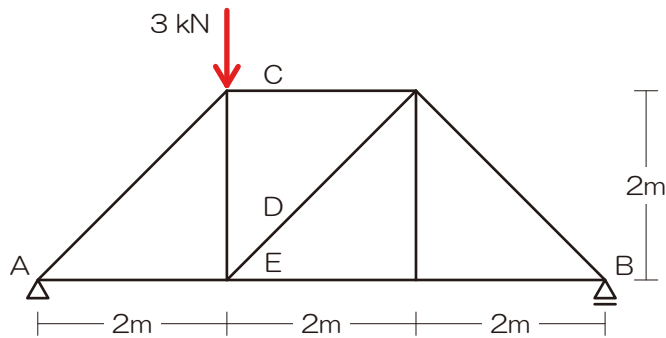
『解法手順（基礎）』

- 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

解答： $M_C = 24$ [kNm]（絶対値表記）



【2 級 H18】



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}

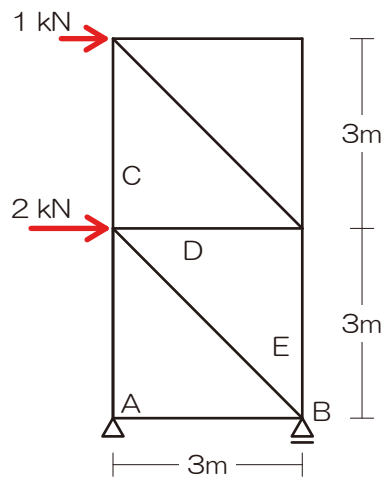
※2 必ず計算対象側の節点からベクトル表記

4) 力のつり合いで未知の応力を算定

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



【2 級 H22】



1) 反力を図示

2) 切断面^{※1}を決定→計算対象を決定（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

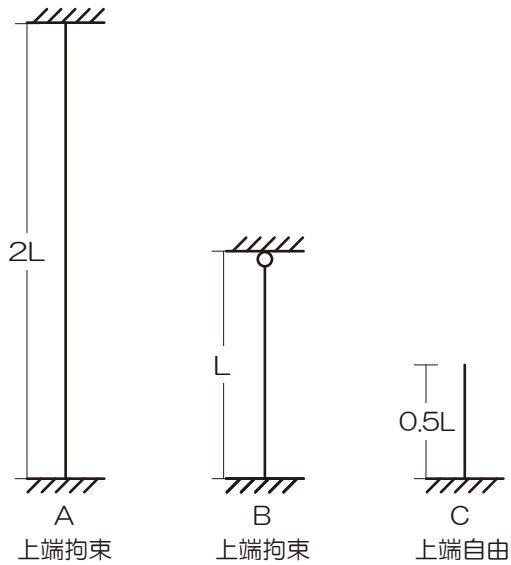
$$N_C = 1 \text{ [kN]}, N_D = 1 \text{ [kN]}, N_E = -1 \text{ [kN]}$$



《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)【2 級 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



$$P_B > P_A = P_C$$

