

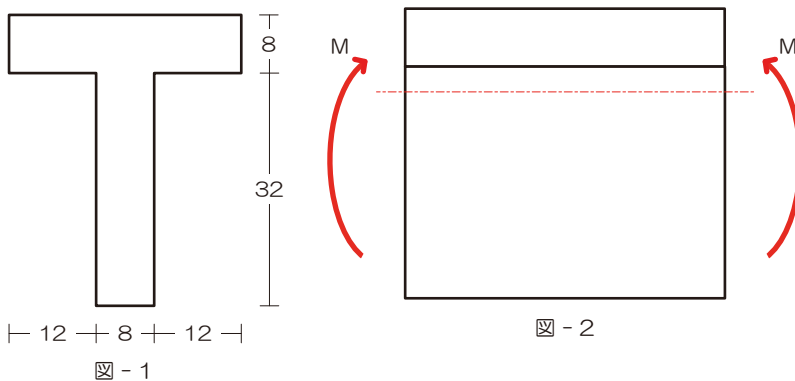
【新傾向対策講座について】

本講座で解説を行った力学解法 20 パターンの総復習を行います。講座は全 2 回ですが、初回に 2 回分の資料を配ってまいりますので、進捗状況が良好な方は随時先行してください。

注：表中の番号は出題時の問題番号		コスパ	10年	H25	H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16	
1	断面の性質	中立軸（図心）	★★	10%									1	
2		断面 2 次 M・断面係数	★★	40%				6	1	1	1			
3	応力度	垂直応力度（弾性状態）	★★	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	★★★	70%		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	★★★	40%		2			2	3		3		
9		3 ヒンジラーメン	★★	40%		3		4	3		4			
10		ラーメンの応力図	★★★	20%				3				4		
11		トラス	★★★	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	★★★	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	★★★	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	★★	50%	4		4	5		4		2		

『解法 01』 中立軸（図心、断面 1 次モーメント）

等質で図-1 のような断面を持つ部材に、図-2 のように断面力として曲げモーメント M のみが作用している。この断面の降伏開始曲げモーメントを M_y 、全塑性モーメントを M_p とするとき、 $M \leq M_y$ の場合と、 $M = M_p$ の場合の中立軸の位置の組み合わせとして、正しいものは次のうちどれか。ただし、中立軸の位置は断面下縁から測るものとする。



- 1) 軸を確認
- 2) 矩形（長方形）に分割（お好きなように…）
- 3) 断面全体の断面 1 次モーメントを求める
- 4) 上記断面 1 次モーメントの合計を全断面積で除す

解答： $M < M_y$ の時 26、 $M = M_p$ の時 32

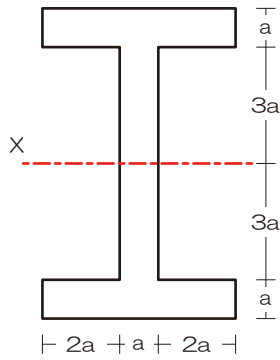
【ポイント】

- ✓ まずは軸をチェック！同じ軸に対する断面 1 次モーメントならば合算可能ですよ



『解法 02』 断面 2 次モーメント/断面係数

図のような H 形断面の水平軸に対する底部の断面係数を求めよ。



- 1) 軸チェック
- 2) 図心が等しくなるように断面を分割
- 3) 各断面の断面 2 次モーメントを求め足し引き
- 4) 全体の断面 2 次モーメントをせいの半分で除す

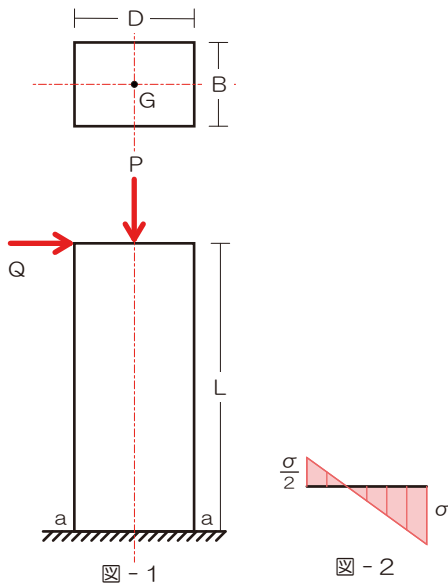
解答： $106a^3/3$

【ポイント】

- ✓ まずは軸をチェック！
- ✓ 断面 2 次モーメントでは、各分割断面の図心位置が綺麗にそろるように分割しましょう
- ✓ 断面係数は、断面 2 次モーメントを求めた後に、図心から縁までの距離で除しましょう

『解法 03』 垂直応力度（弾性状態）

図-1 のような底部で固定された矩形断面材の頂部の図心 G 点に荷重 P および Q が作用しているときの底部 a - a 断面における垂直応力度分布が図-2 に示されている。P と Q をそれぞれ求めよ。



- 1) 軸方向力による垂直応力度を求める
- 2) 曲げモーメントによる曲げ応力度（垂直応力度）を求める
- 3) 両者を合算（符号に留意）

解答： $P = \sigma BD/4$ 、 $Q = \sigma BD^2/8L$

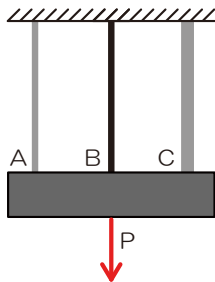
【ポイント】

- ✓ 垂直応力度（引張/圧縮の応力度）とは、軸方向力による垂直応力度と曲げモーメントによる曲げ応力度の合算です
- ✓ 符号に留意！図を含めて引張⇒プラス (+)、圧縮⇒マイナス (-) を徹底しましょう



『解法 04』 ひずみ

剛体に接合されている 3 本の部材の伸びが等しくなるように荷重 P を加えた場合、各部材に生じる軸方向力の比を示せ。ただし、3 本の部材の長さは等しく、ヤング係数は部材 A は E ・部材 B は $2E$ ・部材 C は E 、断面積は部材 A は A ・部材 B は A ・部材 C は $2A$ とする。



- 1) 各パートの軸方向力を求める
- 2) ヤング係数の公式より、ひずみ・垂直応力度の公式を用いて変形量を求める式を導く
- 3) 上式に各項目を代入し変形量を求める

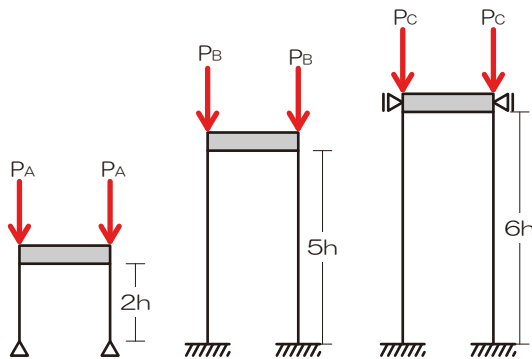
解答： $N_A : N_B : N_C = 1 : 2 : 2$

【ポイント】

- ✓ ヤング係数の公式より、荷重を受けた際の変形量を導くことが可能
- ✓ もちろん変化量の公式を暗記しても良いのですが…、ひずみ・垂直応力とも関連付けて導くことが理想です

『解法 05』 座屈

図のような構造物の柱の弾性座屈荷重をそれぞれ P_A 、 P_B 、 P_C としたとき、それらの大小関係を求めよ。ただし、すべての柱は等質等断面であり、梁は剛体とし、柱および梁の重量については無視するものとする。



- 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

解答： $P_C > P_A > P_B$

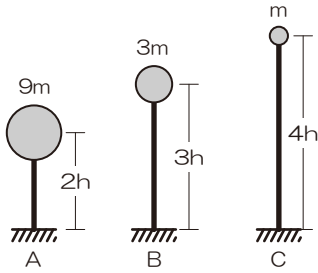
【ポイント】

- ✓ 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



『解法 06』 固有周期

図のような頂部に集中荷重をもつ丸棒 A、B、C における固有周期 T_A 、 T_B 、 T_C の大小関係を求めよ。ただし、三本の棒はすべて等質等断面とし、曲げ変形のみが生じるものとする。また、棒の質量は無視する。



- 1) 剛性および質量より固有周期を求める
- 2) 固有周期の大小より応答加速度を選択する
- 3) 応答加速度と質量より最大応答せん断力を求める

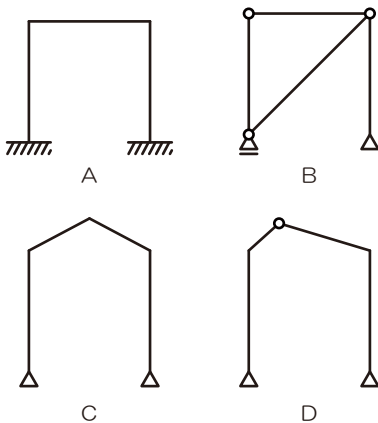
解答： $T_B > T_A > T_C$

【ポイント】

- ✓ 固有周期を求め ⇒ 大小関係と比較し ⇒ 適する固有周期を選択 ⇒ 応答加速度を選択し ⇒ せん断力算定

『解法 07』 判別

次の架構のうち、静定構造はどれか。



- 1) 反力数チェック
- 2) 部材数チェック
- 3) 剛接合部材数チェック
- 4) 上記を合計し、支点・節点の総数の2倍を引く

解答：D

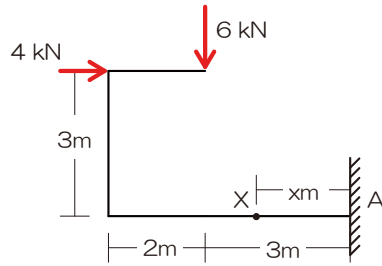
【ポイント】

- ✓ 剛接合部材数に留意！剛接合数ではなくて剛接合「部材」数です



『解法 08』 梁・ラーメンの応力

以下の片持ちラーメンにおいて、曲げモーメントが生じない X 点の位置を、A 支点からの距離で示せ。



- 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】
- 4) もし、未知力が入っていたら、未知力を求める
- 5) 曲げ M は作用線が交差しない計算対象側全部の力

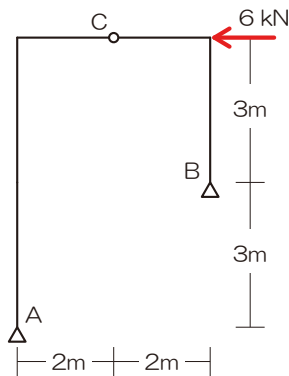
解答：A 点より 1 m

【ポイント】

- ✓ 【応力】は、【切断】し【選択】すること！

『解法 09』 3 ヒンジラーメンの反力/応力

以下の構造物の A 支点における鉛直・水平反力をそれぞれ求めよ。



- 1) 生じる可能性のある反力を図示
- 2) ヒンジ点でのモーメント 0 より反力の 1 つを消去
- 3) 以降は力のつり合いより未知力を求める

解答： $V_A = 6 \text{ kN}$ 、 $H_A = 2 \text{ kN}$

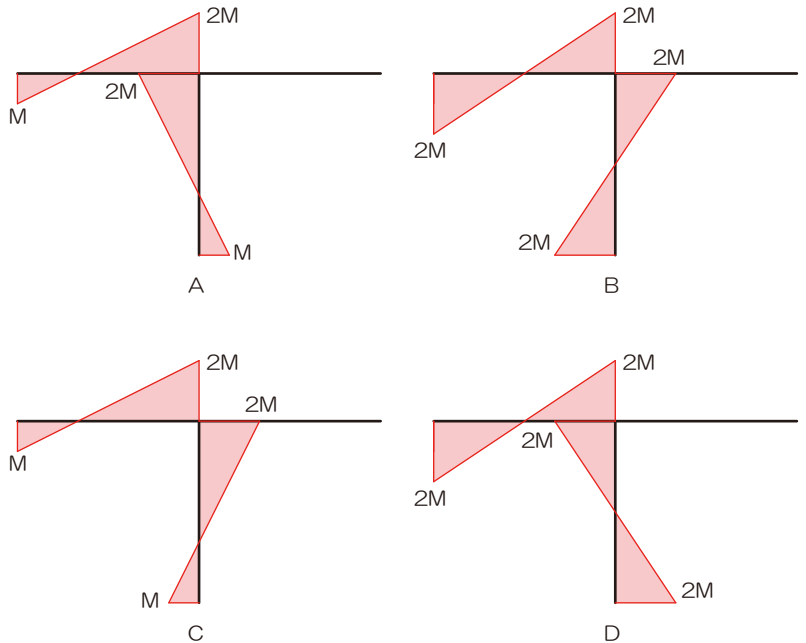
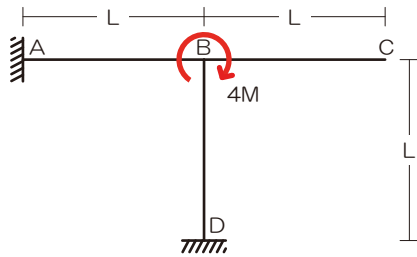
【ポイント】

- ✓ ピン節点の曲げモーメント = 0 に着目して、反力の 1 つに消えてもらいましょう



『解法 10、17』 曲げモーメント図（含む不静定）

図-1 のように B 点に集中モーメント M を受ける骨組の曲げモーメント図として正しいものはどれか。ただし、B 点は剛接合、C 点は自由端とし、全部材は等質等断面であるものとする。また、曲げモーメント図は材の引張側に描くものとする。



- 1) 半分おすそ分け
- 2) 小さな風車（内々外々）
- 3) ローラー柱
- 4) クルクルドン

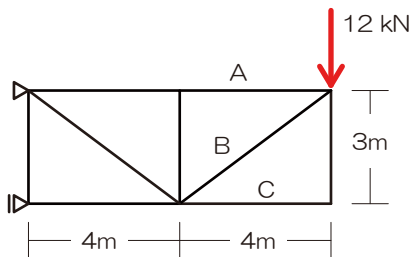
解答：A

【ポイント】

- ✓ 正しい曲げモーメント図が選べれば良しです
- ✓ チェック項目は「半分おすそ分け」「小さな風車」「ローラー柱」です（それで見分けがつかなかったらクルクルドン）

『解法 11』 トラス

以下のトラスにおける A・B・C 各材の軸方向力を求めよ。



- 1) 反力を図示
- 2) 【切断】面を決定 ⇒ 計算対象側を【選択】
- 3) 切断された部材内の応力を仮定
- 4) 力のつり合いにて未知力を算定

解答： $P_A = 16 \text{ kN}$ 、 $P_B = -20 \text{ kN}$ 、 $P_C = 0 \text{ kN}$

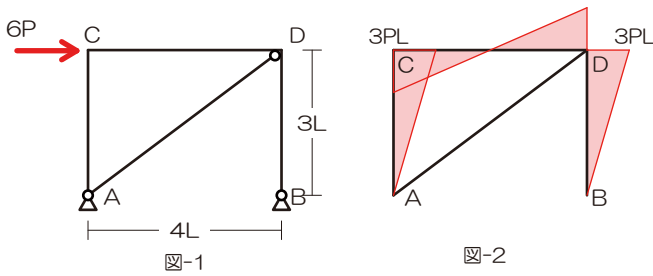
【ポイント】

- ✓ トラスの解法は切断法がオススメ
- ✓ 部材3本で切断（2本でも良いけど…）、切断された部材に取り残された応力を図示しましょう



『解法 12』 合成ラーメン

図-1 のような構造物に水平力 $6P$ が作用し、図-2 に示すような曲げモーメントが生じてつり合った場合、部材 A の引張力を求めよ。ただし、曲げモーメントは部材の引張側に描くものとする。



- ☆1 ピン節点に着目し求める
- ☆2 両端ピンの部材に着目
- ☆3 応力図をヒントに求める

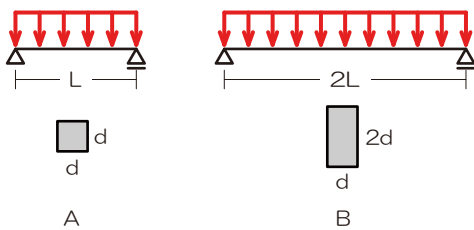
解答：5P

【ポイント】

- ✓ 合成ラーメンの問題は最難関…
- ✓ 「ピン節点」「両端ピン部材」「応力図」の情報を頼りに、無理やり答えを導きましょう

『解法 13』 たわみ（公式直接代入・公式変形型）

図のような単純梁 A・B に等分布荷重 w が作用したとき、A・B それぞれの最大たわみの比（ $\delta_A : \delta_B$ ）を求めよ。ただし、両梁は等質であるものとする。



s

- 1) 公式に代入

解答： $\delta_A : \delta_B = 1 : 2$

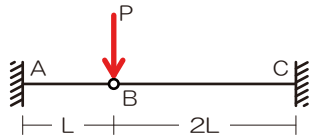
【ポイント】

- ✓ 公式必須！
- ✓ 基本形から外れる場合は、基本形が採用できる形に分解



『解法 14』 不静定物の反力

図のような梁において、梁のヒンジ点である B 点に鉛直力 P が作用したとき、A・B 点に生じる鉛直反力の比 ($V_A : V_C$) を求めよ。ただし、梁は全長にわたり等質等断面であるとする。



注：今回の問題は以下の標準的な解法では解けません

- 1) 反力を図示
- 2) 荷重の 1 つを反力とみなす
- 3) 元々の荷重と荷重とみなされた反力による変形をもとに未知の力を求める

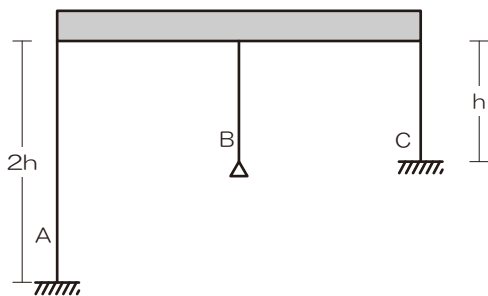
解答： $V_A : V_C = 8 : 1$

【ポイント】

- ✓ 反力のうちの 1 つを荷重とみなしましょう
- ✓ 元支点のたわみやたわみ角に着目し式を 1 つ追加し、未知力を求めましょう
- ✓ 今回の問題はヒンジ点のたわみに着目して答えを導きましょう

『解法 15』 水平荷重分配

図のような水平力が作用する骨組において、柱 A、B、C の水平力の分担比 $Q_A : Q_B : Q_C$ の比を求めよ。ただし、3 本の柱はすべて等質等断面で、梁は剛体とし、柱および梁の応力は弾性範囲内にあるものとする。



- 1) 各柱の頂部が水平方向に移動した際の各柱の変形を図示
- 2) 分配された荷重を仮定し、各柱の頂部の水平変位を算定
- 3) 頂部水平変位が等しいことより荷重の分配比を算定

解答： $Q_A : Q_B : Q_C = 1 : 2 : 8$

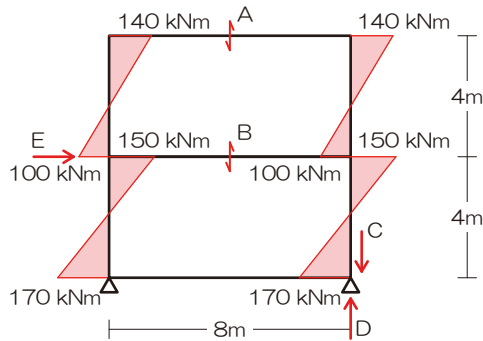
【ポイント】

- ✓ 柱の変形の様子をたわみに見立てて解答を進めましょう（その際の変形の様子は座屈と同じ）



『解法 16』 不静定の応力

図は、ある二層構造物の各階に水平荷重が作用したときのラーメンの応力のうち、柱の曲げモーメントを示したものである。このとき、図中の A：梁のせん断力、B：梁のせん断力、C：柱の軸方向力、D：支点の鉛直反力、E：水平荷重のそれぞれの値を求めよ。



- 1) 柱の曲げモーメント ⇒ 柱のせん断力
- 2) 柱のせん断力 ⇒ 水平荷重
- 3) 柱の曲げ M ⇒ 梁の曲げ M
- 4) 梁の曲げモーメント ⇒ 梁のせん断力
- 5) 梁の Q ⇒ 柱の軸方向力、鉛直反力

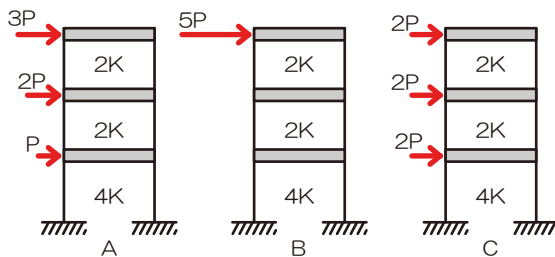
解答： $Q_A=35$ [kN]、 $Q_B=62.5$ [kN]、 $N_C=97.5$ [kN]、
 $V_D=140$ [kN]、 $P_E=40$ [kN]、

【ポイント】

- ✓ 順番に 1 つずつ…

『解法 18』 層間変形

図のような水平力が作用する三層構造物（各層の剛性を図に示す通り 4K、2K、2K とする）において、頂部の変位をそれぞれ δ_A 、 δ_B 、 δ_C とした場合、それらの大小関係を求めよ。ただし、梁は剛とし、柱の伸縮はないものとする。【H21】



- 1) 各フロアに作用する水平力を確認
- 2) 公式に代入…

解答： $\delta_B > \delta_A > \delta_C$

【ポイント】

- ✓ 層間変形を求める際の水平力は、対象フロア以上に階にかかる荷重の計になりますよ



『解法 19』 全塑性モーメント

図-1 のような底部で固定された矩形断面材の頂部の図心 G 点に鉛直荷重 $P=2B^2\sigma_y$ (σ_y : 降伏応力度)、および水平荷重 Q が作用している。 Q が増大し、底部 a-a 断面における垂直応力度分布が図-2 のような全塑性状態に達する場合の Q の値を求めよ。ただし、矩形断面は等質等断面で自重はないものとする。

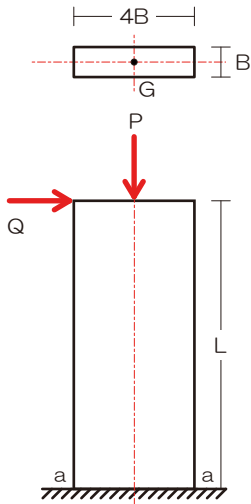


図-1

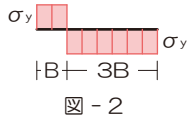


図-2

- 1) 応力度分布図を「Nによる」「Mによる」に分類
- 2) 軸方向力はブロック体積
- 3) 曲げモーメントは片側ブロックの体積×中心間距離

解答: $Q=3B^3\sigma_y/L$

【ポイント】

- ✓ ブロック「体積」がポイントです、立体的に考えましょう

『解法 20』 崩壊荷重

図-1 のようなラーメンに作用する水平荷重 P を増大させたとき、そのラーメンは図-2 のような崩壊機構を示した。ラーメンの崩壊荷重 P_u を求めよ。ただし、柱・梁の全塑性モーメントはそれぞれ $3M_p$ 、 $2M_p$ 、 M_p とする。

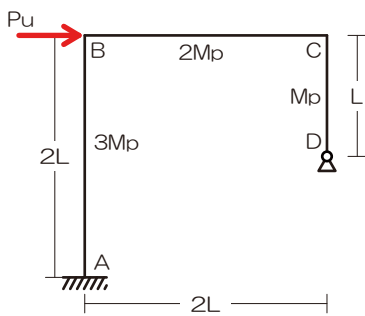


図-1

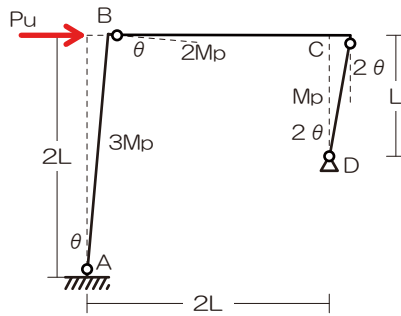


図-2

- 1) 崩壊の図(崩壊メカニズム)を確認
- 2) 外力による仕事を求める
- 3) 内力による仕事を求める
- 4) 両者のつり合いより崩壊荷重を求める

解答: $7M_p/2L$

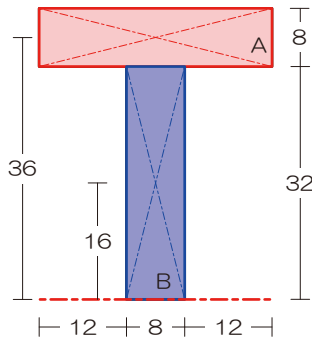
【ポイント】

- ✓ 外力による仕事、内力による仕事ともに要計算の点のチェックをお忘れなく



【解答】

『解法 O1』



$M < My$ の場合の中立軸（図心）を求める

- 1) 軸を確認 ⇒ 底部
- 2) 矩形（長方形）に分割（お好きなように…）
⇒ 左図のように A・B に分割
- 3) 断面全体の断面 1 次モーメントを求める $S = A \times y$
⇒ 合算可能なのは軸が同一の場合のみね！
⇒ 全体の断面 1 次モーメントを求める

$$S_{All} = S_A + S_B$$

$$S_{All} = (8 \times 32) \times 36 + (32 \times 8) \times 16$$

- 4) 上記断面 1 次モーメントの合計を全断面積で除す

⇒ 全体の断面積を求める

$$A_{All} = A_A + A_B$$

$$A_{All} = (8 \times 32) + (32 \times 8)$$

⇒ 図心の位置を求める

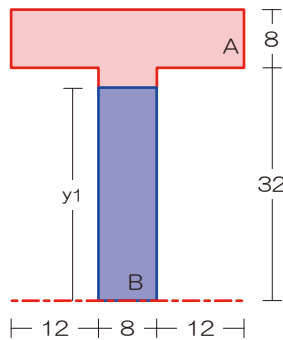
$$y = \frac{(8 \times 32) \times 36 + (32 \times 8) \times 16}{(8 \times 32) + (32 \times 8)}$$

$$y = \frac{36 + 16}{1 + 1}$$

$$y = 26$$

$M = Mp$ の場合の中立軸（断面積を二等分）を求める

上の図の分割方法で断面積がちょうど二等分されてはいるのですが…、念のため一般的な解法を示します



⇒ 二等分されるであろう位置を仮定し、その底部からの距離を y_1 とします

⇒ A エリアの面積は

$$A_A = 8 \times 32 + (32 - y_1) \times 8$$

⇒ B エリアの面積は

$$A_B = y_1 \times 8$$

⇒ 両者は等しいので

$$A_A = A_B$$

$$8 \times 32 + (32 - y_1) \times 8 = y_1 \times 8$$

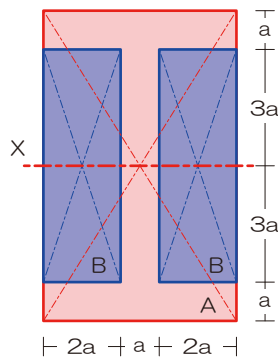
$$-8y_1 - 8y_1 = -8 \times 32 - 8 \times 32$$

$$-2y_1 = -32 - 32$$

$$y_1 = 32$$



『解法 02』



1) 軸チェック ⇒ 底部

2) 図心が等しくなるように断面を分割 ⇒ 左図

3) 各断面の断面 2 次モーメントを求め足し引き

$$I = I_A - I_B \times 2$$

$$I = \frac{5a \times 8a \times 8a \times 8a}{12} - \frac{2a \times 6a \times 6a \times 6a}{12} \times 2$$

$$I = \frac{5a \times 2a \times 8a \times 8a}{3} - \frac{1a \times 6a \times 6a \times 6a}{3} \times 1$$

$$I = \frac{424a^4}{3}$$

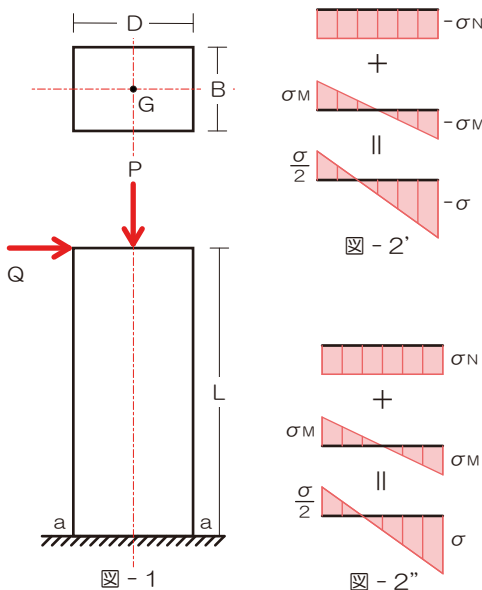
4) 全体の断面 2 次モーメントをせいの半分で除す

$$Z = \frac{I}{4a}$$

$$Z = \frac{424a^4}{3 \times 4a}$$

$$Z = \frac{106a^3}{3}$$

『解法 03』



注：図-2''は応力の符号を完全に無視して絶対値で解を進めていく場合の図です
実はわたしはこちらのほうが好きです…

1) 軸方向力による垂直応力度を求める ⇒ 全断面均一

$$\sigma_N = -\frac{P}{BD}$$

2) 曲げモーメントによる曲げ応力度（垂直応力度）を求める

⇒ 曲げモーメントによる垂直応力度は

$$\sigma_M = \pm QL \times \frac{6}{BD^2}$$

$$\sigma_M = \pm \frac{6QL}{BD^2}$$

3) 両者を合算（符号に留意）

$$\Rightarrow \text{左端：} -\frac{P}{BD} + \frac{6QL}{BD^2} = \frac{\sigma}{2}, \quad \text{右端：} -\frac{P}{BD} - \frac{6QL}{BD^2} = -\sigma$$

$$-\frac{P}{BD} = \frac{\sigma}{2} - \frac{6QL}{BD^2}$$

⇒ 上 2 式より

$$\frac{\sigma}{2} - \frac{6QL}{BD^2} = -\sigma + \frac{6QL}{BD^2}$$

$$Q = \frac{\sigma BD^2}{8L}$$

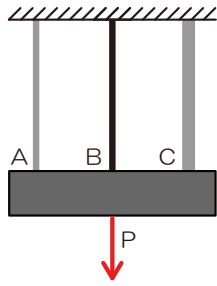
⇒ 左端式に代入

$$-\frac{P}{BD} + \frac{6L}{BD^2} \times \frac{\sigma BD^2}{8L} = \frac{\sigma}{2}$$

$$P = \frac{\sigma BD}{4}$$



『解法 04』



- 1) 各パートの軸方向力を求める ⇒ 不要
- 2) ヤング係数の公式より、ひずみ・垂直応力度の公式を用いて変形量を求める式を導く

ヤング係数の公式より変化量を導くと

$$E = \frac{\sigma_N}{\varepsilon}$$

$$\left(\sigma_N = \frac{N}{A}, \varepsilon = \frac{\Delta l}{l} \right)$$

$$E = \frac{N}{A} \times \frac{l}{\Delta l}$$

$$\Delta l = \frac{Nl}{AE}$$

- 3) 上式に各項目を代入し変形量を求める

それぞれの部材の伸びを求めると

$$\Delta l_A = \frac{N_A l}{AE}, \Delta l_B = \frac{N_B l}{A \times 2E}, \Delta l_C = \frac{N_C l}{2A \times E}$$

伸びは等しいので

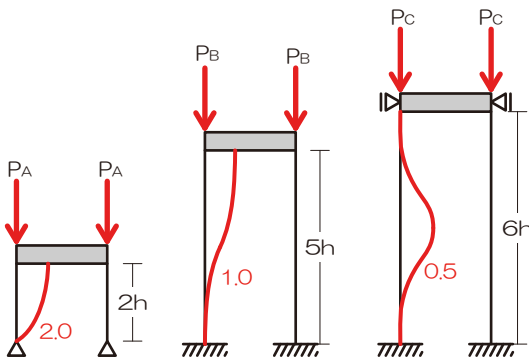
$$\frac{N_A l}{AE} = \frac{N_B l}{A \times 2E} = \frac{N_C l}{2A \times E}$$

$$N_A = \frac{N_B}{2} = \frac{N_C}{2}$$

ゆえに

$$N_A : N_B : N_C = 1 : 2 : 2$$

『解法 05』



- 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 ⇒ 左図
- 4) 座屈の状況より座屈長さを算定

$$l_{kA} = 2.0 \times 2h = 4h$$

$$l_{kB} = 1.0 \times 5h = 5h$$

$$l_{kC} = 0.5 \times 6h = 3h$$

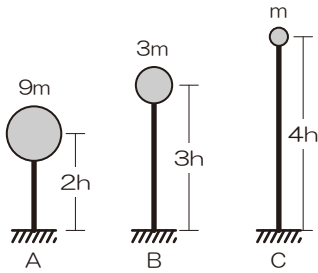
$$l_{kC} < l_{kA} < l_{kB}$$

- 5) 弾性座屈荷重の大小を比較

$$P_C > P_A > P_B$$



『解法 06』



1) 剛性および質量より固有周期を求める

⇒ モデル A の固有周期

$$T_A = 2\pi\sqrt{\frac{9m \times 2h \times 2h \times 2h}{3EI}} = 2\pi\sqrt{\frac{72mh^3}{3EI}}$$

⇒ モデル B の固有周期

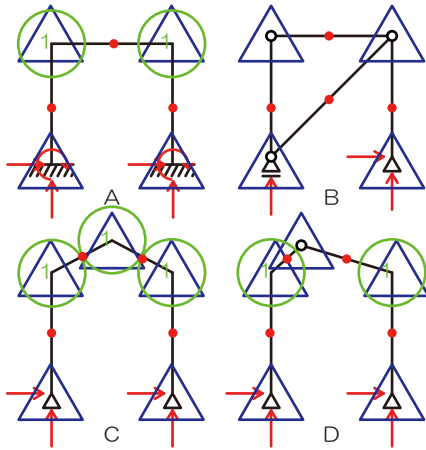
$$T_B = 2\pi\sqrt{\frac{3m \times 3h \times 3h \times 3h}{3EI}} = 2\pi\sqrt{\frac{81mh^3}{3EI}}$$

⇒ モデル C の固有周期

$$T_C = 2\pi\sqrt{\frac{m \times 4h \times 4h \times 4h}{3EI}} = 2\pi\sqrt{\frac{64mh^3}{3EI}}$$

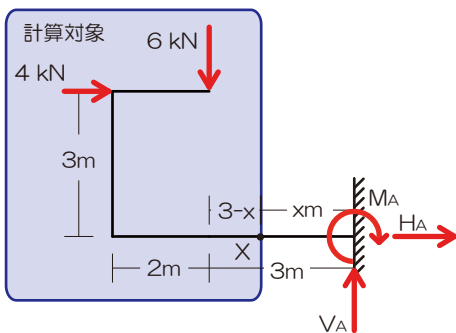
ゆえに $T_B > T_A > T_C$

『解法 07』 判別



	n	r	s	k	m
A	6	3	2	4	$6+3+2-2 \times 4 = +3$
B	3	4	0	4	$3+4+0-2 \times 4 = -1$
C	4	4	3	5	$4+4+3-2 \times 5 = +1$
D	4	4	2	5	$4+4+2-2 \times 5 = 0$

『解法 08』



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) 計算対象を決定

⇒ 計算対象を左とする

4) もし、未知力が入っていたら、未知力を求める ⇒ 未知力無し

5) 曲げモーメントは作用線が交差しない全部の力

$$M_x = +4 \times 3 - 6 \times (3 - x)$$

また、A 点の曲げモーメントが 0 であることより

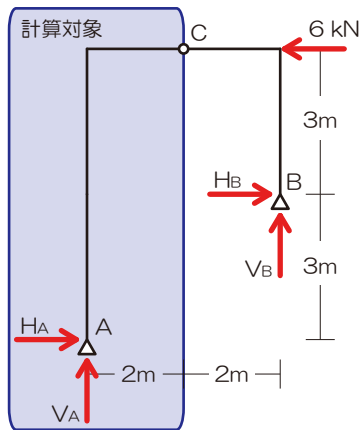
$$M_x = +4 \times 3 - 6 \times (3 - x) = 0$$

$$12 - 18 + 6x = 0$$

$$x = 1[m]$$



『解法 09』



1) 生じる可能性のある反力を図示

2) ヒンジ点でのモーメント0より反力の1つを消去

⇒ピン節点 C に注目、計算対象を左とし曲げモーメントを求める

$$M_C = +V_A \times 2 - H_A \times 6 = 0$$

$$H_A = \frac{V_A}{3}$$

3) 以降は力のつり合いより未知力を求める

反力 V_A を求める

$$M_B = +V_A \times 4 - H_A \times 3 - 6 \times 3 = 0$$

$$+V_A \times 4 - \frac{V_A}{3} \times 3 - 6 \times 3 = 0$$

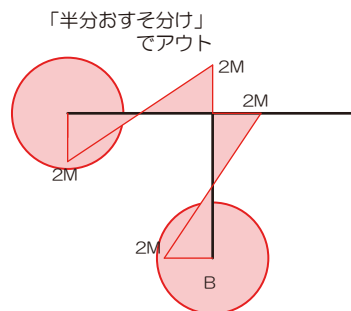
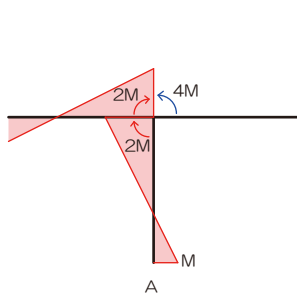
$$V_A = 6[kN]$$

反力 H_A を求める

$$H_A = \frac{V_A}{3}$$

$$H_A = 2[kN]$$

『解法 10、17』



1) 半分おすそ分け

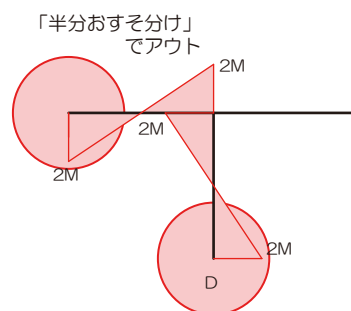
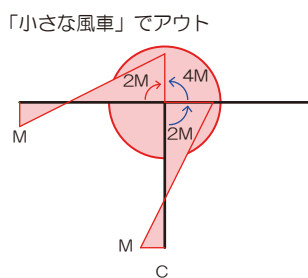
⇒ B と D がアウト

2) 小さな風車 (内々外々)

モーメント荷重は「逆回転」の小さな風車となります

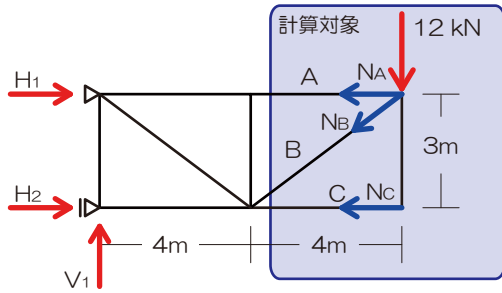
⇒ C がアウト

⇒ 残りは A のみ



『解法 11』 トラス

以下のトラスにおける A・B・C 各材の軸方向力を求めよ。



- 1) 反力を図示
- 2) 切断面*1 を決定→計算対象を決定
- 3) 部材内の応力（軸方向力）を仮定*2
- 4) 力のつりあい（つりあい三式）で未知の応力を算定

P_A を求める

$$M_D = -P_A \times 3 + 12 \times 4 = 0$$

$$P_A = 16[kN]$$

P_C を求める

$$M_E = +P_C \times 3 + 12 \times 0 = 0$$

$$P_C = 0[kN]$$

P_B を求める

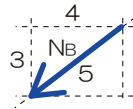
$$\sum Y = -12 - P_{By} = 0$$

$$P_{By} = -12$$

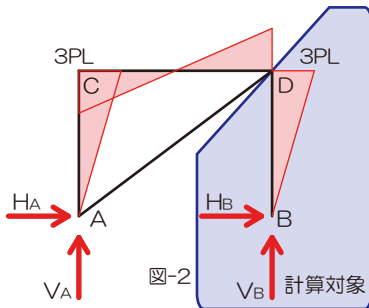
$$P_{By} = P_B \times \frac{3}{5}$$

$$P_B \times \frac{3}{5} = -12$$

$$P_B = -20$$



『解法 12』 合成ラーメン



D 点に着目

⇒ D 点の曲げモーメントを求める

$$M_D = -H_B \times 3L$$

⇒ 柱頂部の曲げモーメントは、M 図より 3PL であるので

$$M_D = -H_B \times 3L$$

$$3PL = -H_B \times 3L \quad (\text{クルクルドンで反力の方向を確認})$$

$$H_B = P$$

水平方向の力の釣り合いより反力 H_A を求める

$$\sum X = +6P + H_A - P = 0$$

$$H_A = -5P$$

D 点に着目

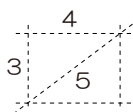
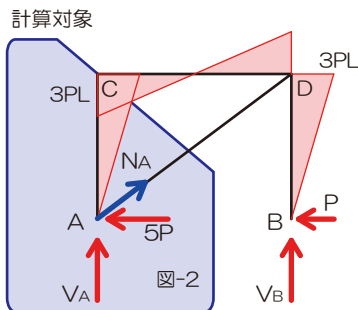
⇒ D 点の曲げモーメントを求める (M 図より 3PL)

$$M_C = +5P \times 3L - N_{Ax} \times 3L = 3PL$$

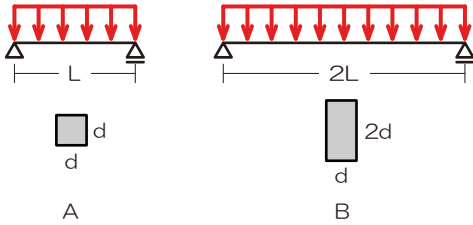
$$N_{Ax} = 4P$$

ゆえに

$$N_A = 5P$$



『解法 13』



断面二次モーメントを求める

$$I_A = \frac{d^4}{12}$$

$$I_B = \frac{d(2d)^3}{12} = 8 \times \frac{d^4}{12}$$

たわみを求める

$$\delta_A = \frac{5wl^4}{384EI_A}$$

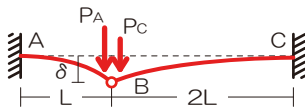
$$\delta_A = \frac{12}{d^4} \times \frac{5wl^4}{384EI}$$

$$\delta_B = \frac{5w(2l)^4}{384EI_B}$$

$$\delta_B = \frac{12}{8d^4} \times \frac{16}{1} \times \frac{5wl^4}{384EI}$$

ゆえに $\delta_A : \delta_B = 1 : 2$

『解法 14』



左図のように分割したと仮定し、両片持ち梁の材端部分のたわみをもとめる

$$\delta_A = \frac{P_A l^3}{3EI}$$

$$\delta_C = \frac{P_C (2l)^3}{3EI}$$

両たわみは等しいので

$$\delta_A = \delta_C$$

$$\frac{P_A l^3}{3EI} = \frac{P_C (2l)^3}{3EI}$$

$$P_A = 8P_C$$

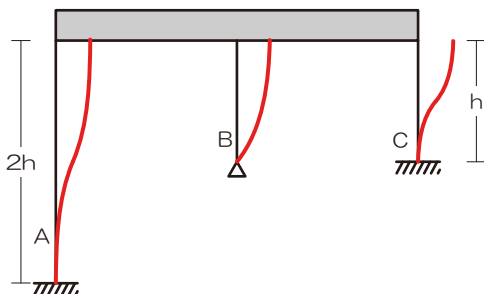
上記荷重はそれぞれ片持ち梁の支点の鉛直反力に等しいので

$$P_A = 8P_C$$

$$V_A = 8V_C$$

$$V_A : V_C = 8 : 1$$

『解法 15』



1) 各柱の頂部が水平方向に移動した際の各柱の変形を図示 ⇒ 左図

2) 分配された荷重を仮定し、各柱の頂部の水平変位を算定

$$\delta_A = \frac{P_A l^3}{3EI} \times 2$$

$$\delta_B = \frac{P_B l^3}{3EI}$$

$$\delta_C = \frac{P_C (l/2)^3}{3EI} \times 2 = \frac{P_C l^3}{12EI}$$

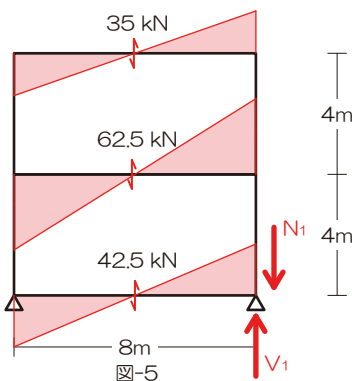
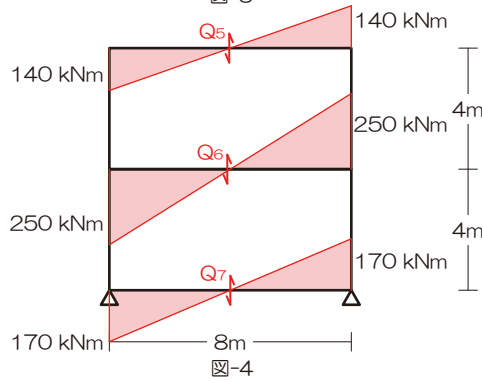
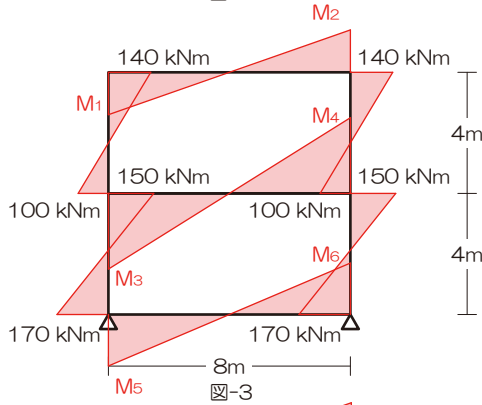
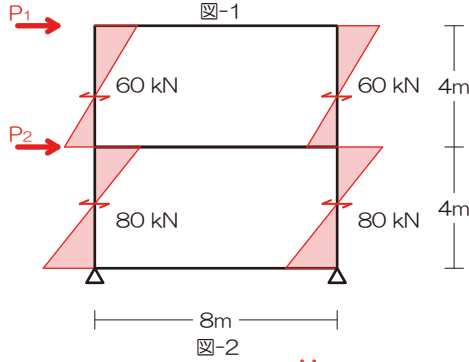
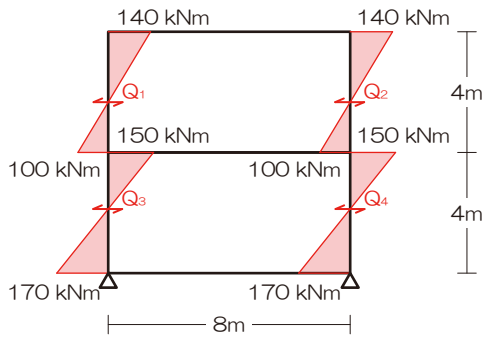
3) 頂部水平変位が等しいことより荷重の分配比を算定

$$\frac{P_A l^3}{3EI} \times 2 = \frac{P_B l^3}{3EI} = \frac{P_C l^3}{12EI}$$

$$P_A : P_B : P_C = 1 : 2 : 8$$



『解法 16』



1) 柱の曲げモーメント ⇒ 柱のせん断力

$$Q_1 = \frac{140 + 100}{4} = 60[kN] = Q_2$$

$$Q_3 = \frac{150 + 170}{4} = 80[kN] = Q_4$$

2) 柱のせん断力 ⇒ 水平荷重

$$P_1 = 60 + 60 = 120[kN]$$

$$P_1 + P_2 = 80 + 80$$

$$P_2 = 40[kN]$$

3) 柱の曲げ M ⇒ 梁の曲げ M

$$M_1 = 140[kNm] = M_2$$

$$M_3 = 100 + 150 = 250[kNm] = M_4$$

$$M_5 = 170[kNm] = M_6$$

4) 梁の曲げモーメント ⇒ 梁のせん断力

$$Q_5 = \frac{140 + 140}{8} = 35[kN]$$

$$Q_6 = \frac{250 + 250}{8} = 62.5[kN]$$

$$Q_7 = \frac{170 + 170}{8} = 42.5[kN]$$

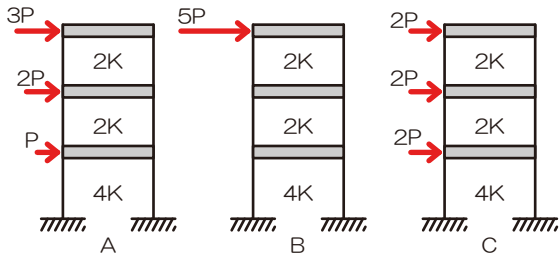
5) 梁の Q ⇒ 柱の軸方向力、鉛直反力

$$N_1 = 35 + 62.5 = 97.5[kN]$$

$$V_1 = 35 + 62.5 + 42.5 = 140[kN]$$



『解法 18』



1) 各フロアに作用する水平力を確認

2) 公式に代入…

骨組みAの3階部分の水平変位は $\delta_{A3} = \frac{3P}{2K}$

骨組みAの2階部分の水平変位は $\delta_{A2} = \frac{3P+2P}{2K} = \frac{5P}{2K}$

骨組みAの1階部分の水平変位は $\delta_{A1} = \frac{3P+2P+P}{4K} = \frac{3P}{2K}$

したがって、上記各層の水平変位を合算すると

$$\delta_A = \frac{3P}{2K} + \frac{5P}{2K} + \frac{3P}{2K} = \frac{11P}{2K}$$

同様に骨組みBでは

$$\delta_B = \frac{5P}{2K} + \frac{5P}{2K} + \frac{5P}{4K} = \frac{25P}{4K}$$

同様に骨組みCでは

$$\delta_C = \frac{2P}{2K} + \frac{4P}{2K} + \frac{6P}{4K} = \frac{18P}{4K}$$

したがって、

$$\delta_B > \delta_A > \delta_C$$

『解法 19』

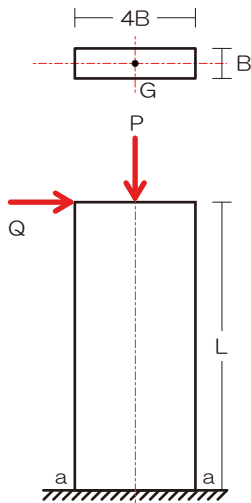


図 - 1

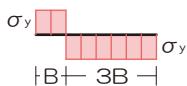
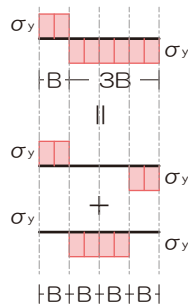


図 - 2

1) 応力度分布図を「Nによる」「Mによる」に分類

2) 軸方向力はブロック体積

3) 曲げモーメントは片側ブロックの体積×中心間距離

全塑性時の曲げモーメントは

$$M_p = (\sigma_y \times B \times B) \times 3B$$

$$M_p = 3B^3 \sigma_y$$

また、底部の曲げモーメントは

$$M = Q \times L$$

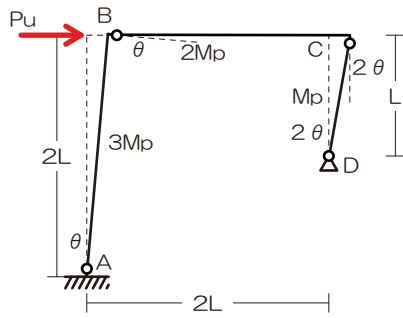
$$M_p = M$$

$$3B^3 \sigma_y = QL$$

$$\therefore Q = \frac{3B^3 \sigma_y}{L}$$



『解法 20』



1) 崩壊の図 (崩壊メカニズム) を確認

2) 外力による仕事を求める

$$\sum P\delta = P_u \times (\theta \times 2L)$$

3) 内力による仕事を求める

$$\sum M\theta = 3M_p \times \theta + 2M_p \times \theta + M_p \times 2\theta$$

$$\sum M\theta = 7M_p \times \theta$$

右側の柱はピン支点なので、今回の崩壊により生じたヒンジではないので
内力には含まれません

4) 両者のつり合いより崩壊荷重を求める

$$\sum P\delta = \sum M\theta$$

$$2P_u L \theta = 7M_p \theta$$

$$P_u = \frac{7M_p}{2L}$$

以上!!!

