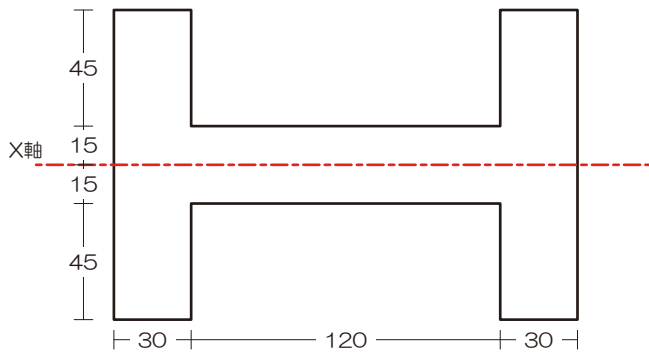


『解法 O1』 中立軸（図心、断面 1 次モーメント） @サブテキ P3 ⇒ 無し…

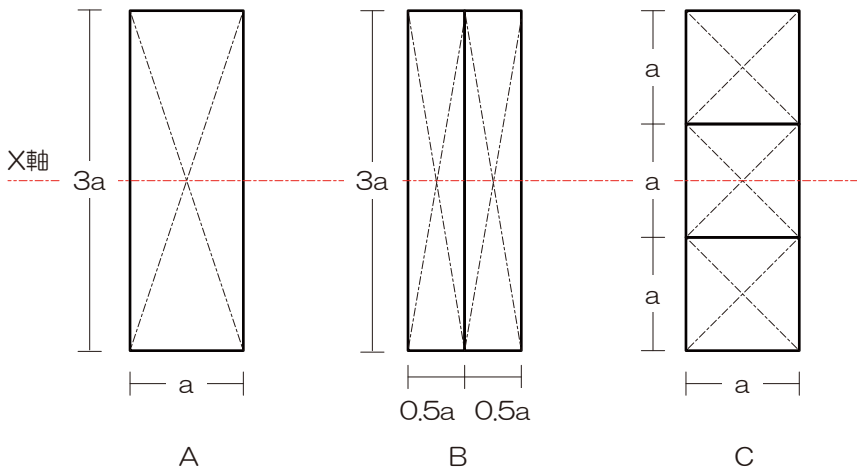
『解法 O2』 断面 2 次モーメント/断面係数 @サブテキ P5

【過去問 1】 図のような断面の X 軸に関する断面二次モーメントを求めよ。ただし、図中の単位は mm とする。【H19】



解答 : 8.91×10^6 [mm⁴]

【過去問 2】 図のような断面をもつ製材（木材）の梁 A、B、C の X 軸まわりの曲げ強さの大小関係を求めよ。ただし、すべての梁の材質、支持条件およびスパンは同一とし、梁 B および C を構成する部材はそれぞれ相互に接合されていないものとする。【H18】

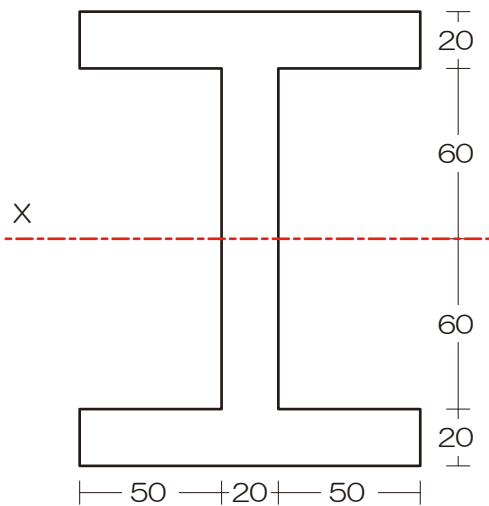


解答 : $A=B>C$



【過去問 3】図のような断面の X 軸に関する断面二次モーメントと断面係数をそれぞれ求めよ。ただし、図中の単位は mm とする。

【H15】



解答 : $I = 2.66 \times 10^7$ [mm⁴]、 $Z = 3.32 \times 10^5$ [mm³]

【解法 03】垂直応力度（弾性状態） @サブテキ P8

【過去問 4】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。【H17】

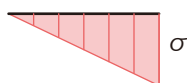
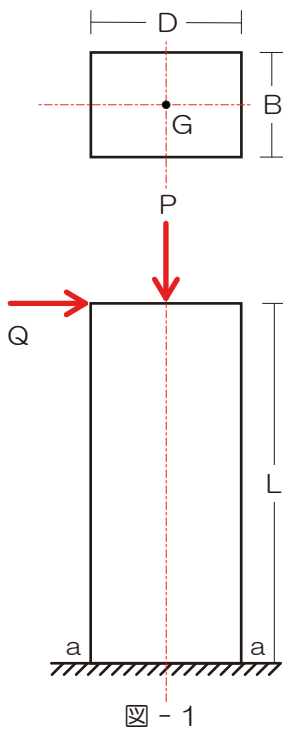
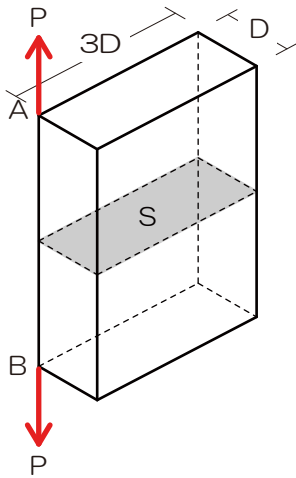


図 - 2

解答 : $P = \sigma BD/2$ 、 $Q = \sigma BD^2/12L$



【過去問5】 図のような長方形断面のA点およびB点に荷重Pが作用している場合、線分ABに垂直な断面Sに生じる「引張り応力度の最大値」と「圧縮応力度の最大値」をそれぞれ求めよ。ただし、長方形断面は等質等断面であり、線分ABは断面寸法に比べて十分に長いものとする。【H14】

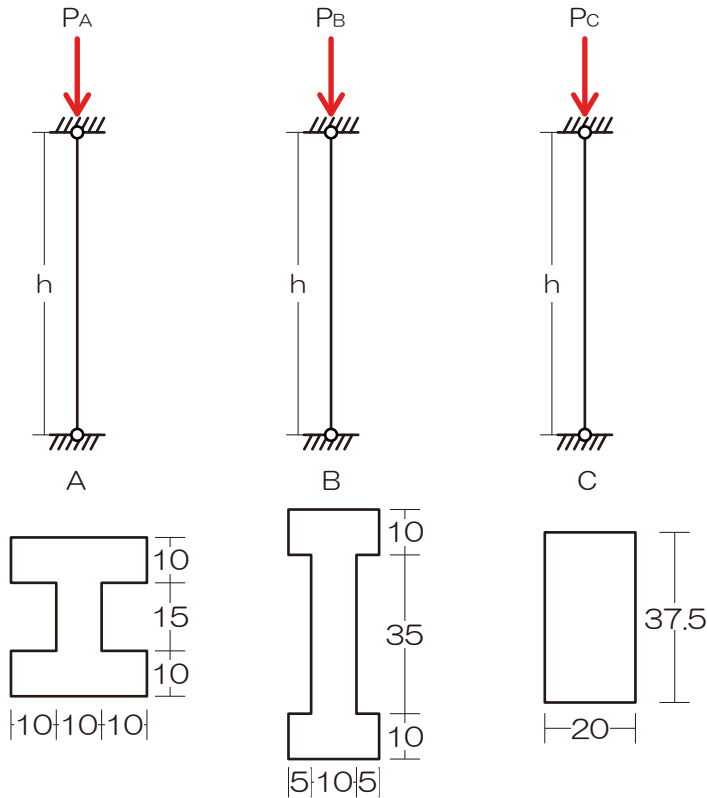


解答：引張 $7P/3D^2$ 、圧縮 $5P/3D^2$

【解法04】 ひずみ @サブテキP10 無し（トラスにて）

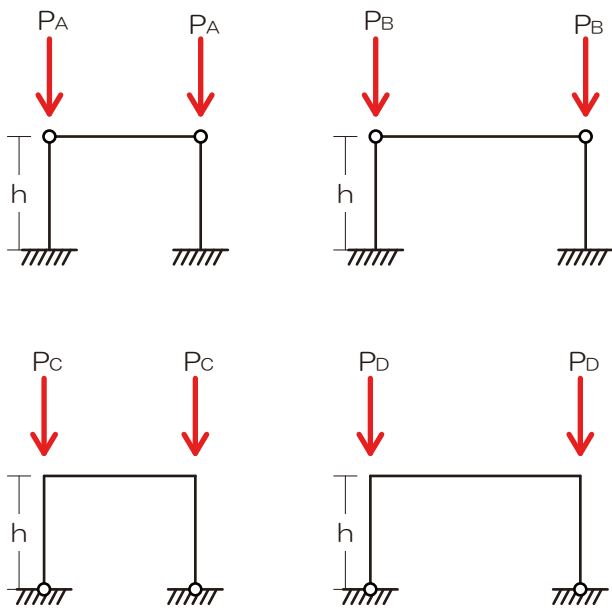


【過去問 6】図のような支持条件および断面で同一材質からなる柱 A、B、C において、中心圧縮の弾性座屈荷重の理論値の大小関係を求めよ。【H21】



解答： $P_A > P_C > P_B$

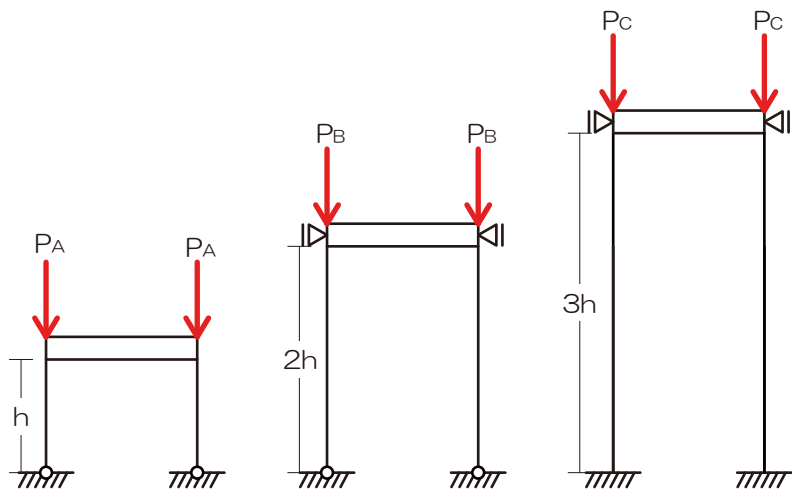
【過去問 7】図のような構造物の柱の弾性座屈荷重をそれぞれ P_A 、 P_B 、 P_C 、 P_D としたとき、それらの大小関係を求めよ。ただし、すべての柱および梁は等質等断面であり、「柱および梁の重量」および「柱の面外方向の座屈および梁の座屈」については無視するものとする。【H19】



解答： $P_A = P_B > P_C > P_D$

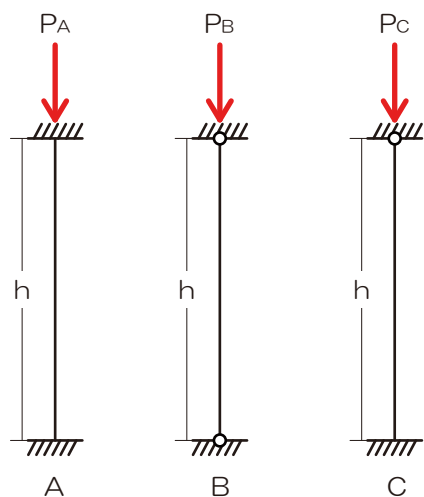


【過去問 8】 図のような構造物の柱の弾性座屈荷重をそれぞれ P_A 、 P_B 、 P_C としたとき、それらの大小関係を求めよ。ただし、すべての柱は等質等断面であり、梁は剛体とし、柱および梁の重量については無視するものとする。【H18】



解答： $P_B > P_C > P_A$

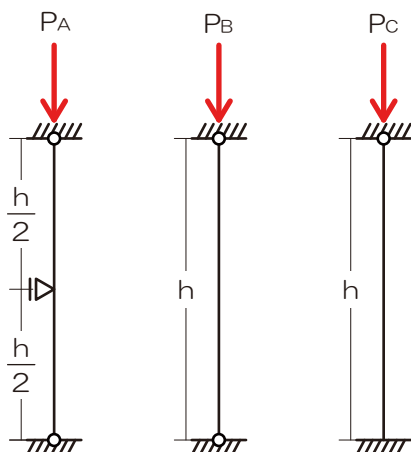
【過去問 9】 図のような支持条件の柱 A、B、C が、中心圧縮力を受けたときの座屈長さの理論値を求めよ。ただし、すべての柱は等質等断面の弾性部材とし、長さは等しいものとする。また、すべての材端の水平移動は拘束されているものとする。【H17】



解答： $l_{kA} = 0.5h$ 、 $l_{kB} = 1.0h$ 、 $l_{kC} = 0.7h$

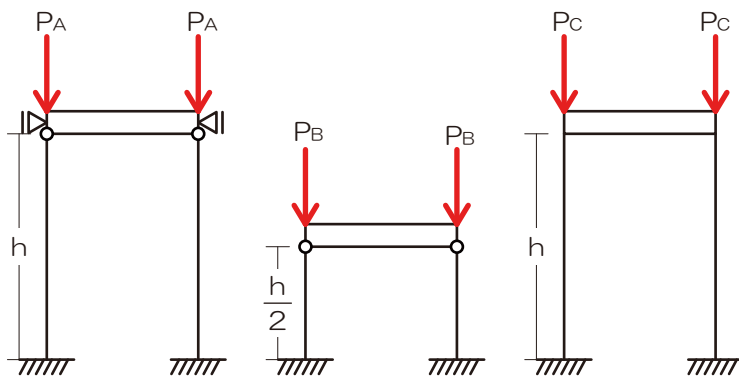


【過去問 10】 図のような支持条件で同一の材質からなる柱 A、B、C の弾性座屈荷重の理論値 P_A 、 P_B 、 P_C の大小関係を求めよ。ただし、柱 A、B、C の材端の移動は拘束されており、それぞれの断面二次モーメントは I 、 $2I$ 、 $3I$ とし、面外方向の座屈については無視するものとする。【H14】



解答： $P_B < P_A < P_C$

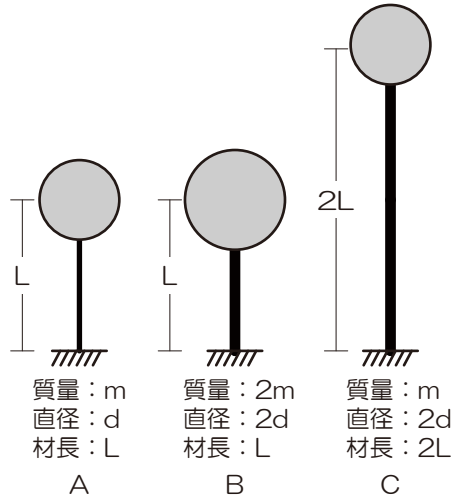
【過去問 11】 図のような構造物の柱の弾性座屈荷重をそれぞれ P_A 、 P_B 、 P_C としたとき、それらの大小関係を求めよ。ただし、すべての柱は等質等断面であり、梁は剛体とし、柱および梁の重量については無視するものとする。【H13】



解答： $P_A > P_B = P_C$



【過去問 12】 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とし、棒の質量は無視する。なお、棒のバネ定数は $3EI/L^3$ (L ：棒の長さ、 E ：ヤング係数、 I ：断面二次モーメント) である。【H19】



解答： $T_A > T_C > T_B$

【過去問 13】 図-1 のような頂部に集中質量をもつ棒 A、B、C における固有周期をそれぞれ T_A 、 T_B 、 T_C とする場合において、それぞれの棒の脚部に図-2 のような加速度応答スペクトルをもつ地震動が入力されたとき、棒に生じる最大応答せん断力が Q_A 、 Q_B 、 Q_C となった。 T_A 、 T_B 、 T_C の大小関係と Q_A 、 Q_B 、 Q_C の大小関係を求めよ。ただし、 T_A 、 T_B 、 T_C は図-2 の T_1 、 T_2 の間の値を取り、応答は水平方向であり弾性範囲とする。【H16】

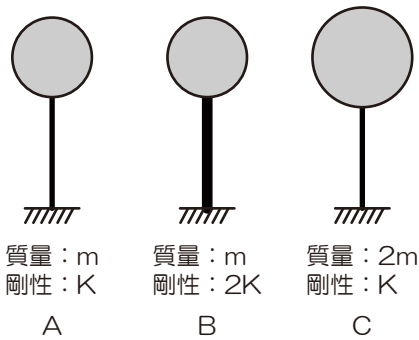


図 - 1

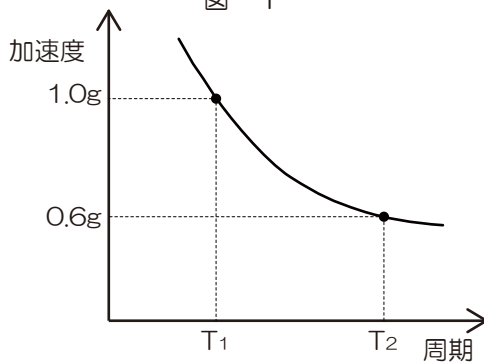


図 - 2

解答： $T_B < T_A < T_C$ 、 $Q_A < Q_B < Q_C$



【過去問 14】 図-1 のような頂部に集中質量 m または $2m$ を持ち剛性が K または $2K$ の棒 A、B、C における固有周期はそれぞれ T_A 、 T_B 、 T_C である。それぞれの棒の脚部に図-2 で示す加速度応答スペクトルをもつ地震動が入力されたとき、棒に生じる最大応答せん断力が Q_A 、 Q_B 、 Q_C となった。 Q_A 、 Q_B 、 Q_C の大小関係を求めよ。ただし、 T_A 、 T_B 、 T_C は図-2 の T_1 、 T_2 、 T_3 のいずれかに対応し、応答は水平方向であり弾性範囲とする。【H13】

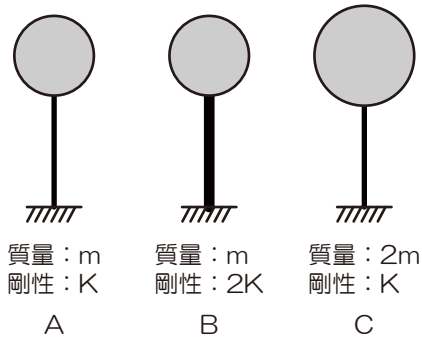


図 - 1

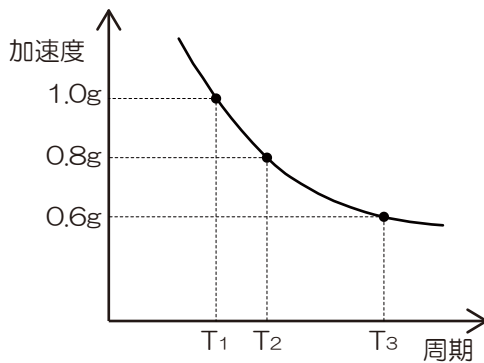
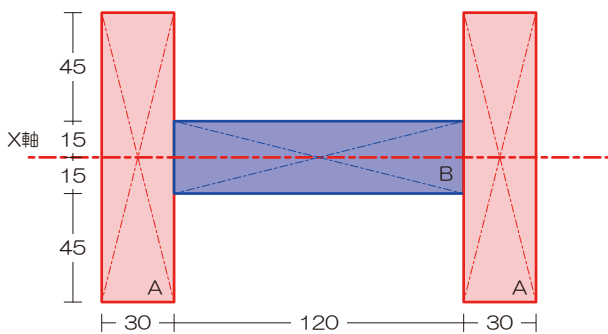


図 - 2

解答： $Q_C > Q_B > Q_A$

【解答】

【過去問 1】



1) 軸チェック

⇒ X 軸

2) 図心が等しくなるように断面を分割

⇒ 左図のように分割

3) 各断面の断面 2 次モーメントを求め足し引き

⇒ 断面 2 次モーメントを求める

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

$$I_A = \frac{120 \times 30 \times 30 \times 30}{12}$$

$$I_B = \frac{30 \times 120 \times 120 \times 120}{12}$$

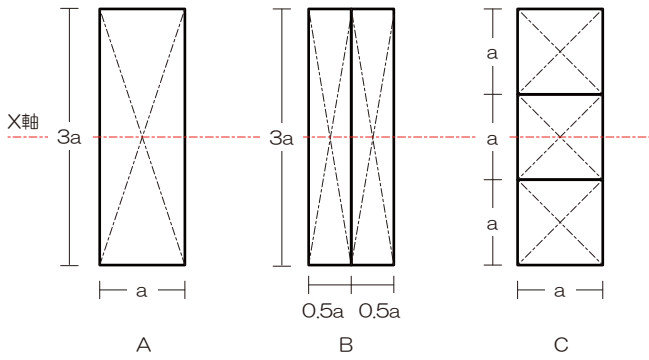
$$I = \frac{120 \times 30 \times 30 \times 30}{12} + \frac{30 \times 120 \times 120 \times 120}{12} \times 2$$

$$I = \frac{120 \times 30}{12} (30 \times 30 + 120 \times 120 \times 2)$$

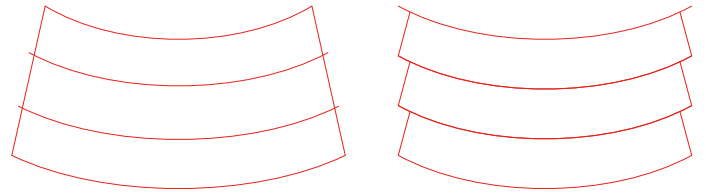
$$I = 8910000$$



【過去問 2】



- ※ 曲げ強さは断面係数に比例するので断面係数の大きさを比較する
- ※ 矩形断面の場合には、単純化した Z の公式が使用可能
- ※ 接合されていない場合部材の曲げ強度は、各部材の図心位置での変形に依存する（下の右図）ことから、単純に各部材の断面係数を算定し（図心位置での変形として）、合算すれば全体の断面係数となります



A 断面の断面係数は

$$Z_A = \frac{a \times 3a \times 3a}{6} = \frac{3a^3}{2}$$

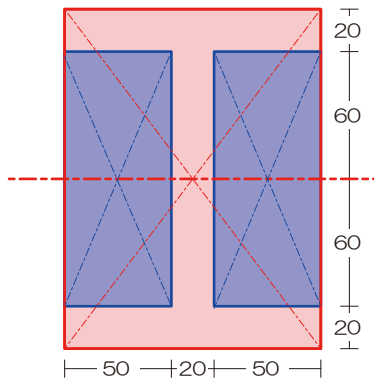
B 断面の断面係数は

$$Z_B = \frac{0.5a \times 3a \times 3a}{6} \times 2 = \frac{3a^3}{2}$$

C 断面の断面係数は

$$Z_C = \frac{a \times a \times a}{6} \times 3 = \frac{a^3}{2}$$

【過去問 3】



⇒ 断面係数を求める

$$Z = \frac{I}{y/2}$$

$$Z = 2.66 \times 10^7 \times \frac{2}{y}$$

$$Z = 2.66 \times 10^7 \times \frac{2}{160}$$

$$Z = 3.32 \times 10^5$$

1) 軸チェック

⇒ X 軸

2) 図心が等しくなるように断面を分割

⇒ 左図のように分割

3) 各断面の断面 2 次モーメントを求め足し引き

⇒ 断面 2 次モーメントを求める

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

$$I_A = \frac{120 \times 160 \times 160 \times 160}{12}$$

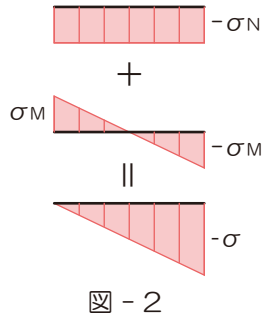
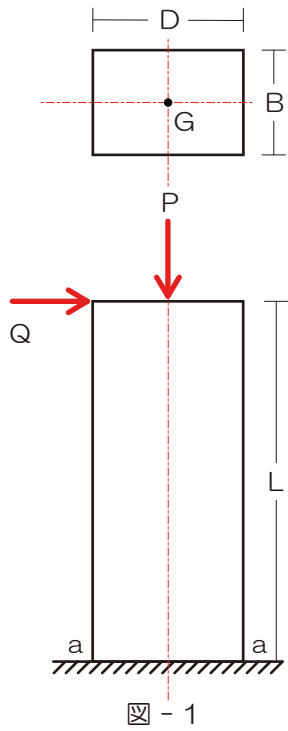
$$I_A = 10 \times 160 \times 160 \times 160$$

$$I_B = \frac{50 \times 120 \times 120 \times 120}{12}$$

$$I_B = 50 \times 10 \times 120 \times 120$$

$$I = 2.66 \times 10^7$$

【過去問 4】



1) 軸方向力による垂直応力度を求める

⇒ 全断面均一、符号に注意！！

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

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

⇒ 底部の曲げモーメントは

$$M_A = QL$$

⇒ 曲げモーメントによる垂直応力度は

$$\sigma_M = \frac{M}{Z} = \frac{QL}{1} \times \frac{6}{BD^2}$$

3) 両者を合算（符号に留意）

$$\Rightarrow \text{左端: } -\frac{P}{BD} + \frac{6QL}{BD^2} = 0 \quad \text{、右端: } -\frac{P}{BD} - \frac{6QL}{BD^2} = -\sigma$$

$$-\frac{P}{BD} = \frac{6QL}{BD^2} \quad \text{、} \quad -\frac{P}{BD} = -\frac{6QL}{BD^2} + \sigma$$

⇒ 上2式より

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

$$\frac{12QL}{BD^2} = \sigma$$

$$Q = \frac{\sigma BD^2}{12L}$$

⇒ 左端式に代入

$$\frac{P}{BD} + \frac{6L}{BD^2} \times \frac{\sigma BD^2}{12L} = 0$$

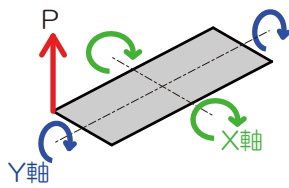
$$P = \frac{\sigma BD}{2}$$



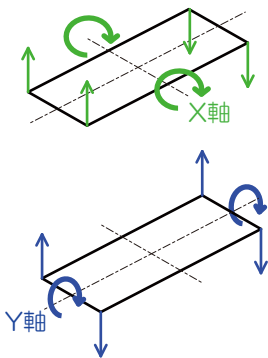
【過去問5】

※ この問題はちょっと厄介で…まずは下準備

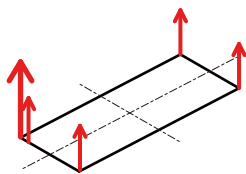
※ 偏心した荷重では斜めの回転が発生します



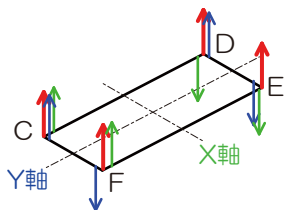
※ 斜めの回転は X・Y の両軸に曲げモーメントによる曲げ応力度を生じさせます



※ また、もともとの荷重による垂直応力度もあります



※ 最終的に合算すると以下のようになり、最も引張られているのがC点、圧縮が最も大きくなるのはE点となります

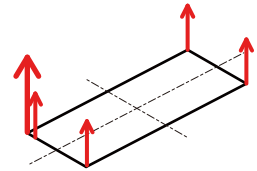


⇒ ゆえに、C点、E点の垂直応力度を求める

1) 軸方向力による垂直応力度を求める

⇒ 全断面均一、符号に注意！！

$$\sigma_N = \frac{P}{D \times 3D} = \frac{P}{3D^2}$$



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

⇒ X軸における曲げモーメントは（距離は辺の半分！）

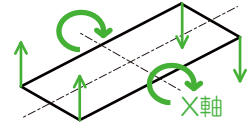
$$M_X = P \times \frac{3D}{2}$$

⇒ X軸の断面係数は

$$Z_X = \frac{D \times 3D \times 3D}{6} = \frac{3D^3}{2}$$

⇒ X軸の曲げモーメントによる垂直応力度は

$$\sigma_{MX} = \frac{3PD}{2} \times \frac{2}{3D^3} = \frac{P}{D^2}$$



⇒ Y軸における曲げモーメントは（距離は辺の半分！）

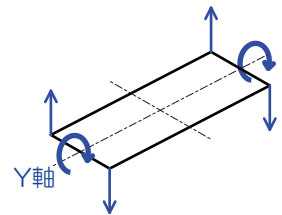
$$M_Y = P \times \frac{D}{2}$$

⇒ Y軸の断面係数は

$$Z_Y = \frac{3D \times D \times D}{6} = \frac{D^3}{2}$$

⇒ Y軸の曲げモーメントによる垂直応力度は

$$\sigma_{MY} = \frac{PD}{2} \times \frac{2}{D^3} = \frac{P}{D^2}$$



3) 両者を合算（符号に留意）

⇒ C点の垂直応力度

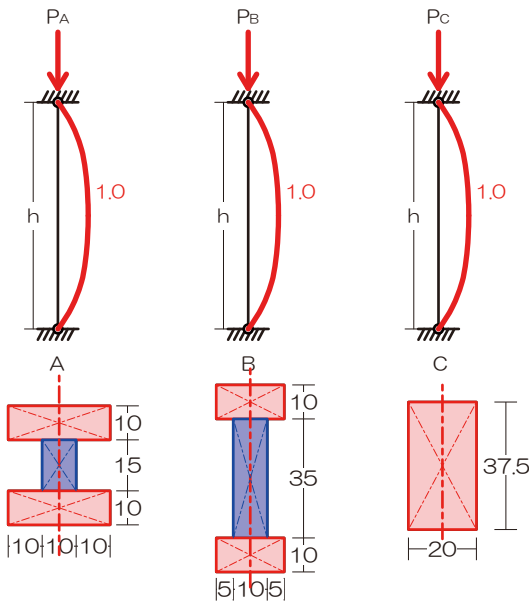
$$\sigma_C = \frac{P}{3D^2} + \frac{P}{D^2} + \frac{P}{D^2} = \frac{7P}{3D^2}$$

⇒ E点の垂直応力度

$$\sigma_E = +\frac{P}{3D^2} - \frac{P}{D^2} - \frac{P}{D^2} = -\frac{5P}{3D^2}$$



【過去問 6】



※ 座屈長さがすべて等しいことから断面二次モーメントの勝負になりますね

⇒ 断面二次モーメントを求める

$$I_A = \frac{10 \times 30 \times 30 \times 30}{12} \times 2 + \frac{15 \times 10 \times 10 \times 10}{12} = 46,250$$

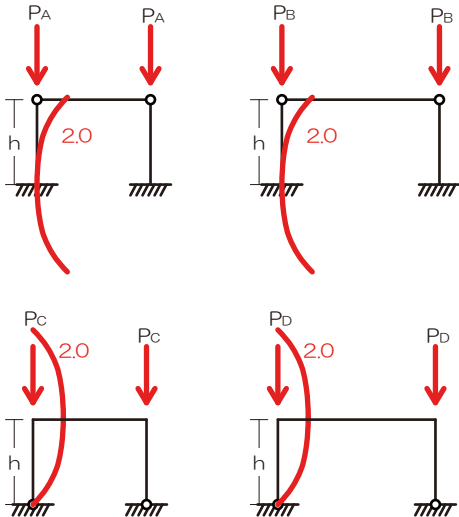
$$I_B = \frac{10 \times 20 \times 20 \times 20}{12} \times 2 + \frac{35 \times 10 \times 10 \times 10}{12} = 16,250$$

$$I_C = \frac{37.5 \times 20 \times 20 \times 20}{12} = 25,000$$

⇒ ゆえに $I_A > I_C > I_B$ より $P_A > P_C > P_B$

(弾性座屈荷重は断面二次モーメントに比例しますよ)

【過去問 7】

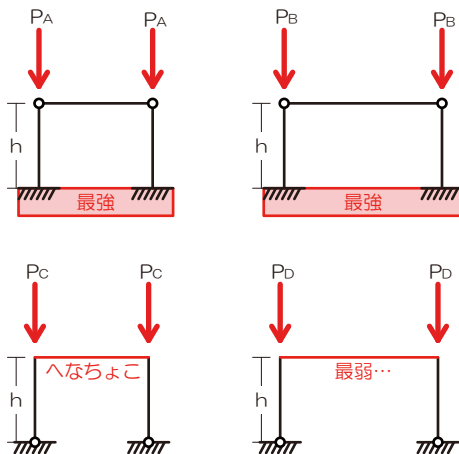


※ この問題は面白い(?) ですね

※ 座屈長さが等しく等質等断面なので、理論値上の弾性座屈荷重はすべて同じです

※ しかし! 座屈の発生状況を予測する場合には、実は柱に付随する(剛接合している)部材の「強さ」の把握も必要です

※ 弾性座屈荷重の値が同じでも、「強い」部材に接合すれば、座屈は生じにくくなります



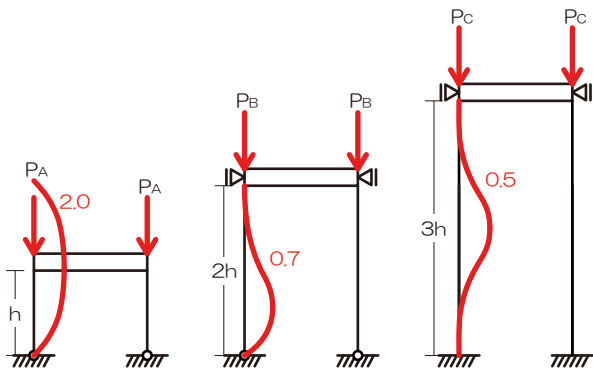
※ 各柱が「剛接合」している部材等の強さを確認すると、左の図のようになります

※ AとBは最強の剛体と想定する地球(地盤)に剛接合しています

※ ゆえに、最も弱い部材と接合しているDがの弾性座屈荷重が最も小さく、次いでC、さらにAとBは等しいとなります



【過去問 8】



- 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

⇒ A の座屈長さを求める

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

⇒ B の座屈長さを求める

$$l_{kB} = 0.7 \times 2h = 1.4h$$

⇒ C の座屈長さを求める

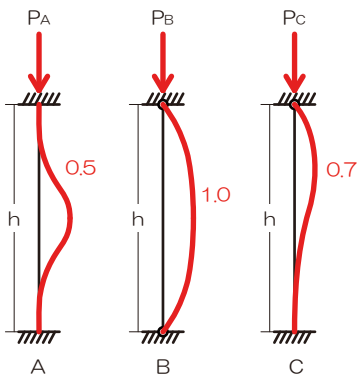
$$l_{kC} = 0.5 \times 3h = 1.5h$$

- 5) 弾性座屈荷重の大きさを比較

⇒ 座屈長さが小さいほうが弾性座屈荷重は大きくなりますよ

$$P_B > P_C > P_A$$

【過去問 9】



- 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

⇒ A の座屈長さを求める

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

⇒ B の座屈長さを求める

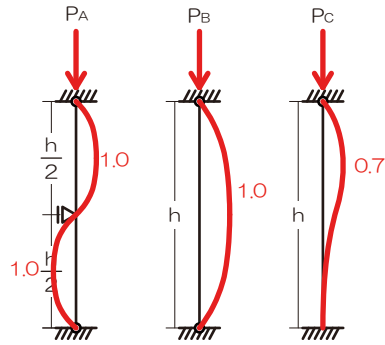
⇒ C の座屈長さを求める

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



【過去問 10】

- 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
⇒ 右図（途中に支点がある場合に留意）
- 4) 座屈の状況より座屈長さを算定



⇒ A の座屈長さを求める（複数の部材で構成される柱の座屈長さは、部材の中で最も小さな値となります）

$$l_{kA} = 1.0 \times 0.5h = 0.5h$$

⇒ B の座屈長さを求める

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

⇒ C の座屈長さを求める

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

5) 弾性座屈荷重の大きさを比較

⇒ A の弾性座屈荷重を求める

$$N_{kA} = \frac{\pi^2 EI}{(0.5h)^2} = 4 \frac{\pi^2 EI}{h^2}$$

⇒ B の弾性座屈荷重を求める

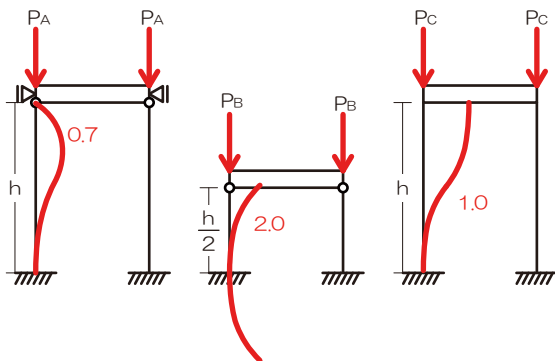
$$N_{kB} = \frac{\pi^2 E2I}{(h)^2} = 2 \frac{\pi^2 EI}{h^2}$$

⇒ C の弾性座屈荷重を求める

$$N_{kC} = \frac{\pi^2 E3I}{(0.7h)^2} = \frac{3}{0.49} \frac{\pi^2 EI}{h^2} = \frac{3}{0.5} \frac{\pi^2 EI}{h^2} = 6 \frac{\pi^2 EI}{h^2}$$

ゆえに $P_B < P_A < P_C$

【過去問 11】



- 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

⇒ A の座屈長さを求める

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

⇒ B の座屈長さを求める

$$l_{kB} = 2.0 \times 0.5h = 1.0h$$

⇒ C の座屈長さを求める

$$l_{kC} = 1.0 \times h = 1.7h$$

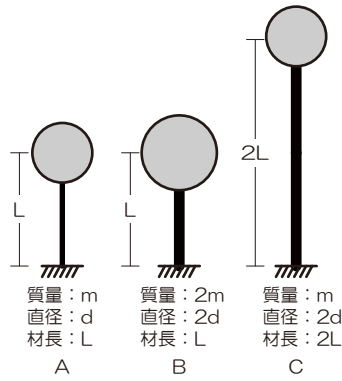
5) 弾性座屈荷重の大きさを比較

⇒ 座屈長さが小さいほうが弾性座屈荷重は大きくなりますよ

$$P_A = P_B > P_C$$



【過去問 12】



※ この問題は剛性（棒のバネ定数）を求める必要がありますね

※ さらに…円の断面二次モーメントまで必要…

⇒ モデル A のバネ定数 $K_A = \frac{3E \times \frac{\pi d^4}{64}}{L^3} = 1$ 共通の係数は消す

⇒ モデル B のバネ定数 $K_B = \frac{3E \times \frac{\pi (2d)^4}{64}}{L^3} = \frac{3E \times \frac{16\pi d^4}{64}}{L^3} = 16$

⇒ モデル C のバネ定数 $K_C = \frac{3E \times \frac{\pi (2d)^4}{64}}{(2L)^3} = \frac{3E \times \frac{16\pi d^4}{64}}{8L^3} = \frac{16}{8} = 2$

1) 剛性および質量より固有周期を求める

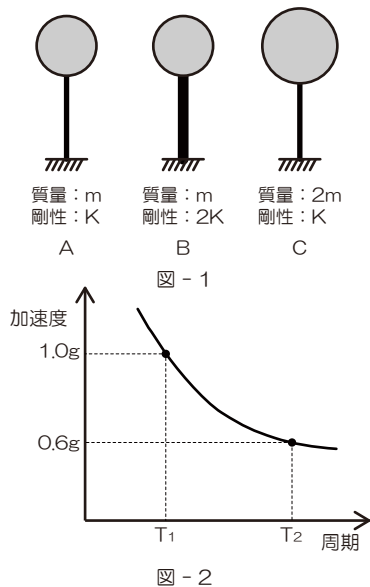
⇒ モデル A の固有周期 $T_A = 2\pi \sqrt{\frac{m}{1}}$

⇒ モデル B の固有周期 $T_B = 2\pi \sqrt{\frac{2m}{16}} = 2\pi \sqrt{\frac{m}{8}}$

⇒ モデル C の固有周期 $T_C = 2\pi \sqrt{\frac{m}{2}}$

ゆえに $T_A > T_C > T_B$

【過去問 13】



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 $T_A = 2\pi \sqrt{\frac{m}{K}}$

⇒ モデル B の固有周期 $T_B = 2\pi \sqrt{\frac{m}{2K}}$

⇒ モデル C の固有周期 $T_C = 2\pi \sqrt{\frac{2m}{K}}$

2) 固有周期の大小より応答加速度を選択する

⇒ $T_C > T_A > T_B$ より

$T_B = T_1 \Rightarrow 1.0g$
 $T_C = T_3 \Rightarrow 0.6g$ (ただし、 T_A は不明…)

3) 応答加速度と質量より最大応答せん断力を求める

⇒ モデル B の最大せん断力は $Q_B = m \times 1.0g = mg$

⇒ モデル C の最大せん断力は $Q_C = 2m \times 0.6g = 1.2mg$

⇒ モデル A の最大せん断力は、加速度最大値が 1.0g を超えることが無いことから $Q_A < Q_B$

ゆえに $Q_A < Q_B < Q_C$



【過去問 14】 図-1 のような頂部に集中質量 m または $2m$ を持ち剛性が K または $2K$ の棒 A、B、C における固有周期はそれぞれ T_A 、 T_B 、 T_C である。それぞれの棒の脚部に図-2 で示す加速度応答スペクトルをもつ地震動が入力されたとき、棒に生じる最大応答せん断力が Q_A 、 Q_B 、 Q_C となった。 Q_A 、 Q_B 、 Q_C の大小関係を求めよ。ただし、 T_A 、 T_B 、 T_C は図-2 の T_1 、 T_2 、 T_3 のいずれかに対応し、応答は水平方向であり弾性範囲とする。【H13】

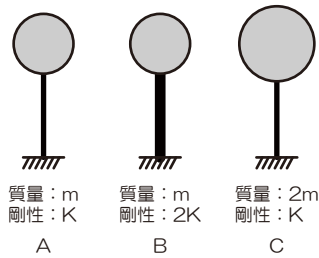


図-1

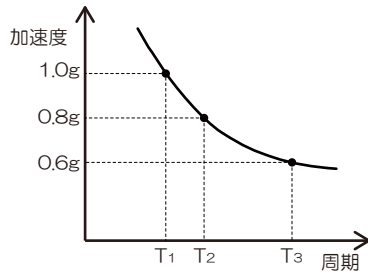


図-2

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 $T_A = 2\pi\sqrt{\frac{m}{K}}$

⇒ モデル B の固有周期 $T_B = 2\pi\sqrt{\frac{m}{2K}}$

⇒ モデル C の固有周期 $T_C = 2\pi\sqrt{\frac{2m}{K}}$

2) 固有周期の大小より応答加速度を選択する

⇒ $T_C > T_A > T_B$ より

$T_A = T_2 \Rightarrow 0.8g$

$T_B = T_1 \Rightarrow 1.0g$

$T_C = T_3 \Rightarrow 0.6g$

3) 応答加速度と質量より最大応答せん断力を求める

⇒ モデル A の最大せん断力は $Q_A = m \times 0.8g = 0.8mg$

⇒ モデル B の最大せん断力は $Q_B = m \times 1.0g = mg$

⇒ モデル C の最大せん断力は $Q_C = 2m \times 0.6g = 1.2mg$

ゆえに $T_C > T_A > T_B$

