

第2節 力学

1. 施工管理技術士試験と力学

		H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24
構造力学	判別							○				
	力の釣り合い			○								
	反力		▲	○	○	○	○					○
	応力				○			○	○			○
	応力図	○		○			○		▲	○	○	○
	トラス		○									
材料力学	ひずみ											
	断面の性質	○				○		○		○		
	たわみ									○		
	座屈				○							○

2. 基礎的な力学

(O) 力の種類

1) 力の種類

◇ 力の三要素

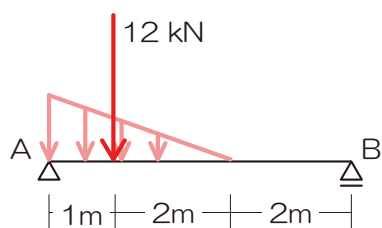
- ・ 力の3要素をチェックしておきましょう
- ・ 建築では「大きさ」「作用点」「作用線」(作用線が重要です)

◇ 分布荷重

- ・ 分布荷重に出ってしまったら ⇒ 集中荷重へ置き換える
- ・ 荷重の合計、作用点に注目(囲まれたエリアに注目)

《演習 O1》以下の分布荷重を集中荷重への置き換えよ

(解法手順)



1) 荷重の合計を求める

⇒ 囲まれたエリアの「面積」が荷重の合計

2) 荷重の作用点の位置を決定する

⇒ 囲まれたエリアの重心に作用

$$4 \times 3 \div 2 = 6$$

解答：A 点から 1 m の位置に 6 kN

『ポイント』

- 力の三要素とは：大きさ・作用点・方向(作用線)
- 分布荷重は、集中荷重へ置き換える(「力の大きさ」は面積、「作用点」は重心)

2) モーメント

◇ モーメントとは

- ・ 任意の点にかかる回転の力
- ・ シーソー、てこの原理など

◇ モーメントの求め方

- ・ モーメント＝力×距離
- ・ 距離が重要！必ず力の作用線を図示し問題中に距離を記入しておくこと！

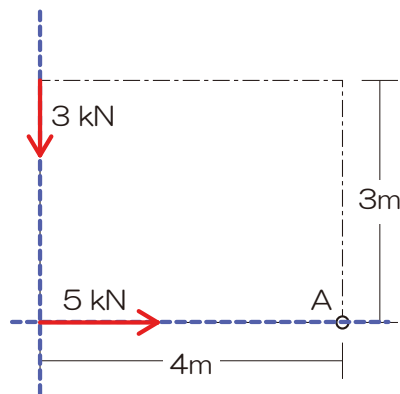
◇ モーメントの符号

- ・ 時計回りが（＋）、反時計回りが（－）
- ・ モーメントを求めたい点で紙を押さえて、実際にクルクルしてみよう

◇ 複数の荷重によるモーメント

- ・ それぞれの荷重ごとにモーメントを求め、合算
- ・ 見落としがないようにモーメントを求める必要のある力をあらかじめチェックしておきましょう

《演習 02》以下の A 点のモーメントを求めよ



（解法手順）

- 1) 力の作用線を図示
- 2) モーメントを求める必要のある力をチェック
- 3) モーメントを求める点から作用線までの垂線を記入
- 4) モーメント＝力×距離
- 5) 符号をチェック（時計回りが＋、反時計回りが－）
- 6) 上記モーメントを合算

$$M_A = -3 \times 4 + 5 \times 0 = -12$$

解答： $M_A = -12 \text{ kNm}$

『ポイント』

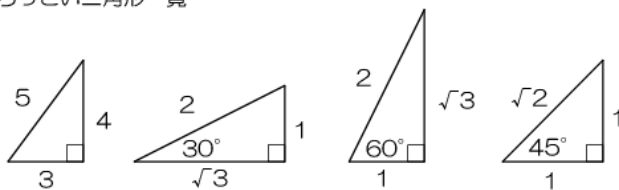
- ☐ モーメントは距離の概念が重要です
- ☐ 作用線は「必ず」図示しておきましょう
- ☐ モーメント荷重は全ての点に等しいモーメントの影響を与えます

3) 斜めの力

◇ 斜めの力に出会ったら

- ・ 斜めの力が出てきたら必ず縦・横に分解すること！
- ・ ちっこい三角形を書いておきましょう

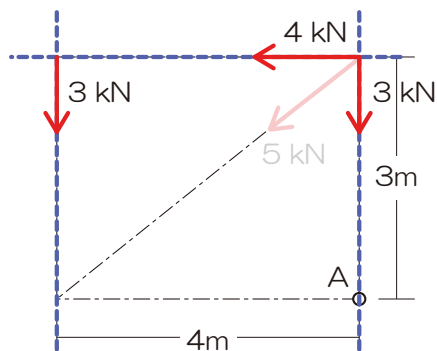
ちっこい三角形一覧



$$\begin{aligned} \text{縦の分力} &= \text{斜めの荷重} \times \frac{\text{ちっこい三角形の縦}}{\text{ちっこい三角形の斜め}} \\ \text{横の分力} &= \text{斜めの荷重} \times \frac{\text{ちっこい三角形の横}}{\text{ちっこい三角形の斜め}} \end{aligned}$$

《演習 02》以下の A 点のモーメントを求めよ

(解法手順)



- 1) 分力の予想図を作成
- 2) ちっこい三角形を検討
- 3) 比の計算より鉛直・水平の荷重を算定

$$M_A = -3 \times 4 - 4 \times 3 = -24$$

5kN の斜め荷重を縦・横に分力しました
3 : 4 : 5 の三角形です

解答： $M_A = -24 \text{ kNm}$

『ポイント』

- 斜めの力は縦・横に分解
- ちっこい三角形は必ず書き込みましょう

4) 力の釣り合い

◇ 力のつりあいとは

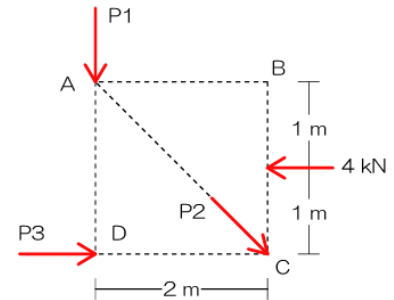
- ・ 物体が動いていない（不動）状態
- ・ 不動の条件：回転もしない、縦に動かない、横にも動かない

◇ つりあい三式（上記不動の条件より）

- ・ 任意の点におけるモーメントの合計が 0 $M_o = 0$
- ・ 鉛直（縦）方向の力の合計が 0 $\sum y = 0$
- ・ 水平（横）方向の力の合計が 0 $\sum x = 0$

◇ 未知力算定の大前提（未知力 3 の法則）

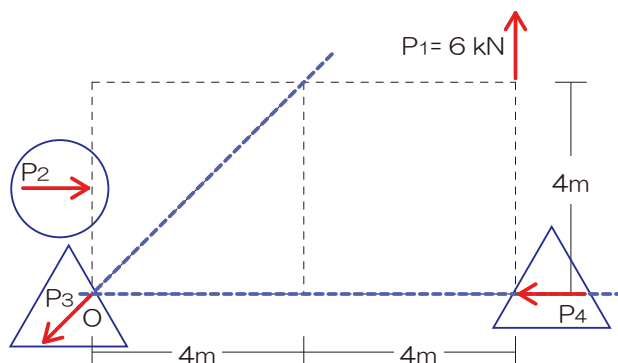
- ・ 力のつりあい三式で求めることができる未知力は 3 つまで
- ・ ターゲット（求めたい未知力）以外の 2 つの未知力が入らないつりあい式を選択
- ・ 一番重要なのは「任意のモーメントの合計が 0」です



《演習 03》 図のような 4 つの力 $P_1 \sim P_4$ が釣合っているとき、 P_2 の値を求めよ。【H20】

（解法手順）『未知力算定』『未知力 3 の法則』

- 1) 求めたい未知力を決定（ P_1 とする）
- 2) それ以外の未知力の交点をチェック
- 3) 上記 2) の点におけるモーメントの合計を求める
- 4) P_3 も同じ過程（モーメント）で求める
- 5) P_2 は…分力して縦の合計 0 or 横の合計 0 を使います



ターゲット以外の交点 O に注目

$$M_o = +P_2 \times 2 - 6 \times 8 = 0$$

$$2P_2 = 6 \times 8$$

$$P_2 = 24$$

解答： $P_2 = 24$ kN（右）

『ポイント』

- 釣り合い 3 式で最も重要なのは「任意の点におけるモーメントの合計が 0 $\sum M_o = 0$ 」
- 何か力（未知力）をピンポイントで求めたいときは…「それ以外の力の交点に注目！」
- 縦の合計 0、横の合計 0 も使えるのでお忘れなく…

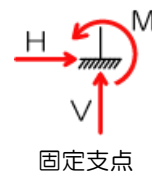
(1) 支点と節点

◇ 支点の種類と反力 ⇒ 動けない方向に反力が生じる

支点種類	移動可能な方向			生じる可能性のある反力		
	鉛直	水平	回転	鉛直	水平	回転
ローラー支点 	×	○	○	○	×	×
ピン支点 	×	×	○	○	○	×
固定支点 	×	×	×	○	○	○

◇ 反力の図示

- ・ 支点を見つけたら以下をすぐに図示
- ・ 鉛直方向は「V（上方をプラス）」、水平方向は「H（右をプラス）」、回転（モーメント）を「M（時計回りがプラス）」で表記するのが一般的です



『ポイント』

- 支点を見つけたら生じる可能性のある反力を図示！

(2) 安定骨組・不安定骨組（判別）

◇ 構造物の分類

- ・ 3つに分類可能
- ・ 不安定構造物：わずかな力で変形が生じてしまう
- ・ 安定構造物（静定構造物）：力のつりあい三式で反力算定可能
- ・ 安定構造物（不静定構造物）：つりあい三式のみでは反力算定不可

◇ 構造物の判別

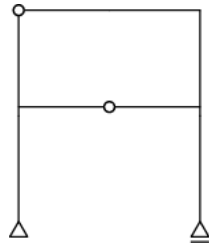
- ・ 判別式を用いることで上記3分類の判別が可能

□ 判別式

$$n + s + r - 2k \quad (n: \text{反力数}, s: \text{部材数}, r: \text{剛接合部材数}, k: \text{支点・節点・自由端の合計数})$$

- ・ 上記の値が0未満で不安定、0で静定、0を超えると不静定

《演習 04》以下の構造体を判別せよ



（解法手順）

- 1) 反力を図示
- 2) 反力数をチェック (n)
- 3) 部材数をチェック (s)
- 4) 剛接合部材数をチェック (r)
⇒ 剛接合「部材」数ね
- 5) 支点・節点・自由端の合計数をチェック (k)
- 6) 判別式 ($n+s+r-2k$) にて判別
⇒ 0 未満で不安定、0 で静定、0 を超えると不静定

解答：3+7+5-7×2=1、よって 1 次不静定

『ポイント』

- 判別式は必須、剛接合部材数に注意

(3) 構造形式

(4) 反力

◇ 反力算定

- ・ まずは生じる可能性のある反力を図示！
- ・ つりあい三式を用いて反力を求めます
- ・ もっとも使える式は $M_O = 0$ ね

《演習 05》以下の構造体の各支点反力を求めよ



（解法手順）

- 1) 生じる可能性のある反力を図示
- 2) 求めたい反力を決定！
- 3) 未知力 3 の法則より上記で決定した反力を算定
⇒ $M_O = 0$ を使うのね
- 4) 1 つ求められたら、鉛直（縦）方向の力の合計が 0
($\sum y = 0$)、水平（横）方向の力の合計が 0
($\sum x = 0$) などを利用しその他の反力を求める

解答： $V_A = 9 \text{ kN}$ 、 $H_A = 0 \text{ kN}$ 、 $V_B = 3 \text{ kN}$

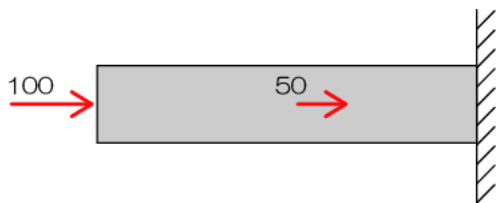
『ポイント』

- まずは反力を図示しましょう
- つりあい三式を用いて未知の反力を求めましょう

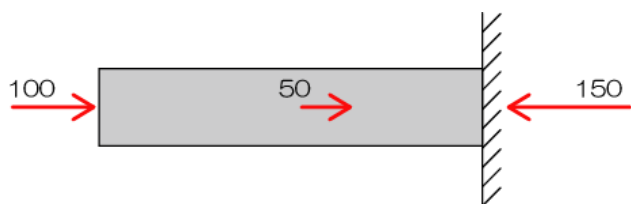
(5) 応力

応力とは（小人さん論法その1）

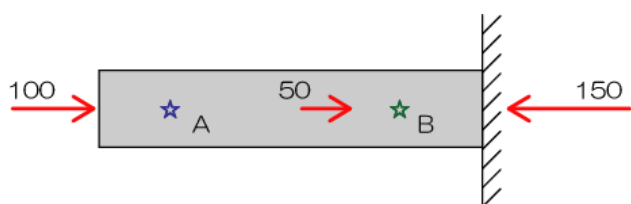
1) 100、50 の荷重を受けている片持ち梁があります



2) このままでは力の釣り合いが取れていないので右端の支
点に反力 150 があるはず

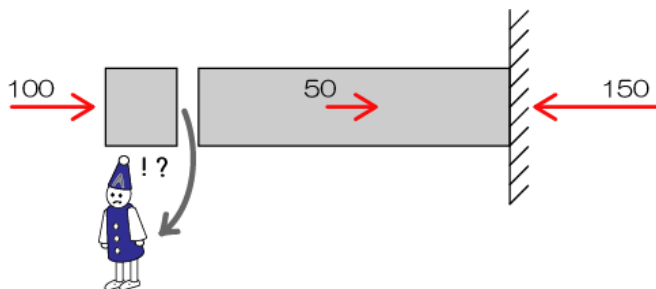


3) さて、ここで質問「以下の A 点と B 点ではどちらが“痛
い”ですか？」材の中に小人さん（☆印）がいることを想
定し、考えてみてください



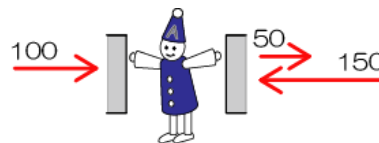
正解は皆さんのご想像の通り B 点なんですが、そのままでは講義が成立しないのでちゃんと解説してみます

4) では、A 点に隠れている小人さんに登場願しましょう（A
点で構造体を切断します）

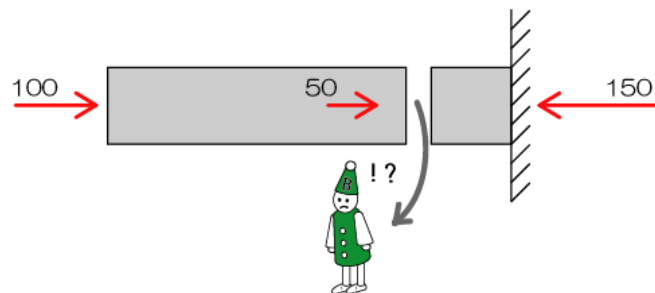


（6）静定構造物の応力算定

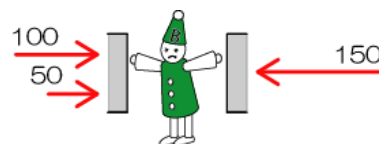
5) A 点の小人さんは左側から 100 で押され、右側からも
100 で押されています（50 で引張られ、150 で押され
ているのでその合計） → 「両側から 100 ずつで押さ
れている」



6) 次は B 点の小人さん登場



7) B 点の小人さんは、左から 150（100+50）、右側からも
150 で押されています → 「両側から 150 ずつで押
されている」



8) 結果は…、B の小人さんのほうが 1.5 倍“痛そう”です（小
人さんの表情変えているんですが見えますか？笑）

「両側から 100 ずつで押されている」状態を軸方向力（圧縮）
100、 $N = -100$ （圧縮がマイナスになります）と表記し、「両
側から 150 ずつで押されている」状態を軸方向力（圧縮）
150、 $N = -150$ と表記します

【ポイント】

- ※ 応力は左右（もしくは上下）で必ず釣り合います（逆方向の力でね）
- ※ 実際の計算は片側だけで十分（どっちを計算しても答えは変わらないから）
- ※ したがって、応力を求める場合には **部材を切断→片側の力のみを計算対象**として応力を算定

➤ 応力の種類

□ 軸方向力 (N)

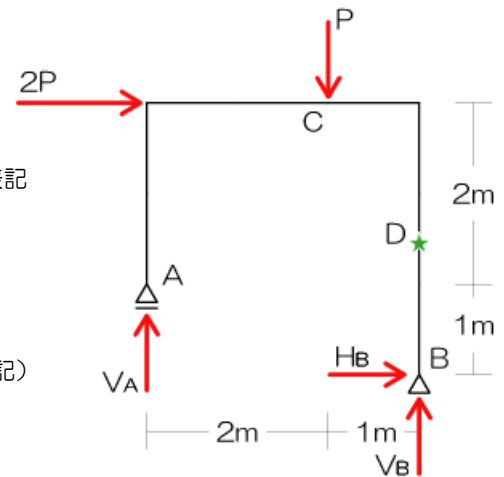
- 構造部材が潰されたり（圧縮）、引張られたりされた時の応力
- 対象となる力は**部材に平行な力**
- 唯一符号がつく：圧縮をマイナス（-）、引張をプラス（+）で表記

□ せん断力 (Q)

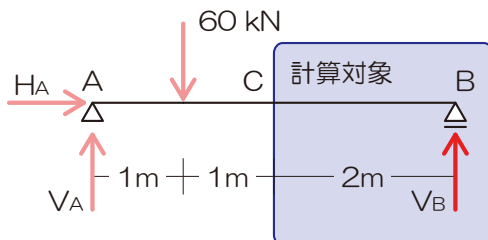
- 構造部材にはさみで切られるような力がかかった時の応力
- 対象となる力は**部材に鉛直な力**
- 符号はつかない（計算中は符号を考えるけど、最終的に絶対値表記）

□ 曲げモーメント

- 構造部材に曲げられるような回転の力がかかったときの応力
- 対象となる力は**全ての力**
- 符号はつかない（計算中は符号を考えるけど、最終的に絶対値表記）



《演習 06》以下の C 点における各応力を求めよ



（解法手順）

- 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 点で切断⇒計算対象は右

反力 V_B を求める

$$M_A = +60 \times 1 - V_B \times 4 = 0$$

$$V_B = 15 \text{ kN}$$

ゆえに $N_C = 0 \text{ kN}$ 、 $Q_C = 15 \text{ kN}$ 、

$$M_C = -15 \times 2$$

$$M_C = 30 \text{ kNm}$$

⇒絶対値表記

$$N_C = 0 \text{ kN}, \quad Q_C = 15 \text{ kN}, \quad M_C = 30 \text{ kNm}$$

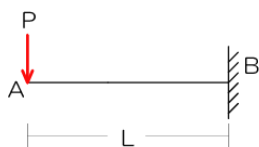
応力図

『クルクルドンの解法』

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

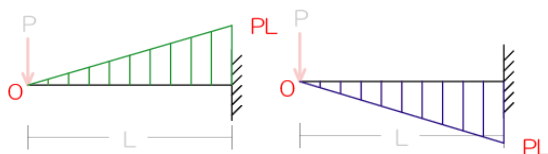
以下の片持ち梁で説明してみます



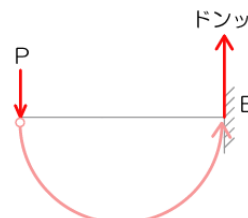
A 点と B 点の曲げモーメントは以下です



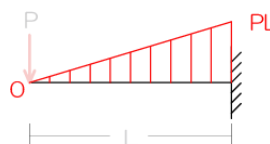
問題となるのは、M 図を上を書くか？下を書くか？



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

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♪」

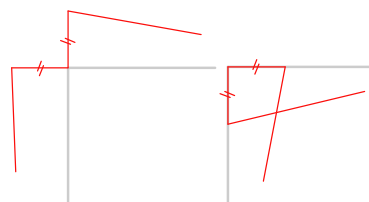


また、ラーメンの曲げモーメント図の場合には柱・梁の接合部に「内々・外々」なんて法則もあります

剛節点では、接合している部材に生じる「曲げモーメントの合計が必ず 0」になります

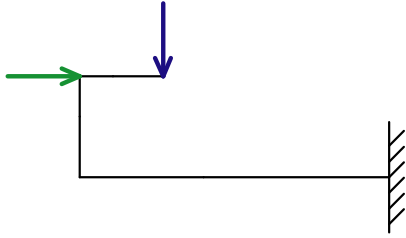
曲げモーメントが等しい、ってことは？

図を書いたときに応力の値を示す線分の長さが等しい、ってことになるので…以下の図のような形となります



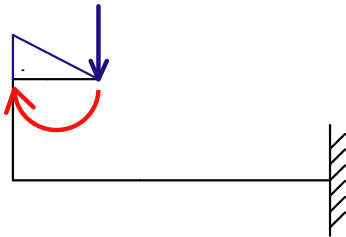
この法則は不静定でも同じです

『例題』以下の変則ラーメンのM図を書いてみましょう
(荷重の大きさ、各部材長等は考えなくても良いです…)

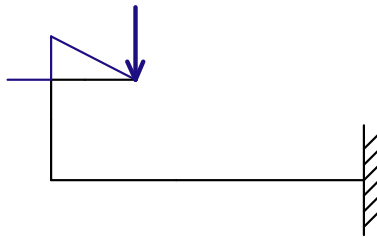


- 註 1：片持ち系の構造物は自由端から書き始めると早いです
 註 2：クルクルドンが必要な点（応力を求める必要のある点）
 は「支点」「節点」「荷重の掛かっている点」です
 註 3：上記各点の応力が求められたら後は結ぶだけ

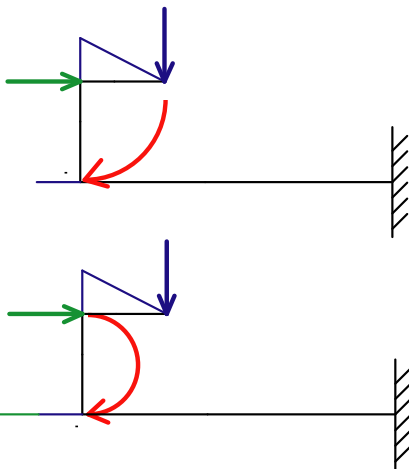
1) クルクルドン



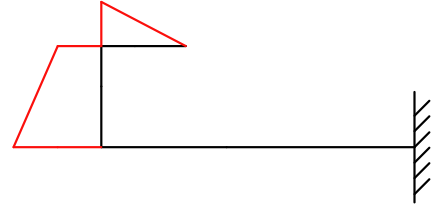
2) 内々外々



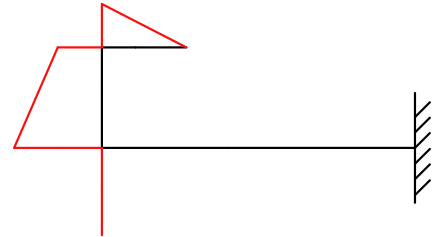
3) またまたクルクルドン、ですが荷重が 2 つあるので両者
ともに別々に「ドンッ！ドンッ！」



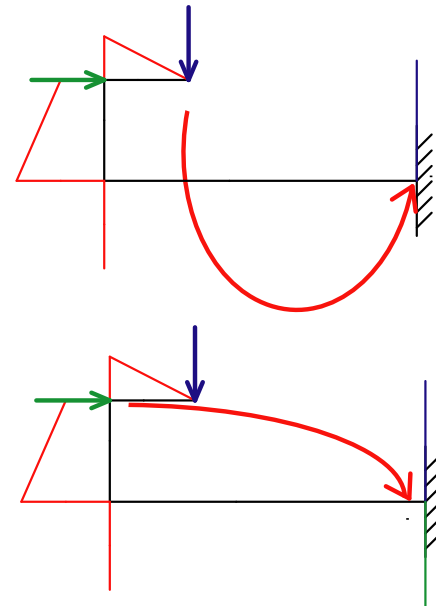
4) 2つの「ドンッ！」を合算（部材の両端の応力が分かったら結んでおく）



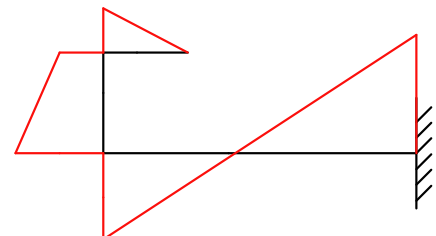
5) 内々外々



6) さらにクルクルドン+クルクルドン（向きが逆ですね）



7) 合算して各点を結ぶ



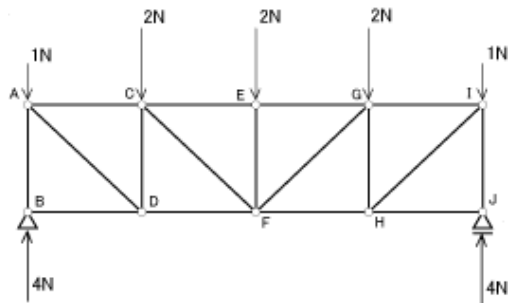
以上です

(7) 静定トラスの応力

1) 切断法で部材に生ずる力を求める

《解法の手順》 以下の各部材の応力を切断法にて求めよ

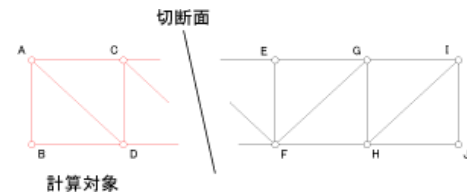
1) 反力を図示（片持ちトラスの場合は求める必要が無い場合もあり）



←線対称だから暗算でOK

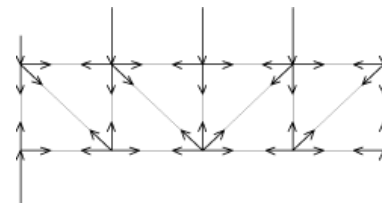
2) 切断面を決定→計算対象を決定

- ・ 切断断面：部材 3 本を切断する面とすること
- ・ 計算対象：力の少ない方が良（今回は左側計算対象）

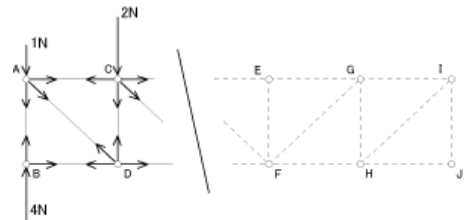


3) 部材内の応力（軸方向力）を仮定

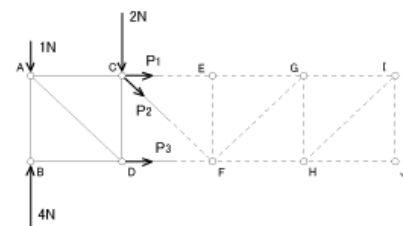
- ・ 通常は以下の図のように各部材内に応力が生じています



- ・ 今回は左側のみを対象としたので・・・

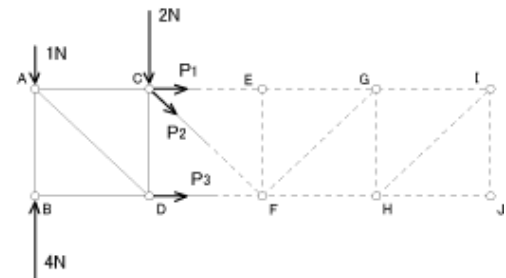


- ・ また同軸中の応力は互いに打ち消しあうので、結局は切断された部材のみに生じる可能性のある応力を図示します
- ・ （「節点から」ベクトルを図示する事！！）

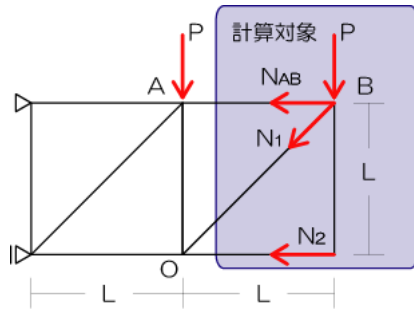


4) 力の釣合より未知の応力を算定

- ・ 力の釣合式： $\sum X = 0$ 、 $\sum Y = 0$ 、 $\sum M_x = 0$ を使用
- ・ 最も多く使われるのは $\sum M_x = 0$
- ・ ↑ 任意の点の決定は上記未知の応力 2 本が交わる点（選択されていいない方の部材上の点でも OK）とする



《演習 07》 AB 材の応力を求めよ



(解法手順)

1) 反力を図示

2) 切断面^{※1}を決定→計算対象を決定

※1 部材 3 本を切断するように

3) 部材内の応力（軸方向力）を仮定^{※2}

※2 切断された部材に生じる 3 つの応力、必ず計算対象側の節点からベクトル表記

4) 力のつりあい（つりあい三式）で未知の応力を算定

縦に真っ二つ

斜めの材と下の横架材の交点に注目

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

$$N_{AB} = P$$

P

『ポイント』

- 3 本切ってください
- 切断した部材の応力の仮定方法（計算対象側の節点からベクトル表記）が最重要！！

3. 材料力学

(1) 応力度と許容応力度

1) 垂直応力度

- 垂直応力度とは：軸方向力（圧縮・引張）による応力度、全断面で等しい応力度が生じる
- 垂直応力度（ σ_N ）

$$\square \sigma_N = \frac{P}{A} \quad \sigma_N \cdots \text{垂直応力度、} P \cdots \text{軸方向力、} A \cdots \text{断面積}$$

2) せん断応力度

- せん断応力度とは：せん断力により生じる応力度、部材が「滑る」ような感じに生じるのです…
- 最大せん断応力度（ τ ）

$$\square \tau = \frac{Q}{A} \times k \quad k \cdots \text{断面形状による係数、長方形断面 } k = \frac{3}{2}、\text{円形断面 } k = \frac{4}{3}$$

3) 曲げ応力度

- 曲げ応力度とは：曲げモーメントにより生じる応力度
- 注意：曲げモーメントにより生じるけど…部材内では圧縮・引張に変換されちゃいます
- 最大曲げ応力度・縁曲げ応力度（ σ_M ）

$$\square \sigma_M = \frac{M}{Z} \quad M \cdots \text{曲げモーメント、} Z \cdots \text{断面係数}$$

(2) ひずみ度等

- ひずみ：部材に力が加わった時の伸び縮み・太さの変形の事

$$\square \varepsilon = \frac{\Delta l}{l} \quad \varepsilon \cdots \text{ひずみ、} l \cdots \text{もとの長さ、} \Delta l \cdots \text{変形量}$$

(a) ヤング係数

- ヤング係数とは：部材に荷重が加わった場合の変形のし難さを表す、
例：コンクリートは値が大きい、ゴムは小さい
- 鉄筋の場合は引張強度試験で求める、鉄筋の垂直応力度をその時の伸びの比率で除す
- ヤング係数（ E ）

$$\square E = \frac{\sigma_N}{\varepsilon} \quad E \cdots \text{ヤング係数、} \sigma_N \cdots \text{垂直応力度、} \varepsilon \cdots \text{ひずみ}$$

ヤング係数の公式・垂直応力度の公式よりひずみの公式を導く

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

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

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

(3) 断面の性質

(a) 断面 1 次モーメント (図心を求める)

- 断面 1 次モーメントとは：図心の位置（対象軸から図心までの距離）を求める際に必要
- 断面 1 次モーメント (S)
- $S = A \times y$ S …断面 1 次モーメント、 A …断面積、 y …対象軸から図心までの距離
- 逆に…対象軸から図心までの距離を求めたかったら $y = \frac{S}{A} \Rightarrow$ 断面全体の S を求めた後に A で除す
- 複雑な長方形断面の図心の算定方法
 - (1) 対象とする軸を決定：断面の縁が良いでしょう
 - (2) 断面を矩形に分割
 - (3) 分割した各図形それぞれの(1)軸に対する断面 1 次モーメントを算定
 - (4) (3)を合成し（足し合わせる）断面全体の断面 1 次モーメントを求める
 - (5) (4)を断面全体の面積で除し図心の位置を求める

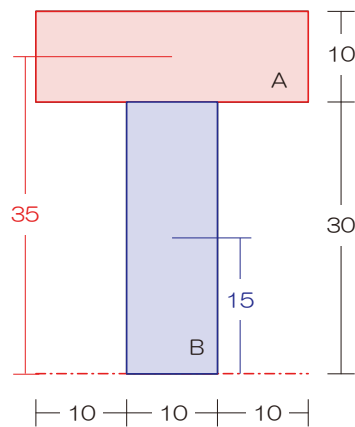
(b) 断面 2 次モーメント

- 断面 2 次モーメントとは：部材のたわみ難さを表す
- たわみ：部材に荷重がかかった際に中心部分が沈み込む現象（の様な物…）
- 注意：同一断面積でも荷重の方向（軸の方向）によりたわみ易さは異なる
- 図心に対する断面 2 次モーメント (I)
- $I = \frac{bh^3}{12}$ I …断面 2 次モーメント、 b …幅、 h …せい（たわむ面が交わる方向が「せい」になる）
- 複雑な断面形状における断面 2 次モーメントの算定方法
 - (1) 分割断面の決定（分割後の全断面の図心が等しくなるように）
 - (2) 分割後の断面の各断面 2 次モーメントを求める（幅・せいの関係に注意）
 - (3) (2)の断面 2 次モーメントを足し引き

(c) 断面係数

- 断面係数とは：曲げ応力度を求める際に使用
- 注意：部材に曲げがかかると、部材内では圧縮・引張の力に変わるんです
- 断面係数 (Z)
- $Z = \frac{I}{h/2}$ I …断面 2 次モーメント、 h …せい、 $Z = \frac{bh^2}{6}$ ← 矩形断面縁部分の応力度を求める場合
- 複雑な断面形状における断面係数の算定方法：分割し引きは使えませんっ！
 - (1) 全体の断面 2 次モーメントを求める
 - (2) 図心から求めたい軸までの距離で(1)を除す

《演習 08》以下の断面の図心の位置を求めよ
 なお、図心位置からの距離で示せ



（解法手順）

- 1) 軸を決定（底部がお勧め）
- 2) 矩形（長方形）に分割（お好きにように…）
- 3) 断面全体の断面 1 次モーメントを求める $S = A \times y$
 $\Rightarrow$ 合算可能なのは軸が同一の場合のみね！
- 4) 上記断面 1 次モーメントの合計を全断面積で除す

頭の部分（A）とタテの部分（B）に分割したと仮定

$$S = S_A + S_B$$

$$S = (10 \times 30) \times 35 + (10 \times 30) \times 15$$

$$A = A_A + A_B$$

$$A = 10 \times 30 + 10 \times 30$$

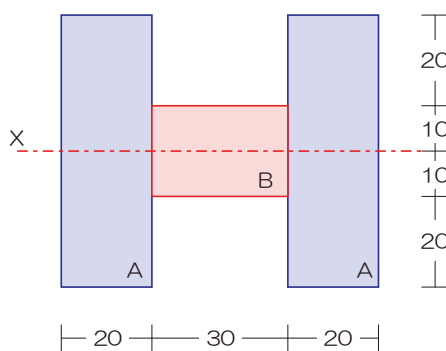
$$y_0 = \frac{S_A + S_B}{A_A + A_B}$$

$$y_0 = \frac{(10 \times 30) \times 35 + (10 \times 30) \times 15}{10 \times 30 + 30 \times 10}$$

$$y_0 = \frac{(10 \times 30)(35 + 15)}{(10 \times 30) \times 2}$$

$$y_0 = 25$$

《演習 09》断面の断面 2 次モーメント、および断面係数を求めよ



（解法手順）

- 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

左のように分割（図心の軸が揃っているので合算可能）

$$I = \frac{20 \times 60 \times 60 \times 60}{12} \times 2 + \frac{30 \times 20 \times 20 \times 20}{12}$$

$$I = 740,000$$

断面二次モーメントをせいひの半分で除す

$$Z = \frac{740000}{30}$$

$$Z = \frac{74000}{3}$$

(4) 梁のたわみ

□ 部材のたわみ・たわみ角

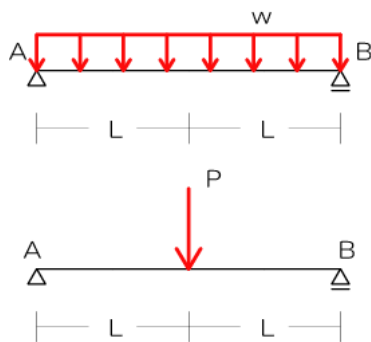
- たわみとは：構造材に荷重がかかった際に生じるわん曲（たわみとたわみ角がある）
- たわみ： $\delta_{\max} = \alpha \frac{Pl^3}{EI}$ （集中荷重）、 $\delta_{\max} = \alpha \frac{wl^4}{EI}$ （分布荷重）
- たわみ角： $\theta_A = \beta \frac{Pl^2}{EI}$ （集中荷重）、 $\theta_A = \beta \frac{wl^3}{EI}$ （分布荷重）

表 たわみの公式

					
	たわみ	たわみ角		たわみ	たわみ角
集中荷重	$\delta = \frac{Pl^3}{3EI}$	$\theta = \frac{Pl^2}{2EI}$	集中荷重	$\delta = \frac{Pl^3}{48EI}$	$\theta = \frac{Pl^2}{16EI}$
分布荷重	$\delta = \frac{wl^4}{8EI}$	$\theta = \frac{wl^3}{6EI}$	分布荷重	$\delta = \frac{5wl^4}{384EI}$	$\theta = \frac{wl^3}{24EI}$
モーメント荷重	$\delta = \frac{Ml^2}{2EI}$	$\theta = \frac{Ml}{EI}$	モーメント荷重	$\delta = \frac{Ml^2}{16EI}$	$\theta = \frac{Ml}{3EI}$ $\theta = \frac{Ml}{6EI}$

《演習 10》 中央部分のたわみが等しくなる場合の P と wL の比を求めよ

1) 公式に条件を代入



単純梁分布荷重の場合のたわみは

$$\delta = \frac{5wl^4}{384EI}$$

単純梁中央集中荷重の場合のたわみは

$$\delta = \frac{Pl^3}{48EI}$$

両者が等しいことより

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

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

$$P : wL = 5 : 8$$

(5) 部材断面の応力度

◇ 教科書を一読を

(6) 座屈

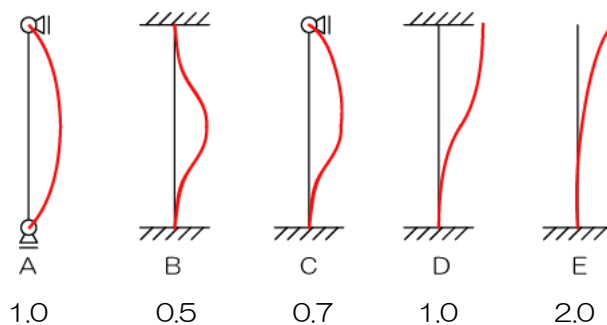
- 座屈とは：柱が非常に大きな垂直荷重（圧縮）を受けた際に折れ曲がる現象
- 座屈の条件：柱の材質、支点の形状、柱の長さ、断面形状
- 柱の材質：コンクリートの柱の方がゴムの柱よりも座屈しにくい ⇒ ヤング係数
- 支点の形状：がっちり柱を支えれば座屈しにくい ⇒ 座屈長さ係数
- 柱の長さ：短い柱ほど座屈しにくい ⇒ 材長
- 断面形状：太い柱ほど座屈しにくい ⇒ 断面 2 次モーメント

※ 弾性座屈荷重

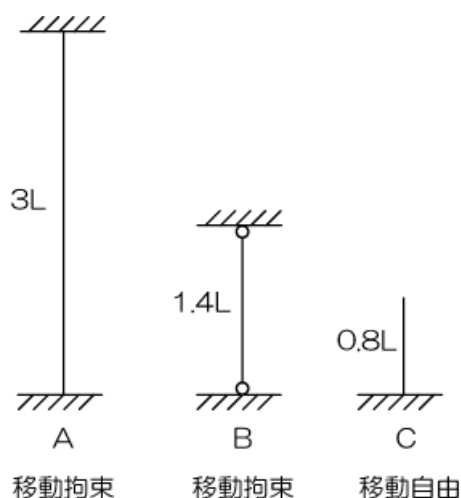
- 座屈荷重の求め方：柱の材質（ヤング係数）、支点の形状・柱の長さ（座屈長さ）、断面形状（断面 2 次モーメント）より算定

□
$$N_k = \frac{\pi^2 EI}{l_k^2}$$
 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

※ 座屈長さ係数



《演習 11》 構造物の座屈荷重の大きさを比較せよ



（解法手順）

- 1) 上部移動のチェック
- 2) 支点の形式をチェック
- 3) 上記 2 点より座屈の状況を図示
- 4) 弾性座屈荷重の公式

それぞれの柱の座屈長さは

$$l_{kA} = 0.5 \times 3L = 1.5L$$

$$l_{kB} = 1.0 \times 1.4L = 1.4L$$

$$l_{kC} = 2.0 \times 0.8L = 1.6L$$

弾性座屈荷重の大きさは座屈長さの二乗に反比例するので

$$P_B > P_A > P_C$$