

**【本日の目標】（以下ページ番号はサブテキ）**

- 1) 力の種類・力の釣り合いを再チェック（復習） ⇒ P11
- 2) 応力の概念が理解できる ⇒ P13
- 3) 梁の任意の点の各応力を求めることができる ⇒ P15 《過去問 05-1》 P16 《過去問 05-2》
- 4) ラーメンの任意の点の応力を求めることができる ⇒ P17 《過去問 06》
- 5) 3 ヒンジラーメンの反力・応力を求めることができる ⇒ P17 《過去問 07》
- 6) 曲げモーメント図を書くことができる ⇒ P20 《過去問 08》
- 7) トラスの応力を求めることができる ⇒ P21 《過去問 09-1》 P23 《過去問 09-2》

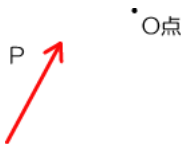
1.4 静定梁に生ずる力

1) 力の種類

- **モーメント**：以下の図における荷重 P と O 点の距離を図示せよ

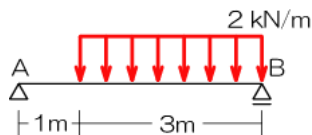
『重要事項！』 距離が重要！必ず力の**作用線**を図示し問題中に**距離**を記入

□ モーメント： $M = P \times l$       モーメント＝力×距離、距離の定義に注目



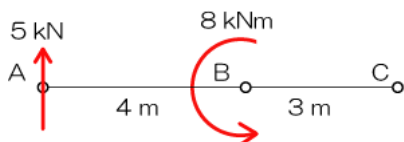
- **分布荷重**：以下の図における分布荷重を集中荷重へ変換せよ

『重要事項！』 分布荷重は集中荷重へ変換

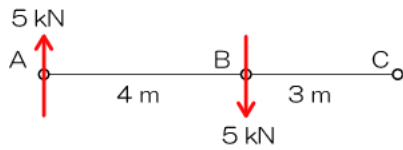


- **モーメント荷重**：以下の図における A・B・C 各点のモーメントを求めよ

『重要事項！』 モーメント荷重は全ての点において、等しいモーメントの影響を与える

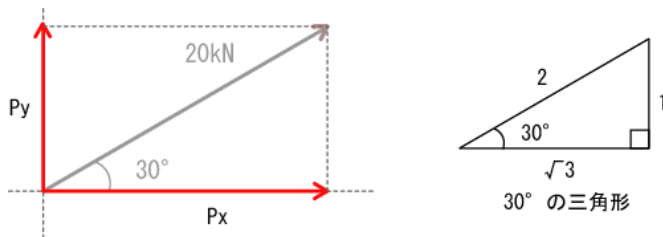


- **偶力のモーメント**：以下の図における A・B・C 各点におけるモーメントを求めよ  
 『重要事項!』 偶力：作用線が並行で力の大きさが等しく、真逆な一対の力のこと（全ての点でのモーメントが等しくなる）



- **力の分解・合成**：以下の図における斜め方向の荷重を  $P_y$ ・ $P_x$  に分力せよ。  
 『重要事項!』 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！

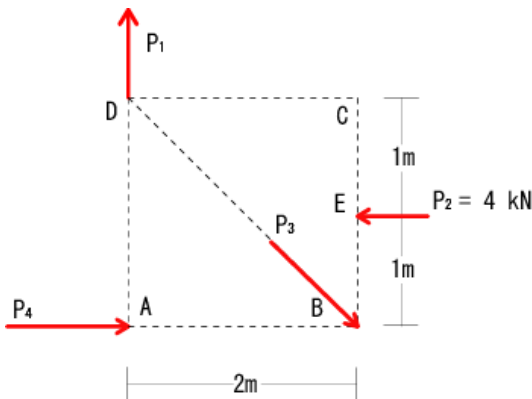
□ 斜めの力の分解と相似・三角比：辺の比より力を分解



$$\text{縦の分力} = \text{斜めの荷重} \times \frac{\text{ちっこい三角形の縦の長さ}}{\text{ちっこい三角形の斜めの長さ}}$$

$$\text{横の分力} = \text{斜めの荷重} \times \frac{\text{ちっこい三角形の横の長さ}}{\text{ちっこい三角形の斜めの長さ}}$$

- **力のつりあい**：以下の図における荷重  $P_4$  を求めよ  
 『重要事項!』 ターゲットの（求めたい）未知力以外の 2 力の交点に注目

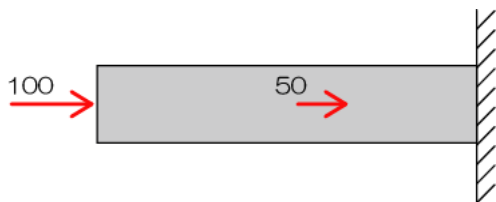




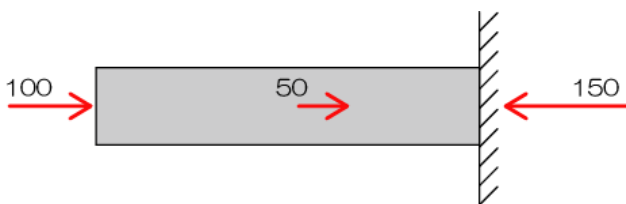
## 1.4 力（応力）の種類：応力とはP22（教科書）

応力とは（小人さん論法その1）

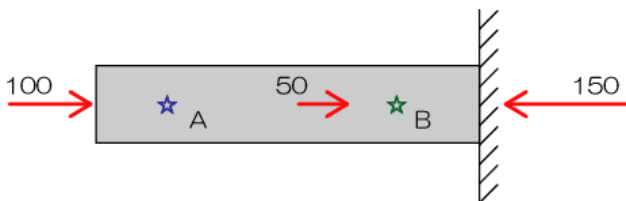
1) 100、50の荷重を受けている片持ち梁があります



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到に反力 150 があるはず

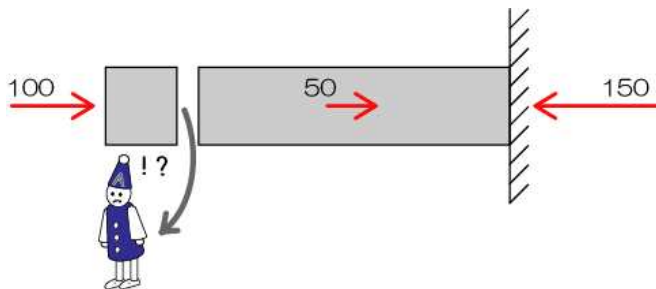


3) さて、ここで質問「以下のA点とB点ではどちらが“痛い”ですか？」材の中に小人さん（☆印）がいることを想定し、考えてみてください

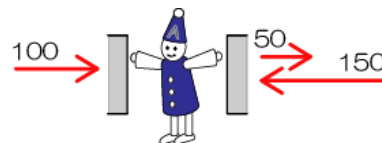


正解は皆さんのご想像の通りB点なのですが、そのままでは講義が成立しないのでちゃんと解説してみます

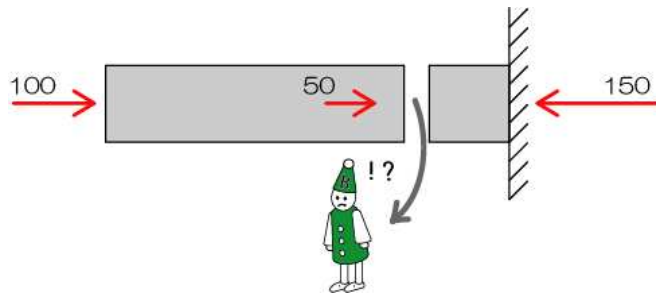
4) では、A点に隠れている小人さんに登場願しましょう（A点で構造体を切断します）



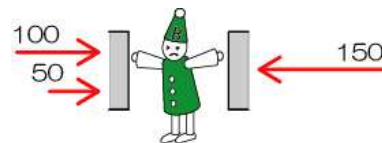
5) A点の小人さんは左側から100で押され、右側からも100で押されています（50で引られ、150で押されているのでその合計） → 「両側から100ずつで押されている」



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（応力度も）は小人さんの気持ちになって考えましょう
- ※ 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

➤ 応力とは

- 種類：軸方向力(N)・せん断(Q)・曲げモーメント(M)の三種類
- 応力のポイント：任意の点の応力は「必ず」その両側の力による応力が釣合う※1
- ※1 応力を求める点で部材を切断し片側のみを力に対象とし計算
- 応力が変化する点：荷重のかかっている点・節点

➤ 応力の種類

□ 軸方向力 (N)

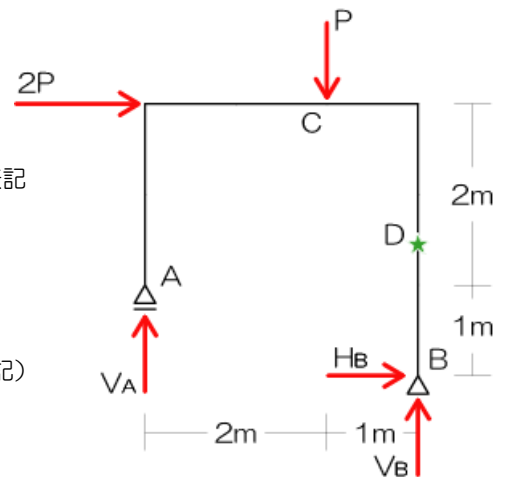
- 構造部材が潰されたり（圧縮）、引張られたりされた時の応力
- 対象となる力は部材に平行な力
- 唯一符号がつく：圧縮をマイナス(-)、引張をプラス(+)で表記

□ 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）



(B) 静定梁の応力

➤ 任意の点の応力の求め方

- 反力を図示
- 応力を求めたい点で部材を切断 ★「必ず」最初に切断から！！余計な計算を省けます！！
- 計算対象側を決定（力の少ないほうを選択、支点が無い方はなお良し）
- 対象となる力をチェック（反力が含まれる場合には、反力を求める）
- 対象となるそれぞれの力による任意の点の応力を合算

➤ 静定梁の応力

- ピンとローラーにより支持されている「単純梁」と固定支点のみで支持される「片持ち梁」

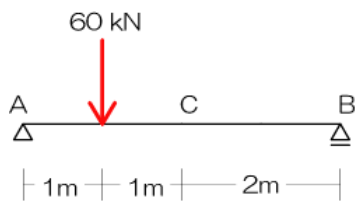
□ 単純梁の応力

- 切断後の計算対象側に支点が入るので反力算定が必要

□ 片持ち梁の応力

- 任意の点で切断後、計算対象は支点が入らない方を選ぶこと

以下のC点における各応力を求めよ



(解法手順)

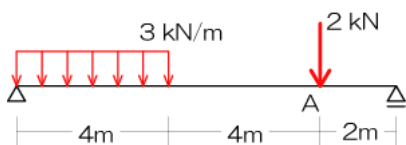
- 1) 生じる可能性のある反力を図示
- 2) 応力を求めたい点で構造体を切断!
- 3) 計算対象を決定 (計算対象とならなかった力は応力算定時には完全シカトすること!)
- 4) もし、未知力が入っていたら、ここでようやく未知力 (通常は反力だね) を求める (図は 1) に戻るよ!)
- 5) せん断力は軸に対して鉛直な全ての力が対象、軸方向力は軸に平行な力の全て、曲げモーメントはとにかく計算対象側全部の力

$$N_C = 0 \text{ kN}$$

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

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

《過去問 05-1》 A 点における曲げモーメントを求めよ

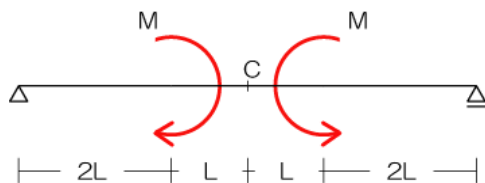


(解法手順)

- 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

$$M_A = 8 \text{ kNm}$$

## 《過去問 05-2》C点における曲げモーメントを求めよ



## 《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

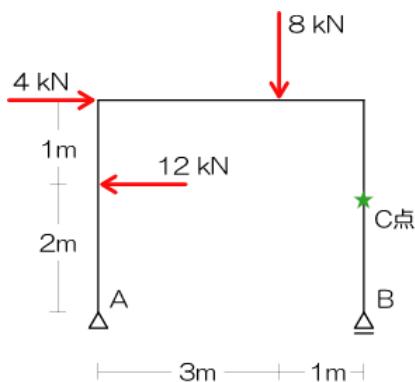
$$M_C = M$$

## 『ポイント』

- 応力算定では、まずは切断! ⇒ いきなり反力を求めたらアウト…
- 計算対象は片側 (任意) のみ

## 1.5 静定ラーメンに生ずる力

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

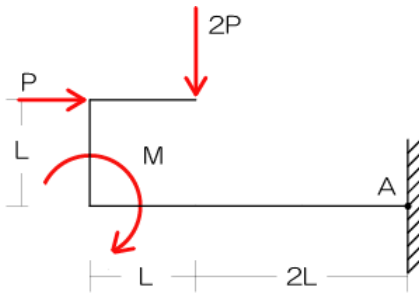
$$N_C = -3 \text{ kN}$$

$$Q_C = 0 \text{ kN}$$

$$M_C = 0 \text{ kNm}$$

《過去問06》 A 点 に 曲げモーメントが生じない場合の M (解法手順)

の値を求めよ



- 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

$M=3PL$

『ポイント』

□ ラーメンも全く一緒! 応力算定では、まずは切断! ⇒ いきなり反力を求めたらアウト…

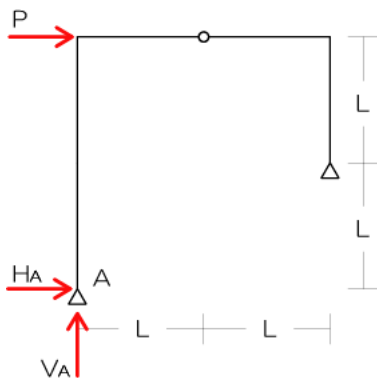
3 ヒンジラーメン

◇ 3 ヒンジラーメンとは

- ・ 支点がピン支点+ピン支点 ⇒ 反力が 4 つ…
- ・ 釣り合い三式のみでは反力を求められない!
- ・ 「ヒンジ点 (ピン節点) では曲げモーメントが生じない」

《過去問07》 A 点 の 水平反力と鉛直反力の比 ( $H_A : V_A$ ) (解法手順)

を求めよ



- 1) 生じる可能性のある反力を図示
  - 2) ところが…、反力が 4 ケ…
  - 3) ヒンジ点の曲げモーメントは 0 を利用して、式を 1 つ追加しましょう♪
- 注: 3 ヒンジラーメンは「応力」の問題での出題される可能性があります

$H_A : V_A = 1 : 2$

『ポイント』

□ ピン節点では「曲げモーメント=0」 3 ヒンジラーメンが解けると大きなアドバンテージになります

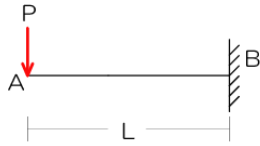
応力図

『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」って決まっています

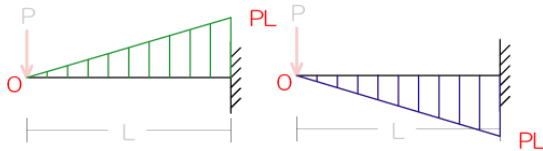
以下の片持ち梁で説明してみます



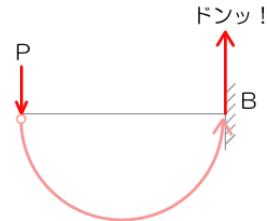
A点とB点の曲げモーメントは以下です



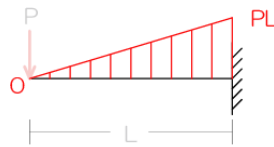
問題となるのは、M図を上を書くか？下を書くか？



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

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

2) 荷重 P の作用点をスタート



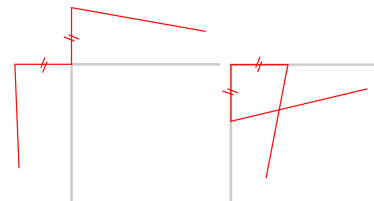
剛節点では、接合している部材に生じる「曲げモーメントの合計が必ず0」になります

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♪」



曲げモーメントが等しい、ってことは？

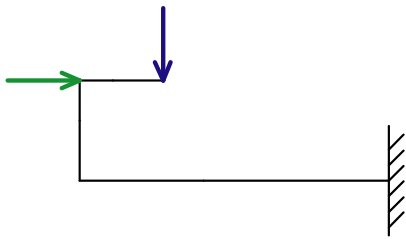
図を書いたときに応力の値を示す線分の長さが等しい、ってことになるので…以下の図のような形となります



この法則は不静定でも同じです

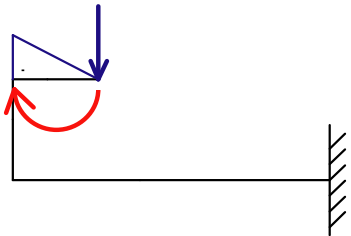


『例題』以下の変則ラーメンのM図を書いてみましょう  
(荷重の大きさ、各部材長等は考えなくても良いです…)

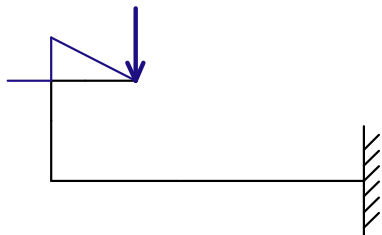


- 註1：片持ち系の構造物は自由端から書き始めると早いです  
 註2：クルクルドンが必要な点（応力を求める必要のある点）  
 は「支点」「節点」「荷重の掛かっている点」です  
 註3：上記各点の応力が求められたら後は結ぶだけ

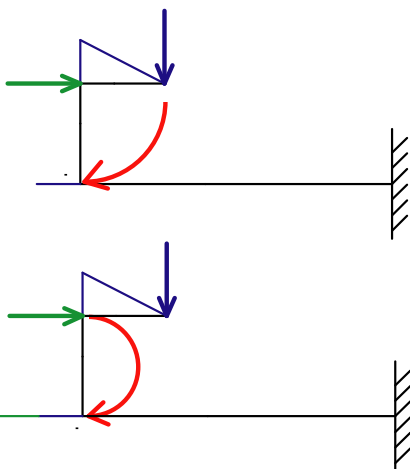
1) クルクルドン



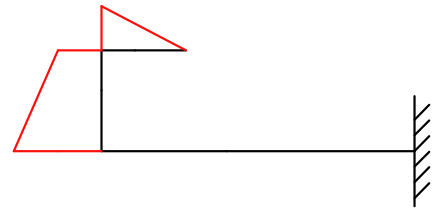
2) 内々外々



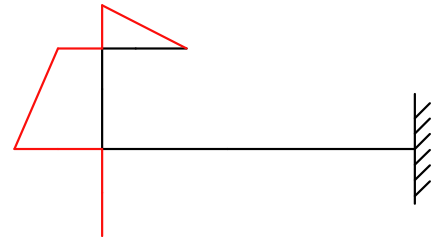
3) またまたクルクルドン、ですが荷重が2つあるので両者ともに別々に「ドンッ！ドンッ！」



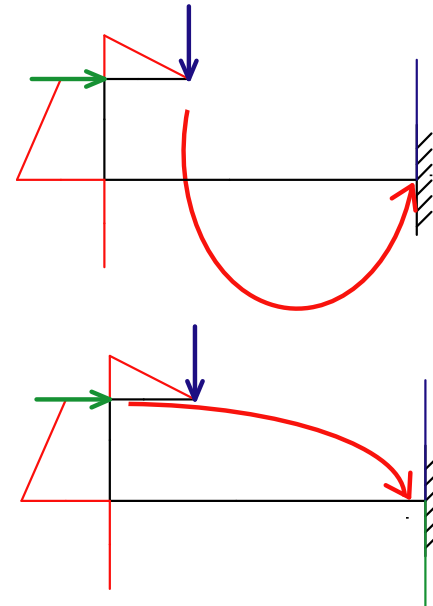
4) 2つの「ドンッ！」を合算（部材の両端の応力が分かったら結んでおく）



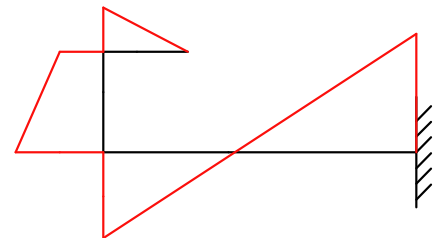
5) 内々外々



6) さらにクルクルドン+クルクルドン（向きが逆ですね）

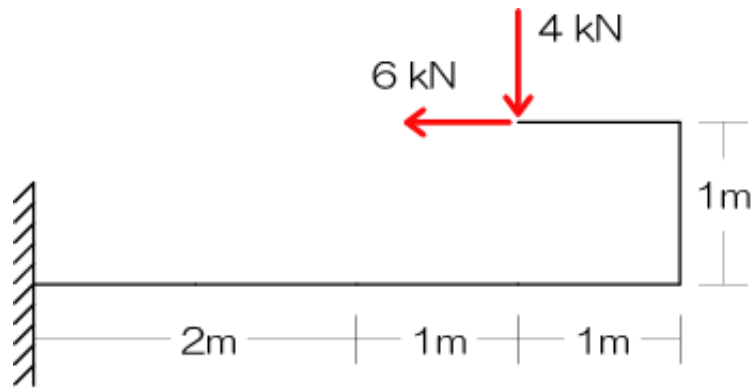


7) 合算して各点を結ぶ

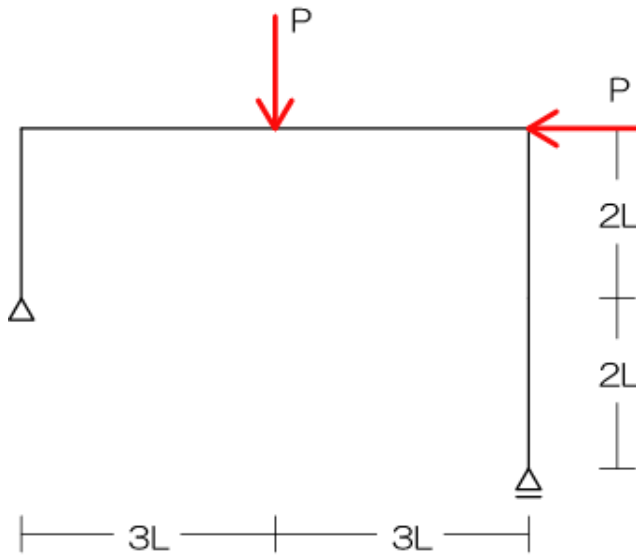


以上です

《過去問 08-1》以下の構造体の M 図を示せ



《過去問 08-2》以下の構造体の M 図を示せ



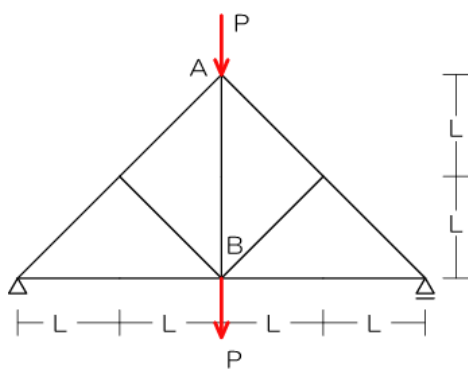
『ポイント』

- 曲げモーメント図は「クルクル♪ドン！」

1.6 静定トラス部材に生ずる力

- 1) トラスの構造
- 2) トラス部材に生ずる力
- 3) トラス部材に生ずる力の求め方
- 4) トラス部材に生ずる力の性質
- 5) 節点法で部材に生ずる力を求める

《過去問 09-1》 AB 材の応力を求めよ



（解法手順）

- 1) 反力を図示
- 2) 軸力 0 の点をチェック（直線+1 の法則）
- 3) 未知の応力が少なそうなところを…
- 4) 上記点の力のつりあい（たて=0、横=0）
- 5) 順番に点を移動

$$N_{AB}=P$$

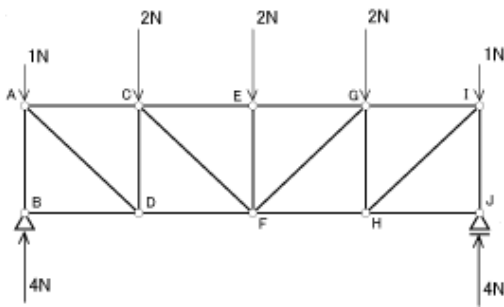
『ポイント』

- 「直線+1 の法則（軸力=0）」は超使えます

6) 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

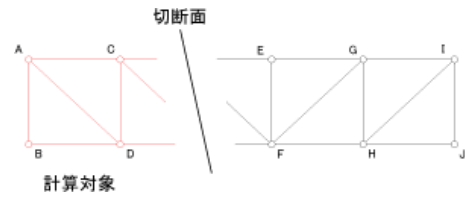
1) 反力を図示(片持ちトラスの場合は求める必要が無い場合もあり)



←線対称だから暗算でOK

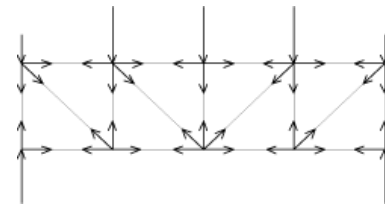
2) 切断面を決定→計算対象を決定

- ・ 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)

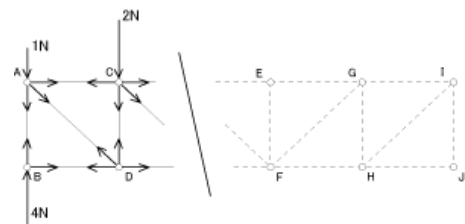


3) 部材内の応力(軸方向力)を仮定

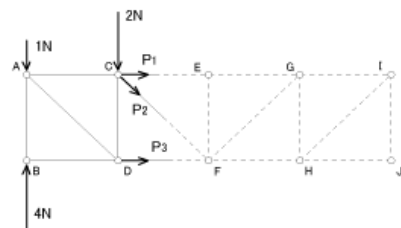
- ・ 通常は以下の図のように各部材内に応力が生じています



- ・ 今回は左側のみを対象としたので・・・

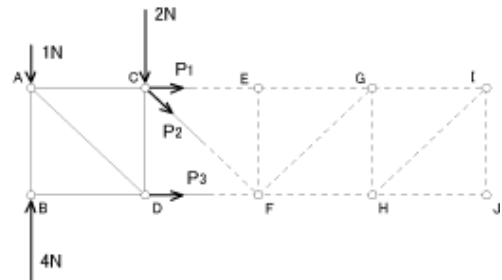


- ・ また同軸中の応力は互いに打ち消しあうので、結局は切断された部材のみに生じる可能性のある応力を図示します
- ・ (「節点から」ベクトルを図示する事!!!)



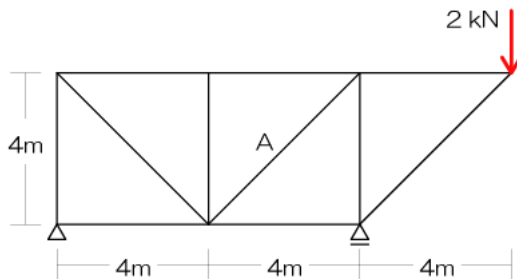
4) 力の釣合より未知の応力を算定

- ・ 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



結局言いたいことは…

《過去問 09-2》 AB 材の応力を求めよ



(解法手順)

- 1) 反力を図示
- 2) 切断面<sup>※1</sup>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<sup>※2</sup>
  - ※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

√2

## 『ポイント』

- 3本で構造物を2つに分けて下さい
- 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!!