

【本日の目標 2】

- (1) 力のつりあい ← 「モーメント」「未知力算定」の概念を理解する
- ・過去問無し、ただし構造力学における多くの問題の必須事項
- (2) 支点と節点 ← 「支点の反力」を求める事が出来る
- ・過去問無し、ただし構造体の応力を求める際に必須
- (3) 静定ばり・静定ラーメンの応力 ← 「応力計算」「応力図」を求める事が出来る
- ・平成 10、14、19、20、21 年：任意の点における曲げモーメントを求めよ
  - ・平成 10 年：曲げモーメント図より軸方向力を求めよ
  - ・平成 11、12、13、17 年：任意の点に曲げモーメントが生じないための荷重の比を求めよ（片持ちばり）
  - ・平成 15、17、22 年：曲げモーメント図として正しいものはどれか
  - ・平成 15 年：各部材の軸方向力を求めよ
  - ・平成 18 年：せん断力が 0 となる位置を求めよ

1.2 構造力学

1.2.1 力の釣り合い

(A) 力・偶力・モーメント

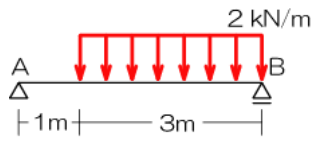
(a) 力

- 力の三要素

- 力の種類

《演習問題 5》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

解答：A 点から 2.5 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）

(b) モーメント

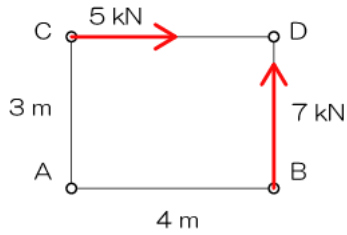
➤ モーメントとは

➤ モーメントの求め方

➤ モーメントの符号

➤ 複数の荷重（力）によるモーメント

《演習問題 6》以下のA-Dの各点のモーメントを求めよ



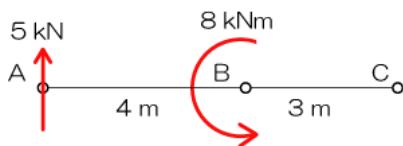
（解法手順）

- 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

解答： $M_A = -13 \text{ kNm}$   
 $M_B = 15 \text{ kNm}$   
 $M_C = -28 \text{ kNm}$   
 $M_D = 0 \text{ kNm}$

➤ モーメント荷重

《演習問題 7》以下の各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

解答： $M_A = -8 \text{ kNm}$   
 $M_B = 12 \text{ kNm}$   
 $M_C = 27 \text{ kNm}$

『ポイント』

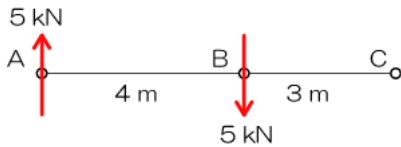
□ モーメント荷重は全ての点に等しいモーメントの影響を与えます

(c) 偶力

➤ 偶力とは

- ・ 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

《演習問題 8》以下の各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

解答： $M_A=20$  kNm

$M_B=20$  kNm

$M_C=20$  kNm

『ポイント』

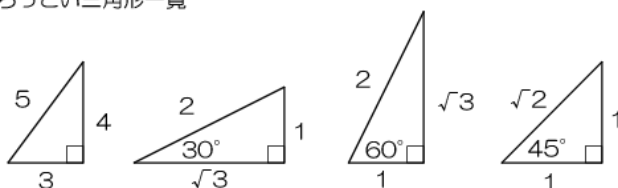
□ 一対の偶力が生じている場合、全ての点においてモーメントの値は等しくなります

(B) 力の分解

➤ 斜めの力に出会ったら

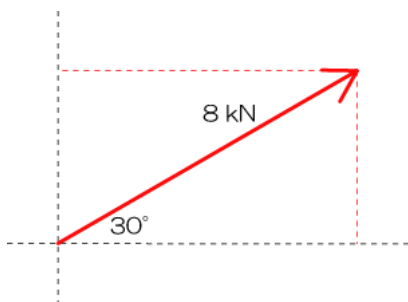
- ・ 斜めの力が出てきたら必ず縦・横に分解すること！
- ・ 比の計算で縦横それぞれの力の大きさを求めます
- ・ ちっこい三角形を書いておきましょう

ちっこい三角形一覧



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

《演習問題 9》以下の斜めの力を鉛直・水平へ分力せよ



《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

解答：鉛直=4 kN (上)、水平=4√3 kN (右)

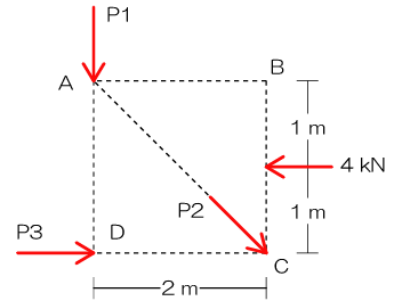
『ポイント』

- 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

(C) 力の釣り合い

- 力のつりあいとは
- つりあい三式 (上記不動の条件より)
- 未知力算定

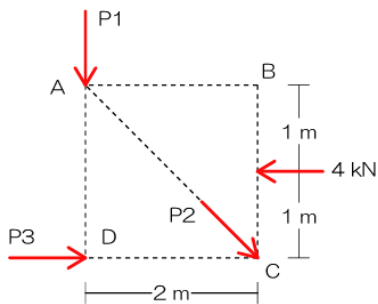
➤ 未知力算定の大前提



《演習問題 10》力がつりあい状態にある場合の P1・P2・

（解法手順）

P3 の値を求めよ



- 1) 求めたい未知力を決定 (P1 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) P3 も同じ過程 (モーメント) で求める
- 5) P2 は…分力して縦の合計 0 or 横の合計 0 を使います

解答：P1 = -2 kN (上)

P2 =  $2\sqrt{2}$  kN (右下)

P3 = 2 kN (右)

『ポイント』

- 釣合い 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  $\sum M_0 = 0$
- 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…

1.2.2 骨組：P29

➤ 支点と節点

- 支点：構造体を支える点、種類は3つ、部材にかかった力により反力が生じる
- 節点：各部材が接合されている点、種類は2つ、部材に生じた応力を伝搬する

➤ 支点の種類と反力

- 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

ローラー支点

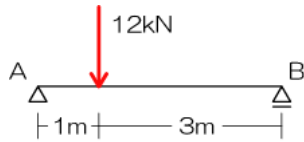
ピン支点

固定支点

➤ 反力算定（以下の構造体の支点反力を求めてみましょう）



《演習問題 11》以下の構造体の各支点反力を求めよ



（解法手順）

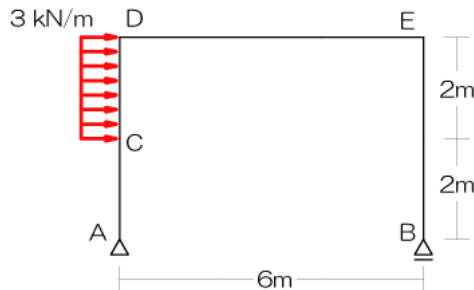
- 1) 生じる可能性のある反力を図示
- 2) 求めたい反力を決定！
- 3) 未知力 3 の法則より上記で決定した反力を算定  
⇒  $\sum M_0 = 0$  を使うのね
- 4) 1 つ求められたら、鉛直（縦）方向の力の合計が 0  
（ $\sum y = 0$ ）、水平（横）方向の力の合計が 0  
（ $\sum x = 0$ ）などを利用しその他の反力を求める

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 ⇒ その後、つりあい三式を用いて未知の反力を求めましょう

《演習問題 12》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  
⇒  $\sum M_0 = 0$  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： $V_A = -3 \text{ kN}$ 、 $H_A = -6 \text{ kN}$ 、 $V_B = 3 \text{ kN}$

『ポイント』

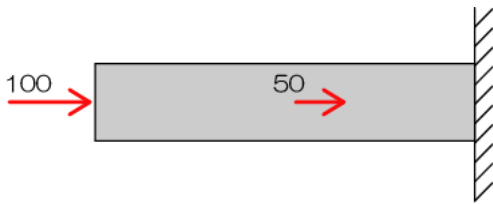
□ 梁とまったく同じ…



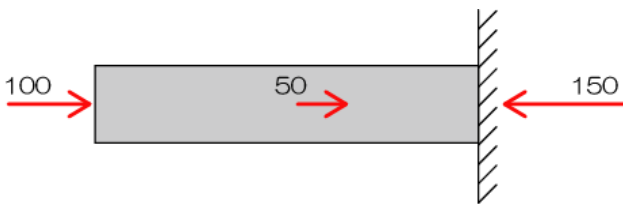
### 1.2.3 静定構造物の応力

応力とは（小人さん論法その1）

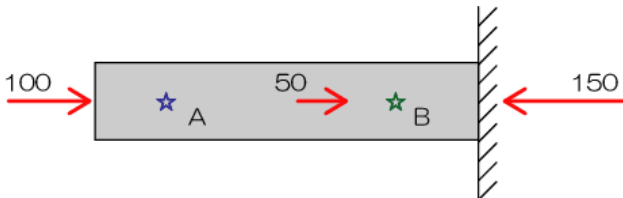
1) 100、50の荷重を受けている片持ち梁があります



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

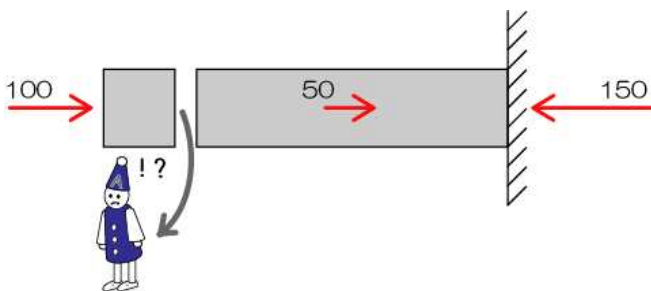


3) さて、ここで質問「以下のA点とB点ではどちらが“痛い”ですか？」材の中に小人さん（☆印）がいることを想定し、考えてみてください

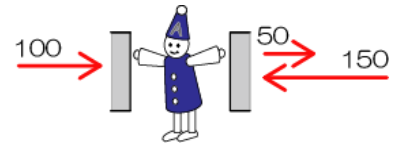


正解は皆さんのご想像の通り B 点なのですが、そのままでは講義が成立しないのでちゃんと解説してみます

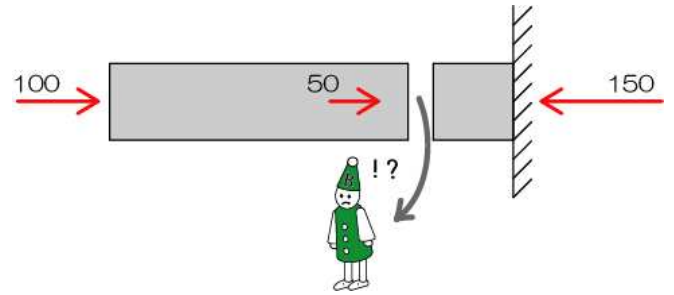
4) では、A 点に隠れている小人さんに登場願しましょう（A 点で構造体を切断します）



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）

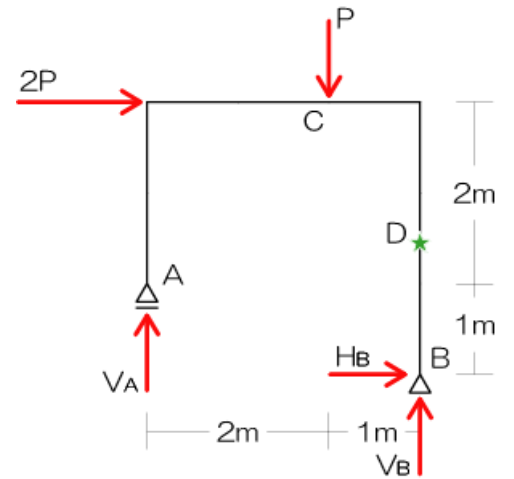
「両側から 100 ずつで押されている」状態を軸方向力（圧縮）100、 $N = -100$ （圧縮がマイナスになります）と表記し、「両側から 150 ずつで押されている」状態を軸方向力（圧縮）150、 $N = -150$  と表記します

#### 【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

(A) 応力の種類

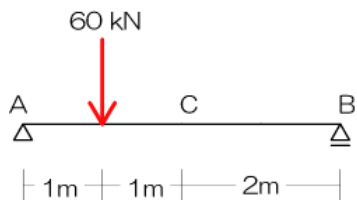
□ 軸方向力 (N)



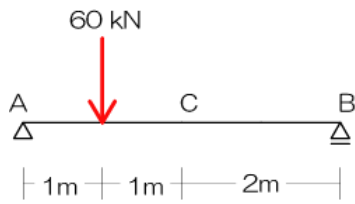
□ せん断力 (Q)

□ 曲げモーメント

(B) 静定梁の応力 (以下の構造体のC点の応力を求めてみましょう)



《演習問題 13》以下の C 点における各応力を求めよ



《解法手順》

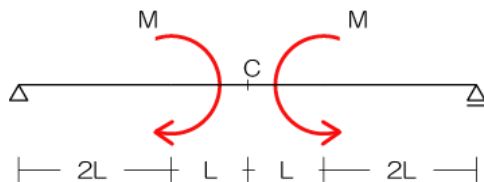
- 1) 生じる可能性のある反力を図示
- 2) 応力を求めたい点で構造体を切断!
- 3) 計算対象を決定 (計算対象とならなかった力は応力算定時には完全シカトすること!)
- 4) もし、未知力が入っていたら、ここでようやく未知力 (通常は反力だね) を求める 図は 1) に戻るよ!
- 5) せん断力は軸に対して鉛直な全ての力が対象、軸方向力は軸に平行な力の全て、曲げモーメントはとにかく計算対象側全部の力

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

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

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

《演習問題 14》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

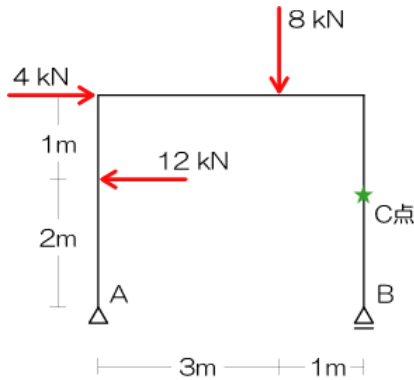
$$M_C = M$$

『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

(C) 静定ラーメンの応力

《演習問題 15》 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

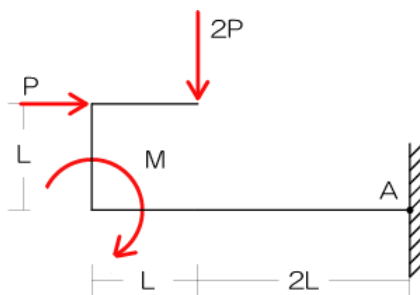
$$N_C = -3 \text{ kN}$$

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

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

《演習問題 16》 A 点に曲げモーメントが生じない場合の

M の値を求めよ



《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

$$M = 3PL$$