

【この講座の目標】

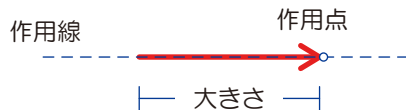
- 9) 同一方向の集中荷重の加算ができる P16 《基礎問題 09》
- 10) 分布荷重を集中荷重へ変換できる P17 《基礎問題 10》
- 11) 任意の点のモーメントを求めることができる P19 《基礎問題 11》
- 12) 複数の力による任意の点のモーメントを求めることができる P20 《基礎問題 12》
- 13) モーメント荷重の概念を理解できる P20 《基礎問題 13》
- 14) 斜めの力を縦（鉛直）/横（水平）に分力できる P21 《基礎問題 14》
- 15) つり合い状態にある場合の未知の力を求めることができる P23 《基礎問題 15》

1 カ・モーメント

1.1 力とは

■ 力の表記

- 力の3要素：大きさ/作用点/作用線（最も重要なのは「作用線」です）



1.2 力の種類

■ 構造力学にてあつかう力の種類

- それぞれ計算時の対処法が異なるので留意

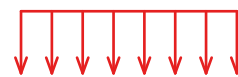
- 集中荷重：ベクトル（矢印）1本で示される

※ 作用線に着目



- 分布荷重：一定の面に広がりつつかかる荷重

※ 集中荷重に変換



- モーメント荷重：回転の荷重

※ モーメント荷重のモーメントの影響って？



- 斜めの荷重：文字通り斜め…

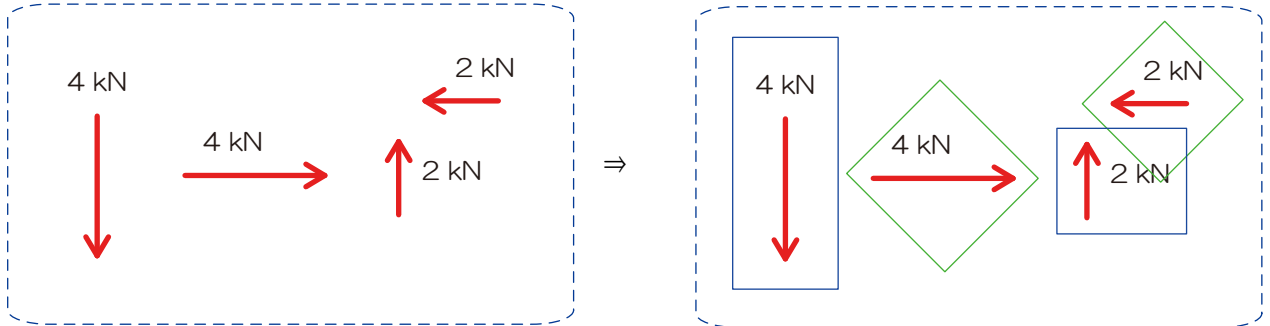
※ 縦・横に分解



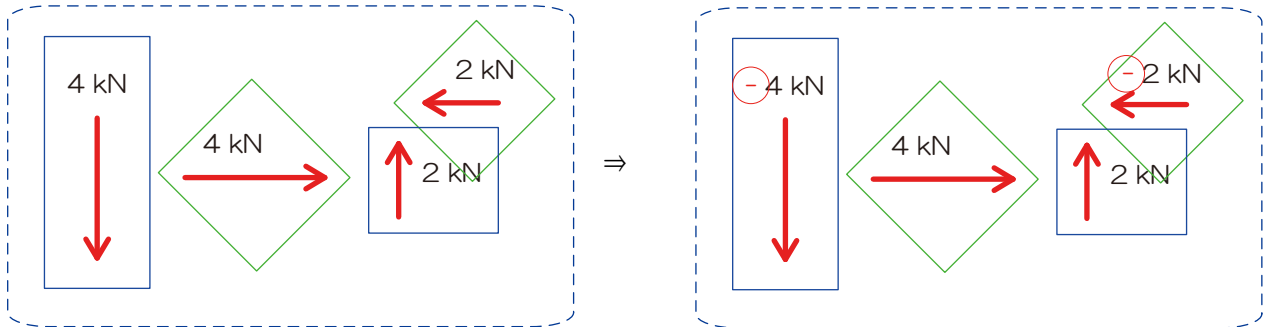
1.3 集中荷重

■ 集中荷重

- 集中荷重の加算：同一方向（並行）の力はそのまま加算が可能、ただし力の方向には注意（上をプラス/下をマイナス、右をプラス/左をマイナスにすることが一般的）、なれるまでは方向ごとに印をつけちゃうのも良いかもしれません（縦を□、横を◇等）



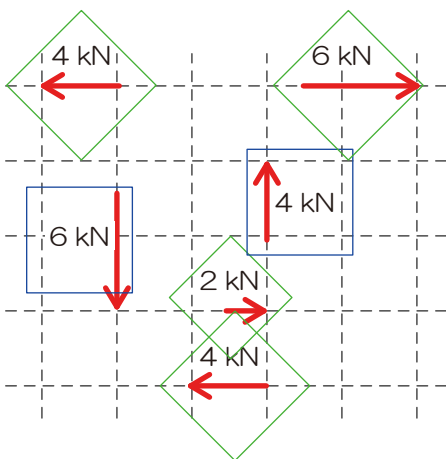
- 数式による表記：数式は正確に書くことをおすすめします、 \sum ：合算してください、 $\sum Y$ ：Y方向の力をすべて足してください、 $\sum X$ ：X方向の力をすべて足してください（注：式中には単位を記載しないのが一般的です）



《基礎問題 09》以下の力を縦横に分類後、両者をそれぞれ合算せよ

『解法手順（基礎）』

- 1) 力を縦・横に分類
⇒ 縦を□、横を◇としてみました
- 2) それぞれ方向ごとに合算
⇒ 上・右をプラスとしましょう



$$\begin{aligned} \sum Y &= -6 + 4 \\ \sum Y &= -2 [kN] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum X &= -4 + 6 + 2 - 4 \\ \sum X &= 0 [kN] \end{aligned}$$

解答：縦方向は 2 [kN]（下）、横方向は 0 [kN]

[ポイント]

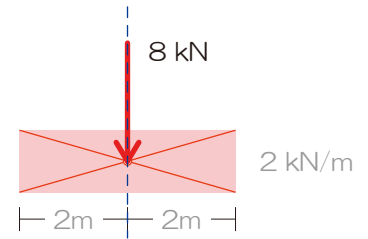
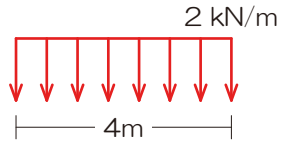
- ✓ 同じ方向の力はどんなに離れていても合算可能、ただし符号には注意！



1.4 分布荷重

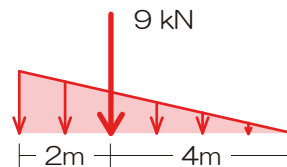
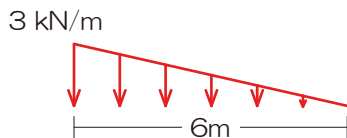
■ 分布荷重

- 分布荷重とは：あるエリアに広く「のぺえー」っとかかる荷重、外力として代表的なものとしては積雪荷重やプールの水など、単位は kN/m などと示され 1m あたりにかかる荷重[kN]って意味になります
- 分布荷重の変換：分布荷重に出会ってしまったら集中荷重へ置き換えましょう、その際のポイントは「力の大きさ」「力の作用点」ですが、**囲まれた図形に注目**してみましょう



『長さ 4m に渡り、1m あたり 2kN の荷重がかかっている』って意味です

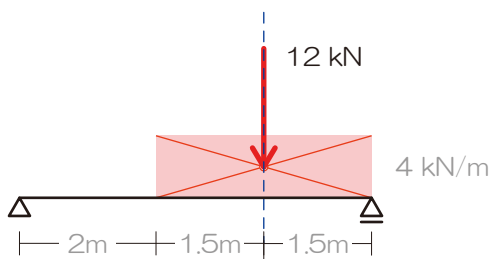
- 囲まれたエリアの『面積』が荷重の合計、『重心』を作用線が通ります
- 三角形の場合も同様ですが、重心の位置は底辺を三等分したところとなるので注意



《基礎問題 10》以下の分布荷重を集中荷重へ変換せよ

『解法手順（基礎）』

- 4) 分布荷重に囲まれたエリアをチェック
- 5) 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
- 6) 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



$$4 \times 3 = 12 [kN]$$

解答：右端の点から 1.5[m]の位置に下方 12[kN]

[ポイント]

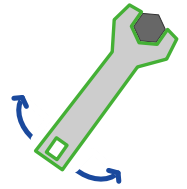
- ✓ 分布荷重によって囲まれたエリアに注目
- ✓ 囲まれたエリアの『面積』が荷重の合計、『重心』の位置を変換した集中荷重が通ります



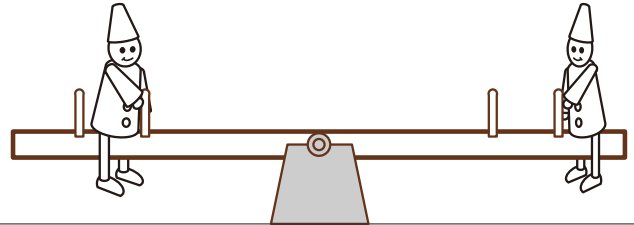
1.5 モーメント

■ モーメントとは

- モーメントの定義：任意の点にかかる回転の力、『任意の点』って言うのでどこか点を決定しないとモーメントは求められません…、てこの原理やシーソーが有名です

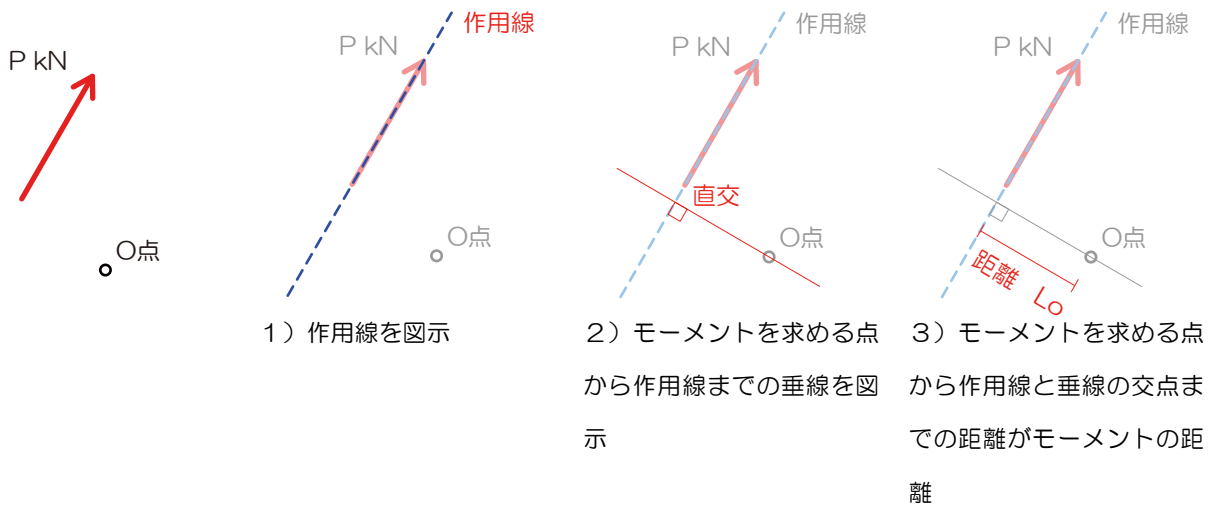


- シーソーが勝つ（下に落ちる）ための条件：もちろん重ければ勝ちますが…、できるだけ遠く（真ん中から）に座っても勝機はありますね



■ 任意の点のモーメント

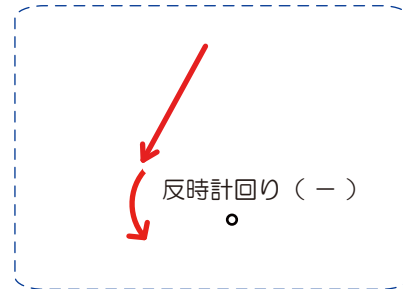
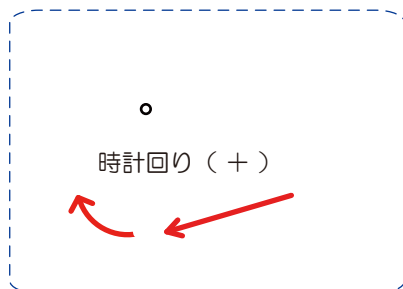
- モーメントの求め方：シーソーでは重さ（力）と距離が重要でしたね、その両者を単純にかけるとモーメントになります…が！！距離の概念が大変重要です！『モーメントにおける距離』とは『モーメントを求める点から力の作用線までの鉛直距離』となるので注意、慣れるまでは**作用線を図示**して問題にチャレンジしましょう、計算式の書き順は『力』⇒『距離』⇒『符号』が一般的です



$$M_o = P \times L_o$$

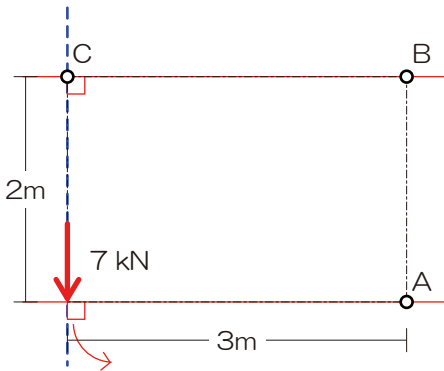
- モーメントを求める点と作用線が交差する？：作用線上の点におけるモーメントは距離が0となるのでモーメントも生じません（事項の力のつり合いにて最強のツールとなるのでしっかりと覚えておきましょう）

- モーメントの符号：モーメントを求める点を指で押さえて実際に紙をグリグリ回してみよう



《基礎問題 11》 A・B・C の三点のモーメントをそれぞれ求めよ。

『解法手順 (基礎)』



- 1) 作用線を図示
- 2) モーメントを求める点から作用線までの垂線を図示
- 3) モーメントを求める点から作用線と垂線の交点までの距離を示す
- 4) モーメント=力の大きさ×上記の距離
⇒ 符号の確認もお忘れなく

$$M_A = -7 \times 3 = -21 [kNm]$$

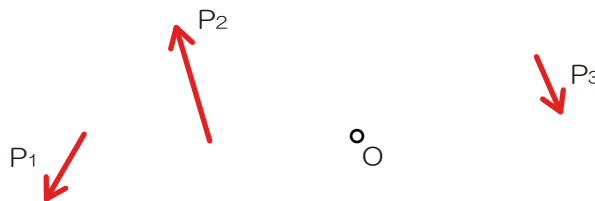
$$M_B = -7 \times 3 = -21 [kNm]$$

$$M_C = -7 \times 0 = 0 [kNm]$$

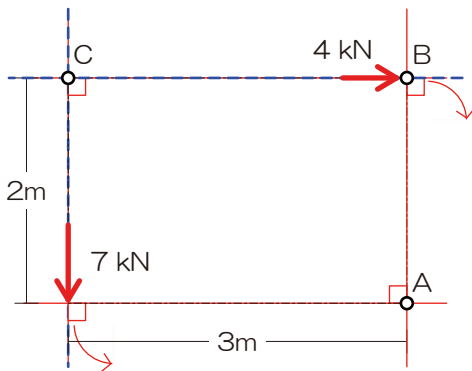
解答 : $M_A = -21 [kN]$ 、 $M_B = -21 [kN]$ 、 $M_C = 0 [kN]$

[ポイント]

- ✓ 『モーメントにおける距離』とは『モーメントを求める点から力の作用線までの鉛直距離』となるので注意
 - ✓ 慣れるまでは作用線は図示しておきましょう
 - ✓ 作用線上の点におけるモーメントは距離が0となるのでモーメントも0となります
- 複数の力によるモーメント : それぞれの力によるモーメントを個別に求め、最後に合算しましょう
- O点へのモーメントを求めてみましょう : まずは P_1 によるO点へのモーメントを求めて…、次に P_2 によるO点へのモーメントを求めて…、そして P_3 によるO点へのモーメントを求めて…、最後に合算



《基礎問題 12》A・B・Cの三点のモーメントをそれぞれ求めよ。



『解法手順（基礎）』

- 1) 作用線を図示
- 2) モーメントを求める点から作用線までの垂線を図示
- 3) モーメントを求める点から作用線と垂線の交点までの距離を示す
- 4) モーメント=力の大きさ×上記の距離
- 5) 複数の力によるモーメントを合算

$$M_A = -7 \times 3 + 4 \times 2 = -13 [kNm]$$

$$M_B = -7 \times 3 + 4 \times 0 = -21 [kNm]$$

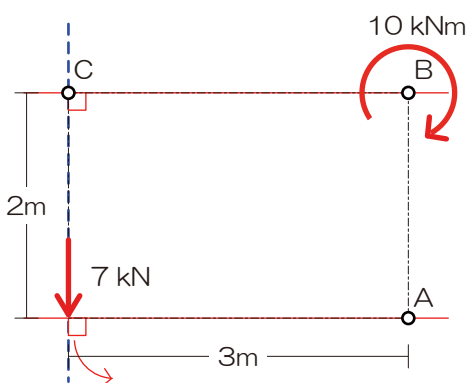
$$M_C = -7 \times 0 + 4 \times 0 = 0 [kNm]$$

解答： $M_A = -13 [kN]$ 、 $M_B = -21 [kN]$ 、 $M_C = 0 [kN]$

[ポイント]

- ✓ 複数の力によるモーメントは、冷静に1つずつ片付けて最後に合算しましょう
- モーメント荷重：計算対象にあるモーメント荷重は、全ての点に等しいモーメントの影響を与える（そのままの値をそのまま足してしまえばOKです）

《基礎問題 13》A・B・Cの三点のモーメントをそれぞれ求めよ。



『解法手順（基礎）』

- 1) 作用線を図示
- 2) モーメントを求める点から作用線までの垂線を図示
- 3) モーメントを求める点から作用線と垂線の交点までの距離を示す
- 4) モーメント=力の大きさ×上記の距離
- 5) 複数の力によるモーメントを合算

$$M_A = -7 \times 3 + 10 = -11 [kNm]$$

$$M_B = -7 \times 3 + 10 = -11 [kNm]$$

$$M_C = -7 \times 0 + 10 = 10 [kNm]$$

解答： $M_A = -11 [kN]$ 、 $M_B = -11 [kN]$ 、 $M_C = 10 [kN]$

[ポイント]

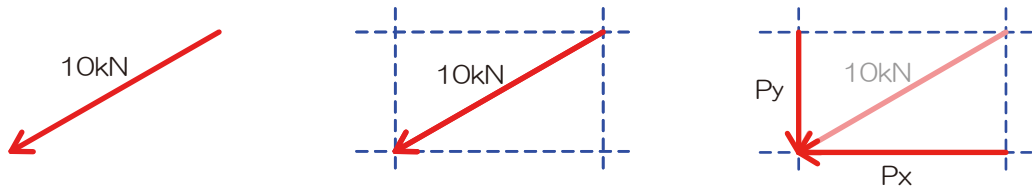
- ✓ 計算対象にあるモーメント荷重は全ての点に等しいモーメントの影響を与えます



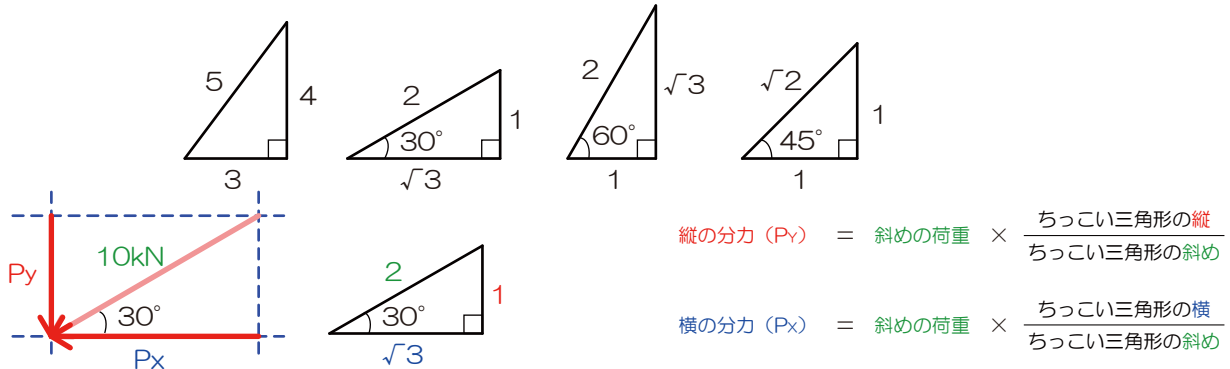
1.6 斜めの荷重

■ 斜め荷重への対処法

➤ 斜めの荷重に出会ったら：縦と横に分解しましょう



➤ 分解の方法：ちっこい三角形を書いて考えましょう（三角関数？比の計算？解法は問いませんがオススメを示します）

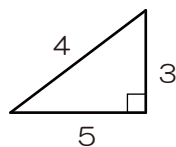
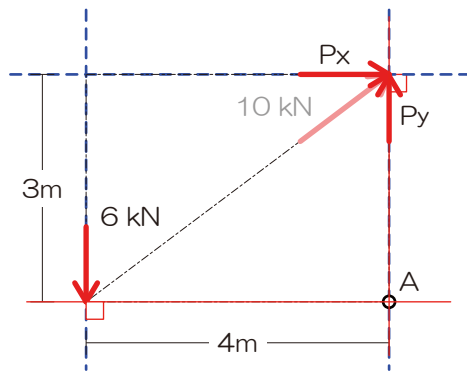


$$P_x = 10 \times \frac{\sqrt{3}}{2} = 5\sqrt{3}[\text{kN}]、P_y = 10 \times \frac{1}{2} = 5[\text{kN}]$$

《基礎問題 14》A 点のモーメントを求めよ。

『解法手順（基礎）』

- 1) 斜めの力を縦横に分力（ちっこい三角形図示）
- 2) 作用線を図示
- 3) モーメントを求める点から作用線までの垂線を図示
- 4) モーメントを求める点から作用線と垂線の交点までの距離を示す
- 5) モーメント＝力の大きさ×上記の距離
- 6) 複数の力によるモーメントを合算



$$P_x = 10 \times \frac{4}{5} = 8[\text{kN}]$$

$$P_y = 10 \times \frac{3}{5} = 6[\text{kN}]$$

$$M_A = +P_x \times 3 + P_y \times 0 - 6 \times 4$$

$$M_A = +8 \times 3 + 6 \times 0 - 6 \times 4$$

$$M_A = 0[\text{kN}]$$

解答： $M_A = 0[\text{kN}]$

[ポイント]

- ✓ 斜めの荷重に出会ったら縦と横に分解して考えましょう
- ✓ ちっこい三角形が重要です！しっかりと図示しておきましょう



2 力のつり合い

2.1 力のつり合い

■ 力のつり合いの活用法

- 力のつり合いのできること：未知力算定・支点の反力算定・トラスの応力算定など、支点の反力が求められないと応力を求めることがほぼできません、未知力算定ができないと支点の反力を求めることもできません…力学すべての根源！

■ 力のつり合いとは

- つり合い状態：力がつり合っている場合には物体は動かない（不動の状態）
- 不動の条件：回転していない・縦に動いていない・横にも動いていない、の三条件が同時に成立すること

■ 力のつり合い三式

- 回転していない：任意の点のモーメントが0、 $M_o = 0$
- 縦に動いていない：縦の力の合計が0、 $\sum Y = 0$
- 横にも動いていない：横の力の合計が0、 $\sum X = 0$

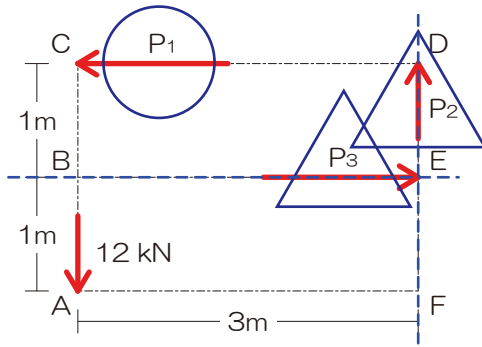
2.2 未知力算定

■ 未知力の算定方法

- 未知力とは：値が求められていない力、問題に示される以外にも自分自身で仮定した力も含まれる
- 未知力の求めかた：つり合い三式を用いて未知の力を求める（基本的には三連立方程式）、未知力3つまではほぼ求めることが可能
- 未知力算定の大前提：つり合い三式より、ターゲットとなる力以外の未知力が入らない式を一発で選択できれば簡単なものにな…
- つり合い三式の選び方：求める必要のある未知力（ターゲットと呼びます）をチェック！（○で囲む）、それ以外の未知2力を△で囲みその作用線2本を図示 ⇒ 一点で交差するならその交点での $M_o = 0$ 、平行になってしまった場合には直行する軸の $\sum Y = 0$ もしくは $\sum X = 0$ を選べば一撃です
- 一点で交差するならば：作用線上はモーメントが0となりますね、その作用線が交差する点においてはターゲット以外の未知力のモーメントは両者とも0となるので、その点のモーメントの式にはターゲット以外の両未知力が取り残される（入ってくる）ことはありません（ターゲットとなる力以外の未知力が入らない式を一発で選択！）
- 平行になってしまったら：ターゲット以外の未知力が縦に平行だった場合は、横の力のつり合いに着目すればターゲット以外の両未知力は式に現れることはありません（ターゲットとなる力以外の未知力が入らない式を一発で選択！）



P_1 を求めよ。



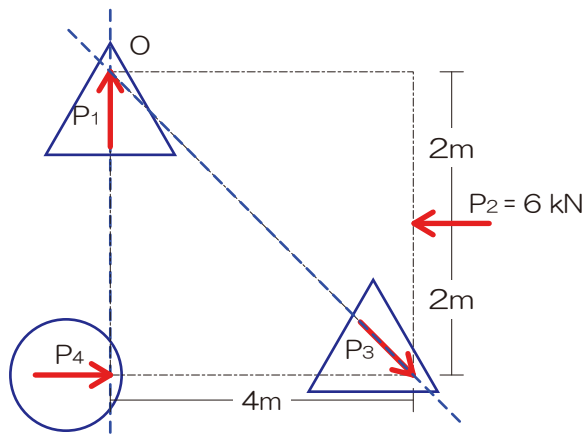
2本の作用線の交点であるE 点に注目

$$M_E = -12 \times 3 - P_1 \times 1 = 0$$

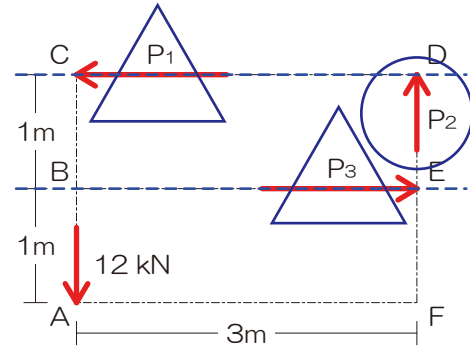
$$P_1 = -36 [kN]$$

《基礎問題 15》力のつり合い条件が成立している場合

の P_4 を求めよ。



P_2 を求めよ。



作用線が平行なので直行する鉛直軸に注目

$$\sum Y = -12 + P_2 = 0$$

$$P_2 = 12 [kN]$$

『解法手順 (基礎)』

- 1) 求めたい未知力 (ターゲット) を○チェック
- 2) ターゲット以外の未知力を△チェック
- 3) ターゲット以外の未知力の作用線を図示
- 4) 上記作用線が交差するなら⇒交点のモーメントに注目 ($M_o = 0$)、平行なら⇒直行する軸のつり合いに注目 ($\sum Y = 0$ もしくは $\sum X = 0$)

交点O に注目

$$M_o = -P_4 \times 4 + 6 \times 2 = 0$$

$$-4P_4 = -6 \times 2$$

$$P_4 = \frac{-6 \times 2}{-4}$$

$$P_4 = 3 [kN]$$

解答 : $P_4 = 3 [kN]$

[ポイント]

- ✓ 未知力の算定には力のつり合い三式を用いる
- ✓ 力のつり合い三式とは、回転していない：任意の点のモーメントが0、 $M_o = 0$ 、縦に動いていない：縦の力の合計が0、 $\sum Y = 0$ 、横にも動いていない：横の力の合計が0、 $\sum X = 0$
- ✓ つり合い三式の見つけ方は、ターゲット以外の作用線が1点で交差するならばその交点の $M_o = 0$ 、平行ならば直行する方向の $\sum Y = 0$ もしくは $\sum X = 0$



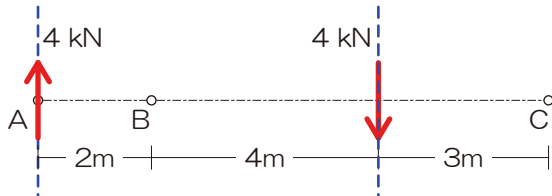
【この講座の目標】 ※番号は前講義からの続き

16) 支点の反力を図示し、反力を求めることができる P29 《基礎問題 16、17》

17) 任意の点の応力を求めることができる P33 《基礎問題 18、19》

『午前の部の講義の復習』

《復習問題 01》 A・B・Cの三点のモーメントをそれぞれ求めよ。



『解法手順 (基礎)』

- 1) 作用線を図示
- 2) モーメントを求める点から作用線までの垂線を図示
- 3) モーメントを求める点から作用線と垂線の交点までの距離を示す
- 4) モーメント=力の大きさ×上記の距離
⇒ 符号の確認もお忘れなく

$$M_A = 4 \times 0 + 4 \times 6 = 24 [kNm]$$

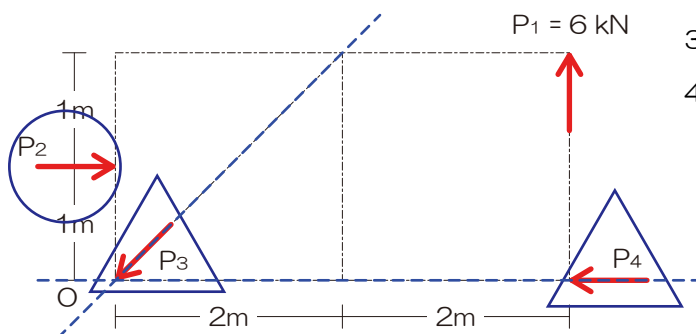
$$M_B = +4 \times 2 + 4 \times 4 = 24 [kNm]$$

$$M_C = +4 \times 9 - 4 \times 3 = 24 [kNm]$$

※方向が真逆で同じ大きさ 2 力によるモーメントは偶力によるモーメントと定義され、すべての点でモーメントが等しい

解答 : $M_A=24 [kN]$ 、 $M_B=24 [kN]$ 、 $M_C=24 [kN]$

《復習問題 02》 力のつり合い条件が成立している場合の P_2 の値を求めよ。



『解法手順 (基礎)』

- 1) 求めたい未知力 (ターゲット) を○チェック
- 2) ターゲット以外の未知力を△チェック
- 3) ターゲット以外の未知力の作用線を図示
- 4) 上記作用線が交差するなら⇒交点のモーメントに注目 ($M_o = 0$)、平行なら⇒直行する軸のつり合いに注目 ($\sum Y = 0$ もしくは $\sum X = 0$)

交点 O に注目

$$M_o = P_2 \times 1 - 6 \times 4 = 0$$

$$P_2 = 24 [kN]$$

解答 : $P_2=24 [kN]$

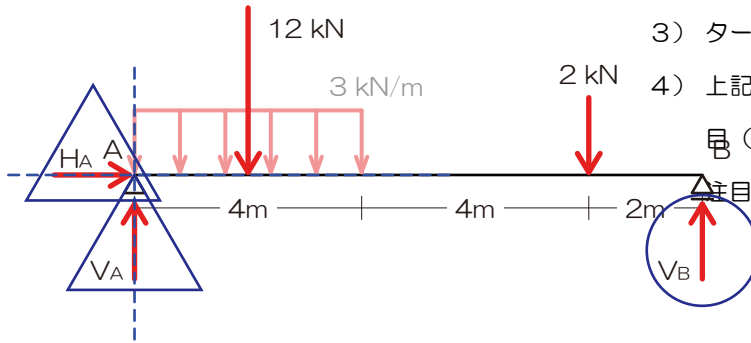


《復習問題 03》力のつり合い条件が成立している場合

『解法手順（基礎）』

の V_B の値を求めよ。

- 1) 求めたい未知力（ターゲット）を○チェック
- 2) ターゲット以外の未知力を△チェック
- 3) ターゲット以外の未知力の作用線を図示
- 4) 上記作用線が交差するなら⇒交点のモーメントに注目（ $M_o = 0$ ）、平行なら⇒直行する軸のつり合いに注目（ $\sum Y = 0$ もしくは $\sum X = 0$ ）



交点 A に注目

$$M_A = +12 \times 2 + 2 \times 8 - V_B \times 10 = 0$$

$$24 + 16 - 10V_B = 0$$

$$-10V_B = -40$$

$$V_B = 4[kN]$$

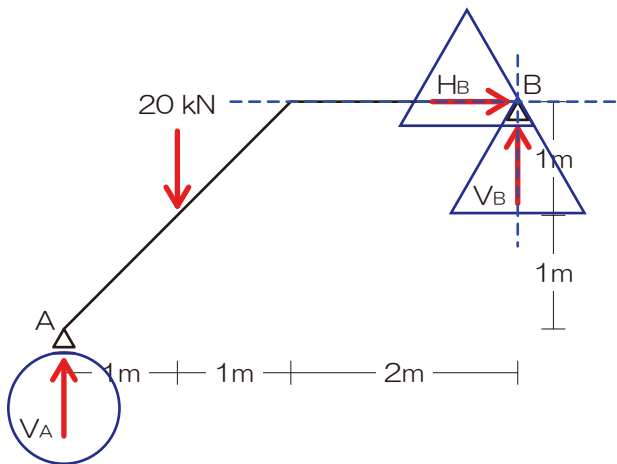
解答： $V_B = 4[kN]$

《復習問題 04》力のつり合い条件が成立している場合

『解法手順（基礎）』

の V_B の値を求めよ。

- 1) 求めたい未知力（ターゲット）を○チェック
- 2) ターゲット以外の未知力を△チェック
- 3) ターゲット以外の未知力の作用線を図示
- 4) 上記作用線が交差するなら⇒交点のモーメントに注目（ $M_o = 0$ ）、平行なら⇒直行する軸のつり合いに注目（ $\sum Y = 0$ もしくは $\sum X = 0$ ）



交点 B に注目

$$M_B = +V_A \times 4 - 20 \times 3 = 0$$

$$4V_A - 60 = 0$$

$$V_A = 15[kN]$$

解答： $V_A = 15[kN]$



3 支点の反力

3.1 構造物の構成

■ 梁

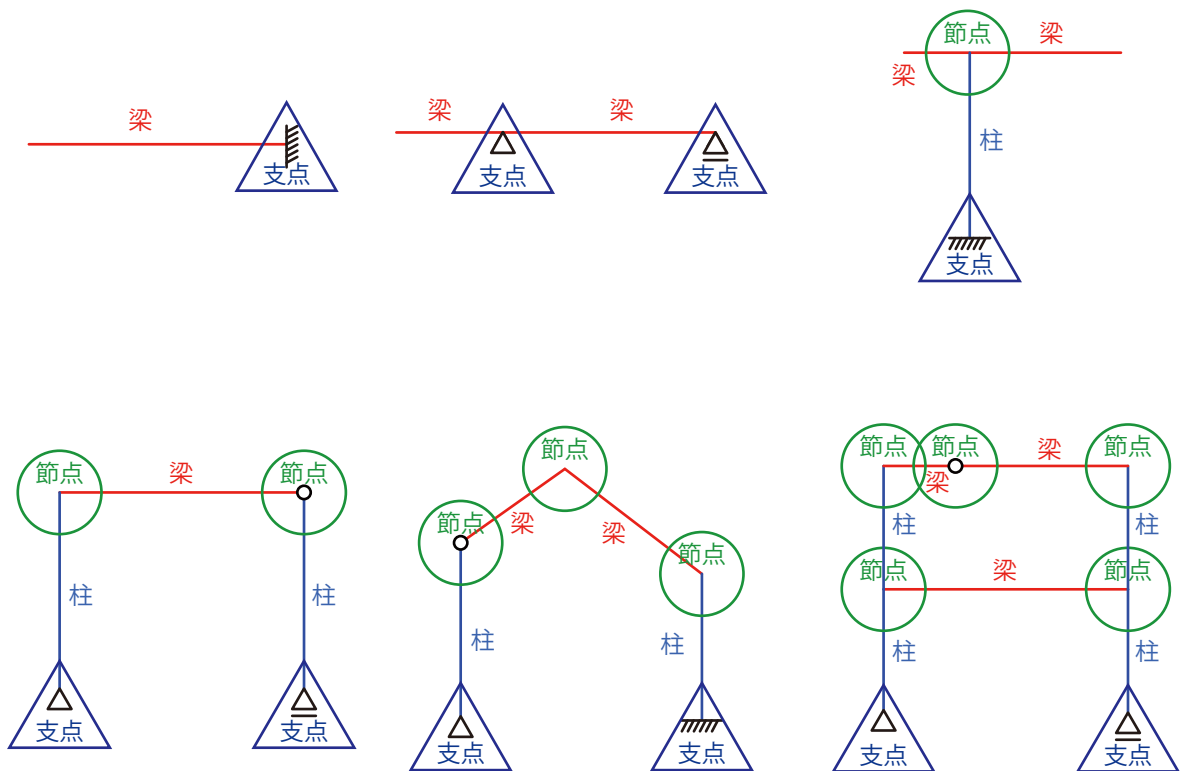
- 2つの支点により水平あるいはそれに近い状態で支えられ、材軸に対し直角又は斜めの荷重を受ける構造部材

■ 柱


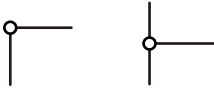

- 屋根や床の荷重を支え、基礎に伝える役目を果たす垂直部材

■ 支点と節点




- 節点：部材と部材を接合する点、力学上 2 種に分類される、実際の構造上つながっていても（通し柱等）途中に他の部材が接合している場合にはその点は節点となる
- 支点：構造物を支える点、力学上簡略的に 3 種に分類される



3.2 節点の種類

<p>■ 剛節点 ▶ 回転できない節点</p> 	<p>■ ピン節点（滑節点） ▶ 回転可能な節点</p> 	<p>■ 混合 ▶ どっちだ？</p> 
--	---	--

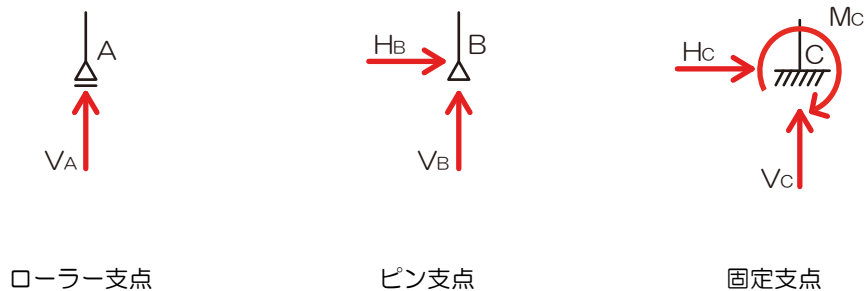
3.3 支点の反力

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 	×	×	×	○	○	○

※動けない方向に反力が生じる

■ 反力の図示

- ▶ 支点を見つけたら生じる可能性のある反力を図示（もう問題を読む前にでも！）
- ▶ 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



3.4 支点の反力の求め方

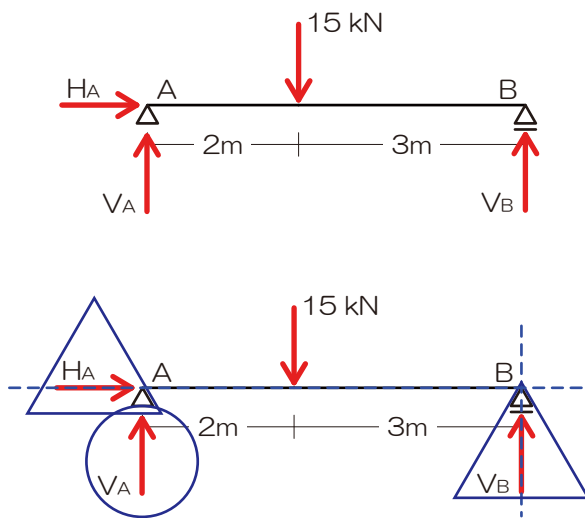
■ 反力算定の基本

- 前回の講義にて解説を行った「力のつり合い」を用います
- 力のつり合いを用いることから手持ちのカード（つり合い式）は三枚なので、求められる未知力も3つまでです

■ 反力算定の手順

- 支点に生じる可能性のある【反力を図示】
- 【力のつり合い】を用いて未知の反力を求める

■ 以下の構造物の支点の反力を求めてみましょう



『解法手順（基礎）』

- 1) 生じる可能性のある反力を図示
- 2) 求めたい未知力（ターゲット）を〇チェック
- 3) ターゲット以外の未知力を△チェック
- 4) ターゲット以外の未知力の作用線を図示
- 5) 上記作用線が交差するなら⇒交点のモーメントに注目 ($M_o = 0$)、平行なら⇒直行する軸のつり合いに注目 ($\sum Y = 0$ もしくは $\sum X = 0$)
- 6) 残りの反力はそれ以外のカード（つり合い式）を用いて求める

V_A を求める

$$M_B = +V_A \times 5 - 15 \times 3 = 0$$

$$V_A = 9[kN]$$

V_B を求める

$$\sum Y = +V_A - 15 + V_B = 0$$

$$9 - 15 + V_B = 0$$

$$V_B = 6[kN]$$

H_A を求める

$$\sum X = +H_A = 0$$

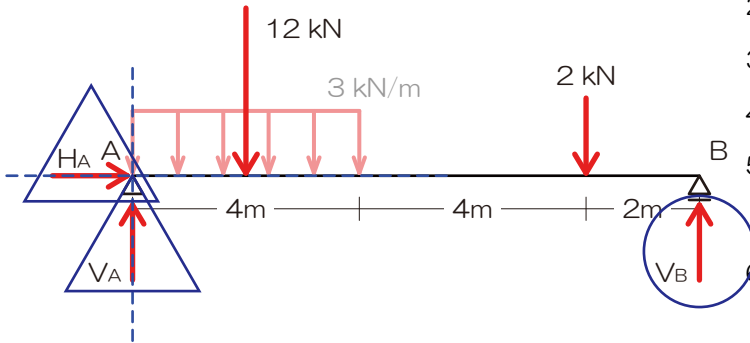
$$H_A = 0[kN]$$

解答： $V_A = 9[kN]$ 、 $V_B = 6[kN]$ 、 $H_A = 0[kN]$



《基礎問題 16》以下の構造物の各支点の反力を求めよ。

『解法手順（基礎）』



- 1) 生じる可能性のある反力を図示
- 2) 求めたい未知力（ターゲット）を○チェック
- 3) ターゲット以外の未知力を△チェック
- 4) ターゲット以外の未知力の作用線を図示
- 5) 上記作用線が交差するなら⇒交点のモーメントに注目、平行なら⇒直行する軸のつり合いに注目
- 6) 残りの反力はそれ以外のカード（つり合い式）を用いて求める

V_B を求める（交点 A に注目）

$$M_A = +12 \times 2 + 2 \times 8 - V_B \times 10 = 0$$

$$24 + 16 - 10V_B = 0$$

$$-10V_B = -40$$

$$V_B = 4[kN]$$

V_A を求める（縦方向の力のつり合い）

$$\sum Y = +V_A - 12 - 2 + V_B = 0$$

$$+V_A - 12 - 2 + 4 = 0$$

$$V_A = 10[kN]$$

H_A を求める（横方向の力のつり合い）

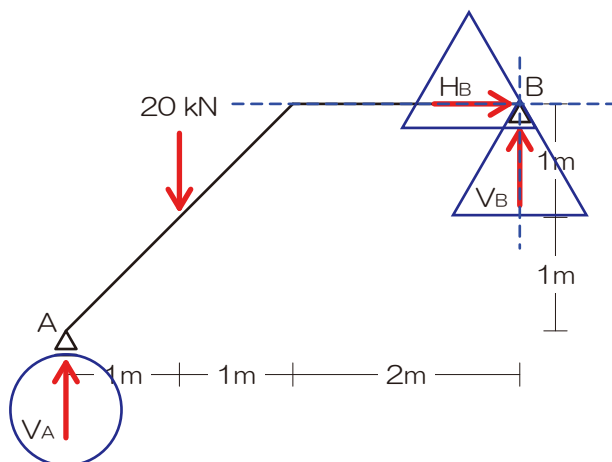
$$\sum X = +H_A = 0$$

$$H_A = 0[kN]$$

解答： $V_A = 10[kN]$ 、 $V_B = 4[kN]$ 、 $H_A = 0[kN]$

《基礎問題 17》以下の構造物の各支点の反力を求めよ。

『解法手順（基礎）』



- 1) 生じる可能性のある反力を図示
- 2) 求めたい未知力（ターゲット）を○チェック
- 3) ターゲット以外の未知力を△チェック
- 4) ターゲット以外の未知力の作用線を図示
- 5) 上記作用線が交差するなら⇒交点のモーメントに注目、平行なら⇒直行する軸のつり合いに注目
- 6) 残りの反力はそれ以外のカード（つり合い式）を用いて求める

V_A を求める（交点 B に注目）

$$M_B = +V_A \times 4 - 20 \times 3 = 0$$

$$4V_A - 60 = 0$$

$$V_A = 15[kN]$$

V_B を求める（縦方向の力のつり合い）

$$\sum Y = +V_A - 20 + V_B = 0$$

$$V_B = 5[kN]$$

H_A を求める（横方向の力のつり合い）

$$\sum X = +H_A = 0$$

$$H_A = 0[kN]$$

解答： $V_A = 15[kN]$ 、 $V_B = 5[kN]$ 、 $H_A = 0[kN]$

[ポイント]

- ✓ 力のつり合いさえ把握していれば楽勝！
- ✓ ただし、反力の図示は忘れないでね



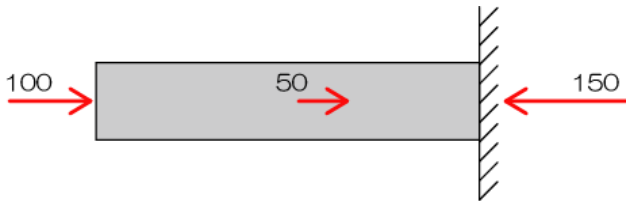
4 応力

4.1 応力とは

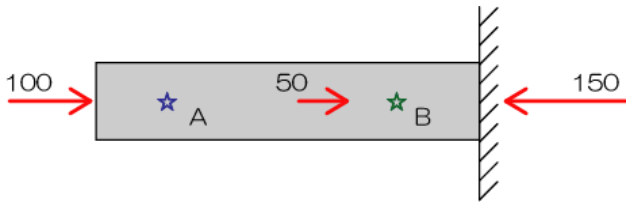
1) 100、50 の荷重を受けている片持ち梁があります



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

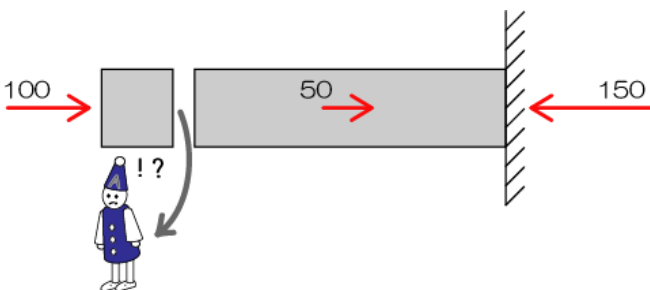


3) さて、ここで質問「以下の A 点と B 点ではどちらが“痛い”ですか？」材の中に小人さん（☆印）がいることを想定し、考えてみてください

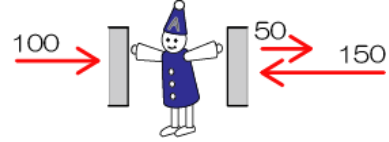


正解は皆さんのご想像の通り B 点なのですが、そのままでは講義が成立しないのでちゃんと解説してみます

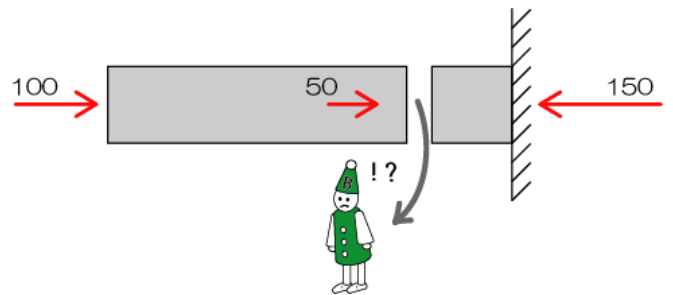
4) では、A 点に隠れている小人さんに登場願しましょう（A 点で構造体を切断します）



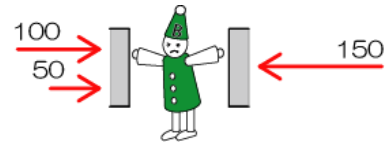
5) A 点の小人さんは左側から 100 で押され、右側からも 100 で押されています（50 で引っ張られ、150 で押されているのでその合計） → 「両側から 100 ずつで押されている」



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のですが見えますか？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

※ 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（応力を求める点で構造体を【切断】し、小人さんに登場ねがきましょう）

※ 応力は左右（もしくは上下）で必ず釣り合います（つてことは片側の力のみ【選択】し計算すれば OK）

※ 【応力】は【切断】⇒【選択】の手順を守れば計算可！



4.2 応力の種類

■ 応力の影響を及ぼす力（荷重・反力）

- 応力の種類により影響を及ぼす力が異なります、影響を及ぼす力を見極めることが重要です！

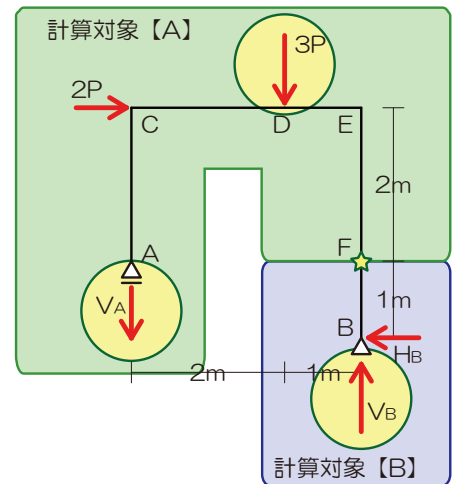
■ 計算対象の選び方

- 応力の影響を与える力（荷重・反力）を見極め以下の留意点に配慮し、より簡便な計算対象を選択しましょう！

- 1) 応力の影響を与える【反力が無い側】（反力算定の手間を省けます）
- 2) 両計算対象ともに反力が含まれる場合は、【力（荷重・反力）の数が少ない側】

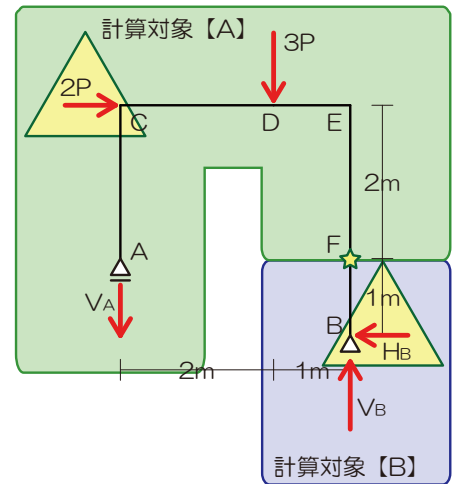
■ 軸方向力（N）、右図○が応力の影響を及ぼす力（荷重・反力）

- 構造部材が潰されたり（圧縮）、引っ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
- 右例題における計算対象は？ ⇒ 絶対に「計算対象【B】」、両計算対象ともに応力の影響を及ぼす反力がありますが、【B】は応力の影響を及ぼす力の総数が1となり【A】よりも少ないので



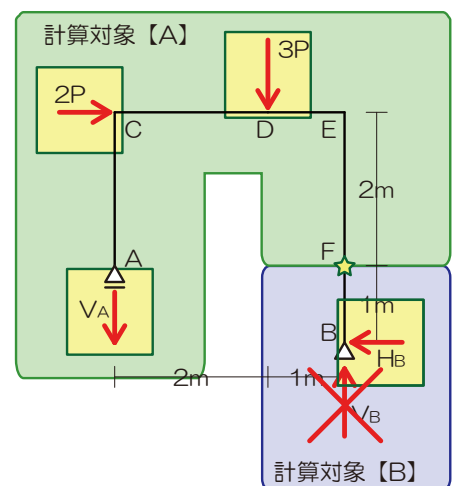
■ せん断力（Q）、右図△が応力の影響を及ぼす力（荷重・反力）

- 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）
- 右例題における計算対象は？ ⇒ 絶対に「計算対象【A】」、【A】には応力の影響を及ぼす反力が無いので、反力算定の手間を省けます



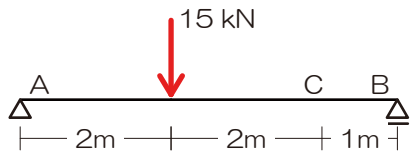
■ 曲げモーメント（M）、右図□が応力の影響を及ぼす力（荷重・反力）

- 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
- 対象となる力は応力を求める点に作用線が交差しない力（距離が0となるのでモーメントが0となりますね）
- 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）
- 右例題における計算対象は？ ⇒ 絶対に「計算対象【B】」、両計算対象ともに応力の影響を及ぼす反力がありますが、【B】は応力の影響を及ぼす力の総数が1となり【A】よりも少ないので（反力 H_B も暗算で求められそうですね）



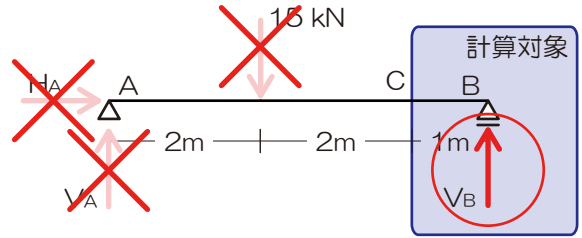
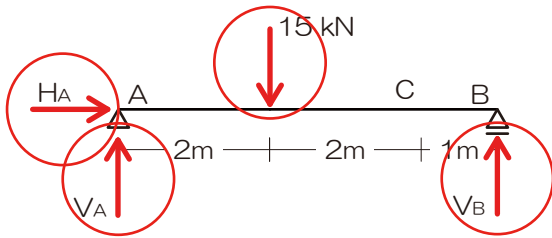
4.3 反力と応力

■ 計算対象となる力に留意



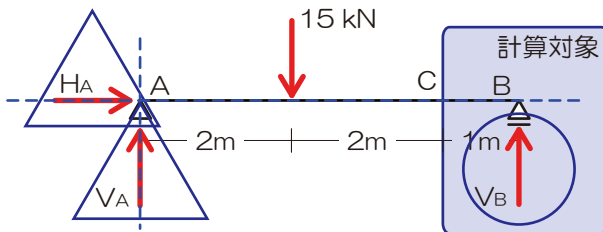
※反力算定：構造体にかかる【すべての力】が計算対象

※応力算定：切断後に選択された範囲にある力のみが計算対象



4.4 応力算定

■ 以下の構造物のC点の各応力を求めてみましょう



『解法手順（基礎）』

- 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】（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）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】⇒計算対象は右を【選択】

計算対象に未知力 V_B が入っているので…

V_B を求める（交点 A に注目）

$$M_A = +15 \times 2 - V_B \times 5 = 0$$

$$V_B = 6[kN]$$

C点の軸方向力（材と並行な力）を求める

$$N_C = 0[kN]$$

C点のせん断力（材と鉛直な力）を求める

$$Q_C = V_B$$

$$Q_C = 6[kN]$$

C点の曲げモーメント（すべての力対象）を求める

$$M_C = -6 \times 1$$

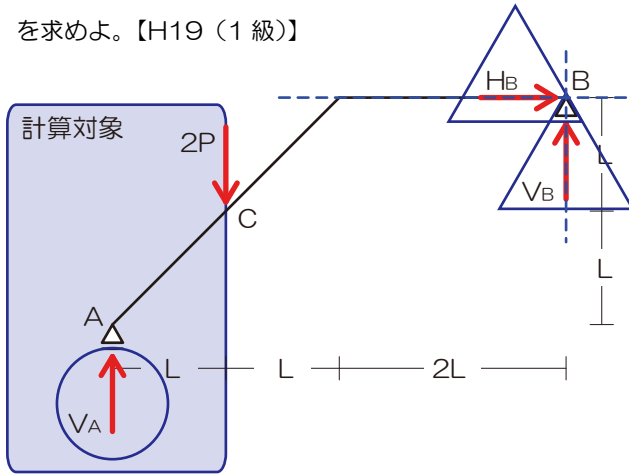
$$M_C = 6[kNm] \quad \text{（最後に絶対値表記）}$$

解答： $N_C = 0[kN]$ 、 $Q_C = 6[kN]$ 、 $M_C = 6[kNm]$



《基礎問題 18》以下の構造物の C 点の曲げモーメント

を求めよ。【H19 (1 級)】



『解法手順 (基礎)』

- 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】(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)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】⇒計算対象は左を【選択】

計算対象に未知力 V_A が入っているので…

V_A を求める (交点 B に注目)

$$M_B = +V_A \times 4L - 2P \times 3L = 0$$

$$4V_A L - 6PL = 0$$

$$V_A = \frac{3P}{2} [kN]$$

C 点の曲げモーメント (すべての力対象) を求める

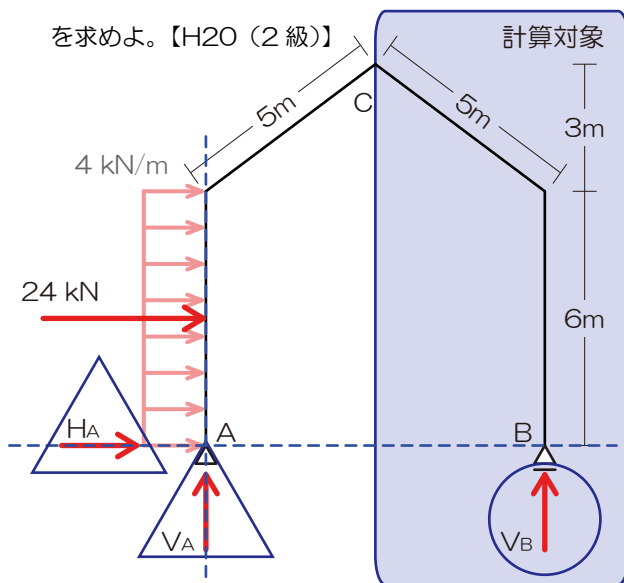
$$M_C = +V_A \times L$$

$$M_C = \frac{3P}{2} L [kNm]$$

解答: $M_C = 3PL/2 [kNm]$

《基礎問題 14》以下の構造物の C 点の曲げモーメント

を求めよ。【H20 (2 級)】



『解法手順 (基礎)』

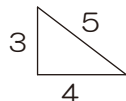
- 1) 生じる可能性のある反力を図示
- 2) 応力を求めたい点で構造体を【切断】!
- 3) 計算対象を【選択】(計算対象とならなかった力は応力算定時には完全シカトすること!)
- 4) もし、未知力が入っていたら、ここでようやく未知力(通常は反力)を求める 図は 1) に戻るよ!
- 5) せん断力は軸に対して鉛直な全ての力が対象、軸方向力は軸に平行な力の全て、曲げモーメントはとにかく計算対象側全部の力

C 点で【切断】⇒計算対象は右を【選択】

V_B を求める (交点 A に注目)

$$M_A = +24 \times 3 - V_B \times 8 = 0$$

$$V_B = 9 [kN]$$



C 点の曲げモーメント (すべての力対象) を求める

$$M_C = -V_B \times 4$$

$$M_C = -9 \times 4 \quad (\text{最後に絶対値表記})$$

$$M_C = 36 [kNm]$$

解答: $M_C = 36 [kNm]$

[ポイント]

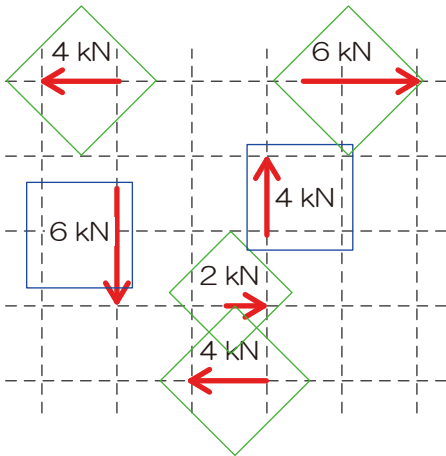
- ✓ 【応力】は【切断】⇒【選択】の手順を守れば計算可能! (反力が少ない方を選ぶと計算が楽♪)
- ✓ 計算対象となる力は、応力算定では選択範囲内の力のみ、反力算定ではすべての力



〔要点チェック〕

8) 同一方向の集中荷重の加算ができる P16 《基礎問題 09》

《基礎問題 09》以下の力を縦横に分類後、両者をそれぞれ合算せよ



『解法手順 (基礎)』

- 1) 力を縦・横に分類
⇒ 縦を□、横を◇としてみました
- 2) それぞれ方向ごとに合算
⇒ 上・右をプラスとしましょう

$$\begin{aligned} \sum Y &= -6 + 4 \\ \sum Y &= -2[kN] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum X &= -4 + 6 + 2 - 4 \\ \sum X &= 0[kN] \end{aligned}$$

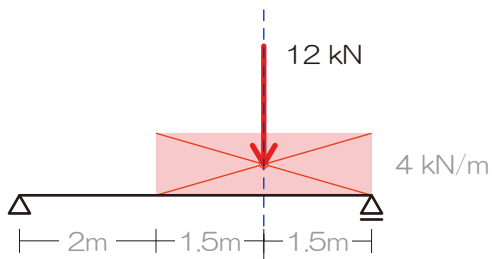
解答：縦方向は 2[kN] (下)、横方向は 0[kN]

〔ポイント〕

- ✓ 同じ方向の力はどんなに離れていても合算可能、ただし符号には注意！

9) 分布荷重を集中荷重へ変換できる P17 《基礎問題 10》

《基礎問題 10》以下の分布荷重を集中荷重へ変換せよ



『解法手順 (基礎)』

- 1) 分布荷重に囲まれたエリアをチェック
- 2) 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
- 3) 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

$$4 \times 3 = 12[kN]$$

解答：右端の点から 1.5[m]の位置に下方 12[kN]

〔ポイント〕

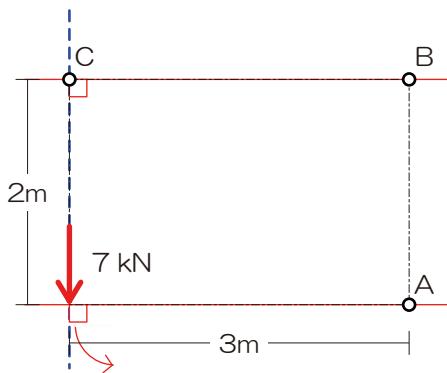
- ✓ 分布荷重によって囲まれたエリアに注目
- ✓ 囲まれたエリアの『面積』が荷重の合計、『重心』の位置を変換した集中荷重が通ります



10) 任意の点のモーメントを求めることができる P19 《基礎問題 11》

《基礎問題 11》 A・B・Cの三点のモーメントをそれぞれ 『解法手順（基礎）』

れ求めよ。



- 1) 作用線を図示
- 2) モーメントを求める点から作用線までの垂線を図示
- 3) モーメントを求める点から作用線と垂線の交点までの距離を示す
- 4) モーメント=力の大きさ×上記の距離
⇒ 符号の確認もお忘れなく

$$M_A = -7 \times 3 = -21 [kNm]$$

$$M_B = -7 \times 3 = -21 [kNm]$$

$$M_C = -7 \times 0 = 0 [kNm]$$

解答： $M_A = -21 [kN]$ 、 $M_B = -21 [kN]$ 、 $M_C = 0 [kN]$

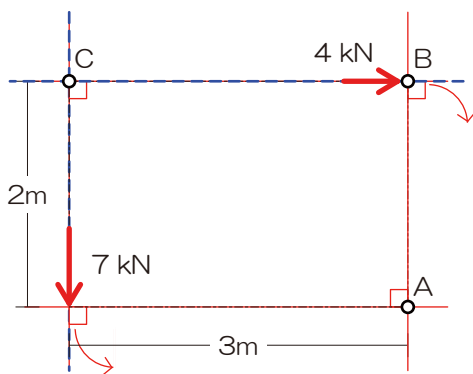
[ポイント]

- ✓ 『モーメントにおける距離』とは『モーメントを求める点から力の作用線までの鉛直距離』となるので注意
- ✓ 慣れるまでは作用線は図示しておきましょう
- ✓ 作用線上の点におけるモーメントは距離が0となるのでモーメントも0となります

11) 複数の力による任意の点のモーメントを求めることができる P20 《基礎問題 12》

《基礎問題 12》 A・B・Cの三点のモーメントをそれぞれ 『解法手順（基礎）』

れ求めよ。



- 1) 作用線を図示
- 2) モーメントを求める点から作用線までの垂線を図示
- 3) モーメントを求める点から作用線と垂線の交点までの距離を示す
- 4) モーメント=力の大きさ×上記の距離
- 5) 複数の力によるモーメントを合算

$$M_A = -7 \times 3 + 4 \times 2 = -13 [kNm]$$

$$M_B = -7 \times 3 + 4 \times 0 = -21 [kNm]$$

$$M_C = -7 \times 0 + 4 \times 0 = 0 [kNm]$$

解答： $M_A = -13 [kN]$ 、 $M_B = -21 [kN]$ 、 $M_C = 0 [kN]$

[ポイント]

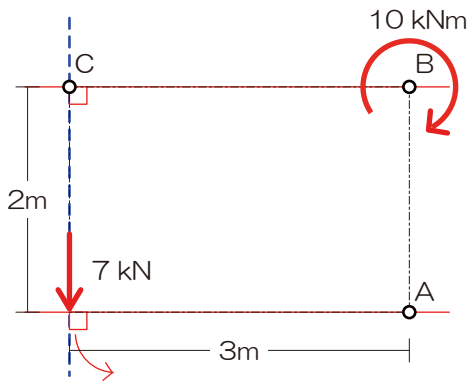
- ✓ 複数の力によるモーメントは、冷静に1つずつ片付けて最後に合算しましょう



1 2) モーメント荷重の概念を理解できる P20 《基礎問題 13》

《基礎問題 13》 A・B・C の三点のモーメントをそれぞれ

求めよ。



- 『解法手順 (基礎)』
- 1) 作用線を図示
 - 2) モーメントを求める点から作用線までの垂線を図示
 - 3) モーメントを求める点から作用線と垂線の交点までの距離を示す
 - 4) モーメント=力の大きさ×上記の距離
 - 5) 複数の力によるモーメントを合算

$$M_A = -7 \times 3 + 10 = -11 [kNm]$$

$$M_B = -7 \times 3 + 10 = -11 [kNm]$$

$$M_C = -7 \times 0 + 10 = 10 [kNm]$$

解答： $M_A = -11 [kN]$ 、 $M_B = -11 [kN]$ 、 $M_C = 10 [kN]$

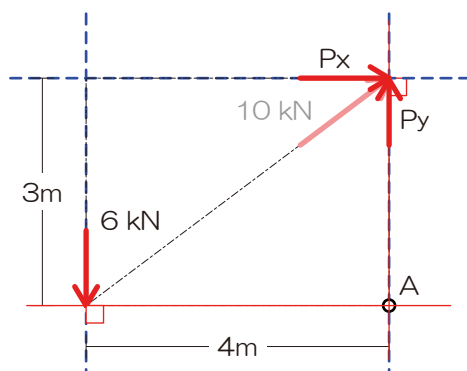
[ポイント]

- ✓ 計算対象にある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

1 3) 斜めの力を縦 (鉛直) / 横 (水平) に分力できる P9 《基礎問題 14》

《基礎問題 14》 A 点のモーメントを求めよ。

『解法手順 (基礎)』



- 1) 斜めの力を縦横に分力 (ちっこい三角形図示)
- 2) 作用線を図示
- 3) モーメントを求める点から作用線までの垂線を図示
- 4) モーメントを求める点から作用線と垂線の交点までの距離を示す
- 5) モーメント=力の大きさ×上記の距離
- 6) 複数の力によるモーメントを合算

$$P_x = 10 \times \frac{4}{5} = 8 [kN]$$

$$P_y = 10 \times \frac{3}{5} = 6 [kN]$$

$$M_A = +P_x \times 3 + P_y \times 0 - 6 \times 4$$

$$M_A = +8 \times 3 + 6 \times 0 - 6 \times 4$$

$$M_A = 0 [kN]$$

解答： $M_A = 0 [kN]$

[ポイント]

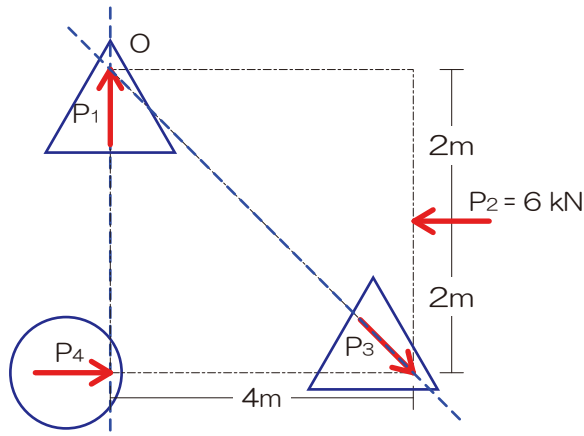
- ✓ 斜めの荷重に出会ったら縦と横に分解して考えましょう
- ✓ ちっこい三角形が重要です！しっかりと図示しておきましょう



1.4) つり合い状態にある場合の未知の力を求めることができる P23 《基礎問題 15》

《基礎問題 15》力のつり合い条件が成立している場合 『解法手順 (基礎)』

の P_4 を求めよ。



- 1) 求めたい未知力 (ターゲット) を○チェック
- 2) ターゲット以外の未知力を△チェック
- 3) ターゲット以外の未知力の作用線を図示
- 4) 上記作用線が交差するなら⇒交点のモーメントに注目 ($M_o = 0$)、平行なら⇒直行する軸のつり合いに注目 ($\sum Y = 0$ もしくは $\sum X = 0$)

交点 O に注目

$$M_o = -P_4 \times 4 + 6 \times 2 = 0$$

$$-4P_4 = -6 \times 2$$

$$P_4 = \frac{-6 \times 2}{-4}$$

$$P_4 = 3[kN]$$

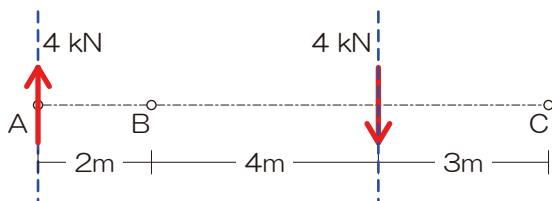
解答: $P_4 = 3[kN]$

[ポイント]

- ✓ 未知力の算定には力のつり合い三式を用いる
- ✓ 力のつり合い三式とは、回転していない: 任意の点のモーメントが0、 $M_o = 0$ 、縦に動いていない: 縦の力の合計が0、 $\sum Y = 0$ 、横にも動いていない: 横の力の合計が0、 $\sum X = 0$
- ✓ つり合い三式の見つけ方は、ターゲット以外の作用線が1点で交差するならばその交点の $M_o = 0$ 、平行ならば直行する方向の $\sum Y = 0$ もしくは $\sum X = 0$

《復習問題 01》A・B・Cの三点のモーメントをそれぞれ 『解法手順 (基礎)』

求めよ。



- 1) 作用線を図示
- 2) モーメントを求める点から作用線までの垂線を図示
- 3) モーメントを求める点から作用線と垂線の交点までの距離を示す
- 4) モーメント = 力の大きさ × 上記の距離

$$M_A = 4 \times 0 + 4 \times 6 = 24[kNm]$$

$$M_B = +4 \times 2 + 4 \times 4 = 24[kNm]$$

$$M_C = +4 \times 9 - 4 \times 3 = 24[kNm]$$

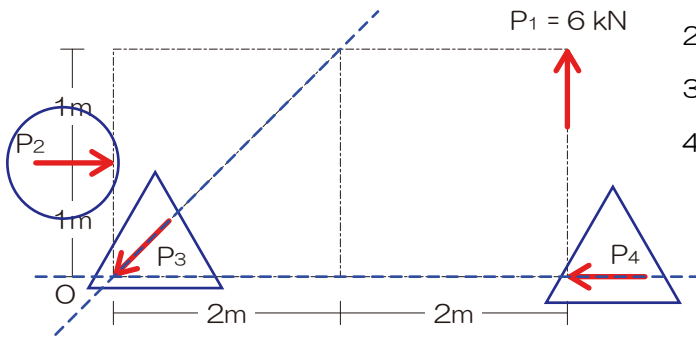
解答: $M_A = 24[kNm]$ 、 $M_B = 24[kNm]$ 、 $M_C = 24[kNm]$



《復習問題 02》力のつり合い条件が成立している場合

『解法手順（基礎）』

の P_2 の値を求めよ。



- 1) 求めたい未知力（ターゲット）を○チェック
- 2) ターゲット以外の未知力を△チェック
- 3) ターゲット以外の未知力の作用線を図示
- 4) 上記作用線が交差するなら⇒交点のモーメントに注目、平行なら⇒直行する軸のつり合いに注目

交点 O に注目

$$M_O = P_2 \times 1 - 6 \times 4 = 0$$

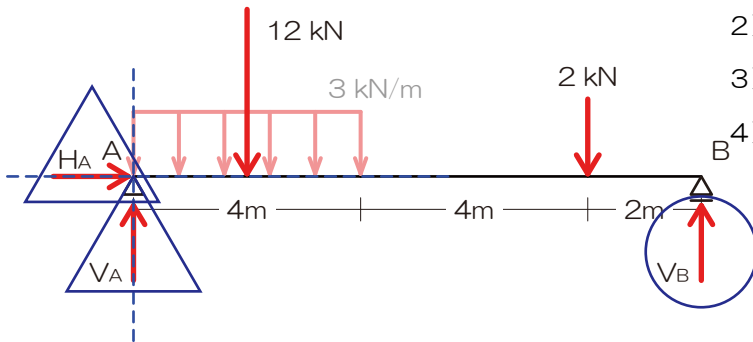
$$P_2 = 24[kN]$$

解答： $P_2 = 24[kN]$

《復習問題 03》力のつり合い条件が成立している場合

『解法手順（基礎）』

の V_B の値を求めよ。



- 1) 求めたい未知力（ターゲット）を○チェック
- 2) ターゲット以外の未知力を△チェック
- 3) ターゲット以外の未知力の作用線を図示
- 4) 上記作用線が交差するなら⇒交点のモーメントに注目、平行なら⇒直行する軸のつり合いに注目

交点 A に注目

$$M_A = +12 \times 2 + 2 \times 8 - V_B \times 10 = 0$$

$$24 + 16 - 10V_B = 0$$

$$-10V_B = 40$$

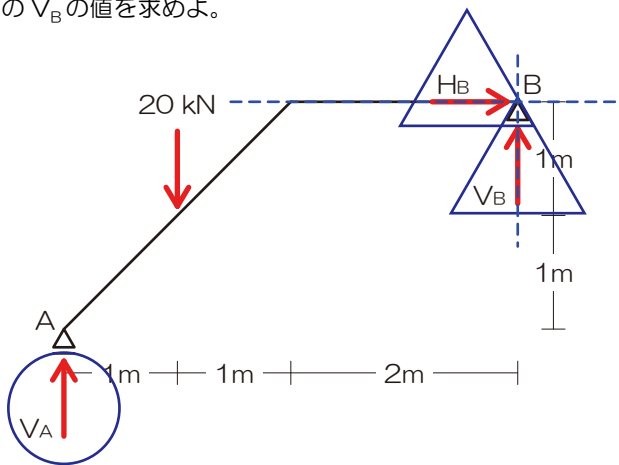
$$V_B = 4[kN]$$

解答： $V_B = 4[kN]$

《復習問題 04》力のつり合い条件が成立している場合

『解法手順（基礎）』

の V_B の値を求めよ。



- 1) 求めたい未知力（ターゲット）を○チェック
- 2) ターゲット以外の未知力を△チェック
- 3) ターゲット以外の未知力の作用線を図示
- 4) 上記作用線が交差するなら⇒交点のモーメントに注目（ $M_O = 0$ ）、平行なら⇒直行する軸のつり合いに注目（ $\sum Y = 0$ もしくは $\sum X = 0$ ）

交点 B に注目

$$M_B = +V_A \times 4 - 20 \times 3 = 0$$

$$4V_A - 60 = 0$$

$$V_A = 15[kN]$$

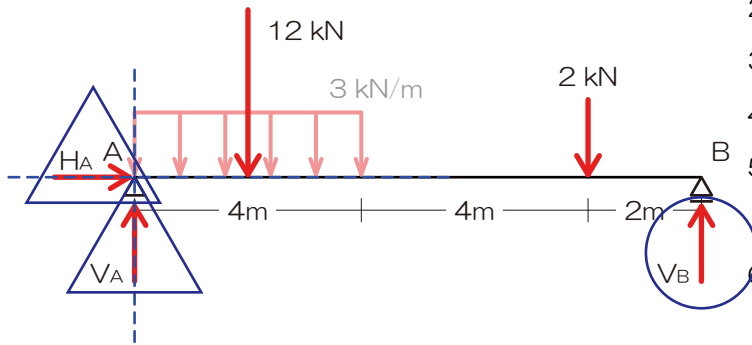
解答： $V_A = 15[kN]$



16) 支点の反力を図示し、反力を求めることができる P29 《基礎問題 16、17》

《基礎問題 16》以下の構造物の各支点の反力を求めよ。

『解法手順 (基礎)』



- 1) 生じる可能性のある反力を図示
- 2) 求めたい未知力 (ターゲット) を○チェック
- 3) ターゲット以外の未知力を△チェック
- 4) ターゲット以外の未知力の作用線を図示
- 5) 上記作用線が交差するなら⇒交点のモーメントに注目、平行なら⇒直行する軸のつり合いに注目
- 6) 残りの反力はそれ以外のカード (つり合い式) を用いて求める

V_B を求める (交点 A に注目)

$$M_A = +12 \times 2 + 2 \times 8 - V_B \times 10 = 0$$

$$24 + 16 - 10V_B = 0$$

$$-10V_B = -40$$

$$V_B = 4[kN]$$

V_A を求める (縦方向の力のつり合い)

$$\sum Y = +V_A - 12 - 2 + V_B = 0$$

$$+V_A - 12 - 2 + 4 = 0$$

$$V_A = 10[kN]$$

H_A を求める (横方向の力のつり合い)

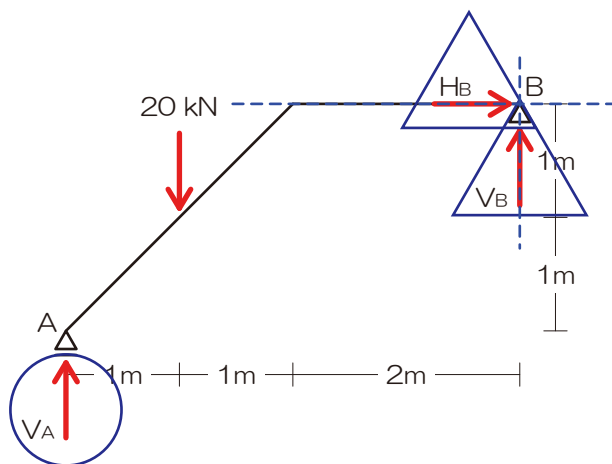
$$\sum X = +H_A = 0$$

$$H_A = 0[kN]$$

解答: $V_A = 10[kN]$ 、 $V_B = 4[kN]$ 、 $H_A = 0[kN]$

《基礎問題 17》以下の構造物の各支点の反力を求めよ。

『解法手順 (基礎)』



- 1) 生じる可能性のある反力を図示
- 2) 求めたい未知力 (ターゲット) を○チェック
- 3) ターゲット以外の未知力を△チェック
- 4) ターゲット以外の未知力の作用線を図示
- 5) 上記作用線が交差するなら⇒交点のモーメントに注目、平行なら⇒直行する軸のつり合いに注目
- 6) 残りの反力はそれ以外のカード (つり合い式) を用いて求める

V_A を求める (交点 B に注目)

$$M_B = +V_A \times 4 - 20 \times 3 = 0$$

$$4V_A - 60 = 0$$

$$V_A = 15[kN]$$

V_B を求める (縦方向の力のつり合い)

$$\sum Y = +V_A - 20 + V_B = 0$$

$$V_B = 5[kN]$$

H_A を求める (横方向の力のつり合い)

$$\sum X = +H_A = 0$$

$$H_A = 0[kN]$$

解答: $V_A = 15[kN]$ 、 $V_B = 5[kN]$ 、 $H_A = 0[kN]$

[ポイント]

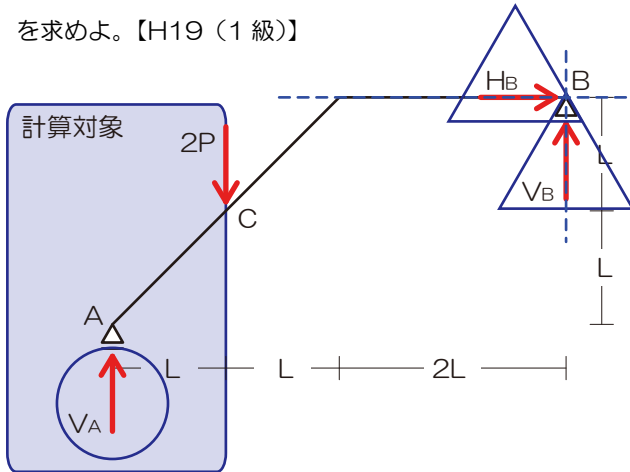
- ✓ 力のつり合いさえ把握していれば楽勝!
- ✓ ただし、反力の図示は忘れないでね



17) 任意の点の応力を求めることができる P33 《基礎問題 18、19》

《基礎問題 18》以下の構造物の C 点の曲げモーメント 『解法手順 (基礎)』

を求めよ。【H19 (1 級)】



- 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】(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)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】⇒計算対象は左を【選択】

計算対象に未知力 V_A が入っているの…

V_A を求める (交点 B に注目)

$$M_B = +V_A \times 4L - 2P \times 3L = 0$$

$$4V_A L - 6PL = 0$$

$$V_A = \frac{3P}{2} [kN]$$

C 点の曲げモーメント (すべての力対象) を求める

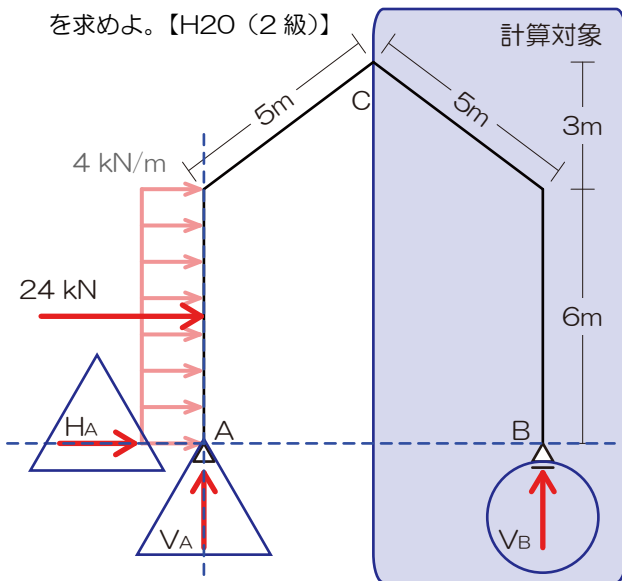
$$M_C = +V_A \times L$$

$$M_C = \frac{3P}{2} L [kNm]$$

解答: $M_C = 3PL/2 [kNm]$

《基礎問題 19》以下の構造物の C 点の曲げモーメント 『解法手順 (基礎)』

を求めよ。【H20 (2 級)】



- 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】(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)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】⇒計算対象は右を【選択】

V_B を求める (交点 A に注目)

$$M_A = +24 \times 3 - V_B \times 8 = 0$$

$$V_B = 9 [kN]$$

C 点の曲げモーメント (すべての力対象) を求める

$$M_C = -V_B \times 4$$

$$M_C = -9 \times 4 \quad (\text{最後に絶対値表記})$$

$$M_C = 36 [kNm]$$

解答: $M_C = 36 [kNm]$

[ポイント]

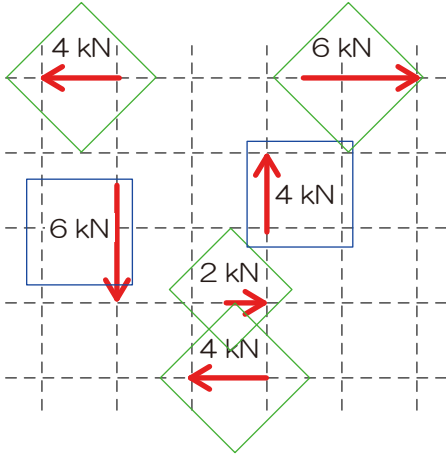
- ✓ 【応力】は【切断】⇒【選択】の手順を守れば計算可能! (反力が少ない方を選ぶと計算が楽♪)
- ✓ 計算対象となる力は、応力算定では選択範囲内の力のみ、反力算定ではすべての力



『解答解説』

8) 同一方向の集中荷重の加算ができる P16 《基礎問題 09》

《基礎問題 09》以下の力を縦横に分類後、両者をそれぞれ合算せよ



- 1) 力を縦・横に分類
⇒ 縦を□、横を◇としてみました
- 2) それぞれ方向ごとに合算
⇒ 上・右をプラスとしましょう

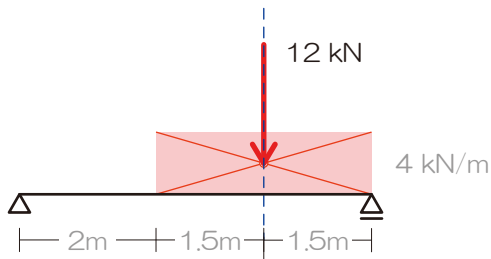
$$\begin{aligned} \sum Y &= -6 + 4 \\ \sum Y &= -2[kN] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum X &= -4 + 6 + 2 - 4 \\ \sum X &= 0[kN] \end{aligned}$$

解答：縦方向は 2[kN] (下)、横方向は 0[kN]

9) 分布荷重を集中荷重へ変換できる P17 《基礎問題 10》

《基礎問題 10》以下の分布荷重を集中荷重へ変換せよ



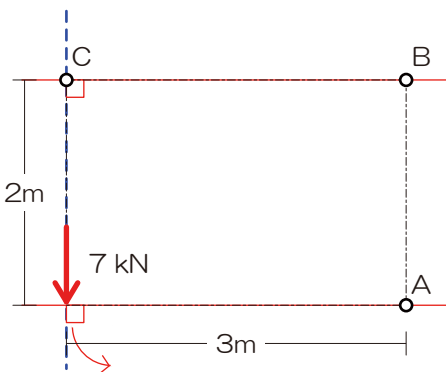
- 1) 分布荷重に囲まれたエリアをチェック
- 2) 荷重の合計を求める
⇒ 囲まれたエリアの「面積」が荷重の合計
- 3) 荷重の作用点の位置を決定する
⇒ 囲まれたエリアの重心に作用

$$4 \times 3 = 12[kN]$$

解答：右端の点から 1.5[m]の位置に下方 12[kN]

10) 任意の点のモーメントを求めることができる P19 《基礎問題 11》

《基礎問題 11》A・B・Cの三点のモーメントをそれぞれ求めよ。



- 1) 作用線を図示
- 2) モーメントを求める点から作用線までの垂線を図示
- 3) モーメントを求める点から作用線と垂線の交点までの距離を示す
- 4) モーメント=力の大きさ×上記の距離
⇒ 符号の確認もお忘れなく

$$M_A = -7 \times 3 = -21[kNm]$$

$$M_B = -7 \times 3 = -21[kNm]$$

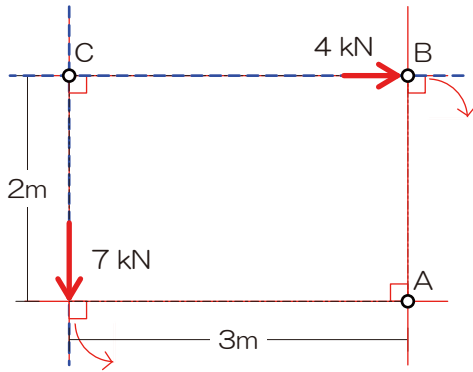
$$M_C = -7 \times 0 = 0[kNm]$$

解答： $M_A = -21[kN]$ 、 $M_B = -21[kN]$ 、 $M_C = 0[kN]$



1 1) 複数の力による任意の点のモーメントを求めることができる P20 《基礎問題 12》

《基礎問題 12》 A・B・Cの三点のモーメントをそれぞれ求めよ。



- 1) 作用線を図示
- 2) モーメントを求める点から作用線までの垂線を図示
- 3) モーメントを求める点から作用線と垂線の交点までの距離を示す
- 4) モーメント=力の大きさ×上記の距離
- 5) 複数の力によるモーメントを合算

$$M_A = -7 \times 3 + 4 \times 2 = -13 [kNm]$$

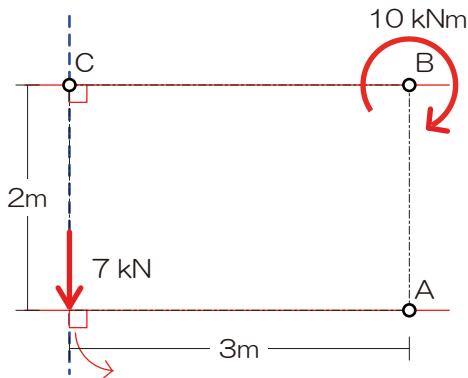
$$M_B = -7 \times 3 + 4 \times 0 = -21 [kNm]$$

$$M_C = -7 \times 0 + 4 \times 0 = 0 [kNm]$$

解答： $M_A = -13 [kNm]$ 、 $M_B = -21 [kNm]$ 、 $M_C = 0 [kNm]$

1 2) モーメント荷重の概念を理解できる P20 《基礎問題 13》

《基礎問題 13》 A・B・Cの三点のモーメントをそれぞれ求めよ。



- 1) 作用線を図示
- 2) モーメントを求める点から作用線までの垂線を図示
- 3) モーメントを求める点から作用線と垂線の交点までの距離を示す
- 4) モーメント=力の大きさ×上記の距離
- 5) 複数の力によるモーメントを合算

$$M_A = -7 \times 3 + 10 = -11 [kNm]$$

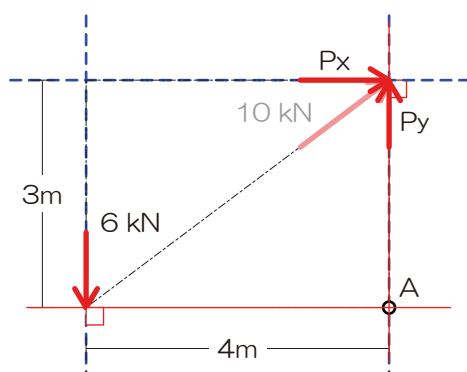
$$M_B = -7 \times 3 + 10 = -11 [kNm]$$

$$M_C = -7 \times 0 + 10 = 10 [kNm]$$

解答： $M_A = -11 [kNm]$ 、 $M_B = -11 [kNm]$ 、 $M_C = 10 [kNm]$

1 3) 斜めの力を縦（鉛直）/横（水平）に分力できる P9 《基礎問題 14》

《基礎問題 14》 A点のモーメントを求めよ。



- 1) 斜めの力を縦横に分力（ちっこい三角形図示）
- 2) 作用線を図示
- 3) モーメントを求める点から作用線までの垂線を図示
- 4) モーメントを求める点から作用線と垂線の交点までの距離を示す
- 5) モーメント=力の大きさ×上記の距離
- 6) 複数の力によるモーメントを合算

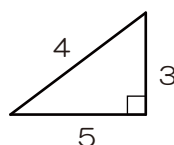
$$P_x = 10 \times \frac{4}{5} = 8 [kN]$$

$$P_y = 10 \times \frac{3}{5} = 6 [kN]$$

$$M_A = +P_x \times 3 + P_y \times 0 - 6 \times 4$$

$$M_A = +8 \times 3 + 6 \times 0 - 6 \times 4$$

$$M_A = 0 [kN]$$

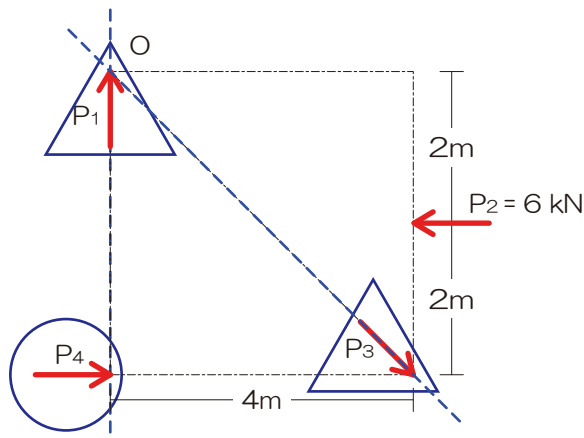


解答： $M_A = 0 [kN]$



1.4) つり合い状態にある場合の未知の力を求めることができる P23 《基礎問題 15》

《基礎問題 15》力のつり合い条件が成立している場合の P_4 を求めよ。



- 1) 求めたい未知力（ターゲット）を○チェック
- 2) ターゲット以外の未知力を△チェック
- 3) ターゲット以外の未知力の作用線を図示
- 4) 上記作用線が交差するなら⇒交点のモーメントに注目 ($M_o = 0$)、平行なら⇒直行する軸のつり合いに注目 ($\sum Y = 0$ もしくは $\sum X = 0$)

交点 O に注目

$$M_o = -P_4 \times 4 + 6 \times 2 = 0$$

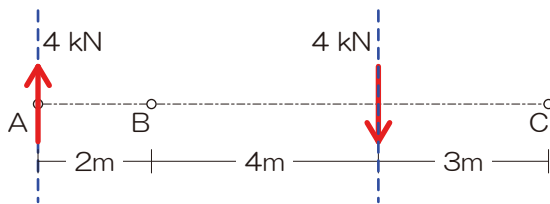
$$-4P_4 = -6 \times 2$$

$$P_4 = \frac{-6 \times 2}{-4}$$

$$P_4 = 3[kN]$$

解答： $P_4 = 3[kN]$

《復習問題 O1》A・B・Cの三点のモーメントをそれぞれ求めよ。



- 1) 作用線を図示
- 2) モーメントを求める点から作用線までの垂線を図示
- 3) モーメントを求める点から作用線と垂線の交点までの距離を示す
- 4) モーメント＝力の大きさ×上記の距離

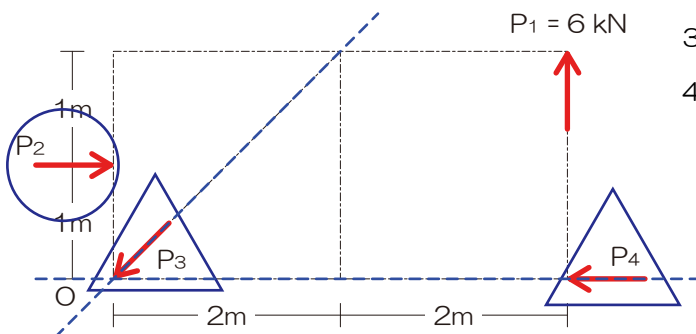
$$M_A = 4 \times 0 + 4 \times 6 = 24[kNm]$$

$$M_B = +4 \times 2 + 4 \times 4 = 24[kNm]$$

$$M_C = +4 \times 9 - 4 \times 3 = 24[kNm]$$

解答： $M_A = 24[kN]$ 、 $M_B = 24[kN]$ 、 $M_C = 24[kN]$

《復習問題 O2》力のつり合い条件が成立している場合の P_2 の値を求めよ。



- 1) 求めたい未知力（ターゲット）を○チェック
- 2) ターゲット以外の未知力を△チェック
- 3) ターゲット以外の未知力の作用線を図示
- 4) 上記作用線が交差するなら⇒交点のモーメントに注目、平行なら⇒直行する軸のつり合いに注目

交点 O に注目

$$M_o = P_2 \times 1 - 6 \times 4 = 0$$

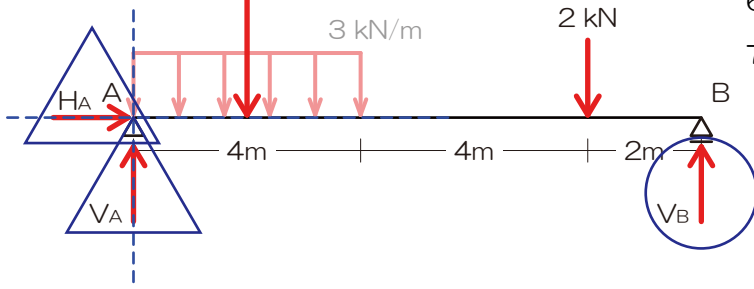
$$P_2 = 24[kN]$$

解答： $P_2 = 24[kN]$



《復習問題 03》力のつり合い条件が成立している場合

の V_B の値を求めよ。



- 1) 求めたい未知力（ターゲット）を○チェック
- 5) ターゲット以外の未知力を△チェック
- 6) ターゲット以外の未知力の作用線を図示
- 7) 上記作用線が交差するなら⇒交点のモーメントに注目、平行なら⇒直行する軸のつり合いに注目

交点 A に注目

$$M_A = +12 \times 2 + 2 \times 8 - V_B \times 10 = 0$$

$$24 + 16 - 10V_B = 0$$

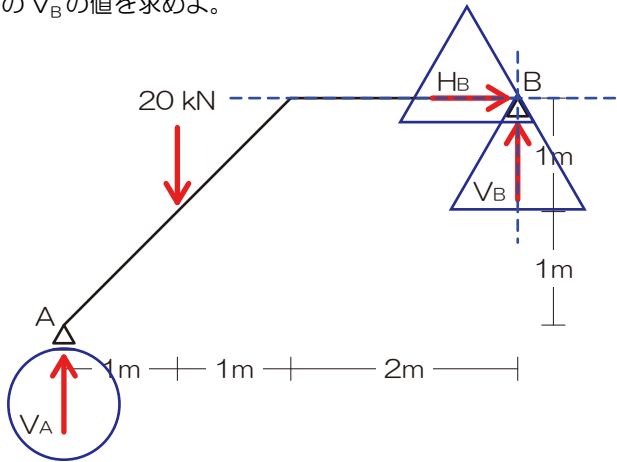
$$-10V_B = -40$$

$$V_B = 4[kN]$$

解答： $V_B = 4[kN]$

《復習問題 04》力のつり合い条件が成立している場合

の V_B の値を求めよ。



- 1) 求めたい未知力（ターゲット）を○チェック
- 2) ターゲット以外の未知力を△チェック
- 3) ターゲット以外の未知力の作用線を図示
- 4) 上記作用線が交差するなら⇒交点のモーメントに注目（ $M_o = 0$ ）、平行なら⇒直行する軸のつり合いに注目（ $\sum Y = 0$ もしくは $\sum X = 0$ ）

交点 B に注目

$$M_B = +V_A \times 4 - 20 \times 3 = 0$$

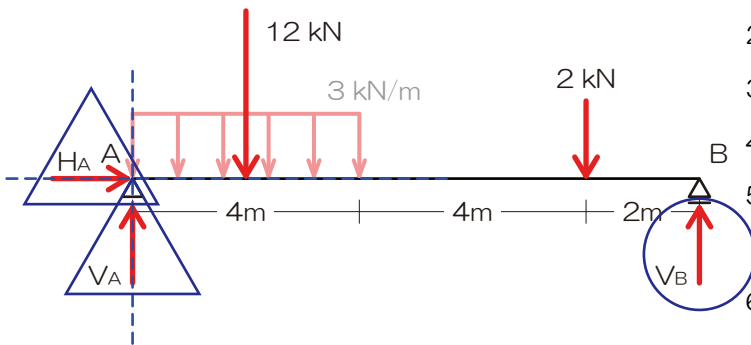
$$4V_A - 60 = 0$$

$$V_A = 15[kN]$$

解答： $V_A = 15[kN]$

8) 支点の反力を図示し、反力を求めることができる P29 《基礎問題 16、17》

《基礎問題 16》以下の構造物の各支点の反力を求めよ。



- 1) 生じる可能性のある反力を図示
- 2) 求めたい未知力（ターゲット）を○チェック
- 3) ターゲット以外の未知力を△チェック
- 4) ターゲット以外の未知力の作用線を図示
- 5) 上記作用線が交差するなら⇒交点のモーメントに注目、平行なら⇒直行する軸のつり合いに注目
- 6) 残りの反力はそれ以外のカード（つり合い式）を用いて求める

V_B を求める（交点 A に注目）

$$M_A = +12 \times 2 + 2 \times 8 - V_B \times 10 = 0$$

$$24 + 16 - 10V_B = 0$$

$$-10V_B = -40$$

$$V_B = 4[kN]$$

H_A を求める（横方向の力のつり合い）

$$\sum X = +H_A = 0$$

$$H_A = 0[kN]$$

V_A を求める（縦方向の力のつり合い）

$$\sum Y = +V_A - 12 - 2 + V_B = 0$$

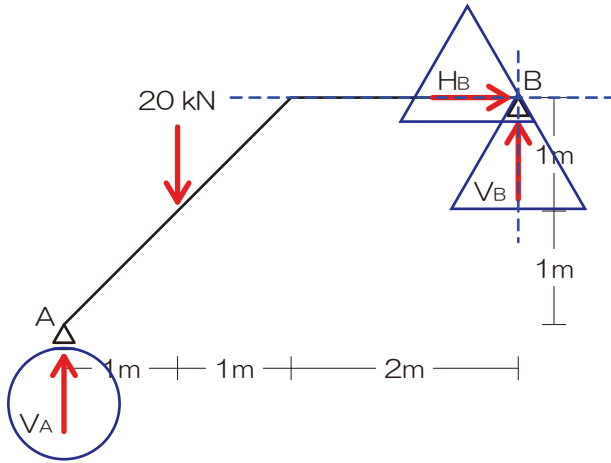
$$+V_A - 12 - 2 + 4 = 0$$

$$V_A = 10[kN]$$

解答： $V_A = 10[kN]$ 、 $V_B = 4[kN]$ 、 $H_A = 0[kN]$



《基礎問題 17》以下の構造物の各支点の反力を求めよ。



V_A を求める (交点 B に注目)

$$M_B = +V_A \times 4 - 20 \times 3 = 0$$

$$4V_A - 60 = 0$$

$$V_A = 15[kN]$$

- 1) 生じる可能性のある反力を図示
- 2) 求めたい未知力 (ターゲット) を○チェック
- 3) ターゲット以外の未知力を△チェック
- 4) ターゲット以外の未知力の作用線を図示
- 5) 上記作用線が交差するなら⇒交点のモーメントに注目)、平行なら⇒直行する軸のつり合いに注目
- 6) 残りの反力はそれ以外のカード (つり合い式) を用いて求める

V_B を求める (縦方向の力のつり合い)

$$\sum Y = +V_A - 20 + V_B = 0$$

$$V_B = 5[kN]$$

H_A を求める (横方向の力のつり合い)

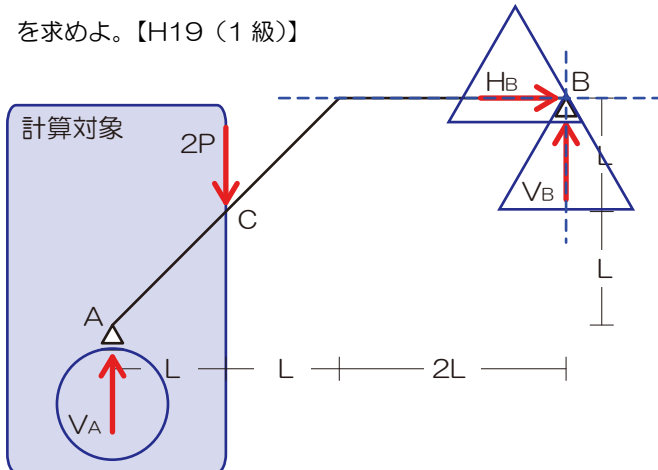
$$\sum X = +H_A = 0$$

$$H_A = 0[kN]$$

解答: $V_A = 15[kN]$ 、 $V_B = 5[kN]$ 、 $H_A = 0[kN]$

9) 任意の点の応力を求めることができる P33 《基礎問題 18、19》

《基礎問題 18》以下の構造物の C 点の曲げモーメントを求めよ。【H19 (1 級)】



C 点で【切断】⇒計算対象は左を【選択】

計算対象に未知力 V_A が入っているので…

V_A を求める (交点 B に注目)

$$M_B = +V_A \times 4L - 2P \times 3L = 0$$

$$4V_A L - 6PL = 0$$

$$V_A = \frac{3P}{2}[kN]$$

- 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】(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) 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 点の曲げモーメント (すべての力対象) を求める

$$M_C = +V_A \times L$$

$$M_C = \frac{3P}{2} L[kNm]$$

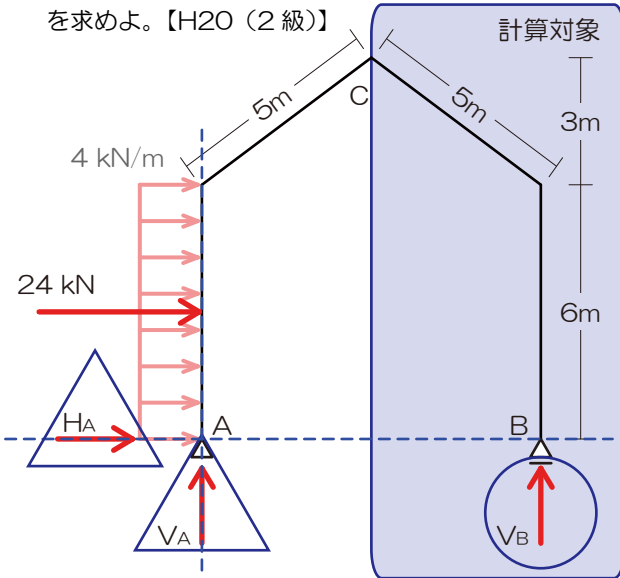
解答: $M_C = 3PL/2 [kNm]$



《基礎問題 19》以下の構造物の C 点の曲げモーメント

『解法手順 (基礎)』

を求めよ。【H20 (2 級)】



- 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】(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)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

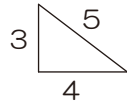
C 点の曲げモーメント(すべての力対象)を求める

C 点で【切断】⇒計算対象は右を【選択】

V_B を求める(交点 A に注目)

$$M_A = +24 \times 3 - V_B \times 8 = 0$$

$$V_B = 9[kN]$$



$$M_C = -V_B \times 4$$

$$M_C = -9 \times 4 \quad (\text{最後に絶対値表記})$$

$$M_C = 36[kNm]$$

解答: $M_C = 36[kNm]$

【memo】

