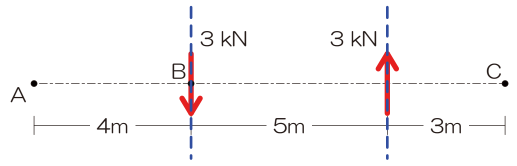
《前回の復習》

『過去問 01』モーメント

図のような平行な二つの力によるA、B、Cの各点におけるモーメント M_A、M_B、M_C の値を求めよ。ただし、モーメントの符号は時計回りを正とする。【H18 改】



『過去問解法手順 01』任意の点のモーメント

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（力⇒距離⇒符号の順番で３ステップで計算しましょう）

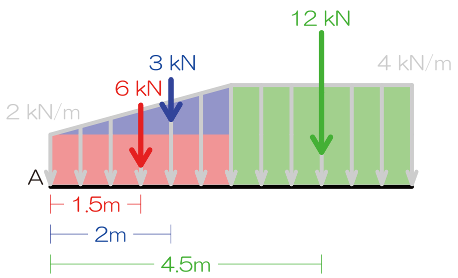
5）複数の力によるモーメントを合算

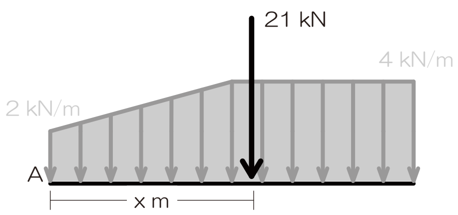
$$M_A = +3 \times 4 - 3 \times (4+5) = -15[kNm]$$
$$M_B = 3 \times 0 - 3 \times 5 = -15[kNm]$$
$$M_C = -3 \times (5+3) + 3 \times 3 = -15[kNm]$$

解答： $M_A = M_B = M_C = -15[kNm]$

『過去問 02』力の合成（バリニオンの定理）

図のような分布荷重の合力の作用線からA点までの距離を求めよ。【H23 改】





『過去問解法手順 02』力の合成（バリニオンの定理）

1）分布荷重を単純図形に分割、それぞれを集中荷重へ

⇒ 左図

2）基準となる点を指定（今回はA点指定）

3）上記点における合成前のモーメント算定

$$M_A = +6 \times 1.5 + 3 \times 2 + 12 \times 4.5$$

4）合成後の力の大きさを算定 $P = +6 + 3 + 12 = 21[kN]$

5）合成後の力の位置を仮定 ⇒ 左図

6）合成後の力による１）の点におけるモーメント算定

$$M_A = +21 \times x$$

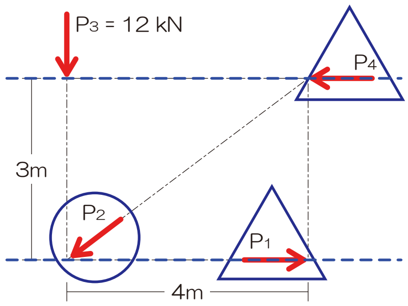
7）3）のモーメント＝6）のモーメントより x を算定

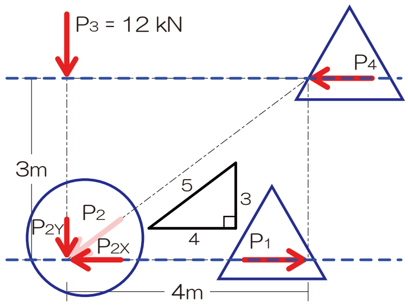
$$+21 \times x = +6 \times 1.5 + 3 \times 2 + 12 \times 4.5$$
$$x = \frac{+6 \times 1.5 + 3 \times 2 + 12 \times 4.5}{21}$$
$$x = \frac{+2 \times 1.5 + 1 \times 2 + 4 \times 4.5}{7}$$
$$x = 3.3[m]$$

解答：A点から右 3.3 m

『過去問 03』未知力算定（力のつり合い）

図のような４つの力 P_1〜P_4 がつり合っているとき、P_2 の値を求めよ。【H20 改】





『過去問解法手順 03』未知力算定（力のつり合い）

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着目、平行なら⇒直行する軸のつり合いに着目

⇒　平行ゆえに、直交する縦の力のつり合いに着目

$$\sum Y = -12 - P_Y = 0$$

⇒　ただし、斜めの力が計算対象なので分力

$$P_Y = P_2 \times \frac{3}{5}$$

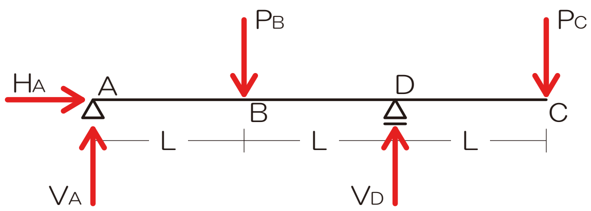
$$\sum Y = -12 - P_2 \times \frac{3}{5} = 0$$

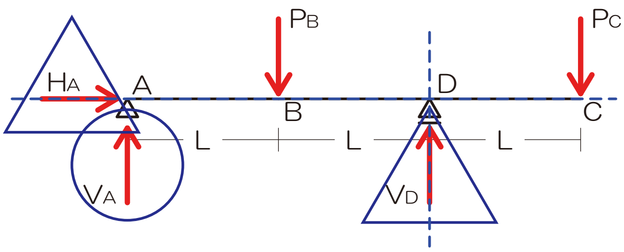
$$P_2 = -20[kN]$$

解答：P_2 ＝ －20 kN

『過去問 04』支点の反力

図のような架構において、A 点に鉛直反力が生じない場合の P_B と P_C の比（P_B : P_C）を求めよ。【H24（1 級)】





『過去問解法手順 04』支点の反力

1）生じる可能性のある反力を図示

⇒　左図

2）求めたい未知力（ターゲット）を○チェック

⇒　V_A とする

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、交差しないなら⇒直行する軸のつり合い

⇒　V_A を求める（交点 D のモーメントに着目）

$$M_D = +V_A \times 2L - P_B \times L + P_C \times 0 = 0$$

$$V_A = \frac{P_B - P_C}{2}$$

⇒　V_A が 0 であることより

$$V_A = \frac{P_B - P_C}{2} = 0$$

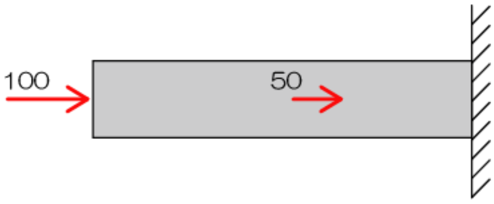
$$P_B = P_C$$

解答：P_B : P_C ＝　1 : 1

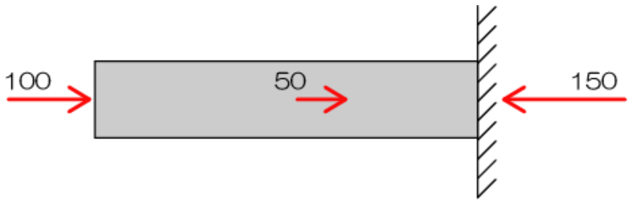
1-4　静定梁に生ずる力

➢ 生ずる力（＝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



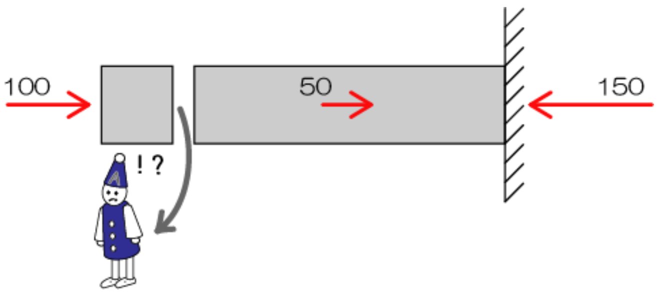
2）このままでは力の釣り合いが取れていないので右端の支点に反力 150 があるはずです



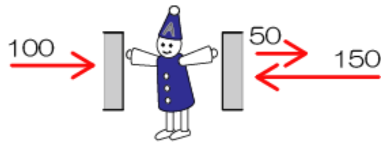
3）さて、ここで質問「以下の A 点と B 点ではどちらが “痛い” ですか？」材の中に小人さん（☆印）がいることを想定し、考えてみてください

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

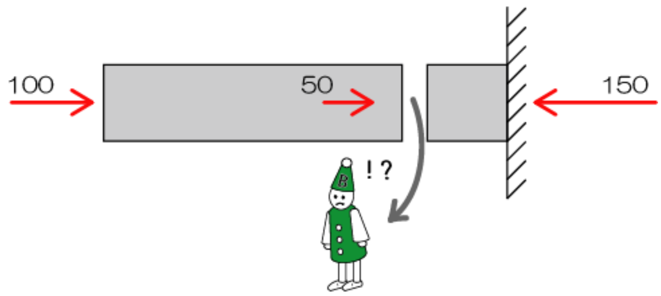
4）では、A 点に隠れている小人さんに登場願いましょう（A 点で構造体を切断します）



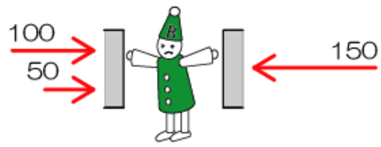
5）A 点の小人さんは左側から 100 で押され、右側からも 100 で押されています（50 で引張られ、150 で押されているのでその合計）　→　「両側から 100 ずつで押されている」



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

※　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いましょう）

※　応力は左右（もしくは上下）で必ず釣り合います（っ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能！

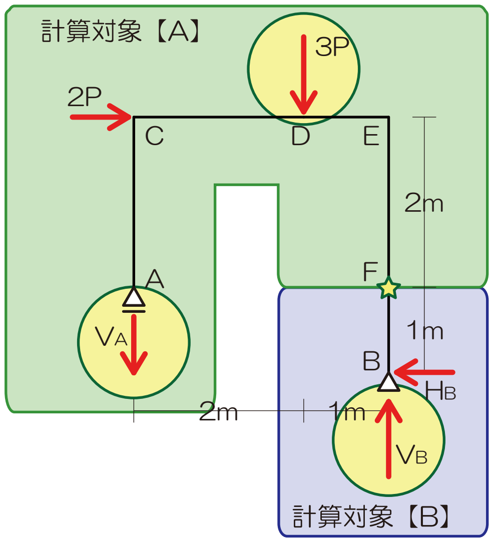
1-4-1　生ずる力（=応力）の種類

■ 軸方向力

➢ 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

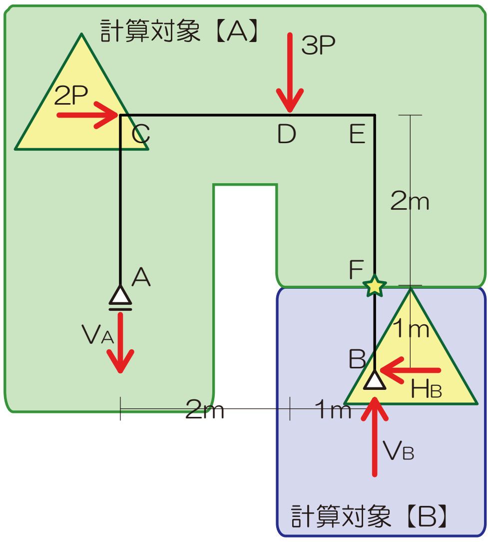


■ せん断力

➢ 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）

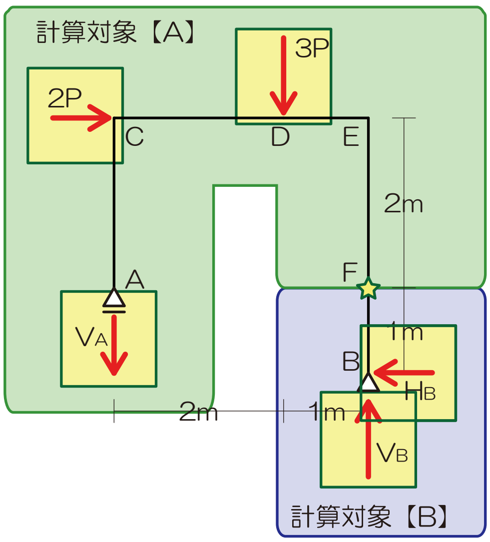


■ 曲げモーメント

➢ 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）



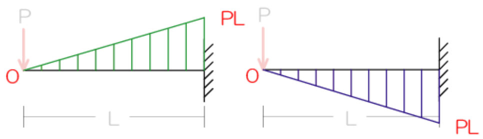
1-4-2　N、Q、M 図の描き方

- ２級建築士試験では過去 10 年以上出題されていないのですが…
- クルクルドン解法は「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」って決まりあり）

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 図を上に書くか？下に書くか？

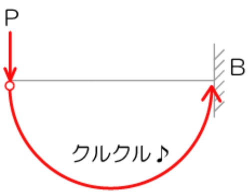


そこで【クルクルドン】の登場

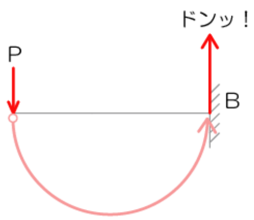
1）荷重 P により、B 点に曲げモーメントが発生、そこで B 点に注目し、上？下？を検討する

2）荷重 P の作用点をスタート

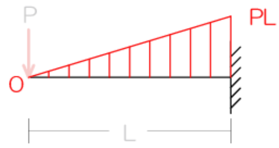
3）ゴールを曲げモーメントを求める点（今回は B 点）とし、「クルクル♪」



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！」



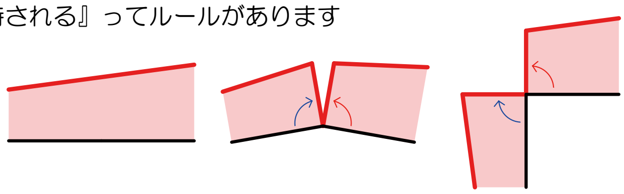
5）「ドンッ！」って飛ばされた方に応力の分布図を示す



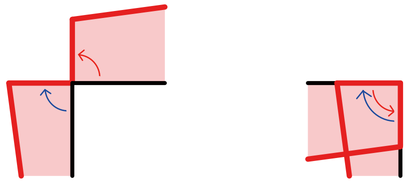
上記法則は単純梁、片持ち梁に限らずラーメン等の全ての構造物で成り立ちます

節点の曲げモーメント図

『曲げモーメントはたとえ部材の角度が変わっても連続性が維持される』ってルールがあります



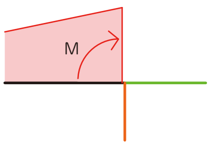
母材から M 図がどちら回転に立ち上がっているの？【小さな風車】に注目すると、打ち消し合って 0 になります（赤風車は時計回り、青風車は反時計回りで合計 0）



外々　　内々

さて、複数の部材か構成される節点では？こちらも【小さな風車】の法則は成立します

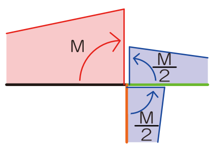
黒部材に赤風車 M（時計回り）の曲げモーメントが生じているとすると、付随する緑・赤の部材で打ち消さなくてはなりません



赤・緑部材ともに剛性が等しい場合には仲良く半分ずつ受け持ちます（右図）

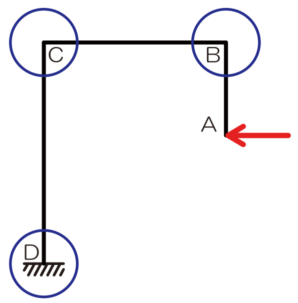
赤風車を青風車２つで打ち消し曲げモーメント 0

この法則を覚えておくと、不静定の M 図の問題の最強のカードとなります

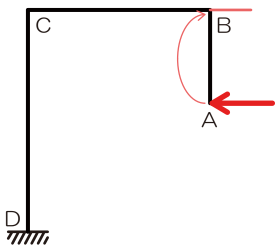


➢ 教科書 P35 問題１を例に「クルクルドン解法」を実践してみます

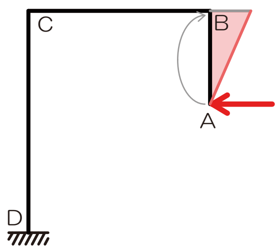
1）クルクルドンが必要な点　⇒　B、C、D の３点



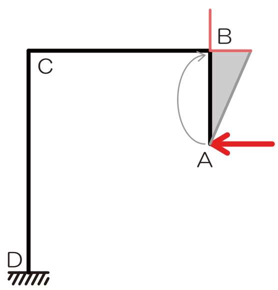
2）B 点をクルクルドン　⇒　右に飛ばされます



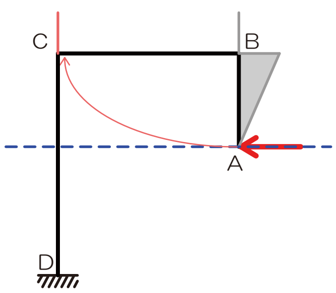
3）A 点の応力と接合　⇒　A 点は０ですね



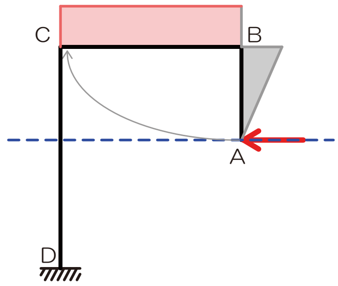
4）B 点の小さな風車（内々外々）　⇒　外々



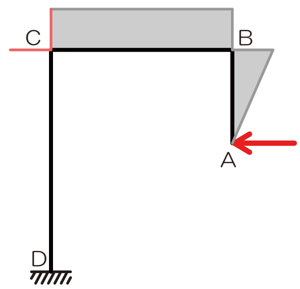
5）C 点をクルクルドン　⇒　上に飛ばされます



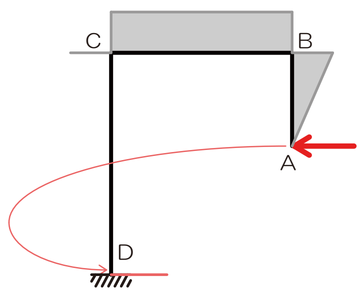
6）B 点の応力と接合



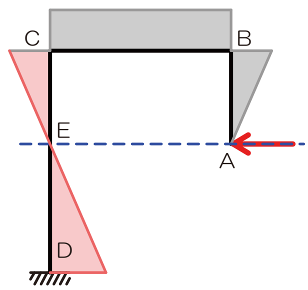
7）C 点の小さな風車（内々外々）　⇒　外々



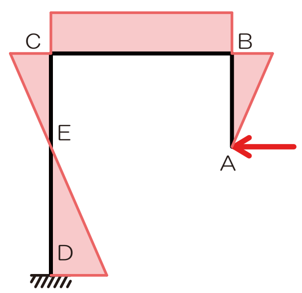
8）D 点をクルクルドン　⇒　右に飛ばされます



9）C 点の応力と接合　⇒　E 点の曲げモーメントは０ですね



ってことで…M 図は以下となります

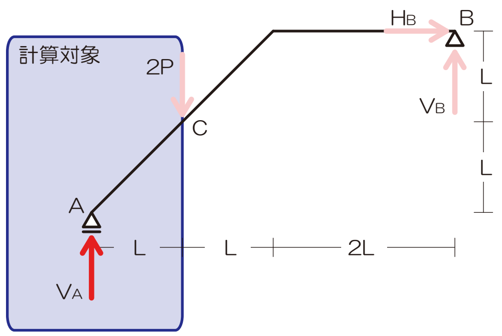


1-4-3　力（応力）計算の手順

➢ もちろん、教科書の解法手順は正しいのですが…試験対策に特化した手順を紹介したいと思います

『過去問 05』梁の応力

図のような荷重を受ける架構における、C 点の曲げモーメントを求めよ。【H19（1 級）】



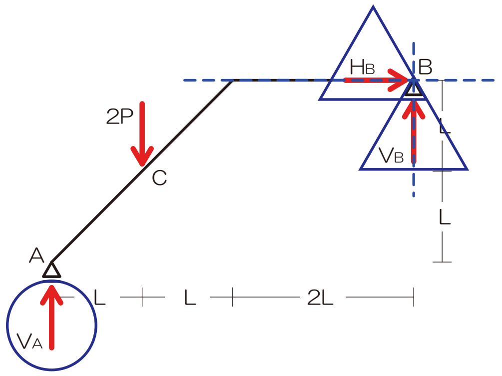
『解法手順 05』梁の応力

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

⇒　計算対象を左とする



4） もし、未知力が入っていたら、未知力を求める

⇒　反力 VA を求める

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

5） 曲げモーメントは作用線が交差しない全部の力

$$M_C = +\frac{3P}{2} \times L = \frac{3PL}{2}$$

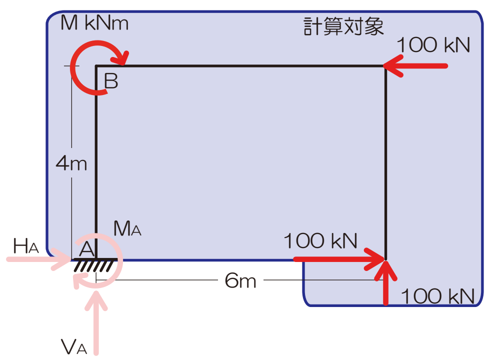
解答：3PL/2

1-5　静定ラーメンに生ずる力

『過去問 06』ラーメンの応力

図のような荷重を受けるラーメンにおいて、A 点に曲げモーメントが生じない場合の、B 点に作用するモーメントの値 M を求めよ。【H13（1 級）】

『解法手順 06』ラーメンの応力



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

⇒　計算対象を右とする

4） もし、未知力が入っていたら、未知力を求める

5） 曲げモーメントは作用線が交差しない全部の力

$$M_A = +M - 100 \times 4 + 100 \times 0 - 100 \times 6$$

また、A 点の曲げモーメントが 0 であることより

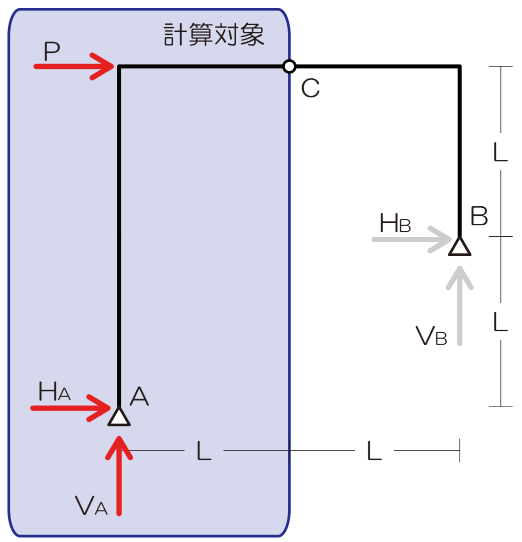
$$M_A = +M - 100 \times 4 + 100 \times 0 - 100 \times 6 = 0$$
$$M = 1000[kNm]$$

解答：1000[kNm]

■ ３ヒンジラーメン

- ３ヒンジラーメンとは：ピン支点×2、ピン節点×1 で構成されるラーメン、反力が４つあるので力のつり合いのみでは反力算定不可…
- 「ヒンジでは曲げモーメントが０になる」を利用 ← ヒンジで構造体を切断、片側の力による曲げモーメントは０

以下の構造物のＡ支点の鉛直反力を求めてみましょう



１）生じる可能性のある反力を図示

２）ヒンジ点でのモーメント０より反力の１つを消去

３）以降はカのつり合いより未知力を求める

⇒ Ｏ点の曲げモーメントが０になることより H_A を消去

$$M_O = +V_A \times L - H_A \times 2L = 0$$

$$H_A = \frac{V_A}{2}$$

⇒ H_B と V_B の交点Ｂのモーメントに着目

$$M_B = +V_A \times 2L - \frac{V_A}{2} \times L + P \times L = 0$$

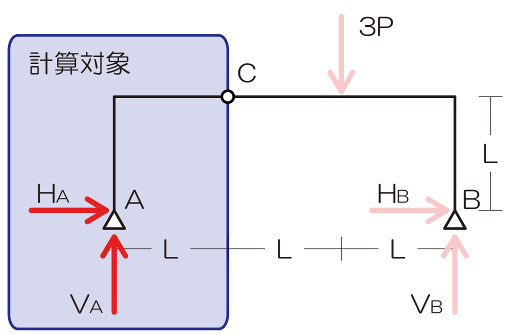
$$\frac{3V_A L}{2} + PL = 0$$

$$V_A = -\frac{2}{3}P$$

解答：V_A=-2P/3

『過去問 07』３ヒンジラーメンの反力/応力

図のような荷重が作用する３ヒンジラーメンにおいて、Ａ点における水平反力の大きさを求めよ。【H24（１級）】



『解法手順 07』３ヒンジラーメンの反力

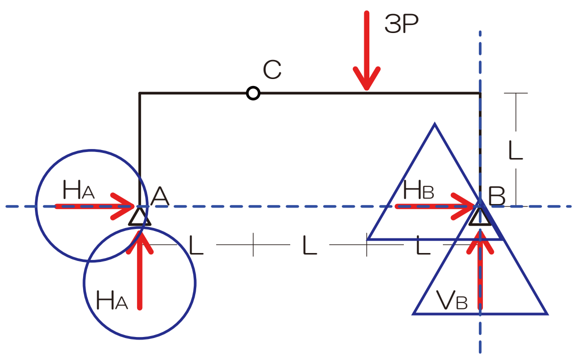
１） 生じる可能性のある反力を図示

２） ヒンジ点でのモーメント０より反力の１つを消去

⇒ Ｃ点の曲げモーメントに着目

$$M_C = +V_A - H_A = 0$$

$$V_A = H_A$$



⇒ V_A を H_A に変換（V_A を消去）

３） 以降はカのつり合いより未知力を求める

⇒ ターゲットを H_A 系とすると、ターゲット以外の未知力はＢ点で交差、Ｂ点のモーメントに着目

$$M_B = +H_A \times 3L - 3P \times L = 0$$

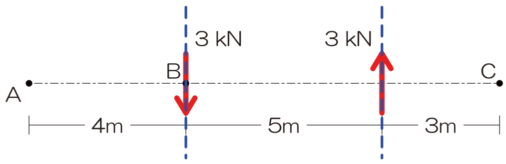
$$H_A = P$$

解答：H_A ＝ P

【解答】

『過去問 01』モーメント

図のような平行な二つの力による A、B、C の各点におけるモーメント M_A、M_B、M_C の値を求めよ。ただし、モーメントの符号は時計回りを正とする。【H18 改】



『過去問解法手順 01』任意の点のモーメント

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（力⇒距離⇒符号の順番で３ステップで計算しましょう）

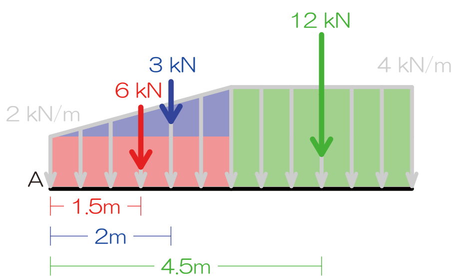
5）複数の力によるモーメントを合算

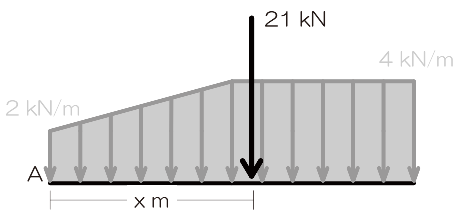
$$M_A = +3\times4-3\times(4+5) = -15[kNm]$$
$$M_B = 3\times0-3\times5 = -15[kNm]$$
$$M_C = -3\times(5+3)+3\times3 = -15[kNm]$$

解答： M_A ＝ M_B ＝ M_C ＝ - 15[kNm]

『過去問 02』力の合成（バリニオンの定理）

図のような分布荷重の合力の作用線から A 点までの距離を求めよ。【H23 改】





『過去問解法手順 02』力の合成（バリニオンの定理）

1）分布荷重を単純図形に分割、それぞれを集中荷重へ

⇒　左図

2）基準となる点を指定（今回は A 点指定）

3）上記点における合成前のモーメント算定

$$M_A = +6\times1.5+3\times2+12\times4.5$$

4）合成後の力の大きさを算定　$P = +6+3+12 = 21[kN]$

5）合成後の力の位置を仮定　⇒　左図

6）合成後の力による 1）の点におけるモーメント算定

$$M_A = +21\times x$$

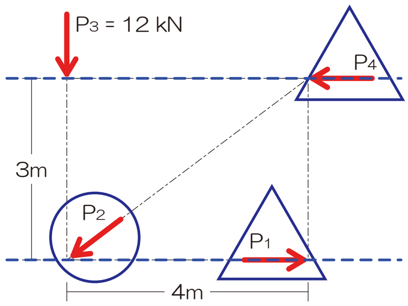
7）3）のモーメント=6）のモーメントより x を算定

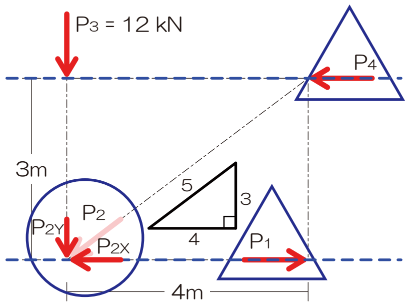
$$+21\times x = +6\times1.5+3\times2+12\times4.5$$
$$x = \frac{+6\times1.5+3\times2+12\times4.5}{21}$$
$$x = \frac{+2\times1.5+1\times2+4\times4.5}{7}$$
$$x = 3.3[m]$$

解答：A 点から右 3.3 m

『過去問 03』未知力算定（力のつり合い）

図のような４つの力 P_1〜P_4 がつり合っているとき、P_2 の値を求めよ。【H20 改】





『過去問解法手順 03』未知力算定（力のつり合い）

1） 求めたい未知力（ターゲット）を〇チェック

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着目、平行なら⇒直行する軸のつり合いに着目

⇒ 平行ゆえに、直交する縦の力のつり合いに着目

$$\sum Y = -12 - P_Y = 0$$

⇒ ただし、斜めの力が計算対象なので分力

$$P_Y = P_2 \times \frac{3}{5}$$

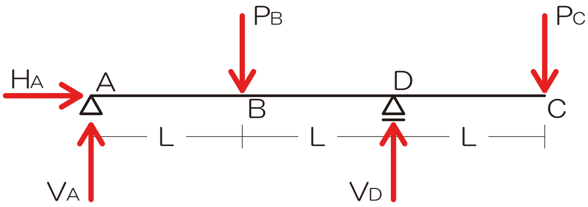
$$\sum Y = -12 - P_2 \times \frac{3}{5} = 0$$

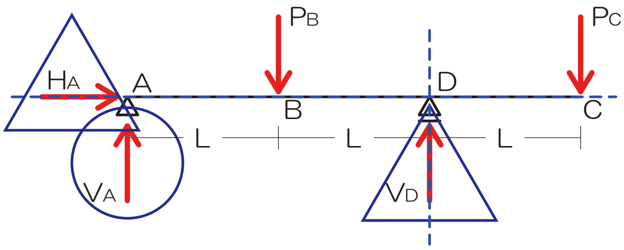
$$P_2 = -20[kN]$$

解答：P_2 ＝ － 20 ［kN］

『過去問 04』支点の反力

図のような架構において、A 点に鉛直反力が生じない場合の P_B と P_C の比（P_B：P_C）を求めよ。【H24（1 級)】





『過去問解法手順 04』支点の反力

1） 生じる可能性のある反力を図示

⇒ 左図

2） 求めたい未知力（ターゲット）を〇チェック

⇒ V_A とする

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、交差しないなら⇒直行する軸のつり合い

⇒ V_A を求める（交点 D のモーメントに着目）

$$M_D = +V_A \times 2L - P_B \times L + P_C \times 0 = 0$$

$$V_A = \frac{P_B - P_C}{2}$$

⇒ V_A が 0 であることより

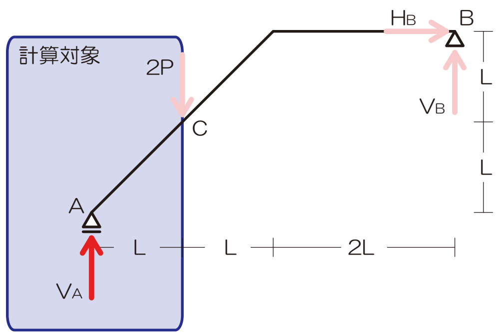
$$V_A = \frac{P_B - P_C}{2} = 0$$

$$P_B = P_C$$

解答：P_B：P_C ＝ 1 ： 1

『過去問 05』梁の応力

図のような荷重を受ける架構における、C 点の曲げモーメントを求めよ。【H19（1 級)】



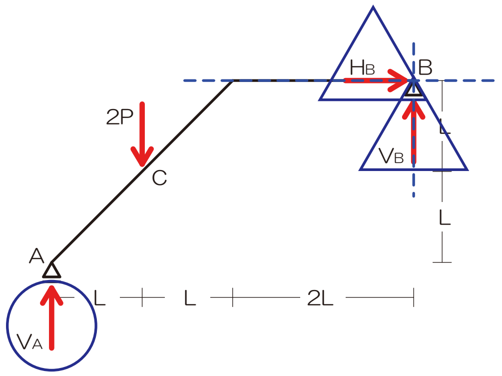
『解法手順 05』梁の応力

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

⇒ 計算対象を左とする



4） もし、未知力が入っていたら、未知力を求める

⇒ 反力 VA を求める

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

5） 曲げモーメントは作用線が交差しない全部の力

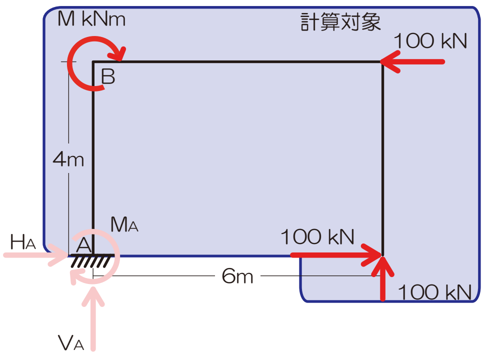
$$M_C = +\frac{3P}{2} \times L = \frac{3PL}{2}$$

解答：3PL/2

『過去問 06』ラーメンの応力

図のような荷重を受けるラーメンにおいて、A 点に曲げモーメントが生じない場合の、B 点に作用するモーメントの値 M を求めよ。【H13（1 級)】

『解法手順 06』ラーメンの応力



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

⇒ 計算対象を左とする

4） もし、未知力が入っていたら、未知力を求める

⇒ 無し

5） 曲げモーメントは作用線が交差しない全部の力

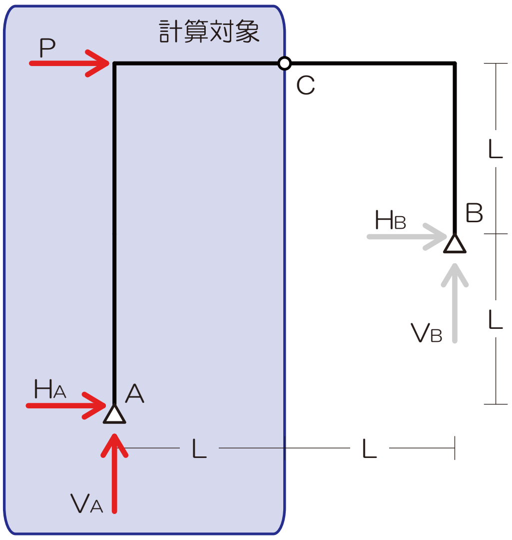
$$M_A = +M - 100 \times 4 + 100 \times 0 - 100 \times 6$$

また、A 点の曲げモーメントが 0 であることより

$$M_A = +M - 100 \times 4 + 100 \times 0 - 100 \times 6 = 0$$
$$M = 1000[kNm]$$

解答：1000[kNm]

以下の構造物のＡ支点の鉛直反力を求めてみましょう



１）生じる可能性のある反力を図示

２）ヒンジ点でのモーメント０より反力の１つを消去

３）以降は力のつり合いより未知力を求める

⇒　Ｏ点の曲げモーメントが０になることより H_A を消去

$$M_O = +V_A \times L - H_A \times 2L = 0$$
$$H_A = \frac{V_A}{2}$$

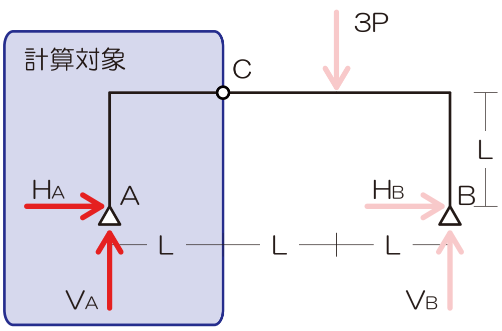
⇒　H_B と V_B の交点Ｂのモーメントに着目

$$M_B = +V_A \times 2L - \frac{V_A}{2} \times L + P \times L = 0$$
$$\frac{3V_A L}{2} + PL = 0$$
$$V_A = -\frac{2}{3}P$$

解答：V_A=-2P/3

『過去問 07』３ヒンジラーメンの反力/応力

図のような荷重が作用する３ヒンジラーメンにおいて、Ａ点における水平反力の大きさを求めよ。【H24（１級）】



『解法手順 07』３ヒンジラーメンの反力

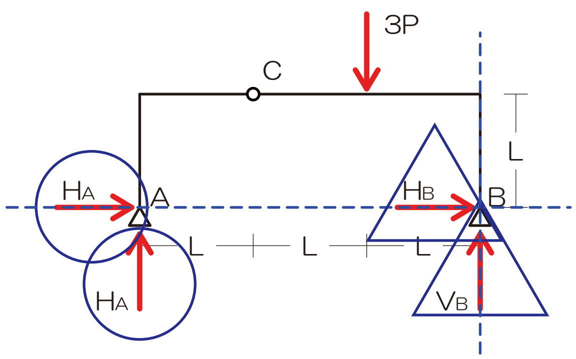
１）　生じる可能性のある反力を図示

２）　ヒンジ点でのモーメント０より反力の１つを消去

⇒　Ｃ点の曲げモーメントに着目

$$M_C = +V_A - H_A = 0$$
$$V_A = H_A$$

⇒　V_A を H_A に変換（V_A を消去）



３）　以降は力のつり合いより未知力を求める

⇒　ターゲットを H_A 系とすると、ターゲット以外の未知力はＢ点で交差、Ｂ点のモーメントに着目

$$M_B = +H_A \times 3L - 3P \times L = 0$$
$$H_A = P$$

解答：H_A ＝ P

Ref. 全日本建築士会、
二級建築士合格セミナー
建築構造、オーム社

２級建築士　『学科Ⅲ構造』
【応用力養成講座】