【本日の目標 2】

（1）　力の種類　←　「モーメント」「集中荷重」「モーメント荷重」「荷重の分力」を理解できる

（2）　力の釣り合い　←　力の釣り合より「未知力の算定」ができる

（3）　判別　←　構造体の「判別」ができる

・平成 15、20 年：静定構造物はどれか

（4）　支点の反力　←　「支点の反力」を求めることができる

・平成 24 年：支点に反力が生じない場合の荷重の比を求めよ

（5）　梁・ラーメンの応力　←　「応力」を求めることができる

・平成 10、14、19、20 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 年：各部材の軸方向力を求めよ

（6）　３ヒンジラーメンの反力・応力　←　「３ヒンジラーメンの応力」を求めることができる

・平成 24 年：３ヒンジラーメンの反力を求めよ

・平成 14、21、22 年：任意の点における曲げモーメントを求めよ

・平成 18 年：せん断力が０となる位置を求めよ

（7）　ラーメンの応力図　←　正しい「曲げモーメント図」を見分けることができる

・平成 15、17、19、22、２５年：正しい曲げモーメント図はどれか

1.2　構造力学

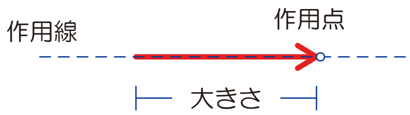
1.2.1　力のつり合い

（A）　力、偶力、モーメント

（a）　力

■　力の表記

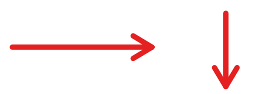
➢　力の３要素：大きさ/作用点/作用線（最も重要なのは「作用線」です）



■　構造力学にてあつかう力の種類

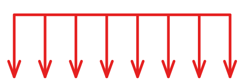
1）集中荷重：ベクトル（矢印）１本で示される

※　作用線が重要でしたね



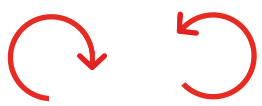
2）分布荷重：一定の面に広がりつつかかる荷重（P12）

※　集中荷重に変換して計算



3）モーメント荷重：回転の荷重（P12）

※　すべての点に等しいモーメントの影響を与えます



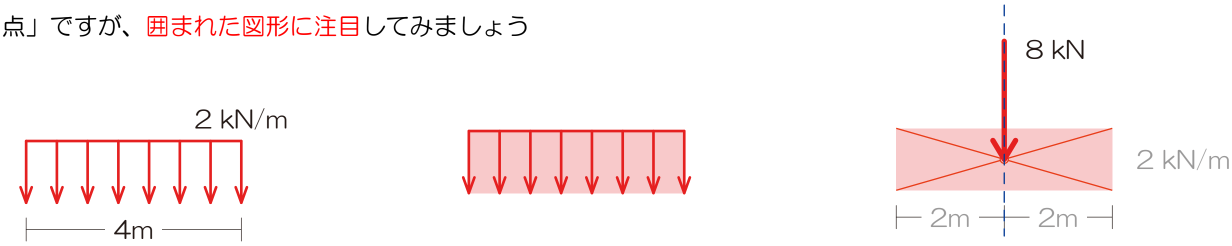
4）斜めの荷重：文字通り斜め…（P13）

※　縦・横に分解して計算しましょう

■ 分布荷重

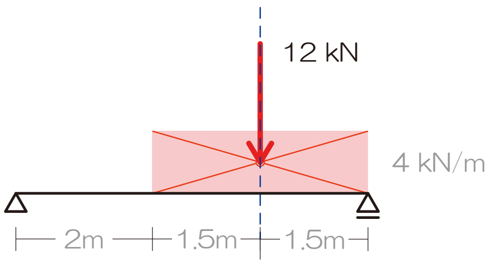
➢ 分布荷重とは：あるエリアに広く「のぺぇー」っとかかる荷重、外力として代表的なものとしては積雪荷重やプールの水など、単位は kN/m などで示され 1m あたりにかかる荷重[kN]って意味になります

➢ 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

★Ex.6★　分布荷重を集中荷重へ変換してみましょう（合力の作用線の位置を A 点からの距離で示しましょう）



1）　囲まれたエリアの「面積」が荷重の合計

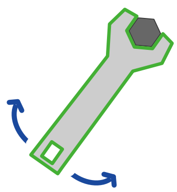
2）　囲まれたエリアの重心に作用

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

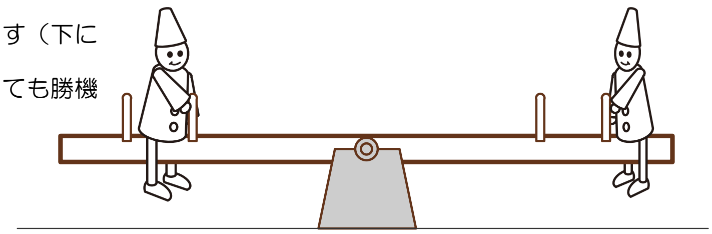
（b）　モーメント

■ 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』って言っている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ね

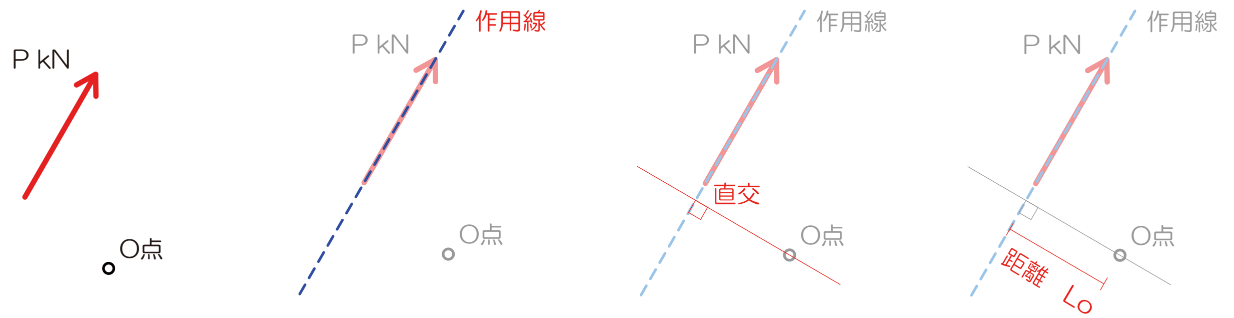


➢ シーソーが勝つための条件：もちろん重ければ勝ちます（下に落ちる）が…、できるだけ遠く（真ん中から）に座っても勝機はありますね



■ 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ェレンジしましょう、計算式の書き順は『力』⇒『距離』⇒『符号』が一般的です



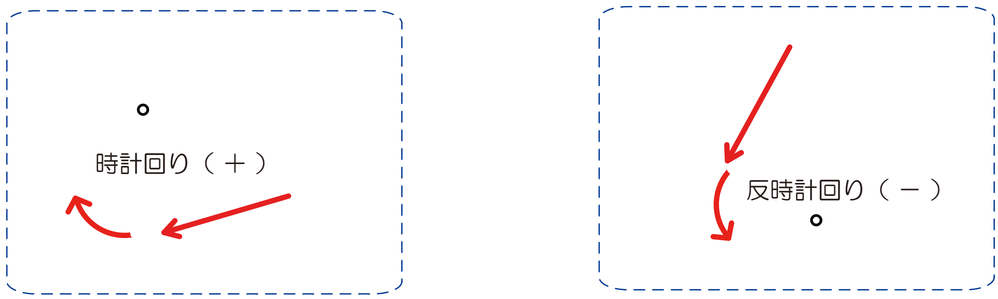
1）作用線を図示

2）モーメントを求める点から作用線までの垂線を図示

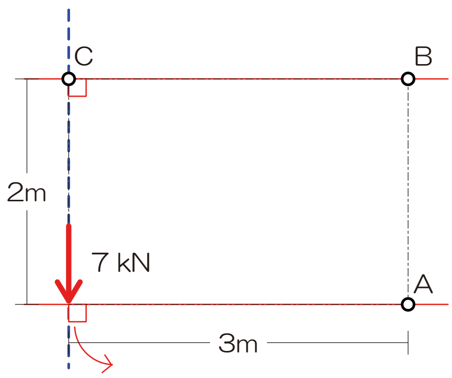
3）モーメントを求める点から作用線と垂線の交点までの距離がモーメントの距離

$$M_O = +P \times L_O$$

➢ 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ましょう



★Ex.7★ A・B・C の三点のモーメントを求めてみましょう



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

$$M_A = -7 \times 3 = -21[kNm]$$
$$M_B = -7 \times 3 = -21[kNm]$$
$$M_C = -7 \times 0 = 0[kNm]$$

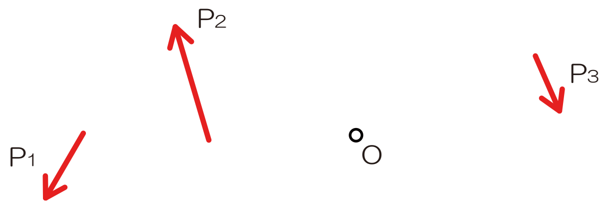
解答： M_A=-21[kN]、M_B=-21[kN]、M_C=0[kN]

［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

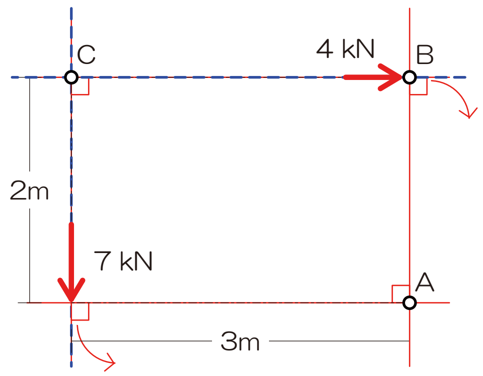
✓ 作用線上の点におけるモーメントは距離が０となるのでモーメントも０となります

➤ 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



$$M_O = -P_1 \times l_1 + P_2 \times l_2 + P_3 \times l_3$$

★Ex.8★　A・B・C の三点のモーメントを求めてみましょう



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

$$M_A = -7 \times 3 + 4 \times 2 = -13[kNm]$$
$$M_B = -7 \times 3 + 4 \times 0 = -21[kNm]$$
$$M_C = -7 \times 0 + 4 \times 0 = 0[kNm]$$

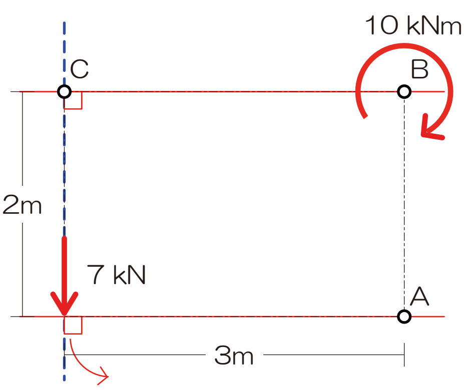
解答：M_A=-13[kN]、M_B=-21[kN]、M_C=0[kN]

［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）

★Ex.9★　A・B・C の三点のモーメントを求めてみましょう



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］

✓　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

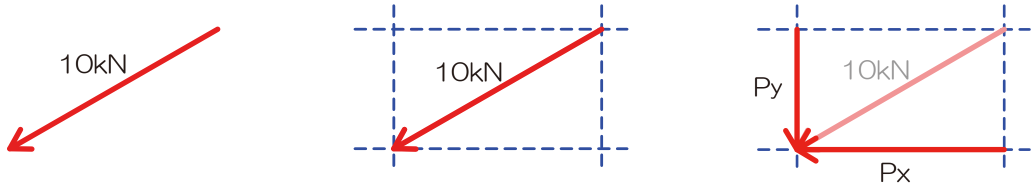
➢ 作用線が並行で力の大きさが等しく、向きが反対の一対の力を偶力といいます、偶力のみが作用している場合には、すべての点のモーメントは等しくなります

（B） 力の分解・合成

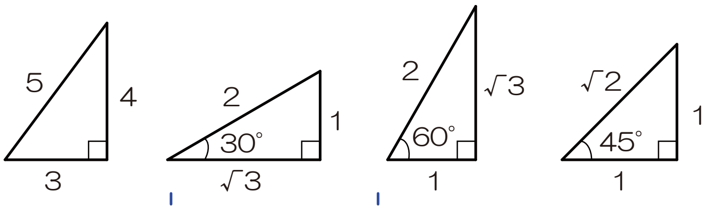
（a） 力の分解

■ 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

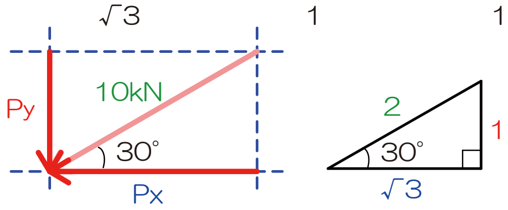


➢ 解の方法：ちっこい三角形を書いて考えましょう（三角関数？比の計算？解法は問いませんがオススメを示します）



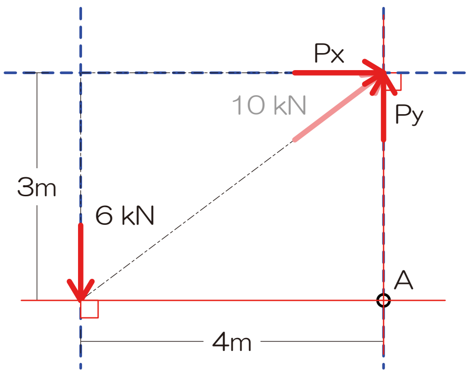
$$縦の分力（P_Y）＝斜めの荷重 \times \frac{ちっこい三角形の縦}{ちっこい三角形の斜め}$$

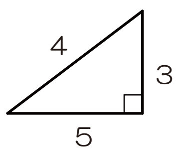
$$横の分力（P_X）＝斜めの荷重 \times \frac{ちっこい三角形の横}{ちっこい三角形の斜め}$$



$$P_X = 10 \times \frac{\sqrt{3}}{2} = 5\sqrt{3}[kN]、 P_Y = 10 \times \frac{1}{2} = 5[kN]$$

★Ex.10★ A 点のモーメントを求めてみましょう





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

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

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

$$M_A = +P_X \times 3 + P_Y \times 0 - 6 \times 4$$

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

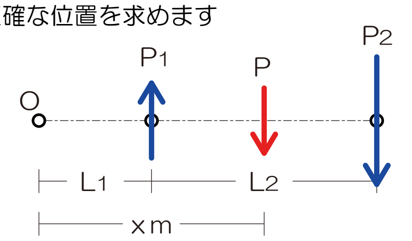
$$M_A = 0[kN]$$

解答：M_A=0[kNm]

（b） 力の合成（オプション、１級建築士試験では過去出題はありません、２級ではあるんですが…）

■ 平行２力の合成

- バリニオンの定理：「物体に与える影響は変化しない」を「任意の点のモーメントが変化しない」に置き換えて合力の問題を（作用線の位置を）解いてみましょう、って定理です
- 合成後の力の大きさを求め、その力がどこを通るのか勝手に予想して（いずれかの点からの距離をｘとしましょう）図示
- その後、バリニオンの定理を用いて、任意の点に着目し「合成前のモーメント」＝「合成後のモーメント」とし、作用線の正確な位置を求めます



$$M_{OB} = -P_1 \times L_1 + P_2 \times (L_1 + L_2)$$
$$M_{OF} = +P \times x$$
$$M_{OB} = M_{OF}$$

（C） 力のつり合い

■ 力のつり合いの重要度

- 力学を学ぶ上で、最も重要な項目が「力のつり合い」です！未知力算定・支点の反力算定・トラスの応力算定などで用います（また、応力算定では支点の反力がわからないと解答不可な問題がほとんどです、さらに応力が解けないと応力度も…なんて形で様々な分野に波及していきます）

■ 力のつり合いとは

- つりあい状態：物体にかかる力がつり合っている場合には、その物体は動きません
- 物体が動いていない条件：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、 $M_O = 0$

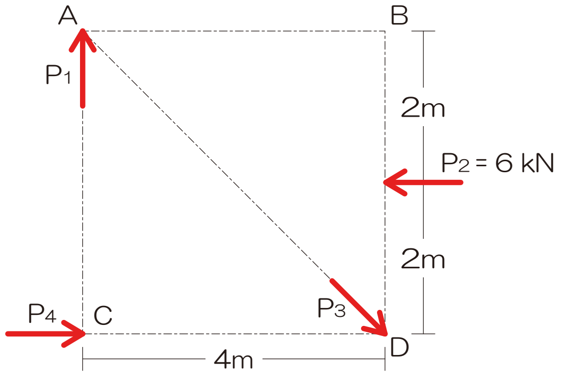
- 縦に動いていない：縦の力の合計が０、 $\sum Y = 0$

- 横にも動いていない：横の力の合計が０、 $\sum X = 0$

■ 未知力算定の基礎

- 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：極力無駄な式は使いたくない！求めたい未知力（ターゲット）以外の未知力が式の中になければ一発で片がつくのにな…
- 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！（〇で囲む）、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

□　各未知力を求める際に最もスマートな式を選択してみましょう

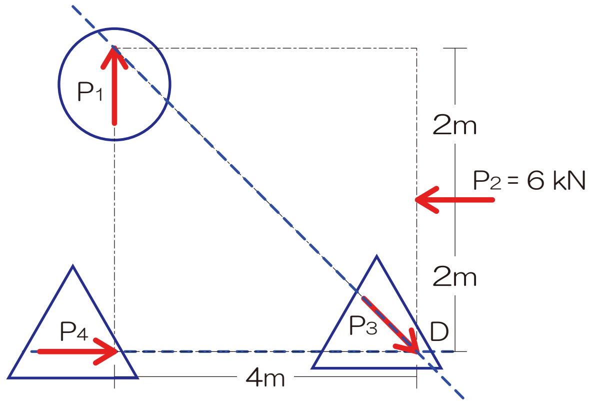


P_1 を求めたかったら　⇒　P_3 と P_4 の交点 D のモーメントに着目

P_3 を求めたかったら　⇒　P_1 と P_4 の交点 C のモーメントに着目

P_4 を求めたかったら　⇒　P_1 と P_3 の交点 A のモーメントに着目

★Ex.11★　未知の荷重 P_1 の値を求めてみましょう



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（$M_O = 0$）、平行なら⇒直行する軸のつり合いに着目（$\sum Y = 0$ もしくは $\sum X = 0$）

P_1 を求める　⇒　P_3 と P_4 の交点（D 点）に着目

$$M_D = +P_1 \times 4 - 6 \times 2 = 0$$
$$4P_1 = 12$$
$$P_1 = 3[kN]$$

解答：P_1 ＝ ３ kN（上）

1.2.2 骨組

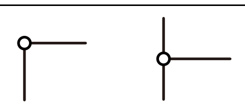
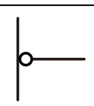
（A） 骨組み

■　構造物を構成するパート

- 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

■　節点の種類

- 剛節点：完全に固定された節点、すべての応力（次項参照）を伝搬可能
- 滑節点（ピン節点）：回転可能な節点、曲げモーメント（次項）を伝搬できない（曲げモーメントが０となる）

ピン接合（滑節点） ※　回転可能	剛接合（剛節点） ※　回転不可・固定	混合 ※　両者が…
		

（a） 節点による分類

- トラス：節点が全てピン、荷重をかける位置は支点・節点上のみ
- ラーメン：節点がすべて剛、部材が直線な鉛直・水平部材で構成
- 合成ラーメン：剛節点とピン節点が混在する構造物（建築士試験ではもっとも厄介な構造物…）

（b） 形状による分類

- はり・アーチ・ラーメン・トラスなど

（c） 応力による分類

- ラーメン：すべての応力が生じる
- トラス：軸方向力のみ生じる

（B） 支点

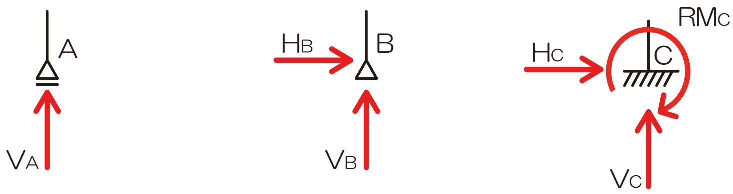
■ 支点の種類

- 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	×	×	×	○	○	○

■ 支点反力の図示

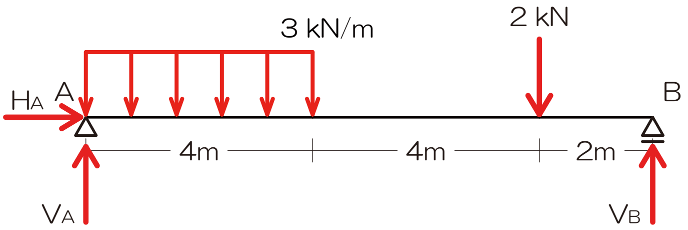
- 支点を見つけたら生じる可能性のある反力を図示（もう問題を読む前にでも！）
- 鉛直方向は「V（上方をプラス)」、水平方向は「H（右をプラス)」、回転（モーメント）を「M（時計回りがプラス)」で表記するのが一般的

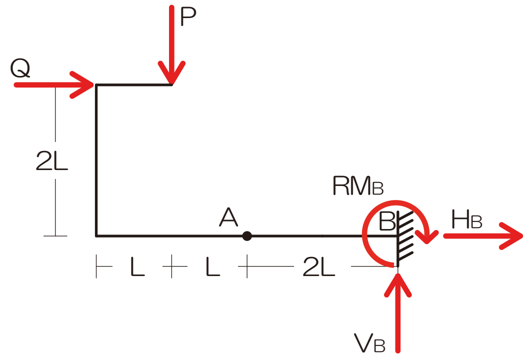


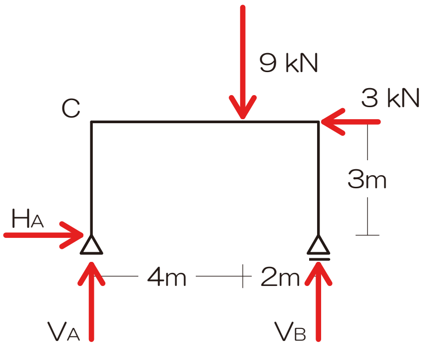
ローラー支点　　ピン支点　　固定支点

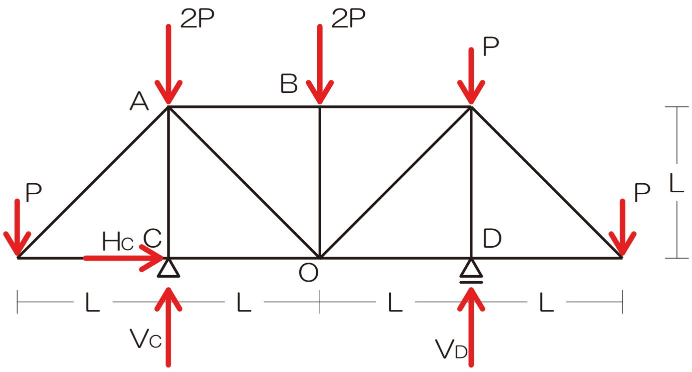
Ref. 全日本建築士会、
一級建築士受験講座
学科Ⅳ構造、地人書館

★Ex.12★　各支点の反力を図示してみましょう





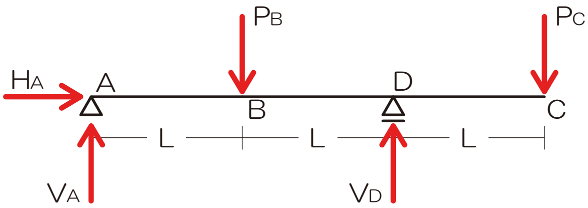


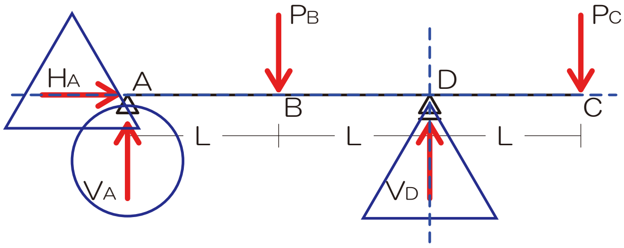


■　反力の求め方

➢　「反力を図示」⇒「未知力算定（力のつり合い）」以上！

★Ex.13★　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）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

（C） 安定、静定

（a） 安定、不安定

■ 安定・不安定とは

➢ 不安定な構造体は「わずかな力で倒壊、移動」

（b） 静定、不静定

■ 静定・不静定とは

➢ 静定構造物は「力の釣合い式のみ」で反力を求めることができる、不静定は…反力の数が多いので釣合い式のみでは算定不可能…（変形の知識を用いて求めることができるものもあります）

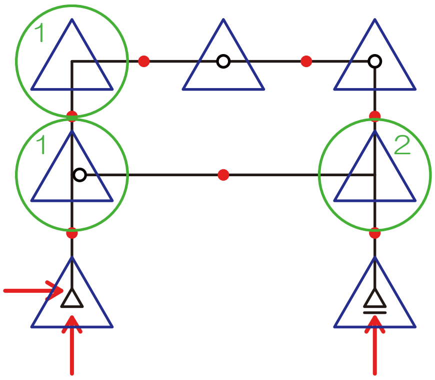
<table>
<tr><td rowspan="3">構造物</td><td rowspan="2">安定</td><td>静定　（釣合い式のみで反力算定可）</td></tr>
<tr><td>不静定　（変形等の条件を加味し反力算定）</td></tr>
<tr><td colspan="2">不安定　（わずかな力で倒壊・変形）</td></tr>
</table>

（c） 判別

□ 判別式：$m = n + r + s - 2k$　　$m > 0$ で不静定、 $m = 0$ で静定、 $m < 0$ で不安定

n …反力数、 r …部材数、 s …剛接合部材数（※）、 k …支点・節点の総数

★Ex.14★　以下の構造物を判別してみましょう



反力数　⇒　3

部材数　⇒　7

剛接合部材数　⇒　4

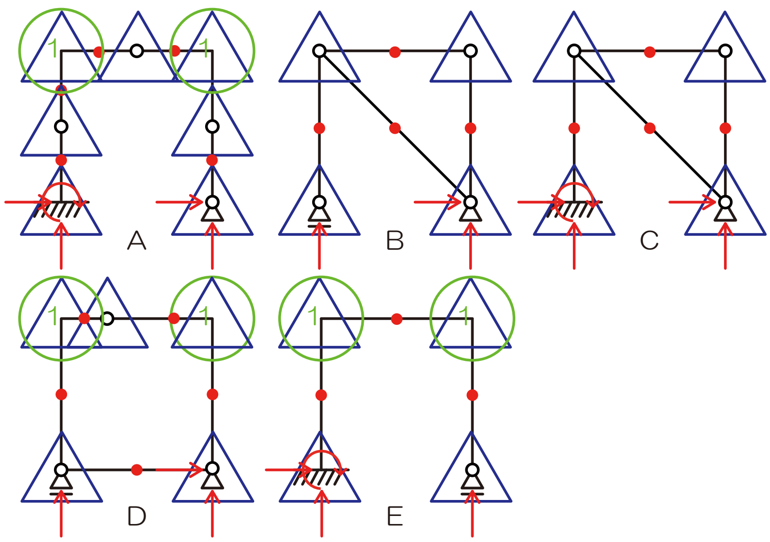
支点・節点の総数　⇒　7

$$m = 3 + 7 + 4 - 7 \times 2 = 0$$

静定構造物

『解法 07』判別

次の架構のうち、静定構造物はどれか。【H20】



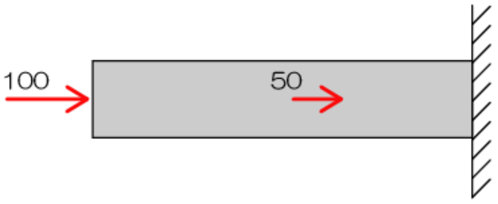
	n	r	s	k	m
A	5	2	6	7	5+2+6-2*7=-1
B	3	0	4	4	3+0+4-2*4=-1
C	5	0	4	4	5+0+4-2*4= 1
D	3	2	5	5	3+2+5-2*5= 0
E	4	2	3	4	4+2+3-2*4= 1

解答：D

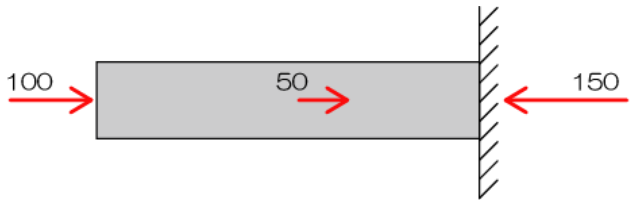
1.2.3 静定構造物の応力

■ 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



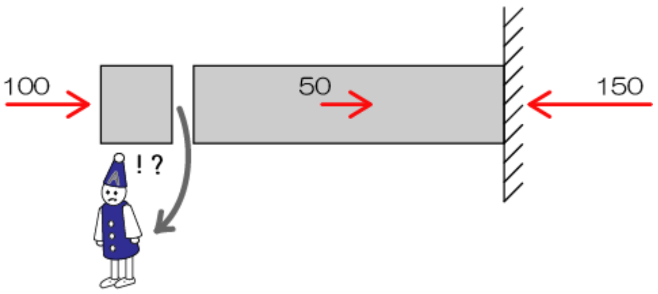
2） このままでは力の釣り合いが取れていないので右端の支点に反力 150 があるはずです



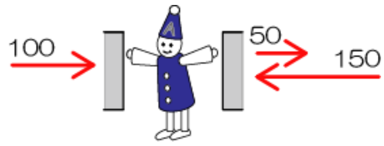
3） さて、ここで質問「以下の A 点と B 点ではどちらが“痛い”ですか？」材の中に小人さん（☆印）がいることを想定し、考えてみてください

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

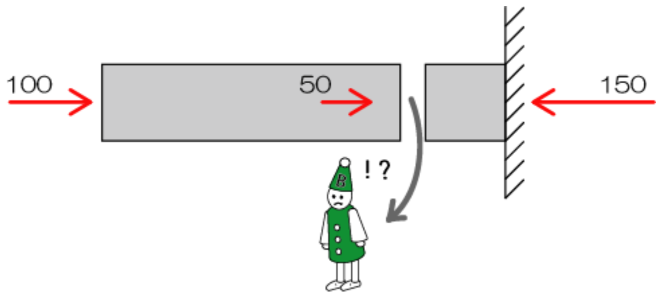
4） では、A 点に隠れている小人さんに登場願いましょう（A 点で構造体を切断します）



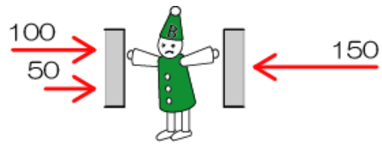
5） A 点の小人さんは左側から 100 で押され、右側からも 100 で押されています（50 で引張られ、150 で押されているのでその合計） → 「両側から 100 ずつで押されている」



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！

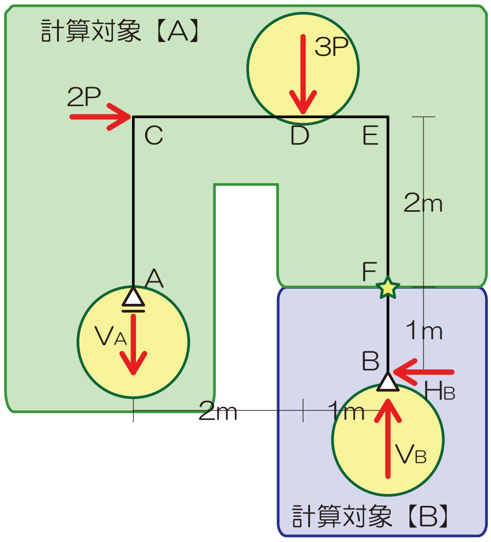
（A） 応力の種類

■ 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】 ⇒ 右図○

➢ 唯一符号がつく：圧縮をマイナス（−）、引張をプラス（＋）で表記

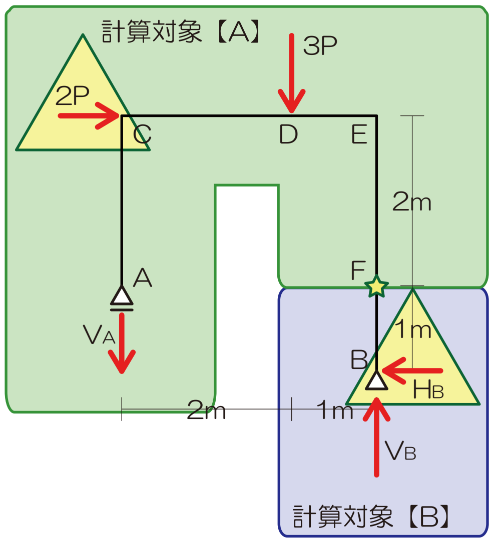


■ せん断力

➢ 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】 ⇒ 右図△

➢ 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）

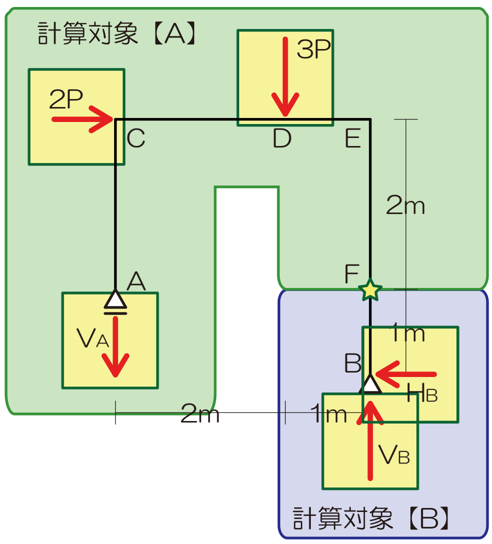


■ 曲げモーメント

➢ 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】 ⇒ 右図□

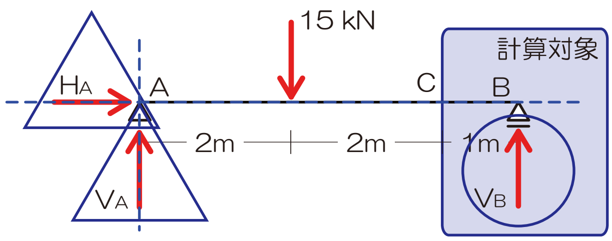
➢ 符号はつかない（計算中は符号を考えるけど、最終的に絶対値表記）



（B） 静定梁の応力

■ 応力算定の基礎

★Ex.15★ C 点の各応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）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、曲げモーメントは作用が交差しない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 に着目）

$$M_A = +15 \times 2 - V_B \times 5 = 0$$
$$V_B = 6[kN]$$

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

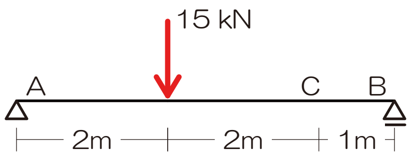
$$M_C = -6 \times 1$$
$$M_C = 6[kNm]$$
（最後に絶対値標記）

C 点の軸方向力（材と並行な力）を求める

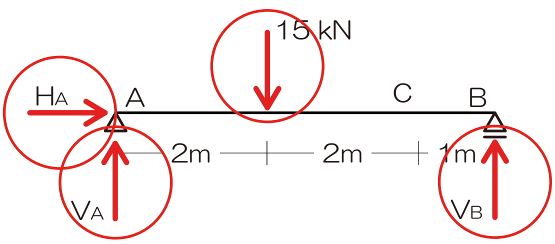
$$N_C = 0[kN]$$

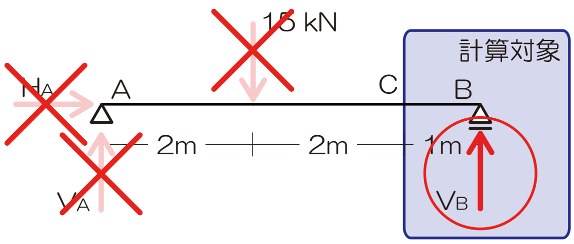
解答：N_C=0[kN]、Q_C=9[kN]、M_C=6[kNm]

➢ 提案した解法の短所 ⇒ 応力計算と反力計算で対象となる力が変化するので留意



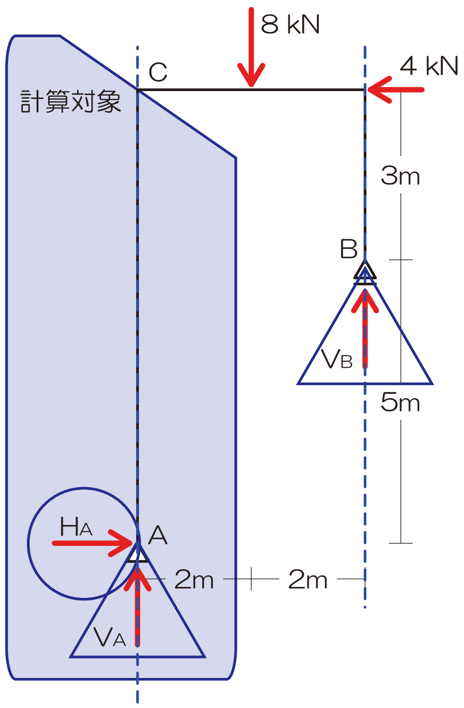
※反力算定：構造体にかかる【すべての力】が計算対象　※応力算定：切断後に選択された範囲にある力のみが計算対象





（C） 静定ラーメンの応力

★Ex.16★　C 点の曲げモーメント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）応力を求めたい点で構造体を切断！

3）計算対象を決定

4）もし、未知力が入っていたら、未知力を求める

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、曲げモーメントは作用線が交差しない計算対象側全部の力

C 点で切断、計算対象を左とする

H_A を求める（ターゲット以外が並行）

$$\sum X = H_A - 4 = 0$$
$$H_A = 4[kN]$$

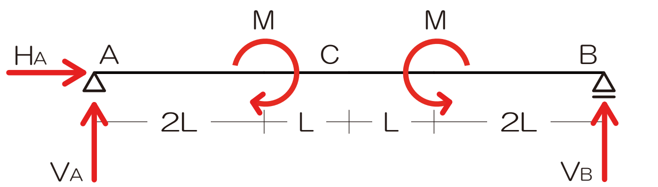
C 点の曲げモーメントを求める

$$M_C = -4 \times 8 = -32 = 32[kNm]$$

解答：M_C ＝ 32kNm

『解法 08』梁・ラーメンの応力

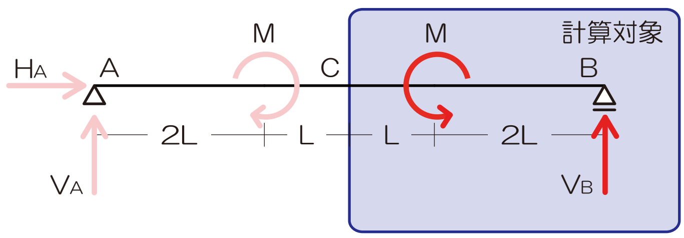
図のような梁の A 点および B 点にモーメントが作用している場合、C 点に生じる曲げモーメントの大きさを求めよ。【H20】



『解法 8』梁・ラーメンの応力

1） 生じる可能性のある反力を図示

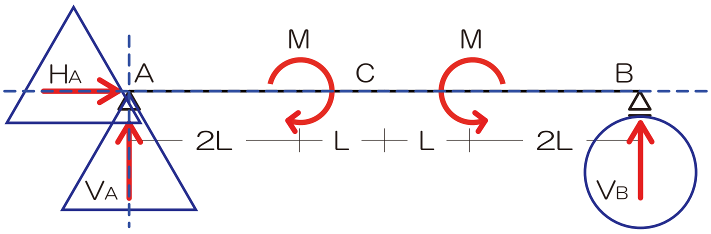
⇒　左図



2） 応力を求めたい点で構造体を【切断】！

3） 計算対象を【選択】

⇒　計算対象は右



4） もし、未知力が入っていたら、未知力を求める

⇒　V_B を求める（交点 A に着目）

$$M_A = +M - M - V_B \times 6L = 0$$
$$V_B = 0$$

5） 曲げ M は作用線が交差しない計算対象側全部の力

⇒　M_C を求める

$$M_C = -M$$
$$M_C = M$$

⇒絶対値表記

解答：M_C ＝ M

［ポイント］

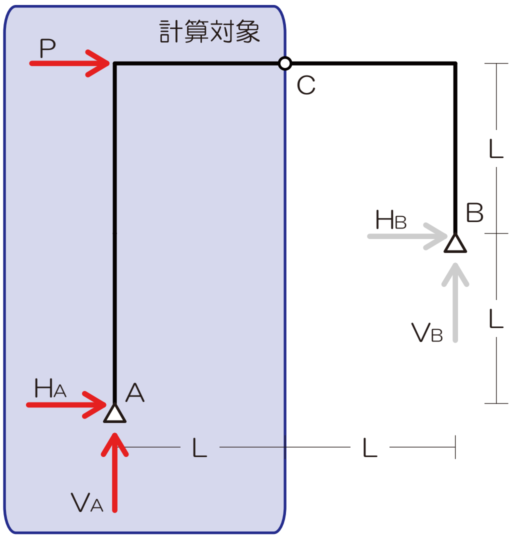
✓　【応力】は、【切断】し【選択】すること！

（D） ３ヒンジラーメン

■ ３ヒンジラーメンとは

➢ 「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

★Ex.17★ 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

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

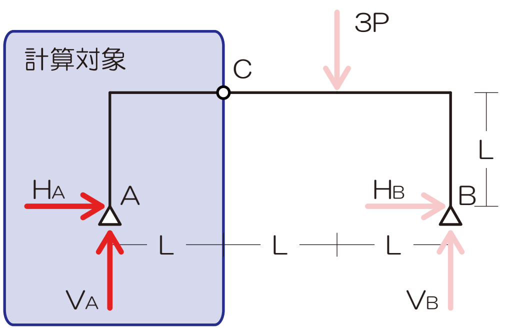
H_B と V_B の交点Ｂのモーメントに着目

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

解答：V_A=-2P/3

『解法 09』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】



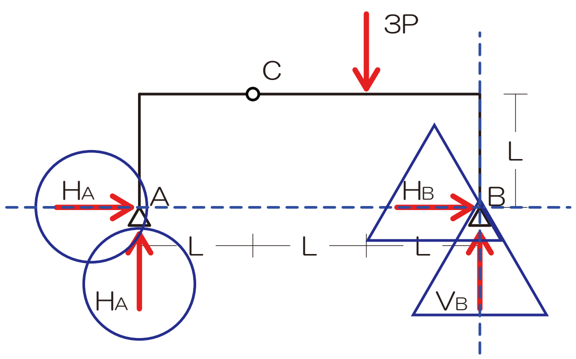
『解法 09』３ヒンジラーメンの反力

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

［ポイント］

✓ ピン節点の曲げモーメント＝０に着目して、反力の１つに消えてもらいましょう

（E） 曲げモーメント図

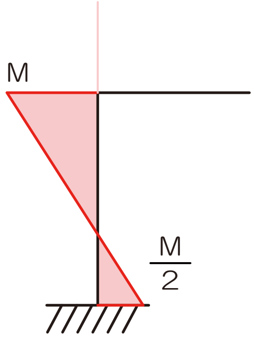
■ 試験における曲げモーメント図に関する問題の特徴

- 正しい曲げモーメント図を「選べれば」勝ち（説明はヤヤコシイですが、実際の問題で試すと簡単です…）
- 曲げモーメント図にはいくつかのチェック項目があります、そのチェックに NG だった選択肢を排除し、正しい曲げモーメント図を選びましょう
- また例によってちょっと軽めの解法名となっていますが、それらの根拠は「固定モーメント法＠教科書 P38」というお固い解法です

■ 正しい曲げモーメント図の「選び方」

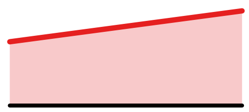
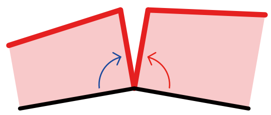
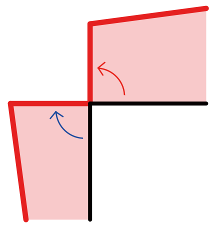
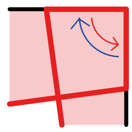
１） 半分おすそ分け　⇒　到達モーメントのこと＠教科書 P38

- 剛節点の他端が固定支点の場合には、剛節点で生じている曲げモーメントの半分の値が固定端にも生じます



２） 小さな風車（内々外々）　⇒　解法モーメントと分割モーメントのこと＠教科書 P38

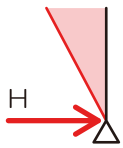
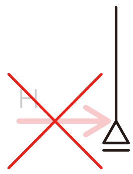
- 「応力は荷重等がかからない限り突然変化しない」ってのがあります

まっすぐですね	途中で折れても…同じこと	これが「外々」	上下逆の条件が「内々」
			

- 『小さな風車※』を記入してチェックが可能です、時計回り反時計回りの風車の合計（モーメントの合計）が０でなければなりません　※元の材から応力を立ち上げる方向にベクトル表記（上記の赤・青ベクトル）
- 部材が２本のみの剛節点の場合には、単純化した『内々外々』も有効

３） ローラー柱

- ローラー支点を有する柱は、水平反力がないので曲げモーメントが生じることはありません（途中に水平荷重がなければ）

ピン支点の柱	ローラー支点の柱
	

４） クルクルドン

- 「曲げモーメント図は引張が生じる側に書く」とのルールが有り、「引張側ってどっちだ？」を見分ける解法（次頁）

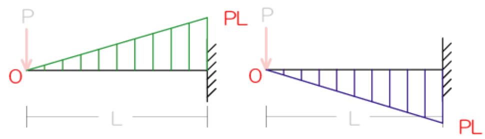
■ 曲げモーメント図の書き方（クルクルドン解法）

➢ 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」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？

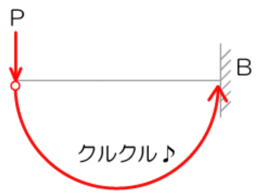


そこで【クルクルドン】の登場

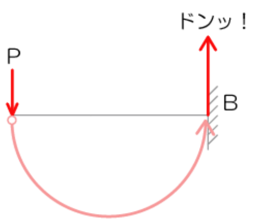
1） 荷重 P により、B 点に曲げモーメントが発生、そこで B 点に注目し、上？下？を検討する

2） 荷重 P の作用点をスタート

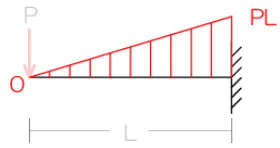
3） ゴールを曲げモーメントを求める点（今回は B 点）とし、「クルクル♪」



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！」



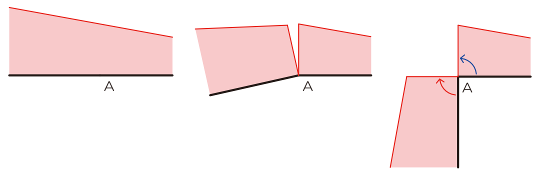
5） 「ドンッ！」って飛ばされた方に応力の分布図を示す



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

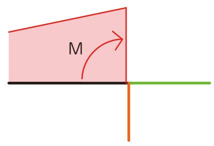
節点の曲げモーメント図

『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



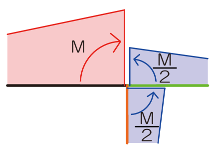
母材から M 図がどちら回転に立ち上がっているの？【小さな風車】に注目すると、打ち消し合って 0 になります（赤風車は時計回り、青風車は反時計回りで合計 0）

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

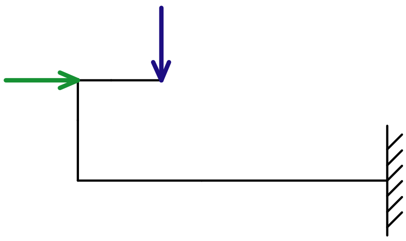


赤・緑部材ともに剛性が等しい場合には仲良く半分ずつ受け持ちます（右図）赤風車を青風車２つで打ち消し曲げモーメント 0

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

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

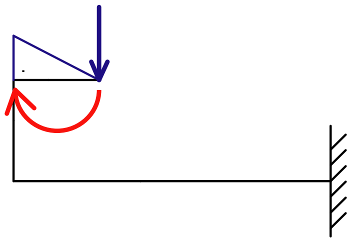
註２：クルクルドンが必要な点（応力を求める必要のある点）

　　は「支点」「節点」「荷重の掛かっている点」です

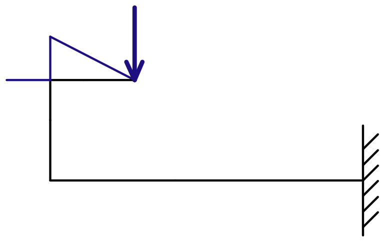
註３：上記各点の応力が求められたら後は結ぶだけ

註４：剛節点では【小さな風車】をチェック

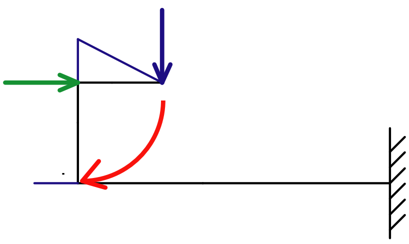
1）クルクルドン



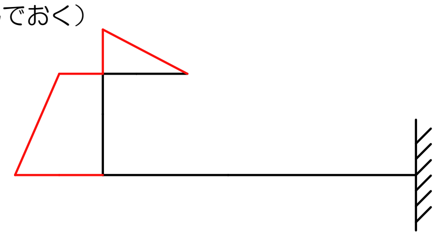
2）風車が打ち消しあうように



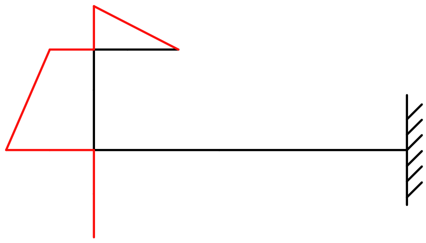
3）またまたクルクルドン、ですが荷重が ２ つあるので両者ともに別々に「ドンッ！ドンッ！」



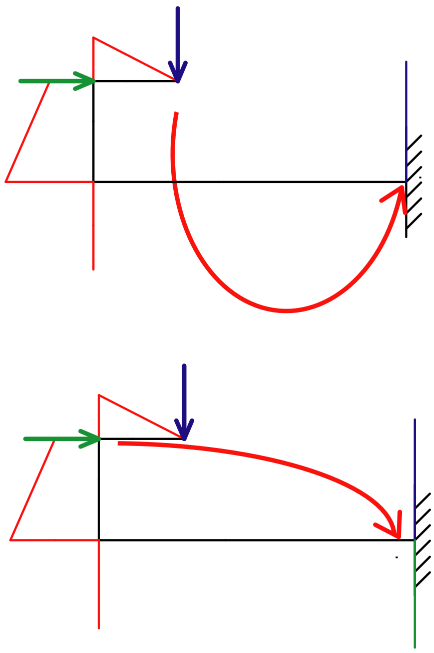
4）２つの「ドンッ！」を合算（部材の両端の応力が分かったら結んでおく）



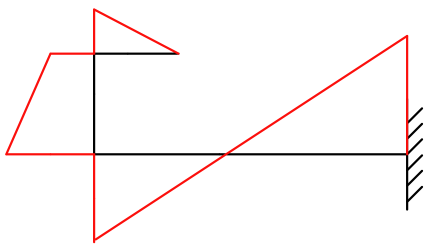
5）風車チェック



6）さらにクルクルドン＋クルクルドン（向きが逆ですね）

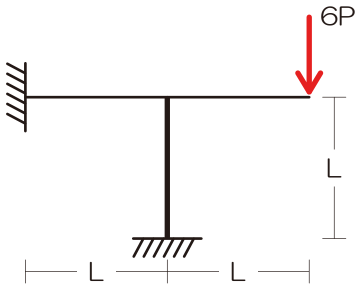


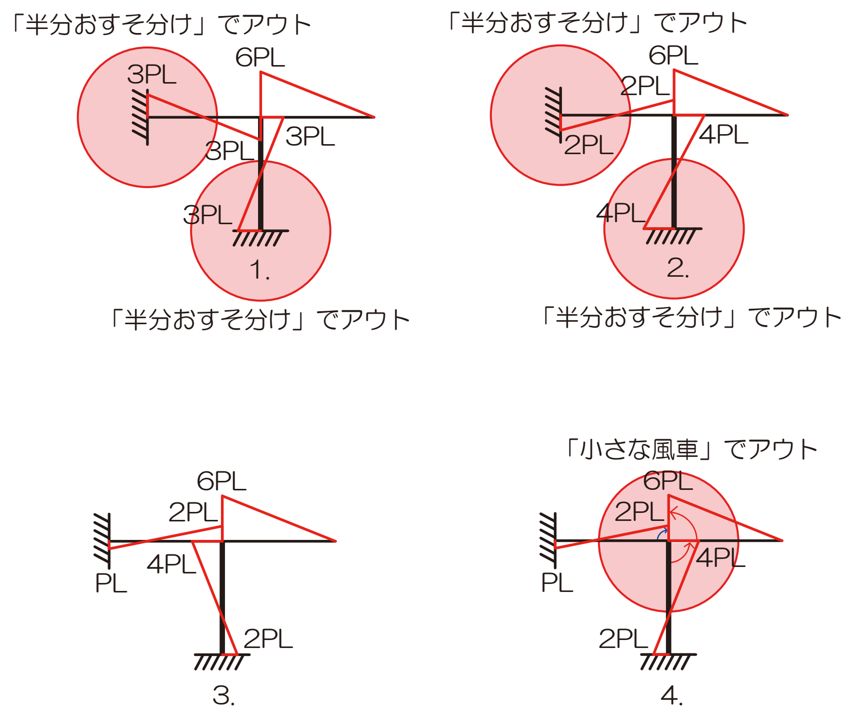
7）合算して各点を結ぶ



『解法 10』曲げモーメント図（含む不静定）

図のようなラーメンに荷重 P が作用したときの曲げモーメント図として正しいものはどれか。ただし、梁部材の曲げ剛性は EI、柱部材の曲げ剛性は２EI とし、図の A 点は自由端、B 点は剛接合とする。また、曲げモーメントは材の引張側に描くものとする。【H24】





『解法 10』曲げモーメント図

1）　半分おすそ分け

⇒　1.と 2.がアウト

2）　小さな風車（内々外々）

⇒　4.がアウト

⇒　残りは 3.のみ

3）　ローラー柱

4）　クルクルドン

解答：3.

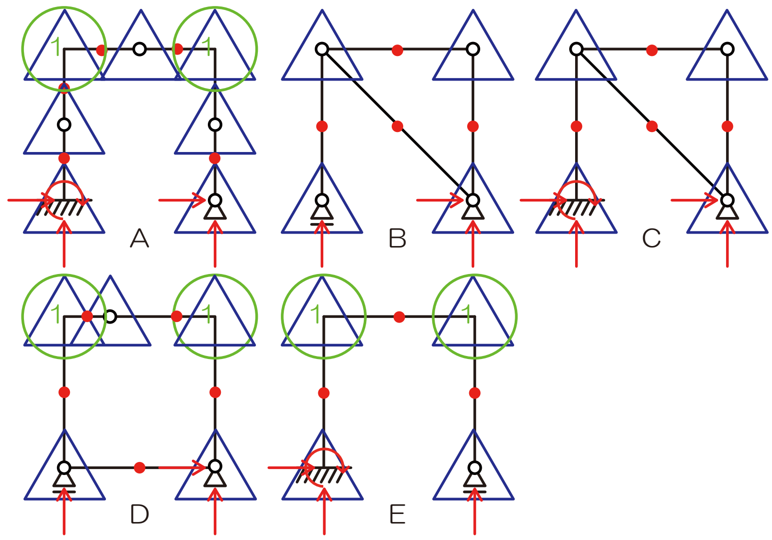
［ポイント］

✓　正しい曲げモーメント図が選べれば良しです

✓　チェック項目は「半分おすそ分け」「小さな風車」「ローラー柱」です（それで見分けがつかなかったらクルクルドン）

『解法 07』判別

次の架構のうち、静定構造物はどれか。【H20】

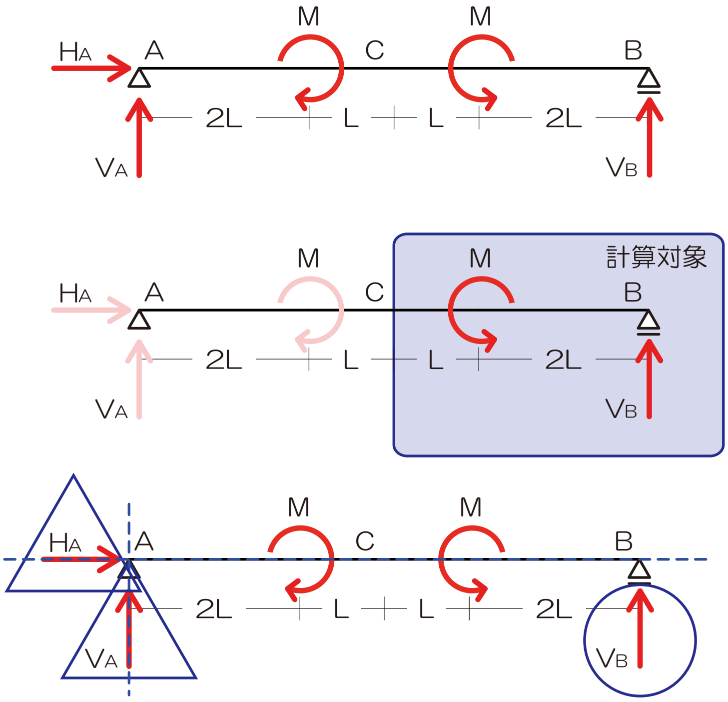


	n	r	s	k	m
A	5	2	6	7	5+2+6-2*7=-1
B	3	0	4	4	3+0+4-2*4=-1
C	5	0	4	4	5+0+4-2*4= 1
D	3	2	5	5	3+2+5-2*5= 0
E	4	2	3	4	4+2+3-2*4= 1

解答：D

『解法 08』梁・ラーメンの応力

図のような梁のＡ点およびＢ点にモーメントが作用している場合、Ｃ点に生じる曲げモーメントの大きさを求めよ。【H20】



『解法 8』梁・ラーメンの応力

1）生じる可能性のある反力を図示

⇒　左図

2）応力を求めたい点で構造体を【切断】！

3）計算対象を【選択】

⇒　計算対象は右

4）もし、未知力が入っていたら、未知力を求める

⇒　V_B を求める（交点Ａに着目）

$$M_A = +M - M - V_B \times 6L = 0$$
$$V_B = 0$$

5）曲げＭは作用線が交差しない計算対象側全部の力

⇒　M_C を求める

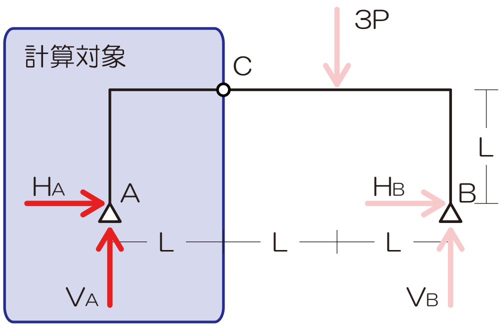
$$M_C = -M$$
$$M_C = M$$

⇒絶対値表記

解答：M_C ＝ M

『解法 09』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】



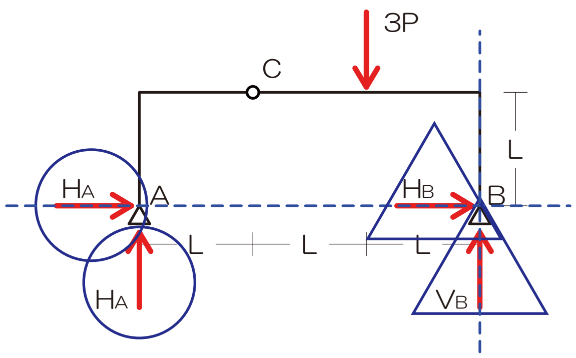
『解法 09』３ヒンジラーメンの反力

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

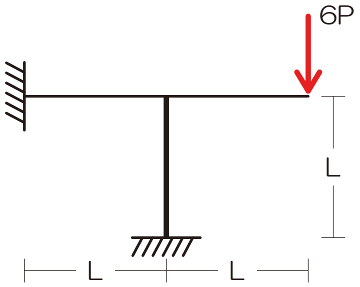
⇒　ターゲットを H_A 系とすると、ターゲット以外の未知力はＢ点で交差、Ｂ点のモーメントに着目

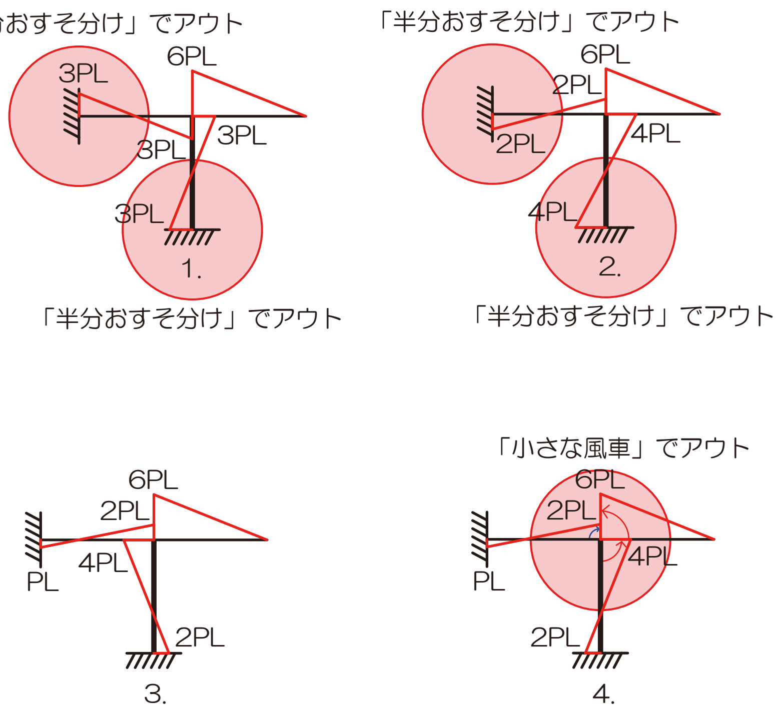
$$M_B = +H_A \times 3L - 3P \times L = 0$$
$$H_A = P$$

解答：H_A ＝ P

『解法 10』曲げモーメント図（含む不静定）

図のようなラーメンに荷重 P が作用したときの曲げモーメント図として正しいものはどれか。ただし、梁部材の曲げ剛性は EI、柱部材の曲げ剛性は2EI とし、図の A 点は自由端、B 点は剛接合とする。また、曲げモーメントは材の引張側に描くものとする。【H24】





『解法 10』曲げモーメント図

1） 半分おすそ分け

⇒ 1.と 2.がアウト

2） 小さな風車（内々外々）

⇒ 4.がアウト

⇒ 残りは 3.のみ

3） ローラー柱

4） クルクルドン

解答：3.

Ref. 全日本建築士会、
一級建築士受験講座
学科Ⅳ構造、地人書館