【本日の目標 2】

（1） 振動 ← 「固有周期」を求めることができる

・平成 3、8、13、16、19、23 年：固有周期の大小を比較せよ（H13・16 は応答加速度まで）

（2） 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

（3） 力の釣り合い ← 力の釣り合より「未知力の算定」ができる

（4） 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

（5） 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

（6） 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

（7） 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

1.1.4 振動：P10

（B） 固有周期

- 固有周期：建築物に荷重（地震・風・交通振動等）がかかった際に生じる建物自身の往復運動

（b） 一質点振動系の固有周期：構造体にかかる荷重と剛性より求める、構造体が最も揺れやすい周期（モードとも言う）

□ $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{K}}$ m…質量（自重）、K…剛性 また、$K = \frac{3EI}{L^3}$

まとめると → $T = 2\pi\sqrt{\frac{m \times L^3}{3EI}}$

1.1.5 地震応答スペクトル：P11

- 建物の固有周期により応答スペクトルが変化するので注意
- 減衰：減衰定数が大きいと外力が停止した後の振動をより早く抑制できる
- 応答せん断力：力（せん断力含む） ＝ 質量 × 加速度

□ $Q = m \times \alpha$ m…質量（自重）、α…加速度

References 全日本建築士会編：合格対策 1 級建築士受験講座学科 Ⅳ、地人書館、2012

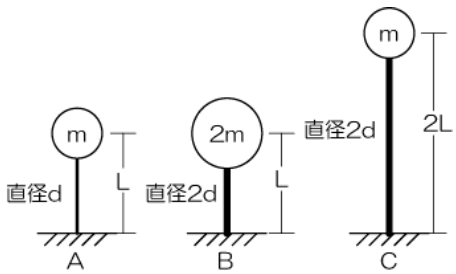
© 2013 office Architype Lab All rights reserved! http://www.architype-lab.com/

固有周期

例題６　固有周期を求めよ。（H3【過去問 21】、8【過去問 22】、13【過去問 23】、16【教科書 P14】、19≪過去問 06≫、23【教科書 P13】）

≪過去問 06≫　図のような頂部に集中荷重を持つ丸棒A、B、Cにおける固有周期T_A、T_B、T_Cの大小関係として正しいものは次のうちどれか。ただし、３本の棒はすべて等質とし、棒の質量は無視する。

なお、棒のバネ定数は$\frac{3EI}{L^3}$である（L：棒の長さ、E：ヤング係数、I：断面２次モーメント）。（H19）



【解法】

※　固有周期

1）　剛性及び質量より固有周期を求める（以下公式参照）

★：バネ定数は剛性と同じです

□　$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{K}}$　m…質量（自重）、K…剛性（また$K = \frac{3EI}{L^3}$バネ定数）

固有周期の公式に剛性・円形の断面２次モーメントの公式を代入し、共通項を削除すると

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{K}} = 2\pi\sqrt{\frac{mL^3}{3EI}} = 2\pi\sqrt{\frac{mL^3 \times 64}{3E \times \pi D^4}} \Rightarrow T' = \sqrt{\frac{mL^3}{D^4}}$$

T’で３つのモデルの固有周期を比較する

$$T'_A = \sqrt{\frac{mL^3}{d^4}}, T'_B = \sqrt{\frac{2mL^3}{16d^4}}, T'_C = \sqrt{\frac{8mL^3}{16d^4}}$$

ゆえに$T_A > T_C > T_B$

『難解問題』

※　固有周期及び応答せん断力を求めよ

1）　質点系より相応する応答加速度をよみとる　　★：グラフで表記されています

2）　応答加速度と質量より応答せん断力を求める（以下公式参照）

□　$Q = m \times \alpha$　m…質量（自重）、α…加速度

1.2.1　力の釣り合い：P27

（A）　力・偶力・モーメント

➢　力の三要素

『重要事項！』　「大きさ」「作用点」「作用線」（作用線が重要です）

➢　モーメント

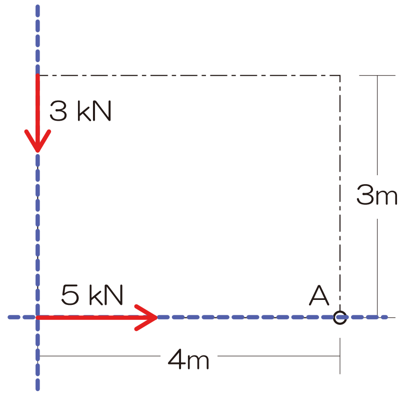
『重要事項！』　距離が重要！必ず力の作用線を図示し問題中に距離を記入

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

References　全日本建築士会編：合格対策 1 級建築士受験講座学科 Ⅳ、地人書館、2012

© 2013 office Architype Lab All rights reserved!　 http://www.architype-lab.com/

以下の A 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＋、反時計回りがー）

6）上記モーメントを合算

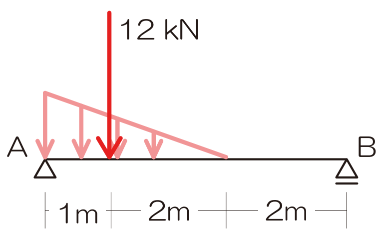
$$M_A = -3 \times 4 + 5 \times 0 = -12$$

解答：M_A＝ー12 kNm

➢ 分布荷重

『重要事項！』　分布荷重は集中荷重へ変換（「力の大きさ」は面積、「作用点」は重心）

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

$$4 \times 3 \div 2 = 6$$

解答：A 点から 1 mの位置に 6 kN

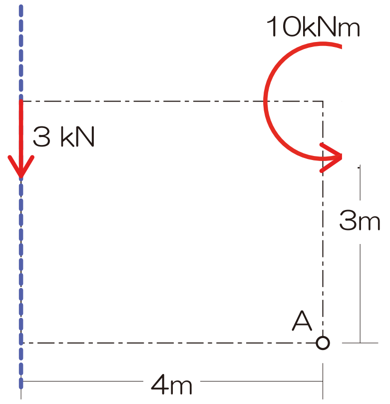
References　全日本建築士会編：合格対策 1 級建築士受験講座学科 Ⅳ、地人書館、2012

© 2013 office Architype Lab All rights reserved!　http://www.architype-lab.com/

➢　モーメント荷重

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

以下の A 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

$$M_A = -3 \times 4 - 10 = -22$$

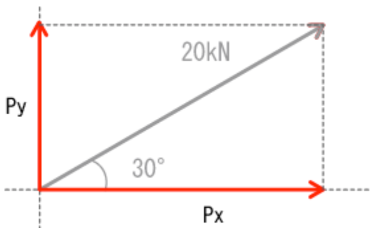
解答：M_A＝－22 kNm

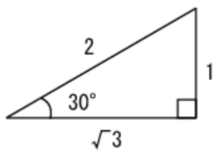
（B）　力の合成・分解

➢　力の分解・合成

『重要事項！』　斜めの力が出てきたら必ず縦・横に分解すること！ちっこい三角形を書いておきましょう！

□　斜めの力の分解と相似・三角比：辺の比より力を分解



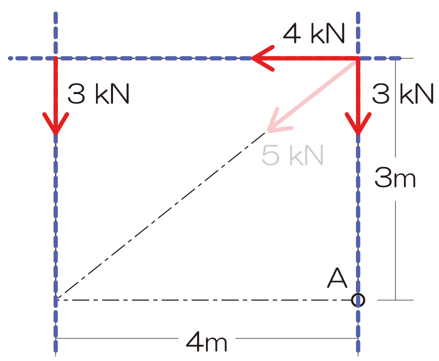


30°　の三角形

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

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

以下の A 点のモーメントを求めよ



（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

$$M_A = -3 \times 4 - 4 \times 3 = -24$$

5kN の斜め荷重を縦・横に分力しました

3：4：5 の三角形です

解答：M_A＝－24 kNm

References　全日本建築士会編：合格対策 1 級建築士受験講座学科 Ⅳ、地人書館、2012
© 2013 office Architype Lab All rights reserved!　http://www.architype-lab.com/

（C）　力の釣合い

『重要事項！』　釣合いの３条件の理解は必須！未知の力を求めたかったら邪魔な力（他の未知力）を消す工夫を（モーメントね）！

【解法】　力の釣り合い条件（方程式を立てて未知力を求めます）

1）任意の点におけるモーメントの合計が０　$M_0 = 0$

2）鉛直（縦）方向の力の合計が０　$\sum y = 0$

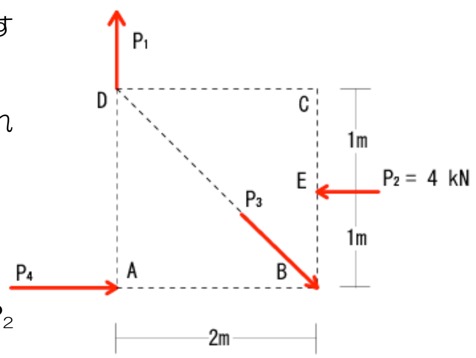
3）水平（横）方向の力の合計が０　$\sum x = 0$

※　最も使える項目は 1）のモーメントです（って、反力の項目でもそうですが先ずはモーメントに注目！）

※　方程式の中に未知力一つが残るようにすることが解法のコツですね（次ページ参照）

求めたい未知力を確認　→　それ以外の未知力の作用線が交わっている点を探す　→　その点のモーメントに注目

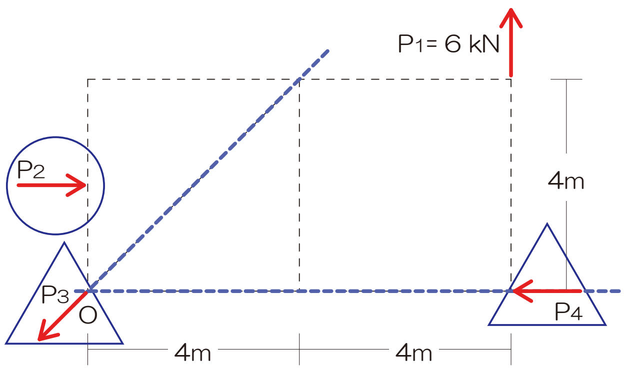
↑何でそれ以外の力の交点？　→　作用線上はモーメントが０となり、「それ以外の未知力」を方程式から排除できるからですね



簡単に言ってしまえば↓こんな感じね

P_1、P_2、P_3の３つの未知力があった場合　→　P_1を求めたかったら　→　P_2とP_3の交点に注目！って事（P_2だったら？シツコイ？）

図のような４つの力 P_1～P_4が釣合っているとき、P_2の値を求めよ。



ターゲット以外の交点Ｏに注目

（解法手順）『未知力算定』『未知力３の法則』

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

$$M_O = +P_2 \times 2 - 6 \times 8 = 0$$
$$2P_2 = 6 \times 8$$
$$P_2 = 24$$

解答：P_2=24 kN（右）

References　全日本建築士会編：合格対策 1 級建築士受験講座学科 Ⅳ、地人書館、2012

© 2013 office Architype Lab All rights reserved!　http://www.architype-lab.com/

1.2.2　骨組：P29

（A）　骨組み

➢ 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発生
- 節点：各部材が接合されている点、種類は２つ（ピン節点・剛節点）、部材に生じた応力を伝搬

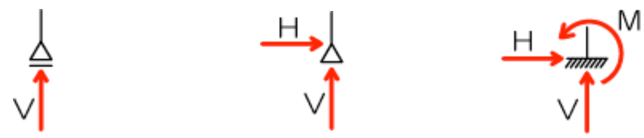
（B）　支点

- 支点と反力：各種支点により生じる反力が異なる

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

- 支点を見つけたら以下をすぐに図示
- 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)」



ローラー支点　　ピン支点　　固定支点

支点の反力

例題 XX　支点の反力（H24≪過去問 XX≫）簡単すぎるので解法手順のナンバリングから外します…

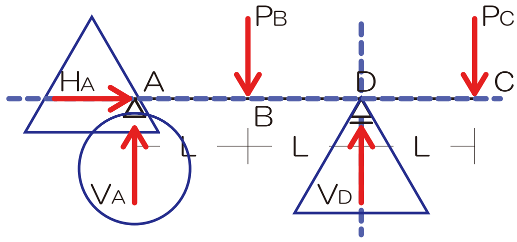
≪過去問 XX≫　図のような梁において、B 点および C 点にそれぞれ集中荷重 P_B と P_C が作用する場合、支点 A に鉛直反力が生じないようにするための P_B と P_C の比として、正しいものは次のうちどれか。(H24)

【解法】

1）求めたい未知力を決定

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



H_A と V_D の交点である D 点に注目

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

支点 A に鉛直反力が生じないので

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

$$P_B = P_C$$

ゆえに

$$P_B : P_C = 1:1$$

References　全日本建築士会編：合格対策 1 級建築士受験講座学科 Ⅳ、地人書館、2012

© 2013 office Architype Lab All rights reserved!　http://www.architype-lab.com/

（C）　安定・静定

- 構造物の判別：「安定」or「不安定」、安定のものは「静定」or「不静定」に分類されます
- 安定・不安定：不安定な構造体は「わずかな力で倒壊」
- 静定・不静定：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…（変形の知識を使用します）

構造物	安定	静定　（釣合い式のみで反力算定可）
		不静定　（変形等の条件を加味し反力算定）
	不安定　（わずかな力で倒壊・変形）	

- 判別式で判定可能

□　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

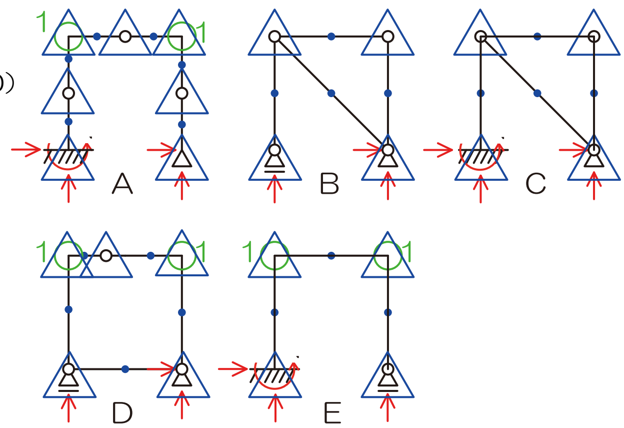
n…反力数、r…部材数、s…剛接合部材数（※）、k…支点・節点の総数

判別

例題 7　各構造体の「安定」「不安定」「静定」「不静定」を判別せよ。（H3【過去問 24】、15【過去問 25】、20≪過去問 07≫）

※　判別　　★：判別式に各値を代入し判定

≪過去問 07≫　以下の架構のうち、静定構造物はどれか。（H20）



【解法】

1）　反力数（n）を求める

2）　部材数（r）を求める

3）　剛接合部材数（s）を求める

★：複数の部材が剛接合されている点は注意ですよー！

4）　支点・節点の総数（k）を求める

5）　上記を公式に代入し判別

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

反力を赤↑、部材数を青●、剛接合部材数を緑○、支点・節点の総数を青△で示す

$$m = n + r + s - 2k$$
$$m_A = 5 + 6 + 2 - 7 \times 2 = -1$$
$$m_B = 3 + 4 + 0 - 4 \times 2 = -1$$
$$m_C = 5 + 4 + 0 - 4 \times 2 = 1$$
$$m_D = 3 + 5 + 2 - 5 \times 2 = 0$$
$$m_E = 4 + 3 + 2 - 4 \times 2 = 1$$

ゆえに D が静定構造物

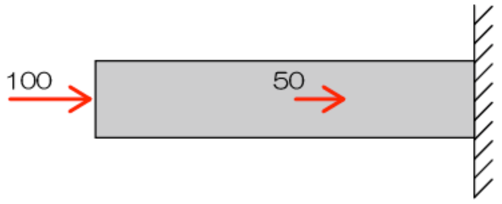
References　全日本建築士会編：合格対策 1 級建築士受験講座学科 Ⅳ、地人書館、2012

© 2013 office Architype Lab All rights reserved!　　http://www.architype-lab.com/

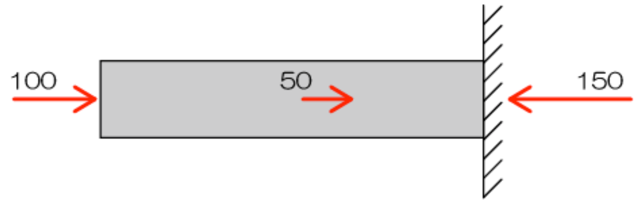
1.2.3　静定構造物の応力：P32

応力とは（小人さん論法その 1）

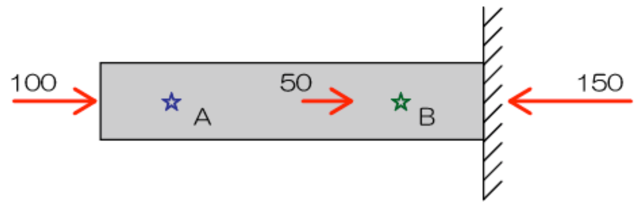
1） 100、50 の荷重を受けている片持ち梁があります



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

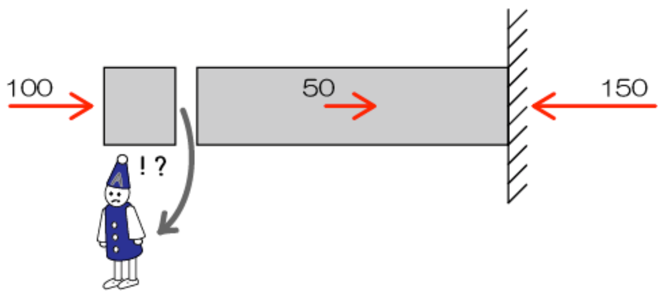


3） さて、ここで質問「以下の A 点と B 点ではどちらが“痛い”ですか？」材の中に小人さん（☆印）がいることを想定し、考えてみてください

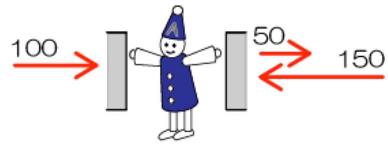


正解は皆さんのご想像の通り B 点なんですが、そのままでは講義が成立しないのでちゃんと解説してみます

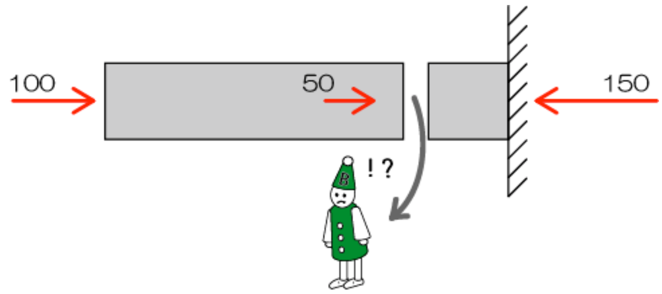
4） では、A 点に隠れている小人さんに登場願いましょう（A 点で構造体を切断します）



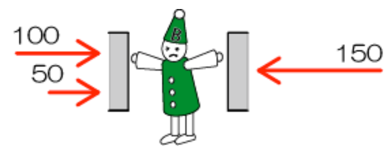
5） A 点の小人さんは左側から 100 で押され、右側からも 100 で押されています（50 で引張られ、150 で押されているのでその合計） → 「両側から 100 ずつで押されている」



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

【ポイント】

※ 応力（応力度も）は小人さんの気持ちになって考えましょう

※ 応力は左右（もしくは上下）で必ず釣り合います（逆方向の力でね）

※ 実際の計算は片側だけで十分（どっちを計算しても答えは変わらないから）

※ したがって、応力を求める場合には部材を切断→片側の力のみを計算対象として応力を算定

References　全日本建築士会編：合格対策 1 級建築士受験講座学科 Ⅳ、地人書館、2012
© 2013 office Architype Lab All rights reserved!　http://www.architype-lab.com/

（A）　応力の種類

➢ 応力とは

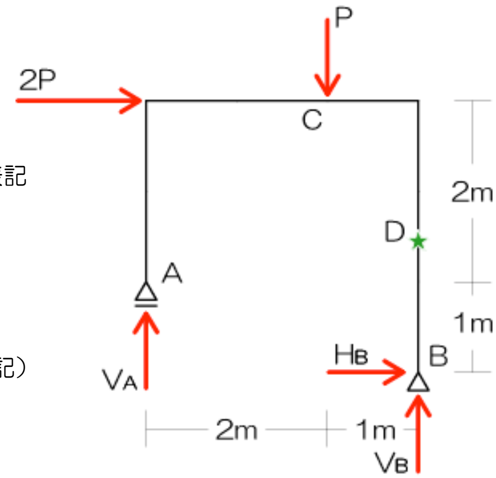
- 種類：軸方向力(N)・せん断(Q)・曲げモーメント(M)の三種類
- 応力のポイント：任意の点の応力は「必ず」その両側の力による応力が釣合う※1

  ※1 応力を求める点で部材を切断し片側のみの力を対象とし計算
- 応力が変化する点：荷重のかかっている点・節点

➢ 応力の種類

□ 軸方向力（N）

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



□ せん断力（Q）

- 構造部材にはさみで切られるような力がかかった時の応力
- 対象となる力は部材に鉛直な力
- 符号はつかない（計算中は符号を考えるけど、最終的に絶対値表記）

□ 曲げモーメント

- 構造部材に曲げられるような回転の力がかかったときの応力
- 対象となる力は全ての力
- 符号はつかない（計算中は符号を考えるけど、最終的に絶対値表記）

（B）　静定梁の応力

➢ 任意の点の応力の求め方

1）反力を図示

2）応力を求めたい点で部材を切断　★「必ず」最初に切断から！！余計な計算を省けます！！

3）計算対象側を決定（力の少ないほうを選択、支点が無い方はなお良し）

4）対象となる力をチェック（反力が含まれる場合には、反力を求める）

5）対象となるそれぞれの力による任意の点の応力を合算

➢ 静定梁の応力

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

□ 単純梁の応力

- 切断後の計算対象側に支点が入るので反力算定が必要

□ 片持ち梁の応力

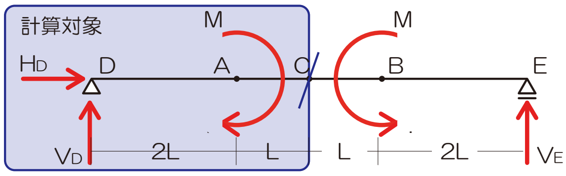
- 任意の点で切断後、計算対象は支点が入らない方を選ぶこと

References　全日本建築士会編：合格対策 1 級建築士受験講座学科 Ⅳ、地人書館、2012
© 2013 office Architype Lab All rights reserved!　http://www.architype-lab.com/

梁の応力

例題 8-1　梁の任意の点における応力を求めよ。（H3【過去問 26】、10（一部）、12【過去問 27】、15（一部）、19【過去問 28】、20≪過去問 08-1≫）

≪過去問 08-1≫　C 点における曲げモーメントの大きさとして正しいものは次のうちどれか。（H20）



【解法】

1）　反力を図示
2）　応力を求めたい箇所で切断！
3）　計算対象側を決定（今回はどちらを選んでも支点が入りますね…）
4）　対象となる力をチェック（支点の反力を求める必要あり）
5）　対象となるそれぞれの力による任意の点の応力を合算

C 点で切断⇒計算対象は左

反力 V_D を求める

$$M_E = +V_D \times 6L + M - M = 0$$
$$V_D = 0kN$$

A 点の曲げモーメントは

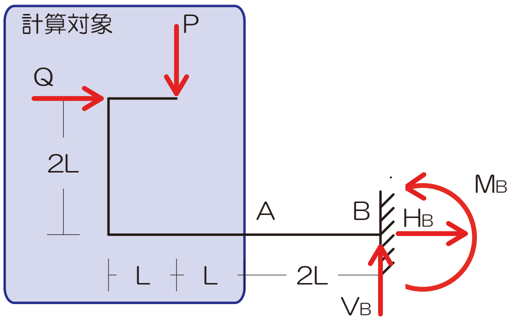
$$M_C = +M$$
$$M_C = M$$

（C）　静定ラーメンの応力

ラーメンの応力

例題 8-2　ラーメンの任意の点における応力を求めよ。（4【過去問 29】、11【過去問 30】、13【過去問 31】、17≪過去問 08-2≫）

≪過去問 08-2≫　図のような荷重を受ける骨組みの A 点に、曲げモーメントが生じない場合の荷重 P と Q の比として、正しいものは次のうちどれか。（H17）



【解法】

1）　反力を図示
2）　応力を求めたい箇所で切断！
3）　計算対象側を決定（支点が入らないほうを選択ですよ！）
4）　対象となる力をチェック
5）　対象となるそれぞれの力による任意の点の応力を合算

A 点で切断⇒計算対象は左

$$M_A = -P \times L + Q \times 2L = 0$$
$$P = 2Q$$
$$P : Q = 2 : 1$$

『難解問題』

※　合成ラーメンには注意…

References　全日本建築士会編：合格対策 1 級建築士受験講座学科 Ⅳ、地人書館、2012
© 2013 office Architype Lab All rights reserved!　http://www.architype-lab.com/

（D）　３ヒンジラーメン

- ３ヒンジラーメンとは：支点がピン×2、さらにピン節点を１つ有する
- 反力が４つなので、力の釣り合い三式のみでは求められない
- 「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

３ヒンジラーメンの応力

例題９　ラーメンの任意の点における応力を求めよ。（6【過去問 32】、10【過去問 33】、14【過去問 34】、18【過去問 35】、21【過去問 36】、22【過去問 37】）支点反力を求めよ。（24≪過去問９≫）

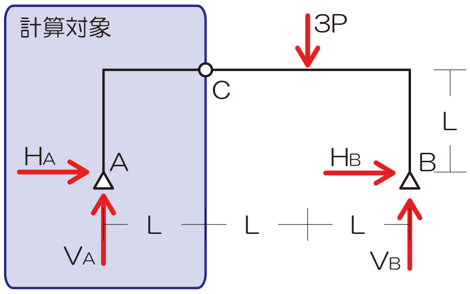
≪過去問９≫　図のような荷重が作用する３ヒンジラーメンにおいて、A 点における水平反力 HA の大きさとして、正しいものは次のうちどれか。（H24）

【解法】

1）　反力を図示
2）　ピン節点を用いて反力の一つを消去
3）　応力を求めたい箇所で切断！
4）　計算対象側を決定
5）　対象となる力をチェック
6）　対象となるそれぞれの力による任意の点の応力を合算

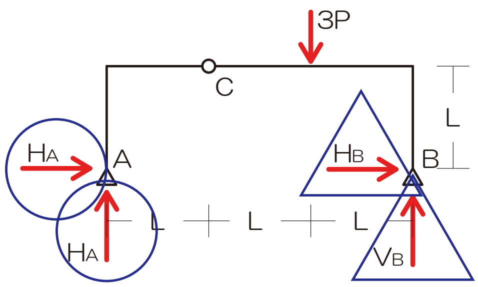
反力を図示し、ピン節点であるＣ点の曲げモーメントを求める

$$M_C = +V_A \times L - H_A \times L = 0$$
$$V_A = H_A$$



ターゲットを HA とし、ターゲット以外の未知力の交点であるＢ点に注目すると

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



『難解問題』

※　ある意味（単純なラーメンの問題では無いから）３ヒンジラーメン自体が難解問題と思われます

References　全日本建築士会編：合格対策１級建築士受験講座学科 Ⅳ、地人書館、2012
© 2013 office Architype Lab All rights reserved!　http://www.architype-lab.com/