【本日の目標 2】

（1）　力のつりあい　←　「モーメント」「未知力算定」の概念を理解する

・過去問無し、ただし構造力学における多くの問題の必須事項

（2）　支点と節点　←　「支点の反力」を求める事が出来る

・過去問無し、ただし構造体の応力を求める際に必須

（3）　静定ばり・静定ラーメンの応力　←　「応力計算」「応力図」を求める事が出来る

・平成 10、14、19、20、21 年：任意の点における曲げモーメントを求めよ

・平成 10 年：曲げモーメント図より軸方向力を求めよ

・平成 11、12、13、17 年：任意の点に曲げモーメントが生じないための荷重の比を求めよ（片持ちばり）

・平成 15、17、22 年：曲げモーメント図として正しいものはどれか

・平成 15 年：各部材の軸方向力を求めよ

・平成 18 年：せん断力が 0 となる位置を求めよ

1.2　構造力学

1.2.1　力の釣り合い

（A）力・偶力・モーメント

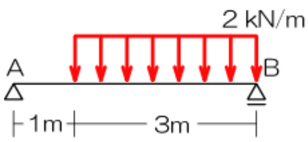
（a）力

- 力の三要素
  - 力の 3 要素をチェックしておきましょう
  - 物理学では「大きさ」「作用点」「方向」
  - 建築では「大きさ」「作用点」「作用線」（作用線が重要です）

- 力の種類
  - 集中荷重：ベクトル（矢印）1 本で示される
  - 分布荷重：一定の面に広がりつつかかる荷重（以下参照）
  - モーメント荷重：回転の荷重（以下「力のモーメント」参照）
  - 斜めの荷重：文字通り斜め…（以下「力の分解」参照）

Reference　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

《演習問題 5》以下の分布荷重を集中荷重への置き換えよ



（解法手順）

1）荷重の合計を求める

⇒　囲まれたエリアの「面積」が荷重の合計

2）荷重の作用点の位置を決定する

⇒　囲まれたエリアの重心に作用

$$P = 3 \times 2 = 6kN$$
$$x' = 3 \div 2 = 1.5m$$
$$x = 1 + 1.5 = 2.5m$$

解答：A 点から 2.5 m の位置に 6 kN

『ポイント』

□　力の三要素とは：大きさ・作用点・方向（作用線）

□　分布荷重は、集中荷重へ置き換える（「力の大きさ」は面積、「作用点」は重心）

（b）モーメント

- モーメントとは
  - 任意の点にかかる回転の力
  - シーソー、てこの原理など

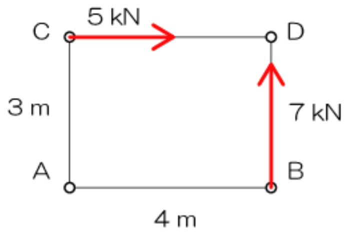
- モーメントの求め方
  - モーメント＝力×距離
  - 距離が重要！必ず力の作用線を図示し問題中に距離を記入しておくこと！作用線上の点に関するモーメントは 0 だよー

- モーメントの符号
  - 時計回りが（＋）、反時計回りが（－）
  - モーメントを求めたい点で紙を押さえて、実際にクルクルしてみましょう

- 複数の荷重（力）によるモーメント
  - それぞれの荷重ごとにモーメントを求め、合算
  - 見落としがないようにモーメントを求める必要のある力をあらかじめチェックしておきましょう

Reference　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

《演習問題 6》以下の A−D の各点のモーメントを求めよ



（解法手順）

1）力の作用線を図示

2）モーメントを求める必要のある力をチェック

3）モーメントを求める点から作用線までの垂線を記入

4）モーメント＝力×距離

5）符号をチェック（時計回りが＋、反時計回りが－）

6）上記モーメントを合算

$$M_A = +5\times3-7\times4=-13kNm$$
$$M_B = +5\times3+7\times0=15kNm$$
$$M_C = 5\times0-7\times4=-28kNm$$
$$M_D = 5\times0+7\times0=0kNm$$

解答：M_A=-13 kNm

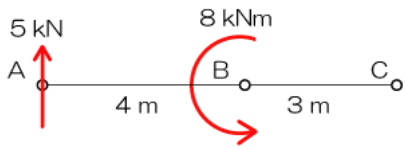
M_B=15 kNm

M_C=-28 kNm

M_D=0 kNm

- モーメント荷重
  - 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

《演習問題 7》以下の各点のモーメントを求めよ



（解法手順）

1）力の作用線を図示

2）モーメントを求める必要のある力をチェック

3）モーメントを求める点から作用線までの垂線を記入

4）モーメント＝力×距離

5）符号をチェック（時計回りが＋、反時計回りが－）

6）上記モーメントを合算

$$M_A = 5\times0-8=-8kNm$$
$$M_B = +5\times4-8=12kNm$$
$$M_C = +5\times7-8=27kNm$$

解答：M_A=-8 kNm

M_B=12 kNm

M_C=27 kNm

『ポイント』

□　モーメント荷重は全ての点に等しいモーメントの影響を与えます

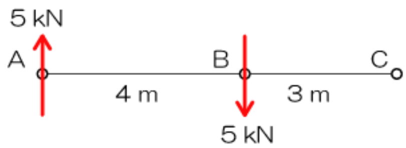
Reference　全日本建築士会編：合格対策 1 級建築士受験講座学科 Ⅳ、地人書館、2012

（c）偶力

➢ 偶力とは

- 作用線が並行で力の大きさが等しく、真逆な一対の力のこと
- 全ての点でのモーメントが等しくなる

《演習問題 8》以下の各点のモーメントを求めよ



（解法手順）

1）力の作用線を図示

2）モーメントを求める必要のある力をチェック

3）モーメントを求める点から作用線までの垂線を記入

4）モーメント＝力×距離

5）符号をチェック（時計回りが＋、反時計回りがー）

6）上記モーメントを合算

$$M_A = 5\times 0 + 5\times 4 = 20kNm$$
$$M_B = +5\times 4 + 5\times 0 = 20kNm$$
$$M_C = +5\times 7 - 5\times 3 = 20kNm$$

解答：M_A＝20 kNm

M_B＝20 kNm

M_C＝20 kNm

『ポイント』

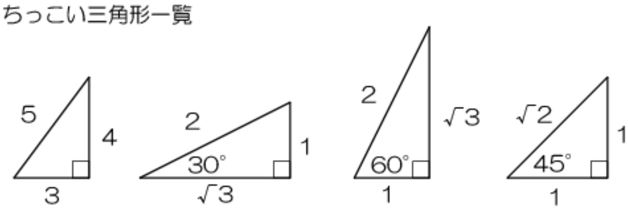
□　一対の偶力が生じている場合、全ての点においてモーメントの値は等しくなります

（B）力の分解

➢ 斜めの力に出会ったら

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

ちっこい三角形一覧

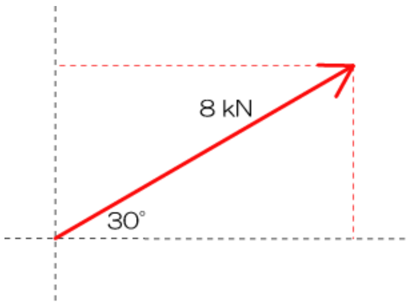


$$縦の分力 = 斜めの荷重 \times \frac{ちっこい三角形の縦}{ちっこい三角形の斜め}$$

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

Reference　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

《演習問題 9》以下の斜めの力を鉛直・水平へ分力せよ



（解法手順）

1）分力の予想図を作成

2）ちっこい三角形を検討

3）比の計算より鉛直・水平の荷重を算定

縦成分

$$P_y = 8 \times \frac{1}{2} = 4kN$$

横成分

$$P_x = 8 \times \frac{\sqrt{3}}{2} = 4\sqrt{3}kN$$

解答：鉛直＝4 kN（上）、水平＝4√3 kN（右）

『ポイント』

- □　斜めの力は縦・横に分解
- □　ちっこい三角形は必ず書き込みましょう

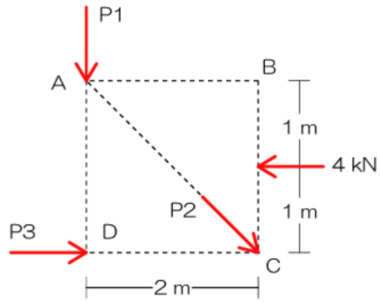
（C）力の釣り合い

- ➢　力のつりあいとは
  - 物体が動いていない（不動）状態
  - 不動の条件：回転もしない、縦に動かない、横にも動かない

- ➢　つりあい三式（上記不動の条件より）
  - 任意の点におけるモーメントの合計が０　$\sum M_0 = 0$
  - 鉛直（縦）方向の力の合計が０　$\sum y = 0$
  - 水平（横）方向の力の合計が０　$\sum x = 0$

- ➢　未知力算定
  - 力がつりあっている場合の Px を求めよ
  - 構造力学における未知力とは、「反力」「トラスの応力」にて出てきます
  - 上記つりあい三式を用いて未知の力を算定

Reference　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



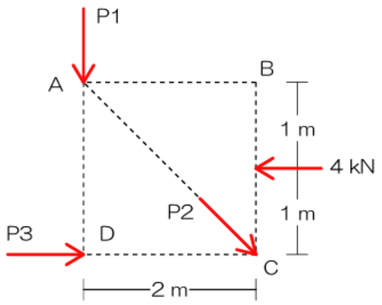
- 未知力算定の大前提
  - 力のつりあい三式で求めることができる未知力は３つまで
  - ターゲット（求めたい未知力）以外の２つの未知力が入らないつりあい式を選択
  - 一番重要なのは「任意のモーメントの合計が０」です

モーメントの合計に注目し工夫すると、式の中に未知数が１つしか入らない条件（↓こんな感じ）が見つかるのです

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

《演習問題　10》力がつりあい状態にある場合の P1・P2・P3 の値を求めよ



（解法手順）

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を使用

P_1 を求める　⇒　P_2 と P_3 の交点（C 点）に注目

$$M_C = -P_1 \times 2 - 4 \times 1 = 0$$
$$P_1 = -2kN$$

P_2 を求める⇒縦の力の合計（P_1 と P_2 の縦成分）に注目

$$\sum Y = -P_1 - P_2 \times \frac{1}{\sqrt{2}} = 0$$
$$2 - P_2 \times \frac{1}{\sqrt{2}} = 0$$
$$P_2 = 2\sqrt{2}kN$$

P_3 を求める　⇒　P_1 と P_2 の交点（A 点）に注目

$$M_A = -P_3 \times 2 + 4 \times 1 = 0$$
$$P_3 = 2kN$$

解答：P1＝−２ kN（上）

P2＝2√2 kN（右下）

P3＝2 kN（右）

『ポイント』

- □　釣合い３式で最も重要なのは「任意の点におけるモーメントの合計が０　$\sum M_0 = 0$
- □　何か力（未知力）をピンポイントで求めたいときは…「それ以外の力の交点に注目！」
- □　縦の合計０、横の合計０も使えるのでお忘れなく…

Reference　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

1.2.2　骨組：P29

➢ 支点と節点

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

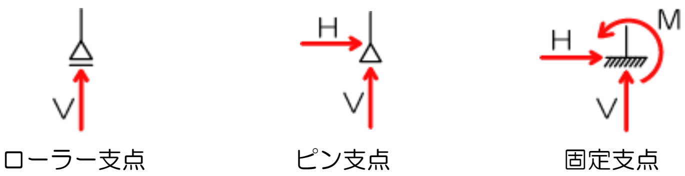
➢ 支点の種類と反力

- 支点の種類と反力　⇒　動けない方向に反力が生じる

支点種類	移動可能な方向			生じる可能性のある反力		
	鉛直	水平	回転	鉛直	水平	回転
ローラー支点 	×	○	○	○	×	×
ピン支点 	×	×	○	○	○	×
固定支点 	×	×	×	○	○	○

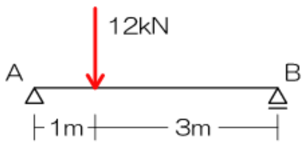
➢ 反力の図示

- 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)」で表記するのが一般的です



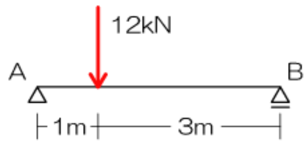
➢ 反力算定

- まずは生じる可能性のある反力を図示！
- つりあい三式を用いて反力を求めます、もっとも使える式は $\sum M_0 = 0$ ね



Reference　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

《演習問題 11》以下の構造体の各支点反力を求めよ



（解法手順）

1）生じる可能性のある反力を図示

2）求めたい反力を決定！

3）未知力３の法則より上記で決定した反力を算定

⇒ $\sum M_0 = 0$を使うのね

4）１つ求められたら、鉛直（縦）方向の力の合計が０（$\sum y = 0$）、水平（横）方向の力の合計が ０（$\sum x = 0$）などを利用しその他の反力を求める

V_Aを求める ⇒ V_BとH_Aの交点（B 点）に注目

$$M_B = +V_A \times 4 - 12 \times 3 = 0、V_A = 9kN$$

V_Bを求める ⇒ 縦の力の合計=0

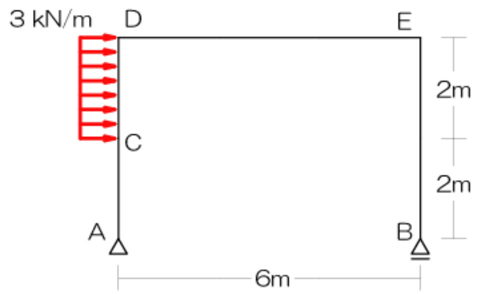
$$\sum Y = 9 - 12 + V_B = 0、V_B = 3kN$$

解答：V_A=9 kN、H_A=0 kN、V_B=3 kN

『ポイント』

□ まずは反力を図示しましょう ⇒ その後、つりあい三式を用いて未知の反力を求めましょう

《演習問題 12》以下の構造体の各支点反力を求めよ



（解法手順）

1）生じる可能性のある反力を図示

2）求めたい反力を決定！

3）未知力３の法則より上記で決定した反力を算定

⇒ $\sum M_0 = 0$を使うのね

4）１つ求められたら、鉛直（縦）方向の力の合計が０（$\sum y = 0$）、水平（横）方向の力の合計が ０（$\sum x = 0$）などを利用しその他の反力を求める

V_Aを求める ⇒ V_BとH_Aの交点（B 点）に注目

$$M_B = +V_A \times 6 + (3 \times 2) \times 3 = 0、V_A = -3kN$$

V_Bを求める ⇒ 縦の力の合計=0

$$\sum Y = -3 + V_B = 0、V_B = 3kN$$

H_Aを求める ⇒ 横の力の合計=0

$$\sum X = (3 \times 2) + H_A = 0、H_A = -6kN$$

解答：V_A=-3 kN、H_A=-6 kN、V_B=3 kN

『ポイント』

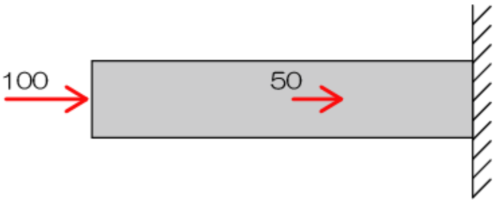
□ 梁とまったく同じ…

Reference 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

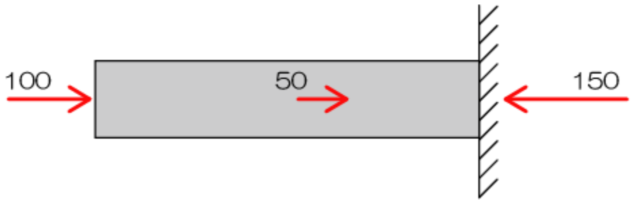
1.2.3　静定構造物の応力

応力とは（小人さん論法その 1）

1）100、50 の荷重を受けている片持ち梁があります



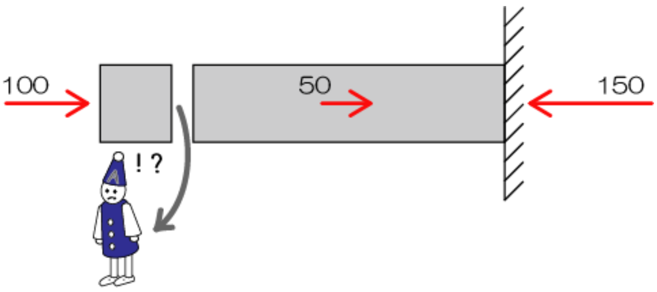
2）このままでは力の釣り合いが取れていないので右端の支点に反力 150 があるはずです



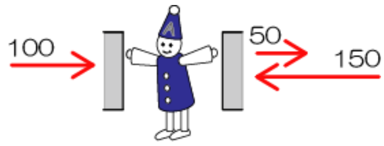
3）さて、ここで質問「以下の A 点と B 点ではどちらが“痛い”ですか？」材の中に小人さん（☆印）がいることを想定し、考えてみてください

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

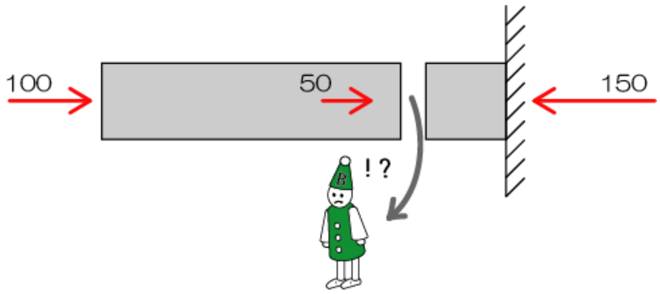
4）では、A 点に隠れている小人さんに登場願いましょう（A 点で構造体を切断します）



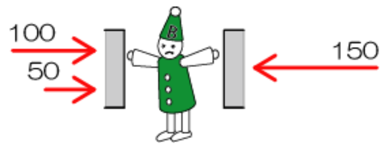
5）A 点の小人さんは左側から 100 で押され、右側からも 100 で押されています（50 で引張られ、150 で押されているのでその合計）　→　「両側から 100 ずつで押されている」



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）

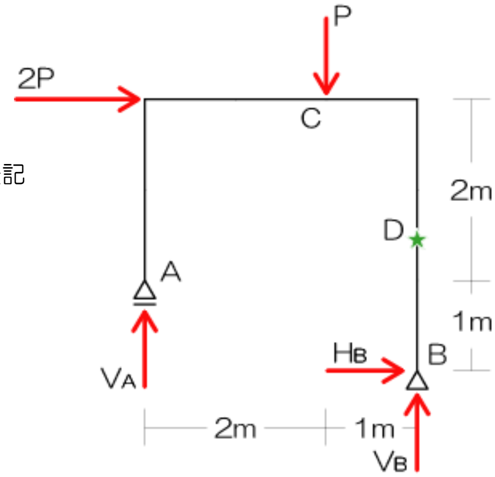
※　したがって、応力を求める場合には部材を切断→片側の力のみを計算対象として応力を算定

Reference　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

（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
- 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

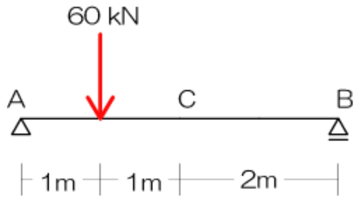
1）反力を図示

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）

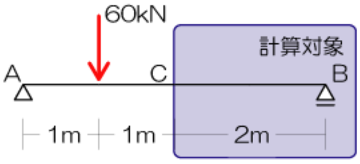
4）対象となる力をチェック（反力が含まれる場合には、反力を求める）

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



Reference　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

《演習問題 13》以下の C 点における各応力を求めよ



（解法手順）

1）生じる可能性のある反力を図示

2）応力を求めたい点で構造体を切断！

3）計算対象を決定（計算対象とならなかった力は応力算定時には完全シカトすること！）

4）もし、未知力が入っていたら、ここでようやく未知力（通常は反力だね）を求める　図は 1）に戻るよ！）

5）せん断力は軸に対して鉛直な全ての力が対象、軸方向力は軸に平行な力の全て、曲げモーメントはとにかく計算対象側全部の力

切断、計算対象は右　⇒　反力 V_B を求める

$$M_A = +60 \times 1 - V_B \times 4 = 0$$
$$V_B = 15$$

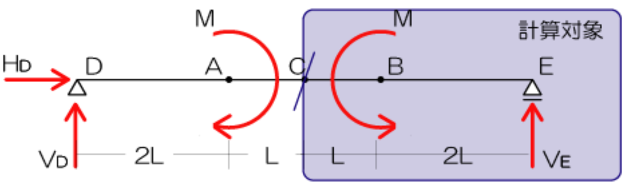
C 点の各応力は

N_C＝0 kN

Q_C＝15 kN

M_C＝30 kNm

《演習問題 14》C 点における曲げモーメントを求めよ



（解法手順）

1）生じる可能性のある反力を図示

2）応力を求めたい点で構造体を切断！

3）計算対象を決定（計算対象とならなかった力は応力算定時には完全シカトすること！）

4）もし、未知力が入っていたら、ここでようやく未知力（通常は反力だね）を求める　図は 1）に戻るよ！）

5）せん断力は軸に対して鉛直な全ての力が対象、軸方向力は軸に平行な力の全て、曲げモーメントはとにかく計算対象側全部の力

切断、計算対象は右　⇒　反力 V_E を求める

$$M_D = +M - M - V_E \times 6L = 0$$
$$V_E = 0$$

したがって、C 点の曲げモーメントは（最後は絶対値）

M_C＝M

『ポイント』

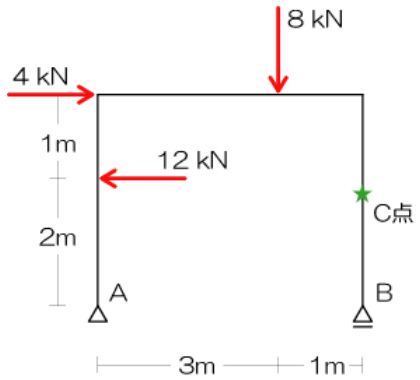
□　応力算定では、まずは切断！　⇒　いきなり反力を求めたらアウト…

□　計算対象は片側（任意）のみ

Reference　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

（C）静定ラーメンの応力

《演習問題 15》C 点における各応力を求めよ



（解法手順）

1）生じる可能性のある反力を図示

2）応力を求めたい点で構造体を切断！

3）計算対象を決定（計算対象とならなかった力は応力算定時には完全シカトすること！）

4）もし、未知力が入っていたら、ここでようやく未知力（通常は反力だね）を求める　図は 1）に戻るよ！）

5）せん断力は軸に対して鉛直な全ての力が対象、軸方向力は軸に平行な力の全て、曲げモーメントはとにかく計算対象側全部の力

C 点で切断、計算対象を右とする

V_Bを求める

$$M_A = -12 \times 2 + 4 \times 3 + 8 \times 3 - V_B \times 4 = 0$$
$$V_B = 3$$

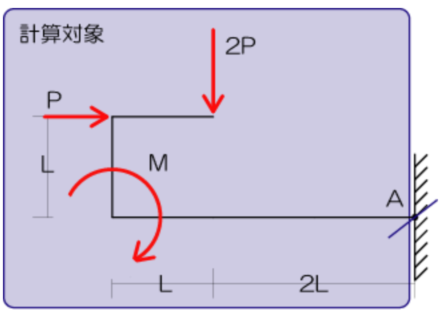
各応力を求める

N_C=-3 kN

Q_C=0 kN

M_C=0 kNm

《演習問題 16》A 点に曲げモーメントが生じない場合の M の値を求めよ



（解法手順）

1）生じる可能性のある反力を図示

2）応力を求めたい点で構造体を切断！

3）計算対象を決定（計算対象とならなかった力は応力算定時には完全シカトすること！）

4）もし、未知力が入っていたら、ここでようやく未知力（通常は反力だね）を求める　図は 1）に戻るよ！）

5）せん断力は軸に対して鉛直な全ての力が対象、軸方向力は軸に平行な力の全て、曲げモーメントはとにかく計算対象側全部の力

A 点で切断後、計算対象は左

A 点の曲げモーメントは

$$M_A = -2P \times 2L + P \times L + M = 0$$
$$M = 3PL$$

M=3PL

Reference　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