

### 【本日の目標3】

(1) 静定トラスの応力 ← 「応力」を求める事が出来る

- ・平成 10～14、17～20、23～27 年：部材に生じる軸方向力を求めよ
- ・平成 15 年：部材に生じる軸方向力を求めよ（改問です）
- ・平成 16、21 年：部材に生じる水平方向変位を求めよ（改問です）
- ・平成 22 年：トラスの崩壊荷重

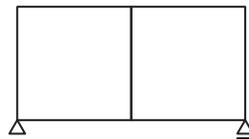
(2) 応力度 ← 「垂直応力度」「曲げ応力度」「せん断応力度」を求める事が出来る

- ・平成 3、17、26 年：応力度の分布図よりかかっている荷重の大きさを求めよ
- ・平成 8 年：せん断応力度を求めよ
- ・平成 14 年：引張応力度の最大値と圧縮応力度の最大値を求めよ
- ・平成 21 年：垂直応力度分布より曲げモーメントを求めよ。
- ・平成 22 年：トラスの崩壊荷重（一部応力度の知識を使用）

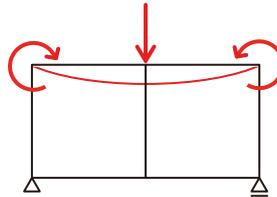
#### 1.2.4 静定トラス

##### ■ トラス構造とは

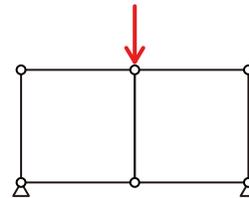
1) なんとかしても長スパンの架構を作りたい



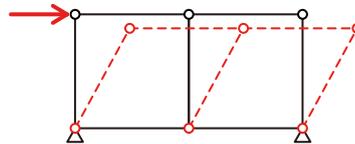
2) 梁が曲げモーメントでやられる…



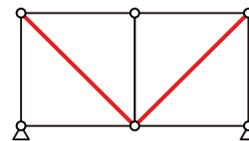
3) 曲げモーメントが生じないようにするには ⇒  
ピンで接合



4) ピン接合では安定しない（自立できない）



5) 斜めの材を入れて三角形で構成すれば安定する  
ただし、荷重をかける位置は節点・支点のみ



(A) トラスの応力についての原則

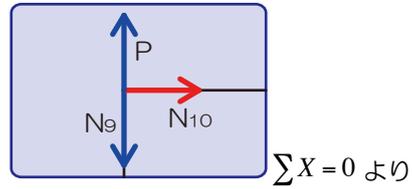
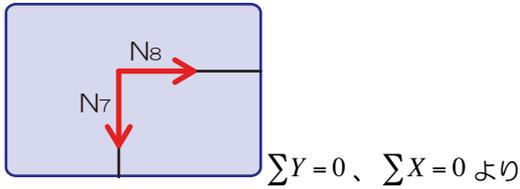
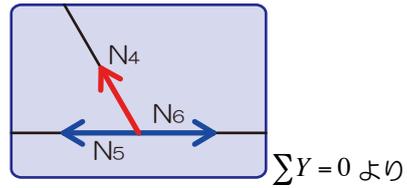
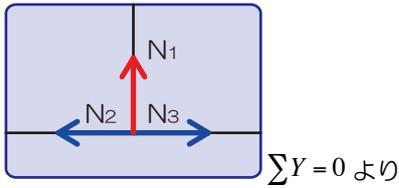
##### ■ トラス構造に生じる応力

- 曲げモーメントが生じない場合にはせん断力も生じない ⇒ 軸方向力のみ
- 「トラスの応力を求めよ」＝軸方向力を求めなさいって意味です



■ ゼロメンバー

- 節点法の解法より、応力が生じない部材を一撃で選別することが可能です



(B) トラスの応力を求めるときの仮定

- 節点はすべてピンである ⇒ 節点における曲げモーメントは0
- 外力は節点に作用する ⇒ 節点での曲げモーメントが0であれば、部材には曲げモーメント/せん断力ともに生じない(軸方向力のみ生じる)

(C) トラスの解法

■ 切断法

- 建築士試験において最も一般的な解法
- 前回学んだ応力の求め方(【応力】は【切断】し、いずれかを【選択】する)とほぼ同じ

■ 節点法

- 任意の節点(もしくは支点)に着目し、その点に作用する力(荷重・反力・応力)のつり合い式を用いて未知力を求める
- ただし、使えるつり合い式は、縦の力の合計が0もしくは横の力の合計が0の2つのみであるので選択した節点への力のうち未知のものが3つ以上あると使えない

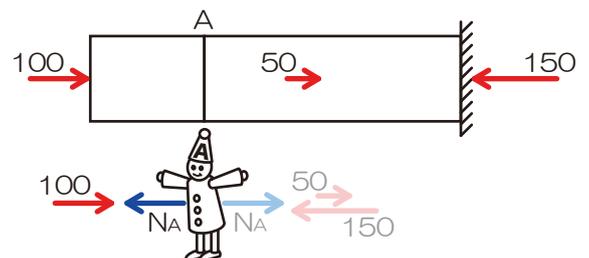
■ 図解法

- 節点法と同様に任意の節点(もしくは支点)に着目し、その点に作用する力(荷重・反力・応力)のつり合いを図に示しながら未知力を求める方法
- 正確な作図が要求されるので、建築士試験では採用する人はほぼいない(ハズ…)

● 節点法で部材に生ずる応力を求める

■ 節点法とは

- トラス部材には、軸方向力しか生じない(せん断力が生じない)ことを利用し、未知の応力を導く解法
- 任意の支点・節点に着目し、「荷重・反力」と「応力」のつり合い条件より未知の「応力」を求める



■ 節点法の解法

- 1) 任意の支点・節点に着目
- 2) 上記支点・節点に付随する部材の応力を仮定<sup>※1</sup>

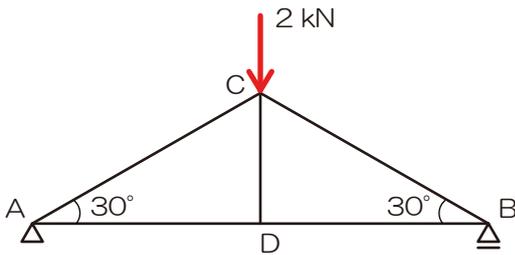
※1 応力を仮定する場合には、必ず支点・節点からベクトルを図示（引張応力を仮定すること）

- 3) 上記支点・節点にかかる「荷重」「反力」と「応力」の力のつり合い<sup>※2</sup>より未知の応力を求める

※2 使用可能なつり合い式は「縦方向の力の合計が0」「横方向の力の合計が0」の2式のみ

□ 以下の構造物の各部材の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

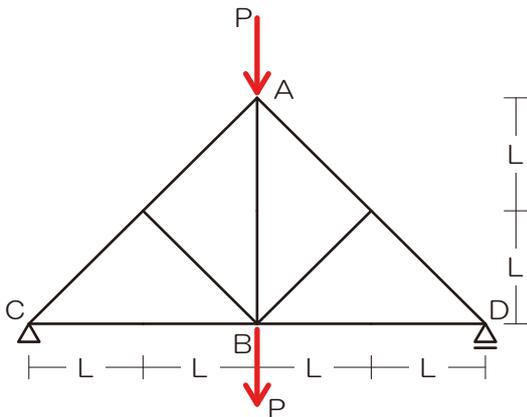


解答： $N_{AC}=N_{BC}=-2$ [kN]、 $N_{AD}=N_{BC}=\sqrt{3}$ [kN]



『解法 12-01』 トラスの応力（節点法）

以下の構造物の AB 部材の応力を求めよ



『解法 12-01』 トラスの応力（節点法）

- 1) 生じる可能性のある反力を図示
- 2) ゼロメンバーをチェック
- 3) 未知の応力が少なそうな支点/節点を選択
- 4) 生じる可能性のある応力を仮定
- 5) 力のつり合い ( $\sum Y=0$ 、 $\sum X=0$ ) より未知の応力を算定  
縦方向の力の釣り合いより

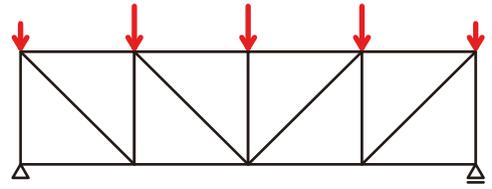
解答： $N_{AB}=P$



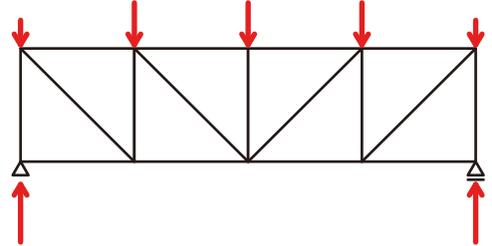
● 切断法で部材に生ずる応力を求める

■ 切断法の考え方（詳細）

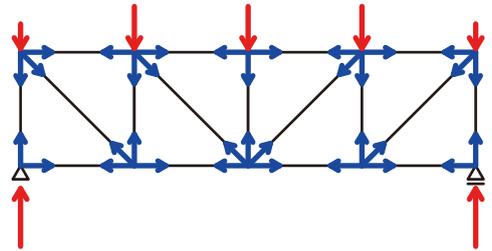
➤ 右のトラスを例に解説します



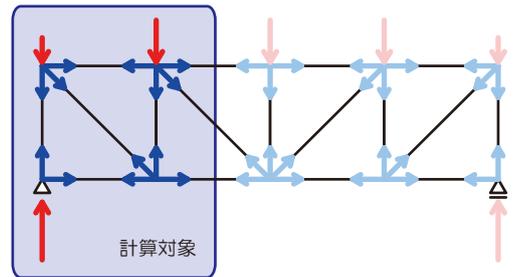
➤ 反力を図示（どんな問題でも鉄則）



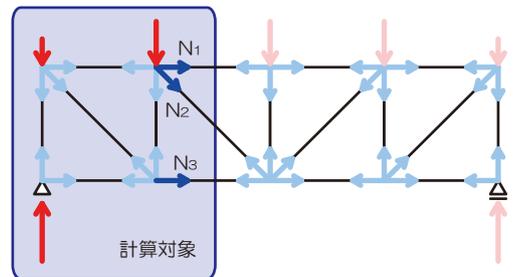
➤ 荷重がかかっていることから各部材は傷めつけられている（応力が生じている）はず



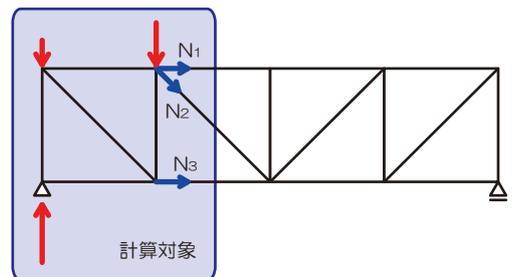
➤ 【応力】は【切断】⇒【選択】であるので以下のように左側を計算対象とする（右側の力は応力算定時には無視）



➤ 部材内の軸方向力は力の向きが反対で大きさが同じであるので打ち消し合う



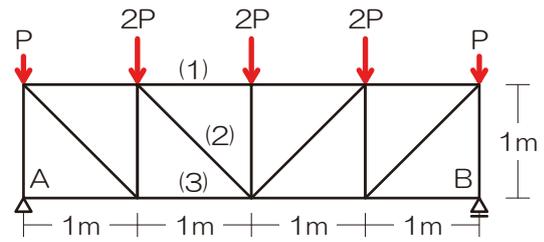
➤ 計算対象側に残った力と応力は…



➤ 応力は計算対象片側の力をつり合うので、つり合い三式を用いて未知の応力を求めましょう



□ 切断法にて以下のトラスの (1) (2) (3) 部材の応力を求めてみましょう



解答 :  $N_1 = -4P$ 、 $N_2 = \sqrt{2}P$ 、 $N_3 = 3P$

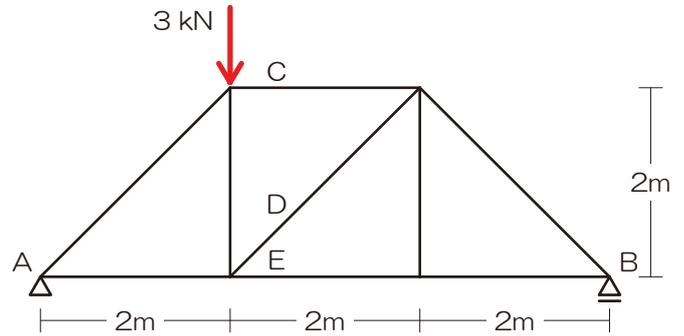


『解法 12-02』 トラスの応力（切断法）

図のような外力を受ける静定トラスにおいて、部材 C・D・E に生じる軸方向力を求めよ

『解法 12-02』 トラスの応力（切断法）

- 1) 反力を図示
- 2) 【切断】面を決定 ⇒ 計算対象側を【選択】
- 3) 切断された部材内の応力を仮定
- 4) 力のつり合いにて未知力を算定



$$N_C = -2[\text{kN}], N_D = \sqrt{2}[\text{kN}], N_E = 1[\text{kN}]$$

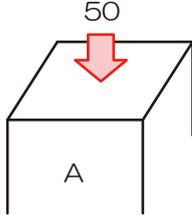
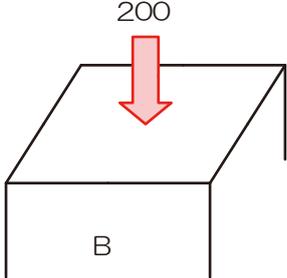


## 1.1.2 応力とひずみ

### (A) 応力度

#### ■ 応力度とは

➤ 応力と応力度の違い

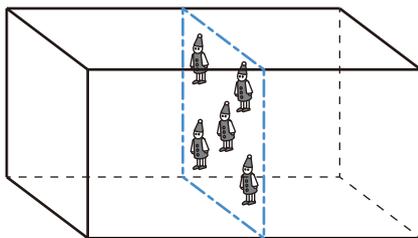
		
荷重	50	200
断面積	10	50
柱として頑張っているのは？		

### (a) 垂直応力度

#### ■ 垂直応力度とは

➤ 垂直応力度とは：

□

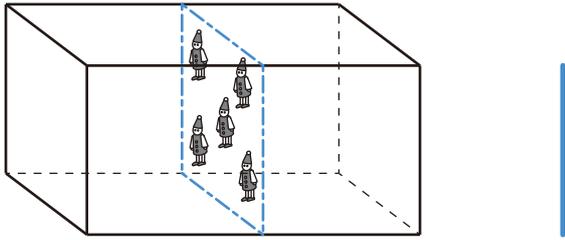


(b) 曲げ応力度

■ 曲げ応力度とは

➤

□

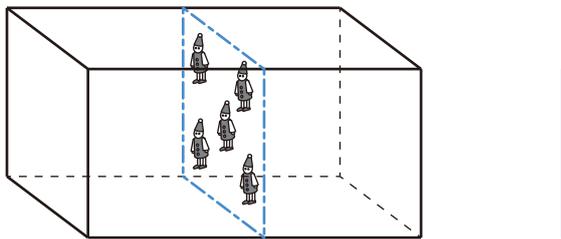


(c) せん断応力度

■ せん断応力度とは

➤ せん断応力度とは：

□

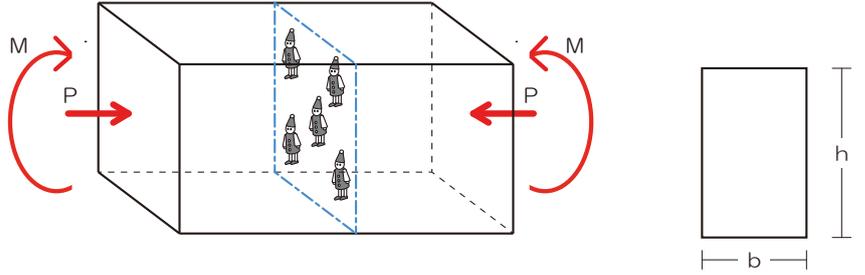


■ 垂直応力度 ( $\sigma$ ) の求め方

➢ 垂直応力度とは【圧縮/引張の応力度】⇒曲げ応力度も垂直応力度に含まれます

□  $\sigma = \sigma_N \pm \sigma_M$

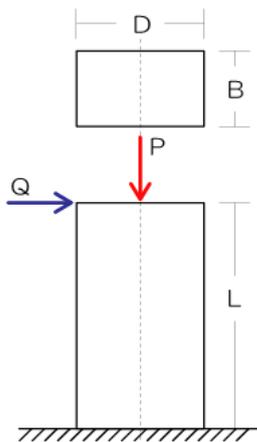
□ 右の例における上端 A、下端 B の垂直  
応力度を求めてみましょう



1) 軸方向力による垂直応力度		2) 曲げモーメントによる垂直応力度		3) 合計すると…
	+		=	

『解法 03』 垂直応力度 (弾性状態)

底部の左右両端の垂直応力度を求めよ



『解法 03』 垂直応力度 (弾性状態)

- 1) 軸方向力による垂直応力度を求める
- 2) 曲げモーメントによる曲げ応力度 (垂直応力度) を求める
- 3) 両者を合算 (符号に留意)

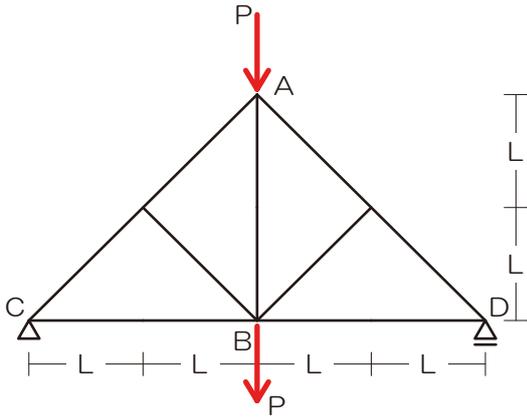
左端 :  $-\frac{P}{BD} + \frac{6QL}{BD^2}$ 、右端 :  $-\frac{P}{BD} - \frac{6QL}{BD^2}$



〔要点チェック〕

『解法 12-01』 トラスの応力（節点法）

以下の構造物の AB 部材の応力を求めよ



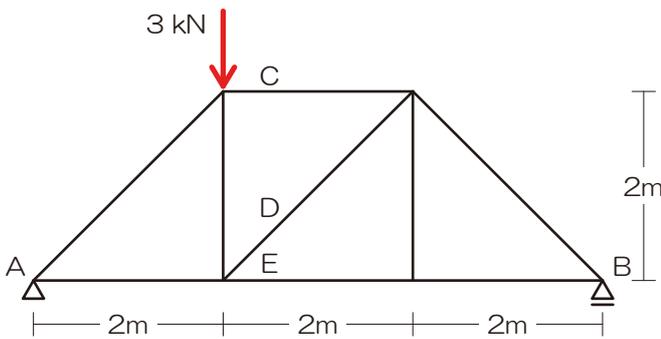
『解法 11-01』 トラスの応力（節点法）

- 1) 生じる可能性のある反力を図示
- 2) ゼロメンバーをチェック
- 3) 未知の応力が少なそうな支点/節点を選択
- 4) 生じる可能性のある応力を仮定
- 5) 力のつり合い ( $\sum Y=0$ 、 $\sum X=0$ ) より未知の応力を算定  
縦方向の力の釣り合いより

解答： $N_{AB}=P$

『解法 12-02』 トラスの応力（切断法）

図のような外力を受ける静定トラスにおいて、部材 C・D・E に生じる軸方向力を求めよ



『解法 11-02』 トラスの応力（切断法）

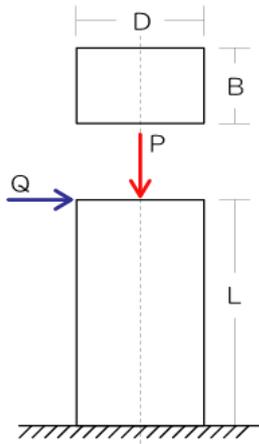
- 1) 反力を図示
- 2) 【切断】面を決定 ⇒ 計算対象側を【選択】
- 3) 切断された部材内の応力を仮定
- 4) 力のつり合いにて未知力を算定

$$N_C = -2 \text{ [kN]}, N_D = \sqrt{2} \text{ [kN]}, N_E = 1 \text{ [kN]}$$



『解法 03』 垂直応力度（弾性状態）

底部の左右両端の垂直応力度を求めよ



『解法 03』 垂直応力度（弾性状態）

- 1) 軸方向力による垂直応力度を求める
- 2) 曲げモーメントによる曲げ応力度（垂直応力度）を求める
- 3) 両者を合算（符号に留意）

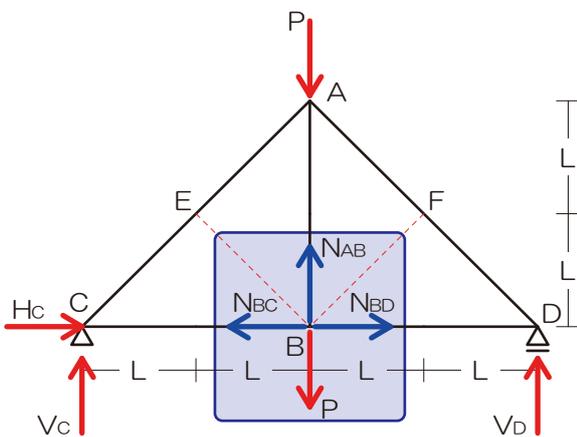
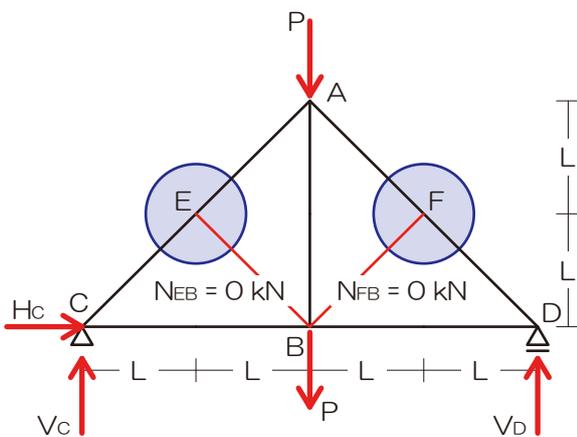
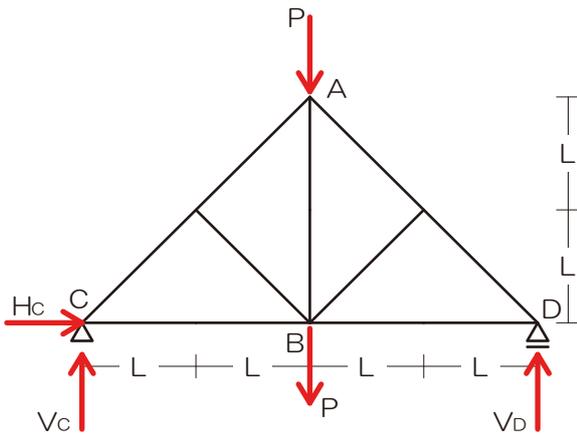
$$\text{左端} : -\frac{P}{BD} + \frac{6QL}{BD^2}、\text{右端} : -\frac{P}{BD} - \frac{6QL}{BD^2}$$



《解答》

『解法 12-01』トラスの応力（節点法）

以下の構造物の AB 部材の応力を求めよ



『解法 12-01』トラスの応力（節点法）

1) 生じる可能性のある反力を図示

⇒ 線対称なので支点反力は仲良く半分ずつですね

2) ゼロメンバーをチェック

⇒ D 節点に着目すると、部材 CD がゼロメンバー

3) 未知の応力が少なそうな支点/節点を選択

⇒ B 支点に着目

4) 生じる可能性のある応力を仮定

5) 力のつり合い ( $\sum Y = 0$ ,  $\sum X = 0$ ) より未知の応力を算定

縦方向の力の釣り合いより

$$\begin{aligned}\sum Y &= -P + N_{AB} = 0 \\ N_{AB} &= P\end{aligned}$$

解答:  $N_{AB} = P$



『解法 12-02』 トラスの応力（切断法）

図のような外力を受ける静定トラスにおいて、部材 C・D・E に生じる軸方向力を求めよ

『解法 12-02』 トラスの応力（切断法）

- 1) 反力を図示
- 2) 【切断】面を決定 ⇒ 計算対象側を【選択】
- 3) 切断された部材内の応力を仮定

反力があるので反力  $V_A$  を求める

$V_B$  を求める（交点 A に着目）

$$M_A = +3 \times 2 - V_B \times 6 = 0$$

$$-6V_B = -3 \times 2$$

$$V_B = \frac{-3 \times 2}{-6}$$

$$V_B = 1[kN]$$

$H_B$  を求める（水平方向の力のつり合い）

$$\sum X = H_B = 0[kN]$$

- 4) 力のつり合いにて未知力を算定

※  $N_C$  を求める（交点 O に着目）

$$M_O = -N_C \times 2 - 1 \times 4 = 0$$

$$-2N_C = 1 \times 4$$

$$N_C = \frac{1 \times 4}{-2}$$

$$N_C = -2[kN]$$

※  $N_D$  を求める（縦の力のつり合い）

計算対象側の縦方向の力は反力 1[kN]と  $N_D$  の

縦成分である  $N_{DY}$  のみ

$$\sum Y = -N_{DY} + 1 = 0$$

$$N_{DY} = 1$$

45度のちっこい三角形より

$$N_D = N_{DY} \times \sqrt{2}$$

$$N_D = \sqrt{2}[kN]$$

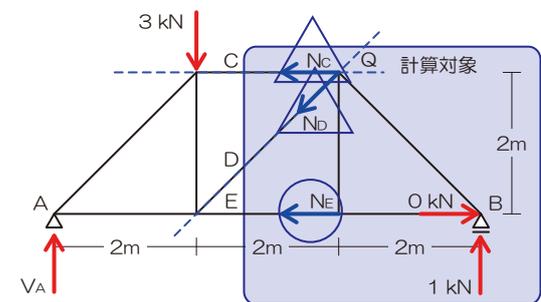
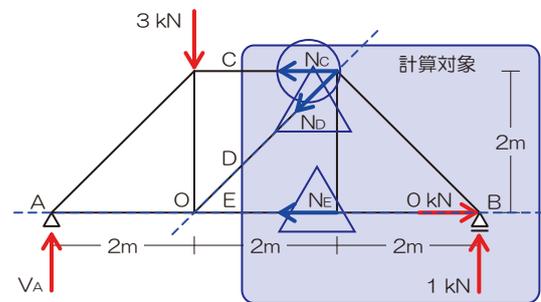
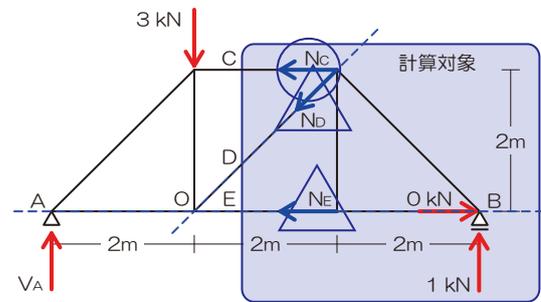
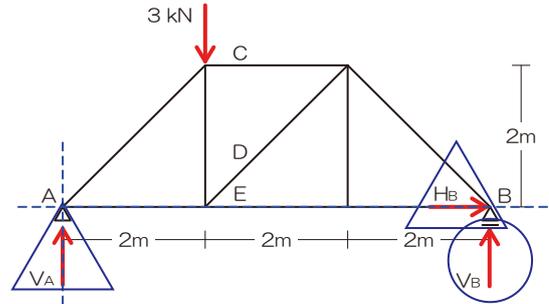
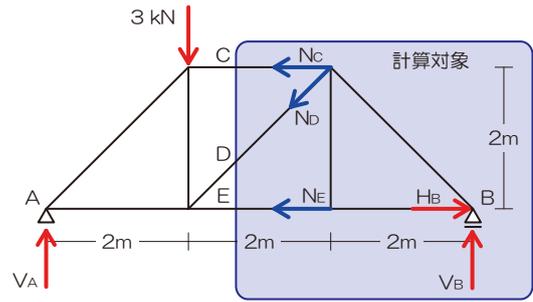
※  $N_E$  を求める（交点 Q に着目）

$$M_Q = +N_E \times 2 - 1 \times 2 = 0$$

$$2N_E = 1 \times 2$$

$$N_E = \frac{1 \times 2}{2}$$

$$N_E = 1[kN]$$

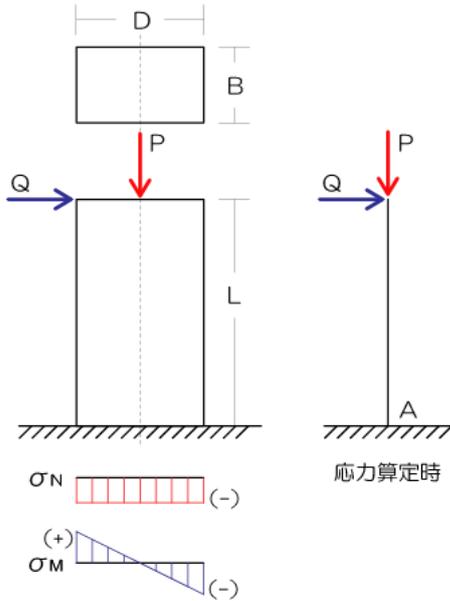


$$N_C = -2[kN], N_D = \sqrt{2}[kN], N_E = 1[kN]$$



『解法 03』 垂直応力度（弾性状態）

底部の左右両端の垂直応力度を求めよ



『解法 03』 垂直応力度（弾性状態）

1) 軸方向力による垂直応力度を求める

$$\sigma_N = -\frac{P}{BD}$$

2) 曲げモーメントによる曲げ応力度（垂直応力度）を求める

⇒ 底部の曲げモーメントは

$$M_A = QL$$

⇒ 曲げモーメントによる垂直応力度は

$$\sigma_M = \frac{M}{Z} = \frac{QL}{1} \times \frac{6}{BD^2}$$

3) 両者を合算（符号に留意）

$$\text{左端} : -\frac{P}{BD} + \frac{6QL}{BD^2}, \quad \text{右端} : -\frac{P}{BD} - \frac{6QL}{BD^2}$$

解答： $N_{AB}=P$

【これまでのまとめ】 現状解けるであろう問題リスト（@教科書、@問題集）も併せて示します

(1) 断面の性質 ⇒ 「図心の位置」「断面 2 次モーメント」「断面係数」を求める事が出来る

【ポイント】 断面の性質全般

- ✓ とにかく軸に注目、対象となる軸を赤ペンチェック！
- ✓ 複雑な断面は矩形（長方形）に分割して考える（断面係数以外は）

【ポイント】 『解法 01』 中立軸（図心、断面 1 次モーメント）サブテキ P5

- ✓ まずは軸をチェック！同じ軸に対する断面 1 次モーメントならば合算可能ですよ
- ✓ 図心の位置は、全体の断面 1 次モーメントを全断面積で除して求めます

【ポイント】 『解法 02』 断面 2 次モーメント/断面係数 サブテキ P7

- ✓ まずは軸をチェック！
- ✓ 断面 2 次モーメントでは、各分割断面の図心位置が綺麗にそろうように分割しましょう
- ✓ 断面 2 次モーメントの公式：対象となる軸が交わっている方を 3 乗です
- ✓ 断面係数は、断面 2 次モーメントを求めた後に、図心から縁までの距離で除しましょう

《当該問題@教科書》

- ・ P21 No.11 (H18)：曲げ強さ（断面係数の勝負です…）を求めよ ※C の部材はちょっと特殊
- ・ P22 No.12 (H27)：断面 2 次モーメントの大きさを比較せよ

注：P20 No.10 (H21) でも一部断面係数の知識をいいます

《当該問題@問題集》

- ・ P350 問題 01 (H27)：断面 2 次モーメントの大きさを比較せよ（上記 P22 No.12 と同じ）



(2) 座屈 ⇒ 「弾性座屈荷重」「座屈長さ」を求める事が出来る

**[ポイント]** 『解法 05』 座屈 P10

- ✓ 座屈長さは座屈する様子を図示して確認しましょう、図示する際の留意点は「上端の移動」「支持条件」の2点です
- ✓ 公式必須！弾性座屈荷重は、座屈長さの2乗に反比例するので注意

≪当該問題@教科書≫

- ・ P18 No.07 (H19)：座屈荷重の大きさを比較せよ ※ちょっと特殊な問題…
- ・ P19 No.08 (H22)：弾性座屈荷重に関する記述問題
- ・ P19 No.09 (H24)：弾性座屈荷重に関する記述問題
- ・ P20 No.10 (H21)：座屈荷重の大きさを比較せよ

≪当該問題@問題集≫

- ・ P371 問題 01 (H24)：弾性座屈荷重に関する記述問題（上記記 P19 No.09 と同じ）
- ・ P372 問題 02 (H22)：弾性座屈荷重に関する記述問題（上記 P19 No.08 と同じ）
- ・ P372 問題 03 (H21)：座屈荷重の大きさを比較せよ（上記 P20 No.10 と同じ）

(3) 力とモーメント ⇒ 「集中荷重と分布荷重」「モーメント」「モーメント荷重」「偶力」「斜めの荷重の分解」

**[ポイント]** 分布荷重 サブテキ P16

- ✓ 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）

**[ポイント]** 『解法手順 08』 モーメント サブテキ P18

- ✓ モーメント＝力×距離、距離は力の作用線からモーメントを求める点までの垂線
- ✓ 複数の荷重があった場合には、それぞれの荷重によるモーメントを個別に求め、合算する

**[ポイント]** モーメント荷重 サブテキ P19

- ✓ 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

**[ポイント]** 斜めの荷重 サブテキ P20

- ✓ 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

≪当該問題@教科書≫

- ・ P17 No.06 (H27)：剛体が浮き上がり始める荷重（転倒する荷重）の比を求めよ

≪当該問題@問題集≫

- ・ P383 問題 01 (H27)：剛体が浮き上がり始める荷重（転倒する荷重）の比を求めよ（上記 P17 No.06 と同じ）

(4) 力の釣り合い ⇒ 「力の釣り合い」により未知力の算定ができる

**[ポイント]** 力の釣り合い サブテキ P22

- ✓ 何か力（未知力）をピンポイントで求めたいときは…「それ以外の力の作用線に注目！」
- ✓ ターゲット以外の未知力の作用線が交差する場合は、「任意の点におけるモーメントの合計が0」
- ✓ 交差しなければ「縦の力の合計が0」もしくは「横の力の合計が0」

≪当該問題@教科書≫

- ・ 過去問に無し！ただし反力算定・応力算定・トラスなどなど多数の分野で用いる最重要項目！！



(5) 支点と節点 ⇒ 「力の釣合い」の概念を理解し「支点の反力」を求める事が出来る

**【ポイント】** 反力算定 サブテキ P24

✓ 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

≪当該問題@教科書≫

- ・ P44 No.03 (H24) : 反力が生じない場合の荷重条件

≪当該問題@問題集≫

- ・ P357 問題 07 (H24) : 反力が生じない場合の荷重条件 (上記 P44 No.03 と同じ)

(6) 静定構造物の応力 ⇒ 任意の点の「応力」を求める事が出来る

**【ポイント】** 『解法 09』 梁・ラーメンの応力 サブテキ P28

✓ 【応力】算定では、応力を求める位置で【切断】 ⇒ 【選択】し片側の力のみを計算対象

**【ポイント】** 『解法 10』 3 ヒンジラーメンの応力 サブテキ P30

✓ 3 ヒンジラーメンでは、ピン節点で曲げモーメントが 0 になることを用いて反力の 1 つに消えてもらいましょう

≪当該問題@教科書≫ (3 ヒンジラーメンはこの時期解けたらなお良いな…程度の感じで)

- ・ P43 No.01 (H24) : 反力を求めよ (3 ヒンジラーメン)
- ・ P48 No.07 (H27) : 曲げモーメントを求めよ (3 ヒンジラーメン)
- ・ P50 No.09 (H26) : 曲げモーメントが生じない場合の荷重の比を求めよ

≪当該問題@問題集≫

- ・ P354 問題 01 (H27) : 反力/各種応力を求めよ (3 ヒンジラーメン、上記 P48 No.07 と同じ)
- ・ P355 問題 03 (H26) : 曲げモーメントが生じない場合の荷重の比を求めよ (上記 P50 No.09 と同じ)
- ・ P358 問題 08 (H24) : 3 ヒンジラーメンの反力を求めよ (上記 P43 No.01 と同じ)
- ・ P360 問題 12 (H22) : 曲げモーメントを求めよ (3 ヒンジラーメン)
- ・ P361 問題 13 (H21) : 曲げモーメントを求めよ (3 ヒンジラーメン)

(7) 静定トラスの応力 ⇒ 任意の部材の「応力」を求める事が出来る

**【ポイント】** 『解法 12-01』 トラスの応力 (節点法) サブテキ P30

✓ 「直線+1 の法則 (ゼロメンバー、軸力=0)」は超使えます

**【ポイント】** 『解法 12-02』 トラスの応力 (切断法) サブテキ P33

✓ 3 本切ってください ⇒ 切断した部材の応力の仮定方法 (計算対象側の節点からベクトル表記) が最重要 !!

≪当該問題@教科書≫

- ・ P53 No.13 (H23) : 軸方向力を求めよ
- ・ P54 No.14 (H27) : 軸方向力を求めよ
- ・ P55 No.15 (H26) : 軸方向力を求めよ
- ・ P56 No.16 (H25) : 軸方向力を求めよ

≪当該問題@問題集≫

- ・ P355 問題 02 (H27) : 軸方向力を求めよ (上記 P54 No.14 と同じ)
- ・ P355 問題 04 (H26) : 軸方向力を求めよ (上記 P55 No.15 と同じ)



- ・ P356 問題 05 (H25) : 軸方向力を求めよ (上記 P56 No.16 と同じ)
- ・ P358 問題 09 (H24) : 軸方向力を求めよ
- ・ P359 問題 10 (H23) : 軸方向力を求めよ (上記 P53 No.13 と同じ)

(8) 応力度 ⇒ 「垂直応力度」「曲げ応力度」「せん断応力度」を求める事が出来る

**[ポイント] 『解法 03』** 垂直応力度 (弾性状態) サブテキ P36

- ✓ 曲げ応力度は材料内部で圧縮・引張に変換される
- ✓ 垂直応力度 = 軸方向力による垂直応力度 ± 曲げ応力度による垂直応力なんて面倒な事が生じる…

◀ 当該問題 @ 教科書 ▶

- ・ P15 No.04 (H26) : 垂直応力度の分布図より荷重の比を求めよ
- ・ P16 No.05 (H14) : 垂直応力度を求めよ ※最難関…応用力講座にて解説するのであまり触れないように…

◀ 当該問題 @ 問題集 ▶

- ・ P351 問題 01 (H26) : 垂直応力度の分布図より荷重の比を求めよ (上記 P15 No.04 と同じ)

**【教科書の例題と現状】** (当該項目はサブテキ P1 「過去問の傾向」の項目に合わせています)

頁/No.	解ける?	当該項目	頁/No.	解ける?	当該項目
P13 No.01	×	振動	P43 No.01	○	3 ヒンジラーメン
P13 No.02	×	振動	P43 No.02	×	たわみ
P14 No.03	×	振動	P44 No.03	○	反力
P15 No.04	○	応力度	P45 No.04	×	応力図
P16 No.05	△	応力度	P46 No.05	×	応力図
P17 No.06	○	モーメント	P47 No.06	×	不静定の反力
P18 No.07	△	座屈	P48 No.07	○	3 ヒンジラーメン
P19 No.08	○	座屈	P49 No.08	×	たわみ
P19 No.09	○	座屈	P50 No.09	○	応力
P20 No.10	○	座屈	P50 No.10	×	判別
P21 No.11	○	断面係数	P51 No.11	×	合成ラーメン
P22 No.12	○	断面 2 次 M	P52 No.12	×	合成ラーメン
			P53 No.13	○	トラス
			P54 No.14	○	トラス
			P55 No.15	○	トラス
			P56 No.16	○	トラス
			P57 No.17	×	水平荷重の分配
			P58 No.18	×	不静定の応力
			P59 No.19	×	層間変形
			P60 No.20	×	水平荷重の分配
			P61 No.21	×	トラス + ひずみ
			P62 No.22	×	たわみ
			P63 No.23	×	トラス + ひずみ

※ 現状 (基礎力徹底講座) まだ勉強をしていない範囲の問題には手をつける必要は無いと思いますよー

お疲れ様でした

基礎力養成講座は以上です

