

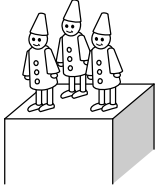
【本日の目標】（以下ページ番号はサブテキ）

- 1) 各応力度を求めることができる ⇒ P30 《過去問 12》
- 2) 許容応力度設計を行うことができる ⇒ P31 《過去問 13》
- 3) 部材のひずみ（伸び）を求めることができる ⇒ P32 《過去問 14》
- 4) 部材のたわみを求めることができる ⇒ P32 《過去問 15》
- 5) 部材の座屈の状況を把握できる ⇒ P34 《過去問 16》

1.8 応力度

1) 応力度

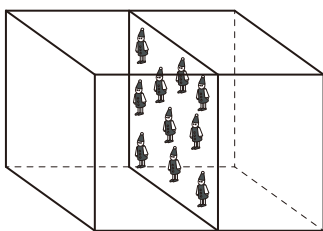
➤ 応力度とは

	柱 A	柱 B
		
荷重	30kg	10kg
断面積	100cm ²	25cm ²
柱として 頑張っているのは？		

2) 垂直応力度

- 垂直応力度とは：軸方向力（圧縮・引張）による応力度、全断面で等しい応力度が生じる
- 垂直応力度（ σ_N ）

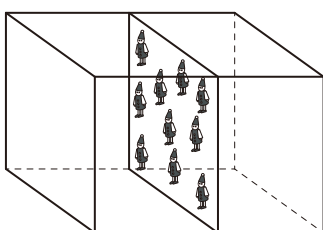
$$\square \quad \sigma_N = \frac{P}{A} \quad \sigma_N \cdots \text{垂直応力度、} P \cdots \text{軸方向力、} A \cdots \text{断面積}$$



3) せん断応力度

- せん断応力度とは：せん断力により生じる応力度、部材が「滑る」ような感じに生じるのです…
- 最大せん断応力度（ τ ）

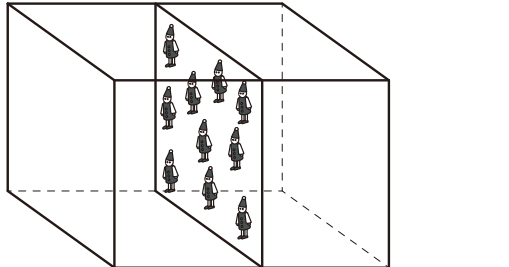
$$\square \quad \tau = \frac{Q}{A} \times k \quad k \cdots \text{断面形状による係数、長方形断面 } k = \frac{3}{2}、\text{円形断面 } k = \frac{4}{3}$$



4) 曲げ応力度

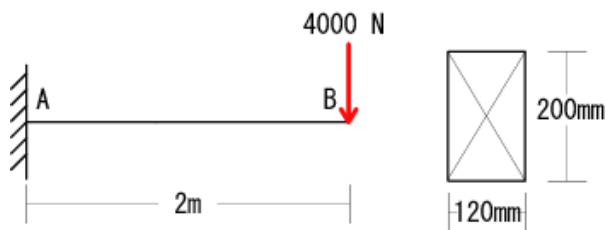
- 曲げ応力度とは：曲げモーメントにより生じる応力度
- 注意：曲げモーメントにより生じるけど…部材内では圧縮・引張に変換されちゃいます
- 注意：最終的に圧縮・引張に変換されちゃうので垂直応力度との合算が可能
- 最大曲げ応力度・縁曲げ応力度 (σ_M)

□ $\sigma_M = \frac{M}{Z}$ M … 曲げモーメント、 Z … 断面係数



★最大応力度の求め方

《過去問 12》 最大曲げ応力度を求めよ



（解法手順）

- 1) 最大の応力を求める
- 2) 断面諸係数を求める
- 3) 最大の応力度を求める

最大曲げモーメントは A 支点で生じる

$$M_A = 4,000 \times 2,000$$

また、断面係数は

$$Z = \frac{120 \times 200 \times 200}{6}$$

したがって最大曲げ応力度は

$$\begin{aligned} \sigma_M &= \frac{M_A}{Z} \\ \sigma_M &= \frac{4,000 \times 2,000 \times 6}{120 \times 200 \times 200} \\ \sigma_M &= 10 \end{aligned}$$

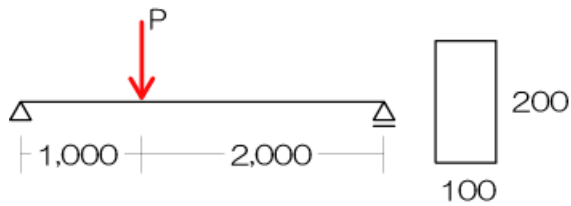
10 N/mm²

5) 許容応力度設計

《過去問 13》 許容曲げモーメントに達する際の荷重 P (解法手順)

の値をもとめよ

ただし、部材の許容曲げ応力度を 20N/mm^2 とする



- 1) 最大の応力を求める
- 2) 断面諸係数を求める
- 3) 最大の応力度を求める
- 4) 3) < 許容曲げ応力度となる P の値を求める

最大曲げモーメントは

最大曲げモーメントは荷重のかかっている点(C 点とする)
で生じる

$$M_c = \frac{2P}{3} \times 1,000$$

また、断面係数は

$$Z = \frac{100 \times 200 \times 200}{6}$$

$$\sigma_M = \frac{M_A}{Z}$$

$$\sigma_M = \frac{2P \times 1,000 \times 6}{3 \times 100 \times 200 \times 200}$$

$$\sigma_M = \frac{P}{1,000}$$

許容応力度設計

$$20 = \sigma_M$$

$$20 = \frac{P}{1,000}$$

$$P = 20,000$$

$$P = 20[\text{kN}]$$

20 kN

『ポイント』

- 「応力算定」⇒「断面諸係数」⇒「応力度」の順で算定
- 許容応力度設計：部材に生じる応力度<部材の耐えられる応力度（許容応力度）

1.9 梁の変形、座屈

1) 梁の変形

- ひずみ：部材に力が加わった時の伸び縮み・太さの変形の事

$$\square \quad \varepsilon = \frac{\Delta l}{l} \quad \varepsilon \cdots \text{ひずみ}, l \cdots \text{もとの長さ}, \Delta l \cdots \text{変形量}$$

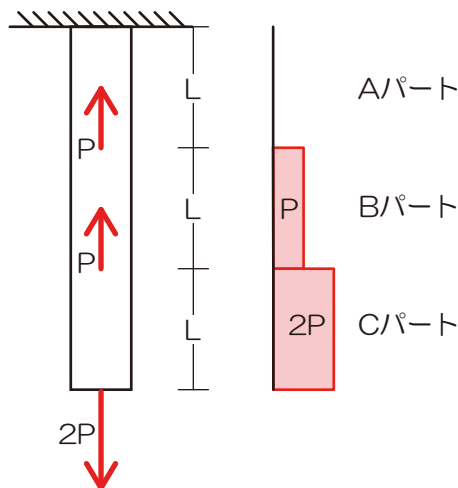
- ヤング係数とは：部材に荷重が加わった場合の変形のし難さを表す、
例：コンクリートは値が大きい、ゴムは小さい

- ヤング係数 (E)

$$\square \quad E = \frac{\sigma_N}{\varepsilon} \quad E \cdots \text{ヤング係数}, \sigma_N \cdots \text{垂直応力度}, \varepsilon \cdots \text{ひずみ}$$



《過去問 14》 先端部分の伸びを求めよ（断面積を A、ヤング係数を E とする）（解法手順）



- 1) 荷重を受けている点で部材を分割
 - 2) 応力の分布を把握
 - 3) 分割された各部材の垂直応力度を求める
 - 4) 各部材のひずみを求め、合算
- 個別に求めたそれぞれのパートの伸びを合算する

$$\Delta L_A = \frac{0 \times L}{A \times E}$$

$$\Delta L_B = \frac{P \times L}{A \times E}$$

$$\Delta L_C = \frac{2P \times L}{A \times E}$$

$$\Delta L = \Delta L_A + \Delta L_B + \Delta L_C = \frac{3PL}{AE}$$

3PL/(EA)

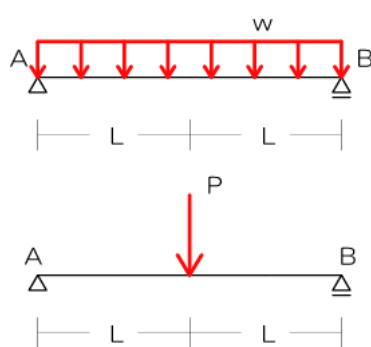
『ポイント』

- 垂直応力度が求められれば、「断面積」「ヤング係数」が分かれば部材の伸びが分かります

➤ 梁のたわみ・たわみ角

- 部材のたわみ・たわみ角（P67、表 1 チェック！）
 - ・ たわみとは：構造材に荷重がかかった際に生じるわん曲（たわみとたわみ角がある）
 - ・ たわみ： $\delta_{\max} = \alpha \frac{Pl^3}{EI}$ （集中荷重）、 $\delta_{\max} = \alpha \frac{wl^4}{EI}$ （分布荷重）
 - ・ たわみ角： $\theta_A = \beta \frac{Pl^2}{EI}$ （集中荷重）、 $\theta_A = \beta \frac{wl^3}{EI}$ （分布荷重）

《過去問 15》 中央部分のたわみが等しくなる場合の P と wL の比を求めよ（解法手順）



- 1) 公式に条件を代入

集中荷重の際のたわみ

$$\delta_2 = \frac{PL^3}{48}$$

両者が等しくなるためには

$$\begin{aligned} \delta_1 &= \delta_2 \\ \frac{5wL^4}{384EI} &= \frac{PL^3}{48} \\ \frac{5wL}{8} &= P \\ P : wL &= 5 : 8 \end{aligned}$$

分布荷重がかかった際のたわみ

$$\delta_1 = \frac{5wL^4}{384EI}$$

P : wL = 5 : 8

『ポイント』

- ここ 10 年されたのは H20、16 のみ
- 公式（P67、表 1）はチェック！

2) 座屈

- 座屈とは：柱が非常に大きな垂直荷重（圧縮）を受けた際に折れ曲がる現象
- 座屈の条件：柱の材質、支点の形状、柱の長さ、断面形状
- 柱の材質：コンクリートの柱の方がゴムの柱よりも座屈しにくい
- 支点の形状：がっちり柱を支えれば座屈しにくい
- 柱の長さ：短い柱ほど座屈しにくい
- 断面形状：太い柱ほど座屈しにくい

弾性座屈荷重

- 座屈荷重の求め方：柱の材質（ヤング係数）、支点の形状・柱の長さ（座屈長さ）、断面形状（断面 2 次モーメント）より算定

$$\square \quad N_k = \frac{\pi^2 EI}{l_k^2} \quad N_k \cdots \text{弾性座屈荷重、} E \cdots \text{ヤング係数、}$$

$$I \cdots \text{断面 2 次モーメント、} l_k \cdots \text{座屈長さ}$$

座屈長さ

- 座屈長さとは：支点種別の係数に柱の長さをかけたもの
- 支点の種類と係数：1) 上端の移動状況、2) 支持の仕方、に注目！実際に座屈する様子を図示して考える
- 上端の移動状況：自由 or 拘束
- 支持（支点・節点）：固定 or ピン

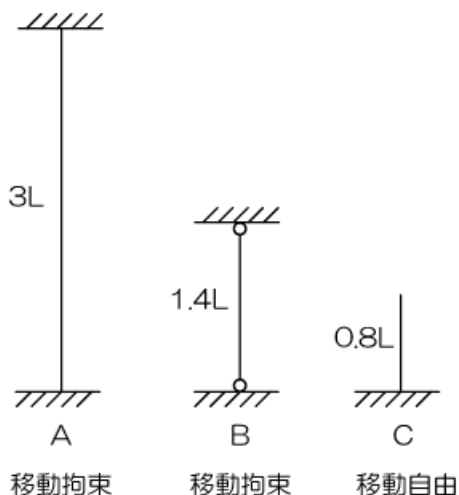
上端移動条件	上端拘束			上端自由	
回転条件	両端自由	両端拘束	拘束自由	両端拘束	拘束自由
座屈形状					
座屈長さ	1.0	0.5	0.7	1.0	2.0



《演習問題 16》 構造物の座屈荷重の大きさを比較せよ

(解法手順)

- 1) 上部移動のチェック
- 2) 支点の形式をチェック
- 3) 上記 2 点より座屈の状況を図示
- 4) 弾性座屈荷重の公式



柱 A の座屈長さは

$$l_A = 0.5 \times 3L = 1.5L$$

柱 B の座屈長さは

$$l_B = 1.0 \times 1.4L = 1.4L$$

柱 C の座屈長さは

$$l_C = 2.0 \times 0.8L = 1.6L$$

座屈長さと座屈荷重は大小関係が逆になるので

$$P_B > P_A > P_C$$

$$P_B > P_A > P_C$$

『ポイント』

- 座屈の状況を図示（上端の移動・支点の形式をチェック）

1.10 不静定梁、不静定ラーメンに生ずる力

『ポイント』

- ここ 10 年出題されていません…

『過去問一覧（10 年分）』

項目	過去問	出題率	H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16	H15
モーメント	01	20%				○			○			
力の合成	02	20%		○	○							
力の釣り合い	03	30%					○	○				○
支点の反力	04	30%				○		△	○			
梁の応力	05	100%	○	○	◎	○	△	○	○	○	△	○
ラーメンの応力	06	60%	○		○		○	△		○	○	○
3 ヒンジラーメン	07	10%		○								
トラス	08	100%	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
図心（断面 1 次 M）	09	10%							○			
断面 2 次 M	10	90%	○	○	○	○	○	○		○	○	○
応力度	11	40%	○			○	○					○
許容応力度	12	30%		○				○		○	○	
ひずみ	13	10%							○			
たわみ	14	20%					△				△	
座屈	15	100%	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○