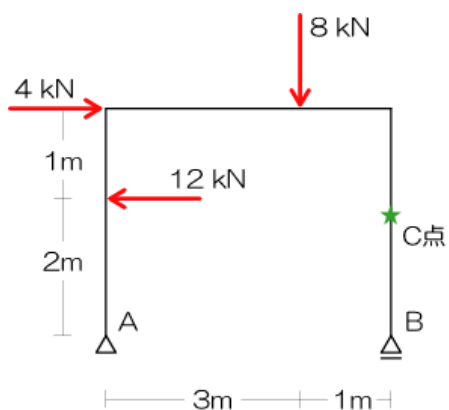




【本日の目標】(以下ページ番号はサブテキ)

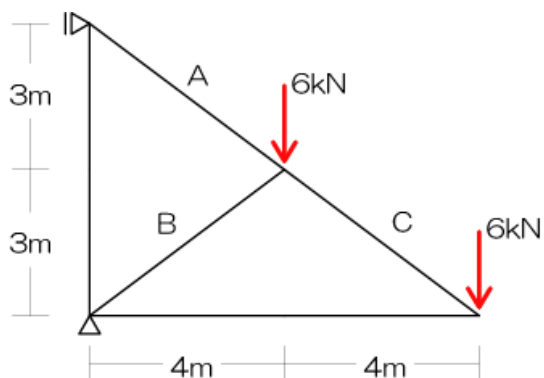
- 1) ラーメンの任意の点の応力を求めることができる (復習) ⇒ P24
- 2) トラスの応力を求めることができる ⇒ P24
- 3) 断面の図心の位置を求めることができる ⇒ P25 《過去問 10》
- 4) 断面 2 次モーメント・断面係数を求めることができる ⇒ P26～ 《過去問 11-01》《過去問 11-02》
- 5) 各応力度を求めることができる ⇒ P29 《過去問 12》
- 6) 許容応力度設計を行うことができる ⇒ P29 《過去問 13》
- 7) 部材のひずみ (伸び) を求めることができる ⇒ P31 《過去問 14》
- 8) 部材の座屈の状況を把握できる ⇒ P32 《過去問 16》

【復習】C 点における曲げモーメントを求めよ



0 kNm

【復習】A・B・C 材における応力を求めよ



$$N_A = 15 \text{ kN} \quad N_B = -5 \text{ kN} \quad N_C = 10 \text{ kN}$$



1.7 断面の性質

1) 断面一次モーメント

断面 1 次モーメントのみを求める問題はなし（**図心の位置を求める際に使用**）

図心とは：降伏を開始するまでの**曲げモーメントの「中立軸」**（力学においては…）

➤ 断面 1 次モーメント（ S ）

□ $S = A \times y$ S …断面 1 次モーメント、 A …断面積、 y …対象軸から図心までの距離

□ 逆に…対象軸から図心までの距離を求めたかったら $y = \frac{S}{A}$

図心の位置の求め方：断面全体の断面 1 次モーメントを求め、全断面積で除す

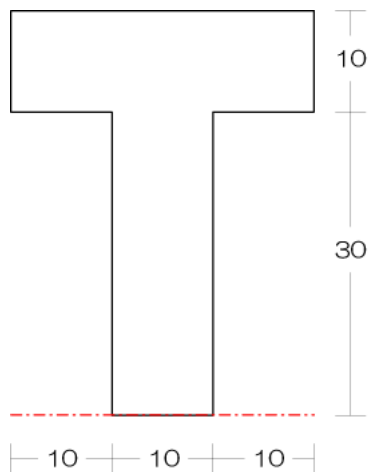
断面全体の断面 1 次モーメント：複雑な断面の場合には、矩形（長方形）に分割後、合算

合算時の留意点：対象とする**軸が同一の場合のみ合算可能**

➤ 簡単にまとめると…

《過去問 10》以下の断面の図心の位置を求めよ

なお、図心位置からの距離で示せ



（解法手順）

- 1) 軸を決定（底部がお勧め）
- 2) 矩形（長方形）に分割（お好きなように…）
- 3) 断面全体の断面 1 次モーメントを求める $S = A \times y$
⇒ 合算可能なのは**軸が同一**の場合のみね！
- 4) 上記断面 1 次モーメントの合計を全断面積で除す

25（底部より）

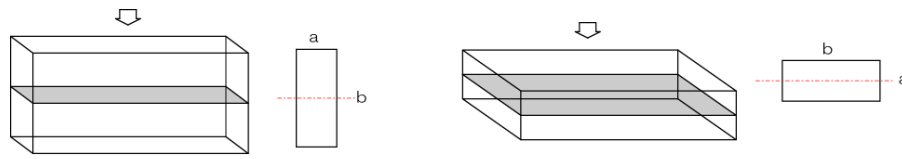
『ポイント』

- 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
- 全体の断面 1 次モーメントを求める際には、**対象となる軸は同一**とすること！

2) 断面二次モーメント

断面二次モーメントとは：部材の変形（「たわみ」「座屈」）のし難さを示す

同一断面積でも、たわみの状況は異なる（以下の図、左の方が「たわみ」難いですね）

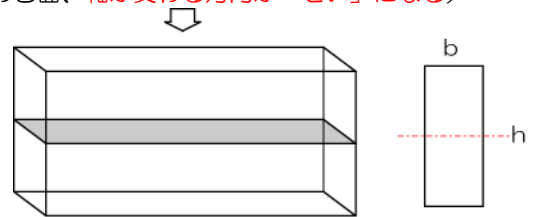


➤ 矩形における図心に対する断面二次モーメント (I)

□ $I = \frac{bh^3}{12}$ I…断面二次モーメント、b…幅 h…せい（たわむ面、軸が交わる方向が「せい」になる）

➤ 図心と異なる軸に対する断面二次モーメント

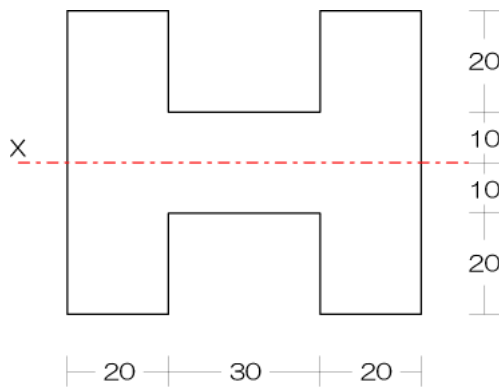
□ $I = I_x + A \times y^2$



- 複雑な断面の断面二次モーメント ⇒ 矩形（長方形）に分割後、合算
 （バラした各矩形の図心の位置を等しくすること）

《過去問 11-01》断面の断面二次モーメントを求めよ

（解法手順）



- 1) 軸チェック
- 2) 図心が等しくなるように断面を分割
- 3) 各断面の断面二次モーメントを求め足し引き

740,000

『ポイント』

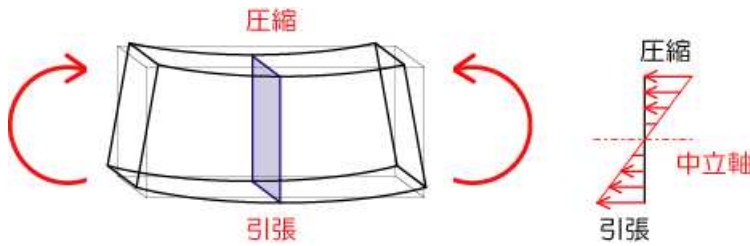
- 複雑な断面における断面二次モーメントは、断面をバラして考えましょう
- その際には、バラした各断面の図心の位置をそろえましょう（って、図心の位置がそろうようにバラすの方が正しい）

3) 断面係数

断面係数とは：曲げ応力度を求める際に使用

曲げ強さの大小一云々、って言われたら、純粋に断面係数を比較すればOK（ヤング係数が等しい＝同一材料ならばね）

曲げ応力度とは？：以下の図右です（断面内の小人さんの働き）



曲げ応力度は断面位置で値が変化します ⇒ (算定するために) ⇒ **断面位置で値の変わる断面係数**を用いる

曲げ応力度は断面位置で値が変わるのでメンドウ！？ ⇒ 安全性をチェックする際には最大値（縁部分）しかチェックしないので、結果的には断面係数も縁部分（上下端）の値を用いることになります

➤ 断面係数（Z）（縁部分）

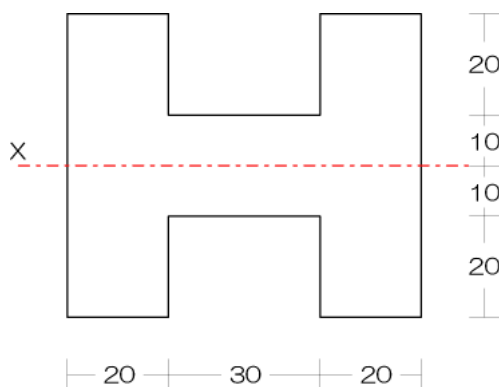
□ $Z = \frac{I}{h/2}$ I…断面2次モーメント、h…せい、

$Z = \frac{bh^2}{6}$ ← 矩形断面縁部分の応力度を求める場合

複雑な断面の断面係数：矩形（長方形）に分割後合算は出来ません！

どうすんの？：公式の通り、**まずは断面2次モーメントを求め、その後せいの半分（中立軸から縁までのキヨリ）で除す**

《過去問 11-02》縁部分の断面係数を求めよ



（解法手順）

- 1) 軸チェック
- 2) 先ずは、断面2次モーメントを求める
- 3) 上記を中立軸から縁までのキヨリで除す

『ポイント』

- 複雑な断面における断面係数は、**先ずは断面2次モーメントを求めてから！**



1.8 応力度

1) 応力度

➤ 応力度とは

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 ）

□ $\sigma_N = \frac{P}{A}$ σ_N …垂直応力度、 P …軸方向力、 A …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 ）

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

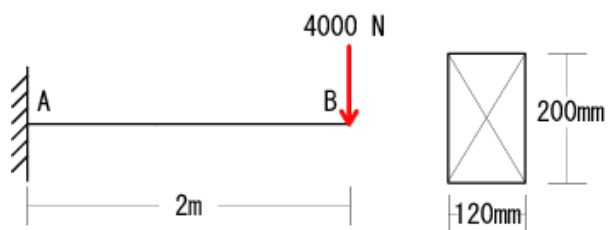


4) 曲げ応力度

- 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

《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

10 N/mm²

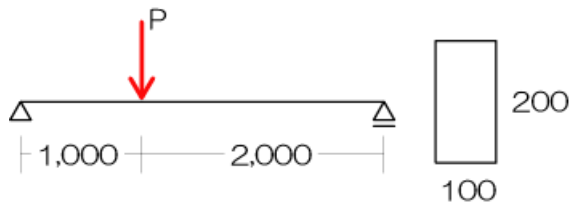
5) 許容応力度設計



《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

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

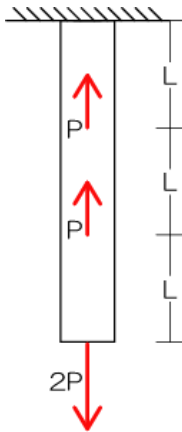
➤ ヤング係数（E）

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



《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

$3PL/(EA)$

『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

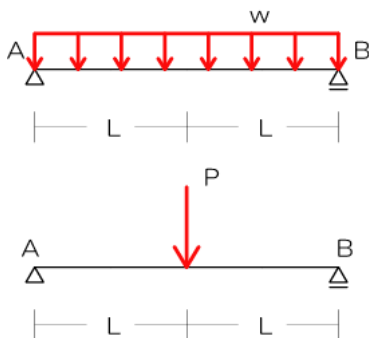
➤ 梁のたわみ・たわみ角

□ 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



$P : wL = 5 : 8$

『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

□
$$N_k = \frac{\pi^2 EI}{l_k^2}$$
 N_k …弾性座屈荷重、 E …ヤング係数、
 I …断面 2 次モーメント、 l_k …座屈長さ

座屈長さ

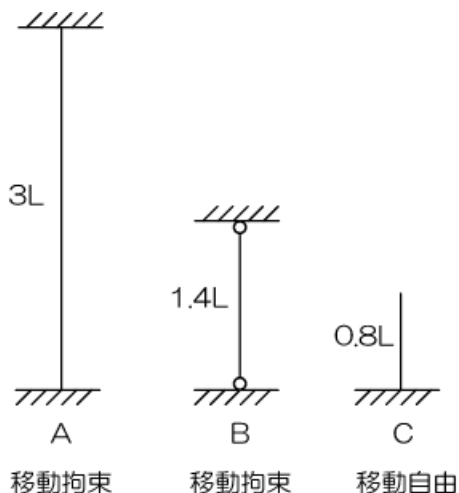
- 座屈長さとは：支点種別の係数に柱の長さをかけたもの
- 支点の種類と係数：1) 上端の移動状況、2) 支持の仕方、に注目！実際に座屈する様子を図示して考える
- 上端の移動状況：自由 or 拘束
- 支持（支点・節点）：固定 or ピン

上端移動条件	上端拘束			上端自由	
	両端自由	両端拘束	拘束自由	両端拘束	拘束自由
回転条件	○	/	○	/	/
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



$$P_B > P_A > P_C$$

『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）』

No	項目	出題率	H23	H22	H21	H20	H19	H18	H17	H16	H15	H14
01	モーメント	20%			○			○				
02	力の合成	20%	○	○								
03	力の釣り合い	30%				○	○				○	
04	支点の反力	40%			○		△	○				◎
05	梁の応力	90%	○	◎	○	△	○	○	○	△	○	
06	ラーメンの応力	50%				○	△		○	○	○	
07	3 ヒンジラーメン	20%	○									○
08	応力図	10%		○								
09	トラス	100%	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
10	図心（断面 1 次 M）	10%						○				
11	断面 2 次 M	90%	○	○	○	○	○		○	○	○	○
12	応力度	40%			○	○					○	○
13	許容応力度	30%	○				○		○	○		
14	ひずみ	10%						○				
15	たわみ	20%				△				△		
16	座屈	100%	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○