【本日の目標】（以下ページ番号はサブテキ）

1）支点の反力を求めることができる（復習）　⇒　P39

2）梁・ラーメンの任意の点の応力を求めることができる（復習）　⇒　P39

3）トラスの応力を求めることができる（復習）　⇒　P40

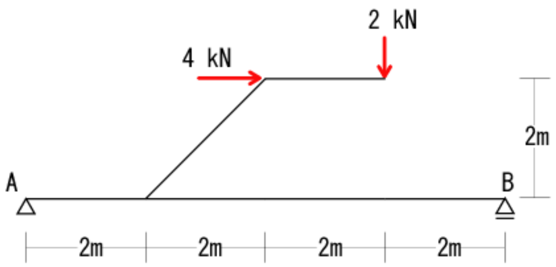
4）部材に生じる最大応力度を求めることができる　⇒　P42《演習問題 20》

5）部材に生じるひずみを求めることができる　⇒　P43　《演習問題 21》

6）部材に生じるたわみを求めることができる　⇒　P44　《演習問題 22》

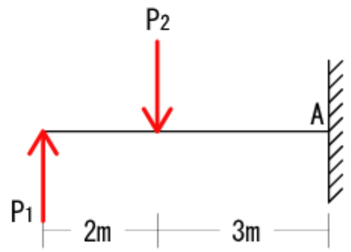
7）弾性座屈荷重の大小を比較できる　⇒　P46　《演習問題 23》

【復習】以下の構造体の支点の反力を求めよ



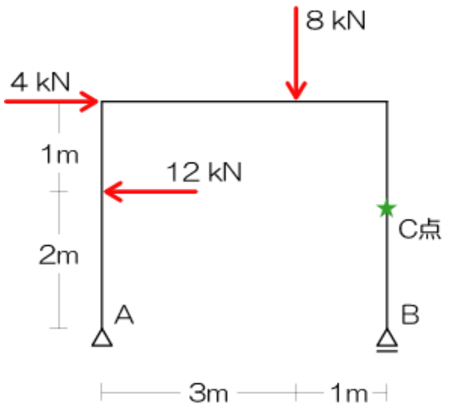
VA=-（1/2）kN、VB=5/2kN、HA=-4kN

【復習】A 点に曲げモーメントが生じない場合の荷重の比（P_1：P_2）を求めよ



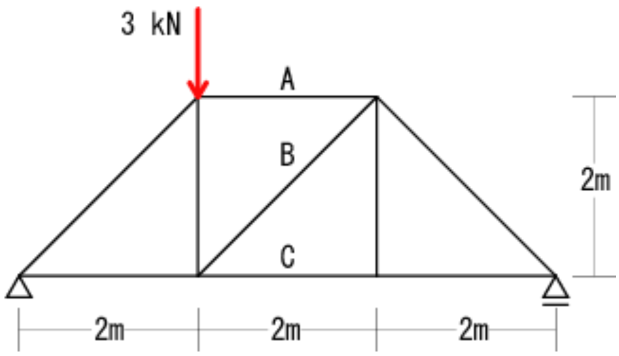
P_1：P_2=3：5

【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=-2 kN N_B=√2kN N_C=1kN

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）

□　$\sigma_N = \dfrac{P}{A}$　　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）

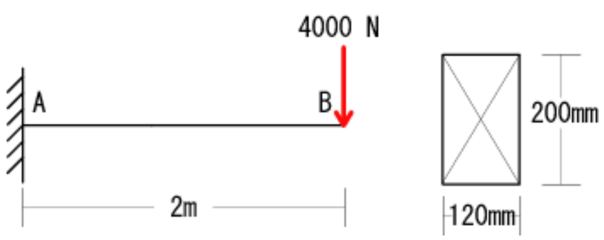
□　$\tau = \dfrac{Q}{A} \times k$　　k …断面形状による係数、長方形断面 $k = \dfrac{3}{2}$、円形断面 $k = \dfrac{4}{3}$

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）

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

《演習問題 20》　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

曲げモーメントが最大となるのはＡ点

ゆえにＡ点の曲げモーメントを求める

M_A＝4,000×2,000

断面係数を求める

Z＝(120×200×200)/6

曲げ応力度を求める

σ_M＝(4,000×2,000)/((120×200×200)/6)

σ_M＝(4,000×2,000)×6/(120×200×200)

σ_M＝10

10 N/mm^2

『ポイント』

□ 計算手順は、1）応力算定　⇒　2）断面諸係数　⇒　3）応力度

□ ２級建築士試験において、最難関に属する問題です…、一つずつ着実にクリアして行きましょう

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

□　$\varepsilon = \dfrac{\Delta l}{l}$　ε…ひずみ、l…もとの長さ、Δl…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）

□　$E = \dfrac{\sigma_N}{\varepsilon}$　E…ヤング係数、σ_N…垂直応力度、ε…ひずみ

また、垂直応力度は、$\sigma_N = \dfrac{N}{A}$（N…軸方向力、A…断面積）で示されるので

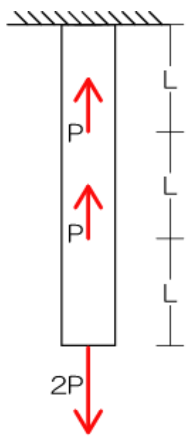
ヤング係数の公式に垂直応力度・ひずみを代入すると

$$E = \frac{N}{A} \times \frac{l}{\Delta l}$$

$$\Delta l = \frac{N \times l}{A \times E}$$

⇒　変形量（伸び・縮み）を求めることが可能

《演習問題 21》　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

パートを３つに分割し、それぞれのひずみを求める

支点（上端）に近いパートより A・B・C とする

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

$$\Delta l_B = \frac{P \times L}{A \times E} = \frac{PL}{AE}$$

$$\Delta l_C = \frac{2P \times L}{A \times E} = \frac{2PL}{AE}$$

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：$\delta_{\max} = \alpha \dfrac{Pl^3}{EI}$（集中荷重）、$\delta_{\max} = \alpha \dfrac{wl^4}{EI}$（分布荷重）
- たわみ角：$\theta_A = \beta \dfrac{Pl^2}{EI}$（集中荷重）、$\theta_A = \beta \dfrac{wl^3}{EI}$（分布荷重）

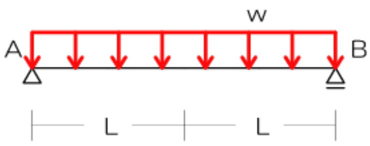
表　たわみの公式

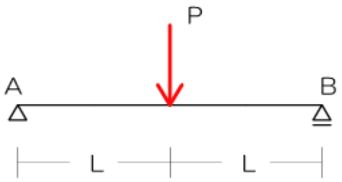
	たわみ	たわみ角		たわみ	たわみ角
集中荷重	$\delta = \dfrac{Pl^3}{EI}$	$\theta = \dfrac{Pl^2}{2EI}$	集中荷重	$\delta = \dfrac{Pl^3}{48EI}$	$\theta = \dfrac{Pl^2}{16EI}$
分布荷重	$\delta = \dfrac{wl^4}{8EI}$	$\theta = \dfrac{wl^3}{6EI}$	分布荷重	$\delta = \dfrac{5wl^4}{384EI}$	$\theta = \dfrac{wl^3}{24EI}$
モーメント荷重	$\delta = \dfrac{Ml^2}{2EI}$	$\theta = \dfrac{Ml}{EI}$	モーメント荷重	$\delta = \dfrac{Ml^2}{16EI}$	$\theta = \dfrac{Ml}{3EI}$ $\theta = \dfrac{Ml}{6EI}$

《演習問題 22》　中央部分のたわみが等しくなる場合の　（解法手順）

P と wL の比を求めよ

1）公式に条件を代入





単純梁分布荷重の場合のたわみは

$$\delta = \frac{5wl^4}{384EI}$$

単純梁中央集中荷重の場合のたわみは

$$\delta = \frac{Pl^3}{48EI}$$

両者が等しいことより

$$\frac{5wL^4}{384EI} = \frac{PL^3}{48EI}$$

$$\frac{5}{8}wL = P$$

P：wL=5：8

『ポイント』

□ ここ 10 年されたのは H20、16 のみ、公式は覚えておいたほうが良いとおもいます

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
- 荷重の大きさ：当然大きな荷重がかかれば座屈する
- 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　←　本来は断面２次モーメントが関係

□ 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

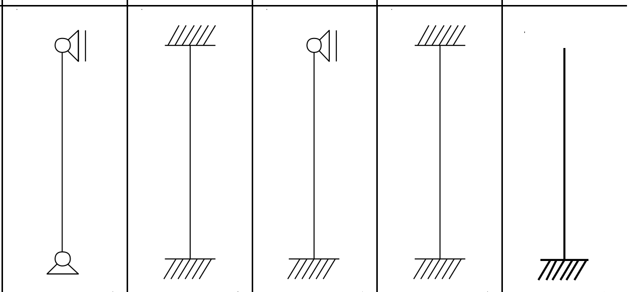
□ $N_k = \dfrac{\pi^2 EI}{{l_k}^2}$　　N_k…弾性座屈荷重、E…ヤング係数、

I…断面２次モーメント、l_k…座屈長さ

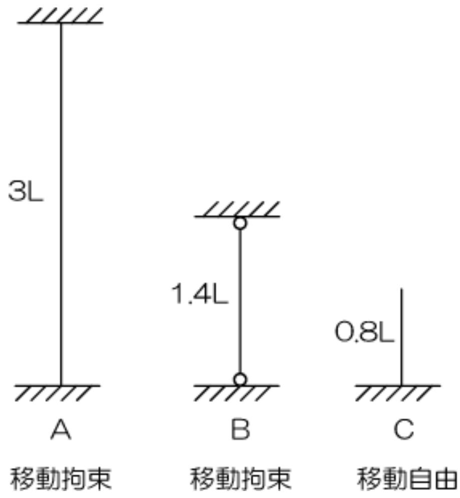
□ 座屈長さ

（a）　単純な支持条件を持つ座屈長さ

- 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 23》　構造物の座屈荷重の大小を比較せよ



（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

A の柱の座屈長さは

$$l_{kA} = 0.5 \times 3L = 1.5L$$

B の柱の座屈長さは

$$l_{kB} = 1.0 \times 1.4L = 1.4L$$

C の柱の座屈長さは

$$l_{kC} = 2.0 \times 0.8L = 1.6L$$

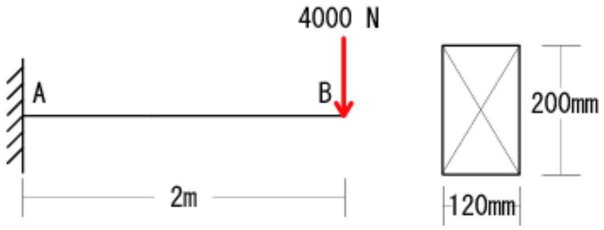
弾性座屈荷重の大小は座屈長さの二乗に反比例するので

$P_B > P_A > P_C$

『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）

《演習問題 20》　最大曲げ応力度を求めよ



（解法手順）

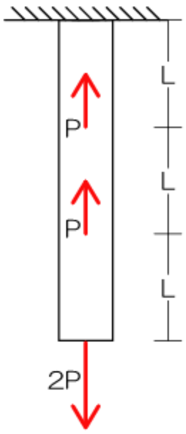
1）最大の応力を求める

2）断面諸係数を求める

3）最大の応力度を求める

10 N/mm^2

《演習問題 21》　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

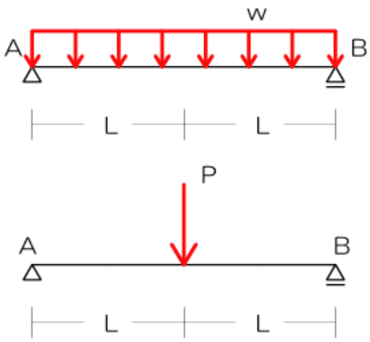
4）各部材のひずみを求め、合算

3PL/(EA)

《演習問題 22》　中央部分のたわみが等しくなる場合の　（解法手順）

Ｐと wL の比を求めよ

1）公式に条件を代入



Ｐ：wL＝5：8

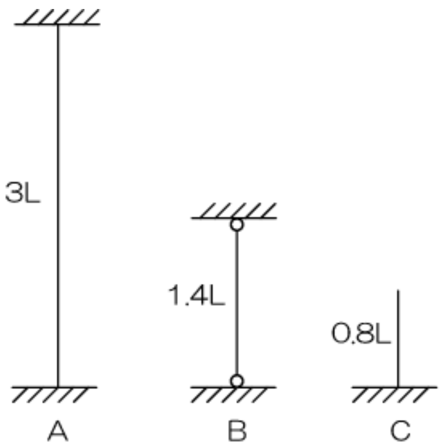
《演習問題 23》　構造物の座屈荷重の大小を比較せよ　（解法手順）

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



$P_B > P_A > P_C$

『これまでのまとめ』

1）　力の種類

□　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）

2）　モーメント

□　モーメントは距離の概念が重要です

□　作用線は「必ず」図示しておきましょう

□　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

□　合成前のモーメント＝合成後のモーメント（バリニオンの定理）を用いて合成後の荷重の作用点を求めます

□　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）

3）　力の釣り合い

□　釣り合い３式：$M_O = 0$、$\sum X = 0$、$\sum X = 0$

□　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、$M_O = 0$

□　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…

4）　支点の反力

□　まずは反力を図示しましょう

□　つりあい三式を用いて未知の反力を求めましょう

5）　梁・ラーメンの応力

□　応力算定では、反力を図示した後、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

□　軸方向力では部材に平行なすべての力、せん断力では部材に垂直な全ての力、曲げモーメントでは計算対象すべての力

6）　応力図

□　曲げモーメント図は「クルクル♪ドン！」

□　片持系では自由端から、単純ラーメンでは２本の柱から記載

□　柱・梁の接合部では「内々・外々」

□　ピン・ローラー支点では曲げモーメントは生じない

□　ローラー柱では水平荷重がない限り曲げモーメントは０

7）　トラスの応力

□　切断法：３本切ってください（その際に切断された３本の部材の応力を求めることができます）

□　切断法：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！！

□　切断法：切断された部材に生じる応力の仮定がちゃんとできたら、その後は力の釣り合い三式で

□　節点法：部材数が少ない場合のみ節点法の方が計算が早い場合があり

□　節点法：「直線＋１ の法則（軸力＝０）」は超使えます

8）　図心（断面１次モーメント）

☐　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！

9）　断面２次モーメント

☐　複雑な断面における断面２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）

10）　断面係数

☐　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！

☐　矩形（長方形）断面だったら BH^2/6 が使えます

11）　応力度

☐　「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）

12）　ひずみ

☐　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

13）　たわみ

☐　ここ 10 年されたのは H20、16 のみ

☐　念のため、たわみの公式は覚えておくと良いでしょう

14）　座屈

☐　座屈の状況を図示（上端の移動・支点の形式をチェック）