

〇 はじめに

学科Ⅳ（構造）分野の出題の傾向

- 大別すると 2 分野に分けられます → 構造・材料力学等の計算問題（6 問）、各種構造・材料の文章題（24 問）
- 計算系の問題を全て捨てることは得策ではありません
- 理由は単純で… → 計算系の問題は 1 度理解をしておけば、ほぼ間違いなく得点に繋がるから
- 基礎講座においては計算系の問題に主眼を置き、講義を行います

構造計算系過去問の傾向

- 例年ほぼ必ず出る分野がトラスです。また、応力計算・座屈・不静定（たわみ）の出題頻度も高く、今年も出題される可能性が非常に高いと思われます。それ以外の分野からはほぼ偏りなく出題されている傾向にあります。ただし、隔年・連続で出題されており本年の試験でどの分野が出題されるのか予想する事は非常に難しいと思います。

| | | | 10年 | H24 | H23 | H22 | H21 | H20 | H19 | H18 | H17 | H16 | H15 |
|----|----------|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1 | 断面の性質 | 中立軸 | 10% | | | | | | | | | 1 | |
| 2 | | 断面 2 次 M・断面係数 | 50% | | | | 6 | 1 | 1 | 1 | | | 1 |
| 3 | 応力度 | 垂直応力度（塑性状態） | 30% | | | 5 | 1 | | | | 1 | | |
| 4 | ひずみ | ひずみ | 20% | | | | 5 | | | | | 5 | |
| 5 | 座屈 | 座屈長さ・弾性座屈荷重 | 70% | 6 | | 6 | 6 | | 6 | 6 | 6 | 6 | |
| 6 | 振動 | 固有周期 | 30% | | 7 | | | | 7 | | | 7 | |
| 7 | 判別 | 静定・不静定の判別 | 20% | | | | | 6 | | | | | 5 |
| 8 | 応力 | 梁・ラーメンの応力 | 40% | 2 | | | | 2 | 3 | | 3 | | |
| 9 | | 3 ヒンジラーメン | 40% | 3 | | 4 | 3 | | | 4 | | | |
| 10 | | ラーメンの応力図 | 30% | | | 3 | | | | | 4 | | 2 |
| 11 | | トラス | 90% | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 5 | 5 | 5 | |
| 12 | | 合成ラーメン | 40% | 5 | 6 | | | 3 | | | | | |
| 13 | たわみ | たわみの公式 | 80% | | 2 | 2 | 2 | | | 3 | 2 | 2 | 3 |
| 14 | | 不静定構造物の反力 | 10% | | | | | | 2 | | | | |
| 15 | | 水平荷重の分配 | 30% | | 3 | | | | | | | 3 | 4 |
| 16 | 不静定 | 不静定ラーメンの応力図 | 20% | | | | | | 5 | | | 4 | |
| 17 | | 不静定ラーメンの応力 | 10% | | 4 | | | | | | | | |
| 18 | 層間変形 | 層間変形 | 10% | | | | 4 | | | | | | |
| 19 | 全塑性モーメント | 全塑性モーメント | 40% | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | | |
| 20 | 崩壊 | 崩壊荷重 | 30% | | 4 | | | 4 | | 2 | | | |

➤ 注：表中の番号は出題時の問題番号

基礎講座における目標

- 上記分類のうち、出題頻度の高い「断面の性質」「座屈」「応力計算」「トラス」における基礎的な項目の理解
- 基礎講座終了後には過去問のうち（当該範囲の出題中）、半分程度は解けるようになっていること…

(1) 日程

- 第 1 回 (2 月 4・5 日) : 材料力学 (断面の性質・座屈)
- 第 2 回 (2 月 11・12 日) : 構造力学 1 (梁・ラーメンの応力)
- 第 3 回 (2 月 25・26 日) : 構造力学 2 (トラス、応力度)

(2) 自宅での学習法

- 計算問題はとにかくトレーニングあるのみです。講義で使用した問題等を何度も復習してください。日程も限られており、講義内で前週に行った内容の復習に多くの時間を取ることは非常に難しいです。
- 建築士対策の補習的なサイトを「勝手に」運営しています (<http://www.architype-lab.com/>)。基礎的な演習問題等を随時アップしていきますのでネットの使用できる環境にある方はチェックしてみてください。質問等も BBS (掲示板)、メールで随時受け付け中。
- 理解が進まない内に過去問に取り掛かるのはあまりお勧めしないかも…です。
- やる気のある方を見捨てることは「絶対に」致しません…時間の許す限り対応させていただきますので、よろしくお願いいたします。

【本日の目標 1】

(1) 断面の性質 ← 構造材における「図心」「断面 2 次モーメント」「断面係数」を求める事が出来る

- ・平成 6 年 : 図心を求めよ (降伏開始までの曲げモーメントの中立軸)
- ・平成 7 年 : 断面諸係数の特徴
- ・平成 9、15、19、20 年 : 断面 2 次モーメントと断面係数を求めよ (平成 19・20 年は断面 2 次モーメントのみ)
- ・平成 16 年 : 中立軸 (図心) を求めよ (降伏開始までの曲げモーメントの中立軸)
- ・平成 18 年 : 曲げ強さ (断面係数) を求めよ

(2) 座屈 ← 「弾性座屈荷重」「座屈長さ」を求める事が出来る

- ・平成 4、5、6、9、13、14、17、18、19、21 年 : 座屈荷重の大きさを比較せよ (もしくは座屈荷重を求めよ)
- ・平成 8 年 : 座屈長さを求めよ
- ・平成 16、22 年 : 弾性座屈荷重公式、座屈長さに関する問題

1 構造計算

材料力学

- 材料力学とは : 部材の変化のし易さ・し難さを求めるために必要 (断面の形で部材の特性が異なる)
- 変化の要因 : (1) 断面の形状・バランス、(2) 変化の対象となる軸の位置
- 計算手順 : (1) 対象とする軸を見極める、(2) 複雑な断面形状はバラして考える (長方形、矩形に分割)

1.1.1 断面の性質

(A) 断面係数：P1

(a) 断面 1 次モーメント（図心を求める）：P1

➤ 断面 1 次モーメントとは：図心の位置（対象軸から図心までの距離）を求める際に必要

➤ 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 $y = \frac{S}{A}$

➤ ポイント：断面 1 次モーメントのみを求める問題は皆無、中立軸を求める問題で断面 1 次 M を使用（中立軸＝図心）

➤ 足し引きのルール：複雑な断面は矩形に分割後、断面 1 次モーメントの合算可（対象軸は共通とすること！）

➤ 複雑な長方形断面の図心の算定方法

(1) 対象とする軸を決定：断面の縁が良いでしょう

(2) 断面を矩形に分割

(3) 分割した各図形それぞれの(1)軸に対する断面 1 次モーメントを算定

(4) (3)を合成し（足し合わせる）断面全体の断面 1 次モーメントを求める

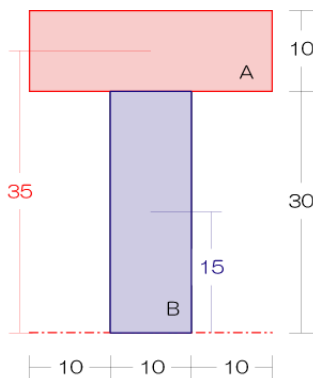
(5) (4)を断面全体の面積で除し図心の位置を求める

➤ 足し引きのルール：複雑な断面は矩形に分割後、断面 1 次モーメントの合算可（対象軸は共通とすること！）

《演習問題 1》以下の断面の図心の位置を求めよ

（解法手順）

なお、図心位置からの距離で示せ



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

$$y_0 = \frac{S_A + S_B}{A_A + A_B}$$

$$y_0 = \frac{10 \times 30 \times 35 + 30 \times 10 \times 15}{10 \times 30 + 30 \times 10}$$

$$y_0 = \frac{(10 \times 30)(35 + 15)}{(10 \times 30) \times 2}$$

$$y_0 = \frac{35 + 15}{2}$$

$$y_0 = 25$$

25（底部より）

『ポイント』

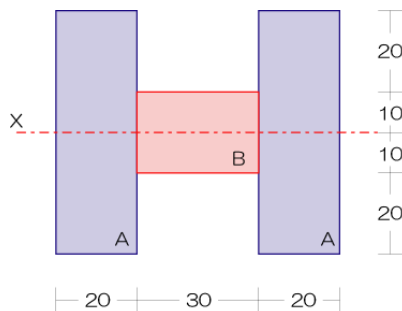
□ 図心の位置は、全体の断面 1 次モーメントを全断面積で除して求めます

□ 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！

(b) 断面 2 次モーメント：P2

- 断面 2 次モーメントとは：部材のたわみ難さを表す
- たわみとは：部材に荷重がかかった際に中心部分が沈み込む現象（の様な物…）
- 注意：同一断面積でも荷重の方向（軸の方向）によりたわみ易さは異なる
- 図心に対する断面 2 次モーメント（ I ）
 - $I = \frac{bh^3}{12}$ I …断面 2 次モーメント、 b …幅、 h …せい（たわむ面が交わる方向が「せい」になる）
 - $I = I_x + A \times y^2$ 図心と軸が異なる場合、面積×図心軸間の距離の 2 乗を加える
- 単純な長方形断面の断面 2 次モーメントの算定方法：軸に注目し各数値を公式に単純に代入
- 複雑な断面の断面 2 次モーメント：矩形に分割の後、各断面 2 次モーメントを足し引き
- 複雑な断面形状における断面 2 次モーメントの算定方法
 - (1) 分割断面の決定（分割後の全断面の図心が等しくなるように）
 - (2) 分割後の断面の各断面 2 次モーメントを求める（幅・せいの関係に注意）
 - (3) (2)の断面 2 次モーメントを足し引き
- 足し引きのルール：分割した長方形の図心が等しい場合のみ採用可能

《演習問題 2》断面の断面 2 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 2 次モーメントを求め足し引き

$$I = I_A \times 2 + I_B$$

$$I = \frac{20 \times 60 \times 60 \times 60}{12} \times 2 + \frac{30 \times 20 \times 20 \times 20}{12}$$

$$I = 720,000 + 20,000$$

$$I = 740,000$$

740,000

『ポイント』

- 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、図心の位置がそろえるようにバラすの方が正しい）

(c) 断面係数：P3

- 断面係数とは：曲げ応力度を求める際に使用
- 曲げ応力度とは：曲げモーメントによる応力度は部材断面位置により異なる（縁で最大、中立軸で0）
- 注意：部材に曲げがかかると、部材内では圧縮・引張の力になってしまうんです
- 最大曲げ応力度（ σ_M ）

□ $\sigma_M = \frac{M}{Z}$ σ_M …最大曲げ応力度（縁応力度）、 M …曲げモーメント、 Z …断面係数

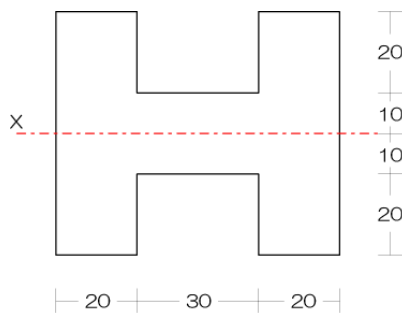
- 断面係数（ Z ）

□ $Z = \frac{I}{h/2}$ I …断面 2 次モーメント、 h …せい、 $Z = \frac{bh^2}{6}$ ← 縁部分の応力度を求める場合

- 複雑な断面形状における断面係数の算定方法：分割し引きは使えませんっ！

- (1) 全体の断面 2 次モーメントを求める
- (2) 図心から求めたい軸までの距離で(1)を除す

《演習問題 3》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

$$Z = \frac{I}{\frac{h}{2}}$$

$$Z = 740,000 \times \frac{2}{h}$$

$$Z = 740,000 \times \frac{2}{60}$$

$$Z = \frac{74,000}{3}$$

74,000/3

『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！

(d) 断面 2 次半径、(e) 断面極 2 次モーメント、(f) 断面相乗モーメント ← 非常にシリアな問題ですのでパス…

* 断面の諸係数まとめ

| 断面諸係数 | 用途 |
|--------------|---------------------------|
| 断面 1 次モーメント | 図心（中立軸）を求める際に使用 |
| 断面 2 次モーメント | 曲げ変形（座屈荷重、たわみ）を求める際に使用 |
| 断面係数 | 曲げ強さ（曲げ応力度）を求める際に使用 |
| 断面 2 次半径 | 座屈応力度を求める際に使用 |
| 断面極 2 次モーメント | ねじれ（ねじり変形）を求める際に使用 |
| 断面相乗モーメント | 主軸 ^{*1} を求める際に使用 |

^{*1} 断面における弱軸（断面 2 次モーメント最小値）と強軸（断面 2 次モーメント最大値）の交点

1.1.3 座屈：P8

- 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：荷重の大きさ、柱の材質、支点の形状、柱の長さ、断面形状
- 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します

(A) 弾性座屈荷重：P9

- 弾性座屈荷重とは：もうこれ以上増えてしまうと座屈が始まってしまう限界の荷重
- 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

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

(B) 弾性座屈応力度：P9

- 弾性座屈応力度とは：座屈時に生じている応力度のこと ← 過去問で見た記憶ありません…

(C) 座屈長さ：P9

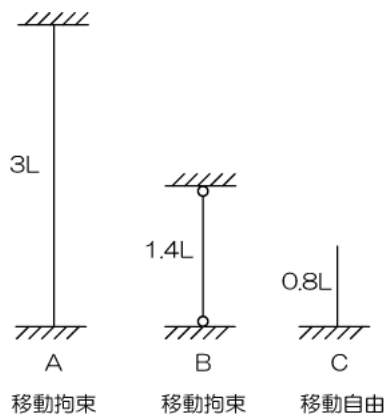
(a) 単純な支持条件を持つ座屈長さ：P9

- 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 4》 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

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

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

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

$$l_{kC} > l_{kA} > l_{kB}$$

したがって、

$$N_{kB} > N_{kA} > N_{kC}$$

$$P_B > P_A > P_C$$

『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）