

0 はじめに

0.1 学科Ⅳ構造の出題傾向とその対策

■ 学科Ⅳ構造の出題傾向

- 全 30 問中、力学（計算問題）が 6～7 問出題（力学は以下に示す 20 パターンの解法に分類可能）

表 1 力学分野の出題傾向

注：表中の番号は出題時の問題番号			コスバ	10 年	H27	H26	H25	H24	H23	H22	H21	H20	H19	H18
1	断面の性質	中立軸	★★	0%										
2		断面 2 次 M・断面係数	★★	50%	1	2					6	1	1	1
3	応力度	垂直応力度（塑性状態）	★★	30%		1				5	1			
4	ひずみ	ひずみ	★★	10%							5			
5	座屈	座屈長さ・弾性座屈荷重	★★★	50%				6		6	6		6	6
6	振動	固有周期	★★	40%		7	7		7				7	
7	判別	静定・不静定の判別	★★	10%								6		
8	力	モーメント	★★	10%	6							6		
9	応力	梁・ラーメンの応力	★★★	50%	2	3		2				2	3	
10		3 ヒンジラーメン	★★	50%	3			3		4	3			4
11		ラーメンの応力図	★★★	30%			3			3			5	
12		トラス	★★★	100%	5	5	5	4	5	5	5	5	4	5
13		合成ラーメン	★	40%			6	5	6			3		
14	たわみ	たわみの公式	★★★	60%		2	2		2	2	2			3
15		不静定構造物の反力	★	20%	2								2	
16		水平荷重の分配	★	20%		6			3					
17	不静定	不静定ラーメンの応力	★	20%		4			4					
18	層間変形	層間変形	★★	10%							4			
19	全塑性	全塑性モーメント	★★	50%			1	1	1	1	1			
20	崩壊	崩壊荷重	★★	70%	4	4	4		4	5		4		2

■ 平成 24/25/26 年試験にみる本講座の実績

※ 平成 25 年：力学 7 問中 6 ヒット（85.7%）、文章問題 23 問中 14 ヒット（60.9%）

※ 平成 26 年：力学 7 問中 7 ヒット（100.0%）、文章問題 23 問中 17 ヒット（73.9%）

※ 平成 27 年：力学 6 問中 5 ヒット（83.3%）、文章問題 24 問中 19 ヒット（79.2%）

注：「ヒット」とは、正解肢が講義にて使用した資料や問題集に記載されていたもの

■ 学科Ⅳ構造の試験対策

- 力学が 7/30 問（23.3%）、文章問題が 23/30（76.7%）、力学も苦手だし…文章問題に重点をおいて勉強すれば…
⇒ 大きな間違いです！学科Ⅳ構造では力学系の問題にていかに点数を稼ぐのか！が最も重要です
- 力学系の問題はほぼ予想が可能 ⇒ 1 級建築士の力学の問題はわずか 20 の解法パターンで片付けることが可能です。ところが、文章問題は半数近くが初見の問題です。問題数の配分と同等に時間を費やすことは得策ではありません。
- 力学は一度捕まえてしまえばほぼ忘れない ⇒ 難しい数学の知識は用いない形の講座となっています（微積分はもちろん方程式すら使わない）。トレーニングを積み、四則演算さえできれば解けてしまいます。
- 力学系の問題は熟練度によりレベル分けが可能 ⇒ 力学は絶対にイヤ！と拒絶反応を示す方がいることも承知しています。そのような方は出題頻度が高く比較的簡単な分野のみチャレンジをしてみましょう。前述の「コスバ」欄で高得点を得ている分野を集中的にチャレンジしてみましょう。



0.2 各講座の役割

■ 重点対策講座の目的

- 「試験突破のためには力学系問題が鍵となる」「力学は苦手意識を持たれている方が多い」等の理由から、重点対策講座では、力学を対象に講座を進めました
- 「本番試験の問題を解く場合に必須の基礎知識」の把握を目標に実際の問題よりも難度を落とした範囲を対象としました

■ 基礎力養成講座

- 「本番試験の問題を解く場合に必須の基礎知識」の把握を目標にとにかく多くの基礎問題を解いて頂きます
- 落伍者を出さないためにも講義の一部の時間は個別対応にしたいと思います

■ 応用力養成講座

- 力学分野に関しては「実際の建築士試験問題」を中心に、本番試験に対応できる力を養います
- 一般構造・材料分野に関しては、過去問データベースを参考に出題頻度の高い項目・キーワードを中心に解説を行います

■ 実践力養成講座

- 特に出題頻度の高い問題に関し、演習問題を中心に講義を行います

■ 自宅での学習方法

- 力学の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）
- 基礎事項が欠落すると他の項目に太刀打ち出来なくなる可能性が高いのでお気をつけ下さい（問題を次回まで持ち越さないようにわからないところはすぐに質問をしてください）

0.3 日程

1) 第1日：材料力学（断面の性質・座屈）

⇒ 断面1次モーメント/断面2次モーメント/断面係数/弾性座屈荷重

2) 第2日：構造力学1（梁・ラーメンの応力）

⇒ 力のつり合い/構造物の構成/支点の種類/支点の反力/応力とは/応力の求め方

3) 第3日：構造力学2（トラス・応力度）

⇒ トラス構造物とは/生じる応力/トラスの応力算定法/応力度



【本日の目標 1】

(1) 断面の性質 構造材における「図心（解法 O1）」「断面 2 次モーメント/断面係数（解法 O2）」を求める事が出来る

- ・平成 6、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 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 18 年：曲げ強さを求めよ（断面係数を使用）
- ・平成 21 年：弾性座屈荷重の大きさを比較せよ（断面 2 次モーメントを使用）
- ・平成 26 年：たわみの大きさを比較せよ（断面 2 次モーメントを使用）
- ・平成 27 年：各断面の断面 2 次モーメントの大きさを比較せよ

(2) 座屈 ← 「弾性座屈荷重/座屈長さ（解法 O5）」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、24 年：弾性座屈荷重公式、座屈長さに関する問題

1 構造計算

■ 構造力学

- 構造物の各部材の断面形状を無視し、各部材に生じる『応力』を求める

■ 材料力学

- 構造物の断面形状にも留意し各部材内の『応力度』を求め、建築学においては構造物の変形や崩壊などの安全性を確認するための学問、応力度は応力と断面諸係数より求めることから構造力学よりも材料力学のほうが偉い

1.1 材料力学

1.1.1 断面の性質

(A) 断面諸係数

■ 断面諸係数の必要性

- 応力度を求める際に応力と断面諸係数を用いる、部材の変形（たわみ・曲げ・座屈）を求める際に用いる

■ 主要な断面諸係数

- 断面 1 次モーメント (S): 図心を求める際に用いる
- 断面 2 次モーメント (I): 座屈・たわみ等の部材の変形を求める際に用いる
- 断面係数 (Z): 部材の曲げ変形に関する項目を求める際に用いる

■ 断面諸係数を求める際の最重要事項！

- 変化等の対象とする軸に着目！複雑な断面形状の場合には矩形に分割！

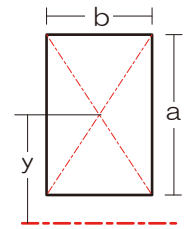


(a) 断面 1 次モーメント

■ 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、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」とも定義される（力学においては…）

□ $S = A \times y$ 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



$$S = (a \times b) \times y$$

- 逆に…対象軸から図心までの距離を求めたかったら

□ $y = \frac{S}{A}$ ⇒ 断面全体の断面 1 次モーメントを求めて断面積で割れば良い、って意味ですね

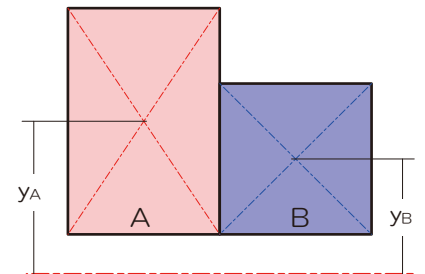
■ 複雑断面の断面 1 次モーメント

- 矩形（単純な長方形）に分割後に合算（ただし、共通の軸に関する断面 1 次モーメントのみ合算可能）

全体の断面 1 次モーメントは、A パートと B パートの断面 1 次モーメントを合算

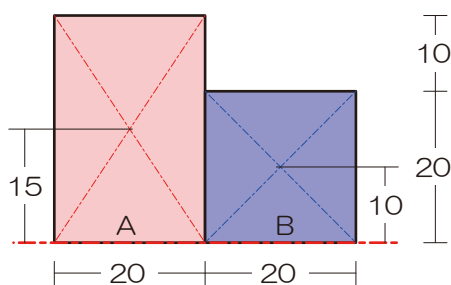
$$S_{All} = S_A + S_B$$

$$S_{All} = A_A \times y_A + A_B \times y_B$$



最終的に図心の位置を求めるためには、上記全体の断面 1 次モーメントを全断面積で除す

- 以下の断面における図心の位置を底部からの距離で求めてみましょう



- 4) 断面 1 次モーメントの合計を全断面積で除す

断面全体の面積を求める

図心の位置を求める

- 1) 軸を確認（今回は底部）
- 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

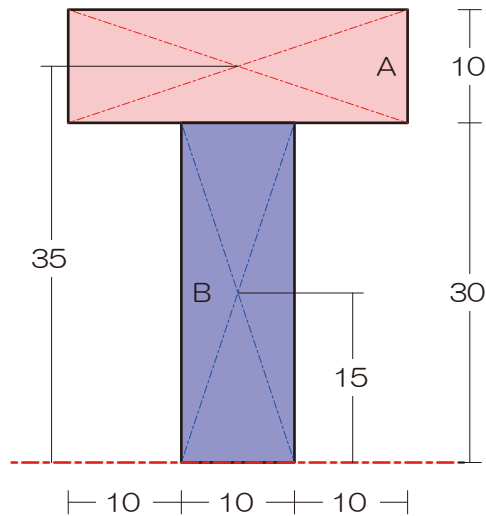
⇒ 合算可能なのは軸が同一の場合のみね！

解答：13（底部より）



『解法 01』中立軸（図心、断面 1 次モーメント）

以下の断面の以下の断面の図心の位置を求めよ。なお、底部からの距離で示せ。



全体の断面 1 次モーメントを求める

$$S_{All} = S_A + S_B$$

$$S_{All} = (10 \times 30) \times 35 + (30 \times 10) \times 15$$

『解法手順 01』中立軸（図心、断面 1 次モーメント）

- 1) 軸を確認
- 2) 矩形（長方形）に分割（お好きに…）
- 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

全体の断面積を求める

$$A_{All} = A_A + A_B$$

$$A_{All} = (10 \times 30) + (30 \times 10)$$

図心の位置を求める

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

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

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

$$y = 25$$

解答：25（底部より）

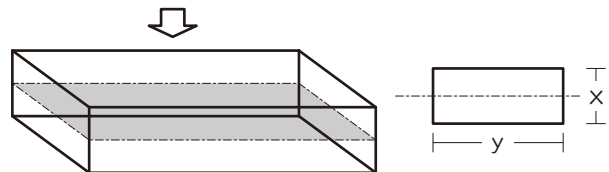
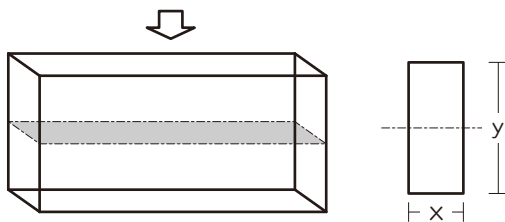
【ポイント】

- ✓ 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

(b) 断面 2 次モーメント

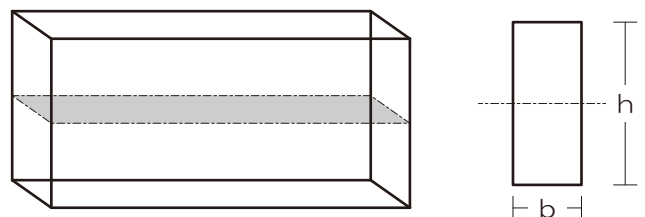
■ 断面 2 次モーメントとは

- 部材の変形（たわみ・座屈）のし難さを表す、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」難しいですね）



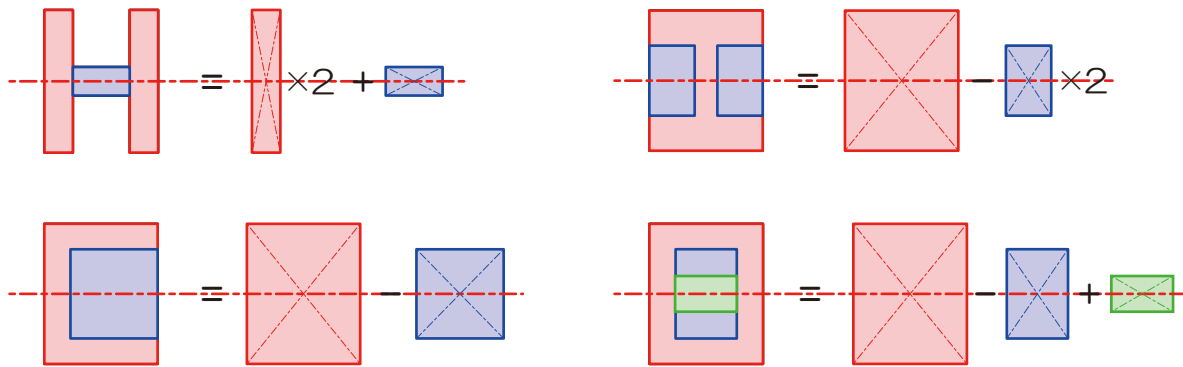
- 図心の位置の断面 2 次モーメント

□ $I = \frac{bh^3}{12}$ I …断面 2 次モーメント、 b …幅、
 h …せい（たわむ面、対象となる軸が交差する方向）

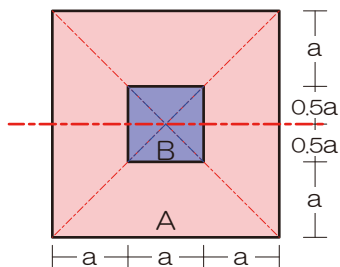


■ 複雑断面の断面 2 次モーメント

- 矩形（単純な長方形）に分割後に合算（ただし、分割した各矩形の図心の位置が元の断面の図心位置と綺麗に並ぶように）



□ 以下の断面の一点鎖線で示した軸に関する断面 2 次モーメントを求めてみましょう



- 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

$$I = I_A - I_B$$

$$I = \frac{3a \times 3a \times 3a \times 3a}{12} - \frac{a \times a \times a \times a}{12}$$

$$I = \frac{81a^4}{12} - \frac{a^4}{12}$$

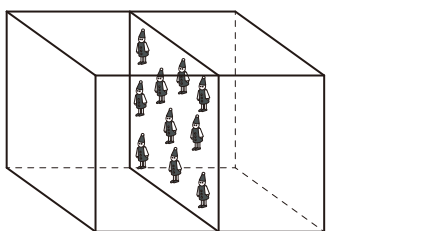
$$I = \frac{20a^4}{3}$$

(c) 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（ 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



- 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
- 断面係数（ Z ）（縁部分）

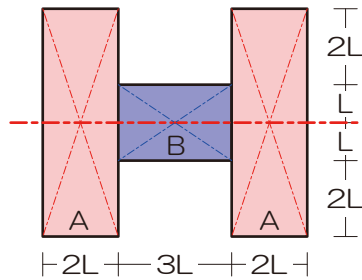
□ $Z = \frac{I}{h/2}$ I …断面 2 次モーメント、 h …せい、

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



『解法 O2』 断面 2 次モーメント/断面係数

以下の断面の一点鎖線で示した軸に関する断面 2 次モーメント、および底部の断面係数を求めよ



『解法手順 O2』 断面 2 次モーメント

- 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

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

$$I = \frac{2L \times 6L \times 6L \times 6L}{12} \times 2 + \frac{3L \times 2L \times 2L \times 2L}{12}$$

$$I = 72L^4 + 2L^4$$

$$I = 74L^4$$

『解法手順 O2』 断面係数

- 1) 軸チェック
- 2) まずは断面 2 次モーメントを求める
- 3) 図心から求める位置までのキヨリで I を除す

$$Z = \frac{I}{3L}$$

$$Z = \frac{74L^4}{3L}$$

$$Z = \frac{74}{3}L^3$$

解答: $I = 74L^4$ 、 $Z = (74L^3) / 3$

[ポイント]

- ✓ 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

【CAUTION】 接合されていない複数材から構成される断面の断面係数 (教科書 P21、No.11、H18)

- ✓ 接合されていない場合部材の曲げ強度は、各部材の図心位置での変形に依存することからも、単純に各部材の断面係数を算定し (図心位置での変形として)、合算すれば全体の断面係数となります

(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 ← 非常にレ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



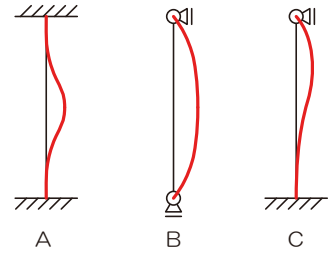
1.1.2 応力とひずみ

※ 「応力」の確認が終わっていない現状では、「応力度」の解説は不可であるので、重点対策講座 3 日目にスライドします

1.1.3 座屈

■ 座屈とは

- 部材が非常に大きな圧縮力を受けた際に、ぐにゃりと折れ曲がる現象、主に柱で生じる



■ 座屈のし難さ

- 材質：コンクリートの柱のほうがゴムの柱よりも座屈しにくい ⇒ ヤング係数
- 支持条件：がっちり部材を抑えれば座屈しにくい（固定支点の方がピン支点よりも座屈し難い） ⇒ 座屈長さ係数
- 材長：短い柱のほうが座屈しにくい ⇒ 材長
- 断面形状：太い部材のほうが座屈しにくい ⇒ 断面 2 次モーメント

(A) 弾性座屈荷重

■ 弾性座屈荷重とは

- 座屈が生じ始める荷重、これ以上の荷重がかかるとアウト、弾性座屈荷重が大きい部材ほど座屈し難い（強い）

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

(B) 弾性座屈応力度

(C) 座屈長さ

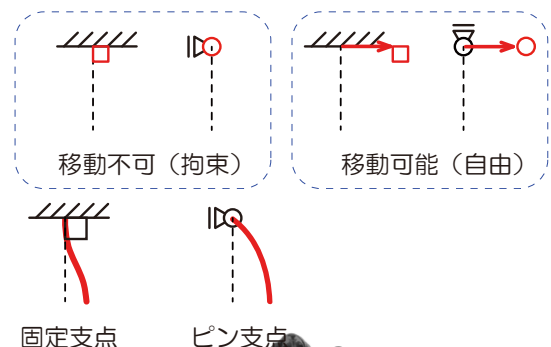
■ 座屈長さ (l_k)

- 支持条件と材長より求める

$$\square \quad l_k = \alpha \times l \quad \alpha \cdots \text{座屈長さ係数、} l \cdots \text{材長}$$

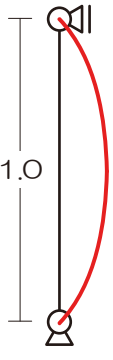
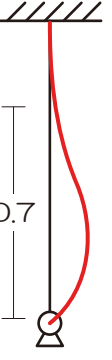
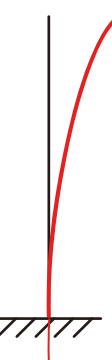
■ 座屈長さ係数の判別方法

- 支持条件により決定、実際に図示して確認、チェック項目は以下の 2 つ
- 上端移動：水平方向に移動できるか？できないか？
 - ⇒ 移動できない場合：文中に「拘束」図中に「横三角」
 - ⇒ 移動できるならちょいズラしてあげましょう
- 支点種類：支点の種類は固定？ピン？
 - ⇒ 固定ならば支点では曲がりません
 - ⇒ ピンの場合は支点から曲がります

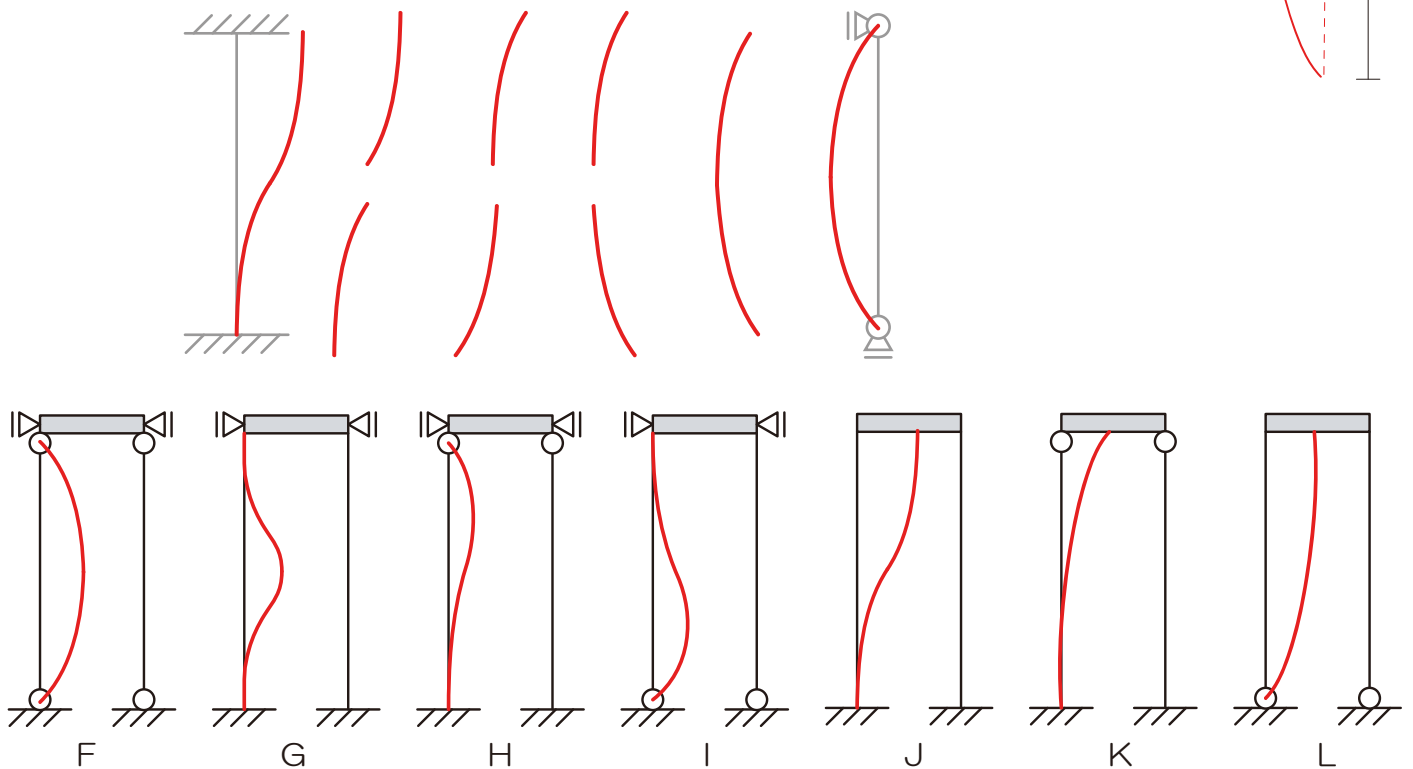


■ 座屈長さ係数

➤ 0.5/0.7/1.0/2.0 の4種のみ、実際に座屈する様子を図示して確認しましょう

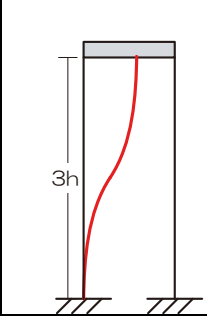
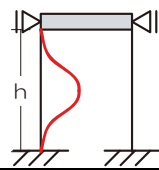
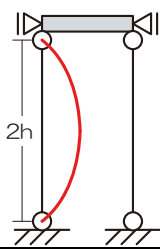
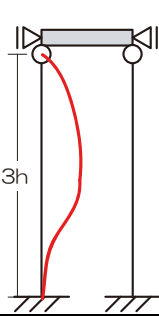
上端移動	拘束				自由	
支持種類（上端）	ピン	固定	ピン	固定	固定	自由
支持種類（下端）	ピン	固定	固定	ピン	固定	固定
座屈形状						
座屈長さ係数	1.0	0.5	0.7	0.7	1.0	2.0

➤ なぜ右から二番目は 1.0 なの？ ⇒ 実は左端と同じだから…



■ 座屈長さ算定

□ 以下の各柱の座屈長さを求めてみましょう

				
座屈長さ係数	1.0	0.5	1.0	0.7
座屈長さ	$1.0 \times 3h = 3h$	$0.5 \times h = 0.5h$	$1.0 \times 2h = 2h$	$0.7 \times 3h = 2.1h$

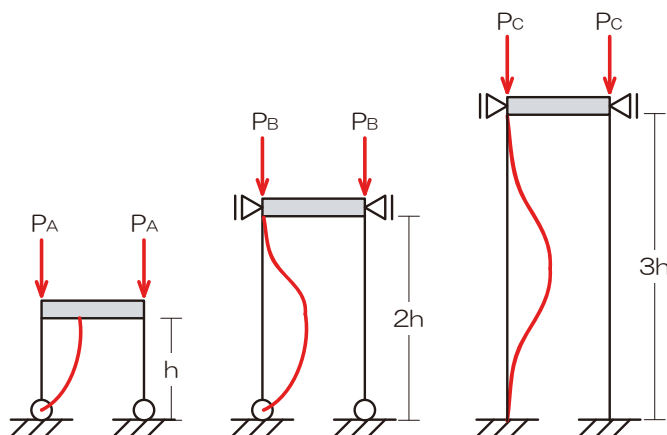
■ 弾性座屈荷重と座屈長さ

- 等質等断面な柱の弾性座屈荷重を比較する場合には、ヤング係数と断面 2 次モーメントが等しいことから、座屈長さの逆数の比較となる（座屈長さが大きいほど弾性座屈荷重が小さい、要は順番が逆になるってことね）

『解法 05』 座屈

以下の構造物 A、B、C の弾性座屈荷重の大きさを比較せよ（ただしすべての柱は等質等断面であるものとする）

『解法手順 05』 座屈



- 1) 上端の移動をチェック
- 2) 支点の形状をチェック
- 3) 上記 2 点より座屈の状況を図示
- 4) 座屈の状況より座屈長さを算定
- 5) 弾性座屈荷重の大きさを比較

各柱の座屈長さを求める

$$l_{kA} = 2.0 \times h = 2h$$

$$l_{kB} = 0.7 \times 2h = 1.4h$$

$$l_{kC} = 0.5 \times 3h = 1.5h$$

座屈長さの大小は $l_{kB} < l_{kC} < l_{kA}$

ゆえに $P_B > P_C > P_A$

$$P_B > P_C > P_A$$

【ポイント】

- ✓ 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

【CAUTION】オイラーの座屈荷重の公式はあくまで目安！（教科書 P18、No.7、H19）

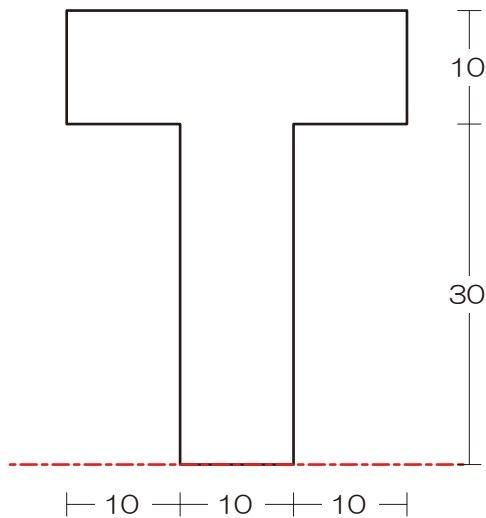
- ✓ 座屈の発生状況を予測する場合には、実は柱に付随する（剛接合している）部材の「強さ」の把握も必要です
- ✓ 弾性座屈荷重の値が同じでも、「強い」部材に剛接合していれば、座屈は生じにくくなります



【要点チェック】

『解法 01』 中立軸（図心、断面 1 次モーメント）

以下の断面の以下の断面の図心の位置を求めよ。なお、底部からの距離で示せ。



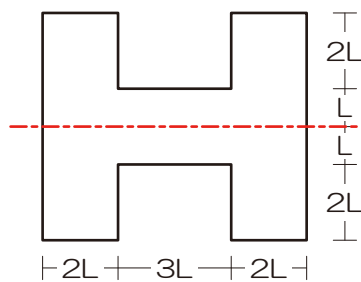
『解法 01』 図心（断面 1 次モーメント）

- 1) 軸を確認
- 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
⇒ 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

解答：25（底部より）

『解法 02』 断面 2 次モーメント/断面係数

以下の断面の一点鎖線で示した軸に関する断面 2 次モーメント、および底部の断面係数を求めよ



『解法 02』 断面 2 次モーメント

- 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

『解法 02』 断面係数

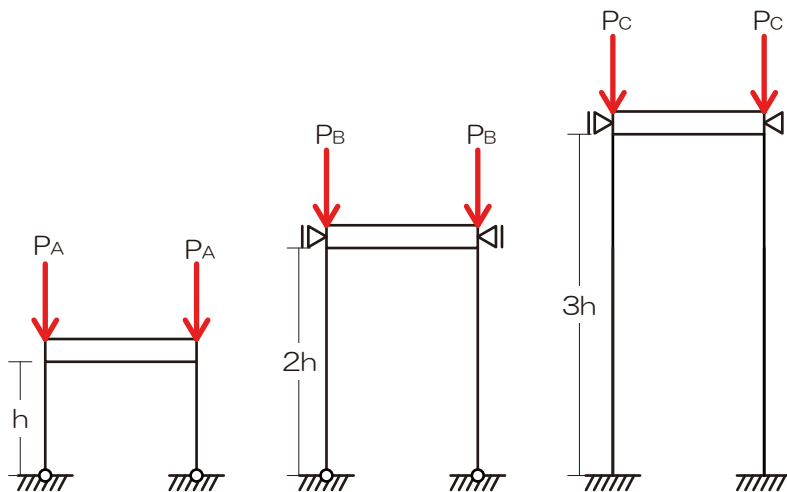
- 1) 軸チェック
- 1) まずは断面 2 次モーメントを求める
- 2) 図心から求める位置までのキョリで I を除す

解答： $I = 74L^4$ 、 $Z = (74L^3) / 3$



『解法 05』 座屈

以下の構造物 A、B、C の弾性座屈荷重の大きさを比較せよ（ただしすべての柱は等質等断面であるものとする）



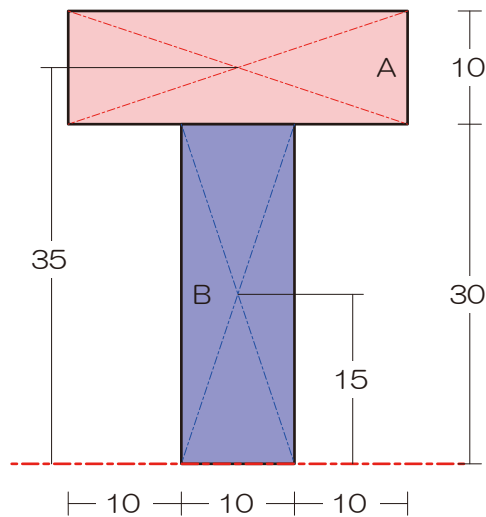
『解法 05』 座屈

- 1) 上端の移動をチェック
- 2) 支点の形状をチェック
- 3) 上記 2 点より座屈の状況を図示
- 4) 座屈の状況より座屈長さを算定
- 5) 弾性座屈荷重の大きさを比較

$$P_B > P_C > P_A$$

《解答》

『解法 01』 図心（断面 1 次モーメント）



- 3) 断面全体の断面 1 次モーメントを求める

⇒ 合算可能なのは軸が同一の場合のみね！

$$S_{All} = S_A + S_B$$

$$S_{All} = (10 \times 30) \times 35 + (30 \times 10) \times 15$$

- 4) 上記断面 1 次モーメントの合計を全断面積で除す

全体の断面積を求める

$$A_{All} = A_A + A_B$$

$$A_{All} = (10 \times 30) + (30 \times 10)$$

図心の位置を求める

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

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

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

$$y = 25$$

『解法手順 01』 図心（断面 1 次モーメント）

- 1) 軸を確認

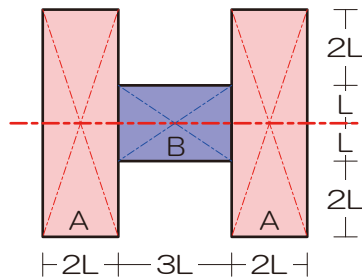
⇒ 底部

- 2) 矩形（長方形）に分割（お好きに…）

⇒ 上図



『解法 02』 断面 2 次モーメント/断面係数



『解法手順 02』 断面 2 次モーメント

1) 軸チェック

⇒ 一点鎖線

2) 図心が等しくなるように断面を分割

⇒ 上図

3) 各断面の断面 2 次モーメントを求め足し引き

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

$$I = \frac{2L \times 6L \times 6L \times 6L}{12} \times 2 + \frac{3L \times 2L \times 2L \times 2L}{12}$$

$$I = 72L^4 + 2L^4$$

$$I = 74L^4$$

『解法手順 02』 断面係数

1) 軸チェック

⇒ 底部

2) まずは断面 2 次モーメントを求める

⇒ 左の計算

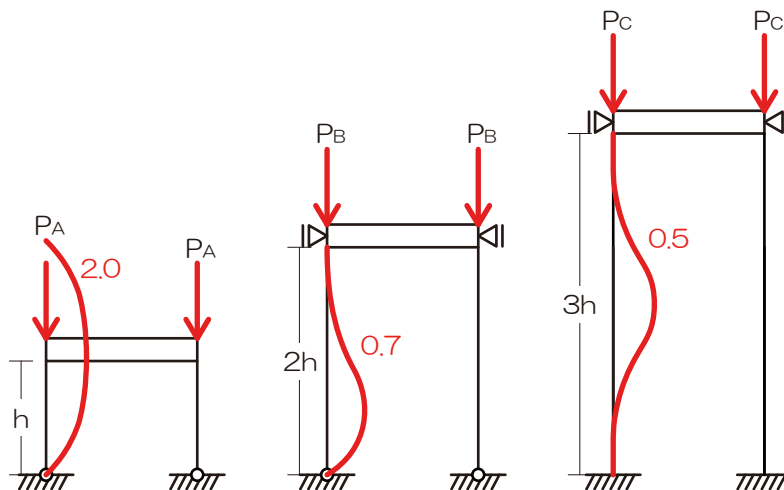
3) 図心から求める位置までのキョリで I を除す

$$Z = \frac{I}{3L}$$

$$Z = \frac{74L^4}{3L}$$

$$Z = \frac{74}{3}L^3$$

『解法 05』 座屈



『解法手順 05』 座屈

1) 上端の移動をチェック

2) 支点の形状をチェック

3) 上記 2 点より座屈の状況を図示

⇒ 左図

4) 座屈の状況より座屈長さを算定

$$l_{kA} = 2.0 \times h = 2h$$

$$l_{kB} = 0.7 \times 2h = 1.4h$$

$$l_{kC} = 0.5 \times 3h = 1.5h$$

5) 弾性座屈荷重の大きさを比較

座屈長さの大小は $l_{kB} < l_{kC} < l_{kA}$

ゆえに $P_B > P_C > P_A$



