

【本日の目標 3】

- (1) 静定ラーメンの応力 ← 「モーメント」「支点の反力」「応力」を求める事が出来る（復習）
- (2) 静定トラスの応力 ← 「応力」を求める事が出来る
- ・平成 10～14、17～24 年：部材に生じる軸方向力を求めよ
 - ・平成 15 年：部材に生じる軸方向力を求めよ（改問です）
 - ・平成 16 年：部材に生じる水平方向変位を求めよ（改問です）
- (3) 応力度 ← 「垂直応力度」「曲げ応力度」「せん断応力度」を求める事が出来る
- ・平成 3 年：垂直応力度分布を求めよ
 - ・平成 8 年：せん断応力度を求めよ
 - ・平成 14 年：引張応力度の最大値と圧縮応力度の最大値を求めよ
 - ・平成 17 年：構造材底部の垂直応力度を求めよ
 - ・平成 21 年：垂直応力度分布より曲げモーメントを求めよ。

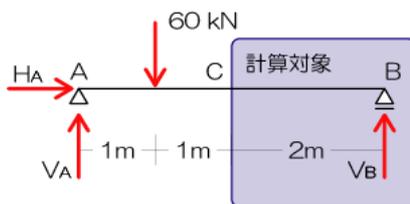
1.2.3 静定構造物の応力：P32

➤ 応力とは

- ・ 応力：部材に力がかかった際に部材内に生じる抵抗力
- ・ 種類：軸方向力(N)・せん断(Q)・曲げモーメント(M)の三種類
- ・ 応力のポイント：任意の点の応力は「必ず」その両側の力による応力が釣合う*1

*1 応力を求める点で部材を切断し片側のみの力を対象とし計算

《演習問題 13》以下の C 点における各応力を求めよ



（解法手順）

- 1) 生じる可能性のある反力を図示
- 2) 応力を求めたい点で構造体を切断！
- 3) 計算対象を決定（計算対象とならなかった力は応力算定時には完全シカトすること！）
- 4) もし、未知力が入っていたら、ここでようやく未知力（通常は反力だね）を求める 図は 1)に戻るよ！
- 5) せん断力は軸に対して鉛直な全ての力が対象、軸方向力は軸に平行な力の全て、曲げモーメントはとにかく計算対象側全部の力

切断、計算対象は右 ⇒ 反力 V_B を求める

$$M_A = +60 \times 1 - V_B \times 4 = 0$$

$$V_B = 15$$

$$N_C = 0 \text{ kN}、Q_C = 15 \text{ kN}、M_C = 30 \text{ kNm}$$

『ポイント』

- 応力算定では、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

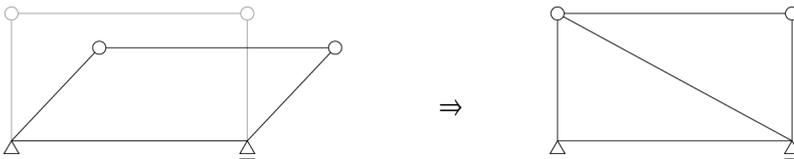
1.2.4 静定トラス：P36

1) トラスの構造

大架構（大スパン）を考えた場合に最も怖いのは「曲げモーメント」 ⇒ 曲げモーメントが生じない架構は無いかな
⇒ ピンで接合すれば曲げモーメント生じないのでは…？



ただし、ピンで接合すると自立できない… ⇒ そこで、斜めの材を追加して…三角形で構成される構造物の出来上がり♪



2) トラス部材に生ずる力

節点・支点の全てがヒンジ（ピン系）なので、曲げモーメントが生じない
⇒ 部材に曲げモーメントが生じない場合にはせん断力も生じない（部材途中に荷重が無い場合）
⇒ トラス構造において部材に生じる応力は「軸方向力」のみ

3) トラス部材に生ずる力の求め方

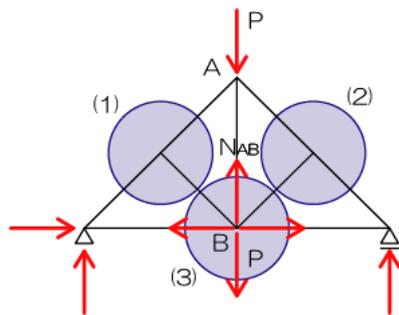
1) 切断法、2) 節点法、3) クレモナ図解法の3種類がメジャー、1) 切断法がオススメ

4) トラス部材に生ずる力の性質

直線+1の法則：+1部材の軸方向力は0になります

5) 節点法で部材に生ずる力を求める

《演習問題 17》 AB 材の応力を求めよ



（解法手順）

- 1) 反力を図示
- 2) 軸力0の点をチェック（直線+1の法則）
- 3) 未知の軸力が少なそうなところを…
- 4) 上記点の力のつりあい（たて=0、横=0）
- 5) 順番に点を移動

B点より斜めに伸びる部材は直線+1の法則より軸方向力は0（(1)(2)の節点）

B節目に注目し、節点法を用いると…

$$N_{AB} = P$$

$$N_{AB} = P$$

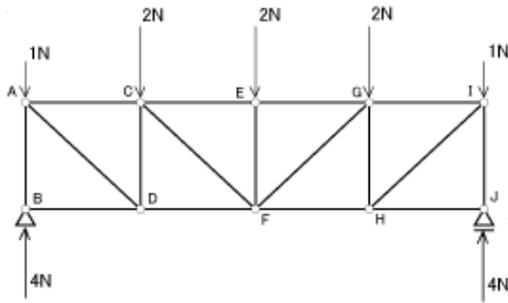
『ポイント』

- 「直線+1の法則（軸力=0）」は超使えます

6) 切断法で部材に生ずる力を求める

《解法の手順》 以下の各部材の応力を切断法にて求めよ

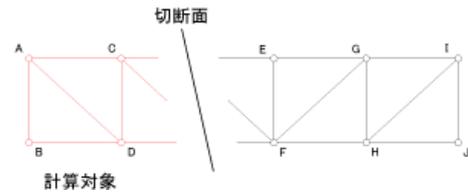
1) 反力を図示 (片持ちトラスの場合は求める必要が無い場合もあり)



←線対称だから暗算でOK

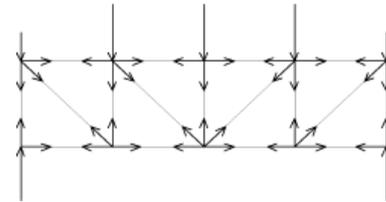
2) 切断面を決定→計算対象を決定

- ・ 切断断面：部材 3 本を切断する面とすること
- ・ 計算対象：力の少ない方が良 (今回は左側計算対象)

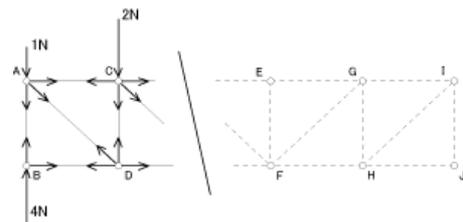


3) 部材内の応力 (軸方向力) を仮定

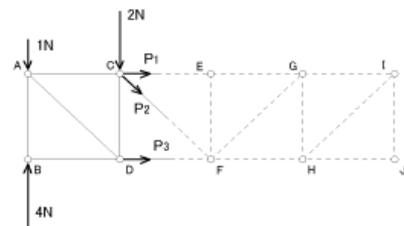
- ・ 通常は以下の図のように各部材内に応力が生じています



- ・ 今回は左側のみを対象としたので・・・

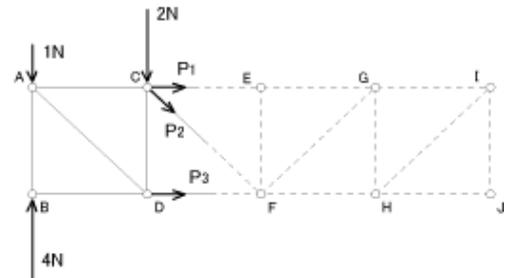


- ・ また同軸中の応力は互いに打ち消しあうので、結局は切断された部材のみに生じる可能性のある応力を図示します
- ・ (「節点から」ベクトルを図示する事!!!)



4) 力の釣合より未知の応力を算定

- ・ 力の釣合式： $\Sigma X = 0$ 、 $\Sigma Y = 0$ 、 $\Sigma M_x = 0$ を使用
- ・ 最も多く使われるのは $\Sigma M_x = 0$
- ・ ↑ 任意の点の決定は上記未知の応力 2 本が交わる点 (選択されていいない方の部材上の点でも OK) とする



結局言いたいことは・・・

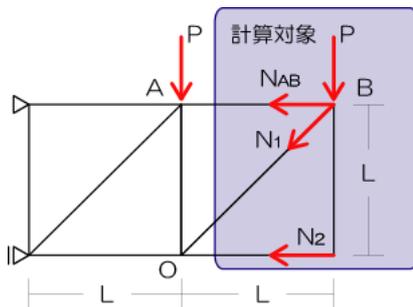
部材に生じる応力の図示さえ間違わなければ、トラスは簡単に解ける！

留意点 1：必ず部材 3 本で構造体を切断

留意点 2：切られた部材に生じる応力を図示（必ず計算対象側の節点・支点から）

留意点 3：部材に生じる応力の図示ができれば、後は力の釣り合い（未知力 3 の法則）

《演習問題 18》 AB 材の応力を求めよ



（解法手順）

1) 反力を図示

2) 切断面^{*1} を決定→計算対象を決定

^{*1} 部材 3 本を切断するように

3) 部材内の応力（軸方向力）を仮定^{*2}

^{*2} 切断された部材に生じる 3 つの応力、必ず計算対象側の節点からベクトル表記

4) 力のつりあい（つりあい三式）で未知の応力を算定

縦に真っ二つ

斜めの材と下の横架材の交点（O 点）に注目

$$M_O = +P \times L - N_{AB} \times L = 0$$

$$N_{AB} = P$$

P

『ポイント』

3 本切ってください

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！！

1.1.2 応力とひずみ：P5

(A) 応力度：P5

応力とは：

(a) 垂直応力度：P6

- 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（断面の端っこに力がかかろうが全断面で等しい値を分担します）
- 垂直応力度（ σ_N ）

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

(b) 曲げ応力度：P6

- 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 1：断面位置により値が変化…
- 注意 2：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 3：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…
- 注意 4：建築士における応力度の問題のほとんどは曲げ応力度が絡みます…
- 最大曲げ応力度・縁曲げ応力度 (σ_M) ← 建築士試験では殆どコッチ

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

(c) せん断応力度：P6

- 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…
- 注意 1：断面位置により値が変化、中心が最大
- 注意 2：他の応力度との合算は不可
- せん断応力度 (τ)

□ $\tau = \frac{Q}{A}$ τ …せん断応力度、 Q …せん断力、 A …断面積

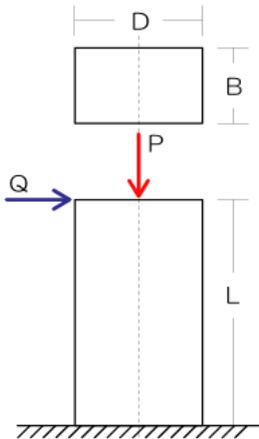
- 最大せん断応力度 (τ)

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

※ 垂直応力度の求め方

『重要事項!』 垂直応力度と曲げ応力度は合算可能! (両者ともに圧縮・引張の応力度だから…)

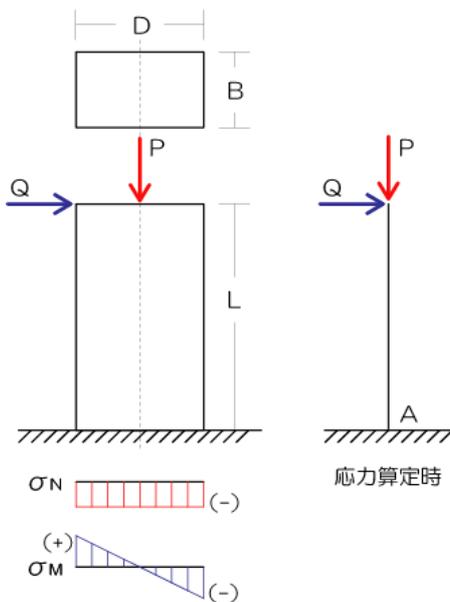
《解法の手順》 以下の構造体の底部における垂直応力度の分布を求めよ。



《演習問題 19》 底部の左右両端の垂直応力度を求めよ

(解法手順)

- 1) 軸方向力による垂直応力度を求める
- 2) 曲げモーメントによる曲げ応力度(垂直応力度)を求める
- 3) 両者を合算(符号に留意)



底部(A点)の軸方向力と曲げモーメントを求める(応力算定時には部材断面を無視する)

$$N_A = -P, M_A = QL$$

軸方向力による垂直応力度を求める

$$\sigma_N = -\frac{P}{BD}$$

曲げモーメントによる曲げ応力度を求める

$$\sigma_M = \frac{M}{Z} = \frac{QL}{1} \times \frac{6}{BD^2}$$

$$\text{左端: } -\frac{P}{BD} + \frac{6QL}{BD^2}, \text{ 右端: } -\frac{P}{BD} - \frac{6QL}{BD^2}$$

『ポイント』

- 曲げ応力度は材料内部で圧縮・引張に変換される
- 垂直応力度=軸方向力による垂直応力度±曲げ応力度による垂直応力なんて面倒な事が生じる…

【これまでのまとめ】

(1) 断面の性質 ⇒ 「図心の位置」「断面 2 次モーメント」「断面係数」を求める事が出来る

『ポイント』 断面の性質全般

- とにかく軸に注目、対象となる軸を赤ペンチェック！
- 複雑な断面は矩形（長方形）に分割して考える（断面係数以外は）

『ポイント』 図心《演習問題 1》サブテキ P3

- 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！

『ポイント』 断面 2 次モーメント《演習問題 2》サブテキ P4

- 断面 2 次モーメントの公式：対象となる軸が交わっている方を 3 乗です
- 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）

『ポイント』 断面係数《演習問題 3》サブテキ P5

- 複雑な断面における断面係数は、まずは断面 2 次モーメントを求めてから！分割合算不可

《当該問題@教科書》

- ・ P21 No.11 (H18)：曲げ強さ（断面係数の勝負です…）を求めよ ※C の部材はちょっと特殊
- ・ P22 No.12 (H20)：断面 2 次モーメントの大きさを比較せよ

《当該問題@問題集》

- ・ P326 問題 08 (H20)：断面 2 次モーメントの大きさを比較せよ（上記 P22 No.12 と同じ）
- ・ P326 問題 07 (H19)：断面 2 次モーメントを求めよ
- ・ P326 問題 06 (H18)：曲げ強さ（断面係数の勝負です…）を求めよ（上記 P21 No.11 と同じ）

(2) 座屈 ⇒ 「弾性座屈荷重」「座屈長さ」を求める事が出来る

『ポイント』 座屈長さ

- 座屈の状況を図示（上端の移動・支点の形式をチェック）

『ポイント』 弾性座屈荷重《演習問題 4》サブテキ P7

- 公式必須！弾性座屈荷重は、座屈長さの 2 乗に反比例するので注意

《当該問題@教科書》

- ・ P18 No.07 (H19)：座屈荷重の大きさを比較せよ ※ちょっと特殊な問題…、本講座にて
- ・ P19 No.08 (H22)：弾性座屈荷重に関する記述問題
- ・ P19 No.09 (H24)：弾性座屈荷重に関する記述問題
- ・ P20 No.10 (H21)：座屈荷重の大きさを比較せよ

《当該問題@問題集》

- ・ P349 問題 12 (H24) : 弾性座屈荷重に関する記述問題 (前記 P19 No.09 と同じ)
- ・ P350 問題 10 (H22) : 弾性座屈荷重に関する記述問題 (前記 P19 No.08 と同じ)
- ・ P350 問題 09 (H21) : 座屈荷重の大きさを比較せよ (前記 P20 No.10 と同じ)
- ・ P351 問題 07 (H19) : 座屈荷重の大きさを比較せよ ※ちょっと特殊な問題 (前記 P18 No.07 と同じ)
- ・ P352 問題 06 (H18) : 座屈荷重の大きさを比較せよ

(3) 力とモーメント ⇒ 「集中荷重と分布荷重」「モーメント」「モーメント荷重」「偶力」「斜めの荷重の分解」

『ポイント』 分布荷重 《演習問題 5》サブテキ P9

- 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）

『ポイント』 モーメント 《演習問題 6》サブテキ P10

- モーメント＝力×距離、距離は力の作用線からモーメントを求める点までの垂線
- 複数の荷重があった場合には、それぞれの荷重によるモーメントを個別に求め、合算する

『ポイント』 モーメント荷重 《演習問題 7》サブテキ P10

- 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

『ポイント』 偶力によるモーメント 《演習問題 8》サブテキ P11

- 一対の偶力が生じている場合、全ての点においてモーメントの値は等しくなります

『ポイント』 斜めの荷重 《演習問題 9》サブテキ P12

- 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

《当該問題@教科書》

- ・ 過去問に無し！ただし構造力学における多くの問題の必須事項

(4) 力の釣り合い ⇒ 「力の釣り合い」により未知力の算定ができる

『ポイント』 力の釣り合い 《演習問題 10》サブテキ P13

- 釣り合い 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 $\sum M_0 = 0$
- 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…

《当該問題@教科書》

- ・ 過去問に無し！ただし反力算定・応力算定・トラスなどなど多数の分野で用いる最重要項目！！

(5) 支点と節点 ⇒ 「力の釣合い」の概念を理解し「支点の反力」を求める事が出来る

『ポイント』 反力算定《演習問題 11・12》サブテキ P15

□ まずは反力を図示しましょう ⇒ その後、つりあい三式を用いて未知の反力を求めましょう

《当該問題@教科書》

- ・ P43 No.01 (H24) : 反力を求めよ
- ・ P43 No.02 は反力算定となっていますが、不静定構造物の反力なので未だ求められません

《当該問題@問題集》

- ・ P331 問題 12 (H24) : 反力が生じない場合の荷重条件
- ・ P331 問題 12 (H24) : 3 ヒンジラーメンの反力

(6) 静定構造物の応力 ⇒ 任意の点の「応力」を求める事が出来る

『ポイント』 応力算定《演習問題 13・14・15・16》サブテキ P18-20

□ 【応力】算定では、応力を求める位置で【切断】 ⇒ 【選択】し片側の力のみを計算対象

□ 3 ヒンジラーメンの中では、ピン節点で曲げモーメントが 0 になることを用いて各計算を行いましょ

《当該問題@教科書》 (3 ヒンジラーメンは解けたら良いな…程度の感じで)

- ・ P47 No.06 (H21) : 曲げモーメントを求めよ (3 ヒンジラーメン)
- ・ P48 No.07 (H22) : 曲げモーメントを求めよ (3 ヒンジラーメン)

《当該問題@問題集》

- ・ P334 問題 10 (H22) : 曲げモーメントを求めよ (3 ヒンジラーメン、上記 P48 No.07 と同じ)
- ・ P334 問題 09 (H21) : 曲げモーメントを求めよ (3 ヒンジラーメン、上記 P47 No.06 と同じ)
- ・ P335 問題 08 (H20) : 曲げモーメントを求めよ
- ・ P336 問題 07 (H20) : 曲げモーメントを求めよ
- ・ P337 問題 06 (H19) : せん断力が生じない点を求めよ

以下は応力の問題ですが (@教科書)、現状 (基礎講座の範囲) では解くことはできません (詳しくは本講座にて!)

- ・ P45 No.04 (H22) : 正しい曲げモーメント図はどれか ※ 『不静定構造物』の曲げモーメント図
- ・ P46 No.05 (H19) : 正しい曲げモーメント図はどれか ※ 『不静定構造物』の曲げモーメント図
- ・ P51 No.11 (H23) : 引張張力を求めよ ※ 『合成ラーメン』
- ・ P52 No.11 (H24) : 引張張力を求めよ ※ 『合成ラーメン』

(7) 静定トラスの応力 ⇒ 任意の部材の「応力」を求める事が出来る

『ポイント』 トラスの応力 (節点法)《演習問題 17》サブテキ P22

□ 「直線+1 の法則 (軸力=0)」は超使えます

『ポイント』 トラスの応力 (切断法)《演習問題 18》サブテキ P24

□ 3 本切ってください

□ 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!!

《当該問題@教科書》

- ・ P52 No.13 (H23) : 軸方向力を求めよ
- ・ P53 No.14 (H24) : 軸方向力を求めよ
- ・ P54 No.15 (H20) : 軸方向力を求めよ
- ・ P55 No.16 (H19) : 軸方向力を求めよ
- ・ P56 No.17 (H17) : 軸方向力を求めよ

《当該問題@問題集》

- ・ P332 問題 12 (H24) : 軸方向力を求めよ (上記 P53 No.14 と同じ)
- ・ P332 問題 11 (H23) : 軸方向力を求めよ (上記 P52 No.13 と同じ)
- ・ P336 問題 08 (H20) : 軸方向力を求めよ (上記 P54 No.15 と同じ)
- ・ P337 問題 07 (H19) : 軸方向力を求めよ (上記 P55 No.16 と同じ)
- ・ P338 問題 06 (H18) : 軸方向力を求めよ

以下はトラスの問題ですが (@教科書)、現状 (基礎講座の範囲) では解くことはできません (詳しくは本講座にて!)

- ・ P60 No.23 (H16) : 水平方向変位を求めよ ※『ひずみ』
- ・ P62 No.25 (H21) : 水平方向変位を求めよ ※『ひずみ』

(8) 応力度 ⇒ 「垂直応力度」「曲げ応力度」「せん断応力度」を求める事が出来る

『ポイント』 垂直応力度《演習問題 19》サブテキ P26

- 曲げ応力度は材料内部で圧縮・引張に変換される
- 垂直応力度=軸方向力による垂直応力度±曲げ応力度による垂直応力なんて面倒な事が生じる…

《当該問題@教科書》

- ・ P17 No.06 (H17) : 垂直応力度の分布図より荷重の比を求めよ
- ・ P16 No.05 (H14) : 垂直応力度を求めよ ※最難関…本講座にて解説するのであまり触れないように…

《当該問題@問題集》

- ・ P332 問題 12 (H24) : 軸方向力を求めよ (上記 P53 No.14 と同じ)

以下は応力度の問題ですが (@教科書)、現状 (基礎講座の範囲) では解くことはできません (詳しくは本講座にて!)

- ・ P15 No.04 (H12) : 曲げ応力度の比を求めよ ※『水平荷重分配』



【教科書の例題と現状】（当該項目はサブテキ P1 「過去問の傾向」の項目に合わせています）

頁/No.	解ける？	当該項目	頁/No.	解ける？	当該項目
P13 No.01	×	振動	P43 No.01	△	3 ヒンジラーメン
P13 No.02	×	振動	P43 No.02	×	反力（不静定）
P14 No.03	×	振動	P44 No.03	○	反力
P15 No.04	×	頂部水平変位	P45 No.04	×	応力図
P16 No.05	△	応力度	P46 No.05	×	応力図
P17 No.06	○	応力度	P47 No.06	△	3 ヒンジラーメン
P18 No.07	△	座屈	P48 No.07	△	3 ヒンジラーメン
P19 No.08	○	座屈	P48 No.08	×	たわみ
P19 No.09	○	座屈	P49 No.09	×	たわみ
P20 No.10	○	座屈	P50 No.10	×	判別
P21 No.11	○	断面係数	P51 No.11	×	合成ラーメン
P22 No.12	○	断面2次M	P52 No.12	×	合成ラーメン
			P52 No.13	○	トラス
			P53 No.14	○	トラス
			P54 No.15	○	トラス
			P55 No.16	○	トラス
			P56 No.17	○	トラス
			P56 No.18	×	水平荷重分配
			P57 No.19	×	不静定の応力
			P58 No.20	×	層間変形
			P59 No.21	×	水平荷重分配
			P60 No.22	×	たわみ
			P60 No.23	△	トラス+ひずみ
			P61 No.24	×	たわみ
			P62 No.25	△	トラス+ひずみ

※ 現状（基礎講座）まだ勉強をしていない範囲の問題には手をつける必要は無いと思います

以上！ 基礎講座はココまで