

【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)
- ・パターン 1: 支点の反力を求める場合 釣り合い三式を用いましょう
 - ・パターン 2: 任意の点の応力を求める場合 応力を求めたい点で部材を切断! 計算対象を決定!
 - ・パターン 3: 応力図を求める場合 ラーメンの M 図は 接合部内々外々、 ローラー柱 $M = 0$ 、 支点上 $M = 0$
- (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 ~ 22 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。

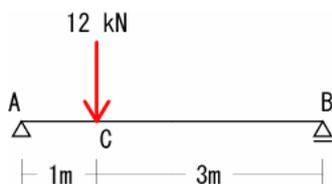
1.2.3 静定構造物の応力: P 32

➤ 応力とは

- ・ 応力: 部材に力が加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
- ・ 応力が変化する点: 荷重のかかっている点・支点・節点・自由端

『重要事項!』 応力を求めたい点で構造体を切断! そして計算対象側の力のみで応力を求める

解法の手順 部材中央におけるせん断力(Q)、軸方向力(N)、及び曲げモーメント(M)を求めよ。



- 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以降完全シカト)
- 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全部の力

【ポイント!】

問題をしっかりと読むこと! 「反力」「応力」のどちらを聞かれているのか、ちゃんとチェック!

基礎講座 学科 『構造』 16

References 全日本建築士会編: 合格対策 1 級建築士受験講座学科、地人書館、2009

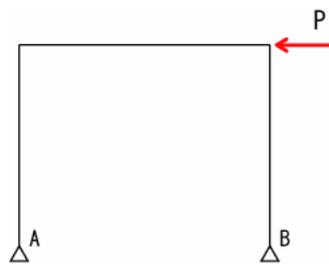
© 2011 office Architype Lab Satoshi SHINDO All rights reserved!

<http://www.architype-lab.com/>

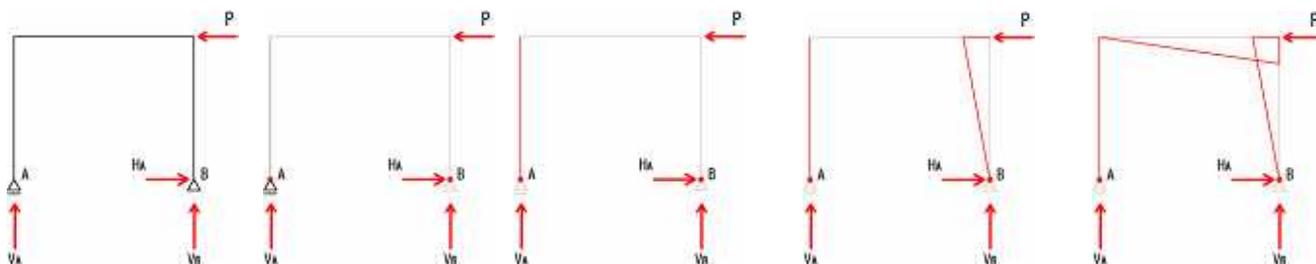
➤ 応力図

- 構造体の各所に生じる応力を図示した物
- 軸方向力図：N 図、せん断力図：Q 図、曲げモーメント図：M 図

『重要事項!』 支点（ピン・ローラー）では $M = 0$ ¹、ローラー柱では $M = 0$ ²、柱・梁の接合部では「内々・外々」³



- 1 : ピン・ローラー支点ではモーメント反力ないからね
- 2 : ローラー支点には水平反力無いので曲げモーメントは生じない
- 3 : 柱・梁の節点では曲げモーメントは等しくなります



反力を図示

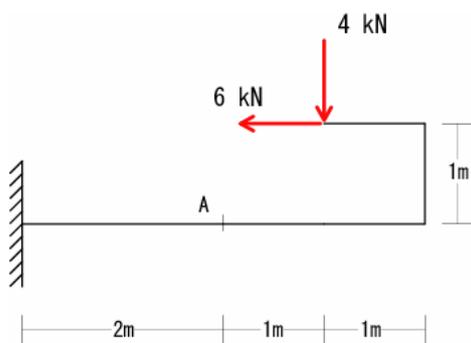
1) 支点では $M = 0$

2) ローラー柱は $M = 0$

クルクルドン

3) 内々外々

以下の構造体の M 図を書いてみましょう



【ポイント!】

M 図といえば「クルクルドン」!

曲げモーメントの応力図 (M 図) の書き方

『クルクルドン』の法則

クルクルドンは「曲げモーメント図」の書き方です

M 図は「引張側 (応力度的) に書くこと」って決まっています

「クルクルドン」を使うと M 図の向きが分かります

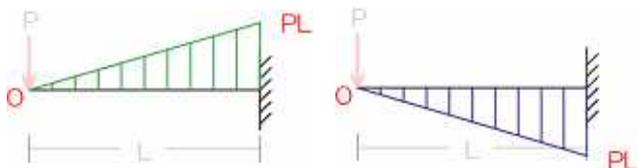
以下の片持ち梁で説明してみます



A 点と B 点の曲げモーメントは以下です



ここで問題となるのは、M 図を上を書くか...、下を書くか...



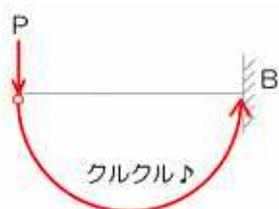
そこで「クルクルドン」の登場

1) 荷重 P により、B 点に曲げモーメントが発生、そこで B 点に注目し、上? 下? を検討する

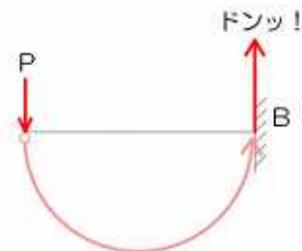
2) 荷重 P の作用点をスタート



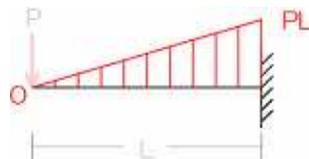
3) ゴールを曲げモーメントを求める点 (今回は B 点) とし、「クルクル」



4) 上記クルクルによって、応力を求めたい点 (B 点) がすっ飛ばされる方に「ドンッ！」



5) 「ドンッ！」って飛ばされた方に応力度の分布図を示す



上記法則は単純梁、片持ち梁に限らずラーメン等の全ての構造物で成り立ちます

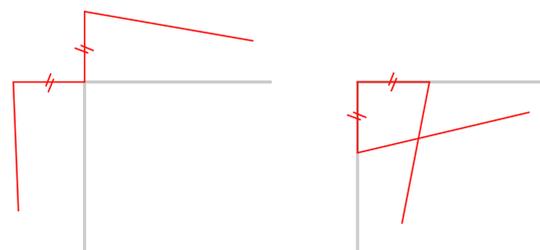
また、ラーメンの曲げモーメント図の場合には柱・梁の接合部に「内々・外々」なんて法則もあります

剛節点では、接合している部材に生じる「曲げモーメントの合計が必ず 0」になります

って、ことは? 柱頂部で 100kNm の曲げモーメントが生じていれば、それに接合する梁の曲げモーメントは必ず -100kNm となります

曲げモーメントが等しい、ってことは?

図を書いたときに応力の値を示す線分の長さが等しい、ってことになるので...以下の図のような形となります



外々

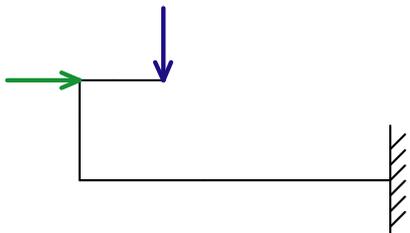
内々

この法則は不静定でも同じです

註: 「クルクル ドンッ!」および「内々・外々」等の名称は私が勝手に付けたものです...



『例題』以下の変則ラーメンのM図を書いてみましょう
 (荷重の大きさ、各部材長等は考えなくても良いです...)



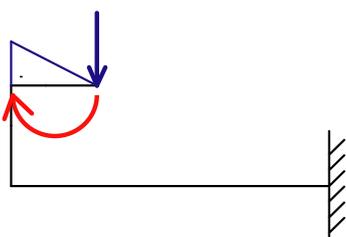
註1：片持ち系の構造物は自由端から書き始めると早いです

註2：クルクルドンが必要な点(応力を求める必要のある点)

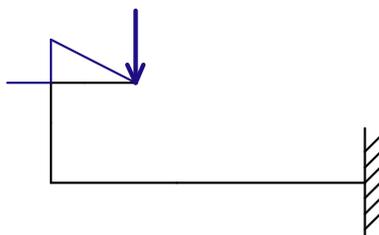
は「支点」「節点」「荷重の掛かっている点」です

註3：上記各点の応力が求められたら後は結ぶだけ

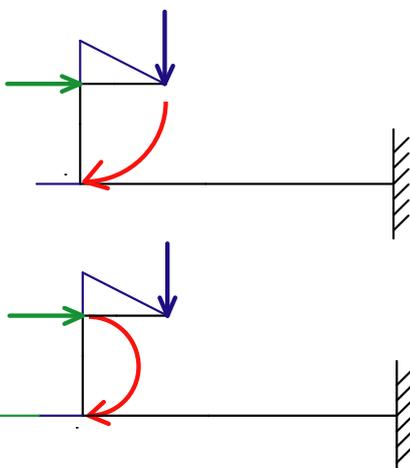
1) クルクルドン



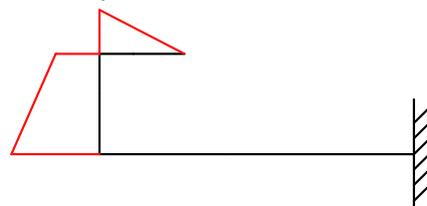
2) 内々外々



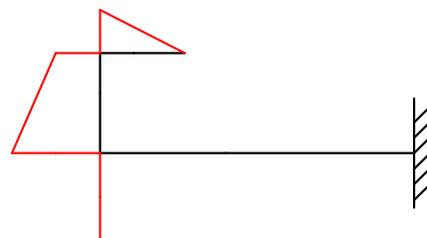
3) またまたクルクルドン、ですが荷重が2つあるので両者ともに別々に「ドンッ! ドンッ!」



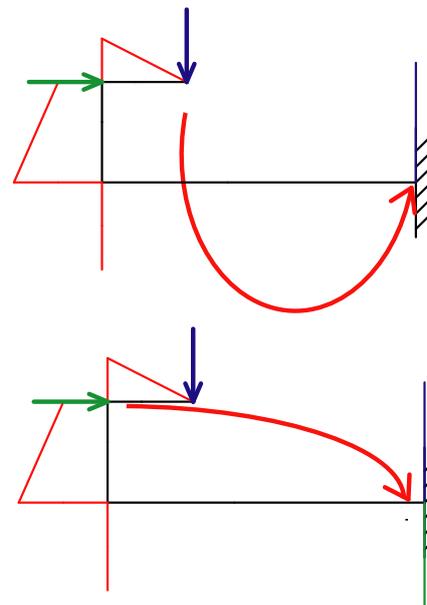
4) 2つの「ドンッ!」を合算(部材の両端の応力が分かたら結んでおく)



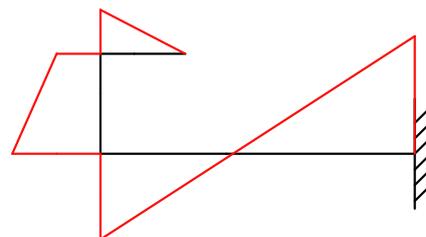
5) 内々外々



6) さらにクルクルドン+クルクルドン(向きが逆ですね)



7) 合算して各点を結ぶ



以上です

1.2.4 静定トラス：P 36

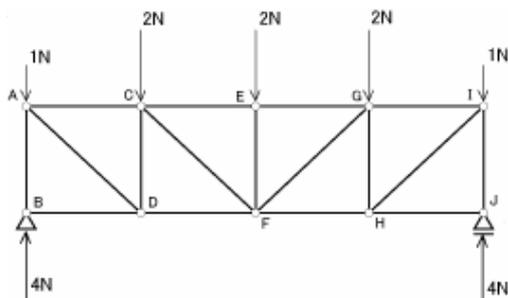
➤ 静定トラス

- 軸方向力のみ生じる（ピン節点による構造体のため、曲げモーメントを伝達出来ないから）

『重要事項！』 切断法を理解してしまえば楽勝！ 求めたい未知力はそれ以外の2力の作用線の交点のモーメントに注目ね！

解法の手順 以下の各部材の応力を切断法にて求めよ

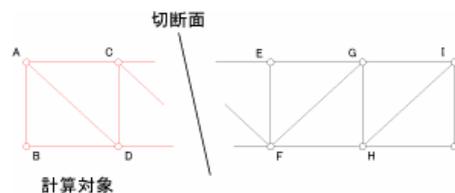
1) 反力を図示（片持ちトラスの場合は求める必要が無い場合もあり）



線対称だから暗算でOK

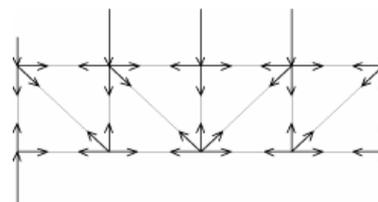
2) 切断面を決定 計算対象を決定

- 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）

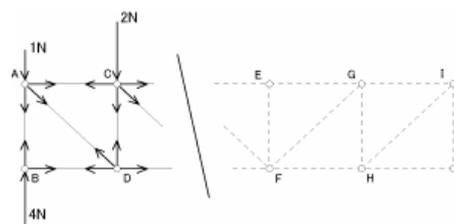


3) 部材内の応力（軸方向力）を仮定

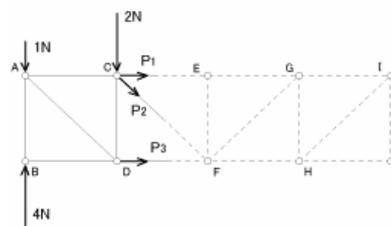
- 通常は以下の図のように各部材内に応力が生じています



- 今回は左側のみを対象としたので・・・

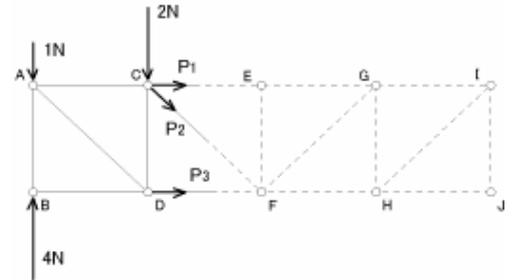


- また同軸中の応力は互いに打ち消しあうので、結局は切断された部材のみに生じる可能性のある応力を図示します
- （「節点から」ベクトルを図示する事！！）



4) 力の釣合より未知の応力を算定

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



【ポイント！】

切断法のチェックのみ！切断された部材に生じる応力の仮定をミスらなければ余裕です...

1.1.2 応力とひずみ：P5

(A) 応力度：P5

- 応力とは：部材に力がかかった際に部材内に生じる抵抗力(圧縮・引張・曲げ・せん断)の様な物...
体重 50kg の人が床の上に立っていたら (圧縮) 床が 50kg を支えてくれます (床の圧縮応力 50kg) って感じ
- 応力度：部材の断面積も考慮し、応力を断面積で除したものの、単位断面積あたりの応力
部材の頑張り具合を断面形状もちゃんと考慮に入れて比較しましょう、とも考えられる (笑)



(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)

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

(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

$$\square \quad \sigma_M = \frac{M}{Z} \quad M \dots \text{曲げモーメント } Z \dots \text{断面係数}$$



(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)

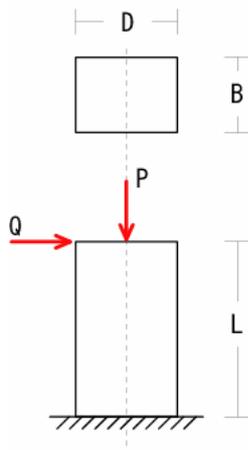
□ $\tau = \frac{Q}{A}$ τ ...せん断応力度、 Q ...せん断力、 A ...断面積

- 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 $k = \frac{4}{3}$

『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。



- 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) 1) 2) を合算し、底部の垂直応力度を求める



【これまでのまとめ】(カッコ内は教科書のページ・問題番号です)

(1) 断面の性質 構造材における「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

『重要事項!』

断面 1 次モーメントと図心、断面 2 次モーメントの公式(軸が交わっている方が h です) 複雑な図形(分割の条件・足し算引き算)

当該問題@教科書

- ・ 平成 16 年: 中立軸(図心)を求めよ(P14 No.4)
- ・ 平成 18 年: 曲げ強さ(断面係数の勝負です...)を求めよ(P26 No.17) C の部材はちょっと特殊
- ・ 平成 19 年: 断面 2 次モーメントを求めよ(P13 No.1)
- ・ 平成 20 年: 断面 2 次モーメントを比較せよ(P26 No.18)

(2) 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

『重要事項!』

各応力度の公式、曲げ応力度は圧縮・引張に変換、垂直応力度と曲げ応力度は合算可能

当該問題@教科書

- ・ 平成 17 年: 構造材底部の垂直応力度を求めよ(P21 No.12)
- ・ 平成 14 年: 垂直応力度の最大値(P20 No.11) 未だ解けません...難解問題なんで...

(3) 座屈 「弾性座屈荷重」「座屈長さ」を求める事が出来る

『重要事項!』

座屈長さの係数(図示して考える)、弾性座屈荷重の公式

当該問題@教科書

- ・ 平成 13 年: 座屈荷重の大小を比較せよ(P17 No.7)
- ・ 平成 18 年: 座屈荷重の大小を比較せよ(P24 No.15)
- ・ 平成 19 年: 座屈荷重の大小を比較せよ(P23 No.15) ちょっと微妙な問題...、本講座にて
- ・ 平成 21 年: 座屈荷重の大小を比較せよ(P25 No.16)
- ・ 平成 22 年: 弾性座屈荷重に関する記述(P23 No.14)

(4) モーメント 「モーメント」の概念を理解する

『重要事項!』

まずは作用線を図示する事、モーメントの距離とは任意の点から作用線までの垂線

当該問題@教科書

- ・ 過去問無し、ただし構造力学における多くの問題の必須事項



(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

『重要事項!』

生じる可能性のある反力は必ず図示、未知力算定では2力の交点に注目(縦・横の合計が0も使えます)

当該問題@教科書

- 平成19年: 支点の反力を求めよ(P47 No.1) 未だムリ... 『不静定構造物』

(6) 静定構造物の応力 「応力計算」「応力図」を求める事が出来る

『重要事項!』

応力を求めたい点で構造体を切断、片側だけの力による応力を求める(力の少ないほうを選ぶと良い)、M図はクルクルドン

当該問題@教科書

- 平成18年: せん断力が生じない位置を求めよ(P55 No.11) 未だムリ... 『3ヒンジラーメン』
- 平成19年: 曲げモーメント図はどれか(P50 No.5) 未だムリ... 『不静定構造物』
- 平成20年: 曲げモーメントを求めよ(P47 No.2)
- 平成20年: 曲げモーメントを求めよ(P55 No.12) 未だムリ... 難解問題
- 平成21年: 曲げモーメントを求めよ(P51 No.6) 未だムリ... 『3ヒンジラーメン』
- 平成22年: 曲げモーメント図はどれか(P49 No.4) 未だムリ... 『不静定構造物』
- 平成22年: 曲げモーメントを求めよ(P52 No.7) 未だムリ... 『3ヒンジラーメン』

(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

『重要事項!』

部材3本で切断、切断された部材に生じる応力を仮定、力の釣合い

当該問題@教科書

- 平成12年: 軸方向力を求めよ(P56 No.13)
- 平成17年: 軸方向力を求めよ(P59 No.17)
- 平成18年: 軸方向力を求めよ(P57 No.14)
- 平成19年: 軸方向力を求めよ(P58 No.16) 節点法です...
- 平成20年: 軸方向力を求めよ(P57 No.15)
- 平成21年: 水平変位を求めよ(P65 No.25) 未だムリ... 『ひずみ』