

【本日の目標 2】注：青字（例題 01 など）⇒応用力養成講座サブテキスト、緑字（過去問 01 など）⇒応用力養成講座演習プリント、赤字（350/01 など）⇒キーワード別問題集、「-」は出題なし、以下同様です

- (1) 力のつり合い ← 力のつり合い式を用いて未知の力を求めることができる
 (2) 判別 ← 判別式を用いて構造物を不安定・静定・不静定に分類することができる

H27	H26	H25	H24	H23	H22	H21	H20
-	-	-	-	-	-	-	例題 07
H19	H18	H17	H16	H15	H14	H13	H12
-	-	-	-	過去問 15	-	-	-

- (3) 支点の反力 ← 「支点の反力」を求める事が出来る
 (4) モーメント ← 「転倒時のモーメント」を求める事が出来る 例題 08
 (5) 梁・ラーメンの応力 ← 「応力」を求めることができる

H27	H26	H25	H24	H23	H22	H21	H20
不静定ハ	例題 09	-	-	-	-	-	過去問 16
H19	H18	H17	H16	H15	H14	H13	H12
過去問 17	-	過去問 18	-	-	-	過去問 19	過去問 20

- (6) 3 ヒンジラーメン ← 「3 ヒンジラーメンの反力」「3 ヒンジラーメンの応力」を求めることができる

H27	H26	H25	H24	H23	H22	H21	H20
過去問 21	-	-	例題 10	-	過去問 22	過去問 23	-
H19	H18	H17	H16	H15	H14	H13	H12
-	過去問 24	-	-	-	過去問 25	-	-

- (7) ラーメンの応力図 ← 正しい「曲げモーメント図」を見分けることができる

H27	H26	H25	H24	H23	H22	H21	H20
-	-	例題 11	-	-	過去問 26	-	-
H19	H18	H17	H16	H15	H14	H13	H12
過去問 27	-	過去問 28	-	過去問 29	-	-	-

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									
9	応力	梁・ラーメンの応力	★★★	40%	2	3					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			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				
20	崩壊	崩壊荷重	★★	70%	4	4	4		4	5		4	2	



1.2 構造力学

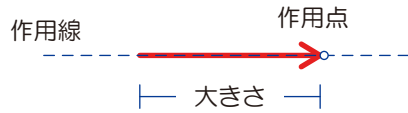
1.2.1 力のつり合い

(A) 力、偶力、モーメント

(a) 力

■ 力の表記

- 力の3要素：大きさ/作用点/作用線（最も重要なのは「作用線」です）



■ 構造力学にてあつかう力の種類

1) 集中荷重：ベクトル（矢印）1本で示される

2) 分布荷重：一定の面に広がりつつかかる荷重

※ 作用線が重要でしたね

※ 集中荷重に変換して計算



3) モーメント荷重：回転の荷重

4) 斜めの荷重：文字通り斜め…

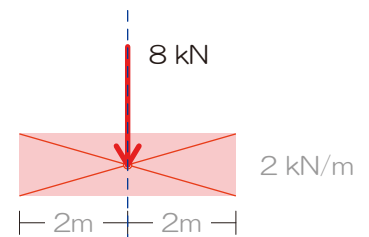
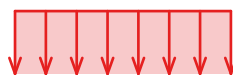
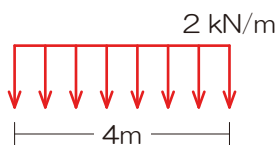
※ すべての点に等しいモーメントの影響を与えます

※ 縦・横に分解して計算しましょう



■ 分布荷重

- 分布荷重の変換：分布荷重に出会ってしまったら集中荷重へ置き換えましょう、その際のポイントは「力の大きさ」「力の作用点」ですが、**囲まれた図形に注目**してみましょう

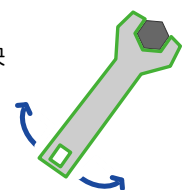


『長さ4mに渡り、1mあたり2kNの荷重がかかっている』って意味です

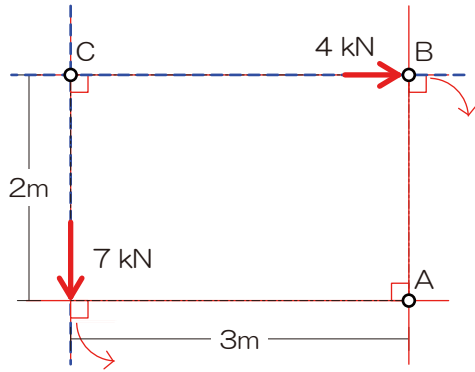
(b) モーメント

■ モーメントとは

- モーメントの定義：任意の点にかかる回転の力、『任意の点』って言うのでどこか点を決定しないとモーメントは求められません…、てこの原理やシーソーが有名ですね



《Q. 複数の力によるモーメント》A・B・Cの三点のモーメントを求めてみましょう



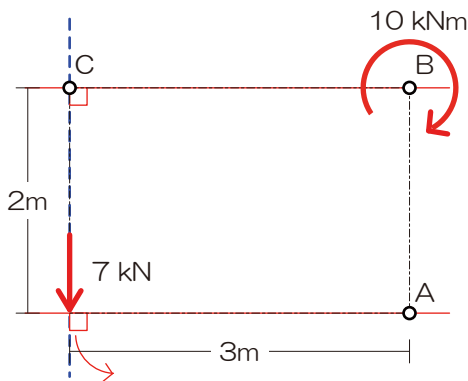
$$M_A = -7 \times 3 + 4 \times 2 = -13 [kNm]$$

$$M_B = -7 \times 3 + 4 \times 0 = -21 [kNm]$$

$$M_C = -7 \times 0 + 4 \times 0 = 0 [kNm]$$

解答： $M_A = -13 [kNm]$ 、 $M_B = -21 [kNm]$ 、 $M_C = 0 [kNm]$

《Q. モーメント荷重》A・B・Cの三点のモーメントを求めてみましょう



$$M_A = -7 \times 3 + 10 = -11 [kNm]$$

$$M_B = -7 \times 3 + 10 = -11 [kNm]$$

$$M_C = -7 \times 0 + 10 = 10 [kNm]$$

解答： $M_A = -11 [kNm]$ 、 $M_B = -11 [kNm]$ 、 $M_C = 10 [kNm]$

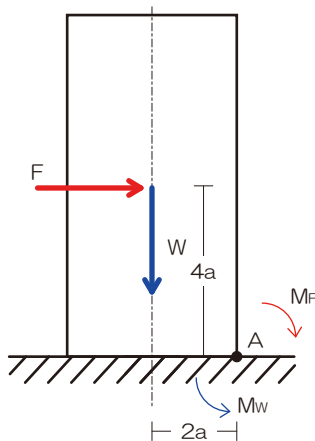
(c) 偶力

■ 偶力とは

- 作用線が並行で力の大きさが等しく、向きが反対の一对の力を偶力といいます、偶力のみが作用している場合には、すべての点のモーメントは等しくなります

【例題 08】モーメント

図のような剛で滑らない面の上に置いてある剛体の重心に漸増する水平荷重が作用する場合、剛体が浮き上がり始めるときの水平荷重 F の重力 W に対する比 $\alpha (=F/W)$ を求めよ。【H26】



左図 A 点を支点と考えると、水平荷重による転倒モーメント M_F が自重によるモーメント M_W よりも大きくなると浮き上がりが生じる

$$M_F = M_W$$

$$F \times 4a = W \times 2a$$

$$2F = W$$

ゆえに

$$\alpha = \frac{F}{W}$$

$$\alpha = \frac{F}{2F}$$

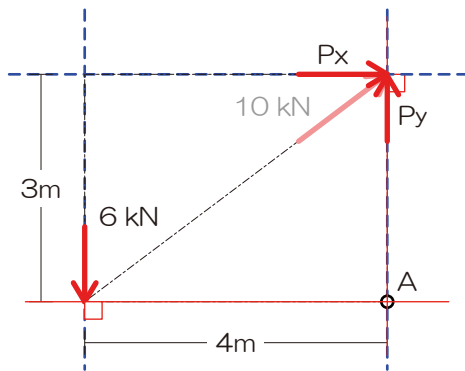
$$\alpha = 0.5$$



(B) 力の分解・合成

(a) 力の分解

《Q. モーメント荷重》A 点のモーメントを求めてみましょう



$$P_x = 10 \times \frac{4}{5} = 8 [kN]$$

$$P_y = 10 \times \frac{3}{5} = 6 [kN]$$

$$M_A = +P_x \times 3 + P_y \times 0 - 6 \times 4$$

$$M_A = +8 \times 3 + 6 \times 0 - 6 \times 4$$

$$M_A = 0 [kNm]$$

解答： $M_A = 0 [kNm]$

(b) 力の合成（オプション、1 級建築士試験では過去出題はありません、2 級ではあるんですが…）

■ 平行 2 力の合成

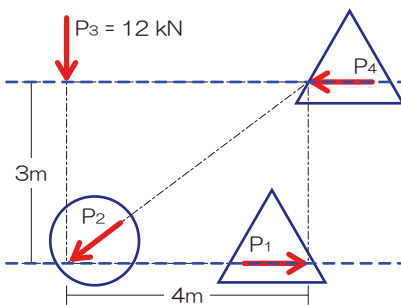
- バリネオンの定理を用いて、任意の点に着目し「合成前のモーメント」＝「合成後のモーメント」とし、作用線の正確な位置を求めます

(C) 力のつり合い

■ 未知力算定

- 未知力の求めかた：つり合い三式を用いて未知の力を求める（基本的には三連立方程式）
- つり合い三式の選び方：連立方程式を立てることなくターゲットの未知力を一撃で求める式（ターゲット以外の未知力が入らない式）を導きましょう。ターゲット以外の未知力の作用線に着目です、求める必要のある未知力（ターゲットと呼びます）をチェック！（○で囲む）、それ以外の未知 2 力を△で囲みその作用線 2 本を図示 ⇒ 一点で交差するならその交点での $M_o = 0$ 、平行になってしまった場合には直行する軸の $\sum Y = 0$ もしくは $\sum X = 0$ を選べば一撃です

《Q. 力のつり合い》以下の荷重がつり合い条件下にある場合の、 P_2 の値を求めてみましょう



平行ゆえに、直交する縦の力のつり合いに着目

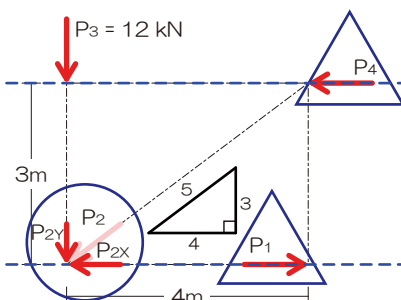
$$\sum Y = -12 - P_y = 0$$

ただし、斜めの力が計算対象なので分力

$$P_y = P_2 \times \frac{3}{5}$$

$$\sum Y = -12 - P_2 \times \frac{3}{5} = 0$$

$$P_2 = -20 [kN]$$



解答： $P_2 = -20 [kN]$



1.2.2 骨組

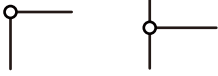


(A) 骨組み

■ 構造物を構成するパート

- 支点：構造物を支える点、種類は3つ、部材にかかった力により反力が生じる
- 節点：各部材が接合されている点、種類は2つ、部材に生じた応力を伝搬する

■ 節点の種類

- 剛節点：完全に固定された節点、すべての応力（次項参照）を伝搬可能
- 滑節点（ピン節点）：回転可能な節点、曲げモーメント（次項）を伝搬できない（曲げモーメントが0となる）

ピン接合（滑節点） ※ 回転可能	剛接合（剛節点） ※ 回転不可・固定	混合 ※ 両者が…
		

(a) 節点による分類

- トラス：節点が全てピン、荷重をかける位置は支点・節点上のみ
- ラーメン：節点がすべて剛、部材が直線な鉛直・水平部材で構成
- 合成ラーメン：剛節点とピン節点が混在する構造物（建築士試験ではもっとも厄介な構造物…）

(b) 形状による分類

- はり・アーチ・ラーメン・トラスなど

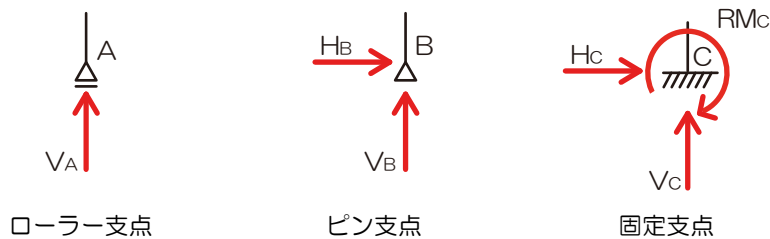
(c) 応力による分類

- ラーメン：すべての応力が生じる
- トラス：軸方向力のみ生じる

(B) 支点

■ 支点の種類

- 動けない方向に反力が生じる



(C) 安定、静定

構造物	安定	静定 (釣合い式のみで反力算定可)
		不静定 (変形等の条件を加味し反力算定)
	不安定 (わずかな力で倒壊・変形)	

(a) 判別

□ 判別式: $m = n + r + s - 2k$ $m > 0$ で不静定、 $m = 0$ で静定、 $m < 0$ で不安定

n …反力数、 r …部材数、 s …剛接合部材数(※)、 k …支点・節点の総数

【解法 07】判別

以下の構造物を判別してみましょう

反力数 $\Rightarrow 3$
 部材数 $\Rightarrow 7$
 剛接合部材数 $\Rightarrow 4$
 支点・節点の総数 $\Rightarrow 7$

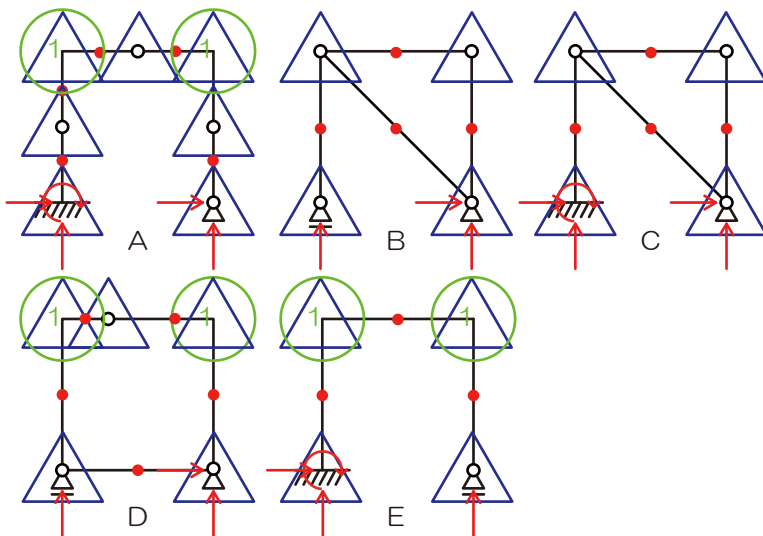
 $m = 3 + 7 + 4 - 7 \times 2 = 0$

解答：静定構造物

【例題 07】判別

H27	H26	H25	H24	H23	H22	H21	H20
-	-	-	-	-	-	-	例題 07
H19	H18	H17	H16	H15	H14	H13	H12
-	-	-	-	過去問 15	-	-	-

次の架構のうち、静定構造物はどれか。【H20】



	n	r	s	k	m
A	5	6	2	7	$5 + 6 + 2 - 2 \times 7 = -1$
B	3	4	0	4	$3 + 4 + 0 - 2 \times 4 = -1$
C	5	4	0	4	$5 + 4 + 0 - 2 \times 4 = 1$
D	3	5	2	5	$3 + 5 + 2 - 2 \times 5 = 0$
E	4	3	2	4	$4 + 3 + 2 - 2 \times 4 = 1$

解答：D



1.2.3 静定構造物の応力

(A) 応力の種類

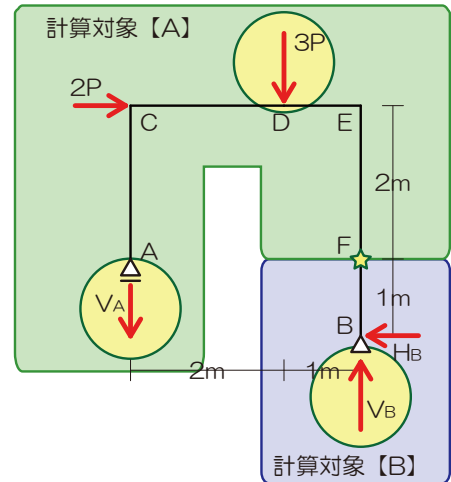
■ 計算対象の選び方

➤ 応力の影響を与える力（荷重・反力）を見極め以下の留意点に配慮し、より簡便な計算対象を選択しましょう！

- 1) 応力の影響を与える【反力が無い側】（反力算定の手間を省けます）
- 2) 両計算対象ともに反力が含まれる場合は、【力（荷重・反力）の数が少ない側】

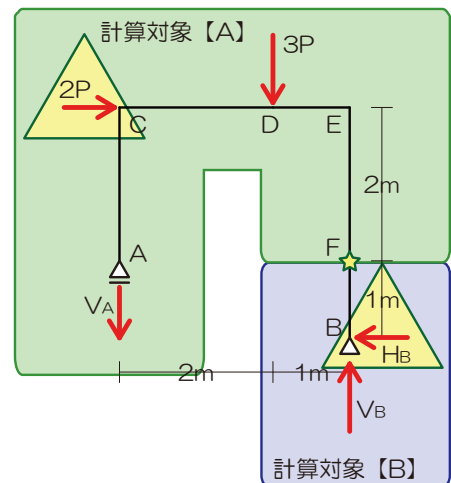
■ 軸方向力（N）、右図○が応力の影響を及ぼす力（荷重・反力）

- 構造部材が潰されたり（圧縮）、引っ張られたりされた時の応力
- 対象となる力は【部材に平行な力】
- 唯一符号がつく：圧縮をマイナス（-）、引張をプラス（+）で表記
- 右例題における計算対象は？ ⇒ 絶対に「計算対象【B】」、両計算対象ともに応力の影響を及ぼす反力がありますが、【B】は応力の影響を及ぼす力の総数が1となり【A】よりも少ないので



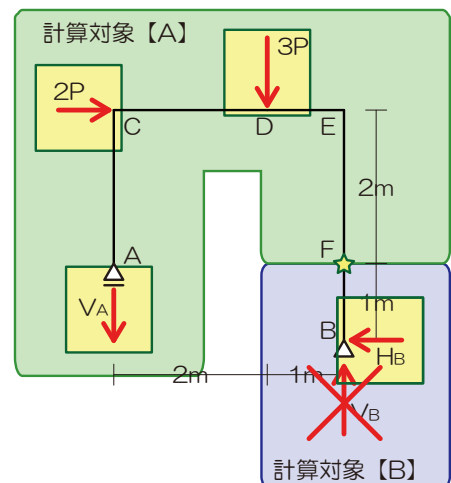
■ せん断力（Q）、右図△が応力の影響を及ぼす力（荷重・反力）

- 構造部材にはさみで切られるような力がかかった時の応力
- 対象となる力は【部材に鉛直な力】
- 符号はつかない（計算中は符号を考慮けど、最終的に絶対値表記）
- 右例題における計算対象は？ ⇒ 絶対に「計算対象【A】」、【A】には応力の影響を及ぼす反力が無いので、反力算定の手間を省けます



■ 曲げモーメント（M）、右図□が応力の影響を及ぼす力（荷重・反力）

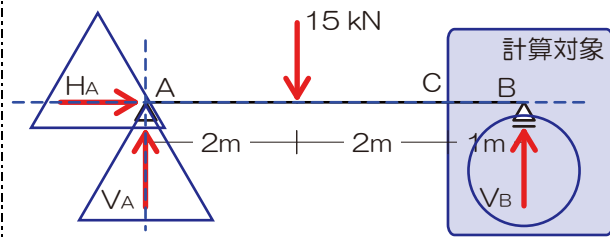
- 構造部材に曲げられるような回転の力がかかったときの応力
- 対象となる力は応力を求める点に作用線が交差しない力（距離が0となるのでモーメントが0となりますね）
- 符号はつかない（計算中は符号を考慮けど、最終的に絶対値表記）
- 右例題における計算対象は？ ⇒ 絶対に「計算対象【B】」、両計算対象ともに応力の影響を及ぼす反力がありますが、【B】は応力の影響を及ぼす力の総数が1となり【A】よりも少ないので（反力 H_B も暗算で求められそうですね）



(B) 静定梁の応力

『解法 09』 梁・ラーメンの応力

C 点の各応力を求めてみましょう



C 点で【切断】⇒計算対象は右を【選択】

計算対象に未知力 V_B が入っているので…

V_B を求める (交点 A に着目)

$$M_A = +15 \times 2 - V_B \times 5 = 0$$

$$V_B = 6[kN]$$

C 点の軸方向力 (材と並行な力) を求める

$$N_C = 0[kN]$$

- 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【選択】
- 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
- 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、曲げモーメントは作用が交差ししない計算対象側全部の力

C 点のせん断力 (材と鉛直な力) を求める

$$Q_C = V_B$$

$$Q_C = 6[kN]$$

C 点の曲げモーメント (すべての力対象) を求める

$$M_C = -6 \times 1$$

(最後に絶対値標記)

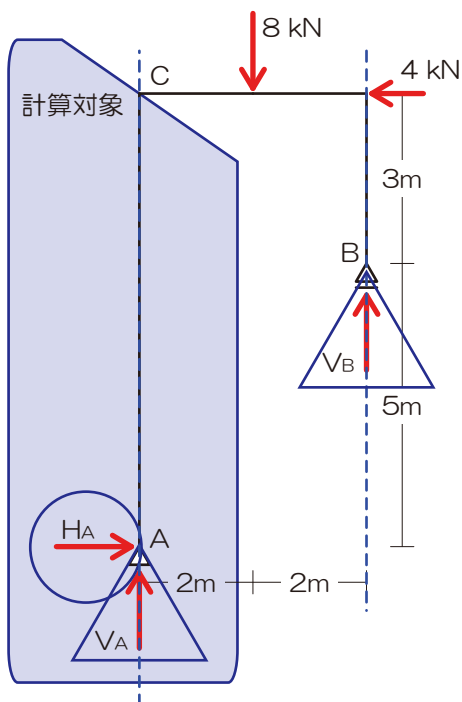
$$M_C = 6[kNm]$$

解答 : $N_C = 0[kN]$ 、 $Q_C = 6[kN]$ 、 $M_C = 6[kNm]$

(C) 静定ラーメンの応力

『解法 09』 梁・ラーメンの応力

C 点の曲げモーメントを求めてみましょう



- 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
- 4) もし、未知力が入っていたら、未知力を求める
- 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、曲げモーメントは作用線が交差ししない計算対象側全部の力

C 点で切断、計算対象を左とする

H_A を求める (ターゲット以外が並行)

$$\sum X = H_A - 4 = 0$$

$$H_A = 4[kN]$$

C 点の曲げモーメントを求める

$$M_C = -4 \times 8 = -32 = 32[kNm]$$

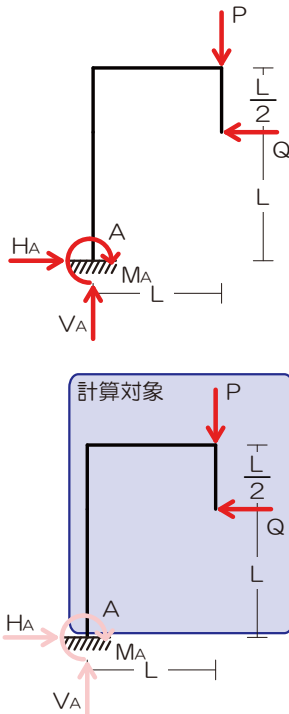
解答 : $M_C = 32kNm$



【例題 09】 梁・ラーメンの応力

H27	H26	H25	H24	H23	H22	H21	H20
不静定ハ	例題 09	-	-	-	-	-	過去問 16
H19	H18	H17	H16	H15	H14	H13	H12
過去問 17	-	過去問 18	-	-	-	過去問 19	過去問 20

図のような鉛直荷重 P と水平荷重 Q が作用する骨組において、固定端 A 点に曲げモーメントが生じない場合の荷重 P と荷重 Q の比をもとめよ。【H26】



【解法 9】 梁・ラーメンの応力

- 1) 生じる可能性のある反力を図示 ⇒ 左図
- 2) 応力を求めたい点で構造体を【切断】！
- 3) 計算対象を【選択】 ⇒ 計算対象は上
- 4) もし、未知力が入っていたら、未知力を求める ⇒ 不要
- 5) 曲げ M は作用線が交差しない計算対象側全部の力 ⇒ M_A を求める

$$M_A = +P \times L - Q \times L$$

また A 点の曲げモーメントは 0 であることから

$$M_A = +P \times L - Q \times L = 0$$

$$P = Q$$

$$P : Q = 1 : 1$$

解答：P : Q = 1 : 1

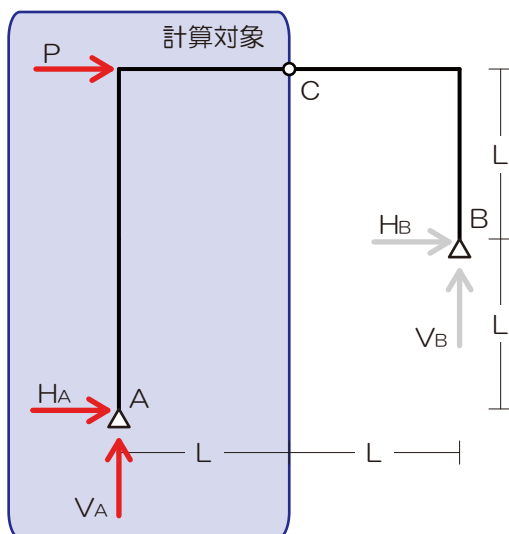
(D) 3 ヒンジラーメン

■ 3 ヒンジラーメンの解法

- 「ヒンジでは曲げモーメントが 0 になる」を利用し、反力の 1 つに消えていただきましょう

【解法 10】 3 ヒンジラーメン

以下の構造物の A 支点の鉛直反力を求めてみましょう



- 1) 生じる可能性のある反力を図示

- 2) ヒンジ点でのモーメント 0 より反力の 1 つを消去

O 点の曲げモーメントが 0 になることより H_A を消去

$$M_O = +V_A \times L - H_A \times 2L = 0$$

$$H_A = \frac{V_A}{2}$$

H_B と V_B の交点 B のモーメントに着目

$$M_B = +V_A \times 2L - \frac{V_A}{2} \times L + P \times L = 0$$

$$\frac{3V_A L}{2} + PL = 0$$

$$V_A = -\frac{2}{3}P$$

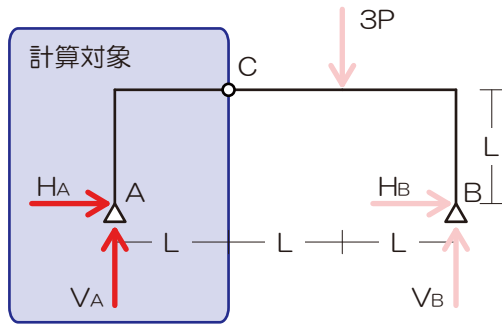
解答： $V_A = -2P/3$



【例題 10】 3 ヒンジラーメン

H27	H26	H25	H24	H23	H22	H21	H20
過去問 21	-	-	例題 10	-	過去問 22	過去問 23	-
H19	H18	H17	H16	H15	H14	H13	H12
-	過去問 24	-	-	-	過去問 25	-	-

図のような荷重が作用する 3 ヒンジラーメンにおいて、A 点における水平反力の大きさを求めよ。【H24】



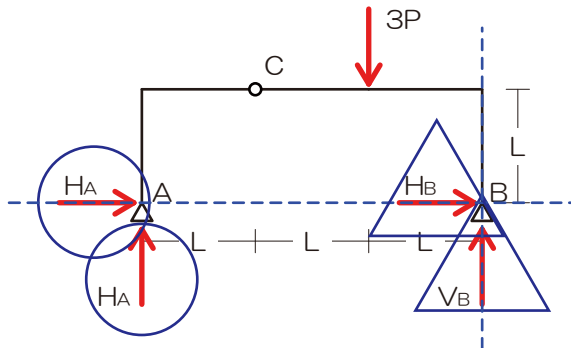
『解法 10』 3 ヒンジラーメンの反力

- 1) 生じる可能性のある反力を図示
- 2) ヒンジ点でのモーメント 0 より反力の 1 つを消去

⇒ C 点の曲げモーメントに着目

$$M_C = +V_A - H_A = 0$$

$$V_A = H_A$$



⇒ V_A を H_A に変換 (V_A を消去)

- 3) 以降は力のつり合いより未知力を求める

⇒ ターゲットを H_A 系とすると、ターゲット以外の未知力は B 点で交差、B 点のモーメントに着目

$$M_B = +H_A \times 3L - 3P \times L = 0$$

$$H_A = P$$

解答： $H_A = P$

【ポイント】

- ✓ ピン節点の曲げモーメント = 0 に着目して、反力の 1 つに消してもらいましょう

(E) 曲げモーメント図

■ 試験における曲げモーメント図に関する問題の特徴

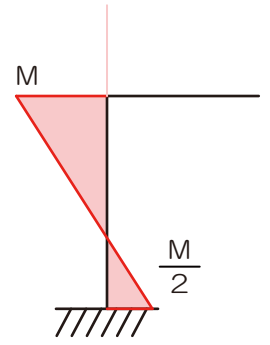
- 正しい曲げモーメント図を「選べれば」勝ち（説明はやヤコシイですが、実際の問題で試すと簡単です…）
- 曲げモーメント図にはいくつかのチェック項目があります、そのチェックに NG だった選択肢を排除し、正しい曲げモーメント図を選びましょう
- また例によってちょっと軽めの解法名となっていますが、それらの根拠は「固定モーメント法@教科書 P38」というお固い解法です



■ 正しい曲げモーメント図の「選び方」

1) 半分おすそ分け ⇒ 到達モーメントのこと@教科書 P38

- 剛節点の他端が固定支点の場合には、剛節点で生じている曲げモーメントの半分の値が固定端にも生じます



2) 小さな風車 (内々外々) ⇒ 解法モーメントと分割モーメントのこと@教科書 P38

- 「応力は荷重等がかからない限り突然変化しない」 ってのがあります

まっすぐですね	途中で折れても…同じこと	これが「外々」	上下逆の条件が「内々」

- 『小さな風車*』を記入してチェックが可能です、時計回り反時計回りの風車の合計 (モーメントの合計) が 0 でなければなりません
*元の材から応力を立ち上げる方向にベクトル表記 (上記の赤・青ベクトル)

3) ローラー柱

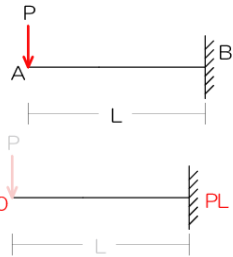
- ローラー支点を有する柱は、水平反力がないので曲げモーメントが生じることはありません (途中で水平荷重がなければ)

ピン支点の柱	ローラー支点の柱

4) クルクルドン

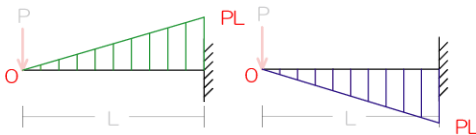
- 「曲げモーメント図は引張が生じる側に書く」とのルールが有り、「引張側ってどっちだ？」を見分ける解法 (次頁)

右の片持ち梁で説明してみます



A/ B 点の曲げモーメントは

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

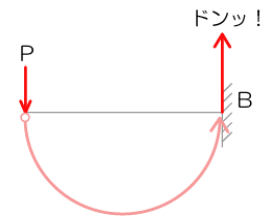
- 1) 荷重 P により、B 点に曲げモーメントが発生、そこで B 点に注目し、上? 下? を検討する

- 2) 荷重 P の作用点をスタート

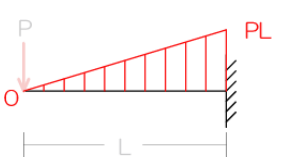
- 3) ゴールを曲げモーメントを求める点 (今回は B 点) とし、「クルクル♪」



- 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

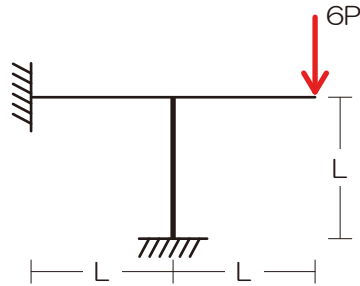


上記法則は単純梁、片持ち梁に限らずラーメン等の全ての構造物で成り立ちます

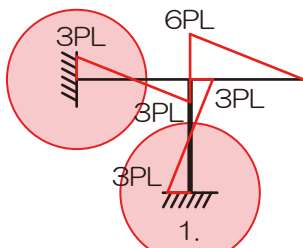
【例題 11】 曲げモーメント図（含む不静定）

H27	H26	H25	H24	H23	H22	H21	H20
-	-	例題 11	-	-	過去問 26	-	-
H19	H18	H17	H16	H15	H14	H13	H12
過去問 27	-	過去問 28	-	過去問 29	-	-	-

図のようなラーメンに荷重 P が作用したときの曲げモーメント図として正しいものはどれか。ただし、梁部材の曲げ剛性は EI 、柱部材の曲げ剛性は $2EI$ とし、図の A 点は自由端、B 点は剛接合とする。また、曲げモーメントは材の引張側に描くものとする。【H25】

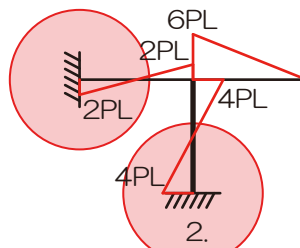


「半分おすそ分け」でアウト

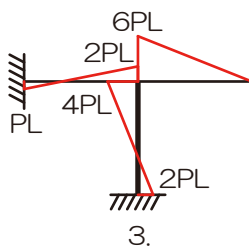


「半分おすそ分け」でアウト

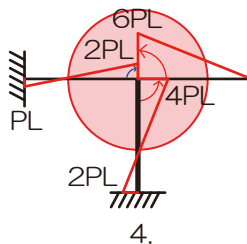
「半分おすそ分け」でアウト



「半分おすそ分け」でアウト



「小さな風車」でアウト



『解法 11』 曲げモーメント図

- 1) 半分おすそ分け
⇒ 1.と2.がアウト
- 2) 小さな風車（内々外々）
⇒ 4.がアウト
⇒ 残りは3.のみ
- 3) ローラー柱
- 4) クルクルドン

解答：3.

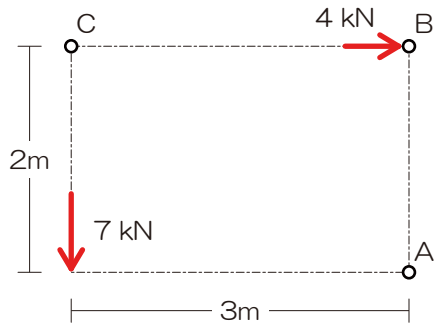
【ポイント】

- ✓ 正しい曲げモーメント図が選べれば良しです
- ✓ チェック項目は「半分おすそ分け」「小さな風車」「ローラー柱」です（それで見分けがつかなかったらクルクルドン）



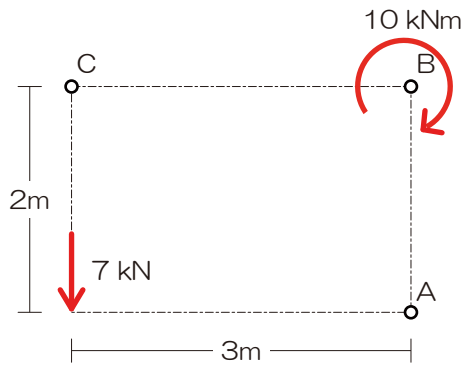
[[復習]]

《Q. 複数の力によるモーメント》A・B・Cの三点のモーメントを求めてみましょう



解答： $M_A = -13$ [kNm]、 $M_B = -21$ [kNm]、 $M_C = 0$ [kNm]

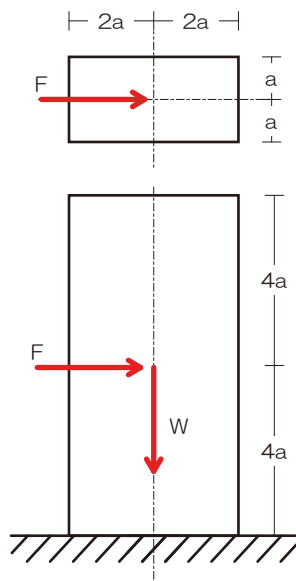
《Q. モーメント荷重》A・B・Cの三点のモーメントを求めてみましょう



解答： $M_A = -11$ [kNm]、 $M_B = -11$ [kNm]、 $M_C = 10$ [kNm]

【例題 08】モーメント

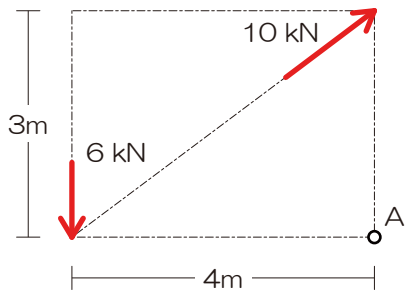
図のような剛で滑らない面の上に置いてある剛体の重心に漸増する水平荷重が作用する場合、剛体が浮き上がり始めるときの水平荷重 F の重力 W に対する比 α ($= F/W$) を求めよ。【H26】



解答：0.5

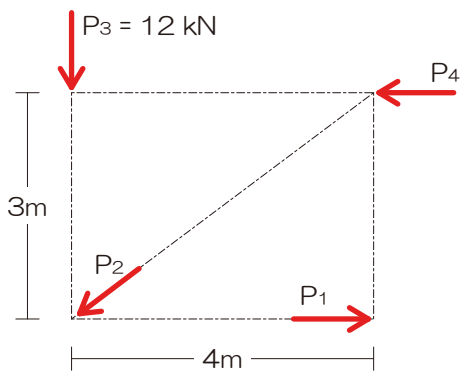


《Q. モーメント荷重》A点のモーメントを求めてみましょう



解答： $M_A = 0$ [kNm]

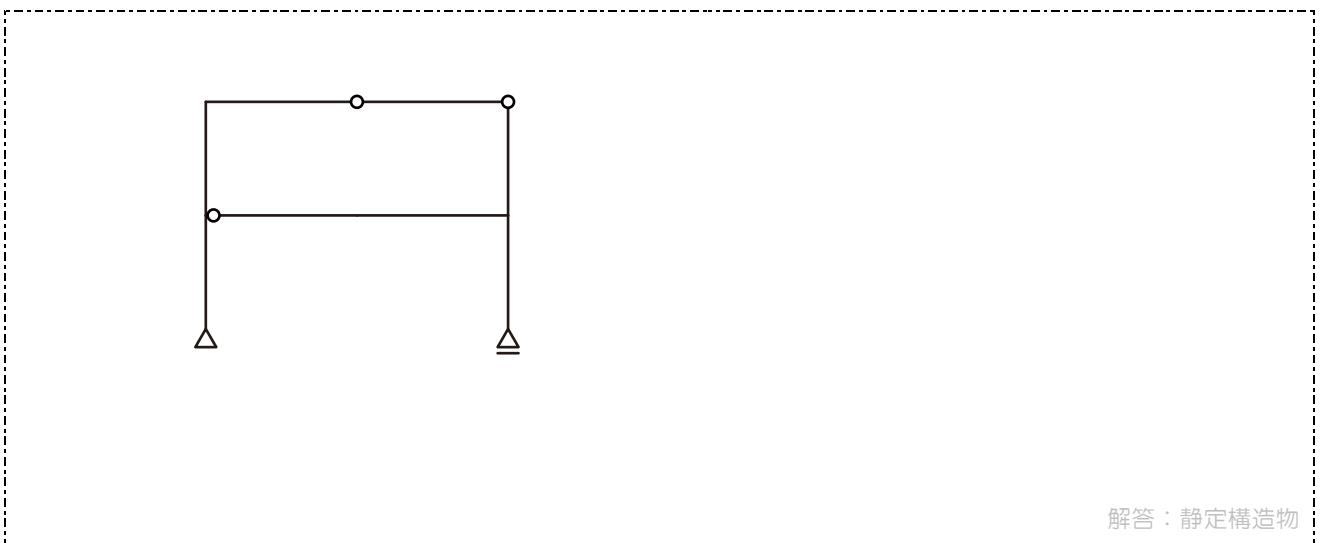
《Q. 力のつり合い》以下の荷重がつり合い条件下にある場合の、 P_2 の値を求めてみましょう



解答： $P_2 = -20$ [kN]

『解法07』判別

以下の構造物を判別してみましょう

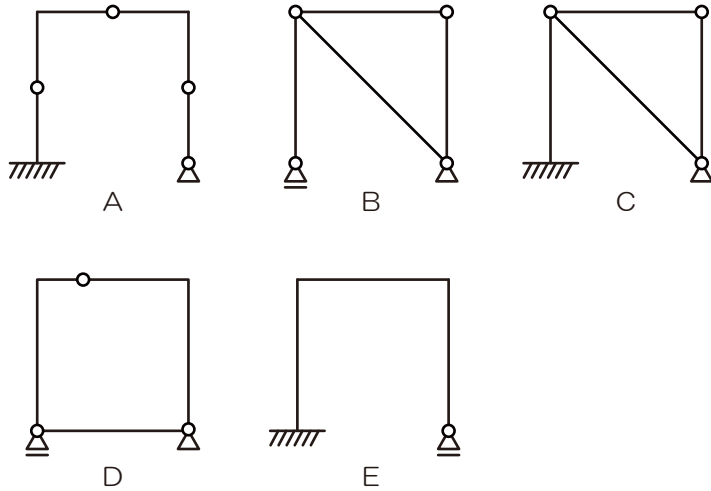


解答： 静定構造物



【例題 07】 判別

次の架構のうち、静定構造物はどれか。【H20】

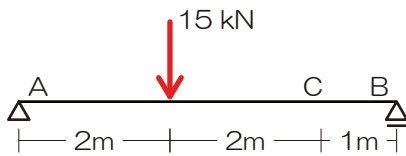


	n	r	s	k	m
A					
B					
C					
D					
E					

解答：D

『解法 09』 梁・ラーメンの応力

C 点の各応力を求めてみましょう

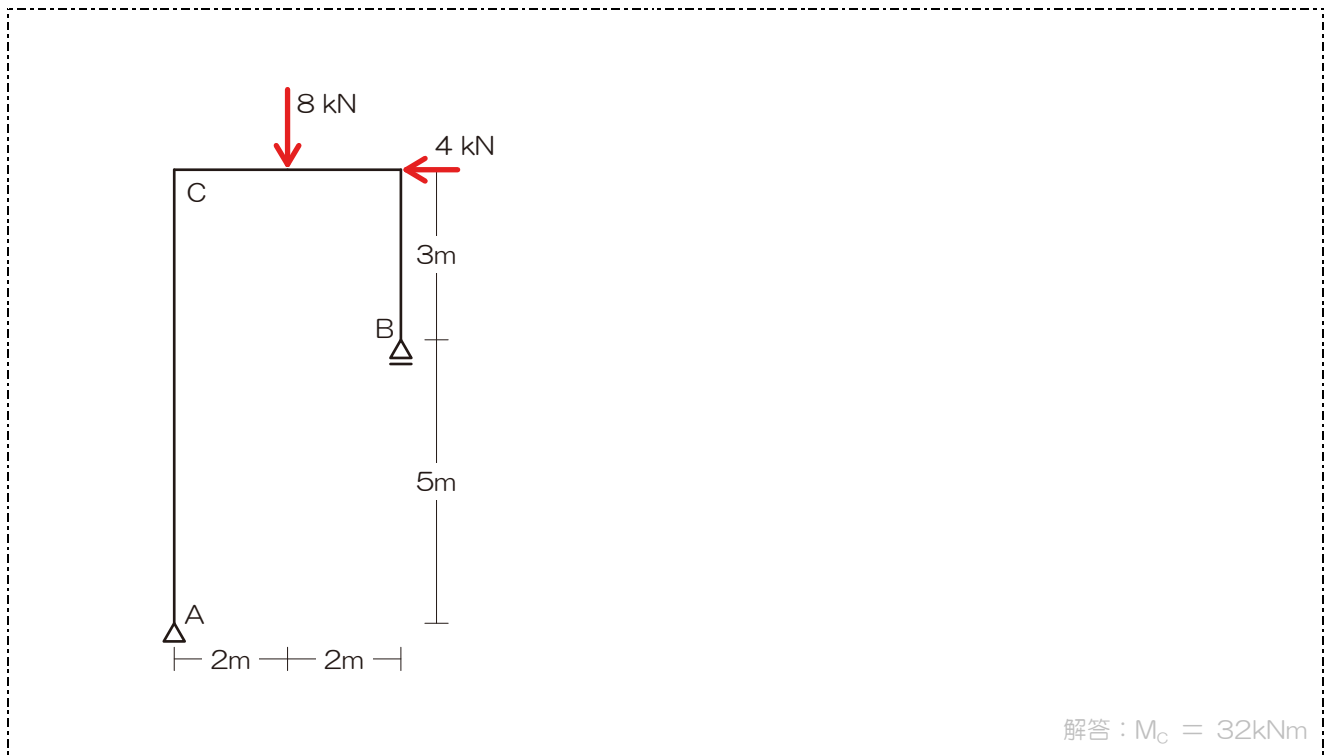


解答： $N_c=0$ [kN]、 $Q_c=6$ [kN]、 $M_c=6$ [kNm]



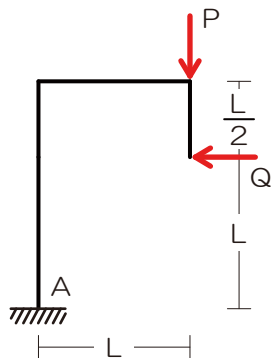
【解法 09】 梁・ラーメンの応力

C 点の曲げモーメントを求めてみましょう



【例題 09】 梁・ラーメンの応力

図のような鉛直荷重 P と水平荷重 Q が作用する骨組において、固定端 A 点に曲げモーメントが生じない場合の荷重 P と荷重 Q の比をもとめよ。【H26】



【解法 8】 梁・ラーメンの応力

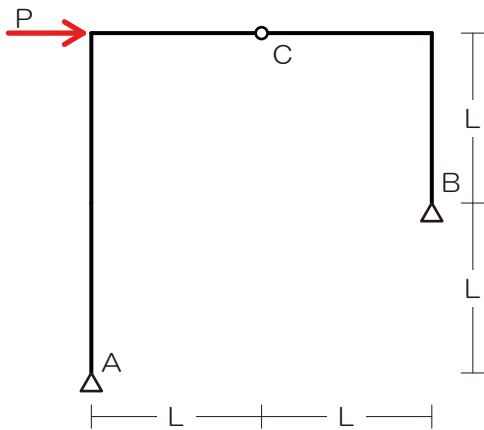
- 1) 生じる可能性のある反力を図示
- 2) 応力を求めたい点で構造体を【切断】!
- 3) 計算対象を【選択】
- 4) もし、未知力が入っていたら、未知力を求める
- 5) 曲げ M は作用線が交差しない計算対象側全部の力

解答 : $P : Q = 1 : 1$



『解法 10』 3 ヒンジラーメン

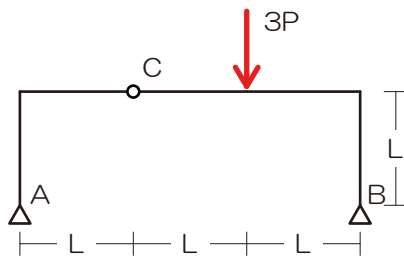
以下の構造物の A 支点の鉛直反力を求めてみましょう



解答 : $V_A = -2P/3$

【例題 10】 3 ヒンジラーメン

図のような荷重が作用する 3 ヒンジラーメンにおいて、A 点における水平反力の大きさを求めよ。【H24】



『解法 10』 3 ヒンジラーメンの反力

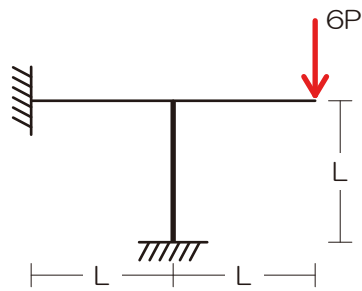
- 1) 生じる可能性のある反力を図示
- 2) ヒンジ点でのモーメント 0 より反力の 1 つを消去
- 3) 以降は力のつり合いより未知力を求める

解答 : $H_A = P$



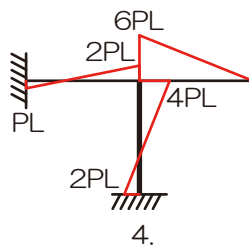
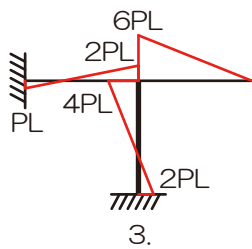
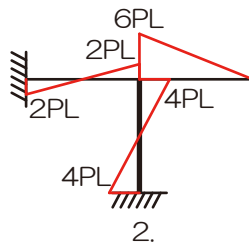
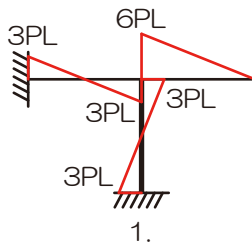
【例題 11】 曲げモーメント図（含む不静定）

図のようなラーメンに荷重 P が作用したときの曲げモーメント図として正しいものはどれか。ただし、梁部材の曲げ剛性は EI 、柱部材の曲げ剛性は $2EI$ とし、図の A 点は自由端、B 点は剛接合とする。また、曲げモーメントは材の引張側に描くものとする。【H25】



『解法 11』 曲げモーメント図

- 1) 半分おすそ分け
- 2) 小さな風車（内々外々）
- 3) ローラー柱
- 4) クルクルドン

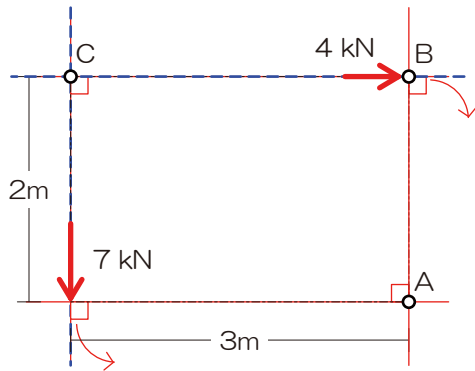


解答：3.



《解答》

《Q. 複数の力によるモーメント》A・B・Cの三点のモーメントを求めてみましょう



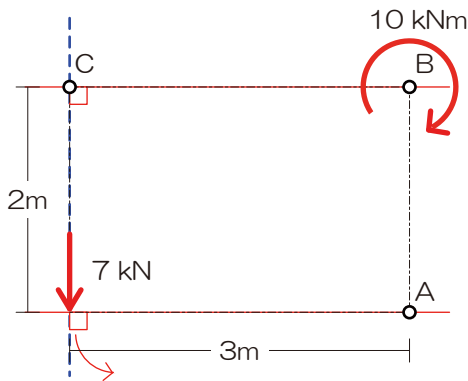
$$M_A = -7 \times 3 + 4 \times 2 = -13 [kNm]$$

$$M_B = -7 \times 3 + 4 \times 0 = -21 [kNm]$$

$$M_C = -7 \times 0 + 4 \times 0 = 0 [kNm]$$

解答： $M_A = -13 [kNm]$ 、 $M_B = -21 [kNm]$ 、 $M_C = 0 [kNm]$

《Q. モーメント荷重》A・B・Cの三点のモーメントを求めてみましょう



$$M_A = -7 \times 3 + 10 = -11 [kNm]$$

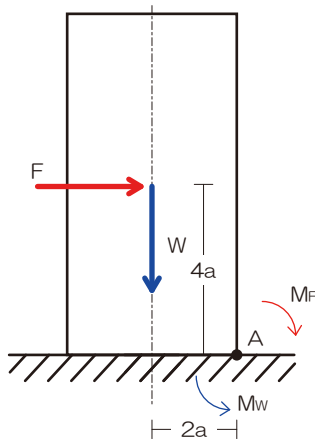
$$M_B = -7 \times 3 + 10 = -11 [kNm]$$

$$M_C = -7 \times 0 + 10 = 10 [kNm]$$

解答： $M_A = -11 [kNm]$ 、 $M_B = -11 [kNm]$ 、 $M_C = 10 [kNm]$

【例題08】モーメント

図のような剛で滑らない面上に置いてある剛体の重心に漸増する水平荷重が作用する場合、剛体が浮き上がり始めるときの水平荷重 F の重力 W に対する比 α ($=F/W$) を求めよ。【H26】



左図 A 点を支点と考えると、水平荷重による転倒モーメント M_F が自重によるモーメント M_W よりも大きくなると浮き上がりが生じる

$$M_F = M_W$$

$$F \times 4a = W \times 2a$$

$$2F = W$$

ゆえに

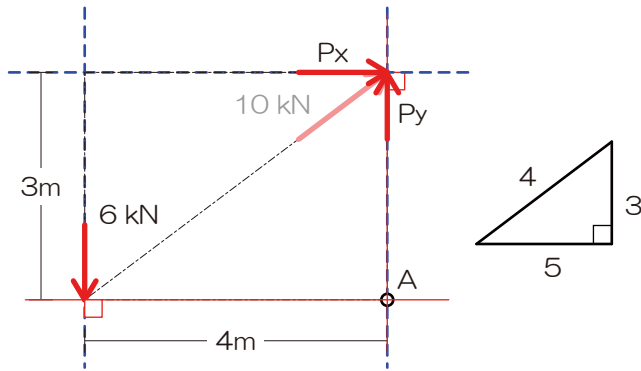
$$\alpha = \frac{F}{W}$$

$$\alpha = \frac{F}{2F}$$

$$\alpha = 0.5$$



《Q. モーメント荷重》 A 点のモーメントを求めてみましょう



$$P_x = 10 \times \frac{4}{5} = 8 [kN]$$

$$P_y = 10 \times \frac{3}{5} = 6 [kN]$$

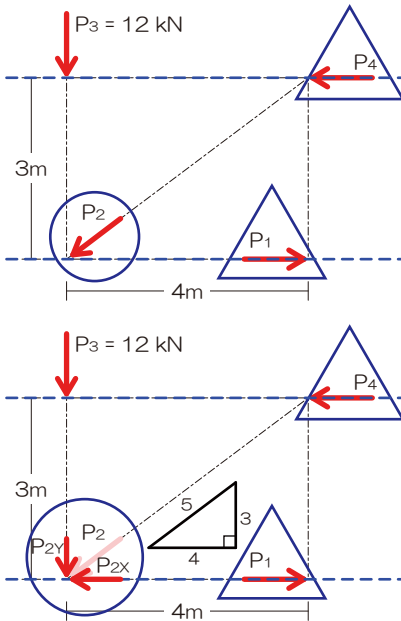
$$M_A = +P_x \times 3 + P_y \times 0 - 6 \times 4$$

$$M_A = +8 \times 3 + 6 \times 0 - 6 \times 4$$

$$M_A = 0 [kNm]$$

解答： $M_A = 0 [kNm]$

《Q. 力のつり合い》 以下の荷重がつり合い条件下にある場合の、 P_2 の値を求めてみましょう



平行ゆえに、直交する縦の力のつり合いに着目

$$\sum Y = -12 - P_y = 0$$

ただし、斜めの力が計算対象なので分力

$$P_y = P_2 \times \frac{3}{5}$$

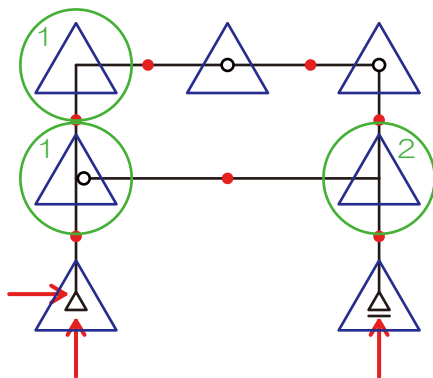
$$\sum Y = -12 - P_2 \times \frac{3}{5} = 0$$

$$P_2 = -20 [kN]$$

解答： $P_2 = -20 [kN]$

『解法 07』 判別

以下の構造物を判別してみましょう



反力数 $\Rightarrow 3$

部材数 $\Rightarrow 7$

剛接合部材数 $\Rightarrow 4$

支点・節点の総数 $\Rightarrow 7$

$$m = 3 + 7 + 4 - 7 \times 2 = 0$$

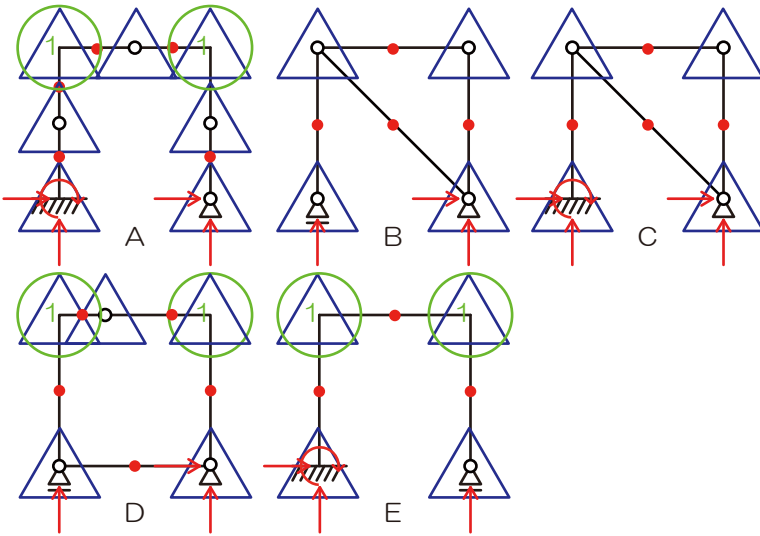
解答： 静定構造物



【例題 07】 判別

H27	H26	H25	H24	H23	H22	H21	H20
-	-	-	-	-	-	-	例題 07
H19	H18	H17	H16	H15	H14	H13	H12
-	-	-	-	過去問 15	-	-	-

次の架構のうち、静定構造物はどれか。【H20】

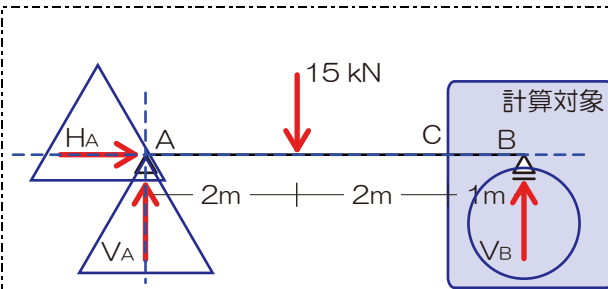


	n	r	s	k	m
A	5	6	2	7	$5+6+2-2*7=-1$
B	3	4	0	4	$3+4+0-2*4=-1$
C	5	4	0	4	$5+4+0-2*4=1$
D	3	5	2	5	$3+5+2-2*5=0$
E	4	3	2	4	$4+3+2-2*4=1$

解答：D

【解法 09】 梁・ラーメンの応力

C 点の各応力を求めてみましょう



- 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【選択】
- 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、曲げモーメントは作用が交差し無い計算対象側全部の力

C 点で【切断】⇒計算対象は右を【選択】

計算対象に未知力 V_B が入っているの…

V_B を求める（交点 A に着目）

$$M_A = +15 \times 2 - V_B \times 5 = 0$$

$$V_B = 6[kN]$$

C 点の軸方向力（材と並行な力）を求める

$$N_C = 0[kN]$$

C 点のせん断力（材と鉛直な力）を求める

$$Q_C = V_B$$

$$Q_C = 6[kN]$$

C 点の曲げモーメント（すべての力対象）を求める

$$M_C = -6 \times 1$$

$$M_C = 6[kNm] \quad (\text{最後に絶対値標記})$$

解答： $N_C=0[kN]$ 、 $Q_C=6[kN]$ 、 $M_C=6[kNm]$



【解法 09】 梁・ラーメンの応力

C 点の曲げモーメントを求めてみましょう

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
 4) もし、未知力が入っていたら、未知力を求める
 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、曲げモーメントは作用線が交差しない計算対象側全部の力
 C 点で切断、計算対象を左とする
 H_A を求める（ターゲット以外が並行）

$$\sum X = H_A - 4 = 0$$

$$H_A = 4[kN]$$

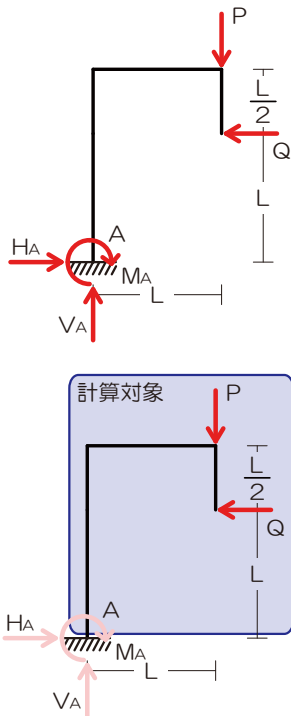
C 点の曲げモーメントを求める

$$M_C = -4 \times 8 = -32 = 32[kNm]$$

解答： $M_C = 32kNm$

【例題 09】 梁・ラーメンの応力

図のような鉛直荷重 P と水平荷重 Q が作用する骨組において、固定端 A 点に曲げモーメントが生じない場合の荷重 P と荷重 Q の比をもとめよ。【H26】



【解法 9】 梁・ラーメンの応力

- 1) 生じる可能性のある反力を図示 ⇒ 左図
- 2) 応力を求めたい点で構造体を【切断】！
- 3) 計算対象を【選択】 ⇒ 計算対象は上
- 4) もし、未知力が入っていたら、未知力を求める ⇒ 不要
- 5) 曲げ M は作用線が交差しない計算対象側全部の力 ⇒ M_A を求める

$$M_A = +P \times L - Q \times L$$

また A 点の曲げモーメントは 0 であることから

$$M_A = +P \times L - Q \times L = 0$$

$$P = Q$$

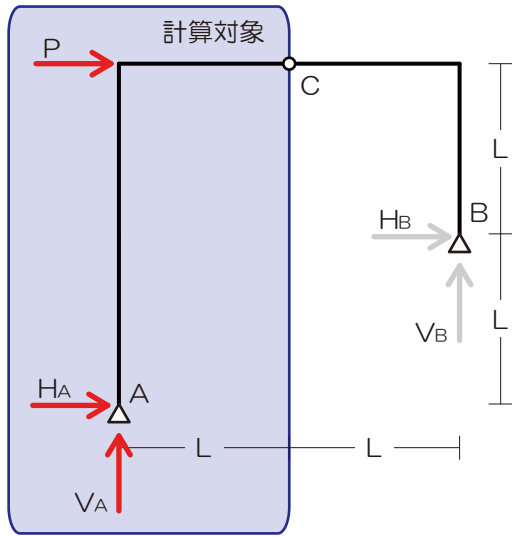
$$P : Q = 1 : 1$$

解答： $P : Q = 1 : 1$



『解法 10』 3ヒンジラーメン

以下の構造物の A 支点の鉛直反力を求めてみましょう



1) 生じる可能性のある反力を図示

2) ヒンジ点でのモーメント0より反力の1つを消去

O 点の曲げモーメントが0になることより H_A を消去

$$M_O = +V_A \times L - H_A \times 2L = 0$$

$$H_A = \frac{V_A}{2}$$

H_B と V_B の交点 B のモーメントに着目

$$M_B = +V_A \times 2L - \frac{V_A}{2} \times L + P \times L = 0$$

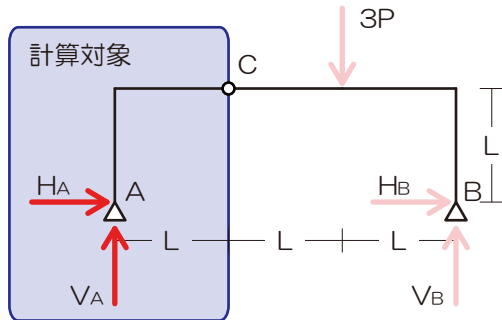
$$\frac{3V_A L}{2} + PL = 0$$

$$V_A = -\frac{2}{3}P$$

解答: $V_A = -2P/3$

【例題 10】 3ヒンジラーメン

図のような荷重が作用する 3 ヒンジラーメンにおいて、A 点における水平反力の大きさを求めよ。【H24】



『解法 10』 3ヒンジラーメンの反力

1) 生じる可能性のある反力を図示

2) ヒンジ点でのモーメント0より反力の1つを消去

⇒ C 点の曲げモーメントに着目

$$M_C = +V_A - H_A = 0$$

$$V_A = H_A$$

⇒ V_A を H_A に変換 (V_A を消去)

3) 以降は力のつり合いより未知力を求める

⇒ ターゲットを H_A 系とすると、ターゲット以外の未知力は B 点で交差、B 点のモーメントに着目

$$M_B = +H_A \times 3L - 3P \times L = 0$$

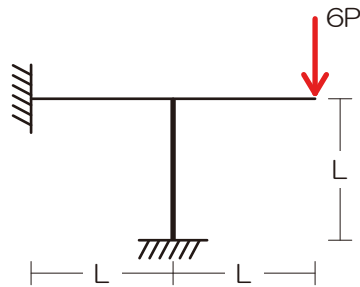
$$H_A = P$$

解答: $H_A = P$

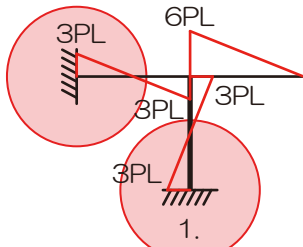


【例題 11】 曲げモーメント図（含む不静定）

図のようなラーメンに荷重 P が作用したときの曲げモーメント図として正しいものはどれか。ただし、梁部材の曲げ剛性は EI 、柱部材の曲げ剛性は $2EI$ とし、図の A 点は自由端、B 点は剛接合とする。また、曲げモーメントは材の引張側に描くものとする。【H25】

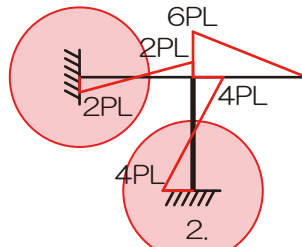


「半分おすそ分け」でアウト

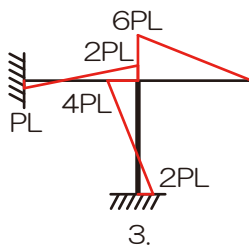


「半分おすそ分け」でアウト

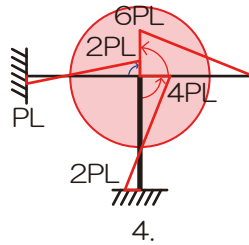
「半分おすそ分け」でアウト



「半分おすそ分け」でアウト



「小さな風車」でアウト



【解法 11】 曲げモーメント図

- 1) 半分おすそ分け
⇒ 1.と2.がアウト
- 2) 小さな風車（内々外々）
⇒ 4.がアウト
⇒ 残りは3.のみ
- 3) ローラー柱 ⇒ 不要
- 4) クルクルドン ⇒ 不要

解答：3.

