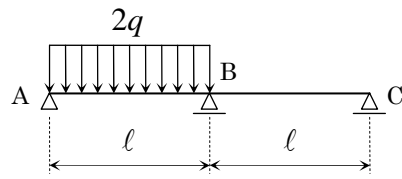
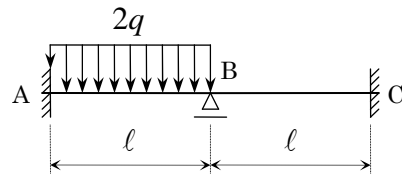


《重ね合せの原理》

【問題 SP-1】 下図に示す不静定ばりについて、構造の対称性と “重ね合わせの原理” を用いて、断面力図を求めよ。

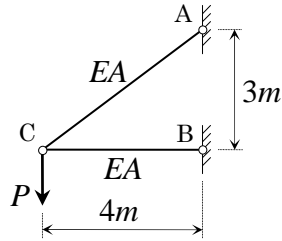


【問題 SP-2】 下図に示す不静定ばりについて、構造の対称性と “重ね合わせの原理” を用いて、断面力図を求めよ。

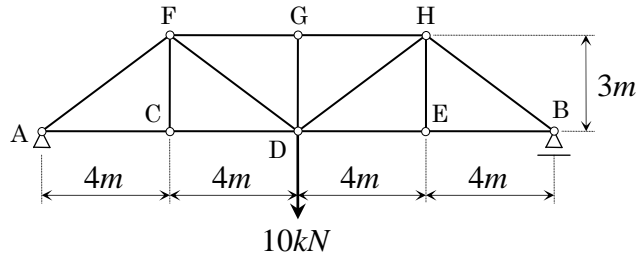


《ひずみエネルギー》

【問題 SE-T-1】 下図に示す静定トラスのひずみエネルギー U を求めよ。ただし、各部材の引張剛性は EA とする。



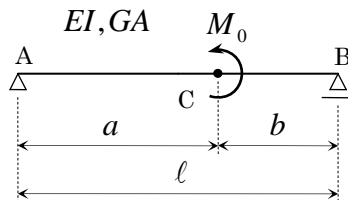
【問題 SE-T-2】 下図に示す静定トラスのひずみエネルギー U を求めよ。ただし、すべての部材は、ヤング率を E 、部材断面積を A とする。



【問題 SE-B-1】 下図に示す張出ばりのひずみエネルギー U を求めよ。ただし、はりの曲げ剛性は EI 、せん断弾性係数は G 、断面積は A とする。

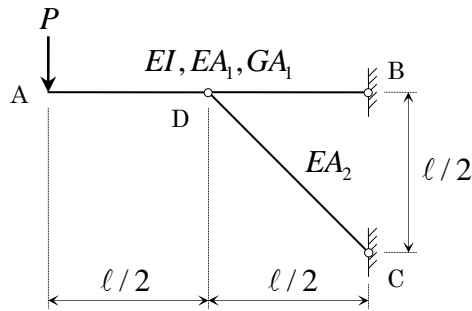


【問題 SE-B-2】 下図に示す集中モーメント M_0 が作用する単純ばりのひずみエネルギー U を求めよ。ただし、はりの曲げ剛性は EI 、せん断弾性係数は G 、断面積は A とする。



【問題 SE-S-1】 下図に示す構造物のひずみエネルギー U を求めよ。

ただし、各部材のヤング係数、せん断弾性係数は、 E 、 G であり、部材 AB 、部材 CD の断面積は、それぞれ A_1 、 A_2 である。また、部材 AB の断面 2 次モーメントは、 I である。



【問題 SE-S-2】 横荷重を受けるはりのせん断力 Q によるひずみエネルギー U_Q は、はりの断面積およびせん断弾性係数(または横弾性係数)をそれぞれ A 、 G とすると、 $U_Q = \frac{1}{2} \int_0^l \kappa \frac{Q^2}{GA} dx$ で表される。

ここに、 $\kappa = \frac{1}{A} \int_A K^2(y) dA = \frac{A}{I_z^2} \int_{y_u}^{y_l} \frac{S_z^2(y)}{B(y)} dy$ 、 $K(y) = \frac{A}{I_z B(y)} S_z(y)$ である。

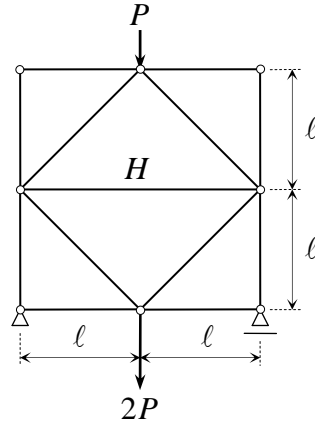
$K(y)$ は断面の形状寸法により決まる y の関数であり、 I_z は断面 2 次モーメント、 $B(y)$ は座標 y の位置での断面幅、 $S_z(y)$ はその位置より外側にある断面部分の重心軸 z に関する断面 1 次モーメントである。また、 $\int_{y_u}^{y_l} dy$ は横断面の上縁から下縁に至る定積分を表す。

このとき、長方形断面の κ の値が、 $\kappa = 1.2$ であることを証明せよ。

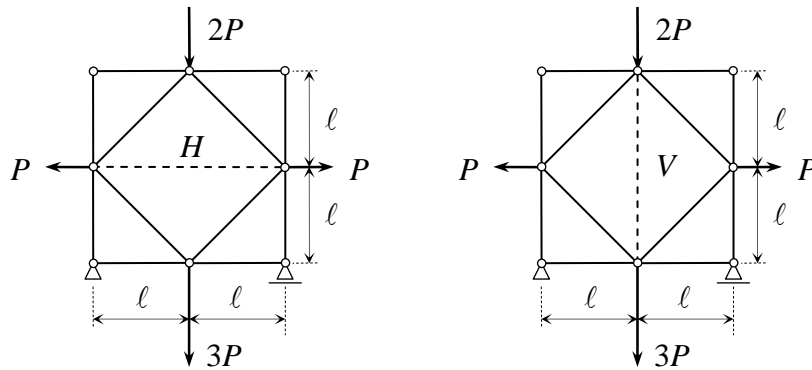
《単位変位法》

【問題 UD-T-1】 下図に示すトラスの水平材 H の部材力を次の2通りの方法で求めよ。

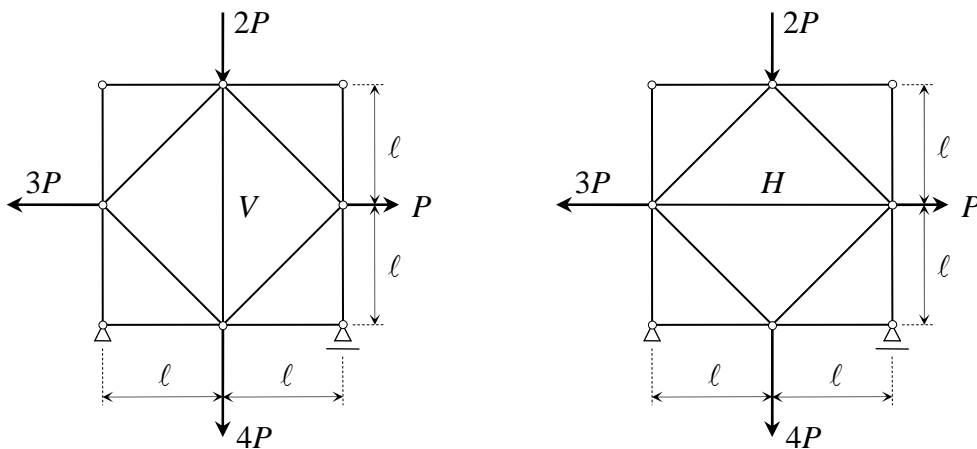
- (1) "節点法" を用いて
- (2) "仮想変位の原理" を用いて



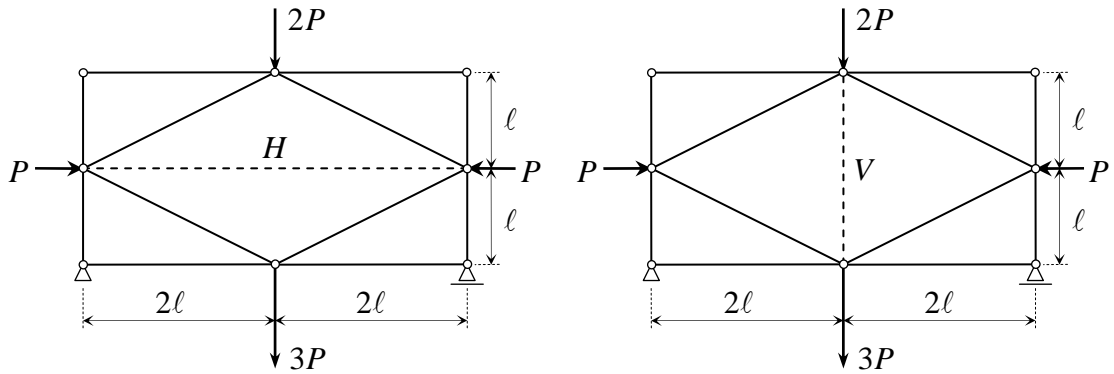
【問題 UD-T-2】 下図に示す2つの静定トラスについて、破線で表される部材の部材力 H , V を "仮想変位の原理" を用いて求めよ。



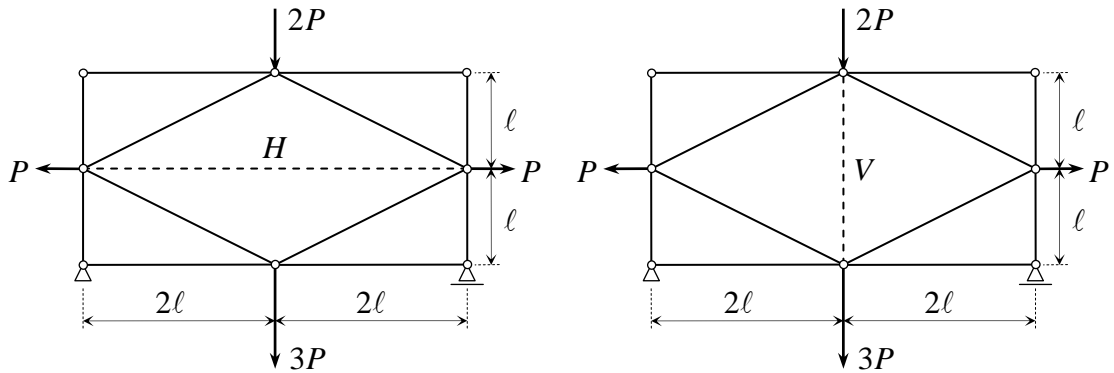
【問題 UD-T-3】 下図のトラスの鉛直材 V , 水平材 H の部材力を "仮想変位の原理" を用いて求めよ。



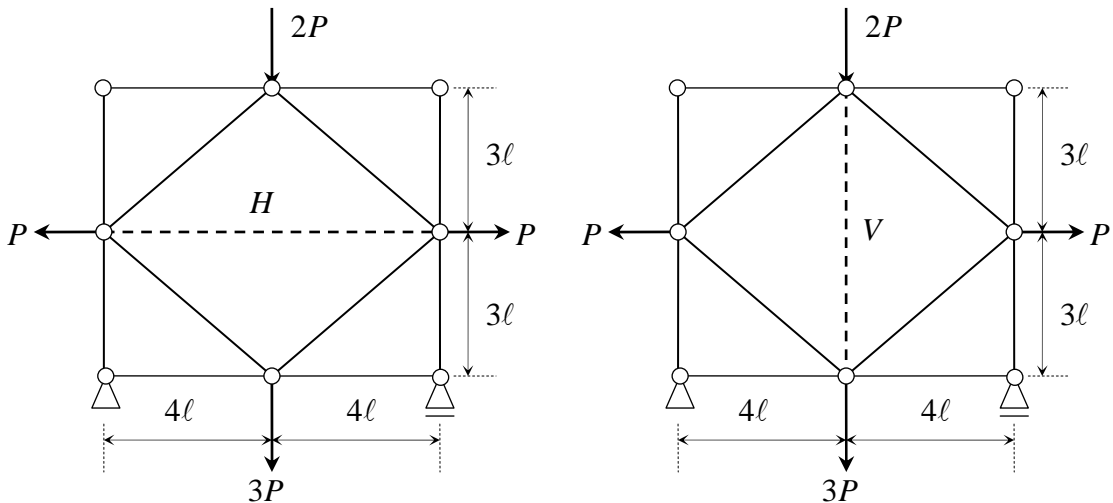
【問題 UD-T-4】 下図に示す2つの静定トラスについて、破線で表される部材の部材力 H , V を “**仮想変位の原理**” を用いて求めよ。



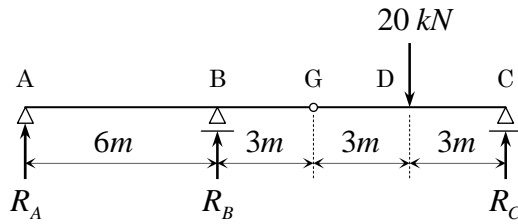
【問題 UD-T-5】 下図に示す2つの静定トラスについて、破線で表される部材の部材力 H , V を “**仮想変位の原理**” を用いて求めよ。



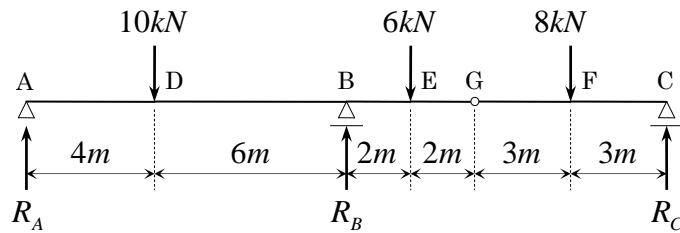
【問題 UD-T-6】 下図に示す2つの静定トラスについて、破線で表される部材の部材力 H , V を “**仮想変位の原理**” を用いて求めよ。



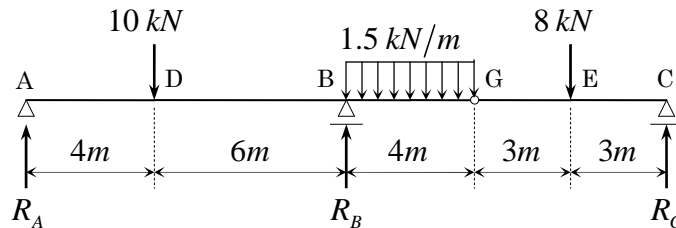
【問題 UD-G-1】 下図に示す静定ゲルバーばりの支点反力 R_A , R_B , R_C を “**仮想変位の原理**” を用いて求めよ。



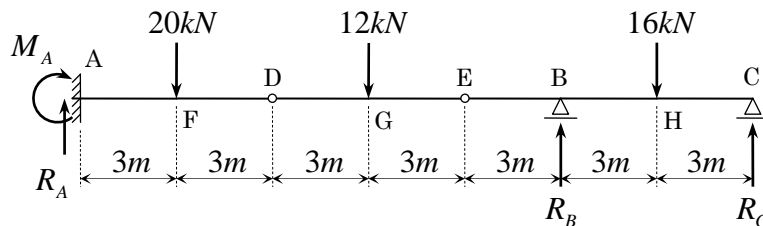
【問題 UD-G-2】 下図に示すゲルバーばりの支点反力 R_A , R_B , R_C と D 点の曲げモーメント M_D を “**仮想変位の原理**” を用いて求めよ。



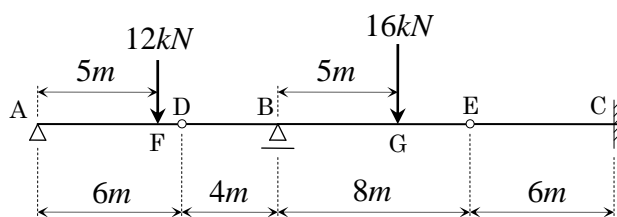
【問題 UD-G-3】 下図に示すゲルバーばりの支点反力 R_A , R_B , R_C と D 点の曲げモーメント M_D を “**仮想変位の原理**” を用いて求めよ。



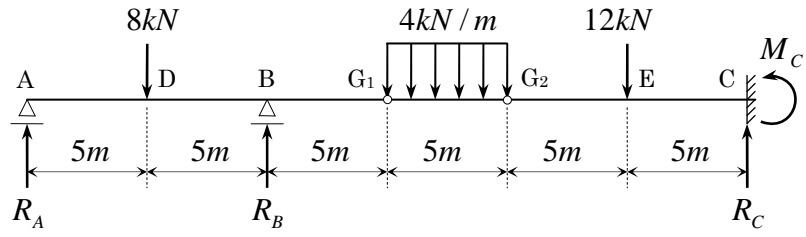
【問題 UD-G-4】 下図に示すゲルバーばりの支点反力 R_A , R_B , R_C , M_A を “**仮想変位の原理**” を用いて求めよ。



【問題 UD-G-5】 下図に示すゲルバーばりの支点反力 R_A , R_B , R_C , 曲げモーメント M_C , M_G およびせん断力 Q_E を “**仮想変位の原理**” を用いて求めよ。

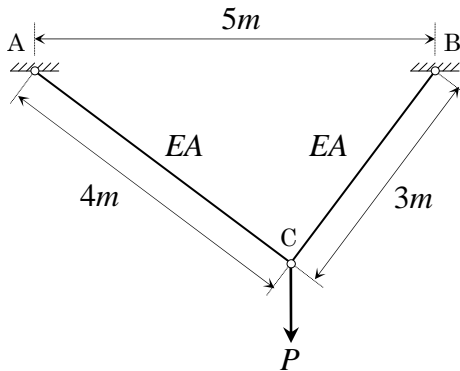


【問題 UD-G-6】 下図に示すゲルバーばりの支点反力 R_A , R_B , R_C と C 点の支点曲げモーメント M_C を “**仮想変位の原理**” を用いて求めよ。

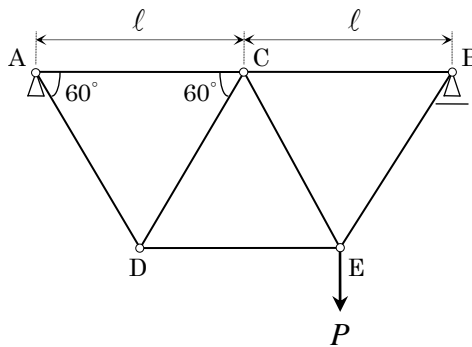


《単位荷重法》

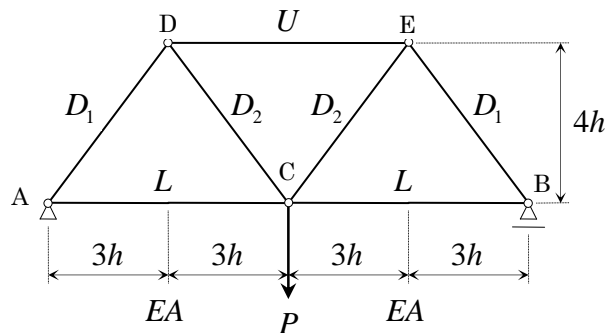
【問題 UL-T-1】 下図に示すトラスの载荷点 C の鉛直変位 v_C と水平変位 u_C を求めよ。ただし、各部材の引張剛性 EA は一定とする。



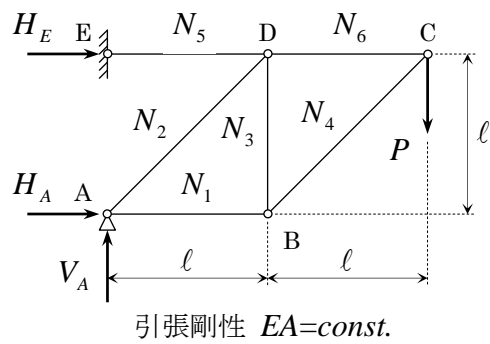
【問題 UL-T-2】 下図に示すトラスの D 点, E 点の鉛直変位 v_D , v_E を求めよ。ただし、各部材の引張剛性 EA は一定とする。



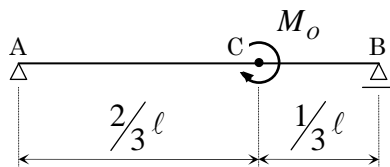
【問題 UL-T-3】 下図に示す静定ワーレントラスの C 点の鉛直変位 v_C を "単位荷重法" を用いて求めよ。ただし、各部材の引張剛性 EA は、一定とする。



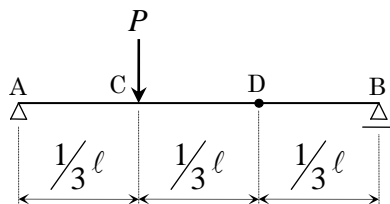
【問題 UL-T-4】 下図に示す静定トラスの C 点の鉛直変位 v_C を “単位荷重法” を用いて求めよ。



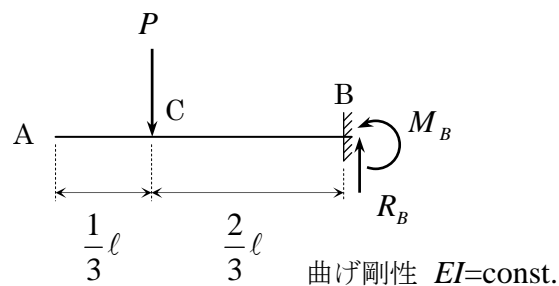
【問題 UL-SB-1】 下図のような単純ばりの C 点に集中モーメント荷重 M_0 が作用するとき、 C 点のたわみ y_C およびたわみ角 θ_C を “単位荷重法” を用いて求めよ。ただし、はりの曲げ剛性 EI は一定とする。



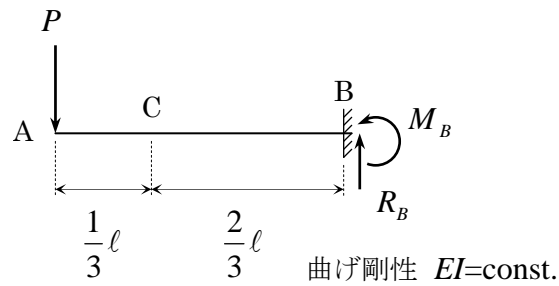
【問題 UL-SB-2】 下図に示す単純ばりの C 点に集中荷重 P が載荷されるとき、 D 点の鉛直方向変位 v_D を “単位荷重法” を用いて求めよ。ただし、はりの曲げ剛性は、 EI で一定とする。



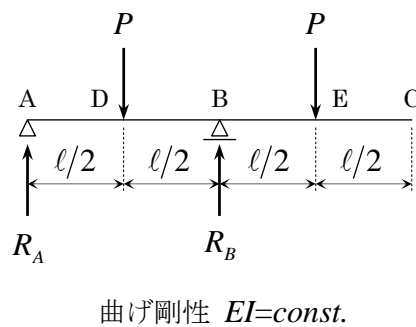
【問題 UL-CL-1】 下図に示す片持ばりの A 点の鉛直変位 v_A を “単位荷重法” を用いて求めよ。



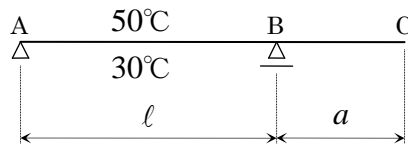
【問題 UL-CL-2】下図に示す片持ばりの C 点の鉛直変位 v_C を “単位荷重法” と “カステリアーノの第 2 定理” を用いて求めよ。



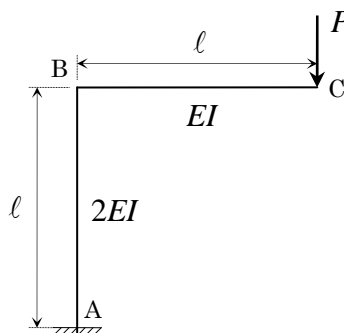
【問題 UL-OB-1】下図に示す張出ばりの C 点の鉛直変位 v_C を “単位荷重法” を用いて求めよ。



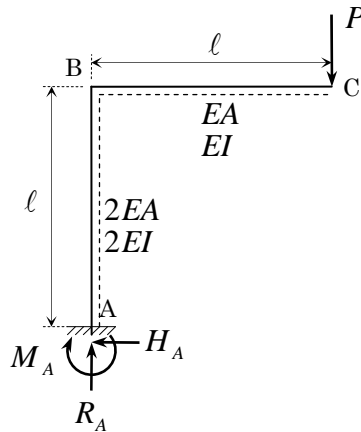
【問題 UL-OB-2】下図に示す張出ばりの上縁の温度が 20°C から 50°C に、下縁の温度が 20°C から 30°C に上昇した。このときの点 C の鉛直たわみ v_C を求めよ。ただし、はりの高さを h 、線膨張係数を α とする。



【問題 UL-R-1】下図に示す静定ラーメンの C 点の鉛直たわみ v_C とたわみ角 θ_C を求めよ。ただし、 AB 、 BC 間の曲げ剛性は、それぞれ $2EI$ 、 EI で一定とし、軸方向力・せん断力の影響は無視する。

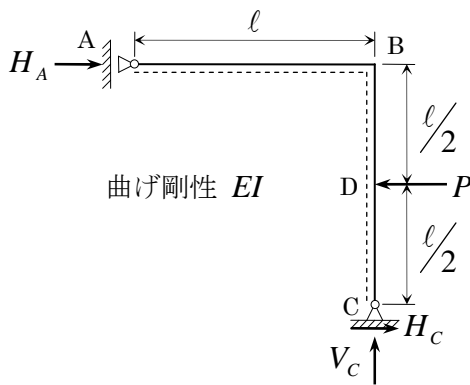


【問題 UL-R-2】 下図に示す静定ラーメンの C 点の鉛直たわみ v_C とたわみ角 θ_C を “単位荷重法” を用いて求めよ。ただし、 AB 間の引張剛性と曲げ剛性は、 $2EA$ 、 $2EI$ 、 BC 間の引張剛性と曲げ剛性は、 EA 、 EI とする。また、せん断力の影響は無視する。

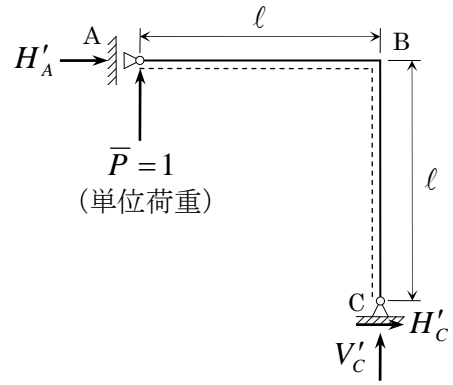


【問題 UL-R-3】 下図-A に示す静定ラーメンについて、 A 点の鉛直上方への変位 Δ_A を “単位荷重法” を用いて以下のような手順で求めよ。ただし、曲げ剛性 EI は一定とし、軸方向力・せん断力の影響は無視する。また、曲げモーメントは、点線側が “引張” となる曲げモーメントを “正” とする。

- (1) 図-A に示す支点反力 H_A 、 V_C 、 H_C を求めよ。
- (2) 図-A の曲げモーメント図 (M -図) を図示せよ。
- (3) 下図-B に示すように、 A 点に単位荷重 $\bar{P}=1$ が作用した場合の支点反力 H'_A 、 V'_C 、 H'_C を求めよ。
- (4) 図-B の曲げモーメント図 (\bar{M} -図) を図示せよ。
- (5) “単位荷重法” $\left(1 \times \Delta_A = \int \frac{M\bar{M}}{EI} dx\right)$ を適用して、 A 点の鉛直上方への変位 Δ_A を求めよ。

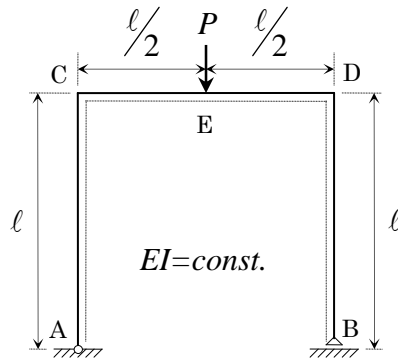


【図-A】

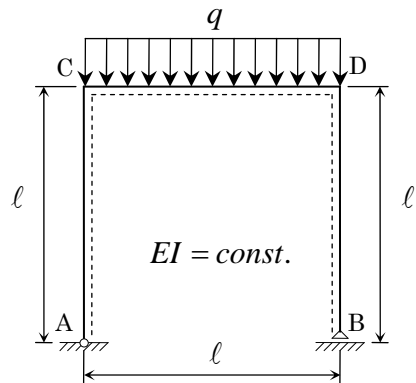


【図-B】

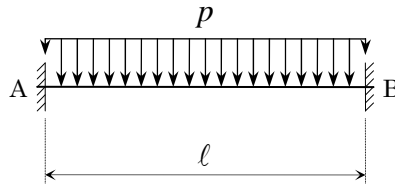
【問題 UL-R-4】 下図に示す静定ラーメンの B 点の水平右方向の変位 Δ_B を “単位荷重法” を用いて求めよ。ただし、曲げ剛性 EI は一定とし、軸方向力・せん断力の影響は無視する。また、曲げモーメントは、点線側が “引張” となる曲げモーメントを “正” とする。



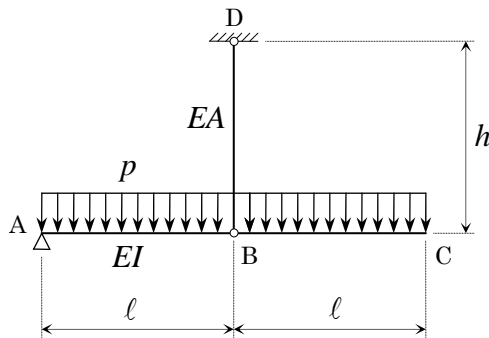
【問題 UL-R-5】 下図に示す静定ラーメンの B 点の水平右方向の変位 Δ_B を “単位荷重法” を用いて求めよ。ただし、曲げ剛性 EI は一定とし、軸方向力・せん断力の影響は無視する。また、曲げモーメントは、点線側が “引張” となる曲げモーメントを “正” とする。



【問題 CP-B-1】 右図のように、等分布荷重 p を受ける両端固定ばり AB のスパン中央点のたわみ v を求めよ。ただし、はりの曲げ剛性 EI は一定とし、せん断力の影響は無視する。



【問題 CP-B-2】 下図のように、等分布荷重 p を受ける長さ 2ℓ 、曲げ剛性 EI 、 A 端ヒンジ、 C 端自由のはり AC の中点 B を、長さ h 、引張剛性 EA の両端ヒンジの棒 BD で吊った構造において、 C 点のたわみ v_C を求めよ。ただし、はり AC については、せん断力の影響は無視してよい。



《カステリアーノの第1定理》

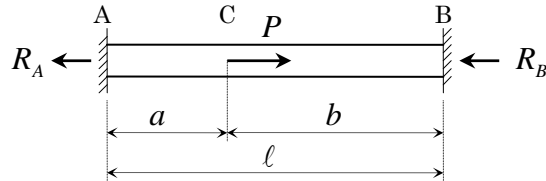
【問題 CA1-1】 下図のような長さ l ，ヤング係数 E の真直な棒の両端 A ， B を固定し、点 C に軸方向外力 P を作用させるとき、固定端に生じる反力 R_A ， R_B を次の2通りの方法で求めよ。ただし、棒の断面積 A は一定とする。

①部分 AC ， BC の伸びをそれぞれ Δ_1 ， Δ_2 として、

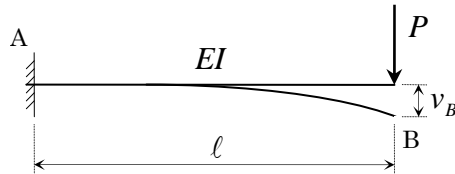
力の釣合条件，フックの法則，変位の適合条件 ($\Delta_1 + \Delta_2 = 0$)

から求める方法。

②点 C の右向きの変位を Δ とし、棒に蓄えられるひずみエネルギー U と “カステリアーノの第1定理” より求める方法。

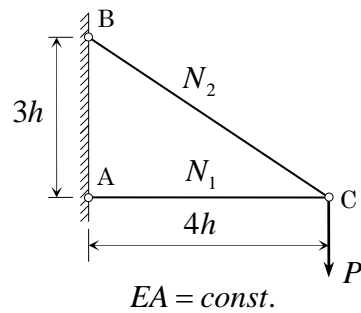


【問題 CA1-2】 下図に示すような曲げ剛性 EI が一定の片持ばりの B 点に鉛直変位 v_B を与えるような外力 P を “カステリアーノの第1定理” より求めよ。

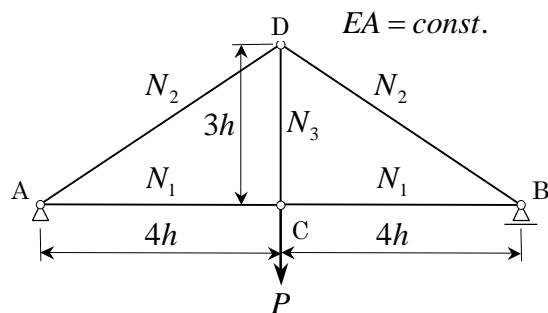


《カステリアーノの第2定理》

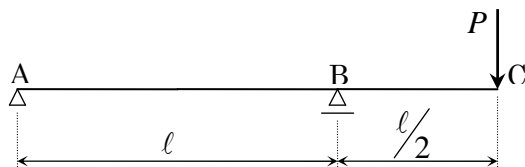
【問題 CA2-1】 下図に示すトラスの C 点の鉛直下方向の変位 v_C を “カステリアーノの第2定理” を用いて求めよ。ただし、各部材の引張剛性 EA は、一定とする。



【問題 CA2-2】 下図に示すトラスの C 点の鉛直下方向変位 v_C を “カステリアーノの第2定理” を用いて求めよ。ただし、各部材の引張剛性 EA は、一定とする。

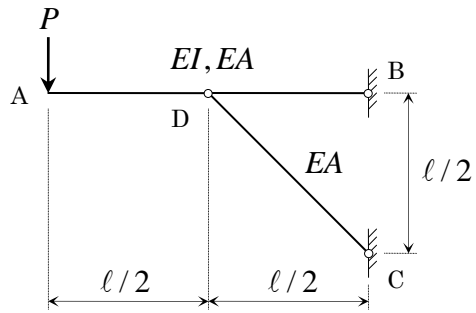


【問題 CA2-3】 下図に示す張出ばりの C 点の鉛直下方向変位 v_C を “カステリアーノの第2定理” を用いて求めよ。ただし、はりの曲げ剛性は EI で一定とし、せん断力の影響は無視するものとする。



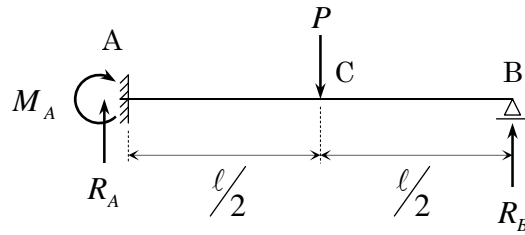
曲げ剛性 $EI=const.$

【問題 CA2-4】下図に示す部材 AB と部材 CD で構成される構造物の A 点の鉛直方向変位 v_A を “カステリアーノの第2定理” を用いて求めよ。ただし、部材 AB は、曲げ剛性 EI ・引張剛性 EA の曲げ部材であり、部材 CD は、引張剛性 EA のトラス部材である。また、せん断力の影響はないものとする。



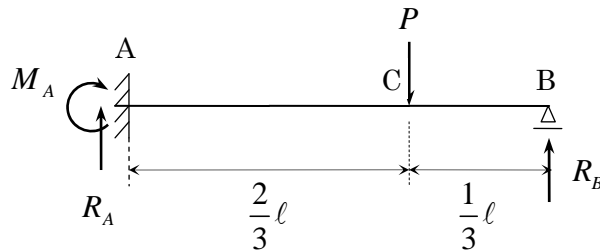
《最小仕事の原理》

【問題 LW-B-1】 下図に示すような曲げ剛性 EI が一定で、集中荷重 P が作用する 1 次不静定ばりの B 点の支点反力 R_B を “最小仕事の原理” を用いて求めよ。なお、せん断力の影響は無視する。



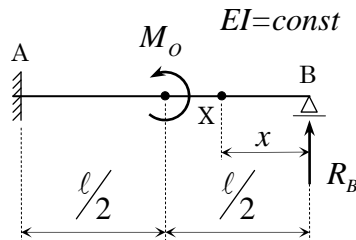
曲げ剛性 $EI = \text{const.}$

【問題 LW-B-2】 下図に示すような曲げ剛性 EI が一定で、集中荷重 P が作用する 1 次不静定ばりの B 点の支点反力 R_B を “最小仕事の原理” を用いて求めよ。さらに、A 点の支点反力 R_A と支点曲げモーメント M_A を求めよ。なお、せん断力の影響は無視する。

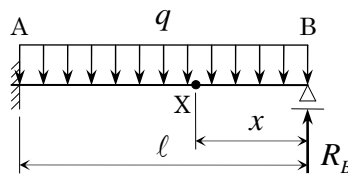


曲げ剛性 $EI = \text{const.}$

【問題 LW-B-3】 下図に示すような曲げ剛性 EI が一定で、集中モーメント M_0 が作用する 1 次不静定ばりの B 点の支点反力 R_B を “最小仕事の原理” を用いて求めよ。なお、せん断力の影響は無視する。

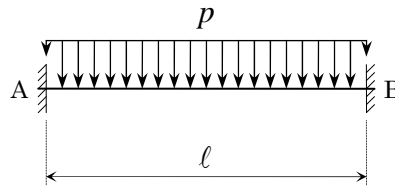


【問題 LW-B-4】 下図に示すような曲げ剛性 EI が一定で、等分布荷重 q が作用する 1 次不静定ばりの B 点の支点反力 R_B を “最小仕事の原理” を用いて求めよ。なお、せん断力の影響は無視する。

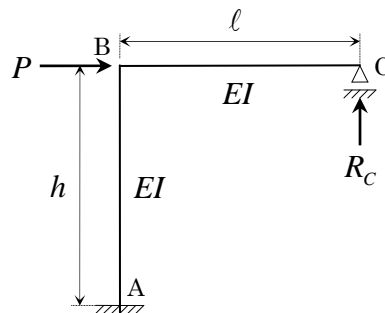


$EI = \text{const.}$

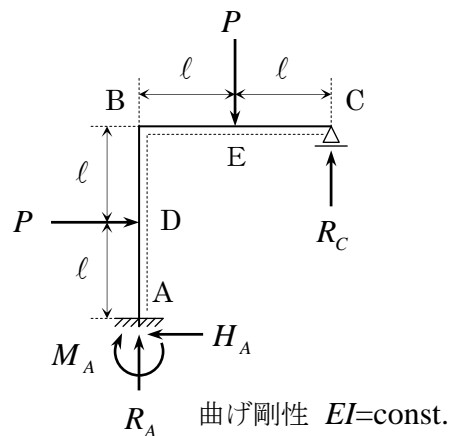
【問題 LW-B-5】 下図のように、等分布荷重 p を受ける両端固定ばり AB のスパン中央点のたわみ v を求めよ。ただし、はりの曲げ剛性 EI は一定とし、せん断力の影響は無視する。



【問題 LW-R-1】 下図に示す 1 次不静定ラーメンの支点 C の支点反力 R_C を “最小仕事の原理” を用いて求めよ。ただし、各部材の曲げ剛性は、 EI で一定とし、せん断力の影響は無視する。

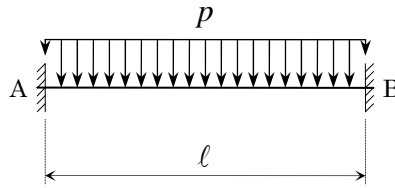


【問題 LW-R-2】 下図に示す 1 次不静定ラーメンの支点 C の支点反力 R_C を “最小仕事の原理” を用いて求めよ。ただし、各部材の曲げ剛性は、 EI で一定とし、せん断力の影響は無視する。



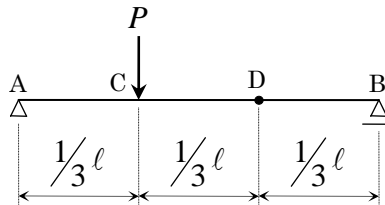
《複合問題》

【問題 CP-1】 右図のように、等分布荷重 p を受ける両端固定ばり AB のスパン中央点のたわみ v を求めよ。ただし、はりの曲げ剛性 EI は一定とし、せん断力の影響は無視する。

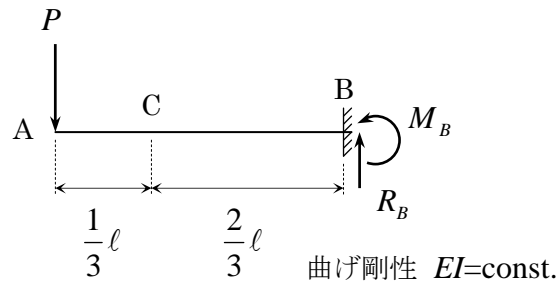


【問題 CP-2】 下図に示す単純ばりの C 点に集中荷重 P が载荷されるとき、 D 点の鉛直方向変位 v_D を次の2通りの方法で求めよ。ただし、はりの曲げ剛性は、 EI で一定とし、せん断力の影響は無視する。

- (1) "単位荷重法"
- (2) "カステリアーノの第2定理"



【問題 CP-3】 下図に示す片持ばりの C 点の鉛直変位 v_C を "単位荷重法" と "カステリアーノの第2定理" を用いて求めよ。ただし、はりの曲げ剛性は、 EI で一定とし、せん断力の影響は無視する。

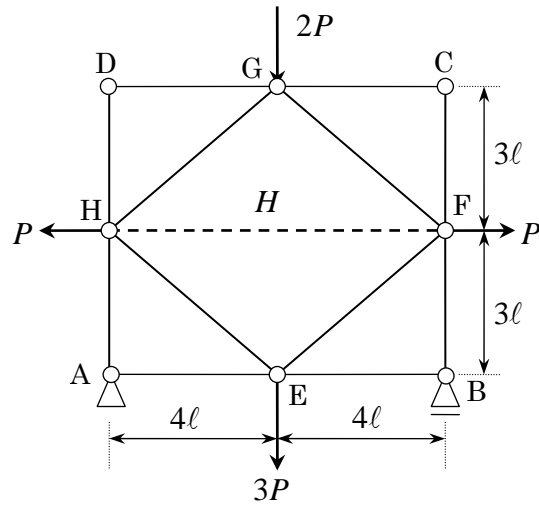


【問題 CP-4】 下図に示す静定トラスについて、次の設問に答えよ。

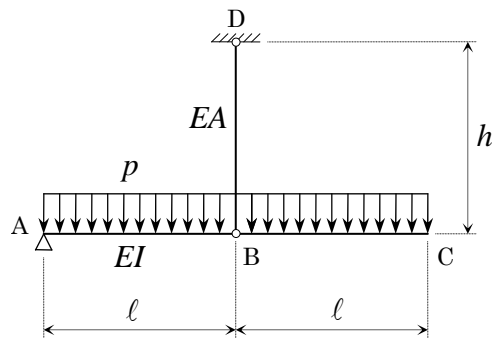
(1) 破線で表される部材の部材力 H を “**仮想変位の原理**” を用いて求めよ。

(2) E 点の鉛直方向の変位 v_E を “**単位荷重法**” を用いて求めよ。

なお、全ての部材の引張剛性は、 EA とする。

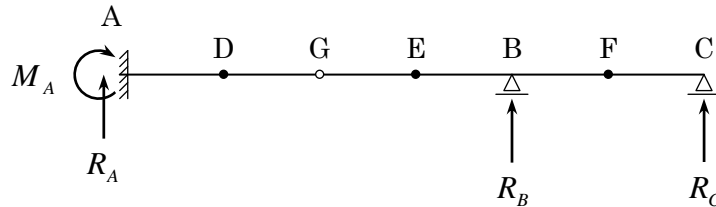


【問題 CP-5】 下図のように、等分布荷重 p を受ける長さ $2l$ 、曲げ剛性 EI 、A 端ヒンジ、C 端自由のはり AC の中点 B を、長さ h 、引張剛性 EA の両端ヒンジの棒 BD で吊った構造において、C 点のたわみ v_C を求めよ。ただし、はり AC については、せん断力の影響は無視してよい。



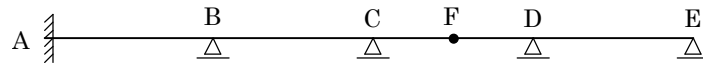
《ミュラー・ブレスラウの定理》

【問題 MB-1】 “ミュラー・ブレスラウ(Müller-Breslau)の定理”を用いて、
 下図に示す1次不静定ゲルバーばりの支点反力 R_A, M_A, R_B, R_C ・曲げモーメント M_D, M_E, M_F ・せん断力 Q_D, Q_E, Q_F の影響線の概略形を図示せよ。ただし、図中には、正負の符号を必ず明記すること。

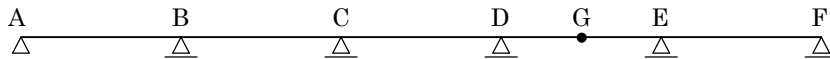


曲げ剛性 $EI = \text{const.}$

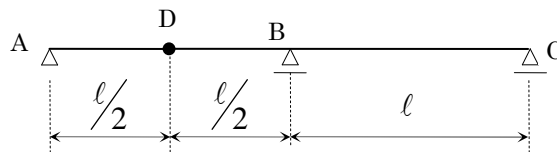
【問題 MB-2】 “ミュラー・ブレスラウ(Müller-Breslau)の定理”を用いて、
 下図に示す不静定ばりの F 点のたわみ v_F , せん断力 Q_F , 曲げモーメント M_F と支点反力 R_A, R_B の影響線の概略を図示せよ。ただし、図中には、正負の符号を必ず明記すること。



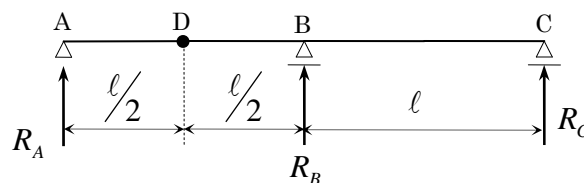
【問題 MB-3】 “ミュラー・ブレスラウ(Müller-Breslau)の定理”を用いて、
 下図に示す不静定ばりの G 点のたわみ v_G , せん断力 Q_G , 曲げモーメント M_G と支点反力 R_A, R_B の影響線の概略を図示せよ。ただし、図中には、正負の符号を必ず明記すること。



【問題 MB-4】 “ミュラー・ブレスラウ(Müller-Breslau)の定理”を用いて、
 下図に示す1次不静定ばりの D 点のたわみ v , せん断力 Q , 曲げモーメント M の影響線の概略を図示せよ。ただし、図中には、正負の符号を必ず明記すること。

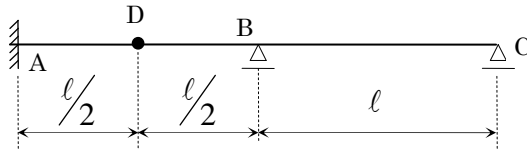


【問題 MB-5】 “ミュラー・ブレスラウ(Müller-Breslau)の定理”を用いて、
 下図に示す1次不静定ばりの支点反力 R_A, R_B, R_C と D 点のたわみ v の影響線の概略を図示せよ。ただし、図中には、正負の符号を必ず明記すること。



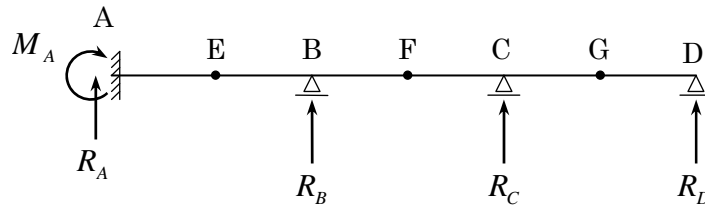
【問題 MB-6】 “ミュラー・ブレスラウ(Müller-Breslau)の定理”を用いて、

下図に示す2次不静定ばりのD点のたわみ v 、せん断力 Q 、曲げモーメント M の影響線の概略を図示せよ。ただし、図中には、正負の符号を必ず明記すること。



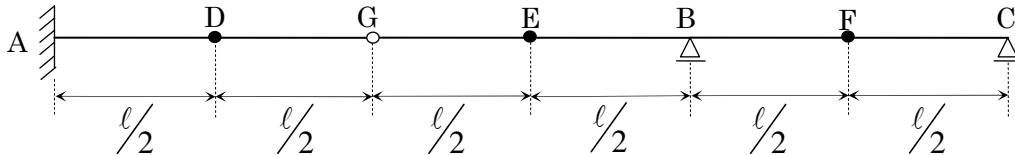
【問題 MB-7】 “ミュラー・ブレスラウ(Müller-Breslau)の定理”を用いて、

下図に示す3次不静定ばりの支点反力 R_A, M_A, R_B, R_C, R_D ・曲げモーメント M_E, M_F, M_G ・せん断力 Q_E, Q_F, Q_G の影響線の概略形を図示せよ。ただし、図中には、正負の符号を必ず明記すること。



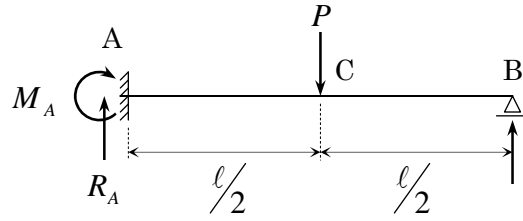
曲げ剛性 $EI = \text{const.}$

【問題 MB-8】 下図に示す曲げ剛性 EI が一定な1次不静定ゲルバーばりのG点のせん断力 Q_G の“影響線”を求めよ。さらに、支点反力 R_A, R_B, R_C, M_A ・曲げモーメント M_D, M_E, M_F, M_B ・せん断力 Q_D, Q_E, Q_F の“影響線”を図示せよ。ただし、図中には、正負の符号を必ず明記すること。



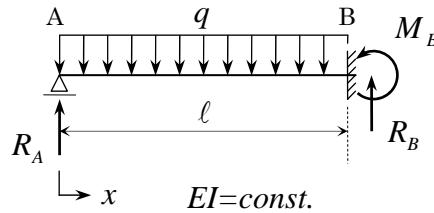
《応力法（余力法）》

【問題 SM-1】 下図に示す 1 次不静定片持ばりの A 点の支点曲げモーメント M_A を “応力法（余力法）” を用いて求めよ。

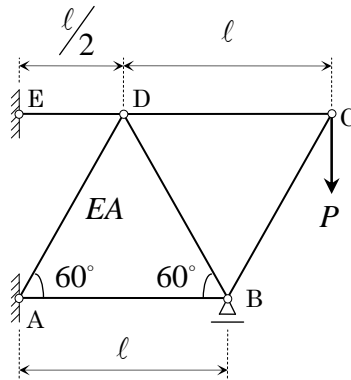


曲げ剛性 $EI = \text{const.}$

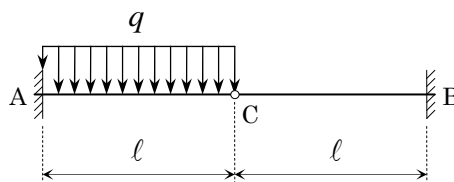
【問題 SM-2】 “応力法（余力法）” を用いて、下図に示すような 1 次不静定片持ばりの B 点の支点曲げモーメント M_B を求めよ。ただし、曲げ剛性 EI は一定とし、せん断力の影響は無視する。



【問題 SM-3】 下図に示す不静定トラスの部材力を求めよ。ただし、すべての部材の引張剛性 EA は等しいものとする。



【問題 SM-4】 下図に示す 1 次不静定ばりの曲げモーメント図 (M -図), せん断力図 (Q -図) を求めよ。ただし、はりの曲げ剛性 EI は一定とする。また、不静定力としては、点 C のせん断力を用いるものとする。



【問題 SM-5】 下図に示す曲げ剛性が EI で一定の不静定ばりについて、次の設問に答えよ。

- (1) 支点反力 R_B を不静定力と考えて、添付した **“変形の公式”** を用いて、これを求めよ。
- (2) 支点反力 R_A , R_C を求めよ。
- (3) 断面力図（せん断力図, 曲げモーメント図）を図示せよ。

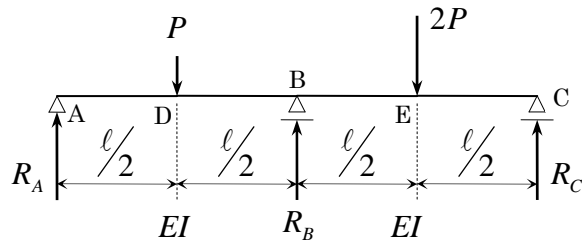


表-8.1(a) 各種はりのたわみおよびたわみ角

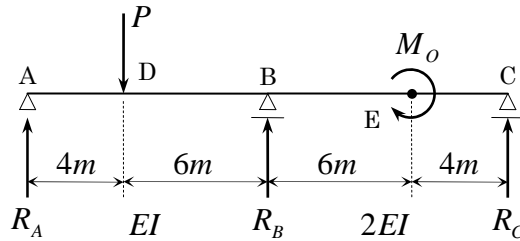
	荷重状態	たわみ曲線	特定点のたわみ
単 純 ば り ①		$y_\ell = \frac{Pa^2b^2}{6EI\ell} \left(2\frac{x}{a} + \frac{x}{b} - \frac{x^3}{a^2b} \right)$ $y_r = \frac{Pa^2b^2}{6EI\ell} \left(2\frac{x'}{b} + \frac{x'}{a} - \frac{x'^3}{ab^2} \right)$	$y_c = \frac{Pa^2b^2}{3EI\ell}$
単 純 ば り ②		$y_\ell = \frac{P\ell^3}{16EI} \left(\frac{x}{\ell} - \frac{4}{3} \cdot \frac{x^3}{\ell^3} \right) \quad 0 \leqq x \leqq \frac{\ell}{2}$	$y_{\max} = y_c = \frac{P\ell^3}{48EI}$

《3連モーメントの定理》

【問題 3M-1】 下図に示す1次不静定ばりについて、次の設問に答えよ。

なお、A～B, B～C間の曲げ剛性は、それぞれ EI , $2EI$ とする。また、支点沈下はないものとする。

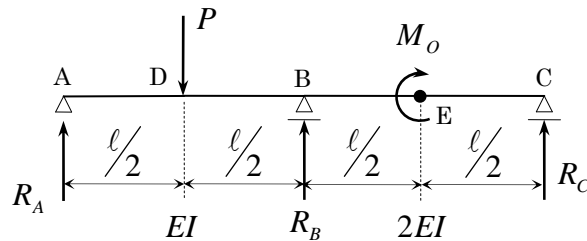
- (1) "3連モーメントの定理"を用いて、B点の支点曲げモーメント M_B を求めよ。
- (2) 支点反力 R_A , R_B , R_C を求めよ。
- (3) 曲げモーメント図 (M -図) とせん断力図 (Q -図) を図示せよ。



【問題 3M-2】 下図に示す1次不静定ばりについて、次の設問に答えよ。

なお、A～B, B～C間の曲げ剛性は、それぞれ EI , $2EI$ とする。また、支点沈下はないものとする。

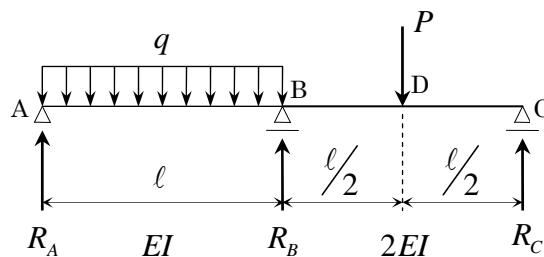
- (1) "3連モーメントの定理"を用いて、B点の支点曲げモーメント M_B を求めよ。
- (2) 支点反力 R_A , R_B , R_C を求めよ。
- (3) 支点反力 $R_B = 0$ となる M_o を求め、そのときの支点反力 R_A , R_C を求めよ。
- (4) (3)の状態での曲げモーメント図 (M -図) とせん断力図 (Q -図) を図示せよ。



【問題 3M-3】 下図に示す1次不静定ばりについて、次の設問に答えよ。

なお、A～B, B～C間の曲げ剛性は、それぞれ EI , $2EI$ とする。また、支点沈下はないものとする。

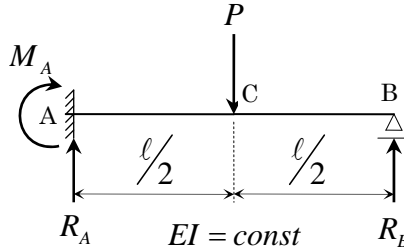
- (1) "3連モーメントの定理"を用いて、B点の支点曲げモーメント M_B を求めよ。
- (2) 支点反力 R_A , R_B , R_C を求めよ。
- (3) 曲げモーメント図 (M -図) とせん断力図 (Q -図) を図示せよ。



【問題 3M-4】 下図に示す 1 次不静定ばりについて、次の設問に答えよ。

ただし、曲げ剛性は、 EI とする。また、支点沈下はないものとする。

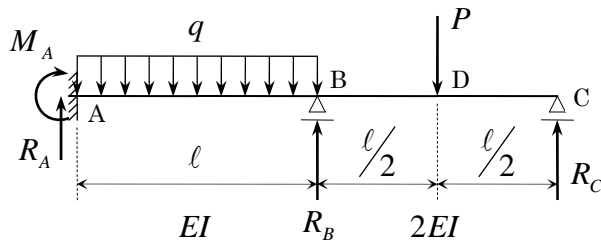
- (1) "3 連モーメントの定理" を用いて、A 点の支点曲げモーメント M_A を求めよ。
- (2) 支点反力 R_A , R_B を求めよ。
- (3) 曲げモーメント図 (M -図) とせん断力図 (Q -図) を図示せよ。



【問題 3M-5】 下図に示す 2 次不静定ばりについて、次の設問に答えよ。

なお、A~B, B~C 間の曲げ剛性は、それぞれ EI , $2EI$ とする。また、支点沈下はないものとする。

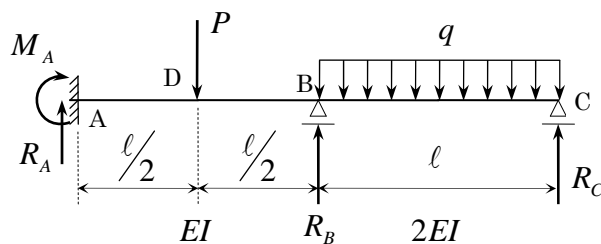
- (1) "3 連モーメントの定理" を用いて、A 点と B 点の支点曲げモーメント M_A , M_B を求めよ。
- (2) 支点反力 R_A , R_B , R_C を求めよ。
- (3) 曲げモーメント図 (M -図) とせん断力図 (Q -図) を図示せよ。



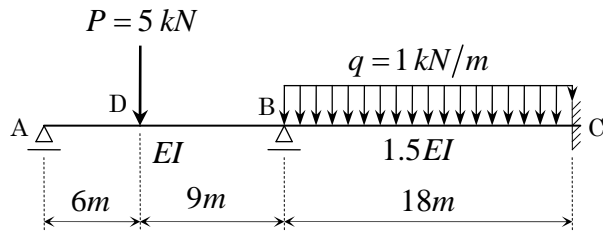
【問題 3M-6】 下図に示す 2 次不静定ばりについて、次の設問に答えよ。

なお、A~B, B~C 間の曲げ剛性は、それぞれ EI , $2EI$ とする。また、支点沈下はないものとする。

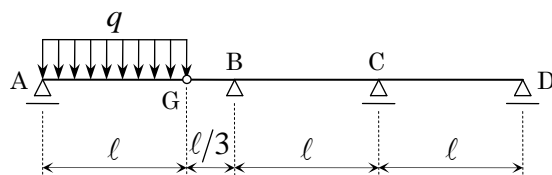
- (1) "3 連モーメントの定理" を用いて、A 点と B 点の支点曲げモーメント M_A , M_B を求めよ。
- (2) 支点反力 R_A , R_B , R_C を求めよ。
- (3) 曲げモーメント図 (M -図) とせん断力図 (Q -図) を図示せよ。



【問題 3M-7】 下図に示す2スパン連続ばりを“3連モーメントの定理”によって解き、曲げモーメント図 (M -図) とせん断力図 (Q -図) を図示せよ。ただし、はりの曲げ剛性は、A~B間 EI , B~C間 $1.5EI$ である。また、支点沈下はないものとする。



【問題 3M-8】 下図に示す中間ヒンジをもつ不静定ばりを“3連モーメントの定理”を用いて解き、支点曲げモーメント M_B , M_C を求めよ。ただし、はりの曲げ剛性は EI で一定とする。また、支点沈下はないものとする。

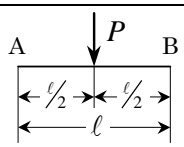
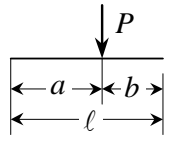
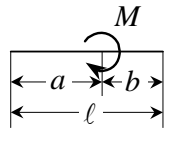
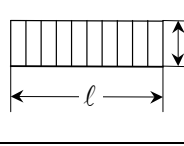
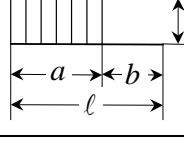
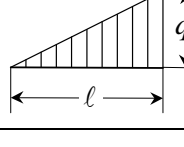
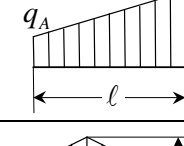
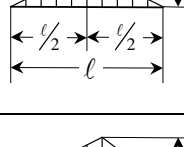
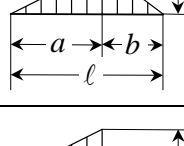
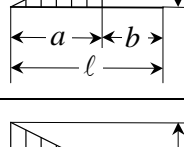
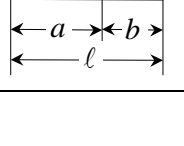


“3連モーメントの定理”は、次のような式で表される。

$$\frac{\ell_n}{I_n} M_{n-1} + 2 \cdot \left(\frac{\ell_n}{I_n} + \frac{\ell_{n+1}}{I_{n+1}} \right) \cdot M_n + \frac{\ell_{n+1}}{I_{n+1}} M_{n+1} = -6 \cdot \left(\frac{\bar{A}_0}{I_n} + \frac{\bar{B}_0}{I_{n+1}} \right) + 6E \cdot (R_n - R_{n+1})$$

ここに、 R_n , R_{n+1} : 部材回転角、 \bar{A}_0 , \bar{B}_0 : 荷重項 (次表参照) である。

表-1 "3連モーメントの定理"における荷重項

荷重状態	\bar{A}_0	\bar{B}_0
	$\frac{1}{16} P l^2$	$\frac{1}{16} P l^2$
	$\frac{P l^2}{6} \cdot \left(\frac{b}{l} - \frac{b^3}{l^3} \right) = \frac{P a b (\ell + b)}{6 l}$	$\frac{P l^2}{6} \cdot \left(\frac{a}{l} - \frac{a^3}{l^3} \right) = \frac{P a b (\ell + a)}{6 l}$
	$-M \cdot \frac{\ell}{6} \cdot \left(1 - 3 \frac{b^2}{\ell^2} \right) = -\frac{M (\ell^2 - 3 b^2)}{6 l}$	$M \cdot \frac{\ell}{6} \cdot \left(1 - 3 \frac{a^2}{\ell^2} \right) = \frac{M (\ell^2 - 3 a^2)}{6 l}$
	$\frac{1}{24} q l^3$	$\frac{1}{24} q l^3$
	$\frac{q l^3}{24} \cdot \frac{a^2}{\ell^2} \cdot \left(2 - \frac{a}{\ell} \right)^2$	$\frac{q l^3}{24} \cdot \frac{a^2}{\ell^2} \cdot \left(2 - \frac{a^2}{\ell^2} \right)$
	$\frac{7}{360} q l^3$	$\frac{1}{45} q l^3$
	$(8 q_A + 7 q_B) \cdot \frac{\ell^3}{360}$	$(7 q_A + 8 q_B) \cdot \frac{\ell^3}{360}$
	$\frac{5}{192} q l^3$	$\frac{5}{192} q l^3$
	$\frac{q l^3}{360} \cdot \left(1 + \frac{b}{\ell} \right) \cdot \left(7 - 3 \frac{b^2}{\ell^2} \right)$	$\frac{q l^3}{360} \cdot \left(1 + \frac{a}{\ell} \right) \cdot \left(7 - 3 \frac{a^2}{\ell^2} \right)$
	$\frac{q l^3}{360} \cdot \frac{a^2}{\ell^2} \cdot \left(40 - 45 \frac{a}{\ell} + 12 \frac{a^2}{\ell^2} \right)$	$\frac{q l^3}{90} \cdot \frac{a^2}{\ell^2} \cdot \left(5 - 3 \frac{a^2}{\ell^2} \right)$
	$\frac{q l^3}{360} \cdot \frac{a^2}{\ell^2} \cdot \left(20 - 15 \frac{a}{\ell} + 3 \frac{a^2}{\ell^2} \right)$	$\frac{q l^3}{360} \cdot \frac{a^2}{\ell^2} \cdot \left(10 - 3 \frac{a^2}{\ell^2} \right)$

※小松定夫："構造解析学Ⅱ"（第3版），pp.188（表13-1）に準拠，丸善，1989