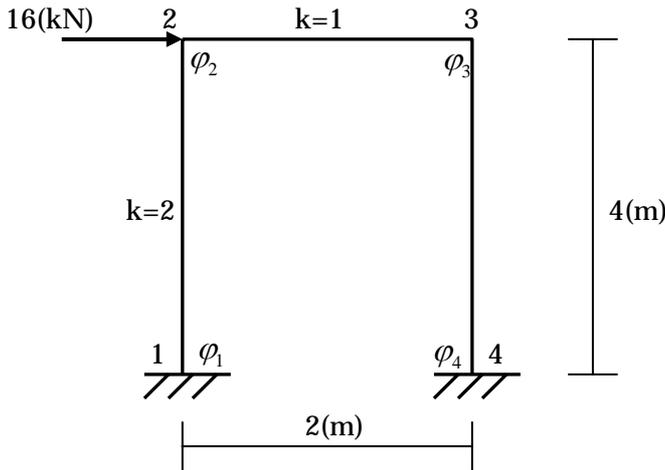


学 科	学年・組	学籍番号	氏 名	評 価

問 1 次に示す構造物をたわみ角法で解き、モーメント(M)図、せん断力(Q)図を求めなさい。



<たわみ角法の基本式>

$$M_{AB} = k_{AB}(2\varphi_A + \varphi_B + \psi_{AB}) + C_{AB}$$

$$M_{BA} = k_{AB}(2\varphi_B + \varphi_A + \psi_{AB}) - C_{BA}$$

ここで k_{AB} : 剛比

$$\varphi_A = 2EK_0\theta_A$$

$$\psi_{AB} = -6EK_0R_{AB}$$

C_{AB} : 点 A での固定端
モーメント

上記の部材について、たわみ角法の基本方程式を書くと、次のようになる。

$$\begin{cases} M_{12} = 2(2\varphi_1 + \varphi_2 + \psi) \\ M_{21} = 2(2\varphi_2 + \varphi_1 + \psi) \\ M_{23} = 1(2\varphi_2 + \varphi_3) \\ M_{32} = 1(2\varphi_3 + \varphi_2) \\ M_{34} = 2(2\varphi_3 + \varphi_4 + \psi) \\ M_{43} = 2(2\varphi_4 + \varphi_3 + \psi) \end{cases}$$

境界条件より節点 1、4 が固定なので、回転角 $\varphi_1 = \varphi_4 = 0$ 、さらに逆対称条件 $\varphi_2 = \varphi_3$ を用いると、基本式は以下のように変形できる。

$$\begin{cases} M_{12} = 2(\varphi_2 + \psi) \\ M_{21} = 2(2\varphi_2 + \psi) \\ M_{23} = 3\varphi_2 \end{cases} \quad (1)$$

節点 2 におけるモーメントの釣合は、 $M_{21} + M_{23} = 0$ となるので、

$$7\varphi_2 + 2\psi = 0 \quad (2)$$

< ψ について >

部材は軸方向には伸びないと仮定するので、骨組は水平方向しか動かない。つまり、はりには部材角 R が生じないことになる。(下図参照)

層せん断力の釣合は

$$\frac{M_{12} + M_{21}}{4} + \frac{M_{34} + M_{43}}{4} + P = 0$$

$$6\varphi_2 + 4\psi = -32 \quad (3)$$

(2)と(3)の連立方程式は次のようになり、

$$7\varphi_2 + 2\psi = 0$$

$$6\varphi_2 + 4\psi = -32$$

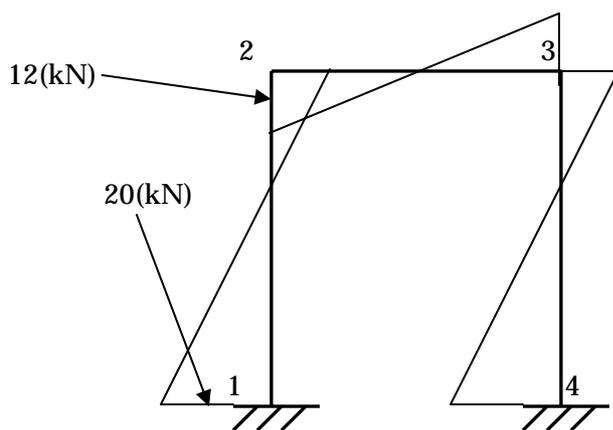
これを解くと、

$$\varphi_2 = 4 \quad \psi = -14$$

求めた解を(1)に代入すると、材端モーメントが次のように求まる。

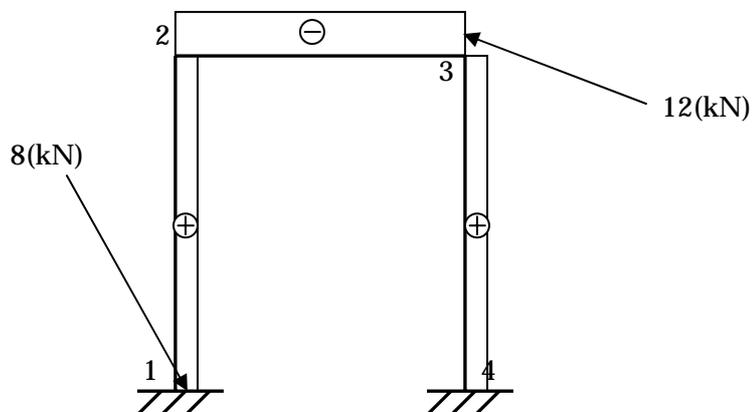
$$\begin{cases} M_{12} = -20 \\ M_{21} = -12 \\ M_{23} = 12 \end{cases}$$

上記の材端モーメントより、曲げモーメント図を求める。



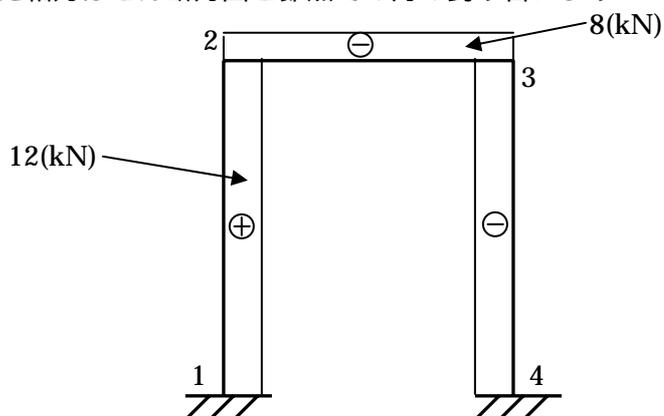
M 図

上記の曲げモーメント図よりせん断力を計算し、せん断力図を求める。

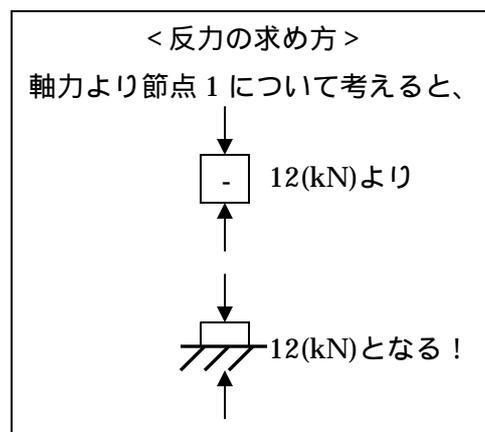
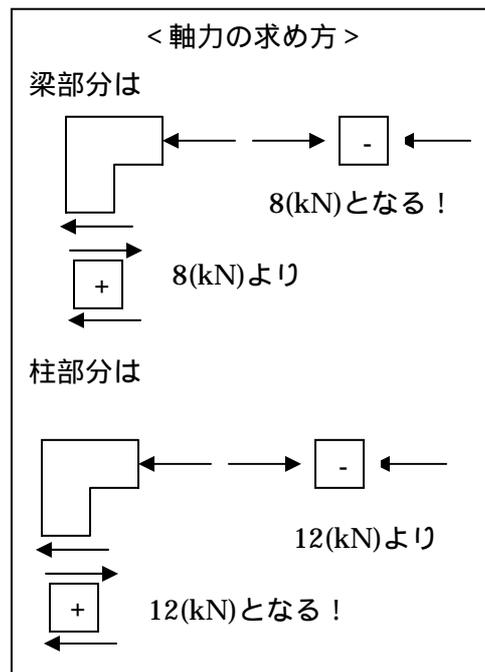
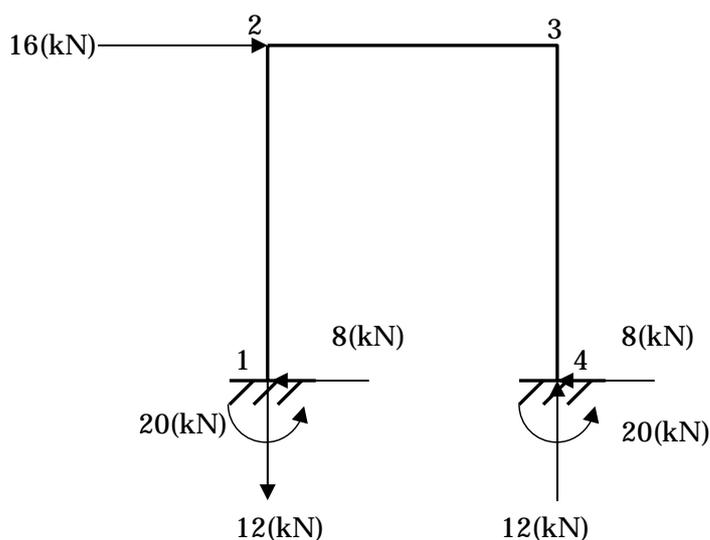


Q 図

また軸力はせん断力図と節点での力の釣り合いより



となる。ここで外力と反力が釣り合っているかを次のように確認する。



鉛直方向の釣合は、

$$12 - 12 = 0$$

水平方向の釣合は、

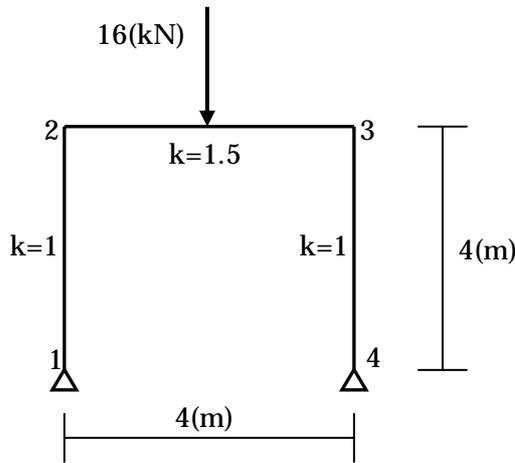
$$16 - 8 - 8 = 0$$

となり、節点1におけるモーメントの釣合は次のようになる。

$$M_1 = 16 \times 4 - 20 - 20 - 12 \times 2 = 0$$

すべてが0となり、求めた値は正確であったことがわかる。

問 2 次に示す構造物をたわみ角法で解き、モーメント(M)図、せん断力(Q)図を求めなさい。



<基本応力>

$$C = \frac{16 \times 4}{8} = 8$$

$$M_0 = \frac{16 \times 4}{4} = 16$$

$$Q = \frac{16}{2} = 8$$

上記部材において、境界条件より節点 1、4 がピンなので、モーメント $M_{12} = M_{43} = 0$ 、さらに対称条件 $\varphi_2 = -\varphi_3$ 、 $\psi = 0$ を用いると、たわみ角法の基本方程式は次のように書ける。

$$(1) \quad \begin{cases} M_{12} = 0 \\ M_{21} = 1.5\varphi_2 \\ M_{23} = 1.5\varphi_2 - C \\ M_{32} = -1.5\varphi_2 + C \\ M_{34} = -1.5\varphi_2 \\ M_{43} = 0 \end{cases}$$

<たわみ角法の基本式>
一端ピン接合の場合

$$M_{AB} = 0$$

$$M_{BA} = k_{AB}(1.5\varphi_B + 0.5\psi_{AB}) - C_{BA}$$

ここで k_{AB} : 剛比

$$\varphi_A = 2EK_0\theta_A$$

$$\psi_{AB} = -6EK_0R_{AB}$$

\overline{C}_{BA} : 点 A での固定端
モーメント

節点 2 におけるモーメントの釣合は、

$$M_{21} + M_{23} = 0$$

$$\varphi_2 = \frac{C}{3} = \frac{8}{3}$$

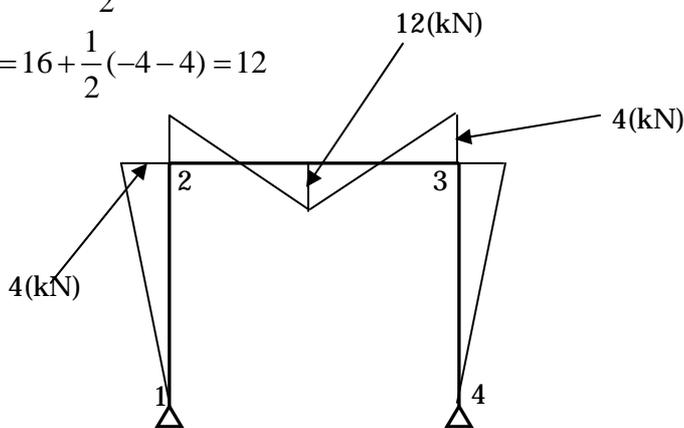
求めた解を(1)に代入すると、材端モーメントが次のように求まる。

$$\begin{cases} M_{12} = 0 \\ M_{21} = 4 \\ M_{23} = -4 \end{cases}$$

上記の材端モーメントより、曲げモーメント図を求める。なお、はり中央の曲げモーメント M_c は

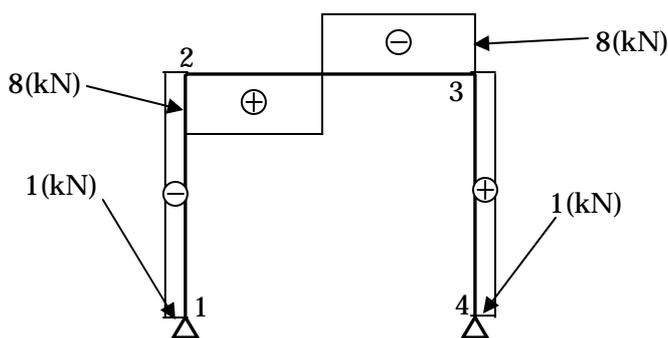
$$M_c = M_0 + \frac{1}{2}(M_{23} - M_{32})$$

$$= 16 + \frac{1}{2}(-4 - 4) = 12$$



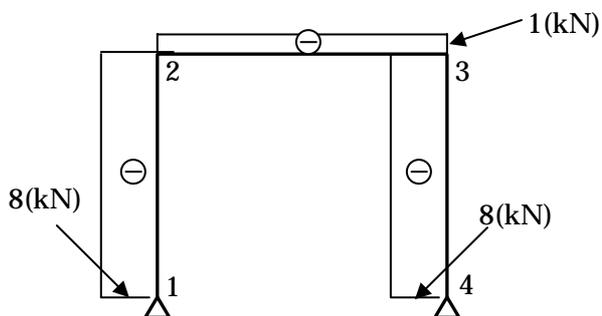
M図

上記の曲げモーメント図より傾きを計算し、せん断力図を求める。



Q図

また軸力図はせん断力図と節点での力の釣り合いより次図となる。



<軸力の求め方>

梁部分は

1(kN)となる!

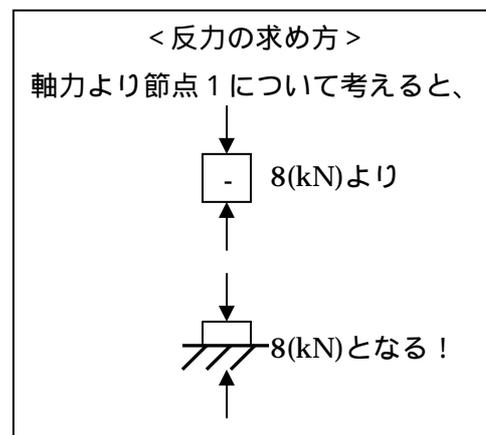
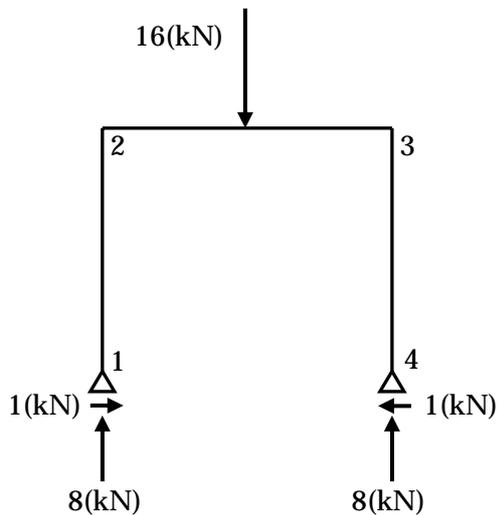
1(kN)より

柱部分は

8(kN)より

8(kN)となる!

となる。ここで外力と反力が釣り合っているかを確認する。



鉛直方向の釣合は、

$$16 - 8 - 8 = 0$$

水平方向の釣合は、

$$1 - 1 = 0$$

となり、節点 1 におけるモーメントの釣合は次のようになる。

$$\begin{aligned} M_1 &= 16 \times 2 - 8 \times 4 \\ &= 0 \end{aligned}$$

すべてが 0 となり、求めた値は正確であったことがわかる。