5　静定ばり

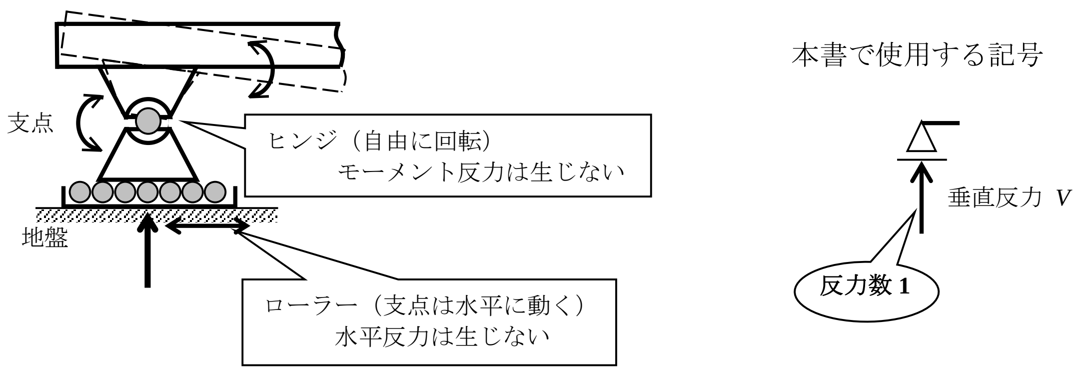
5.1　支点と反力

5.1.1　支点と反力

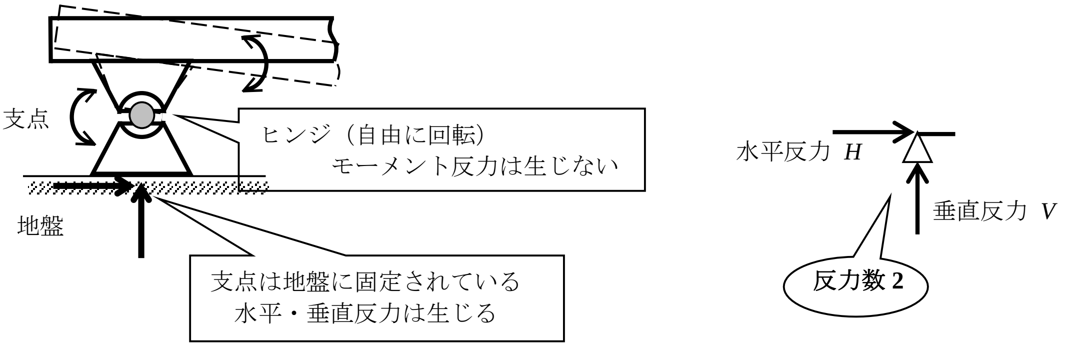
はりや構造物が支えられている点を**支点**という．
荷重は支点を通じて地盤に伝えられるが，地盤はこれを等大逆向きの力(**反力**)で支える．
反力は支点に作用する外力(荷重)と考える．
反力には拘束の仕方によって，**水平反力**，**垂直反力**，**支点モーメント**の 3 種類が発生する．

はりを支える支点としては通常次の 3 種類がある．これはその働きを理想化してモデル化したものである．

(1) ローラー支点



(2) ヒンジ支点



(3) 固定支点

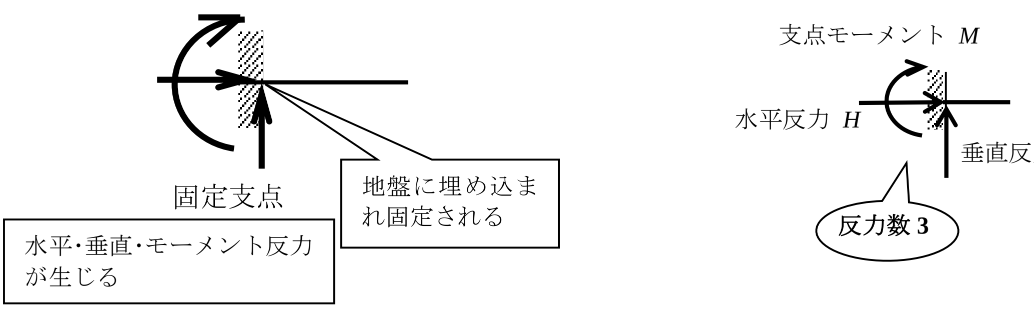
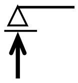
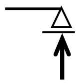
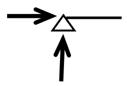
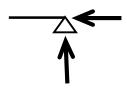
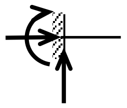
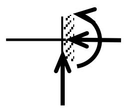
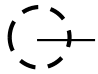
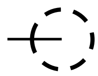


図 5.1　支点の種類と反力

表 5.1 支点の種類と反力

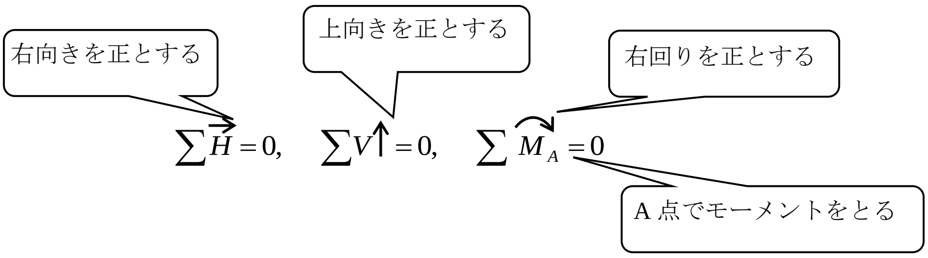
	支点 左端	支点 右端	反力の種類	反力数	境界条件
ローラー支点			垂直反力 V	1	たわみが 0 曲げモーメントが 0
ヒンジ支点			水平反力 H 垂直反力 V	2	
固定点			水平反力 H 垂直反力 V 支点モーメント M	3	たわみが 0 たわみ角が 0
自由端			なし	0	せん断力が 0 曲げモーメントが 0

自由端は支点ではないが，はりの端点として使用するのでここに加える．

境界条件は支点が満足すべき条件で，せん断力図（Q-図），曲げモーメント図（M-図）を描く上で理解しておく必要がある．

5.1.2　反力の求め方

釣合いの 3 条件式から求める．矢印を付けると分かりやすい．



$$\sum \vec{H} = 0, \quad \sum V\uparrow = 0, \quad \sum \overset{\curvearrowright}{M_A} = 0$$

［注意事項］

釣合い式とは右辺が 0 である式をいう．

右辺が 0 であるから左向きに矢印をとってその方向を正としてもよい．

すなわち，**両辺に－1 を掛けてもこの式は成り立つ**．

5.1.3　はりの種類

表 5. 1 より構造物として成り立つはりは次の 6 通りである（数値は反力数）．

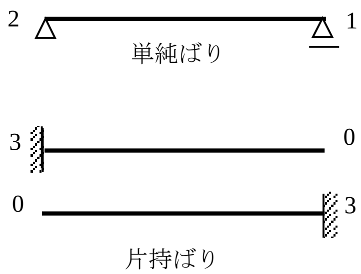


図 5.2 静定ばり

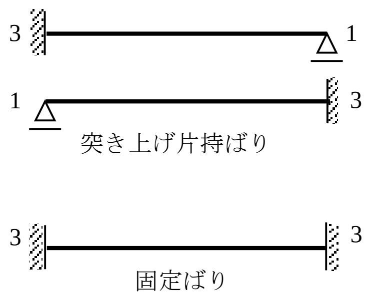


図 5.3 不静定ばり

注）突き上げ片持ばり (propped beam)：この言葉，いいと思いませんか？

釣合い条件式のみで反力を求めることのできるはりを**静定ばり**（反力数が 3 個のはり）という．
図 5.2 の反力数は合計で 3 個であり，反力を求めることができる．
図 5.3 は 4 個以上になり，釣合いの条件式だけからは反力を求めることはできない．このようなはりを**不静定ばり**という．

釣合いの条件式から反力が求められるはりは他に次のようなものがある．
（ゲルバーばりは単純ばりと張出ばりをヒンジで結合したもので下図注のように分解して解く）

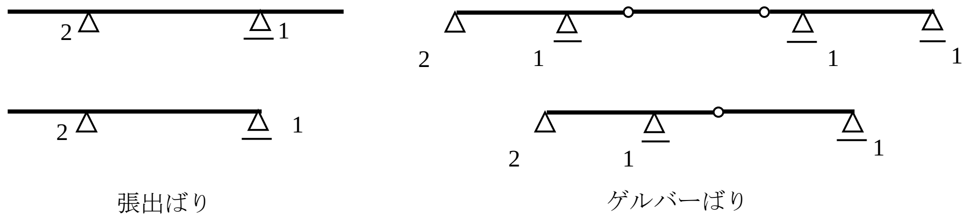
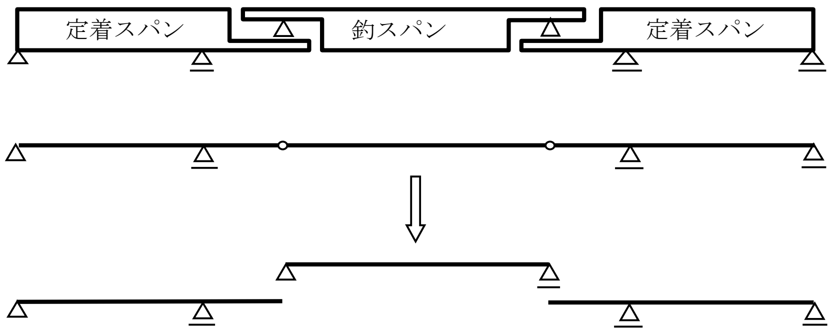


図 5.4　張出ばりとゲルバーばり

注）ゲルバーばりの構造



単純ばりと張出ばりに分解
釣りスパンから解く
釣りスパンの反力を，定着スパンに荷重として掛ける

図 5.5　ゲルバーばり

5.2　断面力の求め方

5.2.1　断面力の求め方

断面力を求めるには，はりを任意断面で切断し，切断した断面に**断面力**を作用させ,その左側(右側)の釣合いを考える．

断面力には，**軸力（*N*）**，**せん断力（*Q*）**，**曲げモーメント（*M*）**がある．

はりを任意点 C で切断した場合，切断面 C での断面力は図の場合を基準（正）にとる．相対する面の断面力は作用反作用の法則より図のようになる．

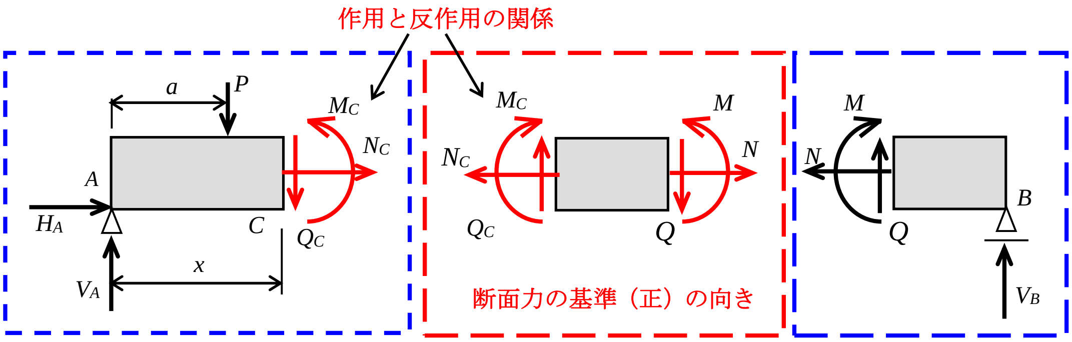


図 5.6 はりの断面力

C 点の断面力を求めるため，点線の枠内を考える．

断面 C ではりを切断し，切断面に断面力を作用させ，断面から左側の**自由物体**の釣合いを考える．

$$\sum \vec{H} = 0 \quad \text{より} \quad H_A + N_C = 0, \qquad \text{ゆえに} \quad N_C = -H_A$$

$$\sum V\!\uparrow = 0 \quad \text{より} \quad V_A - P - Q_C = 0, \qquad \text{ゆえに} \quad Q_C = V_A - P$$

$$\sum \overset{\curvearrowright}{M_C} = 0 \quad \text{より} \quad V_A x - P(x-a) - M_C = 0, \qquad \text{ゆえに} \quad M_C = V_A x - P(x-a)$$

5.2.2　せん断力 Q_x，曲げモーメント M_x，および荷重強度 q_x との関係

図 5.7 に示すようにはりに分布荷重 q_x が作用する微小部分 dx を考える．この微小部分の左側に生じる断面力を M_x，Q_x とすると，分布荷重が作用していることによって，断面の右側には $M_x + dM_x$，$Q_x + dQ_x$ の曲げモーメントとせん断力が作用することになる．したがって

$$\sum V = 0 : \quad Q_x - (Q_x + dQ_x) - q_x dx = 0$$

より

$$\frac{dQ_x}{dx} = -q_x \tag{5.1}$$

また，$\sum M_A = 0 : \quad M_x - (M_x + dM_x) + Qxdx - (q_x dx)\dfrac{dx}{2} = 0$

より，高次の微少量を省略して

$$\frac{dM_x}{dx} = Q_x \tag{5.2}$$

を得る．

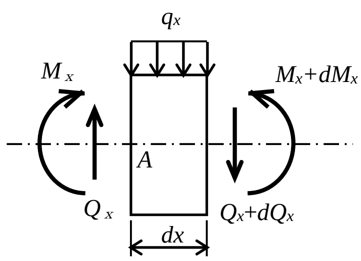


図 5.7 隣接断面の断面力

すなわち，曲げモーメントを 1 回微分すればせん断力となる(式(5.2))．このことはせん断力が 0 になる位置で曲げモーメントが最大になることを示している．また，せん断力を 1 回微分すれば荷重強度の符号を変えたものとなる（式(5.1)）．

［**例題 5.1**］次の単純ばりの反力を求め，Q-図，M-図を描け．

［解］

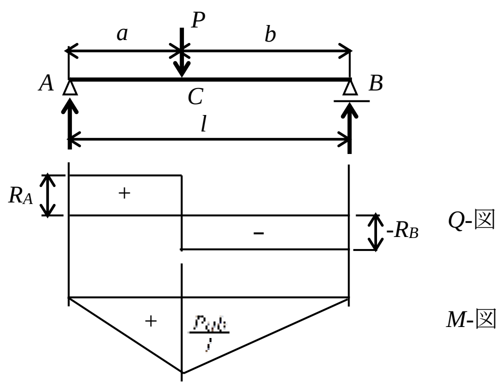


図 5.8 集中荷重の作用する単純ばり

1)　反力　図には必ず反力を書き込むこと．

$$\sum M_B = 0 \quad \text{より}$$

$$R_A \cdot l - P \cdot b = 0, \qquad \therefore R_A = \frac{Pb}{l}$$

$$\sum M_A = 0 \quad \text{より}$$

$$R_B \cdot l - P \cdot a = 0, \qquad \therefore R_B = \frac{Pa}{l}$$

注）R_B は $\sum V = 0$ を用いても求められる：

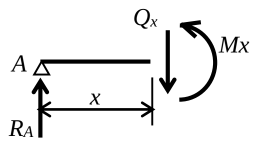
$\sum V = 0$ より

$$R_A - P + R_B = 0, \quad \therefore R_B = P - R_A = \frac{Pa}{l}$$

2)　断面力

はりを x 点で切断し，断面には断面力を作用させてその左側の部分の釣合いを考える．今の場合は水平力が作用していないから，軸力は 0 となり考えなくてよい．

i)　$0 \le x \le a$:

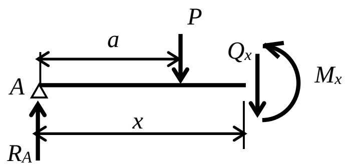


$$\sum V \uparrow = 0 \text{より} \quad R_A - Q_x = 0, \ \therefore Q_x = R_A = \frac{Pb}{l},$$

$$\sum M_x = 0 \text{より} \quad R_A \cdot x - M_x = 0, \ \therefore M_x = \frac{Pb}{l} x,$$

$$x = 0 \quad \text{のとき} \quad M_A = 0, \quad x = a \text{のとき} M_C = \frac{Pab}{l}.$$

ii)　$a \le x \le l$:



$$\sum V \uparrow = 0 \text{より} \quad R_A - P - Q_x = 0, \ \therefore Q_x = R_A - P = -\frac{Pa}{l} = -R_B,$$

$$\sum M_x = 0 \ \text{より} R_A x - P(x-a) - M_x = 0, \ \therefore M_x = \frac{Pb}{l} x - P(x-a),$$

$$x = a \quad \text{のとき} \quad M_C = \frac{Pab}{l}, \quad x = l \text{のとき} M_B = 0$$

以上より Q-図，M-図を描く(図 5.8).

［注意事項］

Q-図は基線より上側を，M-図は下側を正にとる．

荷重の作用していないところではせん断力は一定，曲げモーメントは x の一次式となる．

集中荷重の作用点ではせん断力は P の大きさの階段になる．

支点上で曲げモーメントは 0 となる（境界条件参照）．

［**例題 5.2**］次の単純ばりの反力を求め，Q-図，M-図を描け．

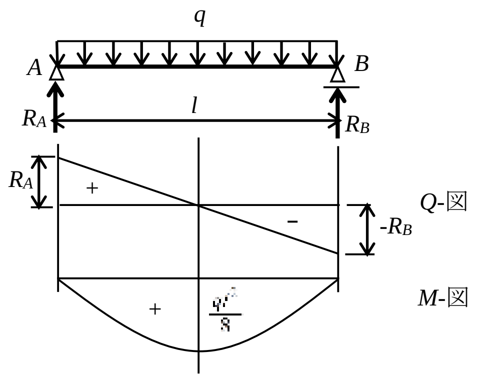


図 5.9 等分布荷重の作用する単純ばり

［解］

1)　反力

荷重は分布荷重のままでは扱いにくいので，その重心に作用する集中荷重に置き換えて考える．すなわち，$l/2$ の点に ql (kN)が作用していると考える．

左右対称であるから

$$R_A = R_B = \frac{ql}{2}\,.$$

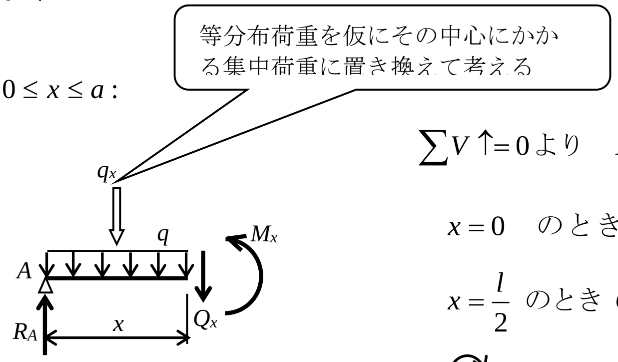
あるいは

$$\sum \overset{\frown}{M}_B = 0\,,\quad R_A \cdot l - ql \cdot \frac{l}{2} = 0,\qquad \therefore R_A = \frac{ql}{2}$$

2)　断面力

はりを x 点で切断し，断面には断面力を作用させてその左側の部分の釣合いを考える．荷重に不連続点がないためはりのどこで切断してもよい．今の場合は水平力が作用していないから，軸力は 0 となり考えなくてよい．

i)　$0 \le x \le a$:



$$\sum V \uparrow = 0 \text{ より}\quad R_A - qx - Q_x = 0,\ \therefore Q_x = q\left(\frac{l}{2} - x\right), \qquad \text{(a)}$$

$x=0$　のとき　$Q_A = \frac{ql}{2} = R_A$,　$x = l$ のとき $M_x = -\frac{ql}{2} = R_A$,

$x = \frac{l}{2}$ のとき $Q_{\frac{l}{2}} = 0.$

$$\sum \overset{\frown}{M}_x = 0 \text{ より}\quad R_A \cdot x - qx\frac{x}{2} - M_x = 0,\ \therefore M_x = \frac{q}{2}(lx - x^2), \qquad \text{(b)}$$

$x=0$　のとき　$M_A = 0$,　$x = l$ のとき $M_B = 0$

$x = \frac{l}{2}$ のとき $M_{\max} = \frac{ql^2}{8}$.

以上より Q-図，M-図を描く(図 5.9).

［注意事項］

Q-図は基線より上側を，M-図は下側を正にとる．

等分布荷重の場合，せん断力は x の一次式，曲げモーメントは x の二次式となり，例題 5.1 の集中荷重の場合よりも一次だけ次数が上がる．

支点上で曲げモーメントは 0 となる（境界条件参照）．

せん断力が 0 となる点 $(Q_x = 0)$ で曲げモーメントは極値をとることに注意．

式(a)で $Q_x = 0$ とおくと $x = \frac{l}{2}$，これを式(b)に代入すると $M_{\max} = \frac{ql^2}{8}$ が得られる．

［**例題 5.3**］次の単純ばりの反力を求め，Q-図，M-図を描け．

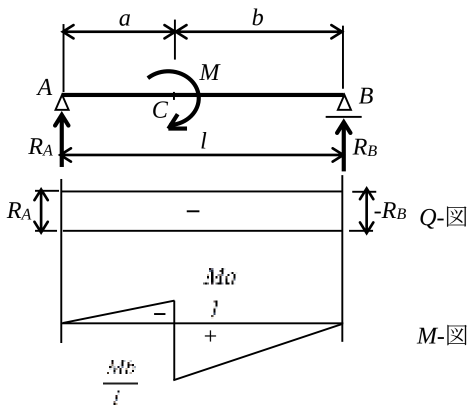


図 5.10 モーメント荷重が作用する単純ばり

［解］

1)　反力

図には必ず反力を書き込むこと．

$\sum \overset{\curvearrowright}{M}_B = 0$　より

$$R_A \cdot l + M = 0, \qquad \therefore R_A = -\frac{M}{l}$$

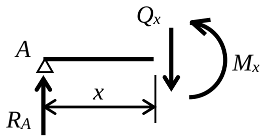
$\sum \overset{\curvearrowright}{M}_A = 0$　より左回りを正とすると

$$R_B \cdot l - M = 0, \qquad \therefore R_B = \frac{M}{l}$$

2)　断面力

はりを x 点で切断し,断面には断面力を作用させてその左側の部分の釣合いを考える．今の場合は水平力が作用していないから，軸力は 0 となり考えなくてよい．

i)　$0 \le x \le a$:

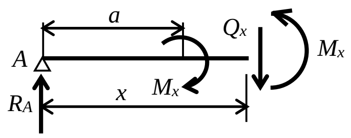


$\sum V \uparrow = 0$ より　$R_A - Q_x = 0, \ \therefore Q_x = R_A = \frac{M}{l},$

$\sum \overset{\curvearrowright}{M}_x = 0$ より　$R_A \cdot x - M_x = 0, \ \therefore M_x = -\frac{M}{l}x,$

$x = 0$　のとき　$M_A = 0$,　$x = a$ のとき $M_x = -\frac{Ma}{l}$.

ii)　$a \le x \le l$:



$\sum V \uparrow = 0$ より　$R_A - Q_x = 0, \ \therefore Q_x = R_A = -\frac{M}{l} = -R_B,$

$\sum \overset{\curvearrowright}{M}_x = 0$ より　$R_A \cdot x - M - M_x = 0, \ \therefore M_x = \frac{M}{l}x + M,$

$x = a$　のとき　$M_A = \frac{Mb}{l}$,　$x = l$ のとき $M_B = 0$

以上より Q-図，M-図を描く(図 5.10).

［注意事項］

Q-図は基線より上側を，M-図は下側を正にとる．

荷重の作用していないところではせん断力は一定，曲げモーメントは x の一次式となる．

集中曲げモーメントの作用点で曲げモーメントは M の大きさの階段になる．

支点上で曲げモーメントは 0 となる（境界条件参照）．

［**例題 5.4**］次の間接荷重ばりの反力を求め，Q-図，M-図を描け．

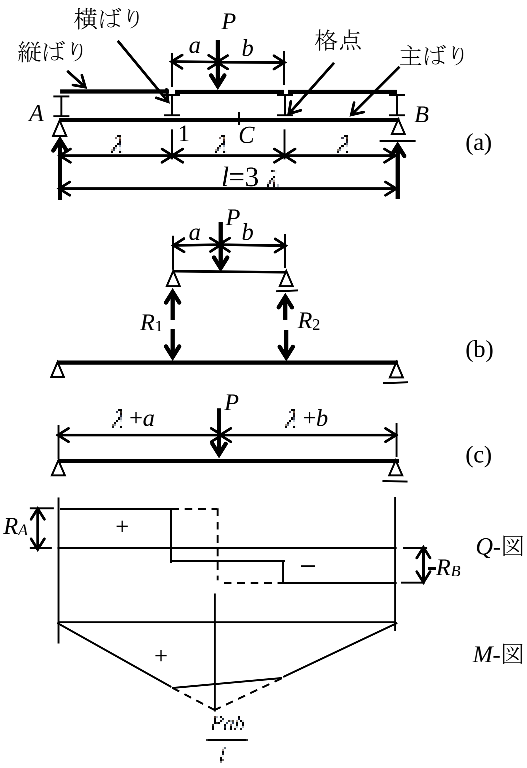


図 5.11

［解］縦ばりは格点で支持された単純ばりと考える．荷重は縦ばりから横ばりを経由して主ばりに作用する(図 b).
したがって，主ばりには集中荷重のみが作用することになる．

1) 反力

図(b)において　$R_1=\dfrac{Pb}{\lambda}$，$R_2=\dfrac{Pa}{\lambda}$

$\sum \overset{\frown}{M}_B=0$ より $R_A\cdot l-R_1\cdot 2\lambda-R_2\cdot\lambda=0,$

$$\therefore R_A=\frac{P(\lambda+b)}{l},$$

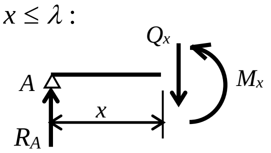
同様に　$R_B=\dfrac{P(\lambda+a)}{l}$　が得られる．

いま，集中荷重 P がその位置で直接主ばりに作用したとする(図 c)と，ただちに上式と同じ反力を得る．
すなわち，間接荷重ばりの反力は荷重が直接主ばりに作用したものとして求めればよい．

2)　断面力

図(b)について考える．

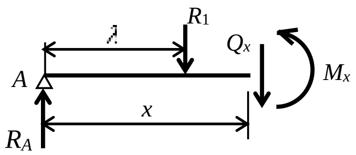
$0\le x\le\lambda$:



$$Q_x=R_A=\frac{P(\lambda+b)}{l},$$

$$M_x=R_Ax=\frac{P(\lambda+b)}{l}x,\qquad x=0:M_x=0,\quad x=\lambda:M_1=\frac{P(\lambda+b)}{3}.$$

$\lambda\le x\le 2\lambda$:

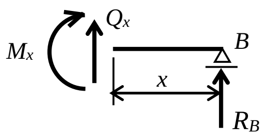


$$Q_x=R_A-R_1=\frac{P(\lambda+b)}{l}-\frac{Pb}{\lambda},$$

$$M_x=R_Ax-R_1(x-\lambda)=\frac{P(\lambda+b)}{l}x-\frac{Pb}{\lambda}(x-\lambda),$$

$$x=\lambda:M_1=\frac{P(\lambda+b)}{3},\quad x=2\lambda:M_2=\frac{P(\lambda+a)}{3}.$$

$0\le x\le\lambda$:



図のように座標 x を右側からとり，断面より右側の釣合いを考える．

$$\sum V\uparrow=0:\quad Q_x+R_B=0,\quad\therefore\ Q_x=-R_B=-\frac{P(\lambda+a)}{l}$$

$$\sum \overset{\frown}{M}_x=0:\ M_x-R_B\cdot x=0,\quad\therefore M_x=R_Bx=\frac{P(\lambda+a)}{l}x,$$

$$x=0:M_B=0,\qquad x=\lambda:M_2=\frac{P(\lambda+a)}{3}$$

以上より Q-図，M-図を描く．これより次のことがわかる．すなわち，間接荷重ばりは，直接荷重が主ばりに作用するとして，Q-図，M-図を描き(図の点線)，格点で修正すればよい．

［**例題 5.5**］次の片持ばりの反力を求め，*Q*-図，*M*-図を描け．

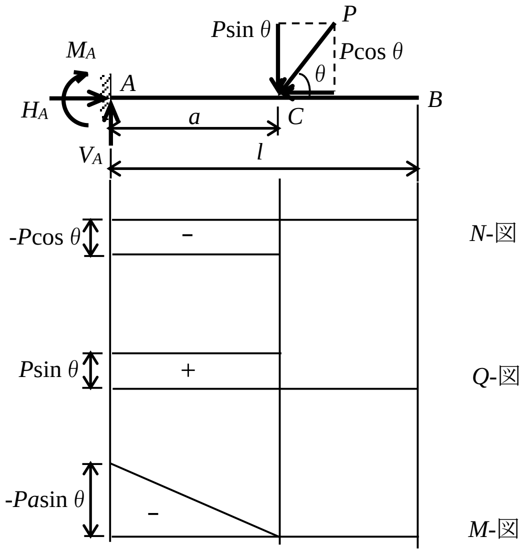


図 5.12

［解］

この例の場合，水平力$(P\cos\theta)$が作用するため水平反力が生じ，したがって，軸力が発生する．

1)　反力

図には必ず反力を書き込むこと．

$\sum H = 0$　より，右方向を正とすると

$$H_A - P\cos\theta = 0,\quad \therefore\ H_A = P\cos\theta\ .$$

$\sum V = 0$　より，上方向を正とすると

$$V_A - P\sin\theta = 0,\quad \therefore\ V_A = P\sin\theta\ .$$

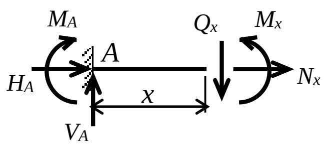
$\sum M_A = 0$　より，右回りを正とすると

$$\mathrm{M_A} + P\sin\theta\cdot a = 0,\quad \therefore\ M_A = -Pa\sin\theta$$

$\theta = 90°$ のとき$H_A = 0,\ V_A = R_A = P,\ M_A = -Pa.$

2)　断面力

x 点ではりを切断し，その左側の釣合いを考える．はりは重さのない線材と考えるから，*CB* 間は考えなくてよい



$\sum H = 0$より　$H_A - N_x = 0,$

$$\therefore N_x = -H_A = -P\cos\theta$$

$\sum V = 0$より　$V_A - Q_x = 0,$

$$\therefore Q_x = V_A = P\sin\theta$$

$\sum M_x = 0$より $M_A + V_A\cdot x - M_x = 0$

$$\therefore M_x = M_A + V_A\cdot x = -P\sin\theta\cdot(a-x)$$

$$x = 0 : M_A = -Pa\sin\theta,$$

$$x = a : M_C = 0.$$

これより *Q*-図，*M*-図を描く．

［注意事項］

片持ばりに通常の(下向き)荷重が作用しているとき曲げモーメントは負となる．

一般に軸力は引張りを正，圧縮を負とする．

軸力図(N -図)は，せん断力と同じく基線より上側を正にとる．

［**例題 5.6**］次の片持ばりの反力を求め，Q-図，M-図を描け．

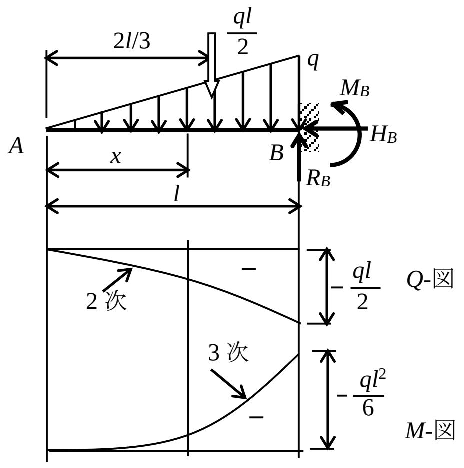


図 5.13

［解］

荷重は大きさ $\frac{ql}{2}$ がその重心位置(左端より $\frac{2}{3}l$ の所)に作用しているとして計算する．

1)　反力

図には必ず反力を書き込むこと

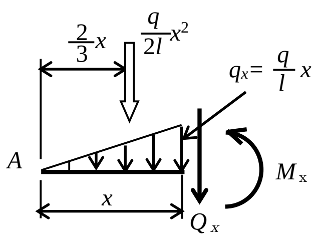
$\sum V = 0$　より，上方向を正とすると

$$R_B - \frac{ql}{2} = 0, \quad \therefore\ R_B = \frac{ql}{2}.$$

$\sum M_B = 0$ より，左回りを正とすると

$$\frac{ql}{2} \cdot \frac{l}{3} + M_B = 0, \quad \therefore\ M_B = -\frac{ql^2}{6}$$

2)　断面力　x 点ではりを切断し，その左側の釣合いを考える．集中荷重 $\frac{q}{2l}x^2$ が左より $\frac{2}{3}x$ の所に作用しているものとして解析する．



$\sum V = 0$ より $\frac{q}{2l}x^2 + Q_x = 0, \quad \therefore\ Q_x = -\frac{q}{2l}x^2,$

$$x = 0 : Q_A = 0, \qquad x = l : Q_B = -\frac{ql}{2} = -R_B$$

$\sum M_x = 0$ より $\frac{q}{2l}x^2 \cdot \frac{1}{3}x + M_x = 0, \quad \therefore\ M_x = -\frac{q}{6l}x^3.$

$$x = 0 : M_A = 0, \qquad x = l : M_B = -\frac{ql^2}{6}.$$

これより Q-図，M-図を描く．

三角形分布荷重の場合は，せん断力は 2 次曲線，曲げモーメントは 3 次曲線となり，等分布荷重の場合よりそれぞれ次数が 1 次上がる．

［**例題 5.7**］次の張出ばりの反力を求め，*Q*-図，*M*-図を描け．

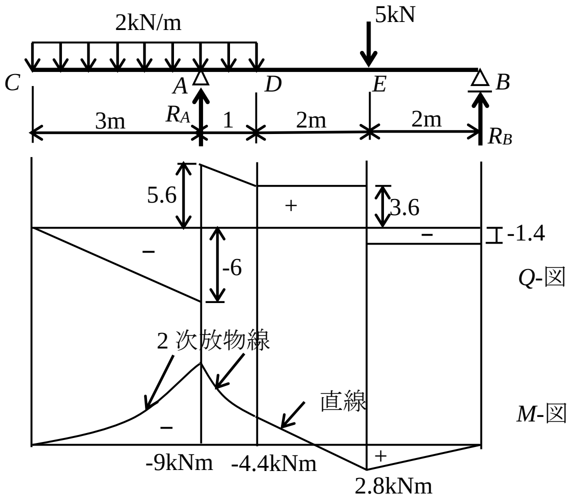


図 5.14

［解］

1) 反力

図には必ず反力を書き込むこと．

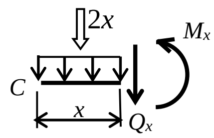
$\sum \overset{\curvearrowleft}{M_B} = 0$ より，左回りを正とすると

$R_A \cdot 5 - 8 \cdot 6 - 5 \cdot 2 = 0, \quad \therefore\ R_A = 11.6\text{kN}$

$\sum V \uparrow = 0$ より

$R_A + R_B - 8 - 5 = 0, \quad \therefore\ R_B = 1.4\text{kN}$

2) 断面力



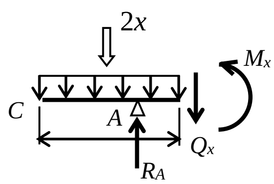
$0 \le x \le 3 : x$ 点ではりを切断し，その左側の釣合いを考える．

$\sum V \downarrow = 0$ より $Q_x + 2x = 0, \quad \therefore\ Q_x = -2x,$

$x = 0 : Q_C = 0, \quad x = 3 : {}_l Q_A = -6\text{kN}$

$\sum \overset{\curvearrowright}{M_x} = 0$ より $2x \cdot \dfrac{x}{2} + M_x = 0, \quad \therefore\ M_x = -x^2.$

$x = 0 : M_C = 0, \quad x = 3 : M_B = -9\text{kNm}.$



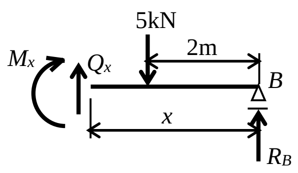
$3 \le x \le 4 :$ 同様にして

$Q_x = 11.6 - 2x,$

$x = 3 : {}_r Q_A = 5.6\text{kN}, \quad x = 4 : Q_D = 3.6\text{kN}$

$M_x = 11.6(x-3) - x^2,$

$x = 3 : M_A = -9\text{kN}, \quad x = 4 : M_D = -4.4\text{kNm}.$

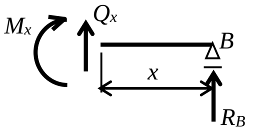


$2 \le x \le 4 :$ x 点ではりを切断し，その右側の釣合いを考える．

$Q_x - 5 + R_B = 0, \quad \therefore Q_x = 3.6\text{kN}$

$M_x + 5(x-2) - R_B \cdot x = 0, \quad \therefore M_x = 1.4x - 58(x-2)$

$x = 4 : M_D = -4.4\text{kNm}, \quad x = 2 : M_E = 2.8\text{kNm}$



$0 \le x \le 2 :$ x 点ではりを切断し，その右側の釣合いを考える．

$Q_x + R_B = 0, \quad \therefore Q_x = -R_B = -1.4\text{kN}$

$M_x - R_B \cdot x = 0, \quad \therefore M_x = 1.4x,$

$x = 2 : M_E = 2.8\text{kNm}, \quad x = 0 : M_B = 0$

これより *Q*-図，*M*-図を描く．

中間単純支持点では曲げモーメントは負となる．
せん断力が一次直線のところでは曲げモーメントは二次曲線となる．

［**例題 5.8**］次のゲルバーばりの反力を求め，*Q*-図，*M*-図を描け．

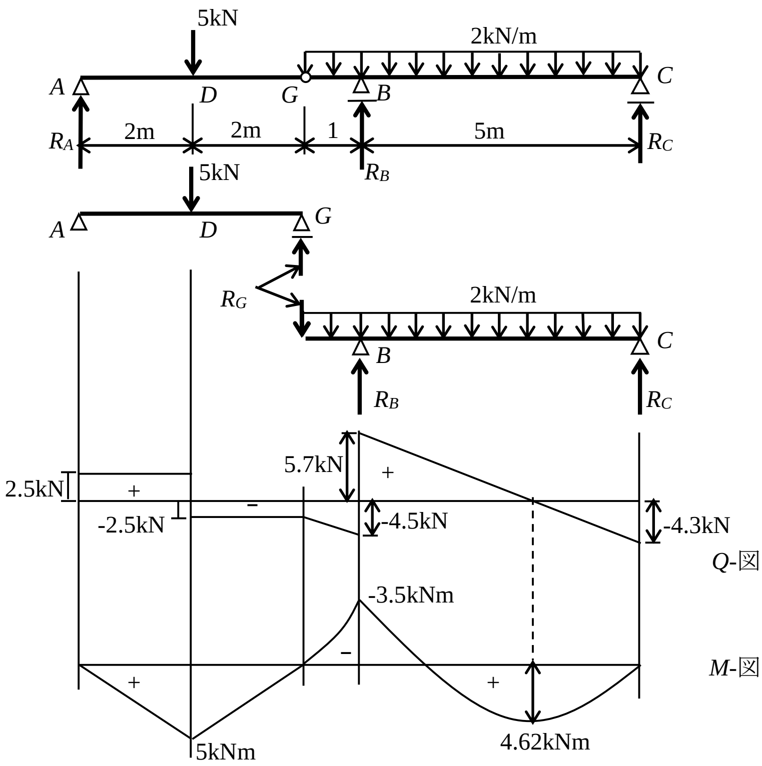


図 5.15

［**解**］

ゲルバーばりはヒンジで切り離し，釣スパンから解いていく．すなわち，釣スパンのヒンジでの反力をアンカースパンに作用させる．

釣スパンは単純ばり，アンカースパンは張出ばりとして別々に解けばよい．

1)　反力

釣スパン：　$R_A = R_G = 2.5\text{kN}$

アンカースパン：

$\sum M_C = 0$　より

$R_B \cdot 5 - 2.5 \cdot 6 - 12 \cdot 3 = 0,$

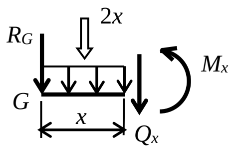
$\therefore\ R_B = 10.2\text{kN}$

$\sum V \uparrow = 0$ より　$R_C = 4.3\text{kN}$

2) 断面力

AG 間は単純ばりであるので，ここでは *GC* 間のみを解く．

$0 \le x \le 1$:



x 点ではりを切断し，その左側の釣合いを考える．

$\sum V = 0$ より　$2.5 + 2 \cdot x + Q_x = 0,\ \therefore\ Q_x = -(2x + 2.5),$

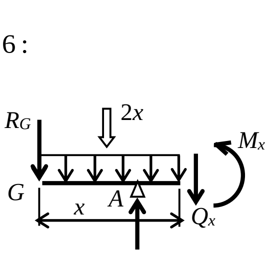
$x = 0: Q_G = -2.5\text{kN},\quad x = 1:\ {}_l Q_B = -4.5\text{kN}$

$\sum M_x = 0$ より

$$2.5 \cdot x + 2x \cdot \frac{x}{2} + M_x = 0,\quad \therefore\ M_x = -(x^2 + 2.5x)$$

$x = 0: M_G = 0,\quad x = 1: M_B = -3.5\text{kNm}.$

$1 \le x \le 6$:



$\sum V = 0$ より

$-2.5 - 2x + R_B - Q_x = 0,\quad \therefore Q_x = 7.7 - 2x,$

$x = 1:\ {}_r Q_B = 5.7\text{kN},\quad x = 6: Q_C = -4.3\text{kN}$

$Q_x = 0$ より　$x = 3.85\text{m}$

$$\sum M_x = 0 \text{ より}\quad R_B(x-1) - 2.5x - 2x \cdot \frac{x}{2} - M_x = 0,$$

$\therefore M_x = 10.2(x-1) - 2.5x - x^2,$

$x = 1: M_B = -3.5\text{kN},\quad x = 6: M_C = 0.$

$x = 3.85\text{m}:\ M_{\max} = 4.62\,\text{kNm}$

これより *Q*-図，*M*-図を描く．

［問題 5.1］次の単純ばりの反力を求め，せん断力図，曲げモーメント図を描け．

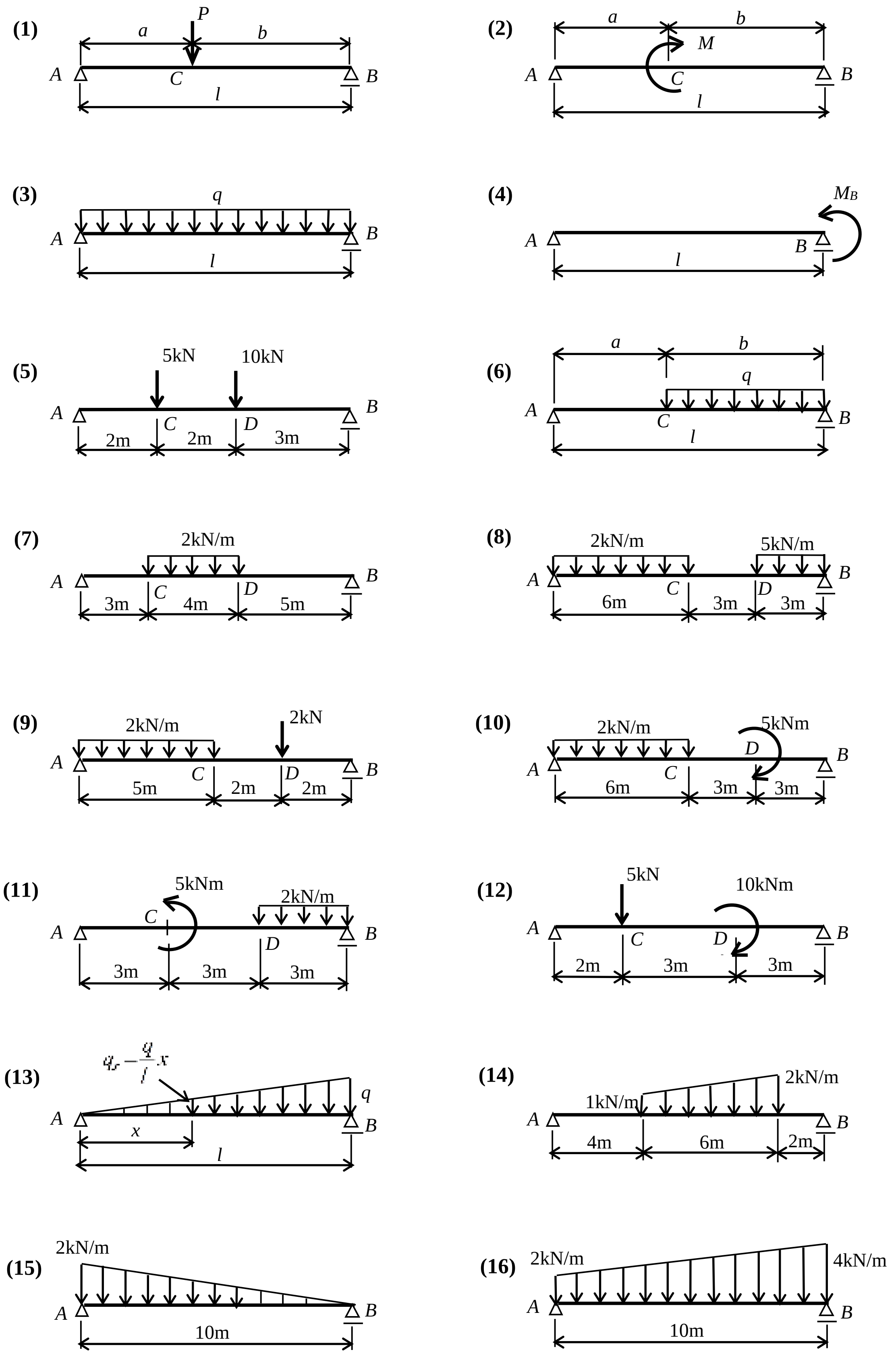


図 5.16 単純ばりの問題

［**問題 5.2**］次の間接荷重ばりの反力を求め，せん断力図，曲げモーメント図を描け．

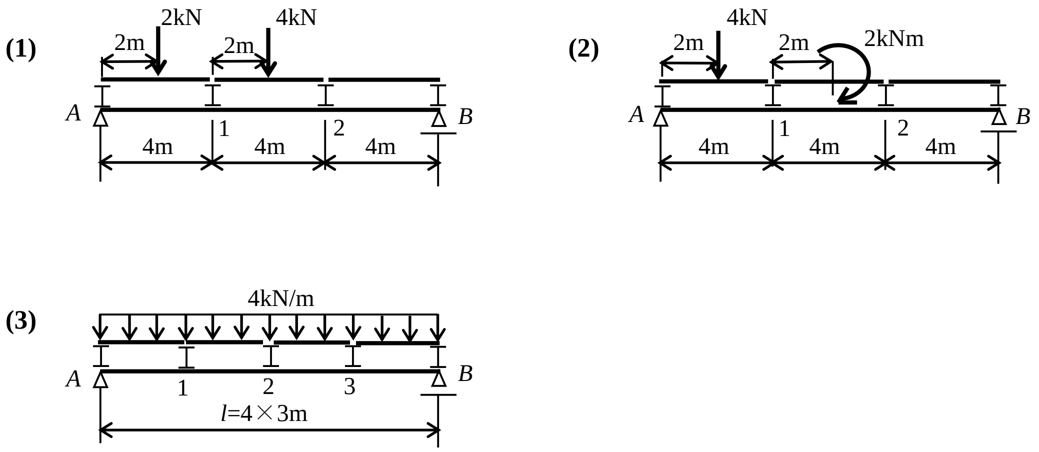


図 5.17　間接荷重ばり

［**問題 5.3**］次の片持ばりの反力を求め，せん断力図，曲げモーメント図を描け．

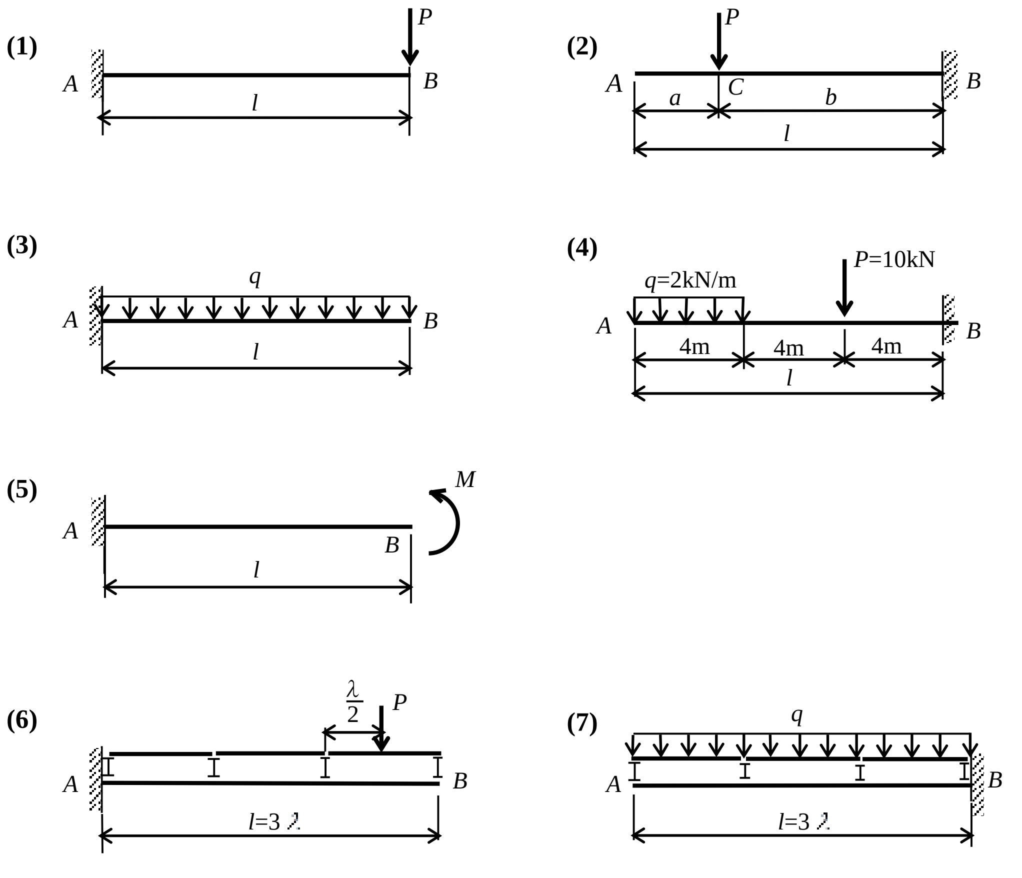


図 5.18　片持ばり

［**問題 5.4**］次の張出ばりの反力を求め，せん断力図，曲げモーメント図を描け．

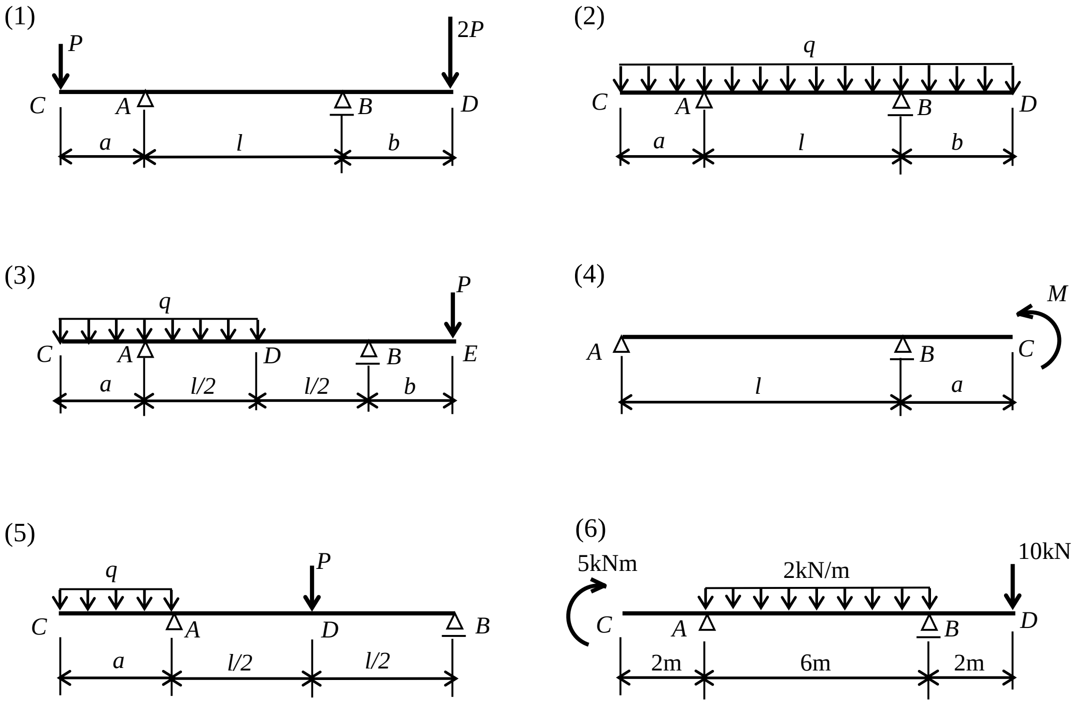


図 5.19　張出ばり

［**問題 5.5**］次のゲルバーばりの反力を求め，せん断力図，曲げモーメント図を描け．

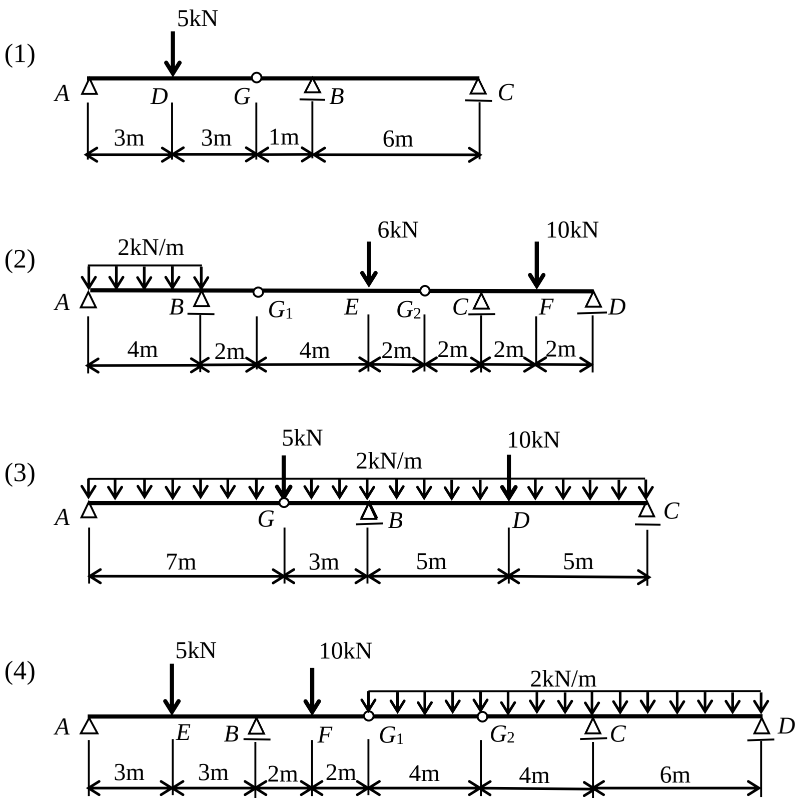


図 5.20　ゲルバーばり

ちょっと休憩[5－1]（作用と反作用　その2）

応力は固体の内部における張合いの状態であって，常に作用と反作用とが一組になっているから，図 1 の状態は起り得るが，図 2 の状態は決して起り得ない．

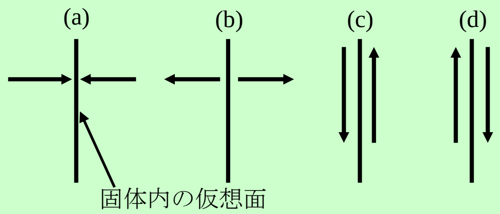


図 1　内部応力の組み

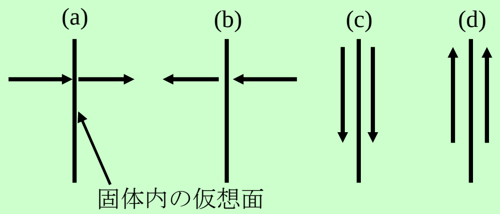


図 2　起り得ない状態

従って内部応力を考える際に，固体内の仮想面の左側に固体の実質部をとって考えれば，その面上に働く応力の状態は，図 1 の左から順にそれぞれ図 3 のようになる．これに対して，固体の実質部を仮想面の右側にとって考えれば，順に図 4 のようになる．そして仮想面で切り離してみたとき，それぞれ順に組みになって，図 5 のようになっている．図 1 と図 5 とは同じものである．

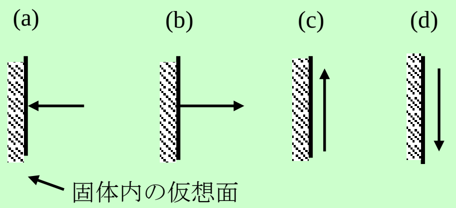


図 3　内部応力

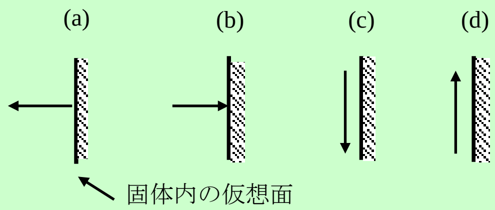


図 4　起こりえない応力状態

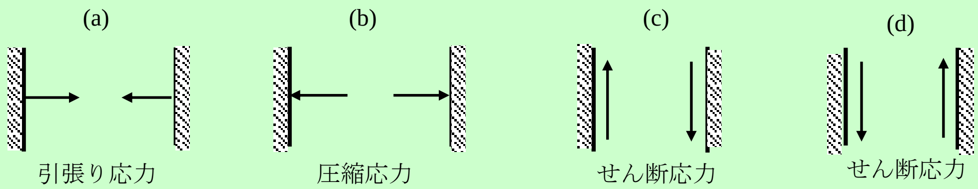


図 5　内部応力の相互作用

注) 谷本勉之助原稿，浜野浩幹編著「平板の曲げ」を参照.