

はりの曲げ変形問題解答

作成 2003年9月21日

最終修正 2003年10月6日

萩原芳彦

問題3・1 図(a)と(b)は下向きにたわみ、この場合(a)のほうがたわみは大きくなる。これは(a)の方がはりに生じる曲げモーメントが大きくなるからである。また、図(b)ではAC間の片側(右側)には力が作用しておらず、曲げモーメントは生じないため、AC間はたわむがこの間に変形しない。すなわち、AC間は直線を保つ。この条件では図(c)の場合にははりは上方向にたわむ。各場所の色はその場所がどの程度軸方向に伸縮しているかを示している(厳密にはその場所での軸方向垂直応力を示している)。無負荷時の色と等しい場所は軸方向の変形が零であることを示しており、比較すれば各場所の軸方向の伸縮状態がわかる。より細かな変化は問題1・8の解答図を参考にする。なお、青に近い方は圧縮、赤に近い方は引っ張りの変形をしている。さらに細かく説明すると、図(a)は上に凸に各場所共に曲がるが、Bに近いほど変形後の曲率半径は小さくなる(p. 63、式(4・10))。すなわち、Bに近いほど曲がり方が大きい。

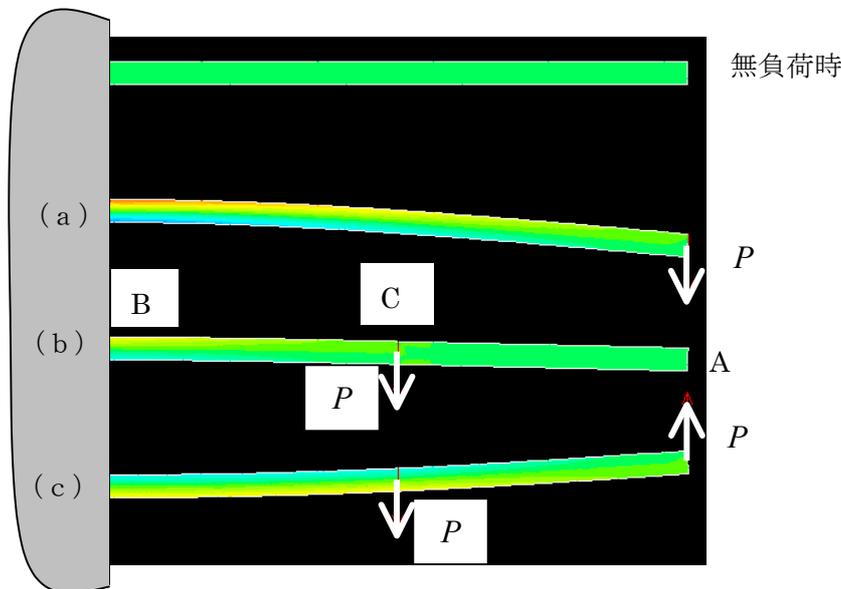


図3・1・1

問題 3・2

- (a) 中央が最大にたわむ形で下向きに凸に曲がる。
- (b) 最大にたわむ位置は中央からややずれるが、中央付近となる。ただし、強度的にいちばん危険なところは曲げモーメントが最大となる C 点である (p. 48、式 (3・7)、(3・9) 参照)。
- (c) (a) と (b) の変形を足し合わせた形となる。すなわち、重ね合わせの原理が成り立つ。

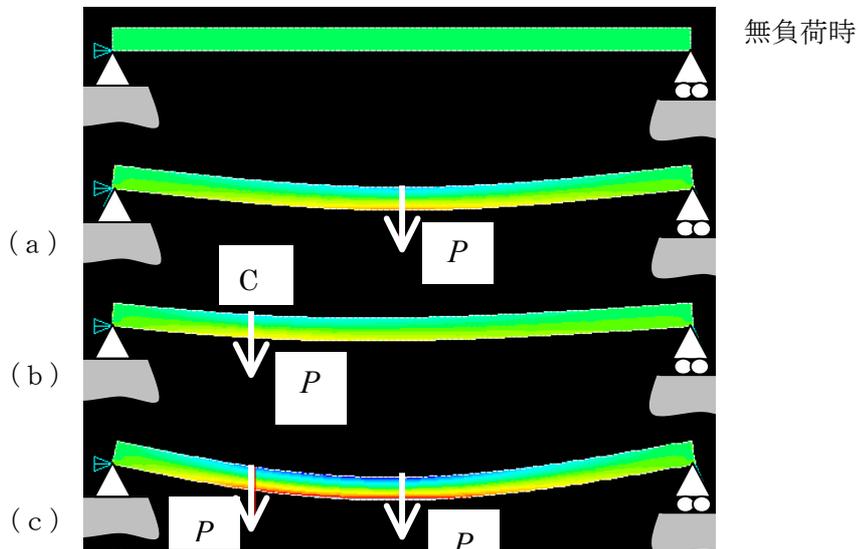


図 3・2・1

問題 3・3

- (a) 力の作用点（はりの支点 A、B の中点 D）がいちばんたわむ。BC 間はたわむが変形せず、直線を保つ。
- (b) AB の中点より少し左にずれたところ（ずれる量などの計算は 5 章参照）でたわみは最大となる。力の作用点 D は最大たわみの位置とはならない。BC 間は変形せず、直線を保つ。
- (c) AB の中点より少しずれたところでたわみは最大となる。AB 間、BC 間共に変形する。もっとも強度的に危険な個所は B 点である。

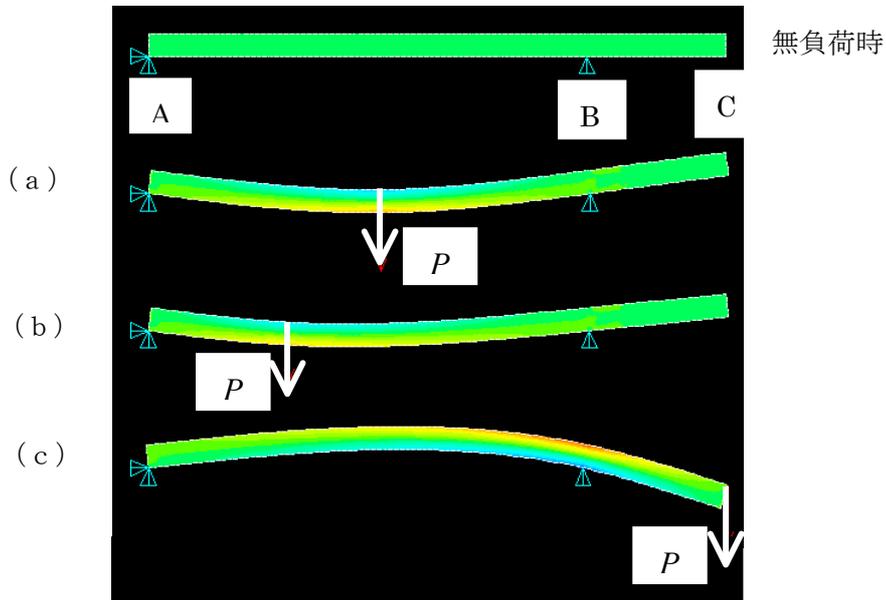


図 3・3・1

問題 3・4

図 (a) と (c) がたわみは大きい。図 (b) と (c) のように、AB に平行な力を作用させても力の作用線は AB の軸線とはずれているため AB は伸縮のほかに曲げも生じる。

(b)、(d) の場合 BC 間も曲がる。AB と BC は変形後も B 点で直交する。

なお、図の色分けは AB 軸方向の伸縮の程度を表わしているため、BC 間では BC 方向の伸縮の程度を示していない。色の状態からこの図では BC 間では曲げ変形をしていないように見えるが、実際にはこの区間も曲がっている。

さらに詳細に示せば、図 (a)、(c) の場合、AB 間では A に近いほど曲がり具合が激しくなる。一方、図 (b)、(d) では曲がり具合は AB 間全長にわたり等しくなる。すなわち AB 間は円弧状に変形する。

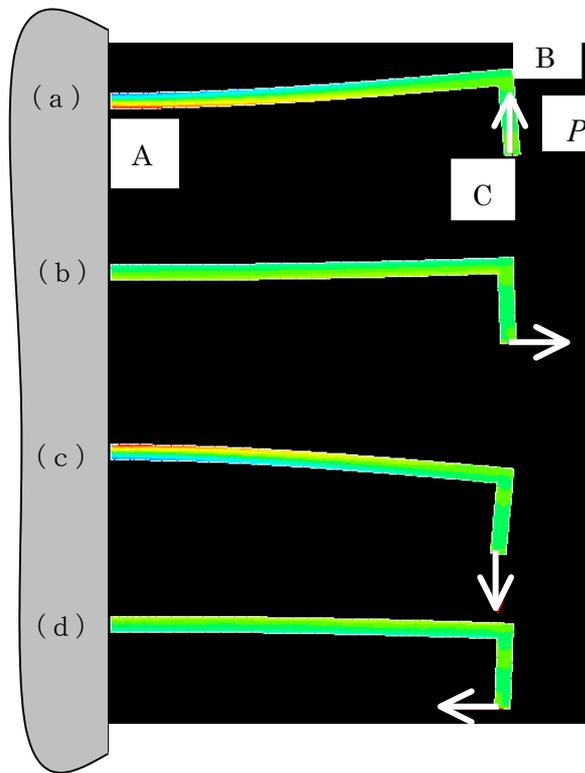


図 3・4・1

問題 3・5

- (a) AE間は下に凸、EB間は上に凸に曲がる。E点では曲げ変形しない。すなわち、E点での曲率半径は無限大となる。また、AE間ではA点に近いほど曲がり具合は大きい。BC、CD区間も曲がる。BC区間は曲げに比べれば無視できる程度だが圧縮変形も起こる。BC間は円弧状に曲がる。CD間は下に凸に曲がる。
- (b) AB間は下に凸に変形する。曲率半径はAB間で一定である。BC間は曲がるがCD間は曲がらない。BC間の曲率半径は一定とはならない。CD間は縮む。
- (c) AE間は上に凸、EB間は下に凸に曲がる。BC区間は曲げに比べれば無視できる程度だが引張変形も起こる。CD間は上に凸に曲がる。
- (d) AB間は上に凸に曲がる。曲率半径は一定となる。BC間も曲がるが、曲率半径は一定とはならない。CD間は引っ張りだけであり曲げは生じない。

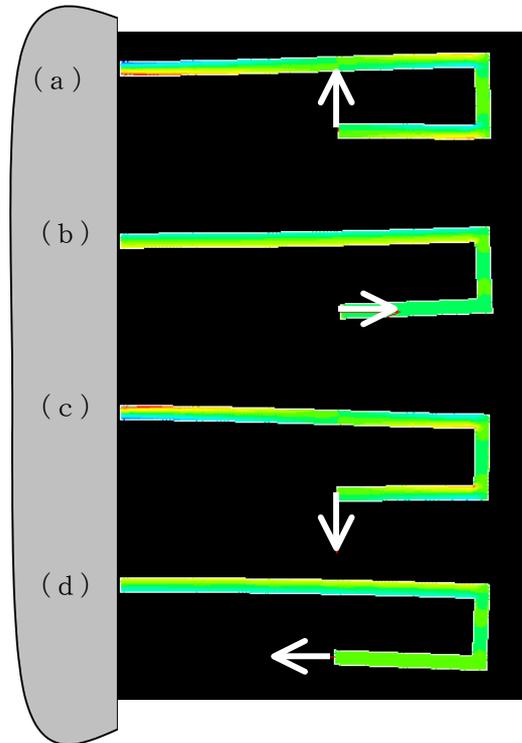


図 3・5・1

問題 3・6

- (a) すべての区間が曲がる。AC 間 CB 間共に下に凸に曲がる。
- (b) すべての区間が曲がる。AC 間は上に凸に曲がる。CB 間は下に凸に曲がる。
- (c) AC 間は曲がらない。CB 間と DE 間は同じ曲がり方をする。ただし、CB 間は下に凸、DE 間は上に凸に曲がる。
- (d) DE 間は曲がらない。その他の区間は曲がる。AC 間は下に凸、CB 間は上に凸に曲がる。ただし、曲がり具合は (a) ~ (c) に比べて小さい。

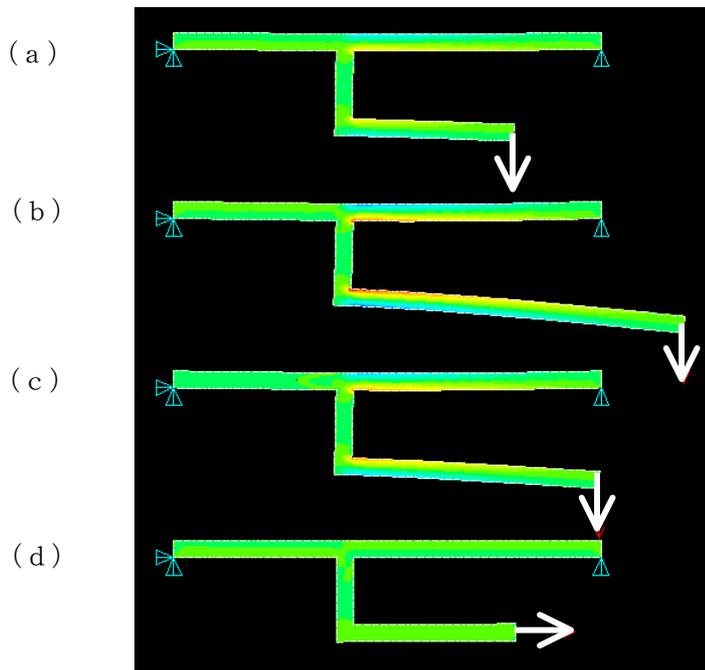


図 3・6・1