

第 10 話 補強したのに壊れたわけ

2007年11月20日 作成

2009年10月21日 加筆

萩原芳彦

比較的にもろい石材で出来た棒 AB を図 1 のように 2 箇所 D、E で支えてしっかりした床の上に水平に置いて保管していたところ、中央近くの C 点で 2 つに破断してしまうものが生じた。そこで、図 2 のように中央 C にもう一つの支えを設けて補強した。ところがそれでも壊れてしまった。何が起こったのだろうか。

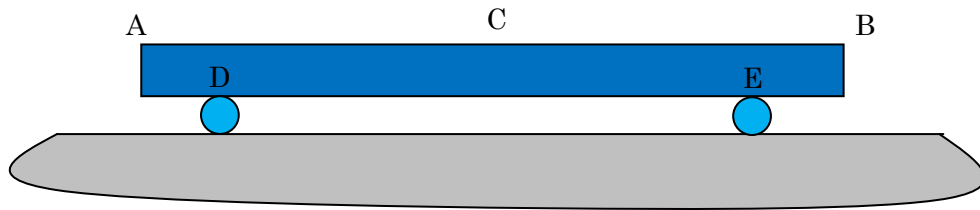


図 1

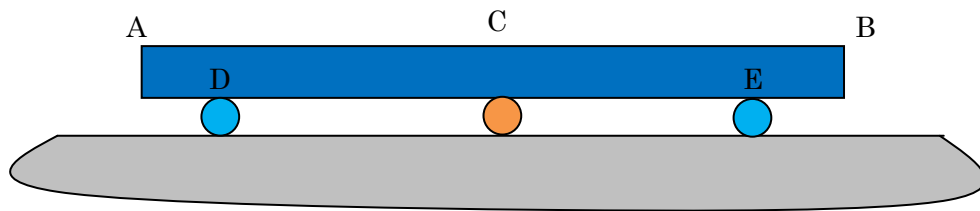


図 2

結論を言えば、特にもろく、変形し難い材料を扱う場合、必ずしも正しい措置ではなかったからである。

この問題は破壊がはりの自重によってもたらされているものである。図 1 のように、支点 D、E がそれぞれ端 A あるいは B に近いところにあるとき、はりの自重によって、最大の曲げモーメントは中央 C 近傍で生ずる（「よくわかる材料力学」3・2 節参照）。この場合、C 点の下側で最大の引張り応力が生ずることから、C 点の下側を起点としてき裂が生じ、破壊したものと考えられる。

理想的な状況では、C 点に支点を追加すれば、はりに生ずる最大曲げモーメントは減少し、破壊は生じ難くなる（支点が 3 つの場合、不静定問題であり、解法は 6 章参照）。ところが、

C 点の支点が D、E 点の支点より幾分大きい場合、あるいは床や棒が完全に平らではない場合、D ないし E のいずれかの支点が浮き上がる。極端に示せば図 3 のような状態となることもありうる。また、これほど極端ではなくても C の支点の大きさや置き方を慎重に行わないと、C、D、E いずれかが支点としての支えの役割を完全には果たさない状態が起こりうる。

極端な場合として、図 3 の状況になると、C 点の曲げモーメントの大きさは CB 間の全自重によるため、D、E の 2 点支持で支える図 1 の場合よりも大きくなり、一層破壊し易い状況となるのである。この場合には C 点の上側表面からき裂が生じるであろう。安易に補強すると（この場合 C 支点の追加）、かえって危険となり得る例である。もちろん、慎重に C の箇所に支点を置けばこのような危険な状況は起こらない。

支点や床が変形しやすい場合や部材 AB がたわみやすい材料の場合にも図 3 のようにはなり難く、3 支点に自重を分散でき 2 支点状態よりも安全となる。また、図 1 の 2 支点で支える方法のままで、はりに生ずる最大の曲げモーメントが極小となる支点 D、E の位置を探することもよい方法である。教科書演習問題 4・9 などはこの類似問題である。

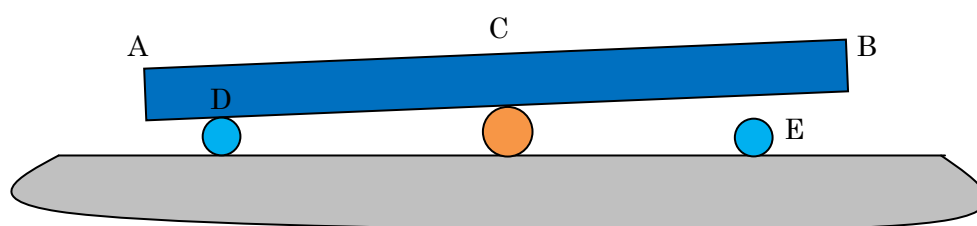


図 3

この問題は材料力学の問題を机上で理想状態として解いた結果と現場での状況の違いを示す例でもある。良かれと思ったことが思わぬところで事故を招くことにもなる。また、ものづくりには最適な設計だけではなく現場の組立作業も重要であることを示している。

図 4 (a)はこれと似た例である。3 本のワイヤーで部材 AB を吊るしている。これも不静定問題であるが比較的簡単に解くことはできる。しかし、図 4 (b)のように 1 本のワイヤーがたるんだ状態で取り付けられれば、3 本に理想的な状態で力が分散されたときよりも、残り 2 本には高い引張り応力がかかることになる。設計者はこのような製品の組み立てや使用状態についても十分な知識を持って設計を行わなければならない。このようなことは不静定問題においてよく起こる課題である。現場合わせなど現場作業の重要性を示す例でもある。

図 4(b)ではワイヤーをたるませ、真ん中のワイヤーにはまったく力がかからない状態の図を示したが、ボルトやナットの締め付けなどで調整するとき、物体中の応力状態がどのようになっているかを見ただけから判断できない場合が多く、注意が必要である。そのため、力の掛かり具合を正確に調整する必要がある場合には、ボルト・ナットの締め付け時にトルクレンチなどが使われる。

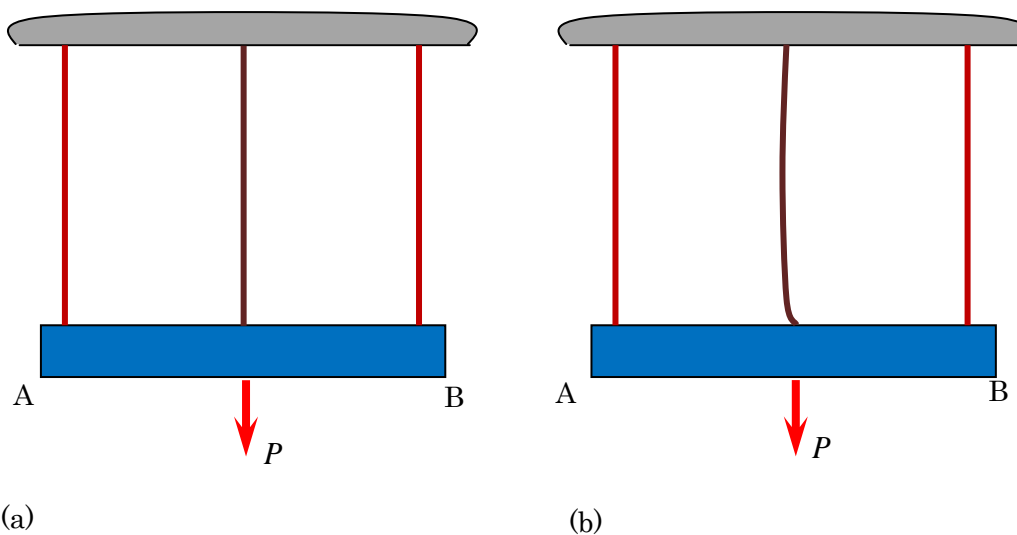


図 4

図 5 は近くで見かけた電柱の保管例である。電柱はかなり細長いが、黄色の矢印のところ 2 か所だけで支えている。



図 5 東京都市大学（武蔵工業大学から 2009 年 4 月 1 日名称変更）近くの電柱置き場にて見かけた電柱の支え方