

岐阜大学 工学部 正員 ○井上 肇
奥村組 正員 佐藤幹雄

本研究は昨年に引きつづいて行われたもので、¹⁾ 鋸材で作られた単純ばりに、降伏変とこえるような応力が発生させるような 過大の荷重を載荷した場合、はりは弾塑性状態となり、この際の変束の拘束の有無によりはりと発生する各種の挙動と調べようとしたものである。

このような状態においては、曲げによるはりのたわみと弯曲によって、軸線の長さが変化するれば、その可動変束は、はりの変形に相当する固定端方向への移動と生ずる。もし、この移動を拘束すれば、軸力が発生し、軸力の長さは変化する。このような移動は、通常の応力範囲（許容応力度または降伏変応力度以下の応力）では、普通は無視できる程度の量であって、その移動の拘束と発生させないような、構造形式がとられていることから、はりあるいは、その変束部（橋台あるいは橋脚）の安定にとっては、とくに問題とはならない。（しかし、通常の状態でないはりの状態（たとえば、本支の意味での過大載荷、または、支保工を用いずに下弦材と最後に撤去するような、トラスの解体、撤去作業中の、下弦材の状態等）のとき、その変束部の破壊、橋台または橋脚の倒壊と惹起するようなものとして、一種の極限状態としての問題となる。

このような、はりの変束の移動と拘束するような状態は弾性範囲内では、完全固定ばりの解析²⁾ にみられるような問題となるが、はりの断面内に発生している応力が降伏変とこえる状態となると、はりの材料非線形問題と³⁾ なってくる。

この問題を解くにあたっては、つぎのような仮定を用いることとした。

- (1) 変形前平面であったはりの軸に垂直な平面は、変形後も平面を保つ（平面保持の仮定）
- (2) はり材料の応力-ひずみ図は、引張、圧縮とも図-1のような折線となる。
- (3) 曲げによって、部材の横倒れ座屈は発生しない。
- (4) 簡単のために、はりの断面は $b \times h$ の長方形断面とする。

このうち(3)の仮定は、いさゝと乱暴ではあるが、このような状態における1つの定性的なものを見出すために設定したものである。これらの仮定にもとづいて拘束のある場合の はりの釣り合い条件式は

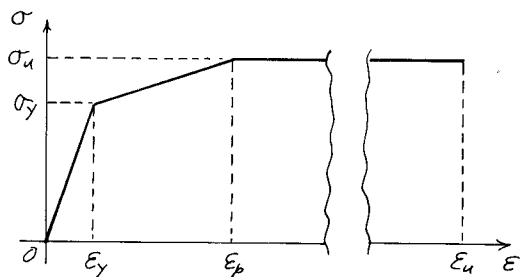


図-1. 仮定した材料の stress-strain curve

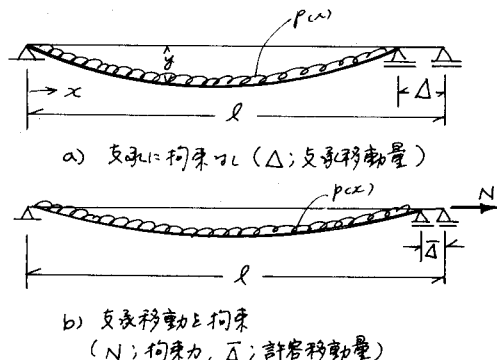


図-2. はりの支束の移動

$$\frac{d^2}{dx^2} \left\{ B(M_0, N) \frac{d^2 y}{dx^2} \right\} - N \frac{d^2 y}{dx^2} = p(x) \quad \text{または} \quad B(M_0, N) \frac{d^2 y}{dx^2} - N y = -M_0$$

ここで、 $B(M_0, N)$ は、はりの曲げ剛度で M_0, N の関数であつて、材料の弾性範囲内では EI (E : 弾性係数, I : はりの断面二次モーメント) とする。

y : はりのたわみ

N : はりの可動支承に水平に作用する拘束力

M_0 : はりに作用する単純ばりとしての曲げモーメント

$p(x)$: はりに作用する分布荷重強度

となり、 y, N を未知量とし、はりの両端で $y=0, d^2 y/dx^2=0$ 、それに可動支承の変位のある拘束値が与えられている変数係数をもつ微分方程式となる。

これは、 N を仮定すれば、 $B(M_0, N)$ は計算され、通常の微分方程式と解く数値解法で、初期値問題として取り扱うことができる。ここでは、解法として Runge-Kutta-Gill 法および Milne 法によつて、与えられた条件を満たすような N の値を、荷重漸増法を用いて Trial and Error で求めた。

この方法によれば、仮定された N に対するはりのたわみを計算し、可動端の変位が条件と満たしていないならば、 N の値を変えて拘束条件を満たすまでこれを繰り返すと云つた、2重の初期値問題として微分方程式と解かねばならず、これらの計算はすべて電子計算機(名古屋大学大型計算機センターの FACOM 230-60)を用いたが、1つの荷重 step に対して 50 等分程度で数分を要した。

計算例として、スパン 10m、はりの断面

35cm x 20cm の鋼製はりモデルについて

とわめて僅かな移動 (0.16cm) (0.15 程度) による拘束について、求めた結果の一部が図-3 である。

このように、とわめて小さい軸方向拘束力が発生し、その拘束を物理的に破壊することが生ずる可能性のあることを示している。

1) 佐藤, 井上: はりの曲げ(降伏と繰返し)

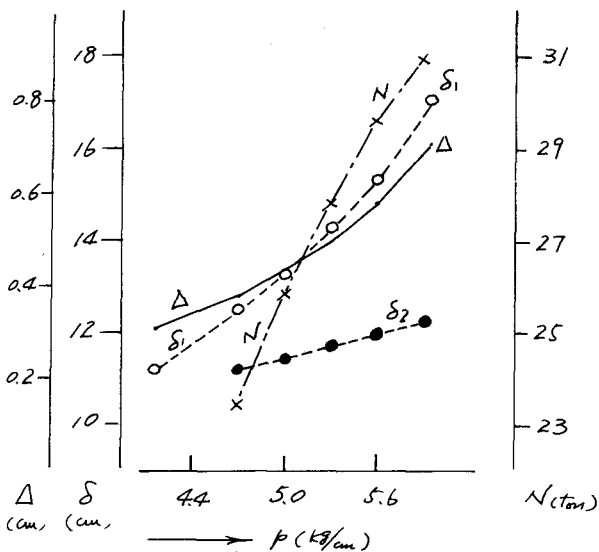
によつて生じる変位の水平反力について、

昭和48年度土木学会年次講演会概要集,

I-73, p.151

2) たとえば 小西, 梅尾, 成岡: 構造力学

第I巻, p.222.



降伏点以上の応力あり
スパン 10m, 断面 35cm x 20cm 鋼製はり
 Δ : 可動支承移動量
 δ_1 : 拘束点における最大たわみ
 δ_2 : $\Delta = 0.16\text{cm}$ に拘束点における最大たわみ
 N : 拘束力

図-3 はりの変形と拘束力