I－22

トラス橋撤去に伴なう安全上の問題について

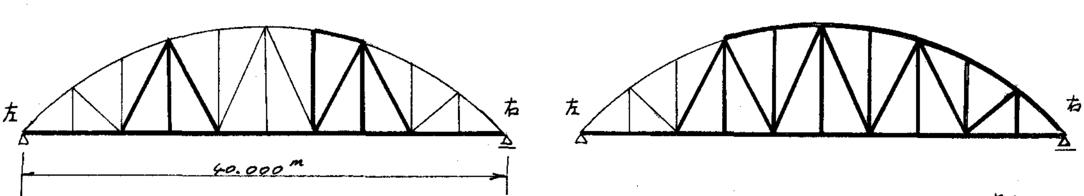
岐阜大学工学部　正員　井上肇

数年前，岐阜県下において，スパン 40m の バウストリング トラス（図－1）が，撤去の際の解体作業中に落下し，人身事故を起したことがあった。このトラスの解体にあたっては，つぎのような順序で作業が行なわれた。

(1) 高欄，床版の撤去，(2) 上横構の撤去　(3) 縦桁，下横構の撤去（左岸より），(4) 上流側上弦材，斜材，鉛直材の撤去（右岸より）　(5) 下流側，上弦材，斜材，鉛直材の撤去（左岸より）

上、下流側とも上弦材，斜材，鉛直材は，図－1の実線(太)のように一部残され，落橋させる直前に右岸側の支承が外れて落橋した。この右岸支承は移動端であって，多少の拘束は行なわれていたようである。

解体中における構造系は，下弦材をはりとするものと，それに残されていたトラス，と云ったきわめて複雑なものであるが，本質的には，下弦材（図－2）が，はりとして働き，それにきわめて大きな自重が働き，はり断面に降伏点をこえるような応力が作用し，変形が著るしく大きくなって，支承が拘束されなければ，支承が内側に引きよせられ，落橋に至ることになる。もし支承の拘束があれば，はりに軸力が発生し（支承に水平反力を生ずる），拘束物を破壊し落橋する。したがって，撤去作

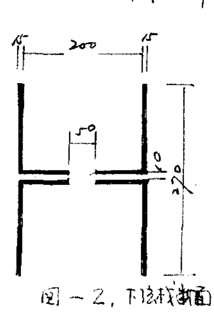


図－1

業にあたって，この例のような作業には，はりとしての下弦材の挙動とくに支承の移動量あるいは，所要拘束力等を予め求めておくことが必要である。

この点については，すでに報告[1]したが，その解法は，材料，幾何非線形のはりの微分方程式を樹て，それをR.K.G法，Milne法を併用した数値解法であった。このとき，荷重を漸増させ，問題の非線型微分方程式をTrial and Errorで電子計算機を用いてもとめたものであった。この計算の計算量は莫大で，とても実用的なものではなかった。

この報告においては，はりとしてのモデルを厳密なものとして取扱うことなく，きわめて簡単な構造モデルとした。このモデルは図－3に示すような，はりを有限個の要素に分割することは，FEMと同様であるが，要素を剛体として扱い，隣りの要素とはバネ（非線型）で連結されているものとした。このようにすれば，問題は，非線型微分方程式の初期値問題から連立方程式へと書換えられることになる。こゝでも非線型のため繰返し計算



図－2，下弦材断面

が必要であるが、はるかに1回当りの計算量がすくなくてすむという特徴をもっている。また、この方法は、非線型問題に対する差分方程式の適用とも考えられるが、有限要素法と差分法との中間的なものであるといえよう。

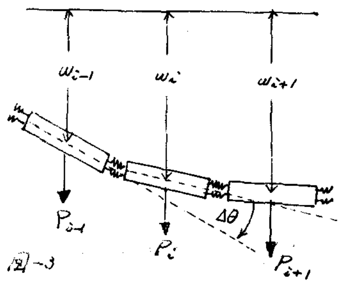


図-3

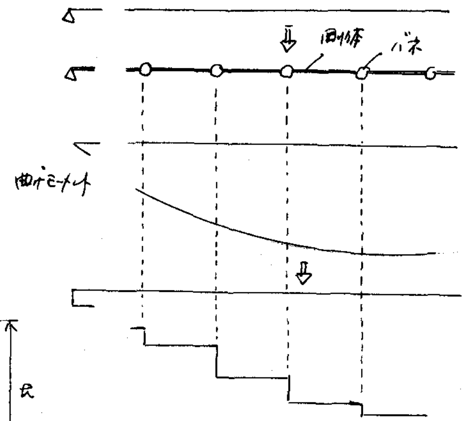


図-4

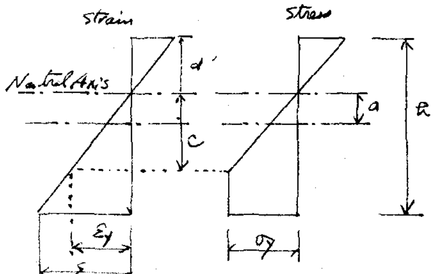


図-5

剛体間のバネ常数については、はりがBernoulli-Eulerの仮定に従うとして、つぎのように求められる。

$$N=\int_A \sigma dA=\int_{-d'}^{-c'}\sigma_y dA+\int_{-c'}^{c}E\cdot\varepsilon dA+\int_c^d \sigma_y dA=\sigma_y\left(\int_{-d'}^{-c'}dA+\int_c^d dA\right)+\frac{\sigma_y}{c}\int_{c'}^{c}y\,dA=\sigma_y(\underbrace{-A_c+A_t}_{A_y})+\frac{\sigma_y}{c}G_x$$

$$M=\int_A \sigma_y y\,dA=\sigma_y\underbrace{\left(-\int_{-d'}^{-c'}y\,dA+\int_c^d y\,dA\right)}_{G_y}+\frac{\sigma_y}{c}J_x\ ,\qquad J_x=\int_{-c'}^{c}y^2dA,\quad G_x=\int_{-c'}^{c}y\,dA$$

$$\Delta u=\frac{a\lambda}{E(A_y c+G_x)}\cdot N\ ,\qquad \Delta\theta=\frac{\lambda}{EJ_x}(M-\sigma_y G_y)\left\{1+\frac{N}{E(A_y+G_x/c)}\left(1-\frac{k}{2c}\right)\right\}$$

$$\Delta u_i=k_{1i}N_i\ ,\qquad \Delta\theta_i=k_{2i}M_i+a_iN_i \tag{1}$$

節点 i における力の釣合条件から　$P_i=Q_{i,i-1}-Q_{i,i+1}$,　$Q_{i,i-1}=\dfrac{M_{i,i-1}-M_{i,i}}{\lambda_i}$,　$Q_{i,i+1}=\dfrac{M_{i+1,i}-M_{i,i+1}}{\lambda_{i+1}}$

$$P_i+\frac{M_{i-1}}{\lambda_i}-M_i\left(\frac{1}{\lambda_i}+\frac{1}{\lambda_{i+1}}\right)+\frac{M_{i+1}}{\lambda_{i+1}}=0 \tag{2}$$

$$M_i=M_{i,i-1}=M_{i,i+1}$$

$$\Delta\theta_i=\frac{w_{i+1}-w_i}{\lambda_{i+1}}-\frac{w_i-w_{i-1}}{\lambda_i}=\frac{w_{i+1}}{\lambda_{i+1}}-w_i\left(\frac{1}{\lambda_i}+\frac{1}{\lambda_{i+1}}\right)+\frac{w_{i-1}}{\lambda_i} \tag{3}$$

$\lambda=\lambda_i=\lambda_{i+1}$ として (1), (2) を用いて
$$M_i=\frac{1}{k_{2i}}\left\{\frac{1}{\lambda}(w_{i+1}-2w_i+w_{i-1})-a_iN\right\} \tag{4}$$

これを (2) に代入すれば
$$\frac{1}{k_{2,i-1}}w_{i-2}-2\left(\frac{1}{k_{2,i-1}}+\frac{1}{k_{2,i}}\right)w_{i-1}+\left(\frac{1}{k_{2,i-1}}+\frac{4}{k_{2,i}}+\frac{1}{k_{2,i+1}}\right)w_i$$
$$-2\left(\frac{1}{k_{2,i}}+\frac{1}{k_{2,i+1}}\right)w_{i+1}+\frac{1}{k_{2,i+1}}w_{i+2}-\lambda(a_{i-1}-2a_i+a_{i+1})N=-\lambda^2P_i \tag{5}$$

となり，これを用いて，釣合条件式を作り，繰返し法で解けばよい。計算結果は発表当日にゆずる。

---

1) 井上，佐藤；支点の移動を拘束されたはりの降伏点をこえる曲げについて，昭和49年度土木学会年次学術講演会概要集. I. p.285