

【討 議】

林 有一郎  
樋口康三 共著 “断面変形を考慮した薄肉弾性ばり理論による  
トラス橋の立体解析” への討議  
田中美宇

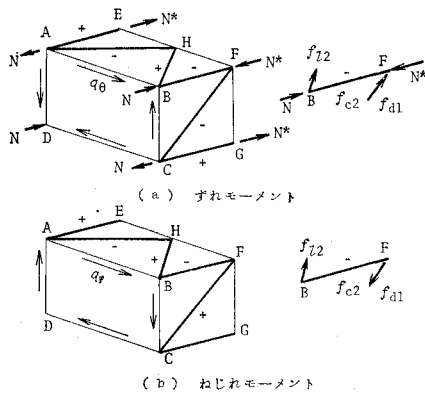
(土木学会論文報告集第 249 号・1976 年 5 月掲載)

▶ 討議者 (Discussion) ————— 小松定夫・西村宣男 (大阪大学)  
By Sadao Komatsu and Nobuo Nishimura

本邦で最初の道路鉄道併用吊橋およびダブルデッキトラス橋の建設計画に際し、安全性の確認と合理的設計の推進とにかけた著者らの並々な努力に対し敬意を払うものである。今回発表された上記論文を拝見したところ、(5) トラス部材力の算定のなかで、著者らは、弦材力に対する一般化力  $F_1$  および  $F_3$  の影響が筆者(小松・西村)らの式<sup>1)</sup>と内容的に異なっていると述べられている。本来、離散的な特性を有するトラスを連続体に置換して弾性方程式を導き、その解より再び離散量としての部材力を算定する著者らおよび筆者らの解析法においては、この部分はきわめて重要であるから、あえて討議をお願いする次第である。

まず、図-9 (本稿 付図-1) のような骨組構成に対しては著者らの方法と筆者らの方法とで求められた弦材力はまったく一致していること、続いて骨組構成によっては(たとえば 付図-2 (b) のような骨組構成に適用すると)著者らの直感的な方法では問題点を生ずることを示そう。

付図-1 は著者らの 図-9 (b), (d) に表現法において若干修正を加えて再掲したもので、付図-1 (a) は一般化力  $F_3$  (ずれモーメント) に対応するパネル内のせん断

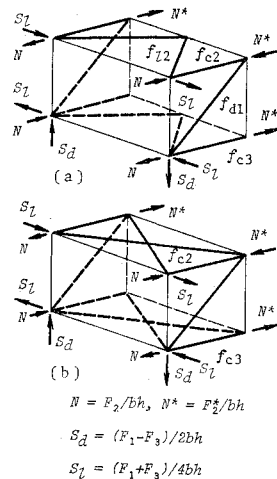


付図-1 パネル内のせん断流と部材力

流  $q_\theta$  の状態、付図-1 (b) は  $F_1$  (ねじりモーメント) に対応するパネル内のせん断流  $q_\phi$  の状態を表わしている。

ねじりモーメント  $F_1$  による主構斜材力  $f_{a1}$  は  $F$  点に、横構斜材力  $f_{a2}$  は  $B$  点に互いに逆向きの  $\overline{BF}$  方向分力を与えるから弦材に  $F_1$  によって圧縮力  $f_{c2}$  を誘発する。この点では著者らおよび筆者らの見解は一致している。

一方、ずれモーメント  $F_3$  による弦材力を求めるに際しては、パネルの両端断面に相異なるバイモーメント  $F_2, F_2^*$  が同時に生じ、それによる隣接パネルから伝達される自由度力  $N$  および  $N^*$  が弦材の両側節点に作用していることを、著者らは無視している。すなわち、付図-1 (a) において弦材  $\overline{BF}$  方向に関する力のつり合いを考えると、 $B$  点において  $F_2$  による自由度力  $N$  と  $F_3$  による横構斜材力の  $\overline{BF}$  方向分力の和が弦材  $\overline{BF}$  の軸力とつり合い、また  $F$  点においては  $F_3$  による主構斜材力の  $\overline{BF}$  方向成分と弦材力の和が  $F_2^*$  による自由



付図-2 自由度力と部材力

度力  $N^*$  とつり合っている。結局  $N^*$  と  $N$  の差はずれモーメント  $F_3$  に起因するもので、例示されたような骨組構成においてはそのパネル内に  $F_3$  による 2 次的な弦材力を誘発することになり、その大きさも無視できない程度となる。

一般化力  $F_1, F_2$  および  $F_3$  が作用する場合について、一般化力と部材力の関係を求めて、以上述べた現象を具体的に示そう。付図-2 (a) において、 $F_1, F_3$  はパネル間で一定、 $F_2$  はパネルの両端で異なる。これらの一般化力は断面の 4 隅に作用する自由度力（筆者らが文献 2) においてパネル間伝達力と称したものと同一）に容易に分解できて付図-2 (a)のごとく作用する。これらの自由度力によるトラスの各部材力は、格点におけるつり合い条件により容易に求まる。

$$\begin{aligned} \text{下弦材 } f_{c3} &= F_2^*/bh \quad \text{主構斜材 } f_{a1} = \frac{F_1 - F_3}{2b} \frac{d}{h} \\ \text{横構斜材 } f_{12} &= \frac{F_1 + F_3}{2bh} r \end{aligned}$$

ここに、 $d$  および  $r$  はそれぞれ主構斜材長および横構斜材長を表わす。

同じ骨組形式に対して原文 図-9 で問題になっている上弦材（図-9 の  $\overline{BF}$  材）は、

$$f_{c2} = -\frac{F_2}{bh} - \frac{F_1 + F_3}{2bh} \lambda \quad (\text{筆者らの結果}) \dots (1)$$

となる。それに対して、

$$F_2^* = F_2 + F_3 \lambda \dots \dots \dots (2)$$

であるから著者らの式ではパネルのバイモーメントとして、左右節点の断面力（バイモーメント） $F_2$  と  $F_2^*$  の平均値を用いて、

$$f_{c2} = -\frac{F_2 + F_2^*}{2bh} - \frac{F_1}{2bh} \lambda = -\frac{F_2}{bh} - \frac{F_1 + F_3}{2bh} \lambda \quad (\text{著者らの結果}) \dots \dots (3)$$

となる。式 (1) と (3) の結果は完全に一致している。なお著者らの式においては、このような骨組では上弦材力  $f_{c2}$  と自由度力とは直接に対応しないので、直感的にパネル両端の断面力の平均を用いている。しかし、一般にトラスの解析において部材力を求めるにあたり、パネル両端の断面力の平均値を用いることは従来から行われて

いない。そこで両者の考え方を付図-2 (b) のような骨組構成の場合について比較してみると、著者のように平均値を採用することは不合理であることが認められる。

いま、上横構のせん断流は 2 つの経路を通して流れるから、筆者らの考え方では、

$$\left. \begin{aligned} \text{上弦材 } f_{c2} &= -\frac{F_2}{bh} - \frac{F_1 + F_3}{4bh} \lambda \\ \text{下弦材 } f_{c3} &= \frac{F_2^*}{bh} - \frac{F_1 + F_3}{4bh} \lambda \end{aligned} \right\} \dots \dots (4)$$

式 (2) を代入して、

$$f_{c3} = \frac{F_2}{bh} - \frac{F_1 - 3F_3}{4bh} \lambda$$

一方、著者らの考え方では、

$$\left. \begin{aligned} \text{上弦材 } f_{c2} &= -\frac{F_2 + F_2^*}{2bh} - \frac{F_1}{4bh} \lambda \\ &= -\frac{F_2}{bh} - \frac{F_1 + 2F_3}{4bh} \lambda \\ \text{下弦材 } f_{c3} &= \frac{F_2 + F_2^*}{2bh} - \frac{F_1}{4bh} \lambda \\ &= \frac{F_2}{bh} - \frac{F_1 - 2F_3}{4bh} \lambda \end{aligned} \right\} \dots \dots (5)$$

となる。付図-2 (b) の自由度力に対し格点におけるつり合い条件式によって部材力を求めると筆者らの結果と同一となり、筆者らの式 (4) が合理的であることが認められる。それに反して著者らの考え方によって求めた式 (5) の部材力は、格点において自由度力とつり合わないことになり明らかに不合理性が認められる。

以上の点についてご回答をいただければ幸甚と存ずる次第である。

注) 記号および座標系は著者らのものにできる限り統一した。

参 考 文 献

- 1) 小松定夫・西村宜男: 薄肉弾性ばり理論によるトラスの立体解析, 土木学会論文報告集, No. 238, 1975.6.
- 2) 小松定夫・相良正次・西村宜男: 長大吊橋補剛トラスのねじりに関する静力学的研究, 土木学会関西支部年次講演会, I-46, 1969.

▶ 回答者 (Closure) ————— 林 有一郎・樋口康三・田中美宇 (本州西国連絡橋公団)  
By Yuichirō Hayashi, Kōzō Higuchi and Yoshihiro Tanaka

トラス橋、吊橋に対し斬新な理論を展開しておられる討議者らに対し、敬意を表するとともに、著者らの論文に対し、有益なご討議をいただいたことに対し、感謝いたします。

まず最初に、討議者らの論文（討議、参考文献 1)）中

の表-7 の内容と著者らの論文中の表-B.1 の内容が結果的に一致するにもかかわらず、著者らの検討不足のため、両者が違っているかのような表現をとったことに対し、討議者、読者各位におわびいたします。

討議者らは、バイモーメントからトラス弦材力への変

換に際し、〔討議〕付図-2, (a) のような組み方のトラスでは著者らの方法と討議者らの方法では結果的に同一の結果となり、同図 (b) のような組み方のトラスでは著者らの方法によると問題が生じることを指摘されている。著者らの意図するところではないが、後者のようなトラス組みに著者らの方法を採用しようとする確実に誤った結果が生じることになる。したがって、ねじりの3成分から弦材力への変換は、バイモーメントから換算される節点力と結合部材力とのつり合いから求めようとする討議者らの方法の方が理にかなっているといえる。

それに伴い著者らの論文の一部に表現上の誤りがあり、次のように訂正したい。

1) 59 ページ, 12 行目

「部材力の求め方は次のようにするとよい。」→「部材力の求め方は、図-B.1 に示すトラス組みに対し、次のようにするとよい。」

2) 60 ページ, 9~14 行目

「したがって弦材  $BF$  には同じ向きの力が働き、…… $F_3$  の弦材軸力に対する影響を無視することにする。」→「 $F_1$  による影響はすでに考慮してあるので除くと、この場合には  $BF$  の弦材力 (引張正)  $= -F_{2,B点}/bh + F_3\lambda/2bh = -F_{2,F点}/bh - F_3\lambda/2bh$  なる関係があり、④ の操作を行うと見かけ上  $F_3$  の影響が消えてしまう。それで  $F_3$  に関する項は除くこととする。」

3) 60 ページ, 15~19 行目

「このような現象は小松・西村<sup>9)</sup> によって指摘されたものであるが、……筆者らの考えは小松・西村によるものと異なっている。」→「このような現象は小松・西村<sup>9)</sup> によって指摘されたものである。」

いずれにしても、部材力への変換は、つり合いから求めるのが本筋であり、討議者らの方法による方がよい。著者らもこの点に関し若干の疑念を感じていたところであるが、今回のご指摘により明解になり感謝するものである。