

京都大学工学部 正員 白石 成人
京都大学大学院 学生員 O 渡辺 英一

1. まえがき

われわれはトラス構造の捻れについて模型実験を行い簡単な説明を試みたが、この問題について引き続き詳細な報告をしたいと思う。本研究の目的は長大フリ橋の補剛桁として採用される閉断面トラス構造の捻れ性状を実験的に把握し、この構造のもっている特性を簡単な式によって表現することにある。従って当然トラス部材を薄板に置き換える段階と踏みこみへ何らかの形でトラスの特徴を盛り込むようにしたいわけである。この観点に立つて次のようなせん断流理論を基調とした解析を進めた。(i) Two-Spar Theory. (ii) Torsion-Box Theory. ここで(i)はいわゆる Kármán-Friedrich の式を使うのであるが、微分方程式の形では厳密に解ける場合が限られている。しかし(i)の解法は適当なパラメーターの値を指定すれば(ii)によって充分代用できるものなので以下記述においては主として(ii)によることにする。実験の対象とした模型はアクリル酸樹脂で作成したが二種類あって、その一つは四面トラス構造であり他の一つは二つの垂直I型ビームと二面のトラスシステムから成っているものである。模型を使って測定したものは各構成部材の歪みと捻れ角である。

2. 基本式

$$\frac{d^2 u}{dx^2} - \frac{8G}{\alpha EA_0} u + \frac{\beta}{\alpha EA_0 b d} M_t = 0 \quad (1)$$

$$\frac{d\phi}{dx} = \frac{\alpha}{2Gb^2d^2} M_t + \frac{\beta EA_0}{2Gb^2d} \frac{du}{dx^2} \quad (2)$$

ここに $\alpha \equiv b/t_h + d/t_v$, $\beta \equiv b/t_h - d/t_v$

u は隅角部の反り, ϕ は捻れ角である。

(2) 支承条件と連続条件

$$u(0) = 0, \quad u'(0) = 0, \quad u(c-) = u(c+), \quad u'(c-) = u'(c+). \quad (3)$$

(3) 理論解

$$\left. \begin{aligned} u_1(x) &= (\beta b d M_t / 4 \alpha G J_T) \{ 1 - \tanh K l \sinh K c (\cosh K l \cosh K c - 1) \cosh K x \} \quad 0 \leq x \leq c \\ u_2(x) &= (\beta b d M_t / 4 \alpha G J_T) \sinh K c (\tanh K l \cosh K x - \sinh K x) \quad 0 \leq x \leq l \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

$$\left. \begin{aligned} \theta_1(x) &= (\beta M_t / \alpha K E b d A_0) \tanh K l \sinh K c (\cosh K l \cosh K c - 1) \sinh K x \\ \theta_2(x) &= (\beta M_t / \alpha K E b d A_0) \sinh K c \tanh K l (\cosh K l \cosh K x - 1) \sinh K x \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

$$\left. \begin{aligned} S_{v1}(x) &= (M_t / 2b) \{ 1 + (\beta / \alpha) \tanh K l \sinh K c (\cosh K l \cosh K c - 1) \cosh K x \} \\ S_{v2}(x) &= -(M_t / 2b) \{ \beta / \alpha \sinh K c (\tanh K l \cosh K x - \sinh K x) \} \\ S_{\theta1}(x) &= (M_t / 2d) \{ 1 - (\beta / \alpha) \tanh K l \sinh K c (\cosh K l \cosh K c - 1) \cosh K x \} \\ S_{\theta2}(x) &= (M_t / 2d) \{ \beta / \alpha \sinh K c (\tanh K l \cosh K x - \sinh K x) \} \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

$$\left. \begin{aligned} \phi_1(x) &= (M_t / G J_T) \{ x - (\beta^2 / K \alpha^2) \cosh K c (\cosh K l \sinh K c - \sinh K x) \sinh K x \} \\ \phi_2(x) &= (M_t / G J_T) \{ c - (\beta^2 / K \alpha^2) \tanh K l \sinh K x - \cosh K x \sinh K c \} \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

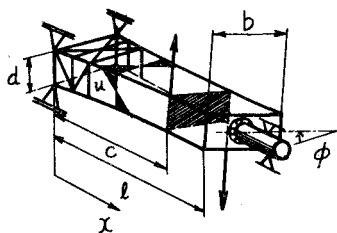


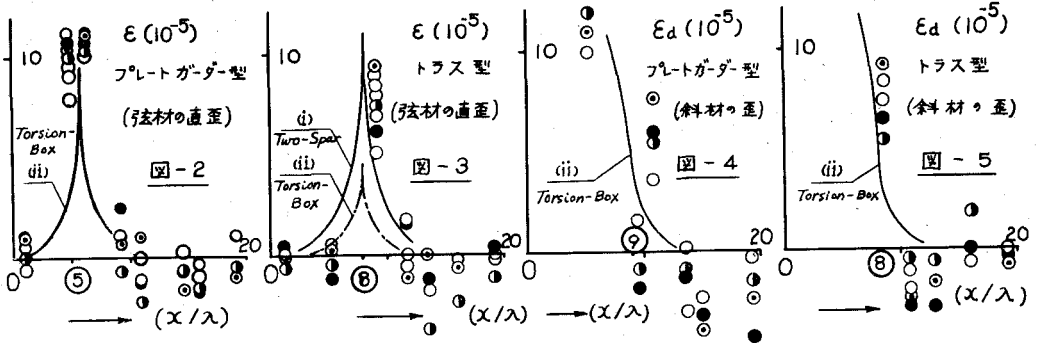
図-1

$$\text{ここに } K^2 = 8G/dEA_0$$

$$GJ_T = 2b^2d^2G/d : \text{Torsional Rigidity}$$

3. 実験結果

実験内容としては (i) 差動トランスによる挟れ角の測定 (ii) 電気抵抗線ひずみ計による各部材のひずみ測定 でありその数例を図示すれば次のとおりである。(λ: パネル長)



4. 実験値と理論値の比較検討

図-1, 図-2 を見れば Kármán の式がかなり良く実験値を説明しているように思われる。しかし図-2 では Torsion-Box 理論が良く合っていないという事を示している。せん断力を受けもつ斜材は図-3, 図-4 を示すところによれば、薄肉の特性とトラスの持つ不連続性を表わしていることがわかる。次に隔壁のせん断変形を考慮したとき的基本式を示す。

$$\frac{d^4 u}{dx^4} - 2 \frac{\bar{G}}{G} \frac{d}{bd} \frac{d^2 u}{dx^2} + \frac{10}{bd} \frac{\bar{G}}{EA_0} u = -2 \frac{\beta \bar{G}}{GEA_0 b^2 d^2} M_t \quad (8)$$

$$\frac{d\phi}{dx} = \frac{\alpha}{2Gbd^2} M_t + \frac{EA_0 \beta}{2Gbd} \frac{d^2 u}{dx^2}, \quad \bar{G} \equiv Gt_f / \lambda \quad (9)$$

この式による計算はかなりの手数を要する。かつ計算結果をみるとそれは拘束のない挟れと前述の簡易式で計算される値の中間の値を示しており、隔壁の変形はそんなに重大な影響を与えるものではないと考えられる。

4. むすび

実験値との比較により次のようなことがいえると考えられる。すなわちワレントラスの垂直補剛桁を有する閉断面の構造が垂直力より成る集中挟れトルクを受けたときは、桁は Torsion-Box としてよりはむしろ Two-Spar すなわち格子構造に似た抵抗をし、Kármán-Friedrich の式を用いて解析される方が望ましい。すなわちもし Torsion-Box 理論を用いるならば $\beta/d = 1$ と置く方が実際のトラス構造を良く説明するようである。換言すれば Torsion-Element と Bending-Element の2つに分けて独立に考えられることを示している。図-1, 図-2 のいまだ1つの特性は式(5)で表わせるように、本来の意味での挟れ剛性が相当な合理性をもって算出できていることである。つまりトラス部材を薄肉部材に換算してその挟れ剛性を表わすことができるようである。以上の推論はごく一例の載荷状態に対しては成り立つが他の載荷状態の下、例えば水平力から成る挟れモーメントを受けたときにはまた違った抵抗を示すものと予想される。この点に関しては当日報告する予定である。

* * * * *