

トラス橋の弾塑性面外崩壊に関する理論的研究

大阪大学工学部 正員 小松定夫

大阪大学工学部 正員 西村宣男

大阪大学大学院 学生員 山本秀樹

1. まえがき スパン長・主構間隔比 l/b が大きいトラス橋においては、横荷重に対しては勿論、鉛直荷重に対しても面外崩壊を生ずる。道示 10-11 においてもこの種のトラス橋に対する全体座屈の照査が義務付けられているが、照査を必要とする範囲についての明確な規定は示されていない。設計時に全体座屈照査が行われ、長大トラス橋の l/b の値は 20~30 である。幅員の狭い道路の拡幅に際して橋梁部に設けられる歩行者、軽車両専用の側道橋には l/b が 30 を越える場合も予想される。本研究ではこのような l/b の大きい側道トラスを対象とし、鉛直荷重または横荷重を受ける場合の面外崩壊を弾塑性有限変形解析によって追跡計算し、トラス橋の耐荷力特性を全体安定性の面から明らかにせんとするものである。

2. 解析法 ここでは上路トラスとポニートラスを対象とするが、両者の解析において採用する変位自由度は若干異なっている。以下に解法の特徴および解析上の仮定を述べるが () 内はポニートラスに適用するものである。(1) トラスは全て軸力部材から構成される。(横ラメンの面内曲げおよび弦材の水平横方向曲げ剛性を考慮する。)(2) 各部材は溶接残留応力を有する。載荷による付加応力と残留応力を合せて、各部材の見掛け上の接線弾性係数を求める。(3) 部材の座屈および局部座屈は生じないものとする。(4) 荷重増分とニュートン・ラフソン法を組合せ、いわゆる混合法により、耐荷力解析を行う。

初期軸力の影響を考慮した軸力部材の剛性方程式

$$Q_{ij} = K_{ij} u_{ij} \quad \text{を用いる。} \quad Q_{ij} = \{X_i; Y_i; Z_i; X_j; Y_j; Z_j\}$$

$$u_{ij} = \{u_i; v_i; w_i; u_j; v_j; w_j\}$$

$$K_{ij} = \begin{bmatrix} a & b & c & -a & -b & -c \\ d & e & -b & -d & -e \\ & f & -c & -e & -f \\ & & a & b & c \\ & & d & e \\ & & & f \end{bmatrix}$$

$$a = \frac{E_r A_m}{l_m} d_{ij}^2 + \frac{T_m}{l_m}, \quad b = \frac{E_r A_m}{l_m} \alpha_{ij} \beta_{ij}$$

$$c = \frac{E_r A_m}{l_m} \alpha_{ij} \delta_{ij}, \quad d = \frac{E_r A_m}{l_m} \beta_{ij}^2 + \frac{T_m}{l_m}$$

$$e = \frac{E_r A_m}{l_m} \beta_{ij} \delta_{ij}, \quad f = \frac{E_r A_m}{l_m} \delta_{ij}^2 + \frac{T_m}{l_m}$$

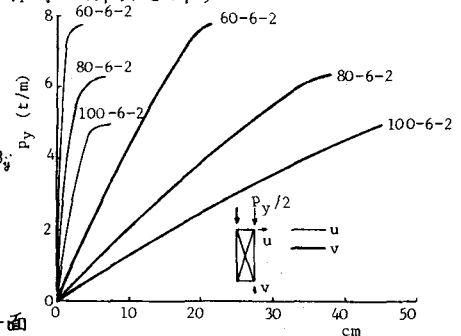


図3 基本モデルの変形特性(上路引張鉛直荷重)

3. 解析モデル 各トラス形式についてそれぞれ平面構造解析を基調とし、横用設計法に準拠した自動設計プログラムを作成し、解析モデルの構造諸元を求めた。解析モデルは、その主要諸元(スパン長・主構高・主構間

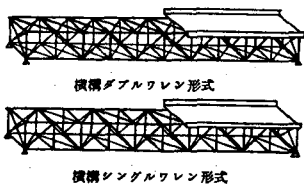


図1 解析モデルの骨組構成

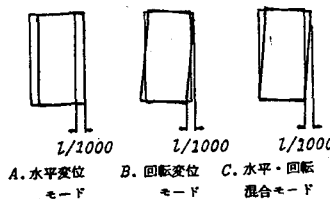


図2 初期変位の断面内モード

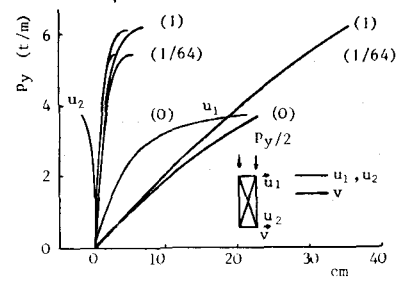
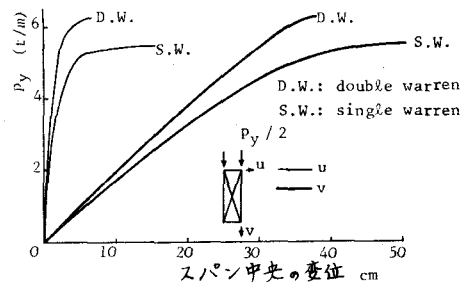


図4 中間弦横断面形状の影響(上路引張鉛直荷重)

隅)を表示して区別する。(例 80-6-2)

4. 鉛直荷重に対する上路トラスの耐荷力特性

慣用法によ、て定めた解析モデルを基本モデルと称する。図3に基本モデルの荷重-変位関係を示す。 $1/b$ が30のモデル60-6-2は面内崩壊、 $1/b=40$ の80-6-2では面内崩壊ではあるが面外変形の影響が現われている。 $1/b=50$ のモデル100-6-2では面外崩壊を生じている。



面内崩壊が主たるモデルでは初期不整の耐荷力に及ぼす影響は僅々である。基本モデル80-6-2について横つなぎ材の断面積を変えて耐荷力に及ぼす影響を調べた。図4は中間対傾構の断面積を変えた場合の荷重変位関係であるが、中間対傾構を省略すると弾性領域で横倒れを生じた。図5は構構の組方を変えた場合の比較である。ダブル

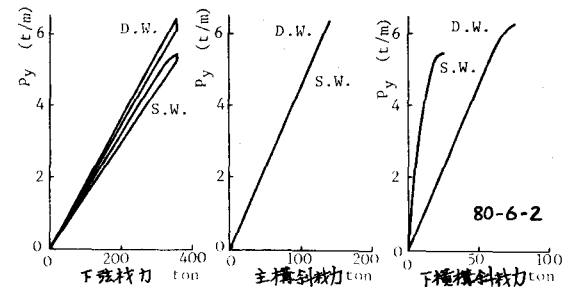
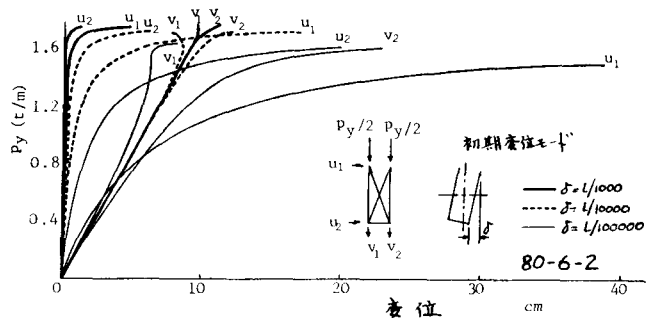


図5 鉛直荷重による変形と部材力-構構形式による比較

ワレン形式の方が耐荷力が大きくなる。図6は上横構を省略した場合の初期変位の影響を表わしている。上横構を省くと耐荷力は激減するが、このように面外安定性の低い場合には初期変位の影響が顕著に現われる。



5. 水平横荷重に対する上路トラスの耐荷力特性

図7に基本モデルの横荷重(死荷重を固定荷重とし、活荷重を鉛直に載荷している)に対する変形特性を、図8に基本モデル80-6-2について、中間対傾構の断面積を変えた場合の変形特性を示した。横荷重に対して強度設計された中間対傾構を有する場合は上下横構の水平変位差はあまり小さくなく、面外曲げ崩壊を生ずるが対傾構断面積の減少につれて横断面の回転変形や断面変形が生じて耐荷力を減ずる。

図6 上横構を省いた場合の初期変位の影響(鉛直荷重)

紙面の都合でポニートラスの耐荷力特性にまで言及できなかった。これについては当日申し上げる。

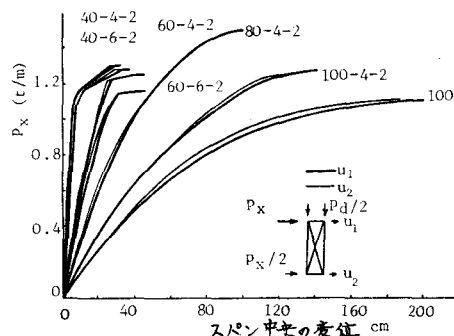


図7 水平横荷重による変形特性-基本モデル

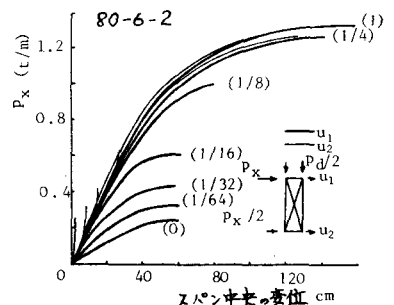


図8 中間対傾構断面積の影響(水平横荷重)