

関東学院大学工学部 正員 石澤成天
 関東学院大学工学部 正員 増判文男
 関東学院大学大学院 学生員 磯光天

1. まえがき

現在、斜張橋は長大化の一途を辿りつつ、道路の線形に合わせて曲線斜張橋としての利用が求められる場合があると考えられる。その一例として、1面ケーブル形式では大和川橋梁が、側径間には曲線が入っており、2面ケーブル形式では、タワーのかわりに右壁にケーブルを定着したRock-A-Chucky橋が建設されている。このように、曲線斜張橋を有する斜張橋は少なくないが、タワーを有する2面ケーブル形式曲線斜張橋の可能性を検討する必要外あると考えられる。本報告では、曲線斜張橋において最も問題となるねじりによる主桁の挙動について研究した。

2. 実験モデルおよび実験方法

実験モデルとしては、図-1のように主桁は断面で鋼材を使用し、タワーには鋼材の角パイプ、ケーブルにはピアノ線を用いたもので2面ケーブル形式の2本の独立なタワーを用いた2径間連続斜張橋とした。このモデルにおいては、主桁とケーブルのねじり角を30度とした3段ハーフ形式、およびこれを利用して1段ケーブルにおける主桁とケーブルの定着位置及び、タワーとケーブルの定着位置を変化させた。アレストレスを導入し、ケーブル中央に設けたターンバックルにより、全ケーブルが所定の値になるよう調整を行なった。モデルの断面諸量は、表-1に示す。支持条件として主桁の中央部が回転支承、桁端部は移動支承とし、タワーは回転支承で、ケーブルの定着部はピン構造とした。

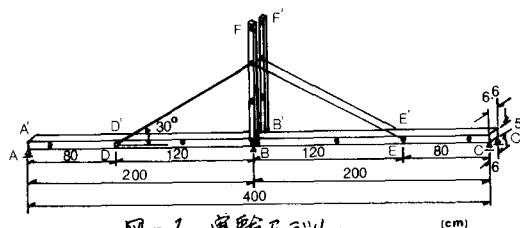


図-1 実験モデル

表-1 断面諸量

BEAM	EA (kg)	4.620×10^6
	EI (kg·cm ²)	2.013×10^7
	GK (kg·cm ²)	1.375×10^7
TOWER	EA (kg)	3.906×10^6
	EI (kg·cm ²)	8.499×10^6
	GK (kg·cm ²)	3.877×10^6
CABLE	EA (kg·cm ²)	1.560×10^4

実験方法としては、主桁に偏心荷重を載荷し各部材の挙動を電気抵抗線変位計（サージ）および変位計によって測定した。またケーブルのアレストレスの導入時の調整においてもサージを利用した。

3. 解析モデルおよび理論解析

解析モデルとしては、図-2のように節点2, 4においてケーブルとの定着はピン構造とした2面ケーブル形式である。

理論解析は、変形法において解析を行ない、ねじりに対する検討はSt-Venantのねじりのみを考えることにした。部材には、図-3のごとく軸力、せん断力、曲げ、ねじりを同時に受ける直線部材を考え、その方向の変位は無視した。自由度を部材1, 2に対して $u, v, \phi, \psi, \theta_1, \theta_2, \psi_1, \psi_2$ とすれば剛性マトリックス $[K]$ と座標変換マトリックス $[T]$ は、次のように与えられる。ここで θ は、 x 軸と y 軸のねじり角であり、

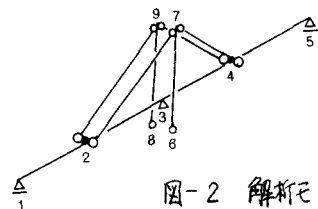


図-2 解析モデル

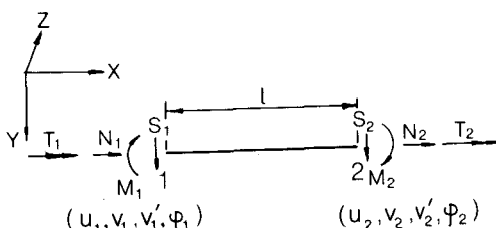


図-3 節点力と節点変位

α は x 軸と x 軸とのなす角である。 u は x 方向の変位, v は y 方向の変位, ψ はねじり角, ϕ はねじり角を表す。

$$[K] = \frac{EI}{l^3} \begin{bmatrix} 12 & 6l & 0 & 0 & -12 & 6l & 0 & 0 \\ 6l & 4l^2 & 0 & 0 & -6l & 2l^2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & S & 0 & 0 & 0 & S & 0 \\ 0 & 0 & 0 & r & 0 & 0 & 0 & -r \\ -12 & 6l & 0 & 0 & 12 & -6l & 0 & 0 \\ 6l & 2l^2 & 0 & 0 & -6l & 4l^2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -S & 0 & 0 & 0 & S & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -r & 0 & 0 & 0 & r \end{bmatrix}$$

$$S = \frac{Al^2}{I}, \quad r = \frac{GKl^2}{EI}$$

$$[T] = \begin{bmatrix} \lambda & \mu & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -\mu & \lambda & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \eta c & \mu c & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\mu c & \eta c & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \lambda & \mu & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -\mu & \lambda & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \eta c & \mu c \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\mu c & \eta c \end{bmatrix}$$

$$\lambda = \cos \alpha, \quad \mu = \sin \alpha$$

$$\eta c = \cos \alpha c, \quad \mu c = \sin \alpha c$$

解析モデルは, 節点 2, 4 において主桁幅を考慮しているものとしておけるが, 主桁の剛性マトリックスでタワー間隔としてこれを考慮することにした。いま,

$$u = u_2 - u_1 + \phi_b \cdot r_b / 2$$

$$\delta u = \delta u_2 - \delta u_1 + \delta \phi_b \cdot r_b / 2$$

ただし r_b : タワー間隔
 ϕ_b : 主桁のねじり率

とすれば, リーアルの仮想内部エネルギー δW は次のように得られる。

$$\delta W = \{\delta w\}^T [K] \{w\}$$

ここで $\{w\}^T = \langle u, u, \phi_b \rangle$ である。そして剛性マトリックス $[K]$ は,

$$[K] = \begin{bmatrix} 1 & -1 & r_b/2 \\ -1 & 1 & -r_b/2 \\ r_b/2 & -r_b/2 & (r_b/2)^2 \end{bmatrix}$$

で与えられることになる。ただし, ここでは主桁のねじりのみを考慮しており, タワー形式に依らずとも, このリーアルの主桁へのねじり剛性へ寄与するマトリックスは異なる。ここでは, 実験桁の形式をとるものとして剛性マトリックスを求めた。

4. 実験結果

図-4 は実験結果の一例であるが, 図-1 の形式において支桌 A より 75 cm のリーアールと主桁の定着点付近に 1000 kg・cm の偏心荷重を載荷したときの垂直応力図である。D, E 点はリーアール定着点で, 実線は理論値で, 点線は実験値である。この図においては, この実験値では変形法の理論解析とほぼ一致しているようである。

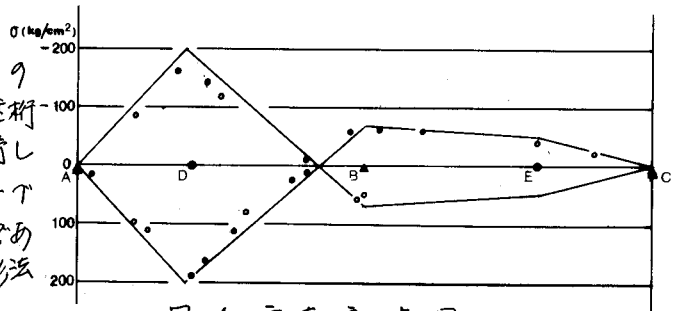


図-4 垂直応力図

5. あとがき

本実験においてリーアールのプラスチック導入が, ほぼ期待通りの結果を得る事ができた。また, 理論解析において簡略化したモデルでも充分対応できることがわかった。なお本報では, 実験の一例を示すにとどめられたが, 斜張橋のねじり剛性は, 桁断面とリーアールの位置などの複雑な要素を含んでいる。これらの詳細の報告は, 当日発表する予定である。

最後に, 過去二年間にわたり基礎から現在まで御指導頂いた 鐵田正義博士, 並びに理論解析において御指導下さいました 渡田純夫助教授に対して謝意を表します。