

プレストレス導入による斜張橋の弾性挙動について

大阪大学工学部 正員 前田 幸雄
 大阪大学工学部 正員 林 正
 大阪大学工学部 学生員 ○迫 田 治行

1. まえがき 従来、斜張橋に対しては種々の方法でケーブルにプレストレスが導入されているが、本研究では文献¹⁾の式を拡張してケーブルを緊張した場合の弾性方程式を導き、さらに数値計算によりプレストレスを導入した斜張橋の弾性挙動を調べた。

2. 弾性方程式 プレストレスの導入は、所定のケーブル長さを短くすることにより行うものとする。任意の第 j ケーブルの変形後の長さ l_j は、変形前の長さ l_j 、プレストレス導入量としての緊張長さ d_j およびケーブル張力による伸び量 Δl_j により次式で示される。

$$l_j = l_j - d_j + \Delta l_j \quad (1)$$

上式を塔および主桁に関する力の釣合方程式と変形条件式に代入することにより、第 j ケーブルに対する一般化された弾性方程式は次のようになる。

$$F_j V_j + \sum_{i=1}^n G_{ji} V_i + \sum_{k=1}^m H_{jk} V_k - \sum_{j=1}^n D_{ji} R_j - \sum_{p=1}^n (C_{jp} S_p + D_{jp} R_p + E_{jp} M_p) + K_{jt} R_t - L_j \Xi_t = D_{j0} + \frac{d_j}{\sin \alpha_j} \quad (2)$$

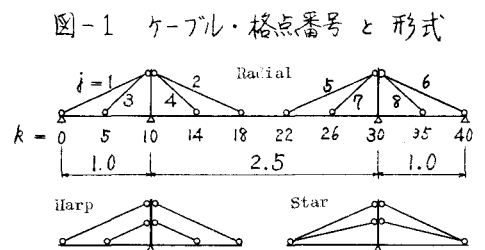
式中の記号については、文献¹⁾を参照されたい。

3. 数値計算 数値計算の対象とした斜張橋は、2基の鉛直な塔を有する対称な3径間連続斜張橋で、主桁は8本のケーブルにより等間隔に支持されている(図-1)。基本形式としては、全ケーブルを塔上で固定支持とし、塔基部をヒンジ(A1-1-Type)または固定(A3-3-Type)した形式を用いた。ケーブルの張り方はRadial-Type, Harp-TypeおよびStar-Typeの3形式とした。断面諸量に関する無次元パラメータは次の通りである。

$$E_o I_o / E_c I_c = 10, \quad E_o I_o / l_o^2 E_c A_c = 1 \times 10^{-4}, \quad E_o I_o / w l_o^3 = 0.03, \quad h / l_o = 0.1$$

各ケーブルに対 表-1 ケーブルの緊張量 $\times [10^3 l_j]$
 する緊張量を表-1
 に示すが、左右対
 称な位置にあるケ
 ーブルは同じ量だけ
 緊張する。

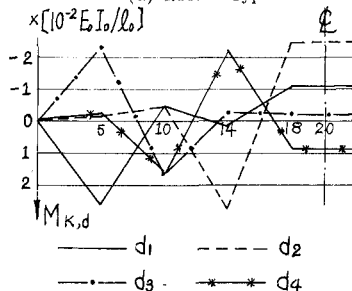
Case No.	d_1, d_6	d_2, d_5	d_3, d_8	d_4, d_7
Case 1	0	0	0	0
Case 2	0.5	0.5	0.5	0.5
Case 3	0.5	1.0	0.5	1.0
Case 4	0.5	1.5	0.5	1.5
Case 5	0.5	0.5	1.0	1.5



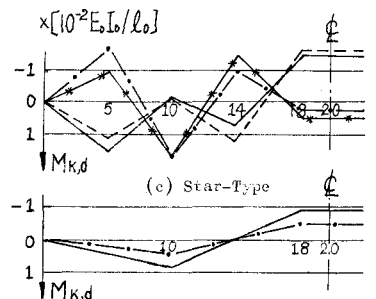
4. 弾性挙動 各ケ
 ブルを左右対称にそれぞれ
 2本づつ緊張($d_j = 10^{-3} l_j$)
 した場合の主桁の曲げモー
 メントは、図-2に示すよ
 うに中間支点及び各ケー
 ブルの取付点の間で一次的
 に変化する。プレストレスの
 効果は、A1-1とA3-3-Type

図-2 プレストレスによる主桁の曲げモーメント

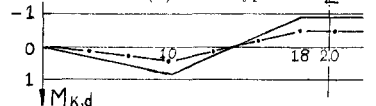
(a) Radial-Type



(b) Harp-Type



(c) Star-Type



とではほとんど差がなく、Radial-Typeでは側径間に対して外側ケーブル(第1, 3)が、中央径間に対しては内側ケーブル(第2, 4)の緊張による影響が大きい。Harp-Typeでは各ケーブルは両径間に対して同じ程度に影響する。また、Star-Typeでは第1と第2ケーブル及び第3と第4ケーブルによる効果は全く同じ値を示す(図-2(c))、各ケーブル共に同様な曲げモーメント分布を示す。これらの曲げモーメント図から、各ケーブルの緊張量を適当に組合わせることにより、主桁の曲げモーメント分布を調整することができる。

全載等分布荷重載荷時にプレストレスした場合の主桁の曲げモーメントを、図-3に示す。

Radial, Harp-TypeともにCase 2~4では塔点14附近を境として、支間中央側では正の曲げモーメントが、中間支点側では負の曲げモーメントが減少する。しかし、側径間の区間0~5ではほとんど変化しない。このような傾向が見られるのは、表-1に示したように各2本の内側及び外側ケーブルの緊張量をそれぞれ同一にした場合である。Case 5のように異なる場合には、特定断面の曲げモーメントが著しく大きくなる。また、たわみはCase 3, 4の場合には極めて減少する。図-4はRadial-Typeの場合を示したものであるが、Harp-Typeの場合でもほとんど同じ傾向を示す。主桁の軸力は、プレストレスによりいずれの場合でも最大圧縮力が10%程度増加するが、塔頂の水平変位およびA3-Typeにおける塔基部の曲げモーメントは50%もしくはそれ以下に減少する。

Star-Typeについては、Case 4では主桁の最小曲げモーメントは約20%程減少するが最大圧縮力が30%程増加するので、プレストレスを導入してもあまり有効とは思われない。

5. 要約 RadialおよびStar-Typeの斜張橋に対しては適当な量のプレストレスを導入することにより、主桁の圧縮力を大して増加させることなく曲げモーメントおよびたわみを著しく減らすことができる。また、集中荷重に対してもプレストレスを有効に作用させることができ、概略の傾向としては同じことが言えるが詳しいことは省略する。

6. あとがき 本研究では、プレストレス導入による斜張橋の力学的性状を数種類の場合について調べたが、本文以外の方法によっても応力調整を行うことができるので、今後一層適切な方法をより一般的に研究する予定である。

参考文献 1) 前田・林：プログラミングに導いた斜張橋の一般式，第24回年次学術講演会

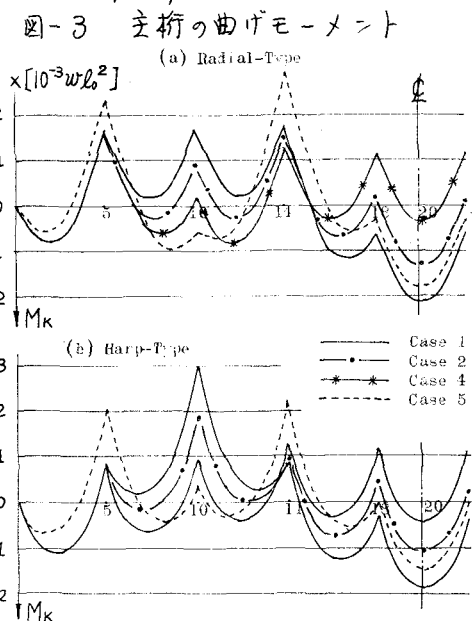


図-4 主桁のたわみ(Radial-Type)

