

1. まえがき

斜張橋の折曲力の分布状態を認識し、その値を小さくするのに、斜索にプレストレスを導入すれば効果のあることは既に指摘されていることである。ここではこの点に注目して、プレストレス量の決定方法について考察するが、直路橋においては死荷重の影響が大きいことを考え、死荷重に対するプレストレスを対象とする。

2. プレストレス量決定の方針

図-1に示すような Büschel 形を例にとるが、斜索は塔頂で固定されているものとする。図-2はプレストレスを導入しない場合の曲げモーメント図であるが、中間支承と中央径間中央部で曲げモーメントは大きな値となり、橋全体ではモーメントの変化が著しい。

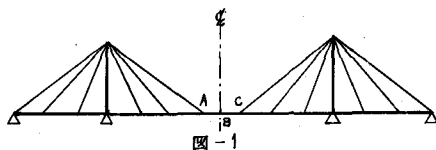
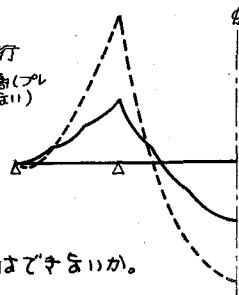


図-2

--- 連続桁
— 斜張橋(プレ
ストレスなし)



プレストレスを導入することによって、このようなモーメントの分布状態を改善し、各点の正負のモーメントの絶対値を等しく、かつ最小にすることができると望ましいが、計算の簡便化を図る目的で、次の方針をたてることとする。おまわり。

① 点 A, B, C (図-1) の曲げモーメントを等しく、かつ最小にあれば。

② 他の斜索取付点のモーメントも、点 A, B, C のそれと大体等しくすることはできないか。

このような方針のもとに斜索に導入するプレストレスを検討することとする。

3. 解式

斜索に導入するプレストレス量の垂直方向成分を図-3のように、 $x_1, x_2, x_3, \dots, x_8$ とあれば、斜索取付点 i の曲げモーメント M_i は次のように表わされる。

$$M_i = a_i W_d + m_{i2} x_2 + m_{i3} x_3 + m_{i4} x_4 + m_{i5} x_5 + m_{i6} x_6 + m_{i7} x_7 \quad \dots (1)$$

ただし、 W_d : 死荷重強度 (死荷重は等分布と取る)。

a_i : 点 i の曲げモーメント影響線の面積。

m_{ij} : 点 j に単位荷重が作用する場合の点 i に生じる曲げモーメント。

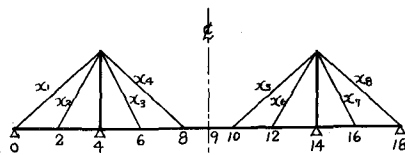


図-3

左右対称構造の場合には、 $x_2 = x_7, x_3 = x_6, x_4 = x_5$

であるから、 $m_{i2} + m_{i7} = b_i, m_{i3} + m_{i6} = c_i, m_{i4} + m_{i5} = d_i$ とおけば、式(1)は、

$$M_i = a_i W_d + b_i x_2 + c_i x_3 + d_i x_4 \quad \dots (2)$$

いま、プレストレスを導入しない場合 (したがって連続桁) の死荷重による点 8, 9, 10 の曲げモーメントを M_8, M_9, M_{10} とすれば、プレストレスの導入によって、

$$-\frac{M_8 + M_9}{2} \quad \dots (3)$$

のモーメントが付加されれば、点 8 の曲げモーメントは、 $M_8 = M_{10} = M_8' - \frac{M_8 + M_9}{2} = \frac{M_8 - M_9}{2} \quad \dots (4-1)$

点9の曲げモーメントは、 $M_9 = M'_9 - \frac{M_8 + M'_9}{2} = -\frac{M_8 - M'_9}{2} \dots\dots (4-2)$

となり、 $|M_8| = |M_9| = |M_{10}|$ と、3点のモーメントの絶対値と等しくあることができる。死荷重と対象となる場合、式(3)は、

$$-\frac{M_8 + M'_9}{2} = -\frac{Q_8 + Q_9}{2} w_d$$

となるので、点8の曲げモーメント $\varphi(x_2, x_3, x_4)$ は次のような形で表わされる。

$$\varphi(x_2, x_3, x_4) = (m_{82} + m_{87})x_2 + (m_{83} + m_{86})x_3 + (m_{84} + m_{85})x_4 + (Q_8 + Q_9)w_d/2 = 0 \dots\dots (5)$$

また、任意点の曲げモーメントを

$$f(x_2, x_3, x_4) \dots\dots (6)$$

とすれば、プレストレス量の決定は、式(5)の条件のもとで、式(6)を最小にする x_2, x_3, x_4 を求める最小値問題に帰着し、数式的には Lagrange の 未定乗数法を適用すればよいことになる。すなわち、

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial f}{\partial x_2} + \lambda \frac{\partial \varphi}{\partial x_2} &= 0 \\ \frac{\partial f}{\partial x_3} + \lambda \frac{\partial \varphi}{\partial x_3} &= 0 \\ \frac{\partial f}{\partial x_4} + \lambda \frac{\partial \varphi}{\partial x_4} &= 0 \end{aligned} \right\} (7)$$

λ : Lagrange の乗数

4 数値計算例

図-3の斜張橋を例にとり、上記を数値的に検討する。

また、材料に関する値は表-1を使用し、死荷重強度 w_d は 3 t/m とする。なお、この場合の M_8 および M'_9 はそれぞれ $648.60, 1248.48 \text{ t}\cdot\text{m}$ となるので、プレストレスによる付加モーメントは式(3)により、

$$-\frac{648.60 + 1248.48}{2} = -948.54 \text{ t}\cdot\text{m}$$

陰関数としては、

$$\varphi(x_2, x_3, x_4) = 0.902x_2 - 0.164x_3 - 8.728x_4 + 948.54 = 0 \quad \text{となる。}$$

これを式(7)に用いれば、

$$x_2 = 129.07 \text{ t}, \quad x_3 = 122.69 \text{ t}, \quad x_4 = 119.71 \text{ t}$$

と求めることができる。

図-4は、この場合の曲げモーメント図であるが、これによれば、先の2の①、②の目的は達せられるようである。他の形式についても同様の傾向にあるが、別の機会に取りまとめる報告する。

上記は、東大院生梅原明氏のカギをいただいた。厚く謝意を表する次第である。なお、以上は筆者がかつて下記文献でふれたことと一般化し発展をさせるべく検討をすすめているものの一節であることと付記する。

参考文献、山本・関田・ハ谷、斜張橋の構造解析, Mitsubishi Technical Bulletin, MTB020034

表-1

スパン		m	80+200+80
主桁	断面2次モーメント	m^4	0.2
	ヤング係数	t/m^2	2.1×10^7
主塔	断面2次モーメント	m^4	0.02
	ヤング係数	t/m^2	2.1×10^7
ケーブル	断面面積	m^2	0.01
	ヤング係数	t/m^2	1.6×10^7

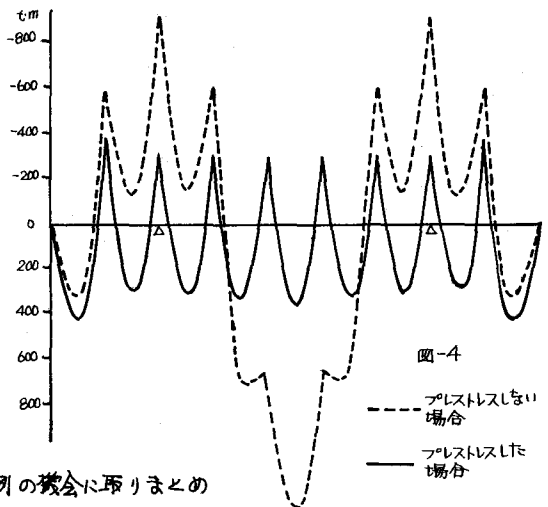


図-4

--- プレストレスしない場合
— プレストレスした場合