

九州工業大学 学生員 〇大坪 憲男

九州工業大学 正会員 山本 宏

1 まえがき 斜張橋において、ケーブルに prestress を導入し、主げたの断面決定に支配的な曲げモーメントを平均化することができるならば、橋全体の経済性をはかることができるはずである。

ここでは、図-1の(A),(B)に示すような塔とケーブルの取付けを可動とした3径間連続斜張橋(以下 Type 1-A, Type 1-Bと示す。)および図-2で示すような塔とケーブルの取付けを固定とした3径間連続斜張橋(以下 Type 2と示す。)を対称に最適な prestress 導入量を決定することとした。

なお道路橋においては死荷重による影響が大きいことを考え死荷重に対する prestress を対称とする。

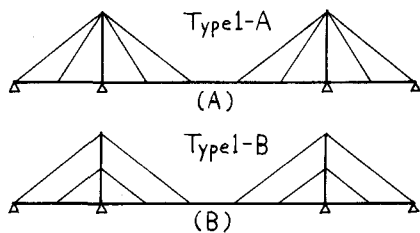


図-1

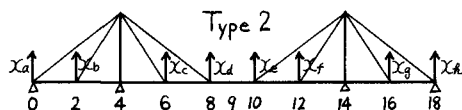


図-2

2 prestress 量の決定方針 図-3は prestress を導入していない場合の死荷重による曲げモーメント図であるが、中間支点上断面あるいは中央スパン中央断面で最大となり桁全体で不均一となっている。

そこでケーブルに prestress を導入することによって、このような曲げモーメントを減少させ、各点の正負の曲げモーメントの絶対値を等しく、かつ最小にすることが望ましいが、計算を簡便化する目的で次の方針を立てることとする。

- ①点8, 9, 10(図-2参照)の曲げモーメントを等しく、かつ最小にすれば
- ②他のケーブル取付け点の曲げモーメントも点8, 9, 10と大体等しくすることができるのではないか。

このような方針のもとに prestress 導入量を検討することとする。

3 prestress 導入量の決定法 ここでは塔とケーブルの取付けを固定とした斜張橋(Type 2)を例にとって解式を示す。図-2に示すように、各ケーブルの prestress 導入時の鉛直分力を $X_a, X_b, X_c, \dots, X_h$ とすると prestress 導入時の主げた各点の曲げモーメントは次のように書くことができる。

$$M_i = a_{i1}w_d + m_{i2}X_b + m_{i6}X_c + m_{i8}X_d + m_{i10}X_e + m_{i12}X_f + m_{i16}X_g \quad (1)$$

M_i : prestress 導入時の主げた i 点の曲げモーメント

a_i : 斜張橋の主げた i 点の曲げモーメント影響線の面積

w_d : 死荷重強度

m_{ij} : 主げた j 点に単位荷重が載った場合に i 点に生ずる曲げモーメント

ここで取り扱う斜張橋は対称構造とすれば、 $X_b = X_g, X_c = X_f, X_d = X_e$ となり

$$m_{i2} + m_{i16} = b_i \quad m_{i6} + m_{i12} = c_i \quad m_{i8} + m_{i10} = d_i$$

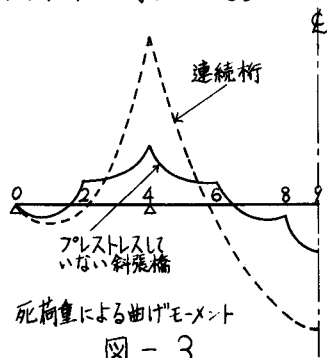


図-3

と置けば、式(1)は次のように書くことができる。

$$M_i = a_i w_d + b_i x_b + c_i x_c + d_i x_d \tag{2}$$

プレストレスを導入していないときの点 8, 9, 10 の曲げモーメントを M_8', M_9', M_{10}' とし、いま点 8 に $-(M_8' + M_9)/2$ のモーメントを付加できると点 8, 10 および点 9 の曲げモーメントは

$$M_8 = M_{10} = M_8' - \frac{M_8' + M_9'}{2} = \frac{M_8' - M_9'}{2}$$

$$M_9 = M_9' - \frac{M_8' + M_9'}{2} = \frac{M_9' - M_8'}{2}$$

となり、 $|M_8| = |M_9| = |M_{10}|$ と 3 点のモーメントの絶対値を等しくすることができる。この条件のもとに曲げモーメントを全スパンにわたって均一化する。同時に $f(x_b, x_c, x_d) = \sum_{i=1}^{12} M_i^2$ を最小にする。

プレストレス導入後の点 8 の曲げモーメントは $(M_8' - M_9')/2 = (a_8 - a_9)w_d/2$ となり次の関係式が得られる。

$$\varphi(x_b, x_c, x_d) = (m_{82} + m_{816})x_b + (m_{86} + m_{822})x_c + (m_{88} + m_{820})x_d + (a_8 + a_9)w_d/2 = 0 \tag{3}$$

すなわち、式(3)の条件のもとに $f(x_b, x_c, x_d)$ を最小にする最小化問題に帰着し、数学的には Lagrange の未定乗数法を適用すればよいことになる。すなわち、

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial f}{\partial x_b} + \lambda \frac{\partial \varphi}{\partial x_b} &= 0 \\ \frac{\partial f}{\partial x_c} + \lambda \frac{\partial \varphi}{\partial x_c} &= 0 \\ \frac{\partial f}{\partial x_d} + \lambda \frac{\partial \varphi}{\partial x_d} &= 0 \end{aligned} \right\}$$

λ : Lagrange 定数

塔とケーブルの取付けを可動とした斜張橋においては $x_a = x_d = x_c = x_e, x_b = x_c = x_f = x_g$ とすることで同様に行なうことができる。

4 数値計算および結果 材料に関しては、表-1 の値を用い、死荷重強度は 3 t/m とする。

プレストレス導入時の Type 1-A および Type 1-B の曲げモーメントは各点でほとんど同じ値となった。

また図-4 に Type 1-A および Type 2 の曲げモーメント例を示すが、プレストレス導入時の曲げモーメントは、ほとんど同じような分布状態を示す。ただし、Type 2 の曲げモーメントの方が、Type 1-A に比べてより平均化され、わずかではあるが有利であると思われる。

ここでは 3 形式について検討したが、いずれもザイルにプレストレスを導入することは、橋の曲げモーメント分布状態を改善するのに有効であると思われる。

また、その際のプレストレス量は、2 の①②の方針のもとに決定するのともう一方ではないかと考える。

参考文献 山本宏：斜張橋のプレストレス量の決定について、土木学会西部支部研究発表会講演集（昭和 53 年）

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	断面積	m^2 0.01
	ヤング係数	t/m^2 1.6×10^7

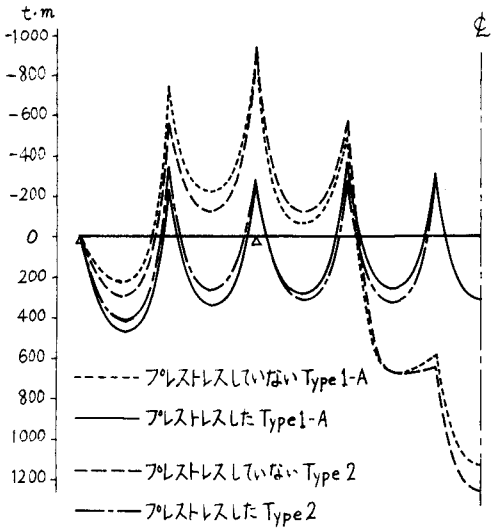


図 - 4