

大阪大学工学部 正員 前田幸雄
大阪大学工学部 正員 林 正
川田工業(株) 正員 前田研一

1. まえがき 本研究は 片荷梁工法によって架設される大径鋼斜張橋の非線形解析法に関する諸問題を指摘、検討するものである。本文では まず、ケーブル部材の所要プレストレス、および、それに対応する主桁の所要キャンバーの算定法を提案する。さらに、算定した所要プレストレスを与える無応力長の計算式も含む、放物線ケーブル部材の計算式を提案する。

2. 所要プレストレスとキャンバー

(a) 主桁モデル 事前に想定した死荷重時に分布すべき核モメント

$$M_w = M \pm \frac{B}{A} N \quad (1)$$

[A: 断面積, B: 断面係数]

を図-1の主桁モデルに与える各段のケーブルの水平張力 H_i ($i=1, 2, \dots, n$)を算定し、それぞれを所要プレストレスの水平成分とするために、その荷重状態で主桁モデルが所定の完成形状となるような所要のキャンバーを施すことを考える。 H_i を算定する際、片荷梁工法における中央併合用桁の両端点の核モメント値が最終的に零となる制約条件を有する径間連続梁を対象とするか、あるいは、最初から両端点に強制的にヒンジを挿入したゲルバー梁を対象とするかの2種の方法が考えられるが、図-2から解るように、その簡便性、合理性から、ここでは 後者を考える。ただし、この場合、両ヒンジ点で隣接ジョイントのたわみ角の適合を一般には満足しないことから、解析上はもちろん、設計、製作、架設上の適切な処理を必要とするが、困難な障害ではありえない。

(b) 所要プレストレス 図-3に示すように、活荷重に対する最大最小核モメント分布から、死荷重時の所要の核モメント分布をま

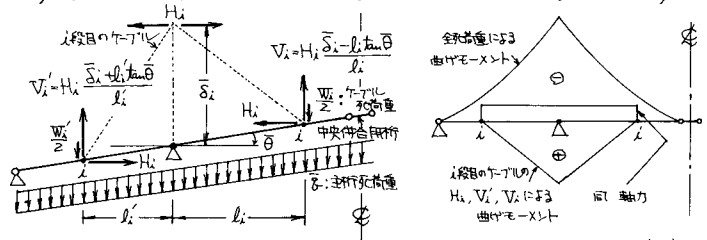


図-1 主桁モデル

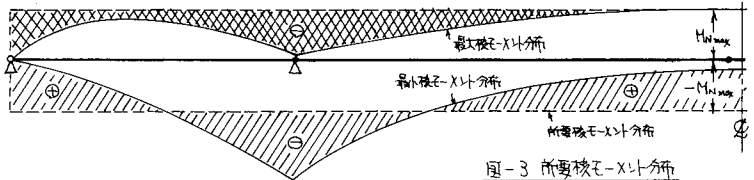


図-3 所要核モメント分布

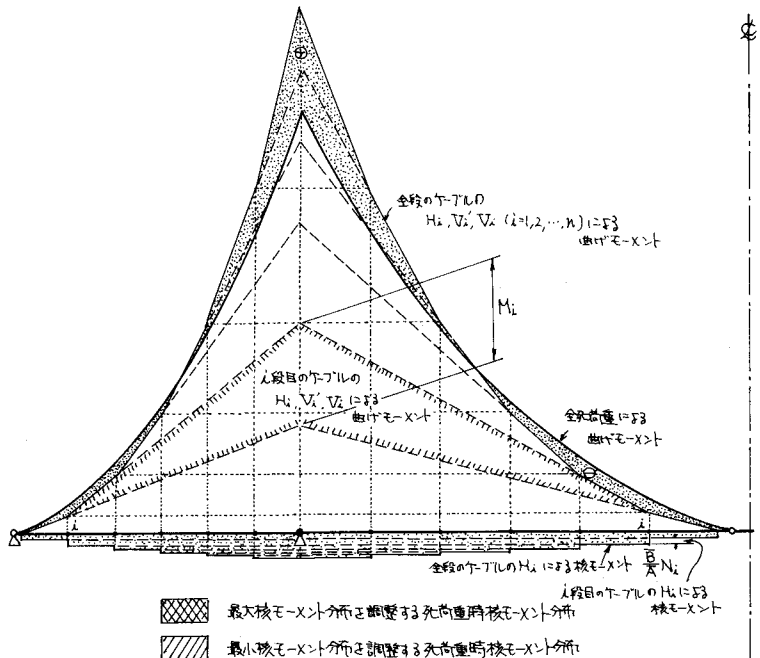


図-4 所要プレストレスの図解法

ず、想定する。そして、その分布に可能な限り適応する核モ-メント分布を与える各段のケーブルのプレストレスの水平成分 H_i の所要値を算定する簡便、かつ、合理的な手法として、図-4に示すような図解法を適用する。図-1、図-4の記号を用いて、 H_i は次式で与えられる。

$$H_i = \frac{M_i}{\delta_i} = -N_i \quad (i=1, 2, \dots, n) \quad (2)$$

なお、非線形問題では 当然、死荷重時の核モ-メント分布に対する活荷重による核モ-メント分布の重ね合わせが完全には成立しないため、大径間斜張橋の場合、ある程度の再調整が必要となる場合を予測される。

(c) 所要キャンバー 図-5に示すように、算定された H_i 、および、それによる V_i' 、 V_i ($i=1, 2, \dots, n$) と全死荷重を荷重 (活荷重状態、主桁モデルが所定の完成形状になるための) 所要キャンバーに対応する無応力形状の算定には 大径間斜張橋の場合のように非線形性を有すると思われる場合、次のような反復収束計算によらねばならない。すなわち、第 m 回目の計算に用いられる仮定の主桁無応力形状の各節点に關する水平、鉛直座標ベクトル X_m 、および、 Y_m は 完成形状のそれら X 、 Y とて、

$$X_m^{(n)} = X_m^{(n-1)} - \{ (X_m^{(n-1)} + ID_x^{(n-1)}) - \tilde{X} \}, \quad Y_m^{(n)} = Y_m^{(n-1)} - \{ (Y_m^{(n-1)} + ID_y^{(n-1)}) - \tilde{Y} \} \quad (3)$$

なる式で与えられる。ここに、 ID_x 、 ID_y は それぞれ、荷重荷重によって生ずる各節点の水平、鉛直変位ベクトルであり、各回の計算における非線形解析によって求められる。

3. ケーブル部材の計算式

(a) 放物線ケーブル部材 プレストレスされたケーブルを有する構造物の解析においては、ケーブル部材に無応力長という概念を導入しなければならない。さらに、この無応力長と着目した変形状態での形状から計算される各段のケーブル部材の主桁定着点における張力が 死荷重時の完成形状で、算定した所要プレストレスと等価でなければならない。また、大径間斜張橋の場合、ケーブルの長大化、重量化に伴い、自重の分布によるサグの影響も考えなければならない。したがって、ここでは、図-6に示す放物線ケーブル部材を対象として、ケーブル部材の無応力長、および、材端力ベクトル、接線剛性マトリクスの計算式を導出する。

(b) ケーブル方程式 任意の着目した変形状態で、図-6に示すような形状の放物線ケーブル部材に關して、

$$C - (C_0 + \Delta C) = 0 \quad [C: \text{ケーブル長}, \Delta C: \text{ケーブルの伸量}, C_0: \text{ケーブルの無応力長}] \quad (4)$$

なるケーブル方程式が 一種の適合条件式として与えられる。

(c) 無応力長 死荷重時の完成形状で、 H 、 l 、 δ が既知であることより、次のような関係式

$$C_0 = \frac{8H}{8A} n, \quad n = \frac{f}{l} \quad [\gamma: \text{ケーブルの単位重量}, A: \text{ケーブルの断面積}, n: \text{サグ比}] \quad (5)$$

を用いれば、(4)式は n のみの関数となり、これを解くことにより、 n 、そして、無応力長 C_0 が求められる。

(d) 材端力ベクトルと接線剛性行列 文献(4)~(6)に発表済であるので、本文では、省略することにする。

4. あとがき 本文で提案した算定法、および、計算式の妥当性を確認したデータについては、当日、発表する。本研究により、大径間斜張橋の非線形性状が 実際設計、製作、架設に対応して、より厳密に把握できると思われる。なお、大日本土木学会・片岡幸梧氏の実際設計面からの適切な助言に対し、記して謝意を表す。

【参考文献】 1) 前田・林・前田: サグを考慮したケーブル部材の計算式、土木学会論文報告集, No. 257, 1977. 2) Y. Maeda, H. Hagiuchi, & K. Maeda: Non-linear Analysis of Cable-Stayed Structures, Proc. of the 26-th Japan National Congress for Appl. Mech., 1976. 3) Y. Maeda, H. Hagiuchi, & K. Maeda: Large Deformation Analysis of Cable-Stayed Girder Bridges, Tech. Rep. of Osaka Univ. Vol. 24, 1974.

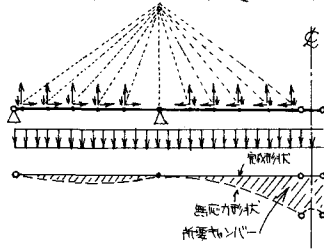


図-5 所要キャンバー

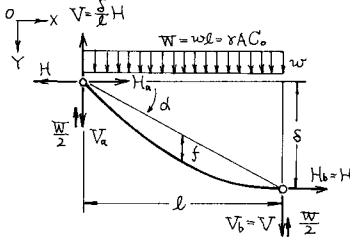


図-6 放物線ケーブル部材