

川崎重工業㈱ 正員 長井 正嗣

" " ○ 伊藤 敦

" " 佐野信一郎

" " 赤尾 宏

1. まえがき

近年、斜張橋は大型化する傾向にあり、あわせて、マルチケーブルタイプが主流になっている。ケーブルのプレストレス決定は幾つかの制約条件の基に、例えば最適設計手法等により行なわれているが、決定法の手順そのものの詳細はあまり公表されていない。プレストレスの決定法は本来ケーブルの張り方にも密接に関連するものであり、特にマルチケーブルタイプの場合には、ケーブルの張り方に対する基本的配慮が大切となる。更に、マルチケーブルになると、適切と考えられるプレストレスを容易に決定することは困難が予想され、何回かのトライアルが必要になると考えられる。そこで、本文では以下のような立場でプレストレスの決定を提案する。①完成時、斜張橋の構成部材はすべて軸力部材とすることを目標とする。②すべてのケーブル張力が完成時ほぼ同一で、かつ主桁中央での閉合条件（閉合力なし）を満足する。③3径間連続桁を対象とするが、連続系でのプレストレス決定を考える。（張り出し架設系と閉合後連続系には分離しない。）④トライアルを必要とせず、上記①～③の条件を満足する。ところで、①の条件を満足するには、特にケーブルの張り方が密接に関連するため、まず、ケーブルの張り方の基本的考え方を整理した上でマルチケーブルのプレストレスの簡易決定法を提案する。

2. ケーブルの張り形状に関する基本的考察

ケーブルプレストレス量の決定に当たり、従来から採用されている条件を列举すると、1. で述べた①、②の条件が挙げられる。さて、これらの条件は見方を変えると、主塔についてはモーメントが発生しない。更に、主桁については連続桁のモーメントと類似のモーメントを得ることになる。今、以上の条件を満足させることを考えると、中央径間 i 番目のケーブル張力は

$$T_i = Wd \times \frac{\ell_{G,i} + \ell_{G,i+1}}{2} \times \frac{1}{\sin \alpha_i} \quad (1)$$

側径間側の対応するケーブル張力は、塔のモーメントを 0 とすれば、

$$T_{si} = Wd \times \frac{\ell_{G,i} + \ell_{G,i+1}}{2} \times \frac{\cos \alpha_i}{\sin \alpha_i} / \cos \beta_i \quad (2)$$

となる。（図 1 参照）

ここに、 Wd は死荷重強度で全径間一定とする。今、ケーブルを全く対称に配置すれば、 $T_i = T_{si}$ となり、もし中央径間で連続桁のモーメントが再現できていれば、側径間側も自動的に連続桁状態となる。ところで、支間長比の選定によっては、このような対称配置は不可能となる。その時には、塔位置より極カケーブルの対称配置を行い、対称にできない側径間部について、ケーブルを集約すればよい。（図 2 参照）この場合、図 2 に示すような不釣り合い力 $f''-W''$ に起因して、図 3 に示す実線のモーメント

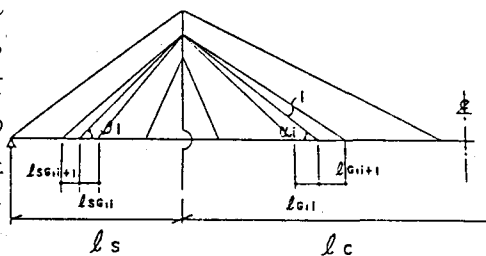


Fig 1 Estimation of Cable Tension Force

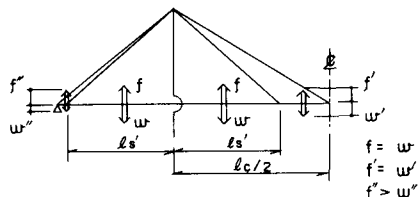
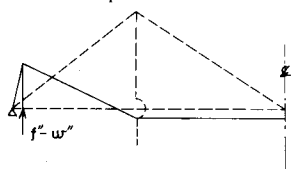


Fig 2 Equilibrium between Cable Force and Girder Weight for Whole span

Fig 3 Bending Moment Induced by Unbalanced Force $f''-W''$

ントが発生し、このモーメントを基線にした連続桁のモーメントが得られることになる。このモーメントを消去する方法としては、カウンターウェイトの採用、または、連続構造を採用してつり合い力の合力が端支点上に作用するよう考えればよい。

3. ケーブルプレストレスの簡易決定法

以上のケーブル配置を基本として、机上でも行なえるプレストレスの簡易決定法を提案するが、その手順は以下の通りである。

- ① 死荷重解析によりケーブル張力 {TD} を求める。〔解析Ⅰ〕
- ② 桁ケーブル取り付け位置に支点を設けて同上の解析を行い中央径間側の支点反力 {R} c を求める。〔解析Ⅱ〕

以上の解析より、中央径間側のプレストレス量は、

$$\{P\}c = \{\bar{R}\}c - \{TD\}c \tag{3}$$

となる。ここに {R} c は支点反力より求めたケーブル張力ベクトルである。次に、{P} c を以下のように分解する。

$$\{P\}c = \{P_1\}c + \{P_2\}c \tag{4}$$

ここに、{P₁} c に塔曲げを 0 にするためのプレストレスで、解析Ⅰで得られた {TD} より一對のケーブル張力の水平成分を補正するものである。(図4参照)、次に、{P₂} c が式(4)より求まれば、図5より {P₂} s が求まる。ところで、本法によっても以下の問題が残る。図6に示すように、*ℓ_T*、*ℓ_c'* が大きい場合、ケーブル張力 *R_T*、*R_T'* 及び *R_A*、*R_A'* に大差が生じケーブル張力に大差が生じる。また、閉合時、閉合位置での断面力を 0 にできない。そこで、これらの点を改良する方法を示す。すなわち、図7の構造及び荷重系より、まず、(a) について、支間中央のモーメントと荷重 *P* の関係を求める。また、(b) について、塔位置のモーメントと荷重 *P* の関係を求めておく。これらは3径間連続桁として容易に求まる。次に、支間中央の閉合断面力を 0 にすることを考える。完成状態で後死荷重力のモーメントが発生しておればよいから、図8より *M_R* を求める。これより、補正プレストレス用の *P* が求まる。更に、塔位置については、補正力 *P* とモーメントの関係よりプレストレスの改善が可能となる。

以上の補正に伴う主桁モーメントの変動状態を含めた数値計算例については紙面の都合上当日発表させていただく。

4. ま と め

以上、マルチケーブルのプレストレス決定法に関して、ケーブルの配置方法の基本的な考え方と関連づけて、完成時、構成部材が軸力部材になることを基本とした一簡易手法を提案した。ケーブルも比較的同種類のものが選定でき、かつ閉合条件(閉合断面力=0)も満足し、更に多くの労力を必要としないことから、実用性の高い手法と考える。マルチケーブル斜張橋のプレストレス決定法については、まず、ケーブル配置方法に入念な配慮を払い、以上のような簡便な方法によりプレストレスを決定することが得策であると考ええる。

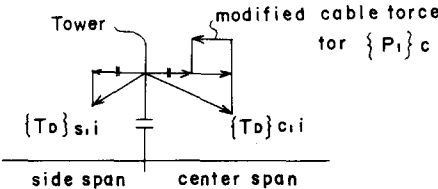


Fig 4 Determination of Prestress {P₁} c

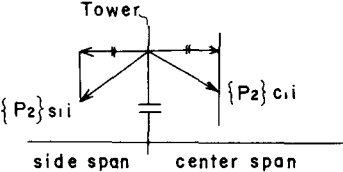


Fig 5 Determination of Prestress {P₂} s

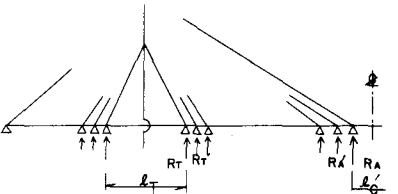
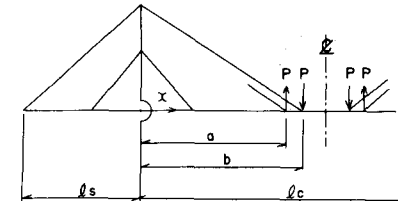
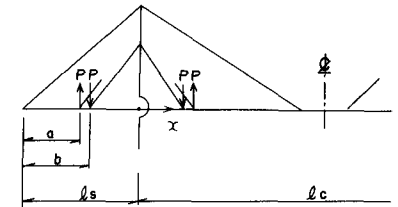


Fig 6 Reactions



(a) For Elimination of Moment for Closure



(b) For Uniform Cable Force near the Tower
Fig 7 Basic Load System

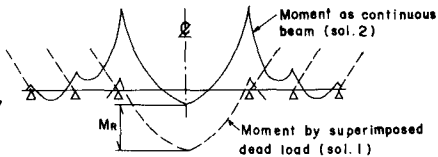


Fig 8 Definition of *M_R*