

I - 261

斜張橋の主塔モデル化に関する考察

本州四国連絡橋公団 正員 藤原 亨 多々羅大橋上部工（その1）JV 正員 小泉 正司
 本州四国連絡橋公団 正員 森山 彰 多々羅大橋上部工（その2）JV 正員 三浦 芳雄

1. まえがき

斜張橋を設計する際に実構造物を骨組モデルに置き換え最適なケーブルプレストレスを決定し死荷重完成系を作成する。このときモデル化に際しては可能な限り実構造物の断面力性状を表現できるように決定されている。従来の多くの斜張橋では側径間と中央径間のケーブルの結び点が主塔部で一致している場合が多い。しかし主塔の構造寸法の大型化と景観上の配慮から結び点が一致しない場合もあり、このような場合のモデル化についてはあまり議論されていない。また実際の結び点が一致しない場合でもモデル化時の判断で結び点を一致させることもある。

本稿は斜張橋の主塔のケーブル結び点がズレている場合にモデル化の考え方によってどのような影響があるかを数値的に検証し、斜張橋における主塔のモデル化の留意点を考察する。

2. 実構造とモデル化

本稿で考える斜張橋主塔の実構造図と解析モデルを図-1に示す。定着点の考え方は主塔でのケーブル出口の高さを側径間と中央径間で合わせたため、ケーブルの結び心は最上段で738mm、最下段で10mmまでのズレが生じている。

このときのモデル化として次の2通りを考えた。

【モデルA】

塔柱での結び点のズレを無視したモデル化を行った場合。これによりケーブルプレストレスの決定時にケーブル水平分力を等しくすることができるという利点がある。

【モデルB】

実構造に即して塔軸心からケーブル定着点まで仮想部材を導入し、実際のケーブル勾配や構造寸法を忠実に再現している。このときケーブルの延長線と塔柱の交点は側径間と中央径間でズレが生じる。力学的には塔柱で結び心が異なるモデルと等価である。

以下ではモデルAとモデルBでのモデル化の違いによる影響を明らかにするため、各モデルについてケーブルプレストレスを決定し死荷重完成系を作成し比較する。

3. 数値計算例

(1) ケーブルプレストレス決定の制約条件と塔柱断面力

塔柱に関する制約条件として死荷重完成時において主塔が鉛直になるようにする。すなわち塔柱に曲げモーメントを発生させないようにケーブルプレストレスを決定する。なおケーブルプレストレス決定手法としては相対剛度変化法を適用した。

【モデルA】

従来のようにケーブル結び点において側径間と中央径間のケーブル張力の水平分力を釣合わせる。これにより塔柱での曲げモーメントとせん断力がすべてゼロとなる（図-2参照）。

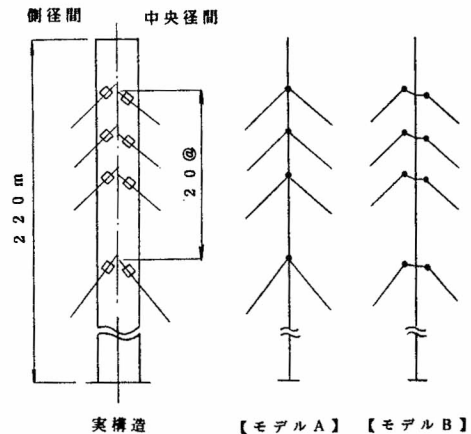


図-1 塔柱のモデル化

【モデルB】

図-2に示した仮想部材の上側p t”@”での曲げモーメントが0となるように設定した。この結果定着点間にノコギリ型の曲げモーメント（最大360 t m）と若干のせん断力が残った。これらは幾何的に発生するものであり避けられない。しかし断面設計に影響を与えるレベルではなく、また塔の水平変位はほぼ0となり塔柱鉛直の制約条件が満足されていることを確認している。

（2）主桁曲げモーメントとケーブル張力

両解析モデルで作成した死荷重完成時の主桁曲げモーメント図とケーブル張力図を図-3に示す。主桁の曲げモーメントについては両モデルに有意な差は認められなかった。

ケーブル張力は最上段付近で大きな違いが生じた。これは結び点が異なる幾何的な条件とケーブルプレストレス決定の制約条件から生じたものと考えられる。なお中段以下のケーブルでは大きな差は認められない。

4. 考察

（1）モデルAとモデルBの違いは本計算例では無視できないレベルであり、特にケーブル張力で大きな差異が発生した。よって実構造でケーブルの結び点が異なる場合にはその影響を検討しておく必要がある。

（2）ケーブルプレストレス決定時の塔柱曲げモーメント制御により目的とする制約条件は満足できた。ただし塔柱のどの位置の曲げモーメントを0とするのが妥当かは議論の余地があり今後の課題である。

（3）モデルAで決定したケーブル張力が実橋の形状にどのような影響を及ぼすかを考えるため、モデルAで決定したケーブル張力をモデルBに導入してみた。この結果図-4のように塔柱が側径間に最大460 mm倒れ中央径間が高めになることがわかった。またこのとき塔基部で2300 t mの曲げモーメントが発生した。現実には正規のケーブル長で架設すればこのような誤差は発生しない。しかし解析による張力管理値と実張力との差異を生じさせる要因となると考えられる。

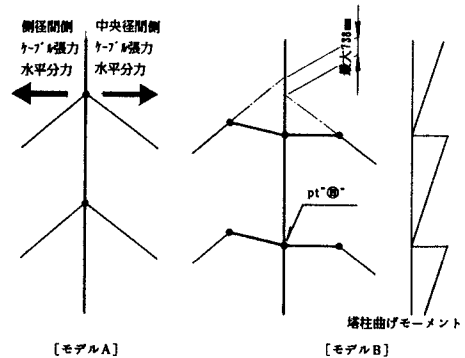


図-2 塔柱でのケーブルプレストレス決定条件

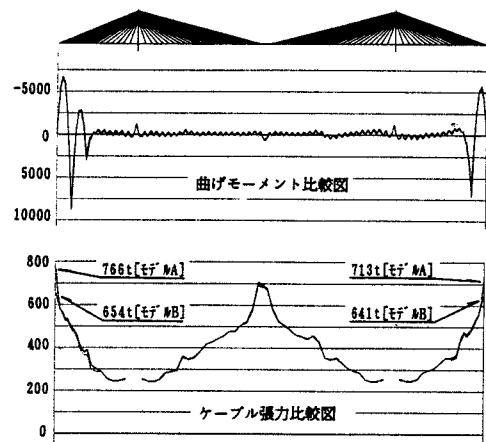


図-3 解析結果の比較

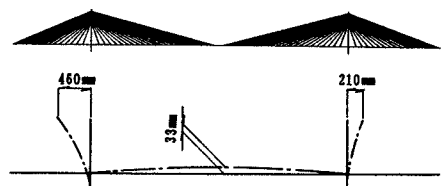


図-4 モデルA張力による形状影響度

5. あとがき

本検討は多々羅大橋の詳細設計におけるモデル化に際しての議論に基づくものである。斜張橋は塔形状やケーブル配置などの自由度が高く今後多様なケーブル配置が提案される可能性がある。例えば結び点のズレがさらに大きい場合や側径間と中央径間でケーブル段数が異なる場合等も考えられる。このような場合のモデル化とケーブルプレストレスの制約条件の設定方法について今後とも研究をしていく必要があると考える。