

三井造船 正員 十川 崇
 京都大学工学部 正員 渡邊英一
 京都大学工学部 正員 古田 均

1. 研究の目的

高次不静定構造物であり、ケーブル張力を調整することで、断面力の改善が行える斜張橋において、ケーブル張力等の架設精度管理は非常に重要である。ところが、3径間連続鋼斜張橋において、全体にケーブル張力が目標値より減少し、中央径間で上方向のキャンパー誤差、側径間で下方向のキャンパー誤差が生じる傾向がある。現在、これらのキャンパー誤差は、設計時に考慮した許容値内に収まっているものの主桁主塔の断面力については保証されていない。さらに、ますます進展する支間の長大化により、これらの誤差が増大し許容値内に収まらなくなったり、許容値を過大に設定した不経済な設計が行われる可能性が考えられる。そこで、種々の誤差要因の内、その最大要因の1つと考えられる全体解析モデルの問題点を明らかにするため、偏平多室箱桁を主桁とする3径間連続鋼斜張橋を対象として、その立体的な全体挙動を明らかにする。

2. 研究概要

1) 斜張橋の完成系において、主桁偏平率、主塔剛性、主桁断面変化による中立軸の変化、主桁側ケーブル定着点の変化による付加曲げモーメントの影響を知るため、通常の設計に用いられている立体骨組みモデル（以下BARモデル）と主桁に板要素を用いた立体構造モデル（以下FEMモデル）に死荷重、ケーブルプレストレスとしての温度荷重および死荷重+プレストレスを載荷し、ケーブル張力ならびに主桁・主塔の変位を比較検討した。

2) 架設系として、中央径間閉合直前、最上段ケーブル架設直後、主塔によるバラシング状態をピックアップし、完成系と同様の比較検討を行った。

3) 実橋イメージモデルとして、中央径間350mの斜張橋に対して、同様の検討を行うとともに、前述のキャンパー誤差を解析モデルにて再現し、その原因について考察した。さらに、主桁側ケーブル定着点の変化を考慮した骨組みモデルを提案し、これにより解析誤差をかなり改善できることを示した。（図1, 2に解析モデルを示す。）

以上の検討により、斜張橋全体解析における梁理論適用の限界と、主桁有効幅および有効断面を考慮する事の重要性について述べる。

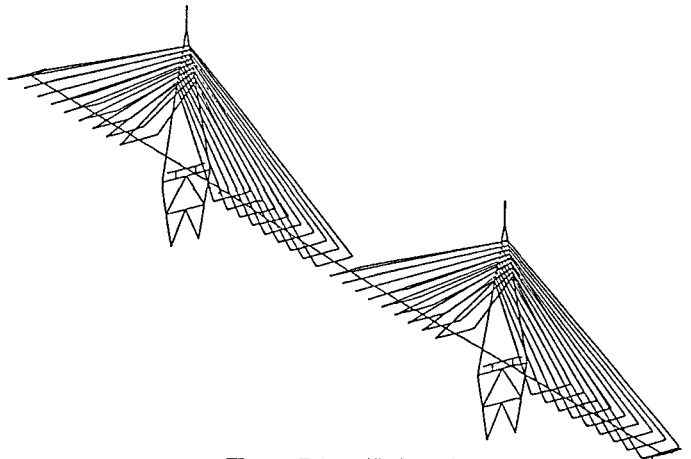


図-1 骨組み構造モデル

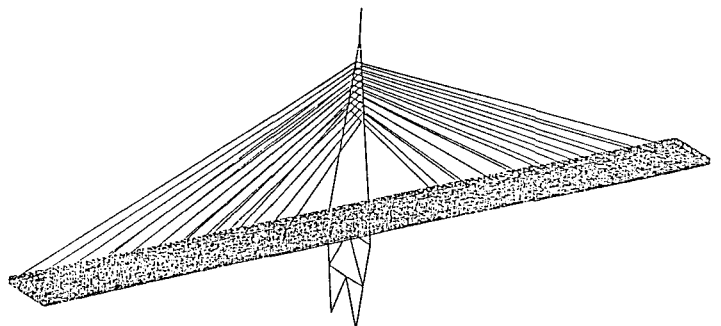


図-2 板要素を用いた立体構造モデル

3. 解析結果および考察

- 1) 死荷重によるBARモデルのケーブル張力は、わずかであるがFEMモデルより大きな値を示す。さらに、主桁偏平率(H/B)が大きくなると、両モデル間の張力差が増加する。
- 2) BARモデルのプレストレスによるケーブル張力は、FEMモデルより10%程度大きな値を示す。これは、BARモデルが、主桁端部に作用する集中荷重に対しても、全断面有効としていることが原因と言える。
- 3) 本解析において、プレストレスの導入方法として、ケーブル温度荷重によりケーブル張力を導入した。このとき、変形については、死荷重載荷の場合ほど大きな差は見られなかったが、先に述べたようにケーブル張力には5~10%程度の差が見られた。これより、実橋においても、ケーブル張力調整時(ジャッキ等による張力導入時)の張力に、骨組みモデルによる解析値である目標値と計測値に同様な差が現れると予想される。
- 4) 図-3に示すように、死荷重によるFEMモデルの主桁鉛直変位は、BARモデルより大きな値を示した。また、主桁偏平率(H/B)が大きくなるほど両モデル間の差は、大きくなる。これより、偏平率が高い主桁を有する斜張橋においては、曲げに対する有効幅を考慮して、キャンパー値を求める必要があると言える。
- 5) 図-3に示すように、ケーブル定着部の局所変形あるいは有効幅・有効断面がBARモデルでは、考慮されていないため、プレストレスによる主桁の鉛直変位は、BARモデルの方がFEMモデルより大きくなっている。また、主桁偏平率(H/B)が大きくなるほど、両モデル間の差が大きくなる。
- 6) 上記2), 3)および5)より、ケーブル張力調整時、目標値より小さい力で目標値より大きな鉛直変位が与えられている可能性があると言える。。
- 7) 主塔剛性を変化させても、両モデル間のケーブル張力の比(FEM/BAR)は、ほとんど変化しない。
- 8) 主桁断面変化による中立軸の変化に伴う付加曲げモーメントの影響は、非常に小さい。従って、解析モデル設定時に平均的な断面中立軸位置を算出し、モデルに考慮すれば十分に精度の良い解が得られる。
- 9) 主桁側ケーブル定着点の変化の影響は、ケーブル張力および変形とも顕著である。そこで、実橋に見合ったケーブル定着点を設定し、立体骨組みモデルに考慮することで、精度の高いモデル化が可能である。

4. 結論および今後の課題

実橋モデルにおいて、主桁側ケーブル定着点をデッキ側よりウェブ高の1/4点にしたFEMモデルと一般に行われている立体骨組みモデルを比較する事で、図-4に示すようにキャンパー誤差傾向を再現することができた。しかし、張力誤差については再現できなかった。この1つの原因として、架設途中でのケーブル張力の調整が考えられる。そこで、今後の課題として、架設途中でのケーブル張力調整の影響を明確にすることが必要である。さらに、①道示に規定されるプレートガーダーの有効幅、あるいはシアラグ解析による有効幅等を用いた全体骨組み構造モデルの妥当性の検討、②偏平多室箱桁に対して、せん断膜要素の応用が可能であるかの検討、③鋼床版合成トラス桁を主桁とする場合の斜張橋の全体解析モデルの問題点の解明、④ケーブルの経時変化の影響考慮した解析について研究を進めたいと考える。

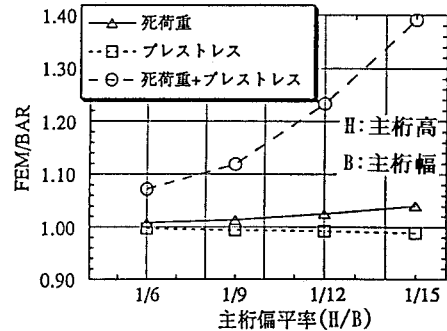


図3 主桁CLの鉛直変位(FEM/BAR)に対する主桁偏平率の影響(中央径間センター部)

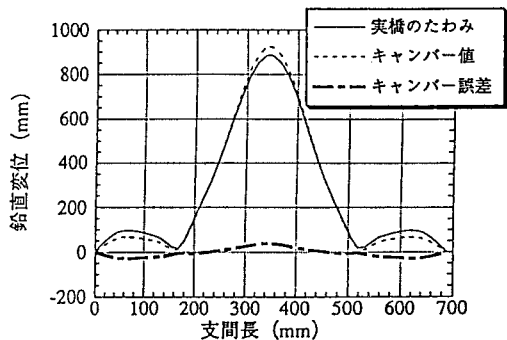


図4 解析モデルによる架設精度誤差の再現