

東京都立大学 正員 前田 研一 成田 信之

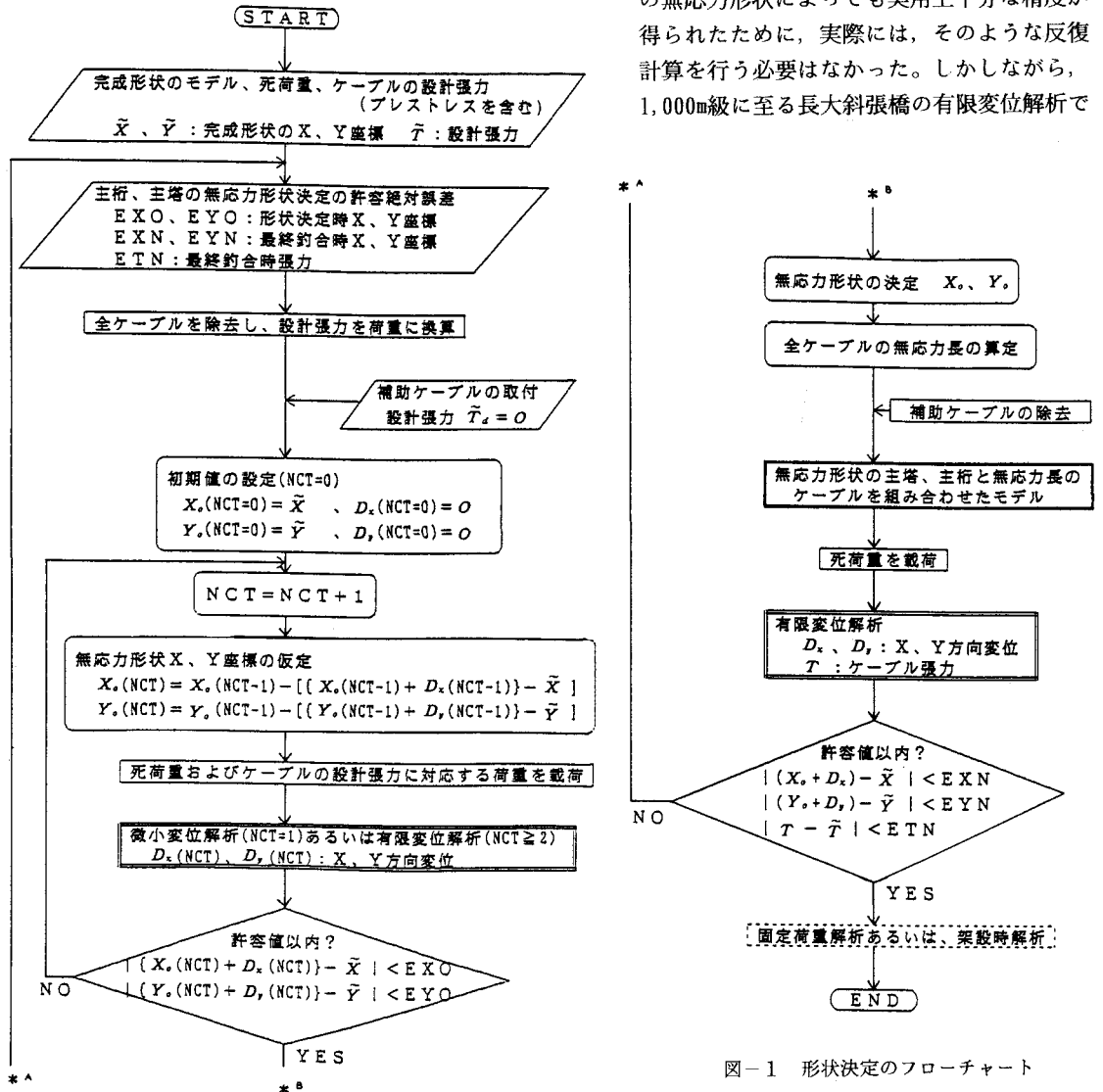
鹿 島 今井 賢文 東京都立大学大学院 保坂 俊晃 瀬戸内 秀規

1. まえがき

斜張橋の長大化は目覚ましく、中央径間長890mの多々羅大橋が既に着工された現在、1,000m級の実現も間近いとされている。それに伴って、設計計算に有限変位解析法を適用する必要性が高まっているが、特有の設計条件を満足させるための形状決定の精度やその計算の収束性に関して、これまでになかった問題点が生じている。本研究は、これらの問題点を明らかにし、より合理的な適用法の確立をを目的としたものである。

2. 有限変位解析と形状決定 斜張橋の有限変位解析における形状決定が、厳密には反復計算を必要とし、各々の計算において非常に不安定な構造系に対する有限変位解析を行わなければならないことは、既に著者らによって指摘されている¹⁾が、従来までは微小変位解析による変形量を用いて算定された主桁、主塔

の無応力形状によっても実用上十分な精度が得られたために、実際には、そのような反復計算を行う必要はなかった。しかしながら、1,000m級に至る長大斜張橋の有限変位解析で



は無視できないことであると考えられるため、設計支援システム²⁾の有限変位解析プログラムに図-1にフローチャートを示す形状決定の反復計算法を組み込み、数値計算例に適用して種々の検討を加えることとした。この図において、補助ケーブルは、構造系の安定性を高めるために全段の実ケーブルと同じ位置に取付けられ、実断面積に対して一定の比率の断面積を有する仮想のもので、除去後の最終鈎合時に実ケーブルが所定の設計張力となるように、完成形状での部材長をそのまま無応力長として仮想の設計張力を零としている。

3. 数値計算例 試算設計の結果得られた図-2に示す中央径間長1,000mの長大鋼斜張橋³⁾を対象とし、実ケーブルと補助ケーブルの断面積比 α を変化させて、補助ケーブルを用いない場合($\alpha=0$)と用いる場合($\alpha=0.001, 0.01, 0.1, 1.0$)の計5ケースの場合の形状決定を行った。最終鈎合時の許容絶対誤差は、座標に関するEXN, EYNが1.0mm、張力に関するETNが1.0tonを目標とし、それに応じてEX0, EY0の値を決定した。

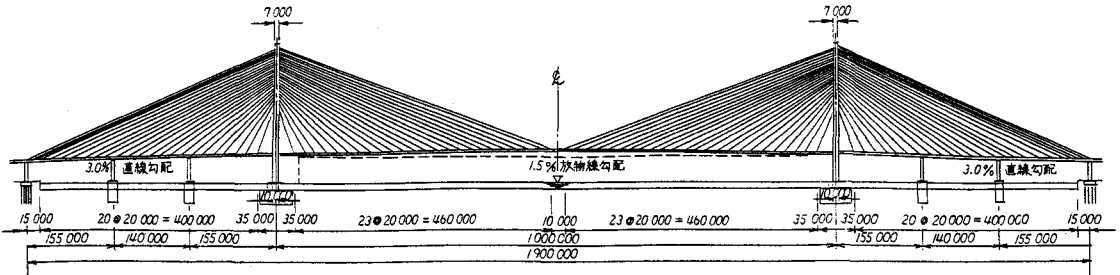


図-2 解析モデルの一般図

4. 計算結果とその考察 補助ケーブルの使用の有無で分け、計算結果とその考察の一部を以下に示す。

a) 補助ケーブルを用いない場合 最終鈎合時の許容絶対誤差の目標値は、NCT=3で設定された無応力形状を用いた場合に満足され、NCT=2の微小変位解のみによるものの場合には、鉛直約38mm、橋軸約13mmの主桁最大変位誤差、橋軸約15mmの主塔最大変位誤差、および、約3tonfのケーブル最大張力誤差が生じた。両者の場合の主桁の無応力形状の差異は最大で鉛直約5mm、橋軸約13mmであり、主塔については、全く同一のものであった。最終鈎合時における主桁の軸力、曲げモーメントの差異は、最大で、それぞれ約9tonf, 85tonf・mであった。主塔については、軸力の差異は最大約9tonfで同様に小さかったが、完成形状ではほぼ零であるべき塔柱基部における曲げモーメントの差異は約1,356tonf・mと大きかった。一方、さらにNCT=4への進行を考え、NCT=3において設定された無応力形状に死荷重および張力に対応する外荷重を載荷して有限変位解析を行ったが、全段のケーブルを除去された不安定な構造系に対して一括載荷では非線形解が収束しなかった。

b) 補助ケーブルを用いる場合 断面積比が小さい $\alpha=0.001, 0.01$ のケースでは、有限変位解析の非線形解の収束性は特に改善されなかった。最終鈎合時の許容絶対誤差の目標値を満足できたのは、 $\alpha=0.1$ のケースにおいてNCT=12で設定された無応力形状を用いた場合であったが、断面積比がより大きい $\alpha=1.0$ のケースでは、無応力長が固定された補助ケーブルの存在によって無応力形状の正負の補正量が繰り返し与えられ、形状決定の反復計算が収束しなかった。 $\alpha=0.1$ と前項の $\alpha=0$ のケースにおいて、主桁の完成形状に対する無応力形状の上げ越し量(製作キャンバー)は鉛直方向にそれぞれ約1,530mm, 約2,806mmであり、主塔は橋軸方向にそれぞれ約119mm, 約1mmであった。これらの影響は最終鈎合時における曲げモーメントに差異として現れ、主桁で最大約1,372tonf・m、主塔の塔柱基部で約7,206tonf・mの大きな差異が両者のケースに生じた。

5. あとがき 本研究から、長大斜張橋の有限変位解析における形状決定のための計算法に関する種々の問題点を指摘できた。今後、主桁の無応力形状(製作キャンバー)の差異が架設途中の変形挙動に及ぼす影響等についても検討を加える予定である。最後に、常に適切なお助言をいただいた内海 靖氏(川田工業)、山野長弘氏(川田テクノシステム)の両氏に心より謝意を表したい。

- [参考文献] 1) 前田幸雄・林 正・前田研一: 斜張橋の設計における非線形問題, 第23回構造工学シンポジウム, 1978.
2) 前田研一・内海 靖・斎藤道生: 斜張橋の設計支援システムと施工管理システム, 第10回電算機利用に関するシンポジウム, 1985.
3) 星埜正明・宮田利雄: 長大斜張橋(支間1,000m)の試設計, 橋梁と基礎, 建設図書, 1990.2.