

## I - A 46

## 斜張橋全体系の簡易耐荷力評価法について

東京都立大学 学生員 柴田 晃一， 正員 野上 邦栄、成田 信之  
 埼玉大学 正員 謝 旭、山口 宏樹  
 長岡科学技術大学 正員 長井 正嗣

## 1. はじめに

現在、斜張橋の長大化<sup>1)</sup>は進みその適用支間をさらに拡大しようとしている。これまでの支間を大幅に上回る Normandie 橋（フランス、856 m）が完成し、また多々羅大橋（890 m）が現在建設中である。さらに、1000 m を超える斜張橋の検討も行われている。ところで斜張橋の設計において主桁の安定照査法は明確にされていないのが現状である。斜張橋全体系の耐荷力の計算手法としては、弾塑性有限変位解析法<sup>2)</sup>（以下、厳密解法という）が最も厳密な評価法と考えられる。

しかしながら、上記の方法は計算時間や費用の問題により、計画段階から積極的に利用する上では、制約が生じる。そのため、より簡単に精度よく斜張橋の耐荷力を評価できる簡易弾塑性有限変位解析法（以下、簡易法という）を提案し、その有効性を厳密解法、Ef 法<sup>3)</sup>による各結果との比較により検討する。

## 2. 各解析法について

厳密解法は、幾何学的非線形性、材料非線形性を同時に考慮しているため、解析対象である斜張橋の挙動を正確に把握できる解析法である<sup>2)</sup>。

一方、本研究で提案する簡易法は、厳密解法に比べると解析理論において簡略化を行っており、簡易法のポイントとなる解析理論は以下に示す通りである。

- 構造解析の基本理論は梁－柱理論
- 構成則は、完全弾塑性型
- 初期不整は、非考慮
- 断面の降伏判定は、垂直ひずみのみで判定

$E_f$  法は吊橋主塔のような強圧縮構造に対して見かけの弾性係数を用いた非線形固有値解析である。

## 3. 解析モデル

ここでは、図-1、図-2に示す厳密解法<sup>2)</sup>のモデルを対象にする。図-1は中央径間600m側径間280m、塔高140mのモデル1と図-2は中央径間1400m、側径間680m、塔高327.5mのモデル2である。なおモデル2については塔から左右140mの範囲の主桁断面を増厚している。厳密解法の主桁のモデルは、実設計断面を用いているが、簡易法、 $E_f$ 法のモデルは矩形断面とした。主桁は、600m及び1400mに対して各々4セル、7セル断面であり、主塔はA型形状で1セル断面で全長一定である。材質はモデル1で、SM490Yを、モデル2はSM570である。荷重は、モデル1、20t/m、モデル2は、25.1t/mを用いた。また両端部のみ強軸方向ばねとして750tf/mを用いている。

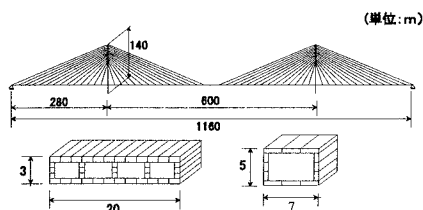


図-1 モデル1

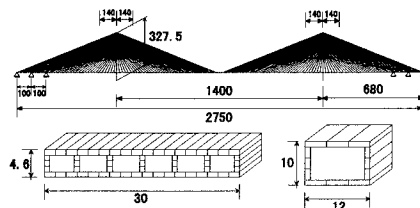


図-2 モデル2

## 4. 解析方法及び解析結果

簡易法、厳密解法の荷重載荷方法は死荷重のみの $\alpha$  (D) で荷重倍率 $\alpha$ を増加させて終局強度を算出している。まず600mの荷重倍率と主桁中央変位関係について厳密解法と簡易法を比較したのが図-3である。簡易法は、厳密解法の曲線より低めの良く一致した曲線が得られている。さらに終局時の簡易法の変形モードを図-5に示す。この図から主桁中央が最も変位しているのが分かる。さらに、図-5の $E_f$ 法による終局状態の崩壊モード図から塔付近の主桁と塔の座屈が発生しているのが分かる。次に表-1は、各解析法の初期降伏強度、及び終局強度に達する荷重倍率をまとめたものである。

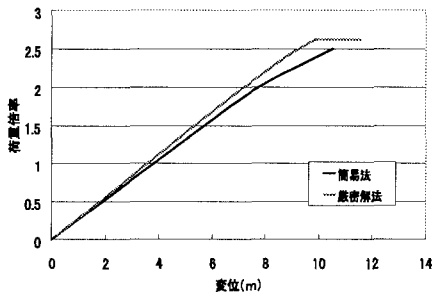


図-3 中央点変位 (モデル1)

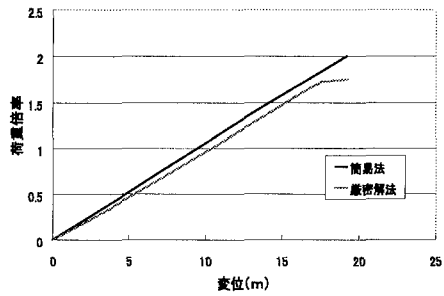


図-4 中央点変位 (モデル2)

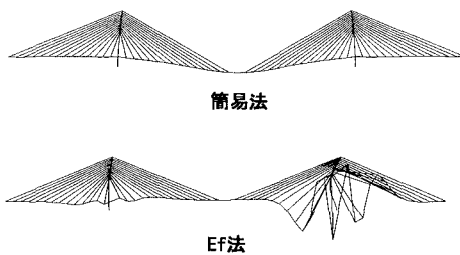


図-5 終局座屈モード (モデル1)

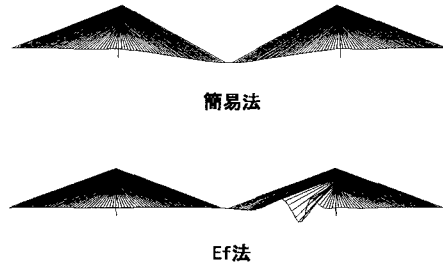


図-6 終局座屈モード (モデル2)

表-1 荷重倍率 (モデル1)

|        | 厳密解法 | 簡易法 | Ef法  |
|--------|------|-----|------|
| 初期降伏強度 | 2.38 | 2.5 |      |
| 終局強度   | 3.55 | 3.5 | 4.26 |

表-2 荷重倍率 (モデル2)

|        | 厳密解法 | 簡易法 | Ef法  |
|--------|------|-----|------|
| 初期降伏強度 | 2.1  | 2.5 |      |
| 終局強度   | 2.76 | 3.0 | 2.53 |

簡易法は、厳密解法と良い一致を示しており、精度良く耐力力を評価できている。一方、 $E_f$ 法の4.26は、厳密解法、簡易法のものに比べると、やや高めの値を示している。これは厳密解法、簡易法は軸力と曲げモーメントが剛性に影響を与えるのに対して、 $E_f$ 法は、軸力のみが剛性に影響を与えているためである。同様に、1400 m斜張橋について解析を行った。その荷重-変位曲線が図-4である。600 mの場合に比べて両解法の曲線は逆転しており、簡易法は直線状態のままで主桁が全断面塑性状態となり計算不能となった。さらに、終局時の図-6に示す座屈モードでは、主桁の中央径間側1/4点は桁座屈が生じている。最後に表-2は各解析法の初期降伏強度、及び終局強度に達する荷重倍率をまとめたものである。簡易法は厳密解法に対して少し高めの値を示す。また  $E_f$ 法は、厳密解法によく一致した値が得られている。

## 5. まとめ

以上の解析結果から、厳密解法に比べると簡易法の精度は、当然ながら劣ってはいるものの簡易的な解析法としては、十分な精度が得られた。計算時間はモデル1において厳密解法の場合2.0～2.5時間であるのに対して簡易法の場合、0.2～0.3時間である。これらの事から簡易法による斜張橋の解析の有効性が明らかになった。しかし、簡易法においては、荷重倍率の増分幅を変化させることにより、得られる結果が多少異なってくるため、今後更なる改良が必要とされる。

## 参考文献

- 1) 長井、井澤、中村 共著：斜張橋の基本計画設計法、森北出版 1997
- 2) 謝、長井、山口：ケーブルの塑性化を考慮した長大斜張橋の終局挙動に関する考察、構造工学論文集、Vol44A、1998
- 3) 長井、謝、山口：長大斜張橋の主桁耐力評価に着目した有効接線弾性係数法の適用性、鋼構造年次論文報告集 第5巻、1997、11