超長大斜張吊橋の斜張区間と座屈安定性

パシフィックコンサルタンツ 正会員 五丁康成 東京都立大学 正会員 中村一史* 東京都立大学 正会員 前田研一

1. まえがき 既往の研究により求められた吊区間・斜張区間の比に基づき試設計された斜張吊橋は,吊橋に対して経済性・耐風安定性において優位であるということがわかっており,吊橋と十分競合性があるといえる¹⁾.また現在,構造物の設計法は許容応力度設計法から限界状態設計法への移行という過渡期にあり,この限界状態設計法への移行を念頭に置き,構造物の終局強度に着目した弾性有限変位解析,及び弾塑性有限変位解析に基づく各種の設計法の提案が活発になっている²⁾.桁に曲げモーメントと軸力が同時に働く斜張吊橋では,斜張橋と同様に桁の座屈が大きな問題となるため,その終局挙動の把握が必要不可欠である.その挙動を把握するためには,より正確な終局挙動・耐荷力を評価可能な弾塑性有限変位解析の適用が有効であると考えられる.しかしながら,これまで斜張吊橋の終局挙動・耐荷力に

着目した研究は見られない.これらを踏まえ、本研究では、 吊区間・斜張区間の比を変えた3モデルについて線形化座 屈固有値解析及び弾塑性有限変位解析を行い、それぞれの 結果を比較検討することにより斜張吊橋の終局挙動及び 耐荷力を把握することを目的としている.

2. 解析モデルと解析条件 解析モデルは、中央径間長 2,500m、両側径間長 1,250m を有する超長大斜張吊橋であ り、吊区間・斜張区間の比を変えた 3 モデル(Type-1, Type-2, Type-3:斜張区間長 720m、560m、400m)を設定した. これ らの断面諸元を表-1 に示す. ここに、吊橋に対して経済 性・耐風安定性において優位であるとして求められた吊区 間・斜張区間の比を有するモデルは Type-2 である. 主桁断 面は、吊区間は基本断面で応力的に特に問題はないが、斜 張区間では軸力と風荷重による面外曲げモーメントが大 きくなり、図-1 に主桁の断面配分を併記したように、塔近 傍ほど鋼種を替え板厚を増厚するとともに、塔近傍に関し ては、主桁をさらに断面形状を変えて補強する必要がある. そのため、基本断面には図-2 (a)のような流線型箱桁を、塔 近傍は図-2 (b)のような補強断面箱桁を採用している.

これらの解析モデルを対象に、線形化座屈固有値解析を 行い、算定された座屈固有値・座屈固有モードにより道路 橋示方書に従った座屈安定照査を行った.次に、弾塑性有 限変位解析³⁾を行い、耐荷力・終局時変形モードを把握し、 座屈安定照査との比較検討を行った.

適用した荷重条件を表-2 に示す. λは座屈固有値,αは 荷重パラメータを表す.また,活荷重(L)の載荷条件は,線 形化座屈固有値解析では,全径間全載と,それぞれの主桁 部材の軸力に着目した影響線解析より求めた影響線載荷 を,弾塑性有限変位解析では,同様に全径間全載と,塔位 置の主桁部材の軸力に着目した影響線解析より求めた影 響線載荷を,それぞれ適用した.なお,設計活荷重値は, 本州四国連絡橋公団の基準⁴に準拠して算定した表-3 に示 す値を使用した.



Key Words:超長大橋,斜張吊橋,弾塑性有限変位解析,座屈安定照査,終局強度 連絡先^{*}:〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1 TEL. 0426-77-1111 FAX. 0426-77-2772 3. 主桁の座屈安定照査 線形化座屈固有値解析を行って座屈固有値・座屈固有モード求め、これらをもとに道路橋示 方書に従った座屈安定照査を行った結果を図-3に示す.3つのモデルとも活荷重を全径間全載した時よりも、影響線載 荷した時の方が照査値は高い値を示していることが解る.また,影響線載荷時に, Type-1 において一部の区間で座屈安 定照査を満足しなかったが、その他のモデルでは全て安全性を確保していることが解った.

4. 弾塑性有限変位解析結果 座屈安定照査の結果を踏まえて,弾塑性有限変位解析を行った. その解析結果の一部を 図-4~図-6に示す.まず、図-4は、最も斜張区間が短い Type-3の中央径間側斜張区間端部に相当する位置で、各モデ ルにおける荷重パラメータと主桁の鉛直変位の関係を比較したものである. 図中にプロットしてある各点は, 各モデル において、塑性化が開始した点を示している.この図より、モデルによらず塑性化開始点の荷重パラメータの値は同程 度であることが解る. また, 図-5 は, 塑性化の進展状況を, 活荷重を全径間全載した時の Type-2 を例に取って示した ものである、その結果、道路橋示方書に従った座屈安定照査による照査値を満足していた塔直下の主桁部材も、早い段 階で塑性化を起こしているということが解った. さらに、各モデルの耐荷力を比較した図-6より、塑性化開始点におけ る荷重パラメータαの値は、全径間全載時、影響線載荷時の両者でほとんど差異がなかった.しかし、塑性化ピーク点 においては、全径間全載時には斜張区間が短くなるほど主桁軸力の導入量が少なくなるために、耐荷力が上がるという、 予想通りの結果を得られたが、影響線載荷時には、吊橋に対して経済性・耐風安定性において優位であるとして求めら れた吊区間・斜張区間の比を有するモデルである Type-2 の耐荷力が最も低くなるという結果となった.しかし、全体 としては塑性化開始点から塑性化ピーク点まで余裕があり、十分な安定性を備えているといえる.





図-6 耐荷力の比較

5. あとがき 以上のことより,道路橋示方書に基づく座屈安定照査,弾塑性有限変位解析ともに,活荷重を全径間全 載した時よりも影響線載荷した時の方が座屈安定性が低下することが解った.また,座屈安定照査では,斜張区間の長 いモデルにおいて照査値を満足しない箇所があったが、弾塑性有限変位解析によれば、全てのモデルで十分な耐荷力が あるということが解った.したがって、座屈安定照査および弾塑性有限変位解析それぞれの結果の相違点を今後の設計 法に反映させていく必要があるといえた.

参考文献

- 1) K. Maeda, H. Nakamura, N. Narita and K. Nomura: Applicability of Dischinger-Type to Ultra Long-Span Bridges, IABSE Report, Vol.79, Symposium Report on Long-Span and High-Rise Structures, September 1998.
- 2) 土木学会:鋼構造物の終局強度と設計,鋼構造シリーズ6,1994
- 3) Komatsu, S. and Sakimoto, T: Nonlinear Analysis of Spatial Frames Consisting of Members with Closed Cross-Sections, Proc. of JSCE, No.252, Aug., 1976.
- 4) 本州四国連絡橋公団:上部構造設計基準・同解説, 1989.4