

一部他定式斜張橋の耐荷力特性と主桁の座屈照査法に関する一考察

水資源開発公団 正 員 藤田 将司
東京都立大学 正 員 野上 邦栄
長岡技術科学大学 正 員 長井 正嗣

1. はじめに

近年、斜張橋はますます長大化の傾向にあり、支間 1000 m を超える日もそう遠くないと思われる。しかし、従来の自定式斜張橋では長大化に伴ってケーブル張力による桁の軸圧縮力が大きくなり、断面の大型化が避けられなくなる。そのため、主桁軸力の低減対策として、桁に圧縮と引張軸力を発生させる一部他定式のケーブルシステムが提案されている¹⁾。しかし、これまで一部他定式斜張橋の力学的挙動について検討した報告は少なく²⁾、また大きな圧縮軸力を受ける主桁の安定性の確保やその座屈設計法について十分に検討されていない。本研究では、一部他定式超長大式斜張橋として支間 1240 m と支間 1720 m の 2 橋を取り上げ、まず E_f 法による耐荷力特性を明らかにした。次にこれまでに提案されている照査方法³⁾と現行照査法との比較を行い、提案する照査法の有効性を明らかにした。

2. 解析モデルと解析方法

解析モデルは、図-1 に示すように支間 1000 m の自定式斜張橋を基にケーブルがアンカーに定着されている他定区間 240 m を加えた支間 1240 m と、支間 1400 m の自定式斜張橋を基に他定区間 320 m を加えた支間 1720 m の一部他定式斜張橋であり、いずれも 3 径間連続 2 面吊マルチファンタイプ斜張橋とする。主塔形状は、A 型主塔とする。主桁断面は多室箱型断面で、桁高 h を 2 m から 5 m まで 1 m ずつ増加させる。主塔および主桁の材質は、支間 1240 m モデルが共に SM490Y を、支間 1720 m モデルが SM570 である。荷重条件は、死荷重と活荷重 ($D+L$) を満載とする。

解析方法は、 E_f 法による非弾性固有値解析を用いている。 E_f 法は斜張橋の終局強度を簡易に評価する解析方法であり、柱の基準耐荷力曲線により部材の非線型性の影響を考慮した見かけの弾性係数 E_f を用いて全体系の耐荷力を評価する方法である。なお、柱の基準耐荷力曲線には道路橋示方書⁴⁾の $JSHB$ 曲線を用いた。

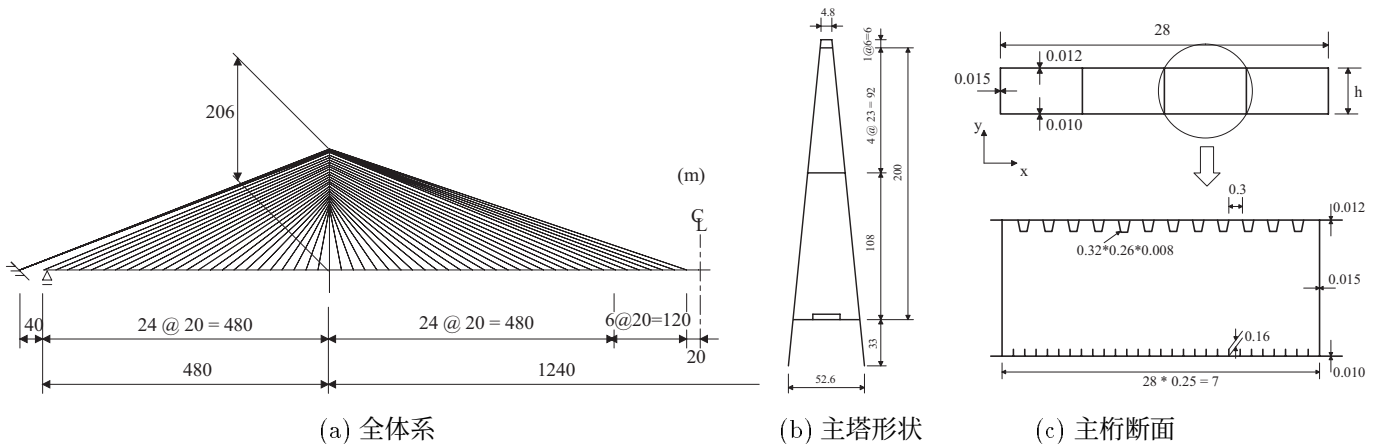


図-1 解析モデル (支間 1240 m モデル)

3. 解析結果及び考察

支間 1240 m、桁高 2 m モデルの主桁の軸力分布についてまとめたのが図-2 である。一部他定式斜張橋の特徴である支間中央付近の引張軸力が生じており、この最大圧縮軸力は 1000 m 自定式斜張橋と同等にある。また、曲げモーメントは、全区間にわたって小さな値をとっている。他の全てのモデルでも同様の結果が得られた。

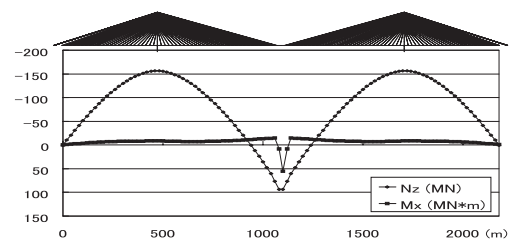


図-2 断面力分布 (支間 1240 m、桁高 2 m モデル)

座屈モードを表したものが図-3である。支間 1240m モデルでは、桁高 2m で主桁の先行座屈が起り、桁高 3m 以上では塔と主桁の連成座屈へ移行した。支間 1720m モデルでは、桁高 2,3m で主桁の先行座屈が起り、桁高 4,5m では塔と主桁の連成座屈へ移行した。主桁の高さを 2～5m に変化させた時の最小固有値 κ の値を示したものが図-4である。両モデルとも全ての断面で安全率 1.7 を満たしている。また、桁高の増加とともに固有値は増加していくが、座屈モードで塔座屈を生じ始めると固有値は安定し、支間 1240m モデルでは桁高 3m 以上で 2.9 程度に、支間 1720m モデルでは桁高 4m 以上で 2.8 程度になった。

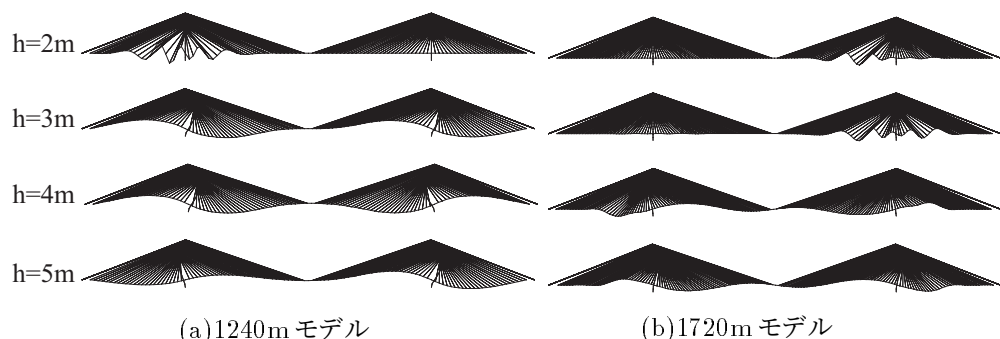


図-3 座屈モード図

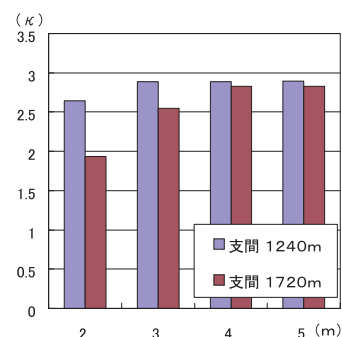


図-4 最小固有値と桁高の関係

式 (1) および式 (3) は、それぞれ道路橋示方書で定められている応力度照査式と安定照査式である。式 (2) は、本州四国連絡橋公団⁵⁾の応力度照査式である。式 (4) は、有限変位解析を用いて断面力を算出することを考慮し、式 (3) から負荷曲げモーメントの影響項を省略した安定照査式である。式 (5) は、 E_f 法の固有値を斜張橋全体系の耐荷力を表す指標と考え、各断面の影響を固有値に $\sigma_{cal}/\sigma_{cao}$ を乗ずることにより考慮し、その値が安全率 ν を満足するかによって照査する安定照査式である。ここでは、道路橋示方書の式 (1)、(3) と我々の提案する式 (2)、(4)、(5) を比較・検討した。支間 1240m、桁高 2m モデルにおいて、縦軸に各照査式が 1.0 を満足すれば安全であるように変形して示したのが図-5である。その結果として、全ての照査式で、全区間にわたって 1.0 を満たした。式 (1) より式 (3) の値、また式 (2) より式 (4) の値が全ての区間で大きいことから、道路橋示方書の式、提案式ともに安定照査が支配的である。式 (5) は式 (4) とほぼ全区間にわたって近い値を取り、それぞれでほぼ同等の評価ができる。また、塔付近の応力の大きい区間で、道路橋示方書の式の照査値 0.97 に対して提案式の値は 0.74 と小さな値を取ったことから、提案式を用いることにより、より経済的な断面設計ができる可能性がある。なお、実橋に用いられるであろう $h=4,5m$ の桁高でも同様の傾向を示した。

$$\sigma_c + \frac{\sigma_{bcx}}{(1 - \sigma_c/\sigma_{eax})} + \frac{\sigma_{bcy}}{(1 - \sigma_c/\sigma_{eay})} \leq \sigma_{cal} \quad (1)$$

$$\sigma_c + \sigma_{bcx} + \sigma_{bcy} \leq \sigma_{cal} \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$\frac{\sigma_c}{\sigma_{caz}} + \frac{\sigma_{bcx}}{\sigma_{bao}(1 - \sigma_c/\sigma_{eax})} + \frac{\sigma_{bcy}}{\sigma_{bagy}(1 - \sigma_c/\sigma_{eay})} \leq 1 \quad \dots\dots (3)$$

$$\frac{\sigma_c}{\sigma_{caz}} + \frac{\sigma_{bcx}}{\sigma_{bao}} + \frac{\sigma_{bcy}}{\sigma_{bagy}} \leq 1 \quad \dots\dots\dots (4)$$

$$\kappa \frac{\sigma_{cal}}{\sigma_{cao}} \geq \nu \quad \dots\dots\dots (5)$$

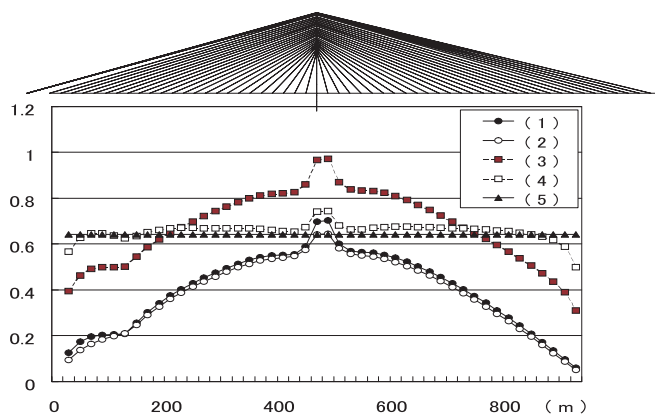


図-5 主桁の安全性照査 (支間 1240m、桁高 2m モデル)

参考文献

- 1) 藤野陽三・長井正嗣：吊形式橋梁の現状と将来，鋼構造論文集，Vol.1, pp.17-35, 1994.
- 2) 山村賛・山本一之・野上邦栄・長井正嗣：一部他定式長大斜張橋の座屈特性に関する一考察，土木学会第 52 回年次学術講演会，I-A266, pp.530-531, 1997.
- 3) 野上邦栄・岩崎秀隆・成田信之・長井正嗣：超長大斜張橋主桁の安全性照査法に関する一考察，構造工学論文集，Vol.45A, pp.83-92, 1999.
- 4) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説，共通編，鋼橋編，1996.
- 5) 本州四国連絡橋公団：上部構造設計基準・同解説，1989.