

(I-87) 一部他定式斜張橋主桁の座屈安定性に関する一考察

東京都立大学 学生員 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 Gimsing により提案されている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),3),4)}、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。この事を踏まえて、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 Ef 法による耐荷力特性を明らかにした。つぎに、主桁の座屈安定性に関する照査方法を提案し、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 に示すように他定区間 240 m を有する支間 1240 m と、他定区間 320 m を有する支間 1720 m の一部他定式斜張橋であり、いずれも 3 径間連続マルチファンタイプ斜張橋とする。主塔形状は、A 型主塔 2 面吊とする。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、Ef 法による非弾性固有値解析を用いている。Ef 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 Ef を用いて全体系の耐荷力を評価する簡易弾塑性有限変位解析法である。なお、柱の基準耐荷力曲線には道路橋示方書⁵⁾の JSHB 曲線を用いた。

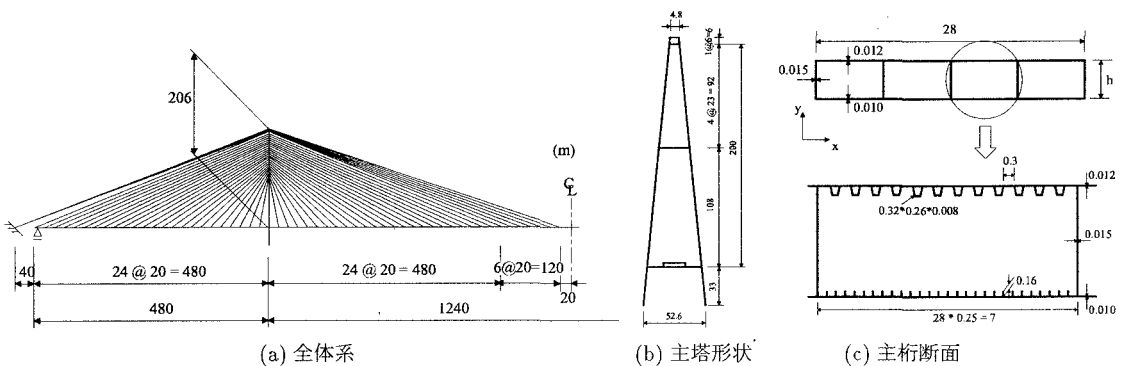


図-1 解析モデル (支間 1240m モデル)

3. 解析結果及び考察

(1) 断面力

支間 1240m、桁高 2m 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、圧縮軸力が 1000 m 自定式斜張橋と同等になっている。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。

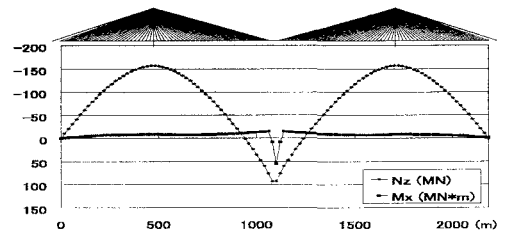


図-2 断面力分布 (支間 1240m、桁高 2m モデル)

(2) 最小固有値と座屈モード

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-3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、支間1240mモデルでは桁高3m以上で2.8に、支間1720mモデルでは桁高4m以上で2.9の固有値で安定した。座屈モードを表したものが図-4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。

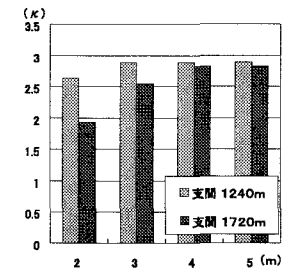


図-3 最小固有値と桁高の関係

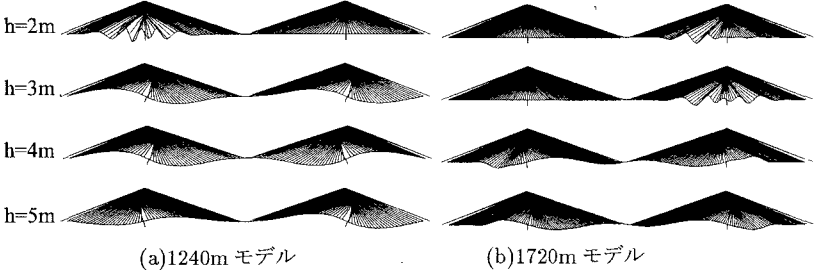


図-4 座屈モード図

(3) 主桁の安全性照査

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⁶⁾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、Ef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可能となる。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。

$$\sigma_c + \frac{\sigma_{bcx}}{(1 - \sigma_c/\sigma_{eax})} + \frac{\sigma_{bcy}}{(1 - \sigma_c/\sigma_{eay})} \leq \sigma_{cal} \quad (1)$$
$$\sigma_c + \sigma_{bcx} + \sigma_{bcy} \leq \sigma_{cal} \quad (2)$$
$$\frac{\sigma_c}{\sigma_{caz}} + \frac{\sigma_{bcx}}{\sigma_{bao}(1 - \sigma_c/\sigma_{eax})} + \frac{\sigma_{bcy}}{\sigma_{bagy}(1 - \sigma_c/\sigma_{eay})} \leq 1 \quad (3)$$
$$\frac{\sigma_c}{\sigma_{caz}} + \frac{\sigma_{bcx}}{\sigma_{cao}} + \frac{\sigma_{bcy}}{\sigma_{bagy}} \leq 1 \quad (4)$$
$$\kappa \frac{\sigma_{cal}}{\sigma_{cao}} \geq \nu \quad (5)$$

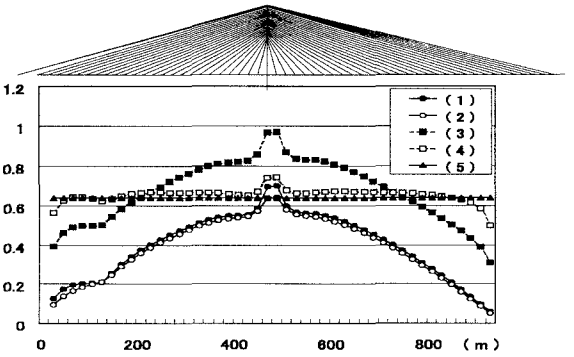


図-5 主桁の安全性照査 (支間1240m、桁高2mモデル)

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) 長井正嗣・水上義彦・森園康之・藤野陽三: 自定, 一部他定式を用いた斜張橋の長大化の可能性に関する一考察, 鋼構造年次論文報告集, vol.2, pp.635-642, 1994.
3) 謝旭・山口宏樹・長井正嗣: 自定, 一部他定式長大斜張橋の弾塑性終局挙動に関する考察, 鋼構造年次論文報告集, vol.4, pp.325-332, 1996.
4) 山村賛・山本一之・野上邦采・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.
5) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説, I 共通編, II 鋼橋編, 1996.
6) 本州四国連絡橋公団: 上部構造設計基準・同解説, 1989.