

I - A268 弾性 2 次解析法による長大斜張橋の座屈設計に関する研究

○ 新日本製鐵 正会員 豊島 径¹ 瀧上工業 正会員 織田博孝²
名古屋大学 正会員 宇佐美勉³

1. 序

最近の斜張橋は長大化し圧縮部材としての設計が重要になっている。そこで、様々な座屈設計法が提案される中、斜張橋という複雑な構造物に対しても合理的な座屈設計法が開発できれば有益である。本研究の目的は、従来より提唱され、比較的簡単な骨組構造物への適用が検証されてきた弾性 2 次解析法 [1][3][4] が、斜張橋という実構造物の座屈設計に適用できるかどうかを検討することである。そこで、600m～1000m の主径間長をもつ長大斜張橋を対象にして、提案法 (弾性 2 次解析法) の実用性を検証する。さらに、長大斜張橋の構造特性を明らかにするため、解析的検討をパラメトリックに行う。なお、本研究では鋼斜張橋を対象としている。

2. 長大斜張橋モデル

本研究で仮定したモデルは、実存する斜張橋ではなく、主径間長およびその桁高をパラメトリックに変えたモデルであるが、文献 [2] のモデルをもとに、支間長 (L_c) を 600m, 800m, 1000m、桁高 (h) を 600m, 800m 斜張橋に対しては 1m, 2m, 3m、1000m 斜張橋に対しては、2m, 3m, 5m, 8m とパラメトリックに変えた 3 径間連続鋼斜張橋のモデルで Fig. 1 に示すように中間橋脚は設けていない。

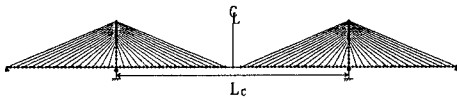


Fig. 1 Cable-Stayed Bridge Model

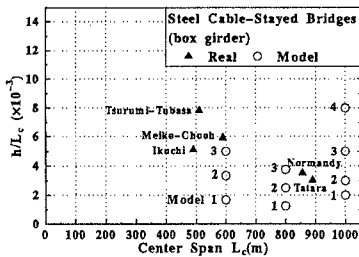


Fig. 2 Comparison of Real Cable-Stayed Bridges

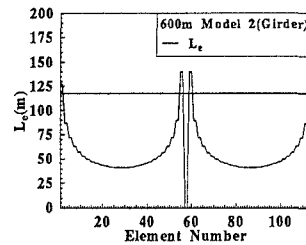


Fig. 3 Effective Length of 600m Model 2

$$L_e = \pi \sqrt{\frac{E \cdot I}{\Lambda \cdot N}} \quad (1)$$

なお、構造系は主径間中央に関して対称とし、面内方向のみ考慮した平面解析を行った。ケーブルはマルチケーブル・タイプの 1 面ケーブル (PWS) を想定し、解析の都合上、トラス要素を仮定し、ケーブルプレストレスも考慮している。なお、桁および塔の材質は SM490Y 材とし桁断面は全径間一定、塔は全高一定とし断面形状は矩形とし、断面諸量は現行の道路橋示方書に準じ概略設計した。Fig. 3 は、600m Model 2 の桁における、(1) 式で表す各部材の有効座屈長であるが、現行法によると、主径間中央や側径間端部の微小軸圧縮力部材の有効座屈長が他の部材に比し、過大に評価されていることが分かる。

Key Words: Second-Order Elastic Analysis, Elasto-Plastic Analysis, Stability Design, Large Cable-Stayed Bridges, Ultimate Strength

¹ 〒100-71 東京都千代田区大手町 2-6-3 TEL 03-3242-4111

² 〒454 名古屋市千種区清川町 2-1 TEL 052-351-2269

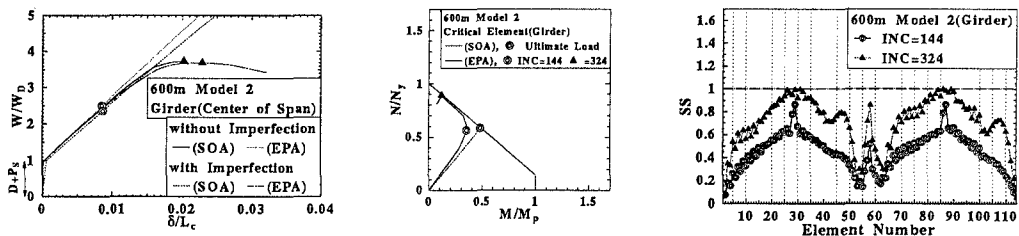
³ 〒464-01 名古屋市千種区不老町 TEL 052-789-4617

3. 弾性2次解析法適用

斜張橋への提案法適用にあたり、使用した線形断面強度式、等価初期たわみ(η)の算定式は(2)式である。

$$\frac{P}{P_y} + 0.85 \frac{M}{M_p} = 1.0 (= SS), \quad \frac{M}{M_p} = 1.0, \quad \eta = 0.4830\bar{\lambda} - 0.2 \quad (2)$$

Fig. 4 左図は600m Model 2の主径間中央での荷重-変位曲線であり、弾塑性有限変位解析(汎用FEMプログラムMARC使用)との比較である。图中、◎点は弾性2次解析(SOA)での耐荷力点、▲点は弾塑性有限変位解析(EPA)での最大荷重点(耐荷力)で、◎点と▲点が離れ、両解析による耐荷力推定の差が大きい。初期不整(等価初期たわみ)の有無ともに、弾性2次解析では、1箇所の部材がクリティカルとなった時点で構造系全体の耐荷力と見なし解析が終了する。これに対し、弾塑性有限変位解析では、一つの部材が塑性化しクリティカルとなっても、他の部材に応力が再配分され強度が上がっていき、耐荷力が大きく評価される。つまり、Fig. 4 中央の経路図で、まず◎点で1つの部材がクリティカルとなるが、荷重が増加していくと、▲点まで各部材に応力が再配分されるため、弾塑性有限変位解析での耐荷力が余剰耐力により大きくなり、両点が離れ耐荷力推定に差が生じる。また、Fig. 4 右図は各部材要素を横軸に、(2)式に示す強度相関式値(本研究ではSS値とする)を縦軸にとったものであるが、この値が1.0になるとクリティカルとなったことを表す。荷重ステップ(INC)が弾性2次解析の耐荷力時では、桁上のクリティカル部材のみが他部材に比べ1.0に近づき、弾塑性有限変位解析の耐荷力時では荷重ステップでは塔直下の桁部材を中心にして1.0に近づく部材が増加し、応力の再配分が顕著になっていることが分かる。



4. 構造特性

Fig. 4 Result of 600m Model 2

Fig. 5 は、各モデルの、等価初期たわみを導入しない弾性2次解析でクリティカルとなった部材の断面強度相関曲線である。なお、図中の部材は、いずれのモデルも塔直下の桁で軸圧縮力が最大となった部材で、併記した値は耐荷力時の荷重倍率(安全度: W/W_D)である。支間長が長くなるほど、相関曲線が左上の領域に移り、軸力がより支配的となり、安全度が下がることが分かる。つまり、斜張橋の長大化に伴い、塔直下の桁には大きな軸圧縮力が生じ、軸圧縮力による応力が曲げ応力に比べ、支配的となり、耐荷力が下がることが分かる。

5. 結語

長大斜張橋について、微小軸圧縮力部材の有効座屈長が過大に評価される現行法の矛盾を示した。そこで有効座屈長を使わない弾性2次解析法を適用し、耐荷力を推定した。その結果はやや安全側の評価であったが、その差は応力再配分による余剰耐力と考えることができる。また、斜張橋の特性としては、安全度(W/W_D)を保つためにはある程度の桁高を確保する必要があると考えられ、塔直下の桁には大きな軸圧縮力が生じ、長支間化するほど曲げ応力に比し支配的となることが分かった。

参考文献

- [1] 織田博孝, 宇佐美勉: 構造工学論文集, Vol.40A, 1994.3 [2] 長井正嗣, 浅野浩一, 渡辺幸治: 構造工学論文集, Vol.41A, 1995.3 [3] 織田博孝, 宇佐美勉: 橋梁と基礎, Vol.29A, No.10, 1995.1 [4] Hiroataka ODA, Tsutomu US-AMI: Proc. of the Third International Conference on Steel and Aluminum Structures, 1995.5

Fig. 5 Characteristic of Difference Span

