

I-A279

有効座屈長を用いた斜張橋主桁耐力評価に関する一考察

長岡技術科学大学 学生員 坂根秀和
 長岡技術科学大学 正員 長井正嗣
 (株) 総合技術コンサルタント 正員 新井田勇二
 東京都立大学 正員 野上邦榮
 開発コンサルタント(株) 正員 謝 旭
 埼玉大学 正員 山口宏樹

1. まえがき

斜張橋主桁の全体座屈強度の評価にあたり、弾性の座屈固有値解析または非弾性の座屈固有値解析(修正 E_f 法)により有効座屈長を算出し、道路橋示方書に規定される安定照査法により照査する手法が用いられてきた。一方、この方法では正確な耐力評価ができていないという判断から、弾塑性有限変位解析による照査が行われ、結果的に高い荷重倍率が得られている。しかしながら、有効座屈長を用いる手法がどの程度安全側の評価となるものか、あるいは大きく評価に差異が生じるかについての定量的な検討例はスパン 900, 1400m をもつ長大斜張橋を対象とした論文¹⁾²⁾を除いて見られない。

著者らはスパン 600m のマルチケーブル斜張橋を対象に、箱桁(幅 20m の 4 室断面)の桁高さを変化させて弾塑性有限変位解析を行い、その終局挙動や強度を明らかにし、あわせ全体座屈照査を不要とできる最小桁高さについて考察を行った³⁾。そこで、その結果をベースとし、別途行った弾性座屈解析、修正 E_f 法による耐力評価との差異について検討を行うこととした。

2. 計算モデル

図-1 に計算対象とした斜張橋モデルの側面形状、主桁断面を示す。桁高さとして、0.6, 0.8, 1.0, 1.5, 2.0, 3.0m の 6 タイプをパラメータとする。本モデルの塔の桁上高さはスパンの 1/5 (120m) で、材質として SM490Y 材を用いる。

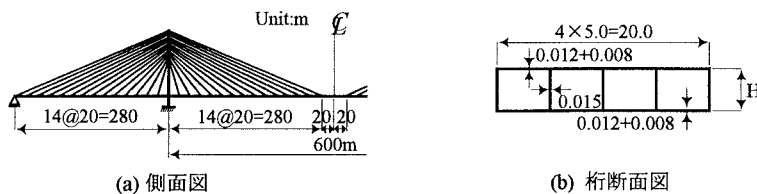


図-1 斜張橋モデル

荷重載荷は、まず死荷重 (20tf/m を仮定) を載荷し、その後、死荷重分布に比例した荷重を増加させている。なお、死荷重載荷の状態では、ケーブル張力は塔の曲げモーメントがゼロ、桁の曲げモーメントがケーブル定着点を剛支点とする連続桁のモーメントとなるように調整している。

3. 計算結果

図-2 に弾塑性有限変位の解析結果 (□印; 終局強度, ■印; 初期降伏強度) と修正 E_f 法 (△印) ならびに弾性座屈解析結果 (○印) を示す。いずれも荷重倍率 (β) で表示されるが、 β は作用荷重と死荷重の大きさの比である。また、図中の (N_y/N_{max}) は塔位置桁断面の降伏軸力 (N_y) と死荷重による軸力 (N_{max}) との比である。これより、 E_f 法の結果は、弾塑性有限変位解析の荷重倍率 (β) と比べると、桁高さ 1.5m 程度を境にして、それ以上で大きくなり、またそれ以下で小さい値となる。弾塑性有限変位解析では曲げモーメントの影響が考慮され

E_f 法, 弾性座屈, 有効座屈長, 弾塑性, 有限変位, 安定設計

〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町 1603-1 TEL:0258-47-9602 FAX:0258-47-9600

ていることから、 E_f 法の値は本来大きい値になると考えられ、その意味では、桁高さ1.5m以下で矛盾があると思われるが、両者は比較的近い値を示している。著者らが別途行ったスパン1400mモデル（桁幅；26, 30, 34m，桁高さ；4.6m）での比較でも終局時の荷重倍率は10%以内の差異で評価できる²⁾。弾性座屈解析では、桁高さ0.6mの場合に、荷重倍率は弾塑性有限変位解析結果と一致する。これはモデルが弾性座屈で終局状態となるためで、弾塑性有限変位解析での終局時の変位増分モードは弾性座屈モードにはば一致している。弾性座屈解析による荷重倍率は桁高さが大きくなるにつれてかなり大きくなっていく。

さて、圧縮軸力と曲げが同時に作用する部材の安定照査は以下の線形相関強度式で照査される。

$$(\gamma N_{D+L}/N_{CR}) + (\gamma M_{D+L}/M_{CR}) < 1.0 \quad (1)$$

ここで、 γ は安全率（=1.7）、 N_{D+L} 、 M_{D+L} は死、活荷重によって生じる軸力と曲げモーメントで、塔位置の桁に作用する断面力を対象とする。また、 N_{CR} は軸力のみが作用する場合の限界軸力、 M_{CR} は限界曲げモーメントで降伏モーメントを仮定する。

ここで、限界軸力（ N_{CR} ）として、修正 E_f 法の場合は塔位置での限界軸力（軸力に得られた荷重倍率を乗じる）を採用し、また弾性座屈解析では、同じく塔位置での座屈軸力から有効座屈長を計算して限界軸力を求める。また、荷重の大きさとして、死荷重20tf/m，活荷重3.8tf/mを対象とする。

結果を整理すると表-1 のようになる。これより、修正 E_f 法では桁高さ1.0m程度、弾性座屈解析では1.5m強まで安定となる。弾塑性有限変位解析では、桁高さ0.8m以上で荷重倍率は2.5以上となっており、安定性は確保されるものとする。そのため、弾性座屈解析、修正 E_f 法による方法は安全側で、かつ修正 E_f 法がより現実的と考えられる。

表-1 有効座屈長法による安全性の照査

桁高(m)	N_{CR}		$M_{CR} = M_y$	$(\gamma N_{D+L}/N_{CR}) + (\gamma M_{D+L}/M_{CR})$	
	弾性座屈	修正 E_f 法		弾性座屈	修正 E_f 法
0.6	13672	16955	8883	1.714	1.439
0.8	16638	21384	11952	1.412	1.153
1.0	18882	24688	15120	1.239	0.997
1.5	22819	29818	23119	1.020	0.821
2.0	25234	32988	31500	0.925	0.744
3.0	28373	37527	49275	0.814	0.647

4. まとめ

有効座屈長法の適用性を検討したが、1)両手法とも安全側の評価になること、2)修正 E_f 法が弾性座屈解析に比べてより現実的であること、3)修正 E_f 法による終局時の荷重倍率と弾塑性有限変位解析の荷重係数は10%程度の差異で評価できていることを明らかにした。これより、今後、多くの計算例から修正 E_f 法の適用性を検討する価値があると考えられる。

【参考文献】：1)長井他：斜張橋の主桁耐力評価に着目した E_f 法の適用性と設計法に関する一検討，構造工学論文，Vol.41A, 1995，2)長井他：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，1997，3)新井田他：斜張橋の主桁全体座屈安定を確保できる最小桁高さについて，土木学会第54回年次学術講演会講演概要集，1999

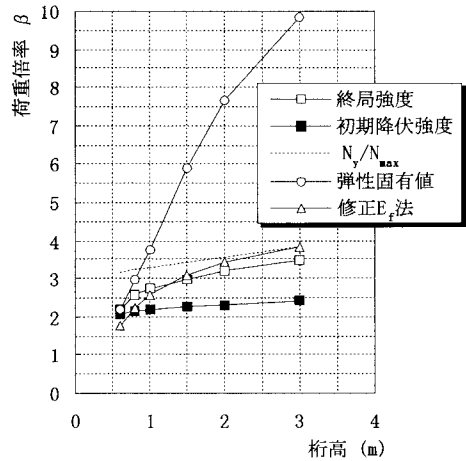


図-2 各手法による荷重倍率の比較