

鋼斜張橋の独立塔部材の座屈耐荷力および有効座屈長に関する研究

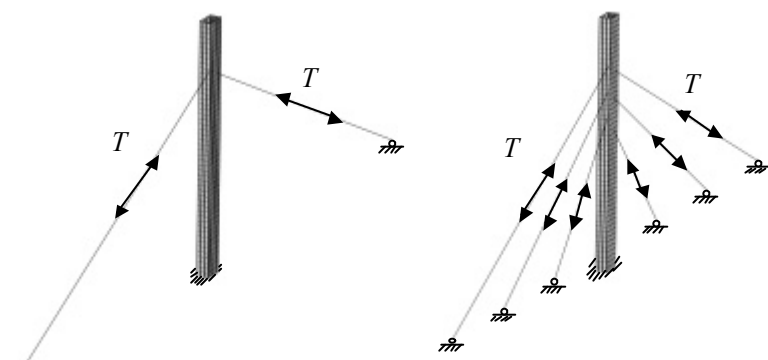
松尾橋梁(株)（当時、大阪市立大学大学院）	正員	○引口 学
(株)総合技術コンサルタント 大阪支社	正員	野口二郎
大阪市立大学大学院 工学研究科	正員	北田俊行

1. まえがき

斜張橋の塔部材は一般に、道路橋示方書¹⁾の「軸方向力と曲げモーメントを受ける部材」に基づき応力度照査および安定照査を行い、断面寸法が決定されている。本研究では、1面ケーブルの斜張橋の1本塔柱または2面ケーブルの場合で水平材のない2本塔柱のような独立塔部材の座屈現象に着目して、弾性有限変位解析および弾塑性有限変位解析を行い、塔部材の座屈耐荷力および有効座屈長の算出方法について考察している。なお、本解析では、鋼構造物の弾塑性有限変位解析を行うための専用プログラム EPASS²⁾を用いている。

2. 解析内容

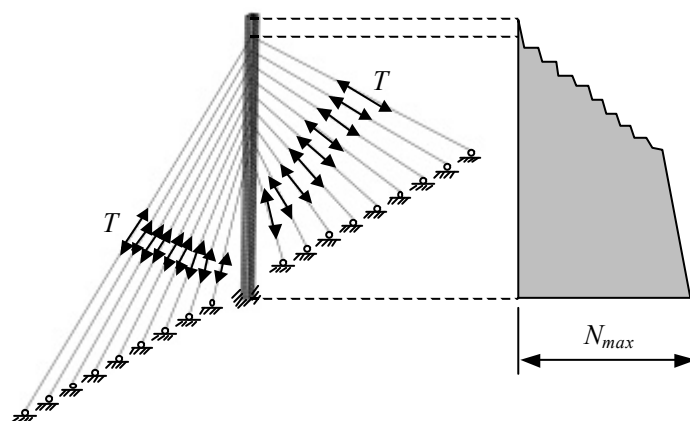
鋼斜張橋の塔部材の橋軸直角面内座屈に対する有効座屈長 l_e は、独立塔部材の場合、ケーブルの拘束を無視し安全側に、 $l_e=2.0H_T$ (H_T : 塔高) と長くしているケースが多い。この場合、設計座屈強度 s_{ua} の低下を避けるため、一般に、塔部材の断面寸法が大きくなっている。この点に着目して、本研究では、図-1(a)~(c)に示す塔部材とケーブルとから構成される解析モデルを作成し、弾性有限変位解析および弾塑性有限変位解析を行い、橋軸直角面内の有効座屈長および終局強度 s_u に関する下記の課題について検討している。



(a)1 段ケーブルモデル

(b)3 段ケーブルモデル

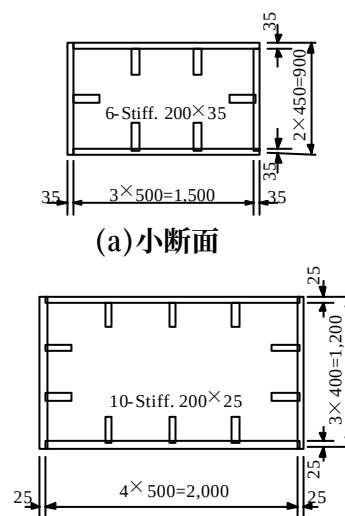
図-2 ケーブル張力の作用方向



(c)9 段ケーブルモデル

(d)軸方向力図

図-1 橋軸直角面内座屈に着目した解析モデル



(a)小断面

(b)大断面

図-3 塔断面（単位：mm）

Key Words：斜張橋，鋼製塔，弾性有限変位解析，弾塑性有限変位解析，座屈，耐荷力，有効座屈長
 連絡先：〒558-8585 大阪市住吉区杉本 3-3-138 大阪市立大学大学院 工学研究科 土木工学専攻
 橋梁工学研究室 TEL 06-6605-2735, FAX 06-6605-2765

- (1) 塔部材の軸方向力はケーブル張力によるものが大半であり、塔の自重による軸方向力は小さい。このケーブル張力の作用方向は、塔が橋軸直角方向に変形した場合においても、図-2に示すように塔基部の方向である。このような場合の有効座屈長は、 $2.0H_T$ よりかなり小さくなるものと考えられる³⁾。

- (2) また、マルチケーブルの塔の軸方向力図は、図-1(d)に示すように、塔上部では三角形分布となるため、有効座屈長はさらに小さくなるものと推測される。

なお、本解析では、塔部材の断面として、図-3に示すような大断面と小断面との2ケースを考えている。

また、解析条件を以下に列記する。

- (1) 塔部材は完全弾塑性体とする。
- (2) ケーブル部材は弾性体とする。
- (3) 残留応力および初期変位を考慮する（弾塑性有限変位解析時のみ）。
- (4) 載荷荷重は完成系におけるケーブル張力 $T_{D+P.S}$ とし、これを荷重パラメータ a により比例・漸増載荷する。

3. 弾性有限変位解析の結果

図-1の解析モデルを用いて、まず、弾性有限変位解析を行った。表-1には、その解析により得られた弾性座屈荷重 $P_{e,cr}$ から逆算した有効座屈長 l_e を示している。この表によると、 l_e は1段ケーブルモデルの場合、 l_e/H_T （：塔高）となっているが、3段ケーブルモデルおよび9段ケーブルモデルでは H_T より短い値となっており、 l_e/H_{TC} （：塔基部からケーブル定着位置の中間部までの高さ、図-4参照）となっている。

4. 弾塑性有限変位解析の結果

次に、同じ3形式の解析モデルを用いて、弾塑性有限変位解析を行い、独立塔部材の橋軸直角面内の終局強度を調べた。得られた終局強度 s_u と有効座屈長 $l_e=1.1H_{TC}$ とを用いて、道路橋示方書の耐荷力曲線と比較してプロットすると、図-5のようになった。この結果より、道路橋示方書¹⁾の耐荷力曲線を用いて塔の終局強度を推定し、断面決定を行う場合、有効座屈長は $l_e=1.1H_{TC}$ として設計すればよいものと考えられる。ただし、初期たわみ形状および残留応力分布の仮定により終局強度 s_u がかなり異なる場合があるため、弾塑性有限変位解析により終局強度を求める際には、初期不整の設定について十分な検討が必要である。

5. まとめ

独立塔部材の橋軸直角面内の座屈現象について、ケーブル張力の作用方向および塔部材の軸方向力分布を考慮した解析を行い、合理的かつ経済的な終局強度および有効座屈長の算出方法について検討した。そして、独立塔部材の座屈強度を道路橋示方書¹⁾の耐荷力曲線を用いて算出する際の有効座屈長は、 $l_e=1.1H_{TC}$ （ H_{TC} ：塔基部～中段ケーブル取付点）が妥当であることを示した。

参考文献

- 1) （社）日本道路協会：道路橋示方書・同解説，Ⅰ．共通編，およびⅡ．鋼橋編，丸善，平成8年12月。
- 2) 北田俊行・大南亮一・丹生光則・田中克弘：ケーブルを用いた鋼橋の耐荷力解析用の汎用プログラムの開発，構造工学における数値解析法シンポジウム論文集，Vol.13，日本鋼構造協会，pp.89-94，1989年7月。
- 3) TIMOSHENKO, S.P. and GERE, J.M.: Theory of Elastic Stability, McGraw-Hill, 1961.

表-1 弾性有限変位解析の結果

有効座屈長	1段ケーブルモデル		3段ケーブルモデル		9段ケーブルモデル	
	大断面	小断面	大断面	小断面	大断面	小断面
l_e/H_T	0.90	0.90	0.86	0.87	0.77	0.77
l_e/H_{TC}	0.90	0.90	0.98	0.99	0.98	0.98

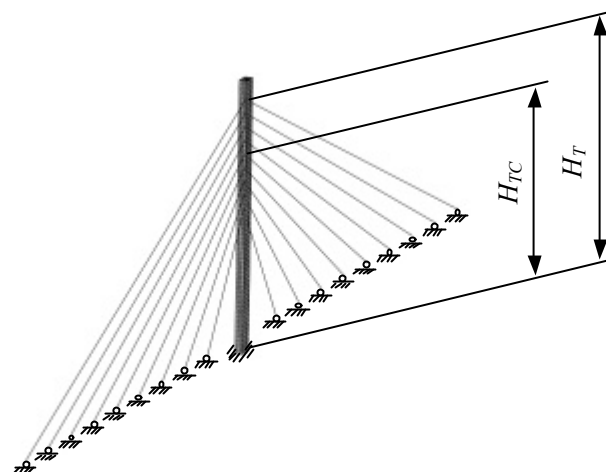


図-4 塔高 H_T および H_{TC} の説明図

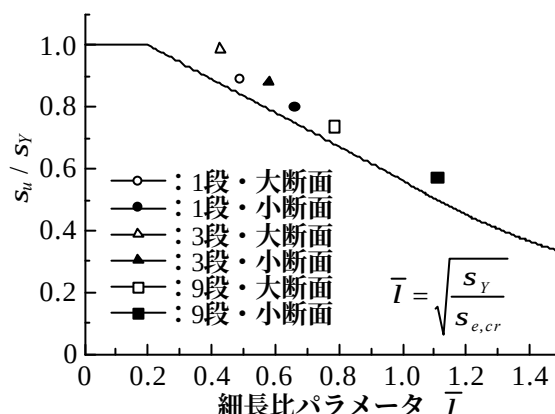


図-5 解析結果と道路橋示方書の耐荷力曲線との比較