

芝浦工業大学大学院 学生員 中田 隆
 芝浦工業大学 正会員 足立 格一郎
 東京都立大学 正会員 野上 邦栄

はじめに 骨組構造物の座屈設計法では“有効座屈長の概念”により各部材の座屈耐荷力を定義している¹⁾。よって有効座屈長は極めて重要なパラメータとなる。しかしながら既往の研究によれば、算出される有効座屈長に対していくつかの矛盾点が指摘されている²⁾。

このような状況のもと、これまで上記の指摘を修正する方法が提案されている³⁾。この修正方法は、固有値計算における幾何剛性マトリックスの作用軸圧縮力と部材の保有する限界軸圧縮力とを整合させて合理的な有効座屈長を算出しようとしている。

この考えに基づき本研究では、まず実構造レベルを対象にして、座屈固有値計算ごとに全体座屈時の座屈モードによる限界軸圧縮力を求める。これにより新たな有効座屈長を算出する。そしてその妥当性を従来の算出法との比較により検討する。

座屈モードによる有効座屈長の算出⁴⁾ 限界軸圧縮力を求める方法は次のような概念に基づいている。骨組構造物の全体座屈において、部材は実際に作用する軸力のほかに全体座屈時の座屈モードから決められる各部材の限界軸圧縮力を考慮すべきである。よってこの限界軸圧縮力と有効座屈長が新たに定義される。

$$N_{(m)}^C = - \frac{\{X^S\}_{(m)}^T [k_O]_{(m)} \{X^S\}_{(m)}}{\{X^S\}_{(m)}^T [\bar{k}_G]_{(m)} \{X^S\}_{(m)}} \quad (1)$$

$$\ell_{\text{eff},(m)}^C = \pi \sqrt{\frac{EI}{N_{(m)}^C}} \quad (2)$$

ここに

$N_{(m)}^C$ 部材(m)の座屈モードによる限界軸圧縮力
 $\ell_{\text{eff},(m)}^C$ $N_{(m)}^C$ による有効座屈長
 $\{X^S\}_{(m)}$ 全体座屈時の部材(m)の座屈モード
 $[k_O]_{(m)}, [\bar{k}_G]_{(m)}$ 部材(m)の剛性行列と単位軸圧縮力あたりの幾何剛性行列

座屈固有値計算法 構造全体系の座屈固有値計算として以下の二つの方法を用いる。

i) 弾性固有値解析法, ii) 修正 E_f 法

i)は慣用の解析方法であり、線形弾性の解析である。

ii)は断面ごとに有効接線弾性係数 E_f を評価する方法であり、材料の非弾性を考慮した繰り返し計算を行う。この i), ii)の最小固有値と作用軸力から求められた従来の有効座屈長 ((3)式) と

$$\ell_{\text{eff},(m)}^S = \pi \sqrt{\frac{EI}{\kappa N_{(m)}^S}} \quad (3)$$

i), ii)の座屈モードによる限界軸力 ((1)式) で求められた新たな有効座屈長 ((2)式) をそれぞれ算出し検討を行う。

数値計算例 変断面柱を有する4層の吊橋主塔⁵⁾を図1、変載荷重を作用させたY型橋脚³⁾を図2に示す。吊橋主塔では柱の結果を、Y型橋脚では圧縮側である部材L1, L2, L3, C3の結果を示す。

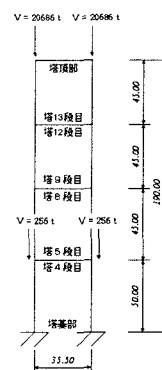


図1

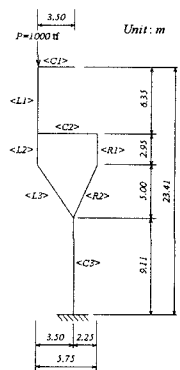


図2

図1.1, 図2.1は作用軸力および限界軸力によって求められた有効座屈長 ℓ_e を部材長 ℓ で無次元化した。図1.2, 図2.2は実際に作用した軸圧縮応力度 σ_a を図1.1, 図2.1の有効座屈長により求められたそれぞれの許容軸圧縮応力度 σ_{ca} で無次元化した。

Keywords : 有効座屈長 座屈設計 固有値

〒108 東京都港区芝浦 3-9-14 芝浦工業大学 土木工学科 Tel 03-5476-3047 Fax 03-5476-3166

(a) 吊橋主塔 図 1.1 において i)では、作用軸力による有効座屈長が一定の値となり限界軸力では塔頂部に向かって 2 層目から有効座屈長が長く算出されている。逆に ii)では、塔基部に向かって限界軸力が作用軸力より短めの有効座屈長を算出している。

図 1.2 では、作用軸力が i)および ii)に対してほぼ一定の σ_c / σ_{ca} を示している。一方、限界軸力では、i)の塔頂部において実際の作用軸圧縮応力度が許容軸圧縮応力度を越えており設計不可能となっている。しかしながら ii)では、図 1.1 の ii)の結果による限界軸力の許容軸圧縮応力度の値が他よりも大きくなるため、どの解析結果よりも低い σ_c / σ_{ca} となり設計上有効な値を示している。

(b) Y 型橋脚 図 2.1 の i)では、部材 C3 を除いて限界軸力の有効座屈長が作用軸力の有効座屈長より長くなっている。一方、ii)では限界軸力の有効座屈長が作用軸力よりも短い値を算出している。これは吊橋主塔の結果と同様な傾向を示しているといえる。

図 2.2 では作用する軸力が小さいため、解析方法の違いによってほとんど差はみられない。しかし ii)で限界軸力を用いるほうがどの解析結果よりも低い σ_c / σ_{ca} になり有効な値を示している。

まとめ 両者の結果においても 1.弾性固有値解析法では、従来の作用軸力が限界軸力に対して短めの有効座屈長を算出する。逆に修正 E_f 法では、限界軸力が作用軸力に対して短めの値を算出する。2.修正 E_f 法で限界軸力を用いた方法が σ_c / σ_{ca} で有効な値を算出していることが明らかになった。今後の検討課題としてこの修正 E_f 法の限界軸力による有効座屈長が、現実的に適用可能かどうか検証を行う必要がある。

参考文献 1)西野・三木・鈴木: 道路橋示方書Ⅱ鋼橋編改訂の背景と運用,橋梁と基礎,1981.10.; 2)宇佐美: SGST 拡大研究論文集, 1992.11.; 3)井浦・野上・南野・平山・望月:鋼骨組構造の有効座屈長の算出法に関する提案, 鋼構造年次論文報告集, 1995.11.; 4)Nishino, F, Ai, M. and Nakano, T.: On the stability of frame members in a global buckling, Structural Eng./Earthquake Eng., JSCE, 1997 October.; 5)鋼橋技術研究会技術情報部会・超長大橋の構造設計 WG, 超長大吊形式橋梁の塔の変形特性と設計法に関する研究, 1997.4

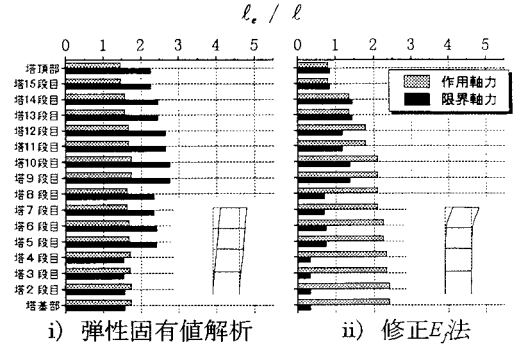


図 1.1 吊橋主塔の柱の有効座屈長

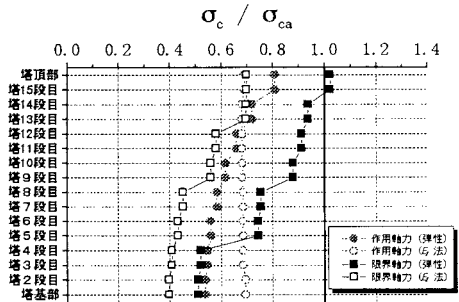


図 1.2 吊橋主塔の柱の許容軸圧縮応力度

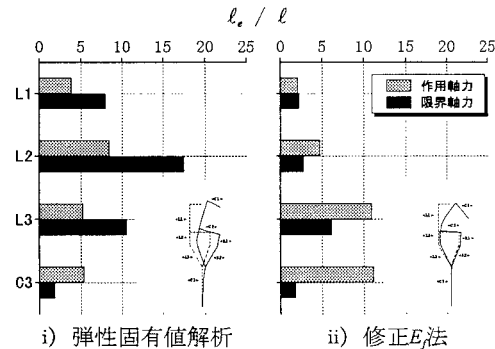


図 2.1 Y 型橋脚の有効座屈長

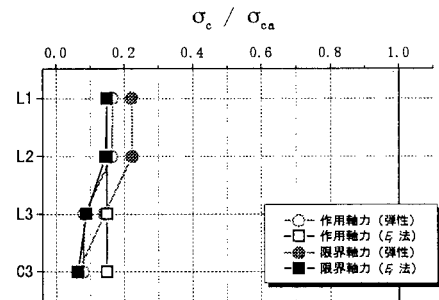


図 2.2 Y 型橋脚の許容軸圧縮応力度