

純圧縮を受ける無補剛箱形断面柱の連成座屈強度に対する初期たわみの影響

長崎大学大学院 正 会 員 中村聖三 長崎大学 学生会員 ○井上洋介
長崎大学大学院 正 会 員 奥松俊博 長崎大学大学院 正 会 員 西川貴文

1. はじめに

現在の「道路橋示方書・同解説Ⅱ鋼橋編」¹⁾（以降、道示と略記）では、連成座屈強度の算定法として積公式が採用されている．しかし、その精度は必ずしも高くないとの認識から、土木学会鋼構造委員会鋼橋の合理的な構造設計法に関する調査研究小委員会において、新たな算定法の提案を目指して、解析的な検討が行われている．しかしそこでは、初期たわみの値として道示の製作誤差の許容値が採用されており、初期たわみの影響は検討されていない．そこで本研究では、多様な初期たわみ量の組み合わせにて有限要素解析を行うことにより、連成座屈強度に対する初期たわみの影響を定量的に明らかにする．

2. 解析概要

初期不整を考慮した軸方向圧縮力を受ける無補鋼箱形断面柱に対する弾塑性有限変位解析を行い、最大耐力を求める．解析には汎用有限要素解析ソフト MSC.Marc を用いる．

2.1 初期不整

道示および Eurocode²⁾等の諸外国の基準における初期たわみの許容値、さらに既往の研究³⁾で用いられた試験体の実測値を参考に、今回の研究では、初期たわみ量を、表-1 に示すように、柱については最大値 $l/500$ 、最小値 $l/4000$ の 5 種類 (l は柱長)、板については最大値 $b/70$ 、最小値 $b/700$ の 5 種類 (b は板幅) を組み合わせる解析を行う．初期たわみの形状については、全体モード、局部モードともに正弦波とする．局部モードに関しては、板のアスペクト比に応じて座屈強度が最小となる座屈半波数 m を算出し、その半波数分を導入する．残留応力については、圧縮側を $0.25\sigma_y$ とする三角分布とし、図-1 に示すように導入する．

2.2 モデル諸元と材料特性

断面の諸元、材料特性等は、表-2 に示す通りである．今回は検討の第一段階として、連成座屈の発生

表-1 初期たわみ量の組み合わせ

	$b/70$	$b/150$	$b/300$	$b/500$	$b/700$
$l/500$	①	②	③	④	⑤
$l/1000$	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
$l/2000$	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮
$l/3000$	⑯	⑰	⑱	⑲	⑳
$l/4000$	㉑	㉒	㉓	㉔	㉕

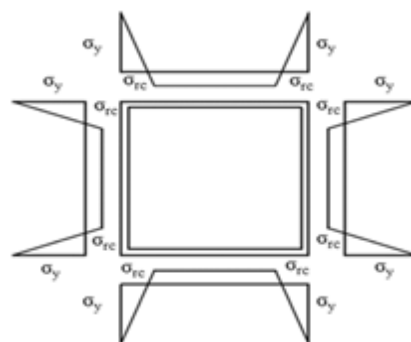


図-1 残留応力分布

表-2 解析条件

断面 [mm ²]	500×500
弾性係数 E [N/mm ²]	2.00×10^5
降伏応力 σ_y [N/mm ²]	355
ポアソン比	0.3
使用要素	四辺形シェル要素
平均メッシュサイズ [mm]	25×25
断面分割数	20×20

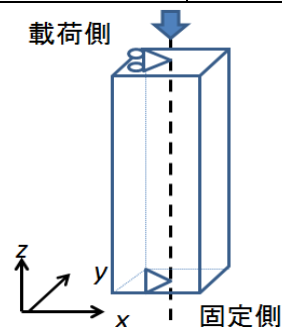


図-2 境界条件

が想定される幅厚比パラメータ $R=1.1$ ，細長比パラメータ $\lambda=1.0$ （板厚 10.07mm，長さ 15224mm）のモデルに対して解析を行う．なお，材料構成則については，ひずみ硬化係数 $E/100$ のバイリニアモデルとする．

2.3 境界条件

モデルの上下端に剛板を設置し，両端ヒンジの柱となるよう，それぞれの中央点に図-2 に示すような境界条件を与える．すなわち，回転については柱としての初期たわみ方向への回転のみ自由とし，並進については下端はすべてを拘束，上端は軸方向移動のみを許容し，変位制御による単調載荷を行う．

3. 解析結果

図-3 は，板の初期たわみ量 $b/70$ 時の最大耐力と変位との関係である．縦軸は降伏荷重で無次元化してある．いずれの場合も明確なピークが認められる．他の場合についても同様に荷重－変位関係を描き，そのピークから最大耐力を求めた．その結果を道示の初期たわみの許容値である $l/1000$ ， $b/150$ の場合の最大耐力で除した値（ここでは初期たわみ影響係数と呼ぶ）を一覧表にまとめたのが表-3 である．

図-4，5 は，表-3 の値をグラフ化したものである．

今回検討した範囲では，道示の許容値に対して初期たわみを 2 倍程度にすると 10%弱最大耐力が低下し，1/4 程度にすると 20%程度最大耐力が向上している．初期たわみに対する最大耐力の変化は，柱，板いずれの初期たわみに対しても，道路橋示方書の基準よりたわみ量が多い場合を除くと，おおむね直線で近似できることがわかる．その傾きは，ほぼ一定であった．

4. まとめ

本研究では，初期たわみ量に関しては多様なパターンにて解析を実行したものの， R と λ に関しては 1 つのパターンのみしか解析を実行できていないため，今後連成座屈の発生が想定される範囲で R と λ の値を組み合わせた多様なパターンの解析を実施し，初期たわみ影響係数の定式化を試みる予定である．

参考文献

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説，2002.3
- 2) 欧州連合：Eurocode3，1993
- 3) 山尾敏孝，崎元達郎：溶接箱形断面柱の連成座屈実験，土木学会論文集，第 335 号 pp195~198，1983.7

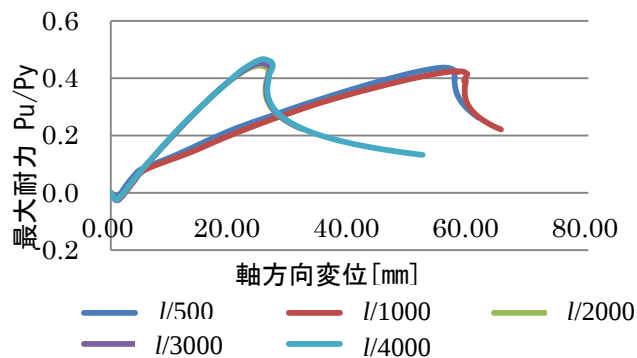


図-3 $b/70$ 時の最大耐力 - 変位関係

表-3 初期たわみ影響係数

	$l/500$	$l/1000$	$l/2000$	$l/3000$	$l/4000$
$b/70$	0.95	0.92	0.96	0.98	1.01
$b/150$	0.93	1.00	1.04	1.06	1.07
$b/300$	0.99	1.06	1.11	1.13	1.14
$b/500$	1.03	1.10	1.15	1.17	1.18
$b/700$	1.05	1.12	1.17	1.19	1.20

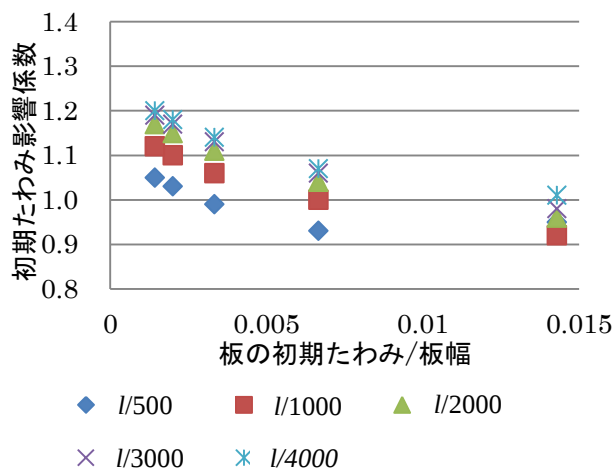


図-4 板の初期たわみ/板幅 - 初期たわみ影響係数

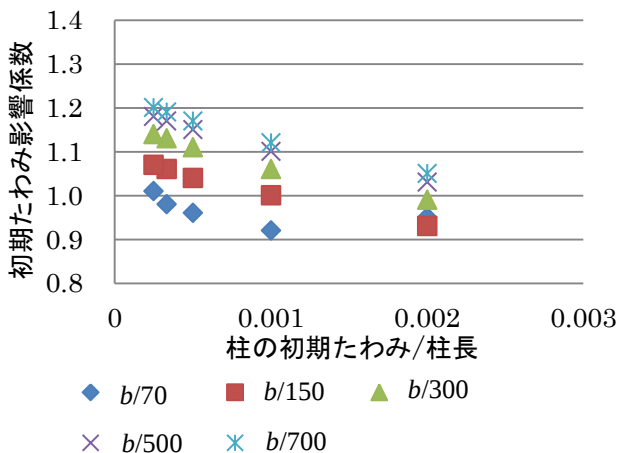


図-5 柱の初期たわみ/柱長 - 初期たわみ影響係数