

鋼製補剛箱形断面部材の連成座屈強度に対する初期たわみの影響

長崎大学 学生会員 ○有馬優希
長崎大学大学院 正会員 奥松俊博

長崎大学大学院 正会員 中村聖三
長崎大学大学院 正会員 西川貴文
長崎大学大学院 学生会員 陳湘

1. はじめに

初期たわみが連成座屈強度に大きく影響を与えることはよく知られているが、初期たわみ量の影響に関する研究は十分に行われていない。また、道路橋示方書¹⁾では、初期たわみ量に許容値を採用しており、許容範囲内であれば連成座屈強度に及ぼす影響は無視する。そこで陳ら²⁾は無補剛箱形断面部材を対象に、初期たわみが連成座屈強度に及ぼす影響を非線形有限要素解析により検討した。本研究では対象部材を鋼製補剛箱形断面とし、道路橋示方書の許容値を含むいくつかの初期たわみ量の組み合わせにより非線形有限要素解析を行い、初期たわみの連成座屈強度に対する定量的影響を明らかにする。

2. 解析概要

初期不整を考慮した軸方向圧縮力を受ける鋼製補剛箱形断面部材に対して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

本研究では、初期不整として残留応力と初期たわみを考慮する。

残留応力については、板パネルと補剛材において、軸方向に一樣に生じているものとする。ここで、板パネルとは補剛材で区切られた領域を指す。板パネルの残留応力については圧縮側を最大 $0.3\sigma_y$ として、パネル内で自己平衡条件が成立するように各要素の残留応力値を決定した。補剛材については、板パネルと接する要素が最大で $0.5\sigma_y$ とした。図 1,2 に導入した残留応力分布および残留応力の導入値を示す。

初期たわみについては柱の全体モードと板パネルの局部モードを考慮する。これらの形状については、図 3 に示すように全体モードに関しては正弦波半波、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 を導入する。解析を行う初期たわみ量は、道示および Eurocode³⁾等の諸外国の基準における許容値、既往の研究で用いられた試験体の実測値を参考にして、柱については $l/500, l/1000, l/3000$ の 3 種類 (l は柱長)、板については $b/75, b/150, b/450$ の 3 種類 (b は板幅) を組み合わせて解析を行う。

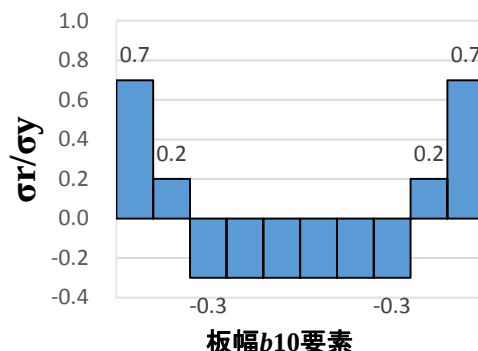


図 1 パネルにおける残留応力分布

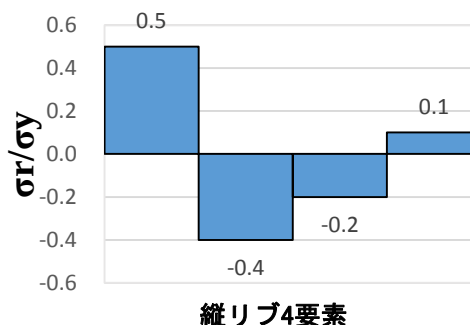


図 2 補剛材における残留応力分布

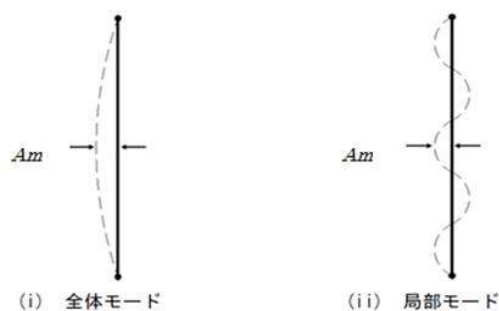


図 3 初期たわみモード

表 1 解析モデルの検討ケース

	$\lambda=0.1$	$\lambda=1.0$	$\lambda=1.8$
$R_R=0.5$	R05L01	R05L10	R05L18
$R_R=0.9$	R09L01	R09L10	R09L18
$R_R=1.5$	R15L01	R15L10	R15L18

2. 2 モデル諸元と材料特性

本研究では表1の組み合わせのモデルに対して解析を行う。また、幅厚比パラメータについては補剛板のリブ間座屈が生じるように R_b を設定する。

断面形状は、アーチ橋の実績調査⁴⁾より、実橋で比較的良く使用される断面形状に近いものとして、図4に示すように設定した。また、構成材料はSM490Yとする。

2. 3 境界条件

解析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、各剛板の中央点に図5に示すような境界条件を与える。回転条件については、柱としての初期たわみ方向への回転のみ自由とする。並進については下端をすべて拘束する。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

本研究は、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ものである。そのため、現行道示の許容値に対応する初期たわみ量の連成座屈強度を基準として、各初期たわみ量における連成座屈強度を無次元化する。この無次元化した値を本研究では初期たわみ影響係数と呼ぶ。

解析結果によって得られた荷重-軸方向変位曲線より、すべてのモデルでピークを示したが、換算細長比が大きいL18のモデルについては、はっきりとしたピークを示さなかった。また、初期たわみ影響係数は初期たわみ量が大きいほど大きくなった。図6,7はR09L18のモデルの初期たわみ影響係数を板と柱に分けてグラフ化したものである。この結果より、R09L18の初期たわみ影響係数はおおむね直線で近似できることがわかる。また、それぞれのグラフ内の初期たわみ量別の直線の傾きは近いものとなっている。

4. まとめ

本研究では、解析モデルごとに初期たわみ影響係数の把握を行った。今回の解析結果は、縦リブを初期たわみがない板パネルの中心軸に対して垂直に溶接したケースのものである。しかし、板パネルの初期たわみによって垂直に溶接できないケースも想定される。そのため、今後は板パネルの初期たわみによって縦リブが板の中心軸に対して垂直に溶接されていないケースについても検討していく必要がある。

参考文献

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説，2002.3
- 2) Xiang Chen：Influence of initial deflections on coupled buckling strength of unstiffened square box section columns
- 3) 欧州連合：Eurocode3，1993
- 4) 土木研究所：鋼箱形断面圧縮部材の耐荷力に関する検討，2012.3

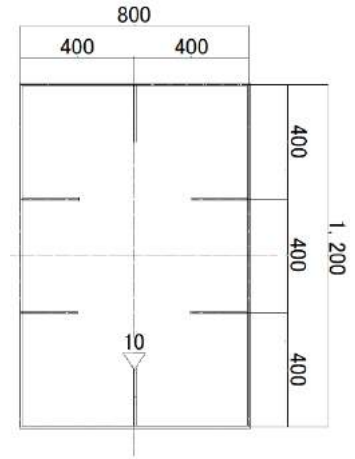


図4 断面諸元

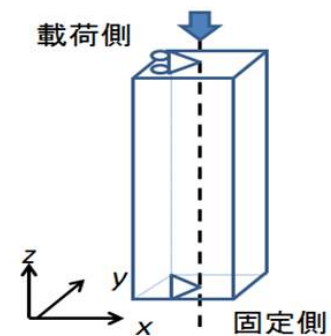


図5 境界条件

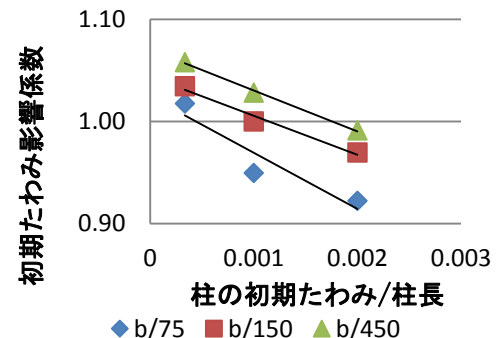


図6 板の初期たわみ/板幅 - 初期たわみ影響係数

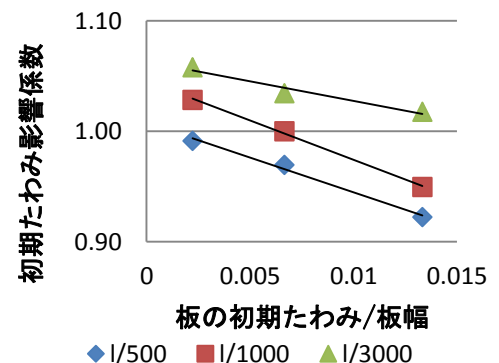


図7 柱の初期たわみ/柱長 - 初期たわみ影響係数