

鋼 I 形断面の耐荷力に関するパラメトリック解析

長崎大学大学院 学生会員 ○池末 和隆
 長崎大学工学部 正 会 員 中村 聖三
 長崎大学工学部 フェロー 高橋 和雄

1. はじめに

現行の道路橋示方書¹⁾では、許容応力度設計法が用いられており、性能照査型設計法への移行が検討されている。一方、AASHTO LRFD²⁾、Eurocode³⁾等の設計基準には限界状態設計法が採用されており、断面の耐荷力を全塑性モーメント M_p ・降伏モーメント M_y で区分した、断面区分が存在する。この断面区分は、鋼橋のコスト縮減や設計・構造の合理化を助けるものだと考えられる。すでに規定されている各国の断面区分の規定は条件式がそれぞれ異なるように、確保すべき安全余裕の考え方、許容される初期不整の大きさ、材料特性等が国ごとで異なるため、我が国においてもその実情を反映させる必要がある。そこで本研究は、鋼 I 形断面を対象とし、我が国の初期不整、材料特性を考慮したパラメトリック解析を行い、最終的に我が国独自の断面区分を提案することを目標としている。

2. パラメトリック解析の概要

解析対象は鋼 I 形断面であり、断面形状を図-1 に示す。橋軸方向における垂直補剛材間一パネルを取り出し、ウェブ高と橋軸方向の長さにおけるアスペクト比を 1.0 とし、局部的にモデル化する。対象断面はウェブ高 $D=3000\text{mm}$ 、圧縮フランジ幅 $b_f=1000\text{mm}$ に固定し、板厚 t を変化させる。

解析には MSC. Marc⁴⁾を用い、厚肉シェル要素を用いた弾塑性有限要素解析を行う。

解析時間を短縮させるため、橋軸方向の対称性を考慮して橋軸方向 1/2 モデルとし、境界条件として一端に対称条件を与え、他端を平面保持しながら徐々に回転を与える。結果として得られる反力モーメントの最大値を耐荷力とする。

初期不整として、初期たわみと残留応力を考慮する。初期たわみは、最大値を道路橋示方書に規定された許容値である $b_f/200$ 、 $D/250$ とする正弦波とする。残留応力は図-2 に示すように、フランジとウェブの溶接部に引張残留応力として降伏応力を与え、その他の部分では自己平衡条件が成立するような分布形状を仮定したものを用いる。

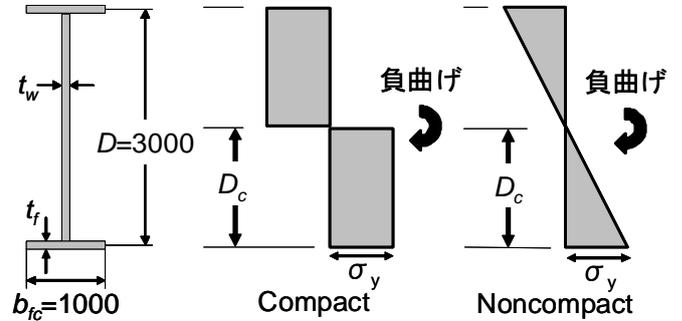


図-1 鋼 I 形断面

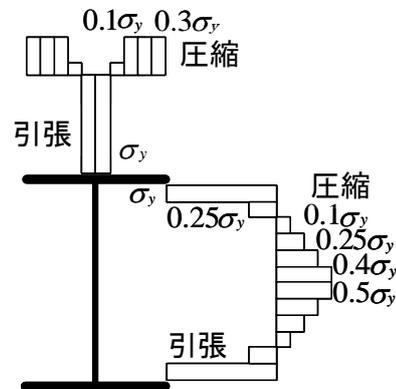


図-2 残留応力

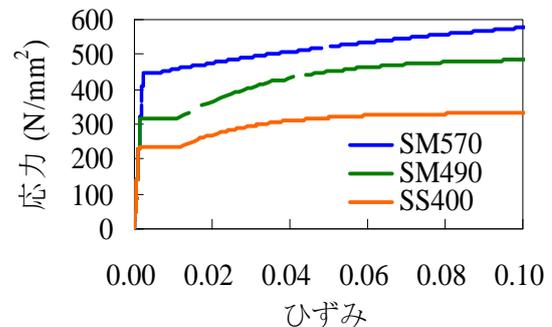


図-3 応力-ひずみ関係

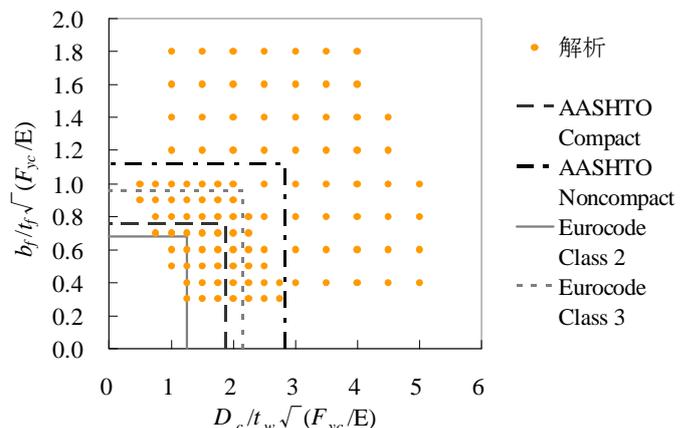


図-4 パラメトリック解析範囲

材料特性は、図-3 に示す土木学会鋼構造新技術小委員会⁵⁾で提案された応力-ひずみ関係を用いる。解析に用いる鋼材は、SS400・SM490・SM570 である。

解析モデルは、図-4 に示すようにフランジ・ウェブの幅厚比をパラメトリックに変化させたものであり、その数は3鋼種で324個である。なお、断面区分は AASHTO の条件式フォーマットを参考にしている。

3. 断面区分の判定方法

パラメトリック解析における解析結果の一例を表-1, 図-5 に示す。断面区分の判定は、耐荷力 M_c を M_p と M_y で除し、両者が1以上の場合コンパクト、後者のみが1以上である場合ノンコンパクト、両者ともに1未満である場合スレンダーと判定する。ここに示した結果は、表-1 よりコンパクトと判断される。

4. パラメトリック解析結果

全解析モデルについて、断面区分を判定した結果を図-6 に示す。なお紙面の制約上、鋼材 SM490 の結果のみを示している。図-6 より、本解析結果は Eurocode の断面区分に類似しているが、やや危険側（限界幅厚比が大きい）であることがわかる。一方、AASHTO の断面区分に対しては大きな違いがあり、本解析結果は安全側となっている。また、ウェブとフランジの相関関係を考慮することで、より精度の高い断面区分が可能となると考えられる。さらに、他鋼種の結果もほぼ同様であり、鋼種による塑性域での材料特性の違いが断面区分に及ぼす影響はそれほど大きくないことがわかった。

5. 今後の課題

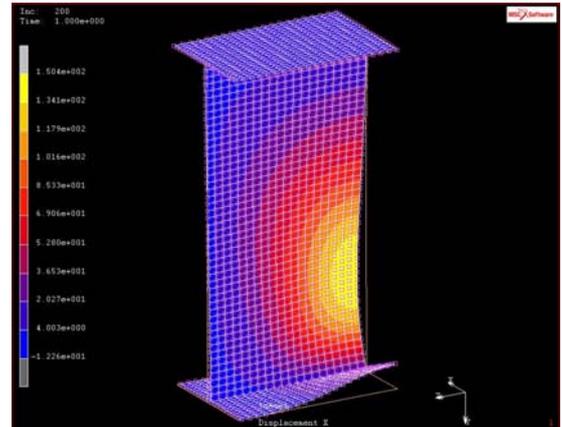
ノンコンパクト断面の条件については応力勾配が影響を及ぼす可能性があるためその検討が必要である。それ以外にも、アスペクト比、初期たわみの大きさ、材料特性が断面区分に及ぼす影響について検討を行う予定である。最終的に、それらの影響を考慮した断面区分条件式の確立を行いたいと考えている。

参考文献

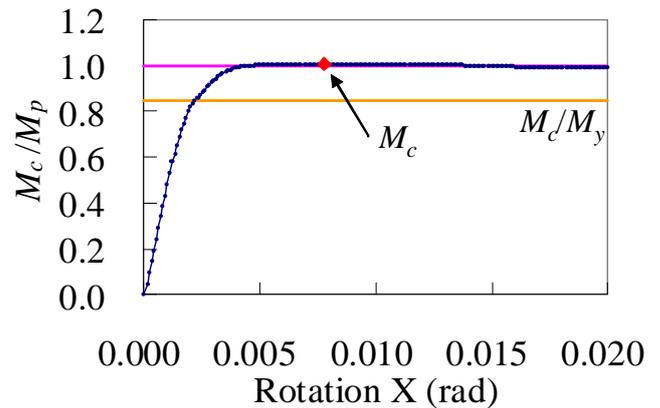
- 1) 道路橋示方書・同解説：(社)日本道路協会,平成14年3月
- 2) AASHTO: LRFD Bridge Design Specifications, SI Units, Third Edition, 2004
- 3) European Committee for Standardization (CEN): Eurocode 3, Design of steel structures, prEN 1993-1-1, 2003
- 4) MSC. Marc 2000 Japanese manual, Volume A-E: MSC. Software Corporation, 2000
- 5) 鋼橋の耐震設計指針案と耐震設計のための新技術：土木学会鋼構造委員会 鋼構造新技術小委員会, 1996

表-1 解析結果の一例

$D_c / t_w \sqrt{F/E}$	1.0
t_w (mm)	59.5
$b_f / t_f \sqrt{F/E}$	0.6
t_f (mm)	66.1
耐荷力 M_c (kN・m)	104000
M_c / M_p	1.01
M_c / M_y	1.20
断面区分判定	コンパクト



(i) 座屈形状



(ii) モーメントと回転角の関係

図-5 解析結果の一例

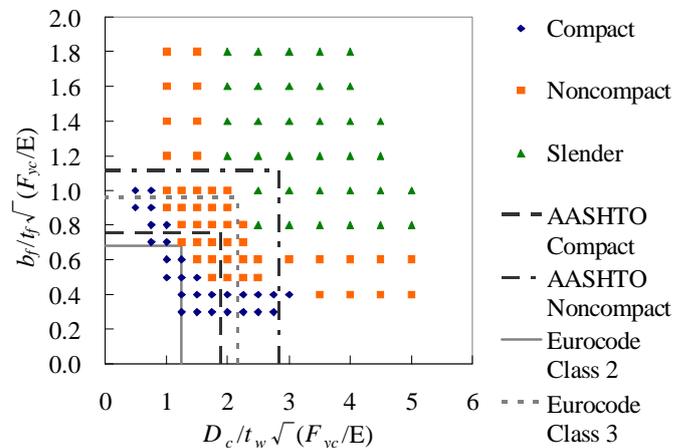


図-6 SM490 の解析結果の断面区分判定