

初期不整が鈑桁腹板パネルのせん断座屈耐荷力に及ぼす影響

日立造船 正会員 鮫島祐介 武蔵工業大学 フェロー 増田陳紀
武蔵工業大学 学生会員 ○大林晴章

1. はじめに

近年、我が国では本格的な高齢化社会の到来を控え、また、厳しい経済環境に伴い持続可能な社会構築が重要な政策課題となり、社会基盤施設の建設・維持管理における経費（ライフサイクルコスト）の低減化が強く要求されている。このような状況下で、平成6年12月に「公共工事の建設費縮減に関する行動計画」が発表されて以来、例えば、ガイドライン型橋梁や少数主桁橋梁などの合理化桁・橋梁が注目されている。しかしながら、大幅な経費削減のためには抜本的な解決策を考究することも大事だが、一つ一つの技術課題について改めて見直すことも必要である。そこで、本研究ではプレートガーダー腹板パネルの製作精度、具体的には腹板の平面度（初期たわみ）、および残留応力に着目してこの問題を考察した。

本検討では、せん断力を支配的に受ける桁端部に着目し、道路橋示方書¹⁾の初期たわみ規定（桁高の1/250）を緩和した場合の耐荷力低下の度合いを把握するため、最大初期たわみ量、および最大残留応力の大きさを変化させ数値解析的にパラメトリックに検討を行った。

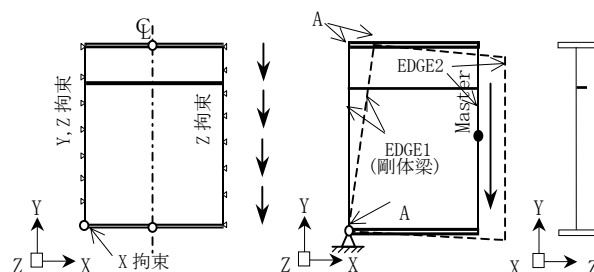
2. 解析モデルおよび境界条件

モデル橋梁は橋長約100m、支間36m程度の三径間連続非合成I桁プレートガーダー橋を想定し、道路橋示方書に準じて設計を行い解析対象の断面を決定した。解析の対象区間はせん断力を支配的に受ける桁端部とし、上下フランジおよび垂直補剛材で囲まれた部分1パネルを抽出して解析を行った。また、垂直補剛材間隔は1.5mとし、水平補剛材は圧縮フランジ側から20%の位置に一段配置した。

既往の研究の多くでは、荷重条件としてせん断力を想定した場合では、その境界条件は周辺単純支持、および荷重条件は純せん断として検討される場合が多い。しかしながら、実橋の桁端部ではその境界条件はフランジ、および補剛材効果により周辺単純支持とはならず、また、荷重条件は純せん断とはならず、少なからず曲げの影響を受ける。そこで本研究では新たに図-1に示すモデルを提案し検討を行った。

解析は汎用FEM解析コードDIANAを使用し、複合非線形解析を行った。使用した要素は1要素4節点曲面シェル要素であり、要素はTotal Lagrangeによって定式化されている。降伏判定はvon-Misesの降伏条件を用いた。解析対象とした鋼材はSM490Y(353Mpa)とし、応力-ひずみ関係は降伏後の勾配を $E/100$ (E :弾性係数)としたバイリニア移動硬化モデルとした。

初期たわみ形状は図-2に示すような非線形座屈波形²⁾とし、最大初期たわみの大きさを桁高の1/300~1/50の6通りとした。また、残留応力分布²⁾は最大残留応力の大きさは降伏応力に対して、100%, 80%, 50%, および0%の4通り変化させ検討を行った。



Model-A

破線(-----):変形後の形状 ↓:荷重(強制変位)載荷
EDGE2:X方向に一樣変位

図-1 荷重載荷方法および拘束条件

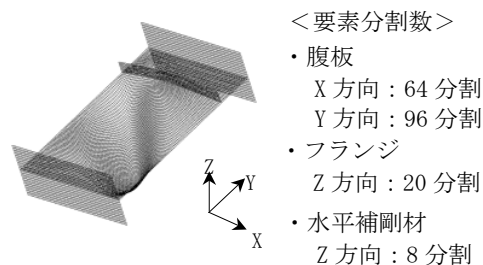


図-2 桁端部モデルの初期たわみ形状

Key Words : 垂直補剛材間隔, 初期たわみ, 座屈耐荷力

〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 武蔵工業大学 都市基盤工学科 先端構造工学研究室 Tel : 03-3703-3111(内線 3264)

3. 検討結果および考察

初期たわみの大きさをパラメータとして、考慮する残留応力の大きさを $0.0\sigma_Y$ 、および $1.0\sigma_Y$ とした場合の荷重 - 変位関係を図-3 に示す。図の縦軸は無次元化せん断力、横軸は無次元化最大たわみである。

残留応力を考慮しない場合の結果を図-3(a)に示す。初期状態（荷重載荷前の初期たわみを導入した状態）と比較して、最大耐荷力時の付加たわみの増加量を見ると、道路橋示方書で規定されている $h/250$ のケースでは約 2.33cm、耐荷力が最も低くなった $h/50$ のケースでは 0.86cm であり、曲げを支配的に受ける場合²⁾と比較すると大きな値となったが、最大耐荷力時の付加たわみは考慮する初期たわみが大きくなるにつれてその増加量は小さくなった。また、最大耐荷力後を見ても付加たわみが増加しても耐荷力は殆ど低下せず、初期たわみの大きさには関わらず無次元化せん断力 $S/S_Y = 0.7$ 程度に収束する挙動を示した。

同様に、図-3(b)は最大残留応力を $1.0\sigma_Y$ とした場合の結果である。初期状態と比較して、最大耐荷力時の付加たわみの増加量を見ると、 $h/250$ のケースで 2.70cm であり、図(a)に示すケースと同様に、初期たわみが大きくなるにつれ最大耐荷力時の付加たわみの大きさは小さくなった。また、最大耐荷力後の荷重-変位関係の挙動は図(a)に示すケースと同様に、無次元化せん断力 $S/S_Y = 0.7$ 程度に収束する挙動を示した。

次に、図-4 に初期不整を考慮した耐荷力曲線を示す。これより、残留応力の大きさには関わらず全てのケースで初期たわみが大きくなるに連れて耐荷力が徐々に低下した。しかし、初期たわみの大きさが大きくなることによる耐荷力の低下の度合いは、考慮する残留応力が大きいほど小さくなった。

残留応力を考慮しない場合と残留応力を最大で $1.0\sigma_Y$ 考慮した場合を比較すると、 $h/250$ のケースでは 0.1%程度の耐荷力の違いしか生じていないのに対して、 $h/50$ のケースでは 2.7%程度の違いが生じ、考慮した残留応力が小さいほど初期たわみの大きさの影響を顕著に受けた。

4. まとめ

以上の検討結果より、現行の道路橋示方書の規定は完全系に対して約 3%の耐荷力低下を許容している。また、今回の検討ケースにおいて、道路橋示方書で規定されている $h/250$ の場合と $h/150$ の場合の座屈耐荷力を比較すると、その低下率は 1%以下であった。これより、せん断力を支配的に受ける桁端部を想定した本研究の検討範囲では現行道路橋示方書の規定を $h/150$ まで緩和しても耐荷力の低下は高々 1%程度であるといえる。

また、残留応力が耐荷力に対して不利に働かなかったメカニズムなどは今後の検討課題であり、境界条件・荷重条件などが変化した場合も今後更に詳細な検討を行う必要がある。

謝辞：本研究は、鋼橋技術研究会設計部会の WG 活動の一環として行ったものである。有益なご助言を頂いた、(株)サクラダ 望月清彦様、(株)巴コーポレーション 和地輝雄様、および日本電子計算(株) 松田宏様に謝意を表する次第である。

【参考文献】 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説Ⅱ鋼橋編，丸善，2002。；2) 鮫島祐介，望月清彦，松田宏，和地輝雄，増田陳紀：垂直補剛材間隔およびフランジのねじり剛性を考慮したプレートガーダー橋腹板の曲げ座屈耐荷力に及ぼす初期不整の影響，構造工学論文集，2003。

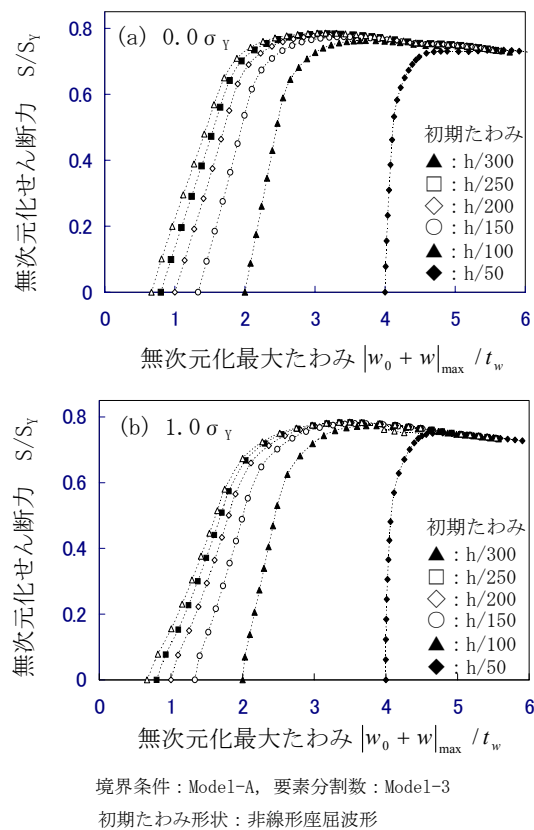


図-3 初期不整を考慮した荷重-変位関係

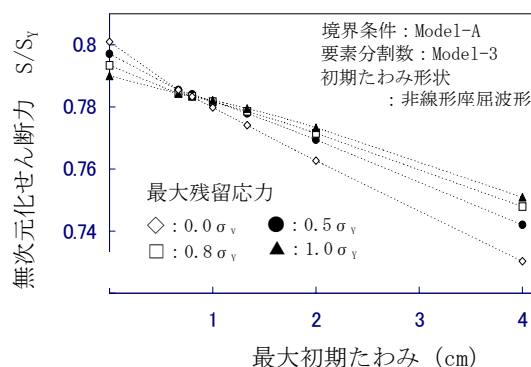


図-4 初期不整がせん断座屈耐荷力に及ぼす影響