

複合荷重下におけるプレートガーダー橋腹板の座屈耐荷力に及ぼす製作精度の影響

武蔵工業大学大学院 学生会員 小池 祐輔
 トピー工業(株) 正会員 大林 晴章
 武蔵工業大学 フェロー会員 増田 陳紀

1. はじめに

鋳桁の製作に当たって、道路橋示方書・同解説¹⁾では桁の腹板の平面度に関する許容誤差は腹板高の 1/250 を満足する水準でなければならないと定めている。しかしこの基準は製作実績から定められたものとはいえ力学的根拠が不明確であり、また諸外国の規定と比較しても厳しいものとなっている。本報告者らはこの規定を定める主要な要因は、腹板パネルの初期不整が耐荷力に及ぼす影響であると考え、桁中央部の曲げを受ける場合および桁端のせん断を受ける場合について検討を行ってきた^{2) 3)}。本研究では、中間支点部を対象に、曲げとせん断の複合荷重下での耐荷力に及ぼす製作精度の影響を数値解析により考察した。

2. 解析対象・解析条件および検討したパラメータの範囲

代表的な諸元を有する中央径間 30m の 3 径間連続非合成鋳桁橋を対象とし^{2) 3)}、せん断と曲げの複合荷重が支配的となる中間支点部に着目する。解析モデル及び諸条件を図 1 に示す。中間支点部とその両側の 2 パネルを取り出し、実際の設計荷重条件を想定した複合荷重を載荷する。剛体梁とパネルとの接合は接合部の軸方向ひずみが直線的になるよう剛体棒を配し、さらに、パネルと剛体棒の接合部に発生する応力の乱れの影響を取り除くために、着目パネルの両側にさらに 1/4 パネルずつを設けた。解析には汎用 FEM 解析コード DIANA を使用し、文献 2),3)と同様の非線形解析を行った。要素は 1 要素 4 節点 1 節点 5 自由度のシェル要素 (Q20SH) であり、降伏判定は von-Mises の降伏条件を用いた。なお、本検討では桁高方向を Y 軸、橋軸方向を X 軸、XY 面と直交する方向を Z 軸 (面外方向) とする。荷重は、パネルの両サイドの桁高の 1/2 の位置に配置した、剛体梁の先端部に鉛直方向強制変位を与えることによって載荷する。水平補剛材は圧縮側フランジから 20% の位置に 1 段配置とした。垂直補剛材は 2 パネル両端では腹板の片面、中間支点部では両面に配置した。

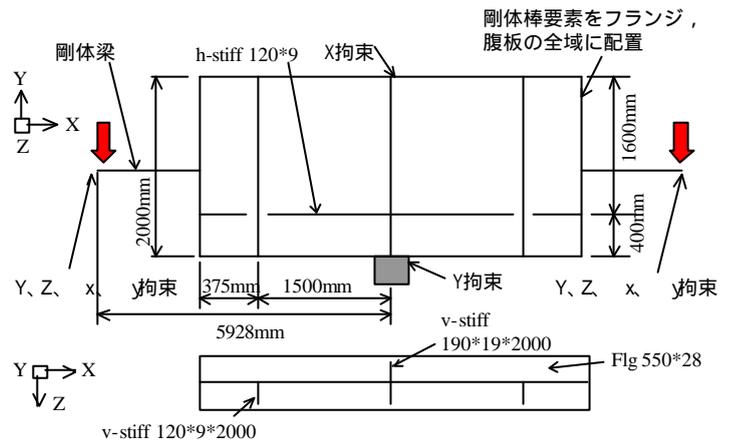


図 1 中間支点部の解析モデルおよび諸寸法

拘束条件として、中間支点部位置では Y 方向変位，支点上垂直補剛材上端は X 方向変位，剛体ばりの先端は Z 方向変位を拘束した。また，載荷点では 方向変位および X・Y 軸周りの回転を拘束した。曲げとせん断の比率は想定した実橋と同様に無次元化値で 2:1 とし，耐荷力の低下の度合いの評価は曲げによって行った。初期不整として，初期たわみ形状には非線形座屈波形（初期不整を導入せずに耐荷力解析を行った際の最大耐荷力時の面外方向変形形状）を用いた。最大初期たわみは，桁高の 1/250, 1/150, 1/100, 1/50 および 1/ の 5 通りを検討した 図 2 に導入した残留応力分布形状を示す。

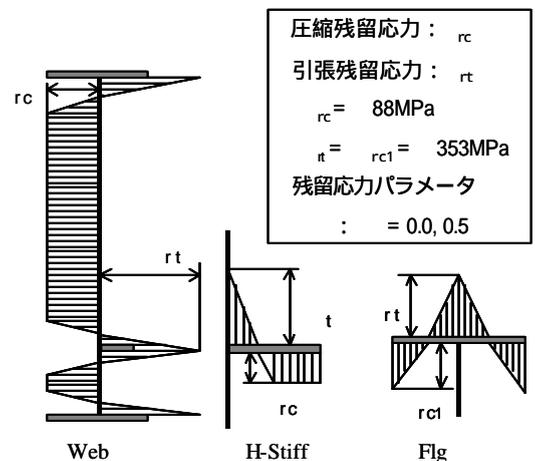


図 2 導入残留応力分布

Key words : 初期たわみ, 残留応力, 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 03-3707-3111(内線 3265)

残留応力は腹板とフランジおよび水平補剛材との溶接部において最大として、橋軸方向の残留応力のみを考慮し、板厚方向には一定であると仮定した。純曲げ²⁾および桁端せん断³⁾の場合の検討結果に基づいて最大残留応力値は降伏応力(353MPa)に対して 0, 0.5 倍の 2 通りについて検討した。

3. 解析結果

図3に無次元化した曲げモーメント-最大たわみ関係を示す。縦軸に無次元化モーメント、横軸に板厚で無次元化した最大たわみ量をとる。初期たわみが大きくなるにつれて、初期たわみ量から最大耐荷力時の最大たわみ量までの付加たわみ量が若干小さくなる。残留応力を考慮している場合と残留応力無しの場合についての最大初期たわみと耐荷力との関係を図4に示す。縦軸に無次元化曲げモーメント、横軸に最大初期たわみをとっている。最大耐荷力は初期たわみの大きさが大きくなると徐々に低下することがわかる。各々の初期たわみに対する最大耐荷力値とその低下率を表1に示す。残留応力を考慮しないケースでは、道路橋示方書の規定である h/250 からの低下率を見ると h/150 では 1.4%程度となり、本検討の範囲内で最大初期たわみが最も大きい h/50 では 7%程度となっている。よって、メッキ桁で許容されている最大初期たわみ量 h/150 でも初期たわみの耐荷力の低下に及ぼす影響は 1%強程度であることが分かる。残留応力を考慮したケースでは h/250 からの低下率は h/150 では 1%程度、h/100 では 3%程度、h/50 では 6%程度となった。

図4に示すように残留応力を考慮している方が耐荷力は小さくなっている。残留応力の有無に関わらず初期たわみが大きくなると耐荷力は徐々に低下している。初期たわみが大きくなると残留応力を考慮している場合でも残留応力の影響が小さくなり、残留応力無しの場合と比較すると耐荷力の差が小さくなっていることが分かる。残留応力を考慮している場合と考慮していない場合とでは耐荷力の低下率は全ての初期たわみで 1%程度となっており、残留応力の影響は小さいことが分かる。

4. おわりに

本研究ではプレートガーダーの中間支点部において、初期不整と座屈耐荷力との関係を検討し、製作精度が複合荷重下での座屈耐荷力の低下に及ぼす影響を定量的に明らかにした。なお、文献2), 3)の結果と併せて、少なくとも代表的な諸元を有する中央径間 30m程度の鉸桁橋においては、桁高の 1/150 程度の平面度まで要求製作精度を緩和しても、現行の安全率の下での耐荷力に関する要求性能を満たすことを確認している。

【参考文献】

- 1) 社団法人 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 鋼橋編，丸善，2002.3
- 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影響，構造工学論文集，Vol.49A, pp.81-91, 2003.3
- 3) 大林晴章，増田陳紀，鮫島祐介：初期不整が鉸桁腹板パネルのせん断座屈耐荷力に及ぼす影響，第58回土木学会年次学術講演概要集，I-594, 2003.10

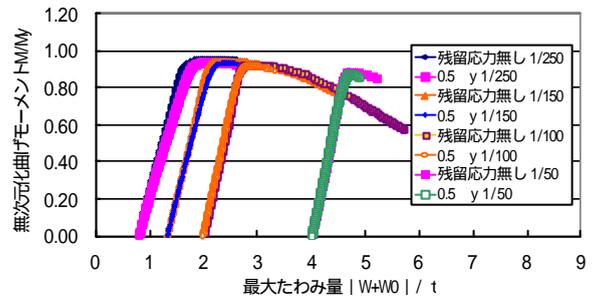


図3 残留応力の有無による荷重-たわみ関係の比較

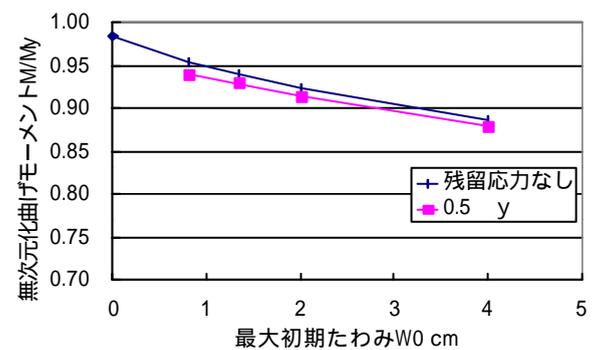


図4 最大初期たわみと耐荷力の関係

表1 最大耐荷力とその低下率 (初期不整無しの場合を基準として)

残留応力無し					
	0	1/250	1/150	1/100	1/50
値	0.985	0.955	0.941	0.924	0.886
差		0.030	0.044	0.061	0.098
低下率		0.030	0.044	0.062	0.100

残留応力を50%考慮					
	0	1/250	1/150	1/100	1/50
値		0.941	0.929	0.914	0.879
差		0.044	0.055	0.071	0.106
低下率		0.045	0.056	0.072	0.108