

せん断力を受けるプレートガーダー腹板の耐荷力に及ぼす初期不整の影響

武蔵工業大学 学生会員 川村 奏 日本電子計算 正会員 松田 宏
 武蔵工業大学 フェロー 増田 陳紀 サクラダ 望月 清彦
 バコーポレーション 和地 輝雄 武蔵工業大学 正会員 白旗 弘実

1. はじめに

鋼道路橋に採用されているプレートガーダーは架設後に防錆のための塗装を行う必要があるが、定期的なメンテナンスは時間、経費、手数の観点から経済的でない。この問題に対して架設後作業の省力化を目的として、現在では架設後ほぼメンテナンスフリーとなる亜鉛メッキ桁が使用されている。溶融亜鉛メッキは経済性確保という点で有利となるが、亜鉛メッキを施す際に桁が高熱状態となるため、桁には不可避免的に大きな変形（初期たわみ）が発生する可能性がある。プレートガーダーの崩壊形式には、桁中央部付近の曲げによる崩壊、桁端部付近のせん断による崩壊、中間支点付近の複合荷重による崩壊がある。これらの崩壊形式に対する耐荷力に関して Basler や Rockey らによる先駆的な研究があるが、腹板の初期たわみ、溶接による残留応力は考慮されていない。プレートガーダー製作の際の初期たわみに関して、道路橋示方書では腹板の初期たわみは腹板高の $1/250$ 以下でなければならない¹⁾と規定しているが、この値には明確な根拠が見られない。本研究では、せん断力が支配的に作用する桁端部付近の、上下フランジと鉛直補剛材で囲まれる1パネルを対象とし、示方書の規定値より大きな初期たわみを導入した場合、初期不整(初期たわみ、残留応力)がパネルの耐荷力にどの程度影響を与えるか数値解析的に検討する。

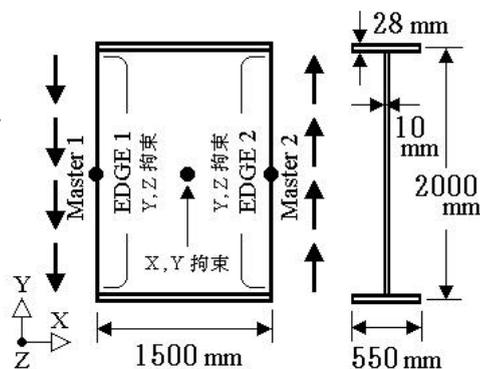
2. 解析対象と初期不整について

解析対象となるモデルは図-1に示すような鋼製のパネルであり、鋼材は SM490Y (降伏応力 $\sigma_y = 3600 \text{ kgf/cm}^2$) とする。鋼材の応力-ひずみ関係は2次勾配 $E/100$ (E は弾性係数) のバイリニアとし、硬化則は移動硬化則とした。また、降伏の判定には von-Mises の降伏条件を用いた。要素は曲面シェル要素とし、要素分割数は腹板部で1536要素(桁高方向48分割, 橋軸方向32分割), フランジも含めた1パネル全体では2176要素である。せん断力は図-1のようにパネルの両端部に強制変位を与えることにより載荷した。

図-2, 図-3は、それぞれ腹板部, フランジ部における溶接線方向の残留応力の分布であるが、分布形状は溶接I型断面の典型的なものとし、自己平衡を保つように設定した。本研究では、残留応力を無視した場合と、3種類の残留応力(残留応力の最大値が降伏応力 σ_y の50%, 80%, 100%となるような残留応力分布)を考慮する。初期たわみ形状は、腹板中央部で最大となるような正弦1半波形として腹板部に導入し、初期たわみの大きさは6種類(最大初期たわみが腹板高の $1/300, 1/250, 1/200, 1/150, 1/100$,

キーワード: 残留応力, 初期たわみ, 耐荷力

〒158-8557 世田谷区玉堤 1-28-1 武蔵工業大学土木工学科構造工学研究室 TEL 03(3703)3111(内線 3264)



EDGE1, EDGE2のX軸方向変位は、それぞれ Master1, Master2のX軸方向変位に従属させる。

図-1 解析対象のモデル

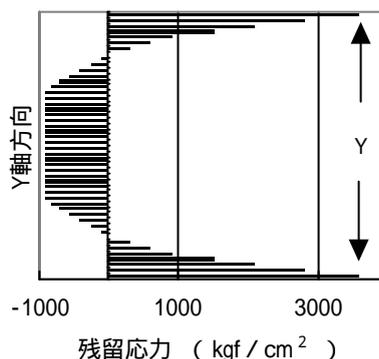


図-2 腹板部の残留応力分布 (残留応力 100%)

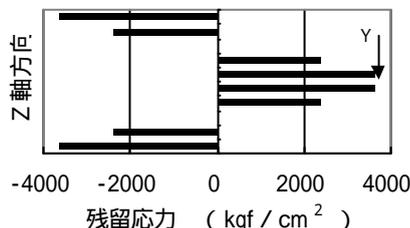


図-3 フランジ部の残留応力分布 (残留応力 100%)

1/50 となるような正弦 1 半波形の初期たわみ) について考慮する。数値解析は汎用解析コード DIANA を用いて、有限要素法による複合非線形解析を行う。

3. 数値解析結果

解析結果として、作用せん断力 S と腹板のたわみ W_0+W (W_0 は初期たわみ) の最大値との関係を示す。作用せん断力は降伏せん断力 S_Y によって、最大たわみ量は腹板厚 t_w によってそれぞれ除すことにより無次元化した。最大無次元化せん断力を耐荷力とする。耐荷力に与える初期不整の影響は初期たわみ $h/250$ (道路橋示方書規定値) 導入時の耐荷力に対する、各初期たわみ導入時の耐荷力の低下率で表現する。図-4 は残留応力を考慮しない場合の無次元化せん断力と最大たわみ量の関係を表したものである。導入する初期たわみが $h/300$ から $h/100$ までは、耐荷力の低下率は最大でも 1.1% 程度であり、導入する初期たわみが $h/50$ になると耐荷力の低下率は 6.3% となった。図-5 は残留応力 100% を導入した場合の無次元化せん断力と最大たわみ量の関係である。初期たわみ $h/150$, $h/100$, $h/50$ に関して計算が収束しなかったため、残留応力 100% の場合には各初期たわみの形状を座屈波形として計算した。初期たわみ $h/300$ から $h/100$ までは、耐荷力の低下率は最大でも 1.5% 程度であり、初期たわみが $h/50$ になると耐荷力の低下率は 8.1% となった。

4. まとめ

以上の結果をまとめて、図-6 に残留応力 50%, 80%, 100% を導入した場合の最大耐荷力 ~ 最大初期たわみ量関係を示す。図-6 によると、残留応力 80%, 100% を導入した場合の耐荷力は、初期たわみが小さいときには残留応力を考慮しない場合の耐荷力よりも大きい値となっている。残留応力を導入しない場合、パネルがせん断力を受けると腹板部には張力場が形成されて崩壊に至るが、残留応力を導入する場合、腹板部には圧縮応力となる残留応力が導入され、この圧縮応力がパネルを崩壊させる張力を緩和することによって、耐荷力が大きくなると考えられる。

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われたものです。記して関係者の方々の御協力に謝意を表します。

【参考文献】

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 鋼橋編，丸善，1996.12.，pp.412-419

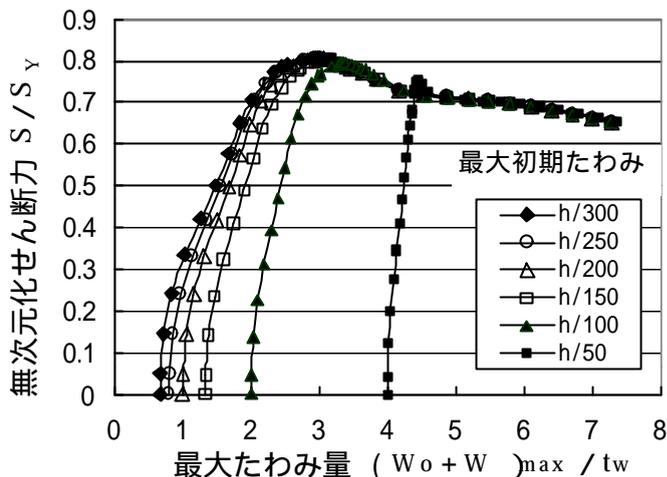


図-4 残留応力を無視した場合の無次元化せん断力 ~ 最大たわみ量の関係

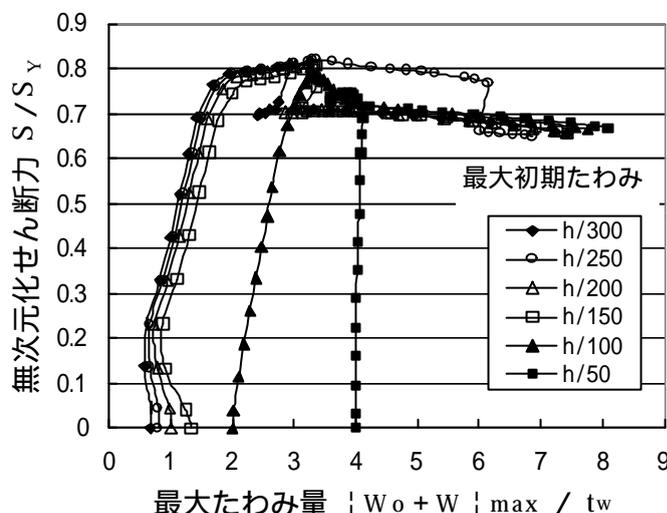


図-5 残留応力 100% を導入した場合の無次元化せん断力 ~ 最大たわみ量の関係

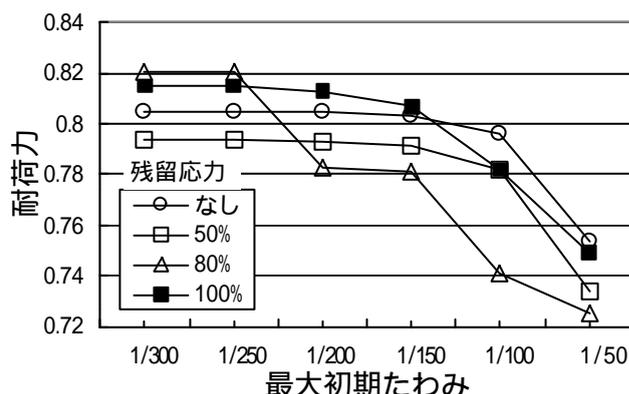


図-6 最大耐荷力 ~ 最大初期たわみの関係