

SBHS500 の溶接残留応力の計測と自由突出板の耐荷力解析

長岡技術科学大学 正会員 ○宮下 剛
長岡技術科学大学 学生会員 衣川 扶

1. はじめに

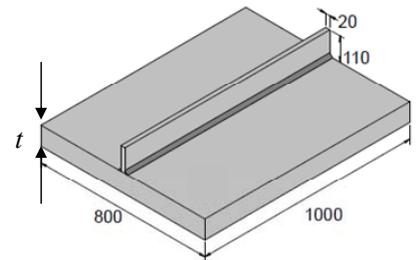
現行の道路橋示方書（以下、道示）の耐荷力曲線は、1980年の改訂において制定されたものである。その根拠となった実験データは1970年代以前のものであり、その後、鋼材の使用環境は大きく変化した。まず、1996年には耐候性鋼を除く鋼材の適用板厚の上限が50mmから100mmに変更された。しかし、1980年に耐荷力曲線を決定するために参照された実験データは、主に板厚22mm以下の結果であり、現在使用されている厚板の影響が反映されていない。さらに、2008年には橋梁用高性能鋼SBHSがJIS化されたが、これらの局部座屈強度に及ぼす影響も十分に検討されていない¹⁾。

文献2)では、厚鋼板の溶接残留応力が鋼桁の強度に与える影響について検討された。しかし、対象とした鋼I桁橋フランジの鋼種はSM520、自由突出板の板厚は50mmと88mmであり、幅厚比パラメータはそれぞれ0.51と0.33である。つまり、限定された情報しか得られていない。また、新たな鋼材であるSBHSの溶接残留応力計測についても、現状では疲労耐久性を検討する目的で行われており、得られている残留応力は溶接近傍の鋼材表面の局部的なものである³⁾。

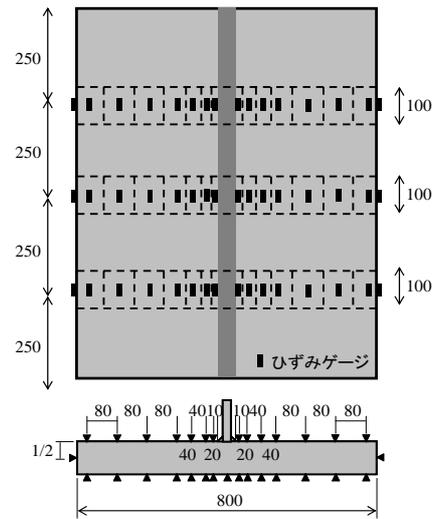
そこで、本研究では、はじめに、SBHSの溶接残留応力分布の把握に向けて、SBHS500を使用した溶接継手試験体を製作して溶接残留応力分布を計測する。次いで、得られた残留応力分布から有限要素解析に導入しやすい残留応力分布モデルを作成する。そして、この残留応力分布が自由突出板の耐荷力に対して与える影響を検討する。

2. 残留応力計測

試験体は図1に示す文献2)と同種のものとした。試験体の諸量を表1に示す。ここでは、フランジの板厚 t のみを変化させており、それぞれの試験体を一つずつ製作した。残留応力の計測は機械式切断による応力解放法で実施した。具体的には、図1に示す計測位置にゲージ長3mmの一般用一軸ひずみゲージを貼り付け、試験体を切断した際に解放されたひずみと逆符号のひずみが試験体に残留していたものとして、これに鋼材のヤング率(=200GPa)を乗じて残留応力とする。



(a) 寸法 (単位 mm)



(b) ひずみゲージ貼付位置
図1 試験体

表1 試験体諸量

フランジ	板厚 t	mm	20	50	70
	鋼種	—	SBHS500		
	降伏点* σ_y	MPa	538	568	537
	幅厚比パラメータ R	—	1.63	0.67	0.47
ウェブ	板厚	mm	20		
	高さ	mm	20		
	鋼種	—	SBHS500		
	降伏点*	MPa	538		
溶接脚長		mm	7	10	12

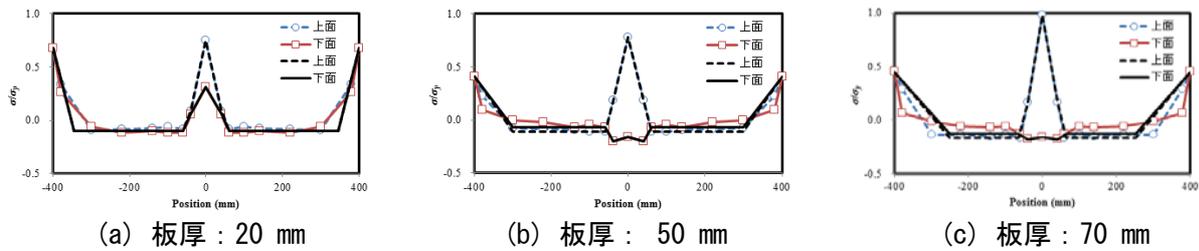


図2 残留応力分布のモデル化

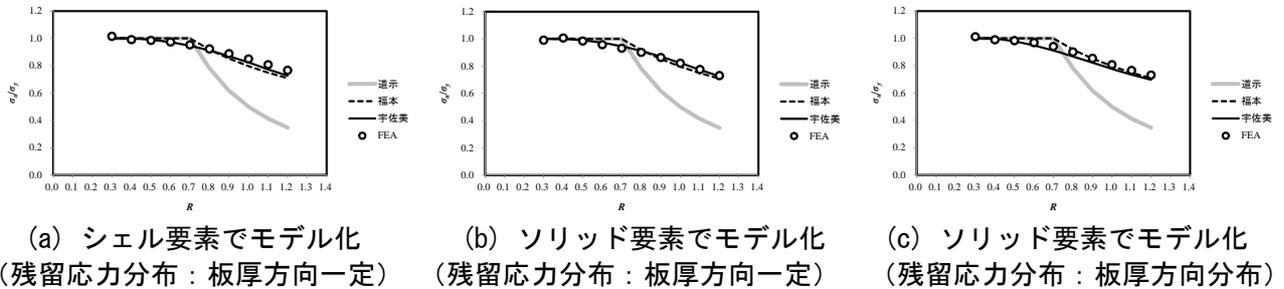


図3 自由突出板の耐力解析結果 (板厚: 50 mm, 図中の福本式と宇佐美式は文献4), 5)

図2に、計測結果と断面内の三次元的な自己釣り合い²⁾を考慮した残留応力分布のモデルを示す。同図から板厚が50 mmと70 mmの試験体では、ウェブ直下(原点)における上下面の応力の正負が異なり、下面で圧縮応力となっている。これは既往の結果²⁾と同様の傾向である。

3. 自由突出板の耐力解析

板厚方向に分布する残留応力を考慮して鋼部材の耐力解析を実施するためにはソリッド要素を用いる必要がある。まず、(1) シェル要素を用いた耐力解析を実施し、既往の耐力曲線との比較を通じてソリッド要素を用いる解析の参照とする。次いで、(2) ソリッド要素を用いた耐力解析を実施して板厚方向の残留応力分布が耐力に与える影響を見る。鋼材の構成式は折れ線モデル¹⁾とした。また、载荷などに伴うソリッド要素の局部変形を防止するために、弾性体としたシェル要素の鋼板を境界条件と载荷を与える面に節点共有で設置した。初期たわみ、境界条件、载荷方法などは文献1)に従う。図3に耐力解析結果をフランジ厚が50 mmの場合について示す。残留応力分布を板厚方向に一定とした図(a)と(b)の結果を比較して、弾性体シェル要素の板厚を3 mmと決めた。次に、残留応力分布を図2(b)として耐力解析を実施したところ図3(c)を得た。図3(b)と図3(c)を比較すると、板厚方向の残留溶接残留応力分布は、自由突出板の耐力に対して影響を与えないことが分かる。これは、残留応力が板厚方向に大きく変化するのはウェブがフランジに取り付く、引張残留応力が卓越する部分であり、固定度が大きい。また、ウェブが取り付く部分からフランジ両端の間で見られる圧縮残留応力の大きさはフランジの上下面で相違が見られないためと考えられる。

4. まとめ

本研究では、SBHSの溶接残留応力分布の把握に向けて、SBHS500を使用した溶接継手試験体を製作し、機械式切断法により溶接残留応力分布を計測した。次いで、得られた残留応力分布を用いて、板厚方向の残留応力分布が自由突出板の耐力に対して与える影響について検討した。その結果、今後のさらなるデータの蓄積は必要であるものの、厚板で見られる板厚方向の残留溶接残留応力分布は、自由突出板の耐力に対して影響を与えないことが確認された。

謝辞: 本研究は(一社)日本鋼構造協会の鋼橋の合理化構造・耐久性向上研究委員会、合理化構造・設計法部会の活動の一環で実施しました。ここに記して関係各位に謝意を表します。

参考文献 1) 小室ら: 初期たわみと残留応力の統計データを用いた自由突出板の限界強度に関する数値解析的検討, 構造工学論文集A, Vol.60, pp.80-93, 2014. 2) 宮下ら: 極厚フランジを有する鋼桁の終局耐力に対する溶接残留応力の影響, 土木学会論文集A1(構造・地震工学), Vol.68, No.2, pp.465-480, 2012. 3) 日本鋼構造協会: 溶接継手の新たな疲労強度等級分類のための技術資料, テクニカルレポートNo.99, 2013. 4) 福本: 鋼骨組構造物の極限強度の統一評価に関する総合的研究, 平成元年度科学研究費(総合研究A)成果報告書, 1990. 5) 宇佐美ら: 薄板集成短柱の強度推定法, 構造工学論文集, Vol. 42A, pp. 171-178, 1996.