

I-A 42 ステンレスクラッド鋼板の座屈耐荷力

新日本技研 正会員 西川 貴志
 広島大学工学部 正会員 藤井 堅
 東京工業大学工学部 正会員 三木 千寿

1. まえがき

現在、鋼橋にはメンテナンスフリーの追求が望まれている。ここでは、腐食対策として耐食性に優れたステンレスクラッド鋼の橋梁への適用を考え、ステンレスクラッド鋼製造時に発生する残留応力が座屈耐荷力に及ぼす影響について調べた。

2. ステンレスクラッド鋼の材料特性と残留応力分布

母材が軟鋼 (SS400)、合せ材がステンレス鋼 (SUS316L) である2層の熱間圧延により製造されたステンレスクラッド鋼について引張試験および残留応力測定を行った。用いた試験体は合せ材の厚さを2mmと一定にし、母材の厚さを4mm、7mm、13mm、18mmと変化させた計4種類である。引張試験は、JIS5号試験片を用い、クラッド鋼だけでなく母材と合せ材それぞれについても行い、弾性係数、降伏点、ポアソン比、および引張強度を調べた。その結果をTable 1に示す。また残留応力測定は逐次除去法¹⁾により行い、板厚方向の残留応力分布を求めた。この結果から、残留応力分布をFig. 1のようにモデル化し、解析に用いた。

Table 1 材料特性

		6mm	9mm	15mm	20mm
SUS	弾性係数 GPa	203	176	201	212
	降伏強度 MPa	432	366	325	480
	引張強度 MPa	732	714	653	724
STEEL	弾性係数 GPa	220	238	208	206
	降伏強度 MPa	299	308	229	269
	引張強度 MPa	430	460	412	422
CLAD	弾性係数 GPa	212	219	206	203
	降伏強度 MPa	344	322	251	292
	引張強度 MPa	535	518	439	450
	幅厚比パラメータ R	1.05	0.667	0.406	

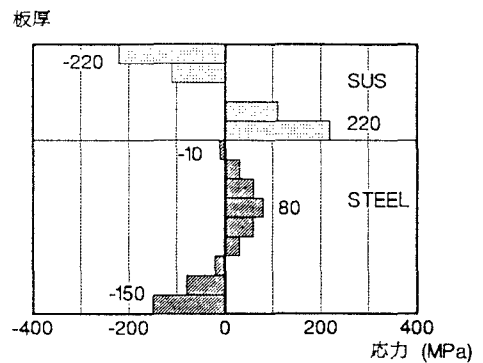


Fig. 1 モデル化した残留応力分布

3. 座屈実験と解析

座屈実験ではFig. 2に示すようなステンレスクラッド鋼板を試験体として用いた。板厚は、6mm、9mm、15mmの3種類とし、ステンレスの厚さを2mmに統一して実験を行った。長方形板の座屈耐荷力評価のパラメータとして幅厚比パラメータRがよく用いられるが、これらの試験体の幅厚比パラメータはTable 1に示すとおりである。この実験で着目したのは試験体全体でなく1パネルの座屈挙動であり、各パネ

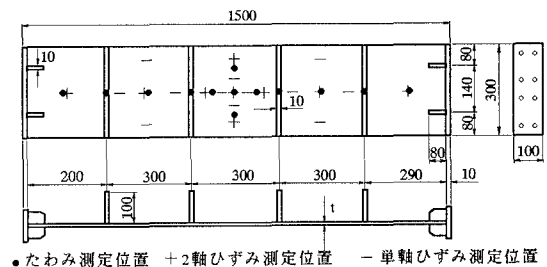


Fig. 2 試験体

ルで座屈を起こすように設計している。載荷辺は固定支持としたが、試験体の横リブ位置は単純支持とみなすことができるので、両端のパネル以外は単純支持となっている。非載荷辺は、面外方向に自由に回転できる支承ブロックをボルトによって締め付け、面外方向の変位のみを拘束する構造となっている。

また、本研究では、弾塑性有限変位プログラムを開発し、実験と比較した。用いた要素はアイソパラメトリックシェル要素²⁾であり、この要素にUp-dated Lagrangian法を適用して解析を行った。本プログラムの特徴は、要素を層分割し、それぞれについて材料定数を与えられることであり、クラッドのような複合材料であってもそれぞれの材料特性を反映した解析が可能となっている。実験との比較のため、材料特性にはTable 1の値を用い、残留応力にはなるべく実験結果を反映した分布を用いた。

板厚6mmおよび9mmの荷重－パネル中央たわみの実験結果と解析結果をFig. 3に示す。解析結果、実験結果ともに荷重が増加するに従い、たわみが非線形に増加しているが、実験結果の方がその傾向が強く、崩壊荷重付近で非常に大きなたわみとなっている。解析と実験の耐荷力が異なるのは、実験では非載荷辺で単純支持を十分に満足できなかったためと思われる。

4. 座屈耐荷力に対する残留応力の影響

板厚方向の残留応力分布が座屈耐荷力に影響するかどうかを確かめるため、Fig. 1で示した残留応力分布を考慮した場合としない場合について板厚を変化させて解析を行った。材料特性は、SS400は $E_0=205\text{GPa}$ 、 $\sigma_y=235\text{MPa}$ とし、SUS316Lについては加工硬化を考慮し、 $E_0=200\text{GPa}$ 、 $\sigma_y=300\text{MPa}$ とした。Fig. 4に一様圧縮を受ける無補剛板のいくつかの座屈耐荷力曲線³⁾を示し、実験結果および解析結果をプロットする。残留応力は座屈耐荷力に大きく影響し、残留応力を考慮しない場合に比べて10～15%耐荷力が低下していた。

5. まとめ

- ①クラッド鋼板の解析を行うために開発した弾塑性有限変位プログラムによる解析結果は、実験結果とよく一致していた。
- ②座屈解析では、板厚方向の残留応力分布は座屈耐荷力に大きく影響し、残留応力を考慮しない場合に比べて10～15%低下していた。

本研究に関し、土木学会鋼構造委員会 鋼構造新技術委員会耐久性WGのメンバーの方々からは多大な協力を得ました。深くお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 米谷：残留応力の発生と対策，(1979)pp49
- 2) WORSACK KANOK-NUKULCHAI：SIMPLE AND EFFICIENT FINITE ELEMENT FOR GENERAL SHELL ANALYSIS ,Int.J.Num.Meth.Engng,14, pp179-200 (1979)
- 3) 土木学会：座屈設計ガイドライン，第8章 板要素，pp161-191(1987)

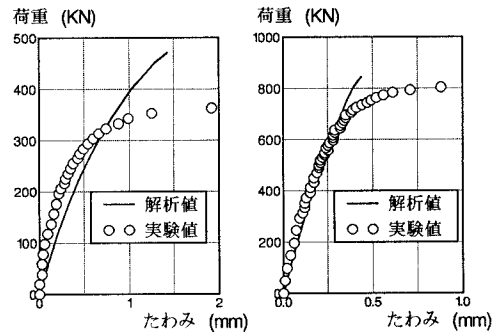


Fig. 3 荷重－たわみ関係

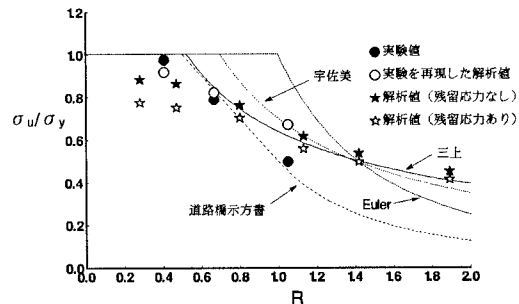


Fig. 4 耐荷力曲線