

板厚方向の残留応力分布を考慮した圧縮板の極限強度に関する研究

神戸製鋼所 正会員 ○内藤 純也
 " 仲山 公規
 " 山内 学

1. まえがき

これまで、鋼板の残留応力が座屈耐荷力に及ぼす影響については、数多くの研究がなされている。これまでの解析的な検討では、極限強度に与える影響は溶接による幅方向の残留応力分布が支配的であるものとされ、板厚方向の残留応力分布は無視できるものとして取り扱われてきた¹⁾。

近年の建設費縮減を目的とした製作の合理化によって、構造物が厚肉化する傾向にある。しかし、著者らの知る限り、厚肉化した場合の板厚方向の残留応力分布が座屈耐荷力に及ぼす影響については、検討された例がない。そこで、板厚方向の残留応力分布が座屈耐荷力に及ぼす影響を解析的に検討した。

2. 解析モデル、解析条件

解析モデルは、図 - 1 に示すように、面内に隣接パネルを有していない場合を想定し、周辺単純支持、側面は面内横変位を拘束しないものとしてモデル化した。解析には、汎用解析プログラム ABAQUS Ver5.8 を用い、4 節点 SHELL 要素 (S4) にてフルモデルとし、強制変位によって圧縮力を導入した。

初期たわみは、式 (1) で表される座屈横たわみ波形に類似した関数で $\overline{W}_0/t = 0.2$ とした。

$$W_0 = \overline{W}_0 \cdot \cos \frac{p}{a} X \cdot \sin \frac{p}{b} Y \quad (1)$$

W_0 : 板パネルの初期たわみ (X, Y の関係),

$\overline{W}_0$: 板中央点での初期たわみ, a : 板の長さ, b : 板幅

板厚方向の残留応力分布については実測結果がないため、図 - 2 に示すように表面を -10 kgf/mm^2 と仮定して放物線分布とした。また、板側面に溶接を仮定した溶接の残留応力分布を考慮したモデルも作成し、以下の 4 ケースについて、幅厚比を $R=0.5, 0.7, 1.3$ と変化させて解析を行った。

CASE1 残留応力なし,

CASE2 板厚方向の分布あり

CASE3 溶接の残留応力あり

CASE4 板厚方向の分布 + 溶接の残留応力

図 - 3 に CASE4 の幅方向の残留応力分布を示す。溶接を仮定

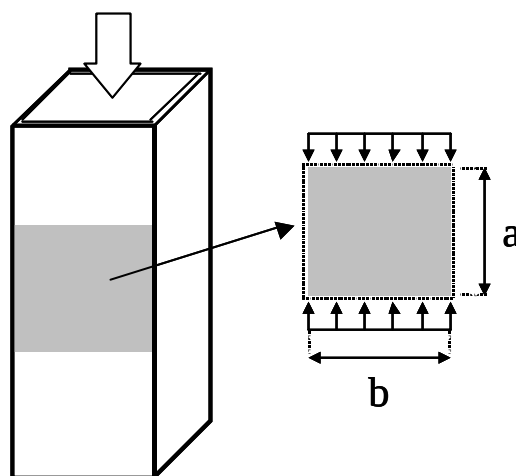


図 - 1 圧縮板の解析モデル

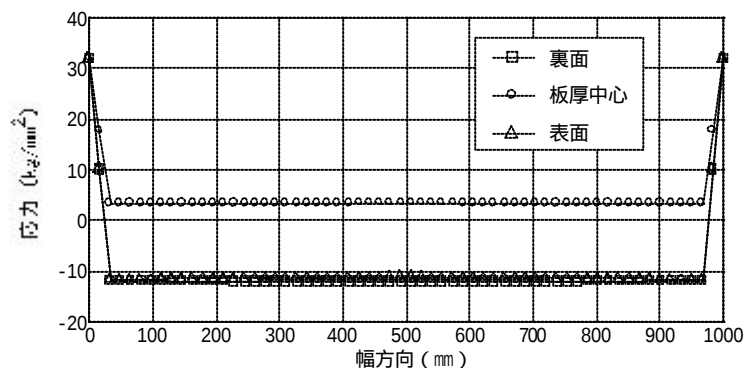


図 - 3 CASE4 の幅方向の残留応力分布

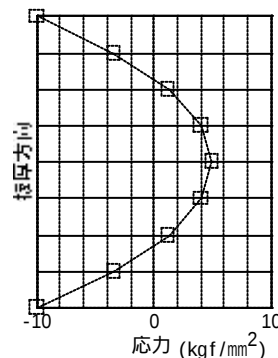


図 - 2 板厚方向の残留応力

キーワード：残留応力，無補剛板，座屈耐荷力

〒651-2271 神戸市西区高塚台 1-5-5, phone 078-992-5641, fax 078-993-2056

した板端部には、降伏応力 σ_y の引張りの残留応力とした。材料については、降伏応力 $\sigma_y = 32 \text{ kgf/mm}^2$ (SM490Y) とし、完全弾塑性体とした。

3. 解析結果

図 - 4 に $R=1.3$ と $R=0.7$ の場合の平均圧縮応力度と中央たわみの関係を図 - 5 に CASE1-R1.3 の場合の極限強度における変形図を示す。表 - 1 に幅厚比 $R=0.5, 0.7, 1.3$ と変化させたときの極限強度 σ_u / σ_y の比較を示す。板厚方向の残留応力分布による影響に着目して極限強度を比較すると、溶接の残留応力を考慮しない CASE1 と CASE2 の比較で最大 4.1% ($R=1.3$ のとき)、溶接の残留応力分布を考慮した CASE3 と CASE4 を比較で最大 3.2% ($R=1.3$) 極限強度が低下する。幅厚比を $R=0.7, 0.5$ と小さくした場合、板厚方向の残留応力分布による極限強度の低下は、溶接の残留応力を考慮しない場合に 2.8% ($R=0.7$)、1.0% ($R=0.5$)、溶接の残留応力を考慮した場合に 2.1% ($R=0.7$)、0.4% ($R=0.5$) となり、板厚方向の残留応力による影響は小さくなる。この傾向は、幅厚比が小さくなると溶接による幅方向の残留応力分布が極限強度に及ぼす影響が小さくなる傾向と一致している。

4. まとめ

既往の実験的な研究によって、無補剛圧縮板の残留応力の存在による極限強度の低下は最大 12% 程度であることが実験的に確認されている²⁾。これらの実験は、溶接したままの板と残留応力を完全除去した板との比較であり、圧延時も含むすべての残留応力が考慮された結果である。しかし、圧縮板の実験では、試験機の性能によって制限されるため、板厚が 10mm 以下のものがほとんどであり、板厚方向の残留応力分布は僅少であると考えられる。

厚肉化しさらに幅厚比の大きいような構造に対しては、板厚方向の残留応力分布の影響について検討する必要があると考える。本研究では、仮定した板厚方向の残留応力分布によって最大 4% 程度の強度低下があることを明らかにした。今後の検討では、正確な実測に基づく板厚方向の残留応力分布を考慮した検討が必要であると考えられる。

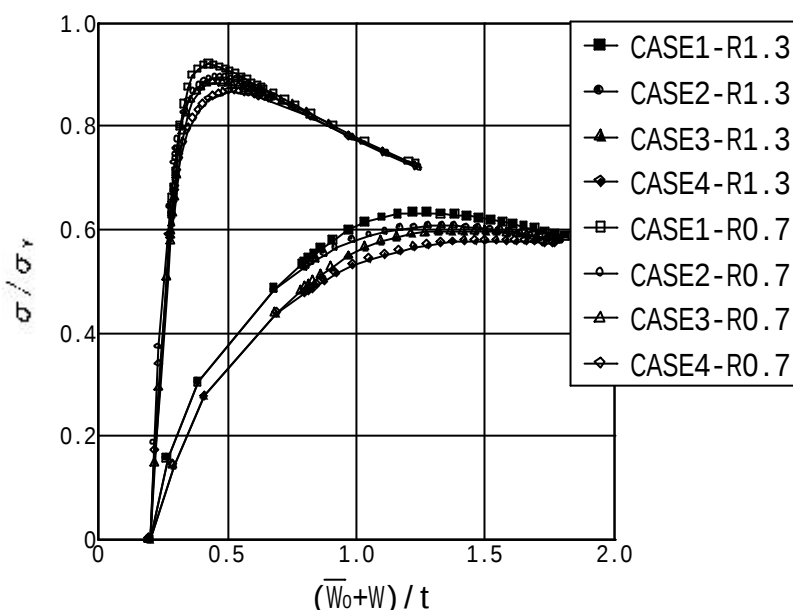


図 - 4 平均圧縮応力度と中央たわみの関係

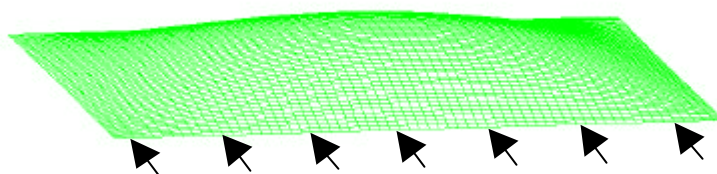


図 - 5 CASE1-R1.3 の極限強度における変形 (5 倍)

表 - 1 極限強度 σ_u / σ_y の比較

	CASE1	CASE2	CASE3	CASE4	CASE2/ CASE1	CASE4/ CASE3	CASE4/ CASE1
R=0.5	0.964	0.954	0.941	0.937	0.990	0.996	0.972
R=0.7	0.920	0.894	0.885	0.866	0.972	0.979	0.941
R=1.3	0.632	0.606	0.597	0.578	0.959	0.968	0.915

参考文献

- 1) 小松定夫, 北田俊行: 初期不整を有する圧縮板の極限強度に関する研究, 土木学会論文集, 第 270 号, 1978.2.
- 2) 土木学会: 座屈設計ガイドライン, 鋼構造シリーズ 2, 1987.10.