

レーザ溶接を用いて製作した無補剛構造体の耐力

石川島播磨重工 正会員 ○猪瀬幸太郎, 正会員 中西保正
 大阪大学接合科学研究所 正会員 金 裕哲, 学生員 廣畑幹人

1. はじめに

溶接変形や溶接残留応力は鋼構造部材の精度や性能に及ぼす影響が大きいことから、生産現場ではこれらを低減する新たな溶接技術開発への期待が大きい。なかでもレーザ溶接は高精度部材を実現できる溶接技術として有力視されている。そこで本研究ではレーザ溶接を用いて無補剛の柱部材を設計製作し、部材の残留応力とそれが耐力へ及ぼす影響を検証した。

2. 残留応力および初期たわみが耐力に及ぼす影響

供試体の寸法 ($t=6\text{mm}$ 供試体を例示) を図 1, 諸元を表 1 に示す。表中の供試体寸法および座屈パラメータを示す記号は文献[1]に準拠した。用いた鋼板は板厚 6mm と 9mm の SM400 材である。側板の幅は幅厚比パラメータが $R_R=1.0$ となるように決定した (R_R は $\sigma_Y=240[\text{MPa}]$ として算出)。供試体の長さ (a) は板幅の 2 倍としている ($\alpha=2$)。この 2 種類の供試体をレーザ溶接、アーク溶接を用いてそれぞれ 3 体ずつ製作し、うち 2 体を単調荷重圧縮試験に供し、残り 1 体を残留応力測定に使用した。

溶接に起因して生じる引張残留応力が自己平衡するように圧縮残留応力は生成される。よって分布や大きさは入熱条件の他にパネルの幅厚比や板組みの影響を強く受ける。従って耐力(最大荷重)へ及ぼす影響を示すためには残留応力生成機構の厳密な解明が欠かせない。しかし本研究で用いた供試体は形状として極めて単純であること、幅厚比はすべて同じであることから研究の主目的であるレーザ溶接とアーク溶接の比較に限ってはより簡便な評価が可能と判断した。すなわち、4 面の側板の中心位置で測定した板表裏面の残留応力を平均し、残留応力の指標とした。この残留応力と平均温度上昇(多パス施工の場合、パス毎の合計とした)の関係を図 3 に示す。平均温度上昇の低いレーザ溶接はアーク溶接と比較して残留応力が小さい。耐力と残留応力の関係を図 4 に示す。圧縮残留応力が小さくなると耐力が大きくなること、板厚 6mm のレーザ溶接供試体(残留応力; $\sigma_R/\sigma_Y=-0.1$) では、耐力が宇佐美ら、福本らが示す“残留応力のない無補剛板”と同程度であることが分かる。

次に、残留応力以外で耐力に影響を及ぼす因子である初期たわみの影響を弾塑性解析により検討した。なお、解析では残留応力は考慮していない。このため、残留応力の小さいレーザ溶接(板厚 6mm)の実験結果と解析結果を比較し、その妥当性を検証した。結果を図 5 に示す。著者らの解析値と宇佐美らの解析値は概ね一致していること、板幅の 1/384 の初期たわみでは実験値と解析値が完全に一致したことなどから今回の解析は妥当と判断した。図からは初期たわみ量の減少とともに耐力が大きくなることや、初期たわみが正弦半波のときの耐力は正弦 1 波のときより大きいことなどが読み取れる。ここからは耐力の向上には残留応力の低減の他に初期たわみの形状管理も重要であることが示唆された。

本実験で得た耐力を、著者らがこれまで行った実験結果とともに図 6 に示す。レーザ溶接部材の耐力はアーク溶接部材よりも大きく、かつ道路橋示方書の耐力曲線を十分に満足すると判断した。

3. まとめ

レーザ溶接を用いて製作した構造部材は道路橋示方書の耐力曲線を用いて設計することが可能である。また入熱量と初期たわみ形状の管理が前提とはなるが耐力曲線の合理化も期待できる。

参考文献 [1] 土木学会鋼構造委員会, 座屈設計ガイドライン, 丸善, 2005, 10.

キーワード レーザ溶接, 耐力, 座屈モード, 荷重-変位曲線

連絡先 〒235-8501 横浜市磯子区新中原町 1 番地 石川島播磨重工業(株) 技術開発本部生産技術開発部

TEL 045-759-2812, FAX 045-759-2205

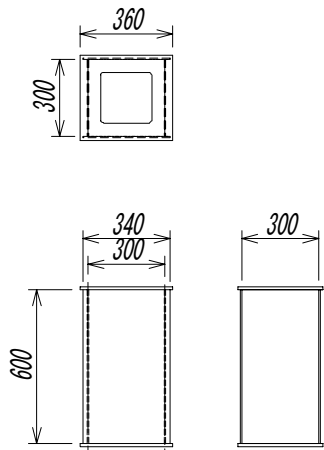
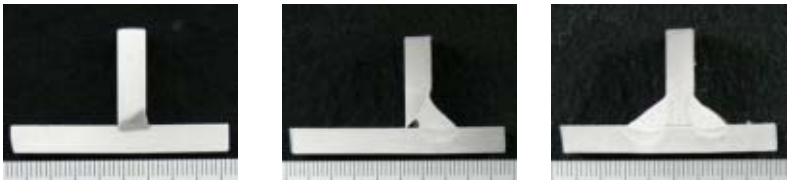


図1 レーザ溶接構造供試体(t=6mm)

表1 供試体諸元

			LBWR10P1T6	GMAWR10P1T6	LBWR10P1T9	GMAWR10P1T9
供試体長さ	a	mm	600	600	900	900
パネル幅	b	mm	300	300	450	450
板厚	t	mm	6	6	9	9
降伏応力(規格値)	σ_Y	MPa	240	240	240	240
幅圧比パラメータ	R_R	—	1.0	1.0	1.0	1.0
供試体降伏耐力	F_Y	kN	1843	1843	4061	4061
溶接施工	—	—	レーザ溶接	アーク溶接	レーザ溶接	アーク溶接
製作個数	N		3	3	3	3



(a) LBW t=6mm (b) GMAW t=6mm① (c) GMAW t=6mm②

図2 溶接継手マクロ写真

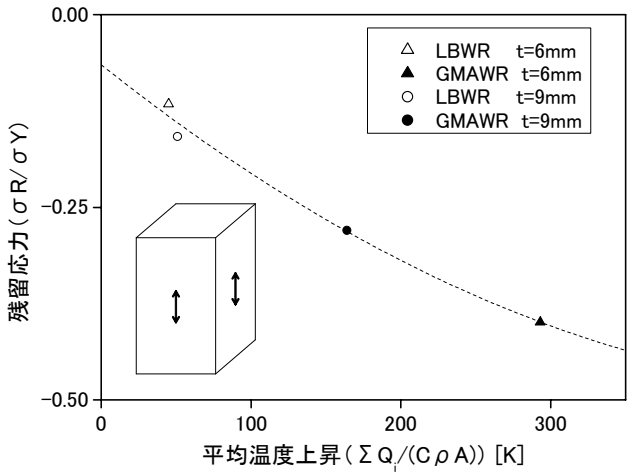


図3 平均温度上昇と残留応力との関係

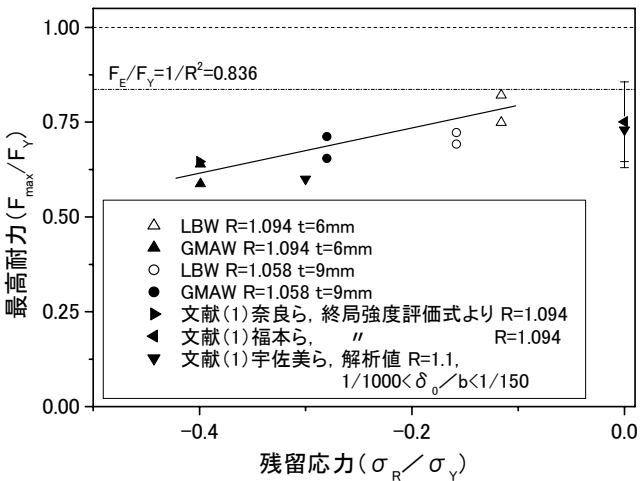


図4 残留応力が最高耐力に及ぼす影響

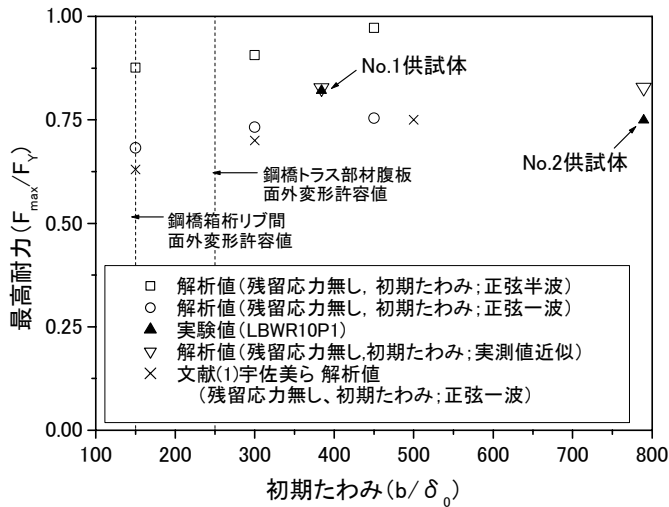


図5 初期たわみの最高耐力への影響

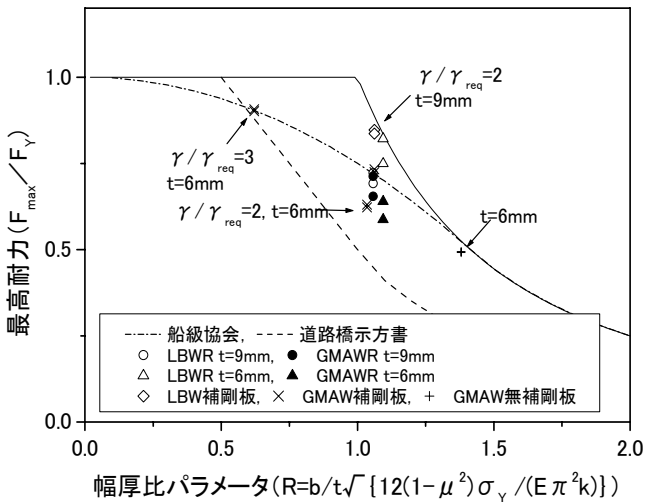


図6 レーザ溶接構造体圧縮耐力