

第 I 部門

溶接組立てされたステンレス鋼部材の初期不整に関する実験的研究

大阪大学工学部 学生員 ○上谷 明生
 大阪大学大学院工学研究科 正会員 宮寄 靖大
 大阪大学大学院工学研究科 正会員 奈良 敬

1. まえがき

長期間供用される社会基盤構造物のライフサイクルコストの低減を図るためには、維持管理費用を削減することが解決策のひとつとして考えられる。そのためには従来の材料に比べて耐久性が向上し、限りなくメンテナンスフリーとなる材料を活用することが望まれる。このような材料として、既に建築構造用部材として活用されているステンレス鋼¹⁾が挙げられるが、現段階において土木構造物を対象に使用されるような、溶接組立されたステンレス鋼部材の設計規準は国内に存在しない。そこで、本研究では、部材の極限強度に影響を及ぼす初期不整を、実験により明らかにした。対象とするステンレス鋼は、オーステナイト系ステンレス鋼 SUS304, SUS316 およびマルテンサイト系ステンレス鋼 SUS410 である。また、従来の炭素鋼との比較を行うため、SS400 の初期不整の計測を同様に実施する。

2. 材料試験

供試体を構成するステンレス鋼の機械的性質を把握するため、JIS2201 5 号試験片²⁾を圧延方向および圧延直角方向に、それぞれ 3 体採取して引張試験を実施した。引張試験で得られた鋼材の機械的性質と応力-ひずみ関係を、表 1 と図 1 に示す。

表 1 より、オーステナイト系ステンレス鋼 SUS304 は炭素鋼 SS400 に比べて引張強さが 60%程度大きく、破断伸びが 70%程度大きいことがわかる。また、SUS316 についてみると、SS400 に比べて、引張強さが 40%程度大きく、他の機械的性質は SUS304 と類似していることがわかる。つぎに、マルテンサイト系ステンレス鋼 SUS410 の機械的性質を見ると、SUS304, SUS316 に比べて SS400 に類似していることがわかる。また、図 1 より、対象としたステンレス鋼の応力-ひずみ関係は、いずれも明確な降伏棚を有さないラウンドハウス型を示すことがわかる。

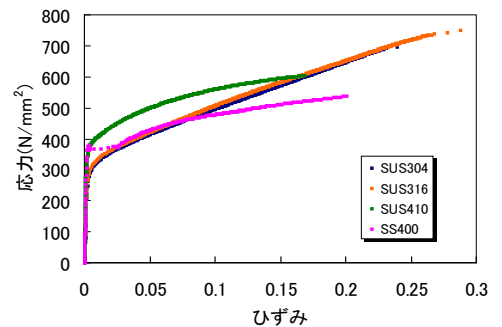


図 1 応力-ひずみ曲線

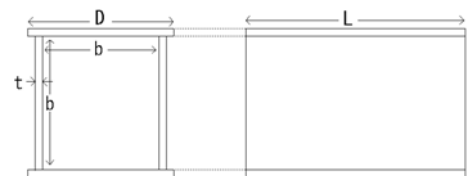


図 2 供試体形状

3. 初期不整の計測

本研究では、図 2 および表 2 に示すように、対象とする鋼板を溶接組立てした正方形断面短柱の初期たわみおよび残留応力を測定した。

3. 1 初期たわみ

初期たわみについては、レーザー変位計を使用して、30mm の格子間隔の交点で面外たわみ量を計測した。表 3 に、これらの計測によって得られた最大初期たわみ値 w_{0max} を板幅 b で無次元化した値を示す。表 3 よ

表 1 材料試験結果

鋼材	弾性係数	引張強さ	破断伸び	0.2%耐力
	E N/mm ²	σ_u N/mm ²	δ %	$\sigma_{0.2}$ N/mm ²
SUS304	171000	718	66.5	286
SUS316	163000	603	65.3	280
SUS410	184000	494	29.7	344
SS400	191000	439	39.0	356

表 2 供試体寸法(mm)

鋼種	フランジ幅D	断面幅b	板厚t	柱長さL
SUS304	181	149	6.17	183
SUS316	180	149	5.78	182
SUS410	175	144	5.86	175
SS400	171	140	5.58	170

表 3 最大初期たわみ値 w_{0max}/b

鋼種	上フランジ	左ウェブ	下フランジ	右ウェブ
SUS304	1/342	1/595	1/341	1/359
SUS316	1/391	1/330	1/422	1/163
SUS410	1/360	1/299	1/203	1/180
SS400	1/475	1/559	1/395	1/182

表 4 最大残留応力値

供試体名	圧縮	引張
SUS304	-0.279	0.258
SUS316	-0.208	0.262
SUS410	-0.260	0.336
SS400	-0.369	0.441

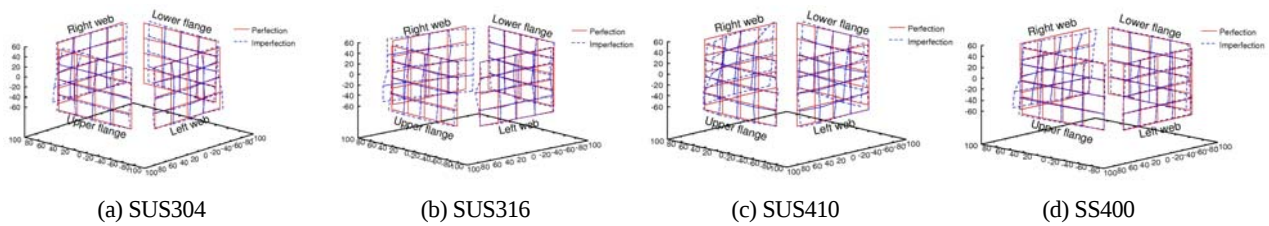


図 3 初期たわみ形状

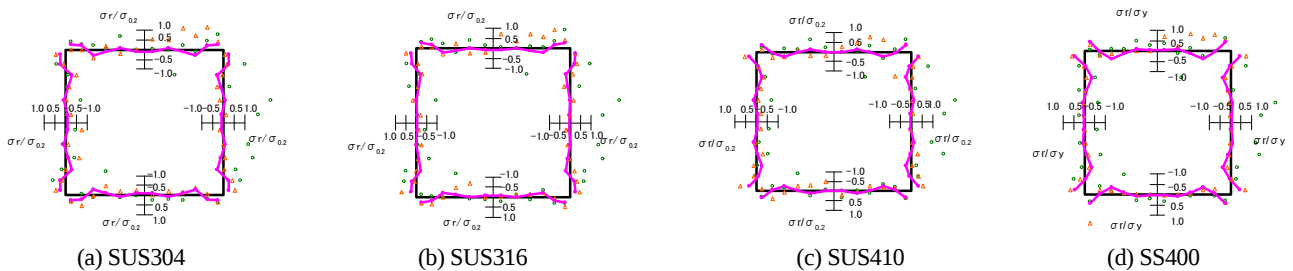


図 4 残留応力形状

り、対象とした全供試体の初期たわみの大きさは道路橋示方書³⁾の許容たわみ量 $b/150$ よりも小さくなることからわかる。また、これらの計測によって得られた初期たわみ形状を図 3 に示す。図 3 は、計測された面外方向のたわみ量を 20 倍にして表している。表 3 および図 3 から、ステンレス鋼の初期たわみの最大値および形状は、炭素鋼と明確な差がないことが明らかとなった。

3. 2 残留応力

供試体の溶接組立ては、MAG 溶接により行い、溶接棒は全てフラックス入りワイヤを使用している。残留応力の計測については、断面を構成する左右ウェブおよび上下フランジの各板において、約 10~15mm 幅にひずみゲージをその表裏面に貼り付け、切断による熱影響を小さくできる機械式切断による応力開放法を用いた。残留応力は、切断前後のひずみの差に表 1 のヤング率 E を乗じて求めた。図 4 は、得られた残留応力の値を 0.2%耐力、または降伏応力で無次元化した値を示す。図中のプロット（断面外側：○，断面内側：△）は測定結果を、実線およびプロットはそれらの結果を自己平衡を満たす 2 軸対称補正值を表している。また、同図の補正值から得られる最大圧縮および、最大引張残留応力を表 4 にまとめる。表 4 の SUS304, SUS316, SUS410 の最大残留応力の値を見ると、ステンレス鋼種による差は小さく、圧縮でステンレス鋼が約 $-0.25 \sigma_{0.2}$ 、SS400 が約 $-0.4 \sigma_{0.2}$ となり、引張でステンレス鋼が約 $0.3 \sigma_{0.2}$ 、SS400 が約 $0.4 \sigma_{0.2}$ となっている。これらの結果より、対象としたステンレス鋼の残留応力の大きさは、SS400 に比べて、約 25% から 40% 小さくなることが確認できる。また、図 4 より、残留応力の分布形状は各鋼種間での大きな差がみられないことがわかる。

4. まとめ

本研究では、SUS304, SUS316 および SUS410 の板を溶接組立した正方形断面短柱を対象として、それらの初期不整を実験により明らかにするとともに、SS400 と比較しながら結果の考察を述べた。以下に、実験により得られた結果をまとめる。(1)対象とした SUS304, SUS316, SUS410 の最大初期たわみは、道路橋示方書の許容値に収まる。(2)また、これらのステンレス鋼と SS400 の初期たわみの大きさおよび形状は同様の傾向を示す。(3) SUS304, SUS316, SUS410 の残留応力分布形状は、比較対象とした SS400 と同様の傾向を示す。(4) ステンレス鋼の残留応力の大きさは、鋼種による差がみられず、SS400 に比べてやや小さくなる。

参考文献 1) (社) ステンレス構造建築協会：ステンレス建築構造設計基準・同解説【第 2 版】，2001。 2) 日本工業標準調査会：JIS Z2201 金属材料引張試験片，日本工業規格，1998。 3) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 I 共通編 II 鋼橋編，丸善，2003.3。