

溶接組立てしたステンレス鋼柱の残留応力計測

長岡技術科学大学

正会員 宮下 剛

学生会員 ○石井 孝明 濱 達矢

長岡工業高等専門学校

正会員 宮寄 靖大

1. 目的

耐候性に優れているステンレス鋼は、発錆による補修や再塗装等のメンテナンス縮減効果があるため、近年、鋼橋のライフサイクルコスト低減策の一つとして検討されている。しかし、ステンレス鋼板で構成される部材の終局強度を明らかにした実験的研究例は少ない。さらに、終局強度に影響を与える残留応力を詳細に実測した研究例については、近年、ごくわずかである。¹⁾³⁾

そこで、本研究では、溶接組立されたステンレス鋼板の残留応力を機械式切断法で計測し、残留応力分布を把握することを目的とする。また、非破壊計測方法の一つである磁気異方性を用いた磁歪法での計測も試みる。

2. 計測概要

a) 試験体

計測対象の鋼部材は、SUS304、SUS316、SUS410 の溶接組立された中空断面柱と十字柱である。試験体形状を図-1、寸法と材料特性を表-1 に示す。材料特性については、試験体と同じ鋼部材を使用し、JIS Z 2214 に従い引張試験を実施することで各鋼種の物性値を得た。また、ステンレス鋼以外にも、比較のため、一般構造用圧延鋼材 SS400 も取り扱うこととした。

b) 計測方法

残留応力の計測では、機械式切断法による応力解放を行った。切断の際には、熱応力が導入されないようにするため、ワイヤー放電加工機を用い、水中で行った。

計測位置の溶接線方向に、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、これにヤング係数を乗じることで、残留応力とした。

3. 計測結果

残留応力分布の計測結果について、中空断面柱のフランジ面を図-2(a)、ウェブ面を図-2(b)に、十字柱の自由突出板部を図-3 に示す。図の縦軸はいずれも計測により得られた残留応力結果を0.2%耐力、または降伏応力で除し

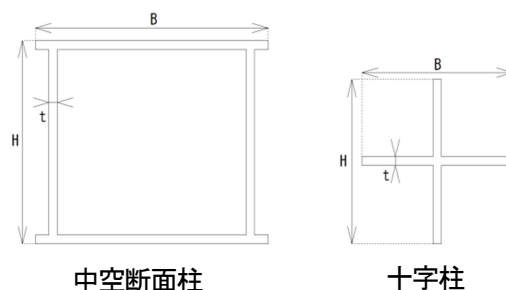


図-1 試験体

表-1 寸法と材料特性

鋼種		寸法			ヤング係数	0.2%耐力 降伏応力
		H	B	t	E	σ_y
		mm	mm	mm	N/mm ²	N/mm ²
中空断面柱	SUS304	171	148	6.3	197000	282
	SUS316	170	150	5.8	193000	287
	SUS410	165	143	5.9	200000	319
	SS400	161	141	5.6	206000	349
十字柱	SUS304	104	104	5.8	197000	282
	SUS316	102	102	5.8	193000	287
	SUS410	100	100	5.9	200000	319
	SS400	96	96	5.6	206000	349

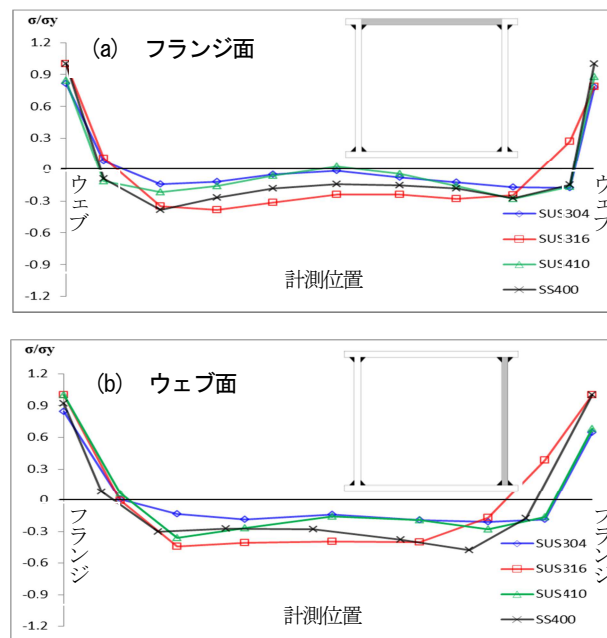


図-2 中空断面柱：残留応力分布

て正規化している。また、溶接部の残留応力は、その近傍にひずみゲージを貼付できなかったことから、断面内の力の釣り合いを考慮して値を決定した。ただし、場合

キーワード ステンレス鋼, 残留応力, 磁歪法, 溶接

によってはこの応力が $1.1 \sim 1.2\sigma_y$ となることがあったため、このときは σ_y とした。いずれも溶接部近傍が引張となり、溶接部から遠ざかるにつれて圧縮の残留応力分布となった。

各鋼種の残留応力分布形状を比較すると、中空断面柱では、溶接部近傍での引張残留応力が SUS316 と SS400 では 0.2% 耐力・降伏応力 σ_y とほぼ同程度の値を示したのに対し、SUS304 と SUS410 では約 $0.7\sigma_y$ と若干低い値となった。十字柱において、溶接部近傍での引張残留応力の差は、ほとんど見られず、 $0.1\sigma_y$ 程度となった。

全体としては、中空断面柱、十字柱ともに、ステンレス鋼の残留応力分布は SS400 とほぼ同様で、一般的な分布形状となることがわかった。

4. 磁歪法との比較

磁歪法とは、強磁性体の応力によって変化する、磁気異方性を検出する非破壊応力測定法である。⁴⁾

炭素鋼での使用が一般的な磁歪法において、磁性を持つステンレス鋼での計測を行い、機械式切断法との比較を試みた。磁性を持つステンレス鋼はマルテンサイト系の SUS410 のみである。

中空断面柱の計測結果を図-4 に、十字柱の計測結果を図-5 に示す。計測結果より、機械式切断法との差は最大で 50MPa 程度となった。しかし、両者の残留応力分布形状は概ね一致していることから、磁性を持つステンレス鋼ならば磁歪法の適用が可能である。

5. まとめと今後の課題

本研究では、ステンレス鋼の終局強度の把握に先立って、残留応力分布形状を把握することを目的とした。対象とした鋼種は、SUS304、SUS316、SUS410 であり、試験体形状は中空断面柱と十字柱である。残留応力の計測は、機械式切断法による応力解放により実施した。あわせて、磁歪法の適用性について検討をした。得られた知見を以下に記す。

- (1) ステンレス鋼の残留応力分布形状は、SS400 とほぼ同様で、一般的な溶接組立された残留応力分布形状となった。
- (2) SUS410 において、機械式切断法と磁歪法の差は最大で 50MPa 程度となったが、残留応力分布形状は概ね一致しており、適用性については期待が持てる結果となった。

今後の予定として、計測で得られた残留応力分布を有限要素解析モデルに導入して、極限強度解析を実施する。

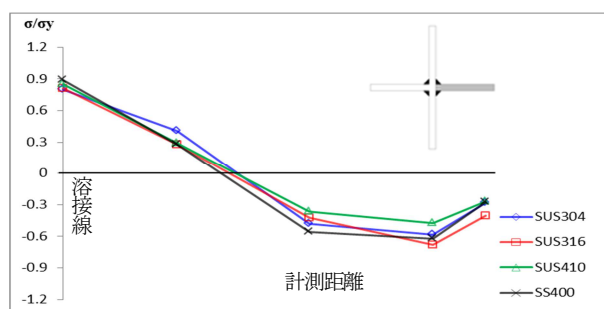


図-3 十字柱:残留応力分布

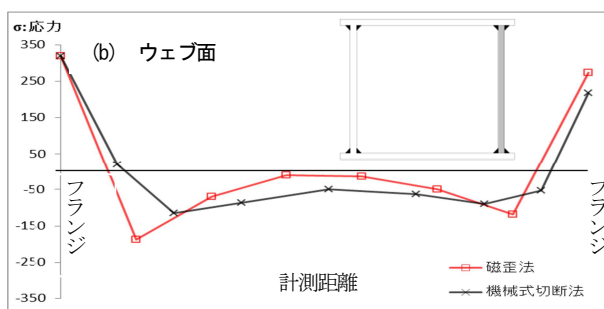
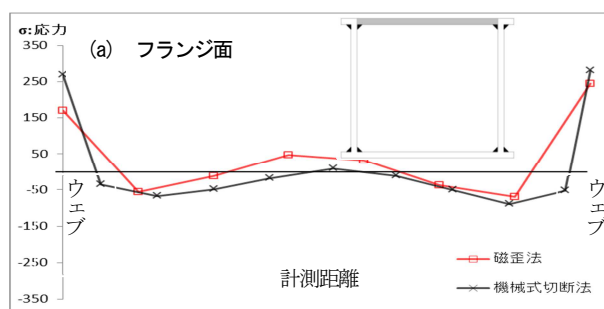


図-4 中空断面柱(SUS410)：磁歪法との比較

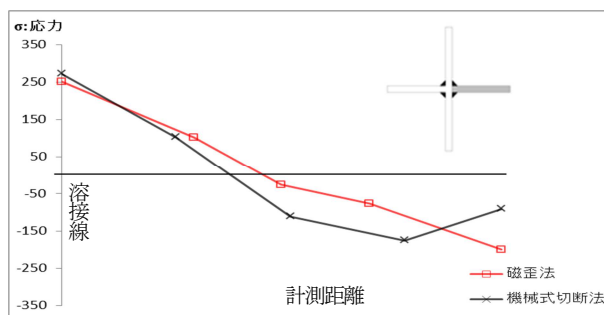


図-5 十字柱(SUS410)：磁歪法

6. 参考文献

- 1) 技術者のための「溶接変形と残留応力」攻略マニュアル，産報出版株式会社，平成 19 年
- 2) 座屈設計ガイドライン，土木学会，1987.
- 3) 宮寄靖大：ステンレス鋼板の圧縮強度特性と終局強度評価法，博士学位論文，大阪大学，平成 22 年
- 4) 安福精一，磯野敏雄：磁気プローブによる溶接残留応力分布の測定，非破壊検査，Vol. 35, No. 11, pp. 805-810.