

溶接組立てされたステンレス鋼板部材の極限圧縮強度特性に関する実験的研究

大阪大学 学生員 ○上谷 明生
 大阪大学大学院 正会員 宮寄 靖大
 大阪大学大学院 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、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、すでに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。しかし、現段階において社会基盤構造物に対して使用されるような、溶接組立されたステンレス鋼部材の設計基準は存在しない。そこで、本研究では、溶接組立した正方形断面短柱の圧縮試験を行い、極限圧縮強度特性を明らかにすることを目的とする。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 の圧縮試験を同様に実施する。

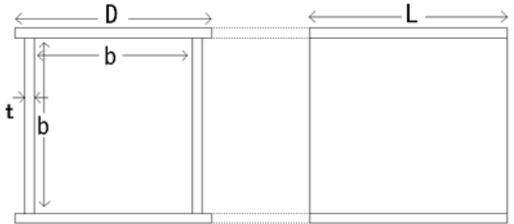


図1 供試体形状

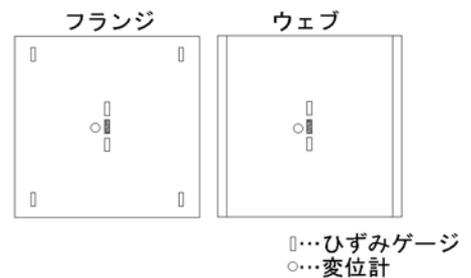


図2 計測機器の設置箇所

2. 実験方法

2. 1 供試体の形状

供試体断面形状は、周辺単純支持板で構成されると仮定した正方形断面を採用する。また、ステンレス鋼板の極限圧縮強度特性を明らかにするため、断面を構成する板の局所変形が先行する形状とする。これらより、次の条件を用いて供試体形状を決定した。(a)圧縮による柱の全体座屈を防ぐため、細長比パラメータ²⁾ λ を 0.02 と十分小さくし、(b)材料特性に依存した強度特性を明らかにするため、非弾性域で極限を向かえる形状として、幅厚比パラメータ²⁾ R を 0.5 とする。以上の条件を満足する供試体の形状および寸法を、図1および表1に示す。



写真1 圧縮試験の状況

2. 2 初期不整

供試体製作時に導入される初期不整は、極限強度に影響を及ぼすことから、構成する板の初期たわみおよび残留応力を計測した³⁾。これらの計測結果を表2にまとめて示す。

表1 供試体寸法 (mm)

鋼種	フランジ幅D	板幅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2 初期不整の大きさ

鋼種	初期たわみ	残留応力	
	w_{0max}/b	圧縮側	引張側
SUS304	1/409	$0.3\sigma_{0.2}$	$0.3\sigma_{0.2}$
SUS316	1/327	$0.2\sigma_{0.2}$	$0.3\sigma_{0.2}$
SUS410	1/261	$0.3\sigma_{0.2}$	$0.3\sigma_{0.2}$
SS400	1/403	$0.4\sigma_{0.2}$	$0.4\sigma_{0.2}$

表3 極限時のパラメータ

	SUS304	SUS316	SUS410	SUS400
極限荷重(N)	128	114	134	132
極限応力(N/mm ²)	314	300	360	380
極限時の平均応力	1.10	1.07	1.05	1.07
極限時の軸方向変位(mm)	1.14	0.771	1.11	0.422
0.2%耐力時との軸方向変位の比	3.79	2.52	3.47	1.70

キーワード ステンレス鋼, 圧縮試験, 極限圧縮強度特性, 周辺単純支持板, 初期不整

連絡先 〒565-0871 吹田市山田丘 2-1 大阪大学大学院工学研究科 TEL 06-6879-7599

2. 3 圧縮試験

圧縮試験では、柱軸方向および断面を構成する各板パネルの面外変形を変位計により、ひずみ量を一軸ゲージにより測定した。これら計測機器の設置箇所を図2に示す。また、圧縮試験の状況を写真1に示す。

3. 実験結果と考察

図3は、圧縮試験で得られた荷重と軸方向変位の関係を示す。縦軸の荷重は、試験機付属のロードセルから得られた荷重を各供試体の0.2%耐力または降伏応力に相当する荷重で無次元化した値を、横軸の変位は、上下端板間の4隅に設置した供試体柱軸方向の変位計の値を平均し、各供試体の0.2%耐力または降伏に相当する変位で無次元化した値を表している。この図から、対象とした全供試体は、極限荷重が0.2%耐力および降伏応力よりも大きくなるのがわかる。また、各種ステンレス鋼は、SS400に比べて小さい荷重で荷重-変位関係の勾配が小さくなり、SS400よりも大きな変位で極限を迎えている。図4は、各供試体左ウェブの柱軸方向の荷重と面外変位の関係を示す。図4より、SS400は各種ステンレス鋼に比べて極限を迎えると同時に強度が低下し、劣化勾配が大きくなるのが確認できる。これより、ステンレス鋼は極限を向かえた後の靱性がSS400に比べて優れるといえる。図5は、0.2%耐力または降伏応力以下の範囲における、各供試体の剛性の変化を示している。縦軸の剛性は、試験で得られた任意のひずみ範囲における剛性 E_i を、初期の弾性係数 E_0 で無次元化している。同図より、対象としたステンレス鋼とSS400に明確な違いは見られない。図6は、道路橋示方書の耐荷力曲線³⁾と、対象としたステンレス鋼およびSS400の極限圧縮強度を示している。同図から全ての鋼材の極限圧縮強度は、0.2%耐力または降伏応力よりも大きくなり、各種ステンレス鋼とSS400に明確な差が見られず、いずれも道路橋示方書の基準値を満足していることが確認できる。

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、それらの極限圧縮強度特性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) SUS304およびSUS316で構成される供試体の極限圧縮強度はほぼ同様である。
- (2) 対象とした全てのステンレス鋼は、SS400に比べ極限時の変位が大きくなる。
- (3) これは、ステンレス鋼と炭素鋼の応力-ひずみ関係に依存した結果である。
- (4) 対象とした全てのステンレス鋼は、SS400に比べ靱性に優れる。

謝辞 本研究の供試体材料は、愛知製鋼株式会社の佐野良幸氏、田中博文氏より提供頂いた。また、供試体の製作は、株式会社アストの若山彰氏より製作頂いた。ここに記して謝意を表す。

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) 土木学会：座屈設計ガイドライン・2005。3) 上谷明夫，宮崎靖大，奈良敬：溶接組立てられたステンレス鋼板部材の初期不整に関する実験的研究，土木学会，関西支部年次学術講演会講演概要集，2009.5。4) 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。

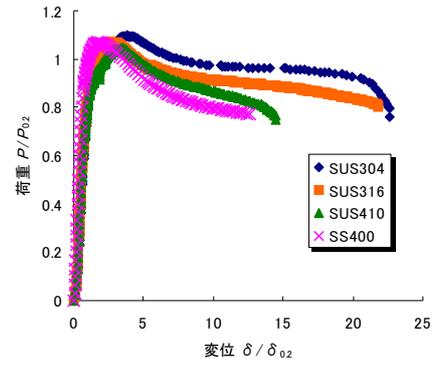


図3 荷重と変位の関係

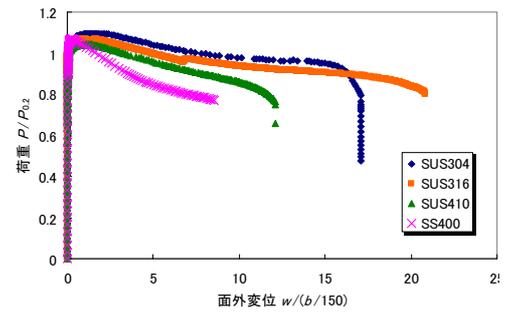


図4 荷重と面外変位の関係

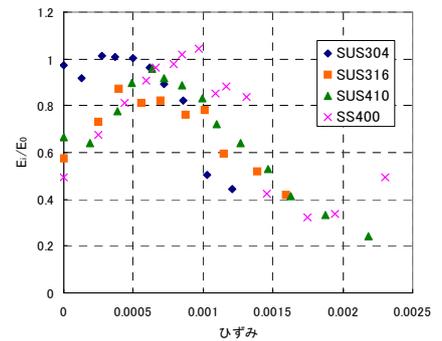


図5 剛性の変化

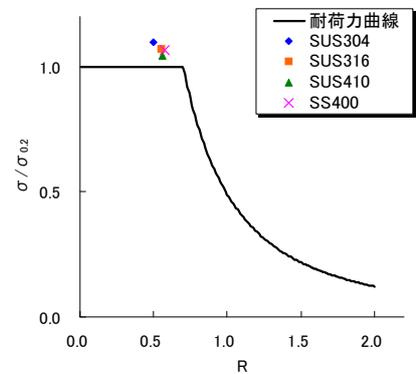


図6 極限圧縮強度