

## ステンレス鋼を用いた自由突出板の局部座屈耐荷力実験

○日立造船 正会員 松下 裕明 日立造船 正会員 岩田 節雄  
 琉球大学 フェロー 矢吹 哲哉 琉球大学 正会員 有住 康則

### 1. はじめに

ステンレス鋼は長期耐候性や意匠性に優れることから、近年、ライフサイクルコスト縮減や景観への配慮が期待できる材料として注目されている。しかし一方、ステンレス鋼は図1に示すように明確な降伏棚がなく、設計基準強度に達する前に非線形性が現れるなど構造用軟鋼と異なった機械的性質を有する。そこで、著者らはステンレス鋼の橋梁主部材への適用性を明らかにするために、各構成部材の耐荷力特性に関する検討を行っている<sup>1)</sup>。本研究ではその一環として、プレートガーダーの圧縮フランジなどの自由突出板に対するステンレス鋼の適用性を検討するために、十字型断面柱供試体を用いて軸圧縮耐荷力実験を行った。

### 2. 供試体の種類および荷重方法

図2に示すように長さ792mm、厚さ6mmの鋼板の両側に同厚の鋼板を連続隅肉溶接して十字形断面柱を製作した。使用鋼材はSUS304N2AおよびSM400の2種類とし、それぞれ突出幅bの異なる3種類の供試体を2体ずつ作成した。表1に供試体の詳細諸元を示す。表中には材料試験から得られた各鋼材の降伏応力度 $\sigma_y$ （SUS304N2Aでは0.1%耐力）および初期ヤング係数Eを併記する。表中に示す自由突出板の幅厚比パラメータRは次式で表される。

$$R = (b/t) \sqrt{(\sigma_y/E) \cdot \{12(1-\nu^2)/\pi^2 k\}} \quad (1)$$

ここに、 $\nu$ ：ポアソン比(=0.3)、 $k$ ：座屈係数(=0.425)である。

荷重装置は2000kN万能試験機を用い、試験機の荷重板を供試体の上下端に溶接接合した支圧板に直接荷重した。従って、本供試体は自由突出板の面外座屈に対して固定支持の境界条件となっている。実験では、図2に示す長さの4分点に位置する3断面について、自由突出板の面外変位および1軸ひずみゲージによる鉛直ひずみを計測した。また、上側支圧板2箇所に変位計を設置して柱の鉛直変位（縮み量）を計測した。写真1に供試体荷重状況を示す。

表1 供試体の種類

供試体名	板厚 t mm	突出幅 b mm	b/t	使用鋼材	$\sigma_y$ (Mpa)	E (Mpa)	R
SM1-1	6.03	96.1	15.9	SM400	340	210000	1.03
SM1-2	6.06	96.3	15.9				
SM2-1	6.05	77.4	12.8				0.831
SM2-2	6.05	77.3	12.8				
SM3-1	6.06	54.0	8.91				0.579
SM3-2	6.10	54.3	8.90				
SUS1-1	6.21	96.3	15.5	SUS304 N2A	432	193000	1.18
SUS1-2	6.21	96.3	15.5				
SUS2-1	6.19	66.5	10.7				0.820
SUS2-2	6.22	66.2	10.6				
SUS3-1	6.22	47.5	7.64				0.583
SUS3-2	6.21	47.3	7.62				

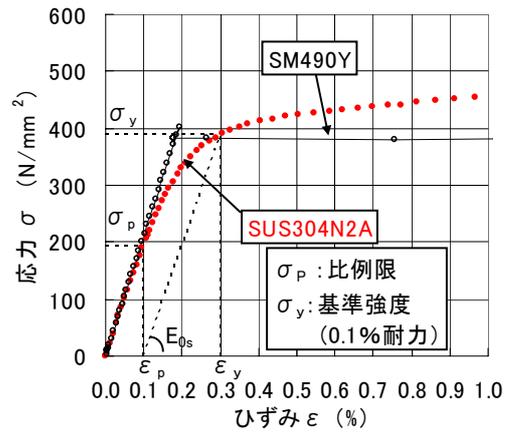


図1 材料試験結果の1例

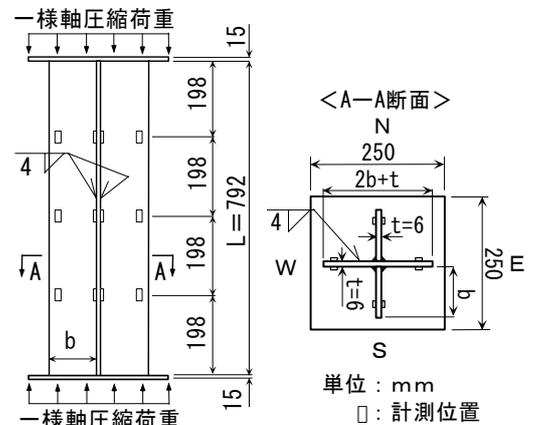


図2 供試体と計測位置

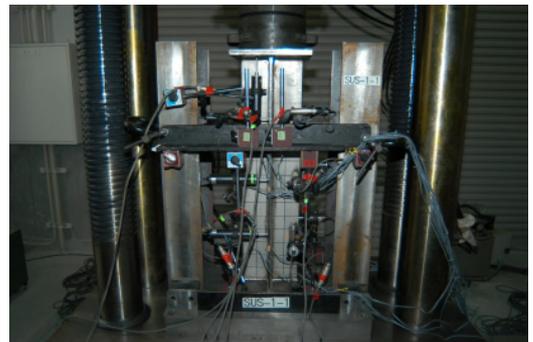


写真1 供試体荷重状況

キーワード：ステンレス鋼、ミニマムメンテナンス橋、自由突出板、耐荷力実験  
 〒550-0002 大阪市西区江戸堀2-6-33 TEL 06-6447-6054 FAX 06-6447-6084

3. 実験結果と考察

1) 荷重-変位関係：荷重-軸方向変位関係について、幅厚比パラメータ  $R$  が同程度の SM2 および SUS2 供試体の比較結果を図 3 に示す。図中横軸は軸方向変位  $\delta$  を降伏変位  $\delta_y$  で除し、縦軸は荷重  $P$  を降伏荷重  $P_y$  で除した無次元量である。また、図 4 に荷重-面外（水平）変位関係について、SUS 2-2 および SM2-1 供試体の下段断面の計測結果を示す。図 3 に示すように、SM2 供試体では無次元荷重 0.6 付近で、SUS2 供試体では SM2 供試体より低い 0.3 付近から線形性が失われたことが分かる。しかしその後、いずれの供試体も荷重は緩やかに上昇し、無次元最大荷重は 1.0 前後となった。また、図 4 に示す荷重-面外（水平）変位関係においても同様に、SM2-1 供試体では無次元荷重 0.6 程度、SUS2-2 供試体では 0.3 程度から面外変位が増加を始めるが、その後も変位は緩やかに増加した。いずれの供試体においても、面外変位の急増は 0.8~1.0 付近であった。

2) 座屈強度の検討：図 5 に SUS2-2 および SM2-1 供試体の荷重-ひずみ関係について、ひずみの急変する荷重が最も低かった計測位置での表裏面の鉛直ひずみを示す。なお、図中横軸は降伏ひずみ  $\epsilon_y$  にて除した無次元量である。SUS2-2 供試体では、無次元荷重 0.3 程度で非線形性が表れているが、これは図 1 に示すステンレス鋼特有の低い比例限の影響であり、前述の荷重-変位関係において無次元荷重 0.3 付近で非線形性が生じた原因と考えられる。一方、SM2-1 供試体では、0.7 程度まで線形を保った後、ひずみが急変していることが分かる。なお、SUS2-2 供試体では無次元荷重 0.9 付近でひずみが急変している。

3) 座屈強度と変形モード：前述の結果から、各供試体においてひずみが急変する荷重を座屈荷重としてまとめたものを表 2 に示す。また、表 2 には最大荷重についても併記する。表 2 から、幅厚比パラメータ  $R$  が 0.8 程度の SUS2-1 および SUS2-2 の無次元座屈荷重は平均 0.93 であり、同程度の  $R$  を有する SM2-1, SM2-2 の平均 0.76 を上回った。ただし、その無次元最大荷重は同程度であった。また、 $R$  が 1.2 程度の SUS1-1, 1-2 では、無次元座屈荷重が 0.56 であった。写真 2 に、試験終了後の供試体を示す。写真から柱のねじれ座屈が生じている様子が分かる。なお、 $R=0.5\sim 0.6$  の SM3 および SUS3 シリーズでは、柱の全体座屈が生じていた。

4. おわりに

ステンレス鋼を用いた自由突出板の無次元座屈強度は、本供試体諸元（ $R=0.8$  程度）において構造用軟鋼のそれを上回っており、橋梁部材としての適用可能性が高いことが分かった。

参考文献 1) 例えば、松下他：ステンレス鋼を普通鋼で補剛したハイブリッド補剛板の軸圧縮耐荷力特性、構造工学論文集 Vol49A、2003. 3

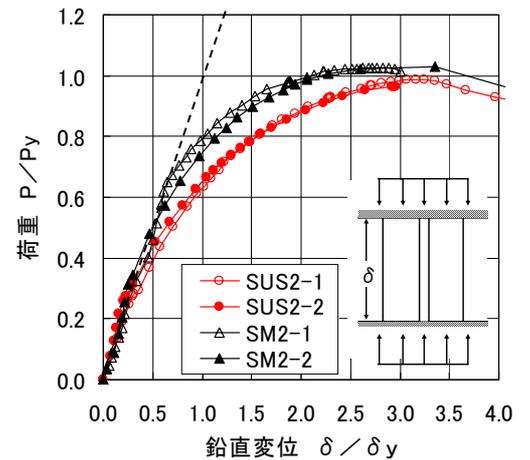


図 3 荷重-軸方向変位

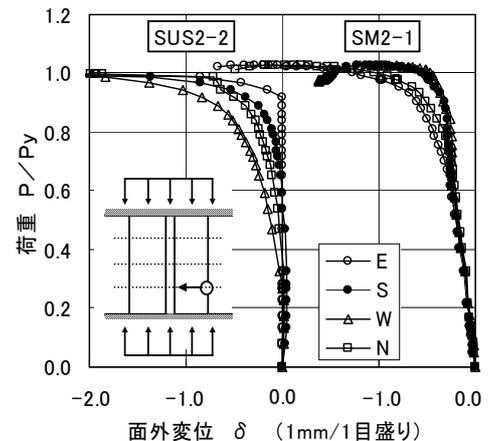


図 4 荷重-面外（水平）変位

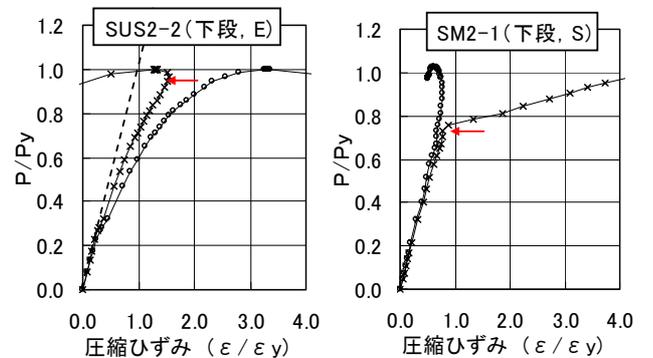


図 5 荷重-面外（水平）変位

表 2 最大荷重と座屈荷重

供試体名	R	最大荷重	座屈荷重
SM1-1	1.03	0.94	0.60
SM1-2	1.03	0.91	0.56
SM2-1	0.83	1.03	0.73
SM2-2	0.83	1.03	0.79
SM3-1	0.58	1.03	-
SM3-2	0.58	0.99	-
SUS1-1	1.18	0.68	0.55
SUS1-2	1.18	0.71	0.56
SUS2-1	0.82	0.99	0.92
SUS2-2	0.81	1.00	0.94
SUS3-1	0.58	1.03	-
SUS3-2	0.58	1.05	-

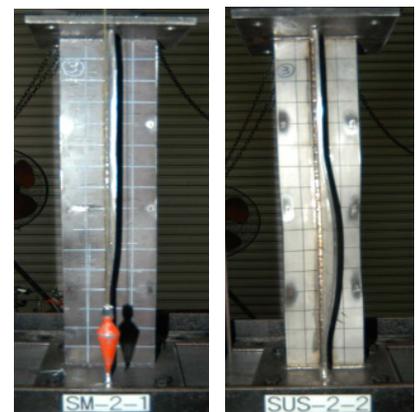


写真 2 試験終了後の供試体