

ステンレス鋼を用いた I 形断面腹板のせん断強度に関する実験

○沖縄県 正会員 喜納 正史 日立造船 正会員 松下 裕明
琉球大学 フェロー 矢吹 哲哉 琉球大学 正会員 有住 康則

1. 序論 近年、社会基盤施設に対して建設コストの縮減と耐久性向上を目指した構造物の構築が強く望まれており、ライフサイクルコストの縮減を勘案したミニマムメンテナンス橋の開発が急務となっている。このような中、橋梁の新たな長期防食システムとしてステンレス鋼を橋梁主部材に採用したステンレス橋梁が考えられる。ステンレス鋼は構造用鋼に比べ耐候性に優れ、発錆による補修や再塗装のメンテナンスコスト削減効果が期待できる。しかし、ステンレス鋼は初期の接線剛性の低下が早く、明確な降伏棚を持たない等の力学的特性を有している為、その局部座屈挙動は構造用鋼と異なると考えられる。そこで、本研究では特にステンレス鋼のせん断耐荷力特性を明らかにする為に、腹板にステンレス鋼と構造用鋼を用いた I 桁供試体をそれぞれ作成し、そのせん断耐荷力実験を行い、これらの比較検討によりステンレス鋼の橋梁主部材への適応性について考察を行った。

2. 供試体 本実験に用いた供試体及び载荷条件を図 1 に示す。本実験では I 桁供試体中央部の上下フランジ及び垂直補剛材で囲まれた腹板を着目パネルとした。今回用意した 6 体全ての供試体において、着目パネルのアスペクト比は $\alpha=1$ である。また、着目パネルの板厚を $t=4.5\text{mm}$ 、 3.2mm とする 2 種の供試体をそれぞれ 2 体ずつ製作した。使用鋼材として、腹板にのみステンレス鋼材 SUS304N2A、その他の部材には溶接構造用鋼材 SM490 材を用いた。さらに、耐荷力特性を比較する為、全部材に構造用軟鋼 SS400 材を使用した着目パネル板厚 4.5mm の構造用鋼供試体も 2 体製作した。表 1 に、本実験で使用した供試体諸元及び使用鋼材の引張試験結果を示す。ここで、幅厚比パラメータ R_τ は式 (1) で与えられる。式中の k は純せん断応力を受ける周辺単純支持板の弾性座屈係数であり、式 (2) の値をとる。また、 τ_y はせん断降伏応力度であり、 $\tau_y = \sigma_y / \sqrt{3}$ として求められる。図 2 には材料試験から得られたステンレス鋼と構造用鋼の応力-ひずみ関係の一例 ($t=4.5\text{mm}$) を示す。

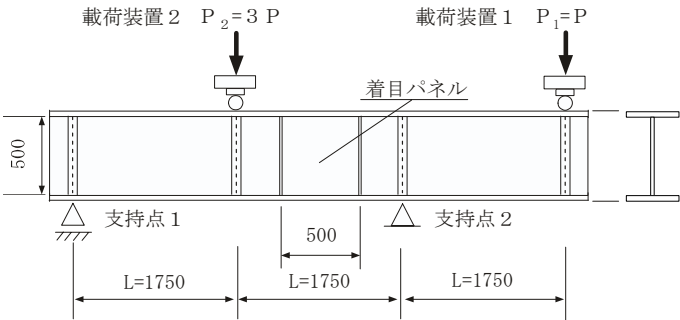


図 1 供試体及び载荷条件

$$R_\tau = \frac{b}{t} \sqrt{\frac{\tau_y}{E} \cdot \frac{12(1-\nu^2)}{\pi^2 k}} \quad \dots (1)$$

$$k = \begin{cases} 5.34 + 4.0/\alpha^2 & (\alpha \geq 1) \\ 4.0 + 5.34/\alpha^2 & (\alpha < 1) \end{cases} \quad \dots (2)$$

表 1 供試体緒元及び材料特性値

供試体名称	鋼種	公称板厚 mm	幅厚比 b/t	幅厚比パラメータ R_τ	降伏強度 σ_y N/mm ²	引張強度 σ_u N/mm ²	せん断降伏応力度 τ_y N/mm ²	初期ヤング係数 E_0 N/mm ²
SSS45-1	SS400	4.5	111	1.086	297	425	171	213000
SSS45-2			111	1.086	297	425	171	213000
SSU45-1			111	1.329	405	777	234	194000
SSU45-2	SUS304N2A	3.2	156	1.862	400	782	231	193000
SSU32-1			156	1.862	400	782	231	193000
SSU32-2			156	1.862	400	782	231	193000

※SUS304N2A は 0.1%耐力

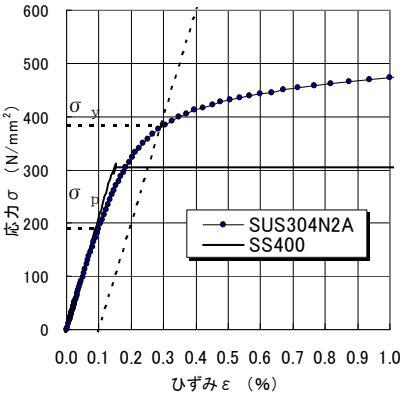


図 2 ステンレス鋼と構造用鋼の応力-ひずみ関係 ($t=4.5\text{mm}$)

3. 実験方法 本実験は、図 1 に示す様に供試体中央部に位置する着目パネルにせん断力を作用させる 2 点载荷 2 点支持で行った。支持条件は、支持点 1、2 とともに単純支持とし、支持点 2 のみ桁軸方向に移動可能とした。実験では、パネルに 3 軸ゲージを粘付してひずみを測定し、着目パネル中央部に変位計を設置して面外変位の測定を行った。また、载荷前及び実験終了後にレーザー変位計を用いてパネルの初期たわみ及び面外変位を測定した。その結果、各供試体の初期たわみは、道路橋示方書で規定されている板の平面度の規定値 ($=2\text{mm}$) 以下の範囲におさまっていた。写真 1 は実験供試体設置状況を示す写真である。なお、事前に予備载荷を行い、弾性域での载荷及び除荷を繰り返し、荷重が均等に载荷されるように調整した。

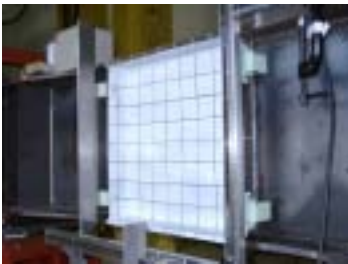


写真 1 供試体

キーワード：ミニマムメンテナンス橋、ステンレス鋼、せん断座屈、せん断耐荷力

〒900-0029 那覇市旭町 31 沖縄県土木建築部 南部土木事務所 TEL 098-866-1129

4. 実験結果及び考察 図3に各供試体のせん断力－面外変位関係を示す。縦軸は着目パネルに作用するせん断力 S を降伏せん断力 S_y で除した値であり、横軸は面外変位 δ を板厚 t で除した値である。図より、構造用鋼供試体については、極限強度が $0.98S_y$ 、 $0.88S_y$ と、それぞれ明確に特定できたが、ステンレス鋼供試体の場合、変位の急増は見られず緩やかに増加している。

図4は、SSS45-1及びSSU45-2の代表的な測点でのせん断力－最小主ひずみ関係である。横軸は最小主ひずみ $\varepsilon_{\min}$ を降伏ひずみ ε_y で無次元化した値、縦軸は図3と同様である。図より、SSS45-1においては $0.88S_y$ 付近で一様にひずみの変化が見られ、この近傍でせん断座屈が発生したと考えられる。その後、 $0.98S_y$ で極限強度に達している。一方、SSU45-2では、どの測点においてもひずみは緩やかに増加しており、明確なひずみの分岐点及び極限強度は特定できなかった。しかし、同供試体のパネル中央付近のせん断力－最小主ひずみの表裏差を示した図5より、 $0.85S_y$ 付近でひずみ差が顕著になっている事が確認でき、この近傍でせん断座屈が発生したと考えられる。

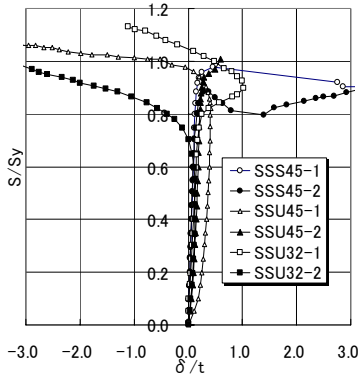


図3 せん断力－面外変位関係

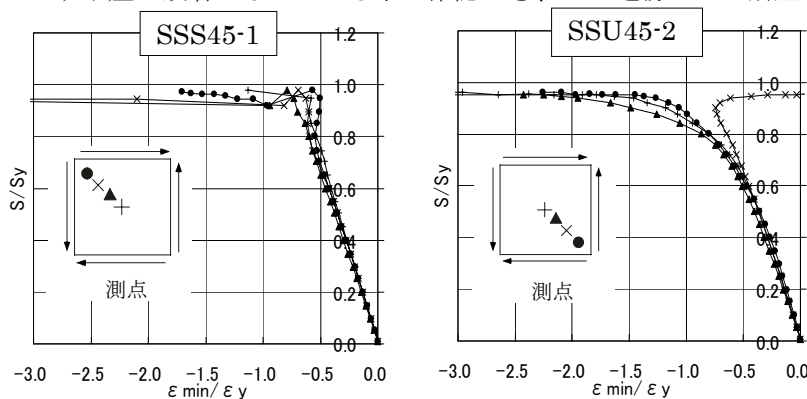


図4 せん断力－最小主ひずみ関係

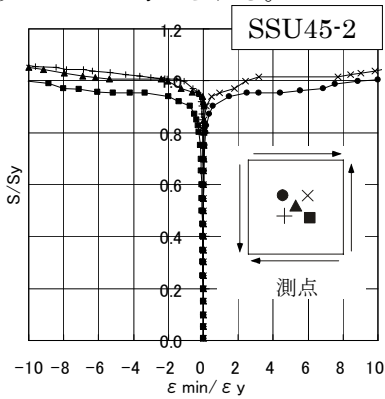


図5 せん断力－表裏のひずみ差関係

表2に本実験より得られたせん断座屈耐荷力の値を示す。なお、本実験では前述したひずみが増加した時点でのせん断力を座屈せん断力 S_{cr} と定義した。表より、幅厚比の等しい構造用鋼供試体とステンレス鋼供試体において、座屈せん断力は $0.8S_y \sim 0.88S_y$ の範囲であり、ほぼ同値であると判断できる。最後に、ステンレス鋼供試体 SSU45-1 の終局時における変形状態を図6に示す。図から明らかなように、パネル前面の対角線上の圧縮主応力方向に局部座屈による大きな膨らみが生じている。この傾向は、構造用鋼供試体を含め、全ての供試体において確認できた。

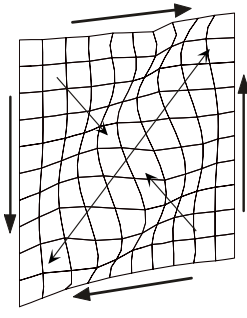


写真 モデル図

図6 座屈後の変形状態(SSU45-1)

5. 結論及び今後の課題 本研究では、ステンレス鋼腹板のせん断座屈耐荷力特性について、実験的手法に基づきその検証を行った。以下にその結果を示す。

- 1) 本実験でのステンレス鋼腹板は、同じ幅厚比を有する普通鋼腹板に比べ、大きな幅厚比パラメータを有していたが、そのせん断座屈耐荷力は普通鋼腹板と同程度であった。この事より、本実験供試体緒元において、ステンレス鋼桁腹板が実用上十分な耐荷力特性を有していると判断できる。
- 2) 今後は板パネルの幅厚比パラメータ、補剛材剛比及びアスペクト比などの変化に対する耐荷力特性を明らかにし、実構造物に適した設計手法を確立する必要がある。

表2 せん断座屈耐荷力

鋼種	供試体名称	座屈せん断力 S_{cr} (kN)	降伏せん断力 S_y (kN)	S_{cr}/S_y	S_{cr}/S_y 平均
構造用鋼	SSS45-1	335	385	0.87	0.83
	SSS45-2	306		0.79	
ステンレス鋼	SSU45-1	419	527	0.79	0.82
	SSU45-2	448		0.85	
	SSU32-1	296	370	0.80	0.75
	SSU32-2	261		0.70	

（参考文献）1）松下・岩田・有住・矢吹：ステンレス鋼を普通鋼で補剛したハイブリット補剛板の軸圧縮耐荷力特性 構造工学論文集 vol.49A 2003年 2）奈良・出口・福本：純せん断力を受ける鋼板の極限強度特性に関する研究 土木学会論文集 第392号 1988年