

動的繰返しせん断力を受ける薄鋼板の弾塑性性状に関する実験

信州大学大学院 学生会員 今井 慎吾  
 大同工業大学 澤田 佳樹  
 大同工業大学 正会員 酒造 敏廣

1. まえがき

地震時に鋼製ラ・メン橋脚のはり中間部がせん断崩壊するとき、わずかな時間内で非常に大きな塑性変形を呈するため、せん断変形速度が著しく大きなものになる。これまでに実施した地震応答解析<sup>1)</sup>では、腹板は最大でせん断降伏ひずみ $\gamma_y$ の200~300倍/秒の速度で、 $\pm 50\gamma_y$ の塑性域まで応答する可能性があることを指摘してきた。

本研究は、単一鋼板にせん断力を動的載荷できる載荷治具を考案・製作し、鋼腹板の動的弾塑性挙動を実験によって究明しようとするものである。

2. 実験概要

(1) 実験供試体

本実験に用いる鋼腹板供試体は図1に示すとおりである。1辺が200mmの正方形腹板(2.3~6mm厚)の周りに板厚9mmのフランジ・プレートを溶接している。実験パネルの四隅部分ではフランジ間に2mm程度の隙間がある。実験供試体(計12体, SS400)の板厚, 降伏点, 幅厚比, 載荷条件等を表1にまとめる。供試体 No.1, 4, 7 及び 10 は, せん断変形角を一方向に漸増させた単調載荷実験用である。その他は, 繰返し載荷用供試体であり, 振動数  $f$  の動的正弦波形を仮定して変位制御で実験を行っている。

(2) 実験装置

せん断力載荷治具を組み込んだ実験装置を図2に示す。供試体は, フランジ一辺につき3箇所, 計24本のボルトでせん断力載荷治具に取り付けた。せん断力載荷治具は, サーボアクチュエーターによる鉛直荷重  $P$  をせん断力  $S$  に変換する役割がある。供試体の四隅は, 治具の軸受の回転中心と一致するようになっている。

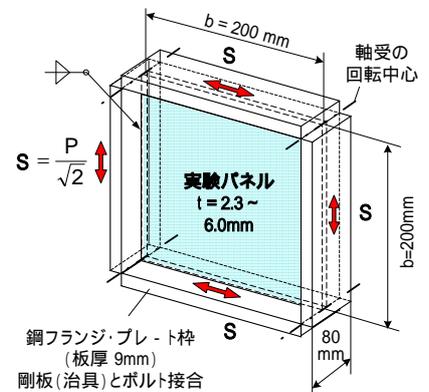


図1 実験供試体

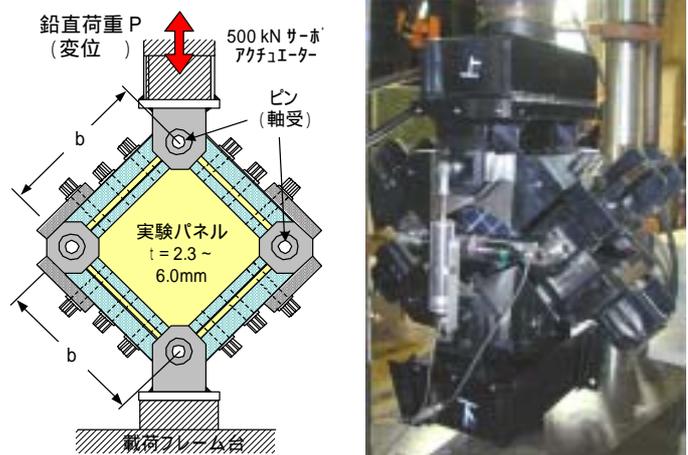


図2 せん断力載荷治具

表1 供試体の機械的性質 (SS400) および載荷条件

項目 供試体	板厚 t (mm)	せん断降伏点 $\tau_y$ (Mpa)	無次元幅厚比 $R_t$	加振振動数 f (Hz)	振 幅		最大載荷速度	
					変位 (mm)	せん断変形角 $\gamma$ (rad)	変位速度 $\dot{\delta}$ (mm/s)	せん断変形角速度 $\dot{\gamma}$ (rad/s)
1-SM-35	5.79	183.7	0.29	-	-	-	-	-
2-SC-35				0.003	±5.0	0.0354	0.094	0.001
3-DC-35				1.0	-	31.416	0.222	-
4-SM-46	4.34	172.3	0.37	-	-	-	-	-
5-SC-46				0.003	±6.5	0.0460	0.123	0.001
6-DC-46				1.0	-	40.840	0.289	-
7-SM-63	3.19	175.5	0.50	-	-	-	-	-
8-SC-63				0.003	±6.0	0.0424	0.113	0.001
9-DC-63				1.0	-	37.699	0.267	-
10-SM-95	2.12	157.3	0.73	-	-	-	-	-
11-SC-95				0.003	±6.0	0.0424	0.113	0.001
12-DC-95				1.0	-	37.699	0.267	-

注) 供試体の表記方法: [番号]-[動的 D, 静的 S][単調 M, 繰返し C]-[幅厚比],

せん断弾性係数  $G = 8.07 \times 10^4 \text{ MPa}$ ,  $R_t = b/t \sqrt{11.1\tau_y/k_s/E/\pi^2}$ ,  $k_s = 14.58$ .

キーワード: はり腹板, せん断崩壊, 動的載荷実験

〒457-8532 名古屋市南区白水町 40 Tel 052-612-5571 Fax 052-612-5953

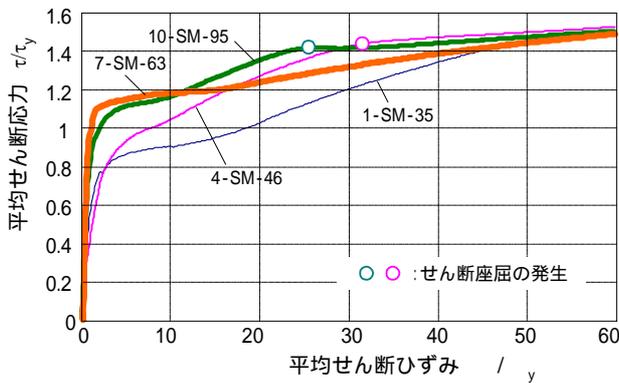


図3 単調載荷の実験結果

3. 実験結果とその考察

弾性実験を通じて、載荷治具に組み込まれた実験パネルには、ほぼ純せん断状態を再現できていることを確かめた。その後に非弾性応答実験を実施した。

(1) 単調載荷の実験結果

腹板の平均せん断応力 とせん断変形角 の関係を図3に示す。 と はせん断降伏点  $\tau_y$  とせん断降伏ひずみ  $\gamma_y$  で無次元表示している。この図から、幅厚比が大きくなると、腹板の  $\tau/\tau_y$  曲線は、  $\gamma/\gamma_y$  の増大に伴って、弾性せん断降伏ひずみ硬化せん断座屈の経路をたどっていることがわかる。

(2) 繰り返し載荷の実験結果

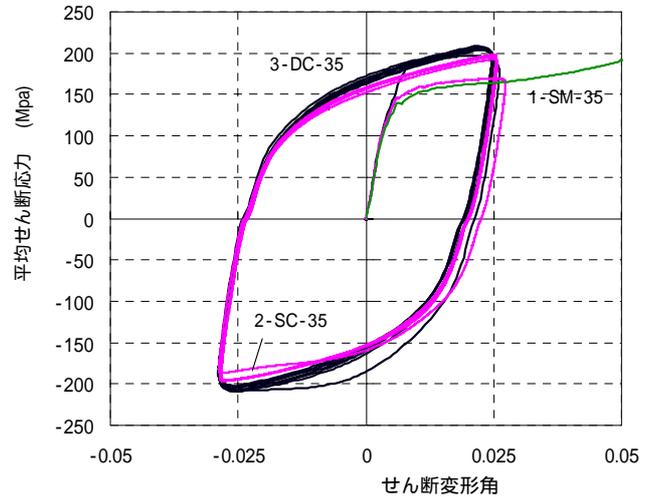
供試体の幅厚比別に繰り返し載荷の  $\tau/\tau_y$  曲線を図4に示す。この図から、載荷速度に関わらず、すべての供試体で、  $\tau/\tau_y$  曲線の弾性勾配はほぼ一致し、載荷速度の増大によるせん断降伏点の上昇（約10~46%）が顕著に現れていることがわかる。

幅厚比が比較的大きいNo.11の腹板では、せん断変形角の増大により、斜め張力場が形成され、いわゆるスリップ型の履歴ループを呈している<sup>2)~4)</sup>。動的載荷のNo.12腹板でもほぼ同様となっている。(b)の図中のAの箇所は、対角線2方向の座屈波形が1方向の波形に飛び移る位置であり、抵抗せん断応力が10~20MPa低下している。載荷速度が大きいNo.12腹板では、このような挙動は見られない。

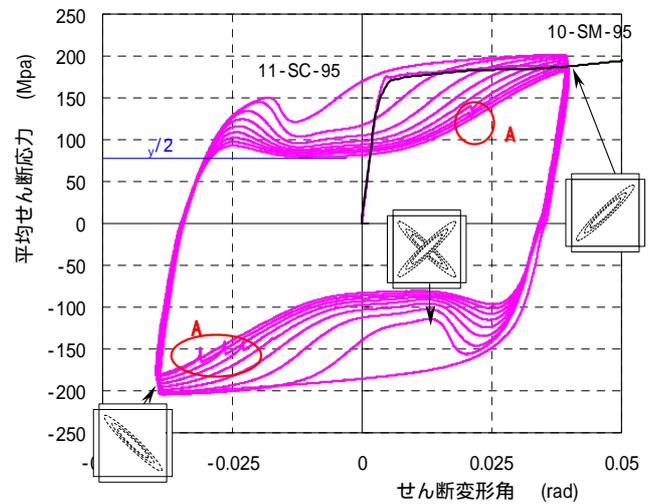
4. まとめ

せん断力を受ける鋼腹板の動的弾塑性実験を行うための載荷治具を考案・試作した。実験結果から、ひずみ速度の増大によって、1回目の履歴ループにおけるせん断降伏点の上昇が顕著になることを示した。

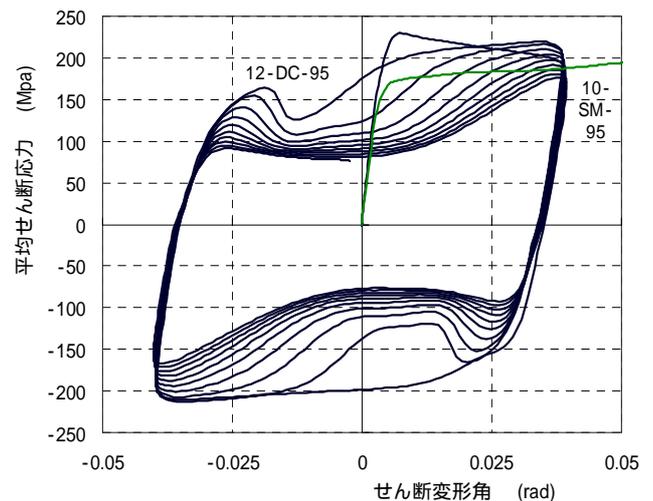
参考文献 1)酒造敏廣:構造工学論文集 Vol.47A, 土木学会, pp.771~782 2)武田八郎:鋼構造年次論文報告集, JSSC, 第2巻, 1994年11月, pp.1-8. 3)高橋泰彦, 品部裕児:日本建築学会構造系論文集第494号, 日本建築学会, 1997年4月, pp.107~114. 4)葛西昭, 渡辺智彦, 宇佐美勉, Chusilp, P.:土木学会論文集, No.703/1-59, pp.129-140, 2002年4月。



(a) 2-SC-35, 3-DC-35,  $R_f=0.29$



(b) 11-SC-95,  $R_f=0.73$  (静的繰り返し)



(c) 12-DC-95,  $R_f=0.73$  (動的繰り返し載荷)

図4 繰り返し載荷の実験結果