

I-A89

プレートガーダーの繰返しせん断载荷実験

福山大学 正会員 中村 雅樹 福山大学 正会員 上野谷 実
福山大学 正会員 福本 晴士 日本鋼管(株) 小林 泰男

1. まえがき

本研究は高架橋を支える鋼製橋脚構造に過大な地震力が作用する場合、交番に作用するせん断力により門形ラーメンのはり部材ウェブの数パネルに形成される斜張力場を積極的に利用して、大きな塑性変形性能を発揮できるような構造システム（せん断型塑性リンクと呼ぶ）を新たに考案し、開発しようとするものである。繰返しせん断力を受けるウェブの塑性変形挙動を明らかにするためにI形プレートガーダーの载荷実験を行った。今回はウェブ幅厚比 114,160,200 の3体の実験結果について報告する。

2. 実験方法

供試体のI形プレートガーダーは図-1に示すようにウェブ幅と高さが800×800mmで厚さが4,5,7mmの3種類(S1, S3およびS4と呼ぶ)を普通鋼材S M400Bで製作した。フランジ断面は3体とも300×12mmである。供試体の形状寸法を図-1に示す。ここで便宜上左側パネルをAパネル、右側パネルをBパネルと呼ぶ。材料特性はウェブ厚が4,5mmの場合、降伏応力 $\sigma_y = 2969 \text{ kgf/cm}^2$ 、引張強さ $\sigma_u = 4296 \text{ kgf/cm}^2$ で、ウェブ厚が7mmの場合、降伏応力 $\sigma_y = 2985 \text{ kgf/cm}^2$ 、引張強さ $\sigma_u = 4313 \text{ kgf/cm}^2$ である。ウェブ全体の初期たわみの最大値を表-1に示す。繰返しせん断载荷実験は図-2に示すような载荷装置で行った。载荷方法は正負の繰返しせん断荷重を油圧ジャッキによって変位制御で静的に载荷した。本研究ではせん断変形の大きさはウェブパネルの対角線方向変位で表す。これは対角線方向変位が支点変位の影響などを受けずに変位計で容易に測定できるからである。図-3に示すようにウェブがせん断変形するとき、せん断変位 $a\gamma$ の対角線方向成分の差をせん断変位 δ と呼ぶことにする。これは式(1)で表される。ウェブがせん断応力で降伏するときのせん断変位は降伏せん断変位 δ_y として式(2)で表される。

$$\delta = \sqrt{2}a\tau / G \cdots \cdots (1) \quad \delta_y = \sqrt{2}a\tau_y \cdots (2) \quad Q_r = \tau_y A_w \cdots (3)$$

ここに、 τ ：せん断応力、 a ：ウェブ幅、 σ_y ：降伏応力、 τ_y ：降伏せん断応力、 Q_r ：降伏せん断力、 A_w ：ウェブ断面積である。これよりせん断による δ_y は0.24cmとなるが、ウェブパネルの両端に作用する曲げモーメント $M = Qa$ による対角線方向変位を加えると σ_y はS1,S3,S4でそれぞれ0.27,0.28,0.30cmとなる。载荷方法は図-4に示すように降伏せん断変位 δ_y の整数倍の単調繰返し変位载荷とした。

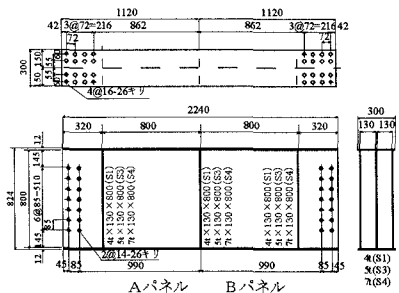


図-1 供試体 (S1,S3,S4)

表-1 初期たわみの最大値

供試体 No	S1		S3		S4	
	A	B	A	B	A	B
δ_{max}	3.73	2.30	4.80	3.72	0.99	1.62
$\delta_{max}/(a/\sqrt{2})$	1.16	0.72	1.50	1.16	0.31	0.51

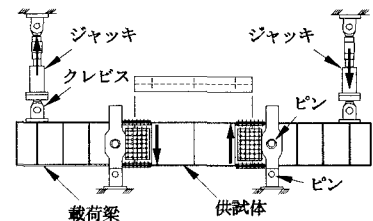


図-2 载荷装置

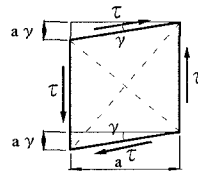
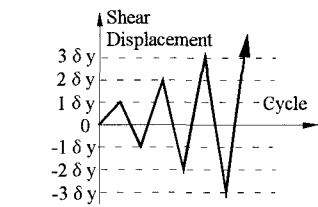
図-3 せん断変位 δ 

図-4 せん断荷重载荷サイクル

3. 実験結果および考察

図-5に供試体S1のせん断力－せん断変位履歴曲線（ヒステリシスループ）を示す。縦軸はせん断力で横軸はせん断変位である。今回行った3体の供試体の載荷実験では座屈によるウェブの面外たわみは最大初期たわみの方向に生じ、初期たわみの大きいパネルのみ崩壊した。これより $1\delta_y$ までの曲線はほぼ直線的に推移し、耐力力は $2\delta_y$ で最大になり、ウェブパネルの降伏域の進展と面外たわみによってせん断変形は急激に増加する。その後各変位サイクル毎にせん断変形は増加し、面外たわみも増加する。しかし、各変位サイクルでの耐力力は張力場によってほぼ一定となる。供試体S3およびS4は表-1に示すように耐力力などは異なるが同様な挙動を示す。

図-6にエネルギー吸収量を示す。これはせん断力－せん断変位履歴曲線において、各変位サイクル毎のループの面積がその変位サイクルでの供試体のエネルギー吸収量としたものである。これより、各変位サイクルのエネルギー吸収量は変位サイクル数に比例して $10\delta_y$ までほぼ一定の割合で増加する。

図-7にせん断荷重－せん断変位履歴曲線の包絡線を示す。これより、最大耐力力は初期の変位サイクルに生じる。その後、ウェブの面外たわみの増加にともなって最大荷重は3変位サイクル目まで漸減する。それ以後もウェブの面外たわみは増加するが、せん断座屈の特性である張力場作用によって各変位サイクルでの耐力力は一定に保たれる。このほぼ一定になるせん断変位を平均包絡せん断力と呼ぶ。

表-1に実験における平均包絡せん断力 $Q_{env,ex}$ を示す。これより、実験による平均包絡せん断力 $Q_{env,ex}$ は幅厚比に関係なく降伏せん断力 $Q_{r,th}$ の7割程度となる。

4. まとめ

繰り返しせん断力を受けるプレートガーダーに関して本実験の範囲内で面内変形挙動、面外たわみおよびエネルギー吸収量について以下のことが明らかになった。

- (1)荷重－せん断変位履歴曲線において、最大耐力力はせん断変形が $2\delta_y$ で生じる。 $2\delta_y$ 以後、各変位サイクルでの耐力力は張力場によってほぼ一定となる。
- (2)実験による平均包絡せん断力 $Q_{env,ex}$ は幅厚比に関係なく降伏せん断力 $Q_{r,th}$ の7割程度となる。
- (3)ウェブの面外たわみは座屈によって変位サイクル毎に増大するが、耐力力は低下せずほぼ一定となる。
- (4)エネルギー吸収量は変位サイクル数に比例して $10\delta_y$ までほぼ一定の割合で増加する。
- (5)プレートガーダーウェブのせん断変形によって過大な地震荷重エネルギーを吸収する構造形式にすれば、曲げや軸圧縮変形に比較して大きな塑性変形性能が発揮できる。

謝辞 本研究を実施するにあたり、平成9年度の文部省科学技術研究費・基盤研究B(2)の補助を受けた。ここに記して、謝意を表します。

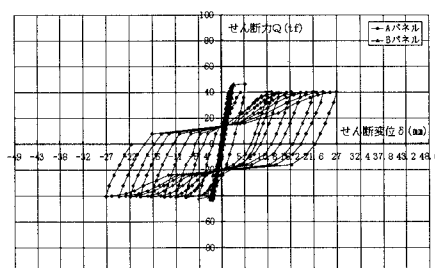


図-5 せん断力－せん断変位履歴曲線（S1）

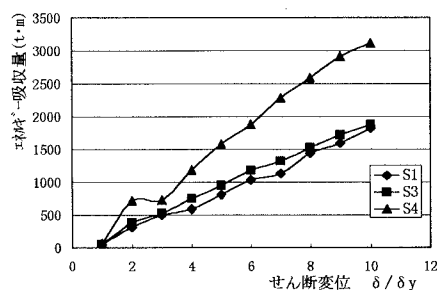


図-6 エネルギー吸収量

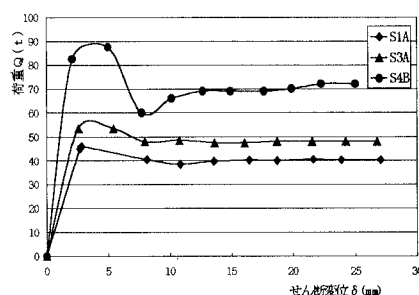


図-7 荷重－せん断変位の包絡線

表-1 最大耐力力と包絡荷重

No	幅厚比 b/tw	降伏せん断力 $Q_{r,th}$ (tf)	降伏せん断力 $Q_{r,th}$ (tf)	最大せん断力 $Q_{max,ex}$ (tf)	平均包絡せん断力 $Q_{env,ex}$ (tf)	$Q_{env,ex}$ $Q_{r,th}$
S1	200	14.1	54.8	46.0	40	0.73
S3	160	27.6	68.6	53.5	48	0.70
S4	114	75.6	96.5	87.6	70	0.73