

低降伏点鋼プレートガーダーの繰返しせん断载荷実験

福山大学 工学部 福本 秀士 福山大学 正会員 上野谷 実
福山大学 正会員 中村 雅樹 日本鋼管(株) 山本 定弘
福山大学大学院 学生会員 ○村中 宏行

1. まえがき

本研究は門形鋼製橋脚に地震力が作用する場合、繰返しに作用するせん断力により鋼製橋脚の横ばり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）を新たに開発しようとするものである。その基礎資料として、ウェブに低降伏点鋼を用いた I 形プレートガーダーの繰返しせん断载荷実験を行った。今回はウェブ幅厚比 112,170,185 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ウェブに低降伏点鋼（LY100）、フランジとスチフナーに普通鋼（SM400B）を用いて図-1 に示すようにウェブ幅と高さが 800×800mm で厚さが 4.3, 4.7, 7.2mm の 3 体（LY1,LY2,LY3 と呼ぶ）を製作した。フランジ断面は 3 体とも 300×12mm である。ここで便宜上西側パネルを A パネル、東側パネルを B パネルと呼ぶ。ウェブの材料特性は降伏応力 $\sigma_y=91MPa$ （0.2%耐力）、引張強さ $\sigma_u=252MPa$ である。ウェブの最大初期たわみを表-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。

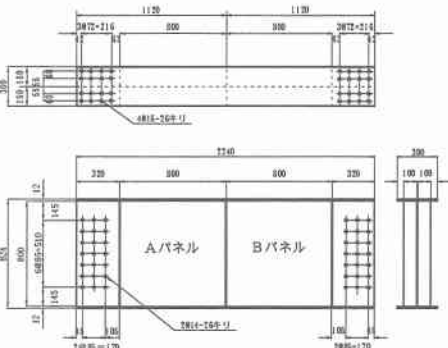


図-1 供試体（LY1,LY2,LY3）

表-1 初期たわみの最大値

供試体 No	LY 1		LY 2		LY 3	
パネル	A	B	A	B	A	B
δ_{max} (mm)	2.93	2.24	1.72	2.86	3.78	1.75
$\delta_{max}/(a/250)$	0.92	0.70	0.54	0.89	1.18	0.55

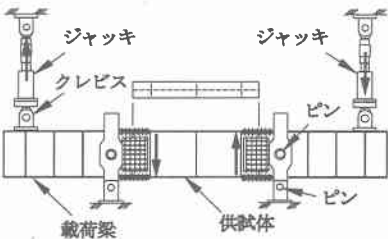


図-2 载荷装置

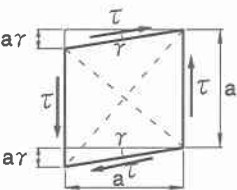


図-3 せん断変位 δ

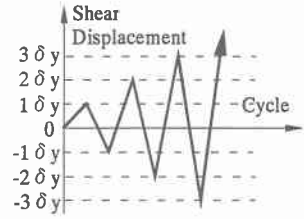


図-4 せん断荷重载荷サイクル

$$\delta = \frac{\sqrt{2}a\tau}{G} \dots (1)$$

$$\delta_y = \frac{\sqrt{2}a\tau_y}{G} \dots (2)$$

$$Q_y = \tau_y A_w \dots (3)$$

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_y ：降伏せん断力、 A_w ：ウェブ断面積である。降伏せん断変位 δ_y は 0.75mm 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。

3. 実験結果および考察

図-5 に供試体 LY1 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。今回行った载荷実験で座屈によるウェブの面外たわみは3体すべて最大初期たわみの方向に生じ、AB両パネルとも崩壊した。LY1 の耐力力は $1\delta_y$ （せん断変位 0.75mm）から $44\delta_y$ （33mm）までひずみ硬化により徐々に増加し、その後張力場によりピーク荷重は 236kN 付近でほぼ一定となる。このほぼ一定になる耐力力を繰り返し耐力力と呼ぶ。

図-6 に各供試体のせん断力-せん断変位履歴曲線の包絡線を示す。LY1,LY2 は耐力力などは異なるが、ほぼ同様の挙動を示す。ただし LY3 については $52\delta_y$ （39mm）以降、耐力力が徐々に低下する。これは耐力力の大きい LY3 ではフランジの変形が大きくなることにより、フランジの張力場のアンカーとしての作用が低下したことが原因と考えられる。表-2 に繰り返し耐力力と降伏せん断力の比を示す。

低降伏点鋼の場合、せん断座屈によるウェブの崩壊はAB両パネルで生じる。よって各変位サイクルでのエネルギー吸収量はAB両パネルの履歴面積の和とする。図-7 に各供試体についてのループごとでのエネルギー吸収量を示す。LY3 のエネルギー吸収量は一定の割合で増加する。LY1,LY2 のエネルギー吸収量は $56\delta_y$ （せん断変位 81.4mm）、 $56\delta_y$ （73.8mm）まで一定の割合で増加するが、それ以降エネルギー吸収量の増加の割合が小さくなる。これはフランジの変形が大きくなることによる張力場作用の低下が原因と考えられる

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、耐力力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) せん断力-せん断変位履歴曲線において、最大耐力力は $32\sim 44\delta_y$ で生じ、それ以後張力場によって一定となる。ただし耐力力の大きい LY3 ではフランジの変形により、徐々に低下する。
- (2) 実験による繰り返し耐力力 $Q_{cy,ex}$ は降伏せん断力 $Q_{Y,th}$ の 1.3~1.4 倍になる。
- (3) エネルギー吸収量は変位サイクル数に比例してほぼ一定の割合で増加する。ただし LY1,LY2 は $56\delta_y$ （せん断変位 81.4mm）、 $56\delta_y$ （73.8mm）まで一定の割合で増加するが、それ以降フランジの変形により、エネルギー吸収量の増加の割合が小さくなる。

謝辞 本研究を実施するにあたり、平成 10 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。

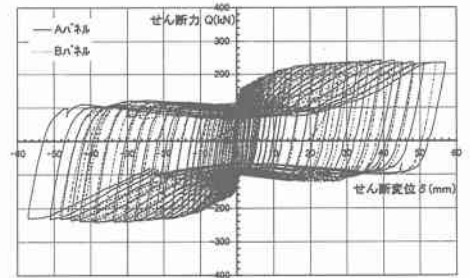


図-5 せん断力-せん断変位履歴曲線 (LY1)

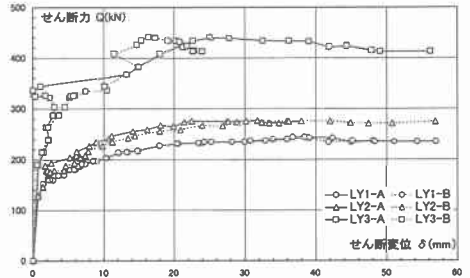


図-6 せん断力-せん断変位の包絡線

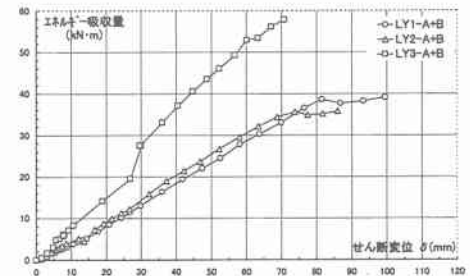


図-7 エネルギー吸収量

表-2 繰り返し耐力力

No	幅厚比 b/t_w	繰り返し 耐力力 $Q_{cy,ex}$ (kN)	繰り返し 耐力力 開始サイクル δ_y	降伏 せん断力 $Q_{Y,th}$ (kN)	$\frac{Q_{cy,ex}}{Q_{Y,th}}$
LY1	185	236	48	181	1.30
LY2	170	279	44	198	1.41
LY3	112	436	40	303	1.44