

繰返しせん断荷重を受けるプレートガーダの変形性能

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 昉士 日本鋼管㈱ 小林 泰男
福山市 正会員 ○三反畑 光男

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形プレートガーダの載荷実験を行った。今回はウェブ幅厚比200の供試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(S1と呼ぶ)は図-1に示すようにウェブ幅と高さが800×800mmで厚さが4mmを普通鋼材SM400Bで製作した。フランジ断面は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。材料特性は降伏応力 $\sigma_y=2969 \text{ kgf/cm}^2$ 、引張強さ $\sigma_u=4296 \text{ kgf/cm}^2$ である。ウェブ全体の初期たわみの最大値を表-1に示す。繰返しせん断載荷実験は図-2に示すような載荷装置で行った。載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載荷した。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。

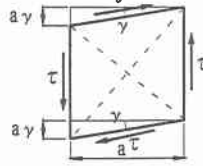


図-3 せん断変位 δ

$$\delta = \frac{\sqrt{2}a\tau}{G} \dots\dots (1) \quad \delta_y = \frac{\sqrt{2}a\tau_y}{G} \dots\dots (2) \quad Q_y = \tau_y A_w \dots\dots (3)$$

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。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 δ_y は0.27cmとなる。載荷方法は図-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載荷とした。

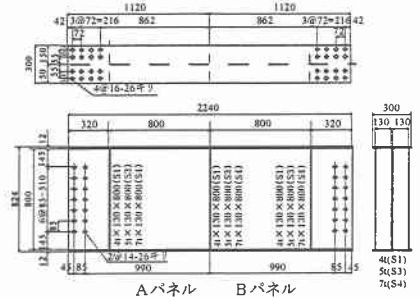


図-1 供試体 (S1)

表-1 初期たわみの最大値

供試体 No	S1	
パネル	A	B
$\delta_{max}(\text{mm})$	3.73	2.30
$\delta_{max}/(a/250)$	1.16	0.72

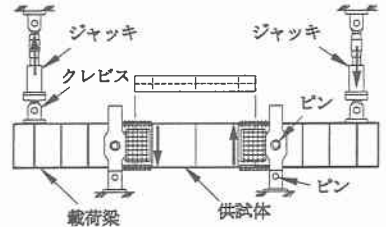


図-2 載荷装置

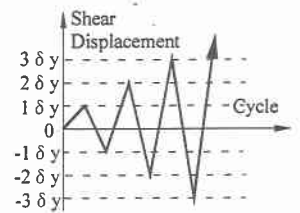


図-4 せん断荷重載荷サイクル

3. 実験結果および考察

最初の変位サイクルの $1\delta_y$ において、ウェブおよびフランジに接着したひずみゲージからウェブ中央面の実験による応力とはり理論による応力分布を比較する。応力分布はパネル中央断面について示す。図-5にAパネルのせん断応力 τ_{xy} (S1, Aパネル中央断面)を示す。図-6にAパネルの曲げ応力 σ_x (S1, Aパネル中央断面)を示す。図-5、図-6を見ると20tfまでの実験値は理論値とよく近似するが、28tfから差が大きくなり、45tfでは理論値と大きく異なる。これは荷重の増加にともない座屈による面外たわみが増大したためと思われる。

図-7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、耐荷力は $2\delta_y$ で最大になり、ウェブパネルの降伏域の進展と座屈による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荷力は張力場によりほぼ一定となる。これはせん断変形に比例してエネルギー吸収量が増大することを意味する。すなわち、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著しく大きな塑性変形性能が発揮されることを示唆している。

図-8に供試体S1の面外たわみが最大になるとと思われるパネル中央における荷重一面外たわみ曲線を示す。縦軸はせん断荷重で横軸は面外たわみである。これより、繰り返しせん断力を受けるプレートガーダーのウェブはせん断変形の増大にともなって面外たわみは変位サイクル毎に増大するが、耐荷力は低下せずほぼ一定となる。

4. まとめ

本実験の範囲内で繰り返しせん断力を受けるプレートガーダーに関して以下のことが明らかになった。

- (1) パネルの応力は、20tfまで解析と近似するが、その後座屈による面外たわみの影響によって理論値より大きくなる。
- (2) 荷重-せん断変位履歴曲線において、せん断変形が $2\delta_y$ で最大耐荷力に達する。 $2\delta_y$ 以後、各変位サイクルでの耐荷力は張力場によってほぼ一定となる。
- (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、耐荷力は低下せずほぼ一定となる。

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。

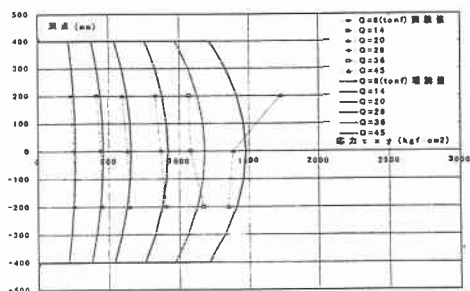


図-5 せん断応力 τ_{xy} (S1, Aパネル中央断面)

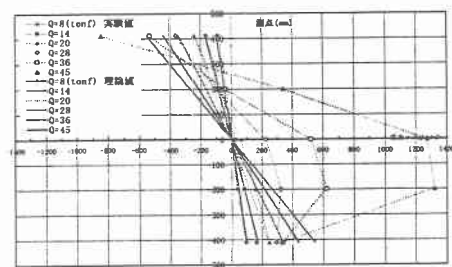


図-6 曲げ応力 σ_x (S1, Aパネル中央断面)

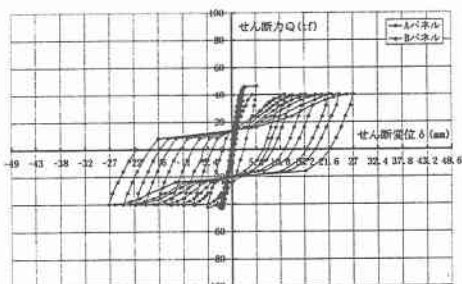


図-7 せん断力-せん断変位履歴曲線(S1)

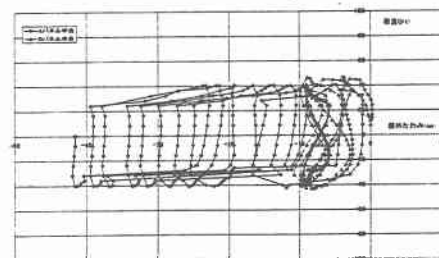


図-8 せん断荷重一面外たわみ曲線(S1)