

普通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
 大鉄工業(株) 正会員 ○吉田 和宏

1. まえがき

本研究は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（ダクティリティ）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。今回は、普通鋼で製作した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。ウェブ幅厚比 200, 158, 119 の3体の供試体について行った実験結果を報告する。

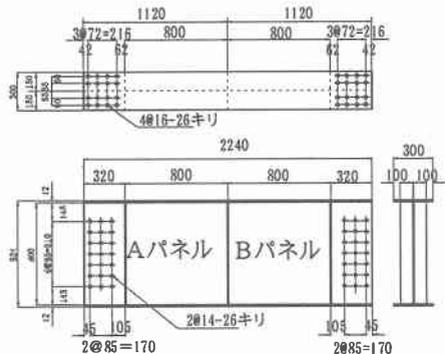


図-1 供試体(SM1,SM2,SM3) (単位mm)

2. 実験方法

供試体の形状寸法を図-1 に示す。供試体のI形プレートガーダーは普通鋼材 SM400B を用いた。3体の供試体は SM1,SM2,SM3 と呼び、それぞれのウェブ厚は 4.0,5.1,6.7mm である。また、ウェブ幅と高さは 800×800mm で、フランジ断面は 300×12mm である。ここで便宜上西ウェブパネルを A パネル、東ウェブパネルを B パネルと呼ぶ。材料特性は表-1 に、ウェブ全体の初期たわみの最大値は表-2 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。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。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 として次式により与えられる。

表-1 材料特性

鋼種	降伏応力 σ_y (MPa)	引張強さ σ_u (MPa)	ポアソン比 ν	ヤング率 E(GPa)
SM1,SM2	274	412	0.30	195
SM3	295	421	0.28	195

表-2 初期たわみの最大値 (単位 mm)

供試体	SM1		SM2		SM3	
	A	B	A	B	A	B
δ_{max}	-1.05	1.01	1.88	1.09	2.14	1.49

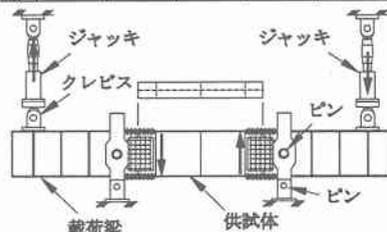


図-2 载荷装置

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

ここに、 σ_y : 降伏応力、 τ_y : 降伏せん断応力、 a : ウェブ幅、 Q_y : 降伏せん断力、 A_w : ウェブ断面積である。これより各供試体の δ_y は、SM1 および SM2 では 2.3mm、SM3 では 2.4mm 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 の整数倍で単調繰返し変位载荷とした。

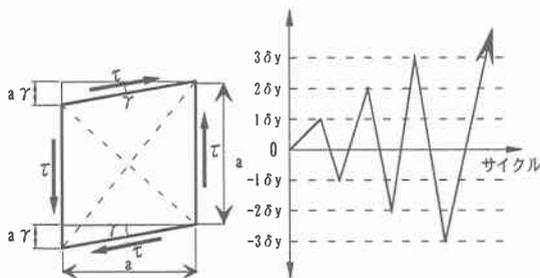


図-3 せん断変位 δ 図-4 せん断荷重载荷サイクル

3. 実験結果および考察

図-5 に供試体 SM2 のせん断荷重-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は 3 体の供試体はすべて片パネルのみで崩壊した。1 δ_y (2.3mm)までの曲線はほぼ直線に推移し、耐力力は2 δ_y (4.5mm)で最大となり、ウェブパネルの降伏域の進展と面外たわみの増大によりせん断変形は急激に増加する。その後、耐力力は3 δ_y (6.8mm)~24 δ_y (54mm)まで張力場によりほぼ一定となる。この一定になる耐力力を繰り返し耐力力と呼ぶ。しかし、28 δ_y (63mm)以後、繰り返し耐力力および座屈荷重が低下している。この頃からフランジがウェブ側に大きく変形を始める。このフランジの変形によって張力場作用が低下して、面外たわみも急激に増加し、繰り返し耐力力が低下したと思われる。供試体 SM1 および SM3 も表-3 に示すように耐力力などは異なるがほぼ同様な挙動を示す。

図-6 にせん断荷重-せん断変位履歴曲線の包絡線を示す。最大耐力力は2 サイクル目で生じる。その後、最大耐力力は4 サイクル目まで漸減する。それ以後、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なるが、フランジの変形が大きくなると耐力力は低下する。これは、ウェブ厚が厚いほど早まる傾向にある。

図-7 にエネルギー吸収量を示す。これはせん断荷重-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面積を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、せん断変位に比例して24 δ_y (SM1 および SM2 では 54mm, SM3 では 58mm)まではほぼ一定の割合で増加するが、繰り返し耐力力が低下し始める28 δ_y (SM1 および SM2 では 63mm, SM3 では 68mm)よりエネルギー吸収量の増加率が低下する。

4. まとめ

繰り返しせん断荷重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、せん断変形が2 δ_y で最大耐力力に達する。3 δ_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) SM1 および SM2 では28 δ_y 、SM3 では20 δ_y よりフランジがウェブ側に大きく曲がり、繰り返し耐力力が低下し始める。
- (3) エネルギー吸収量はせん断変位に比例して24 δ_y までほぼ一定の割合で増加するが、繰り返し耐力力が低下し始める28 δ_y 頃よりエネルギー吸収量の増加率は低下する。

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・基礎研究B(2)の補助を受けた。ここに記して、誠意を表します。

表-3 最大耐力力と繰り返し耐力力

供試体	幅厚比 a/t_w	座屈荷重 $Q_{cr,ex}$ (kN)	最大耐力力 $Q_{max,ex}$ (kN)	繰り返し耐力力 $Q_{cy,ex}$ (kN)	耐力力低下変位 δ_y
SM1	200	167	400	375	28
SM2	158	196	536	482	28
SM3	114	314	818	678	20

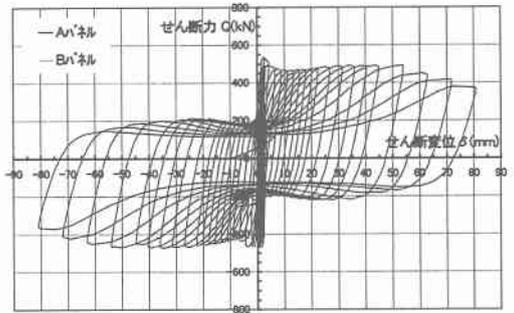


図-5 せん断荷重-せん断変位履歴曲線(SM2)

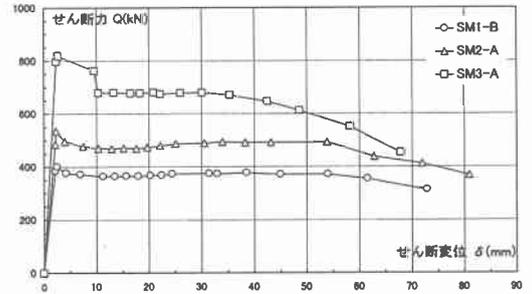


図-6 せん断荷重-せん断変位の包絡線

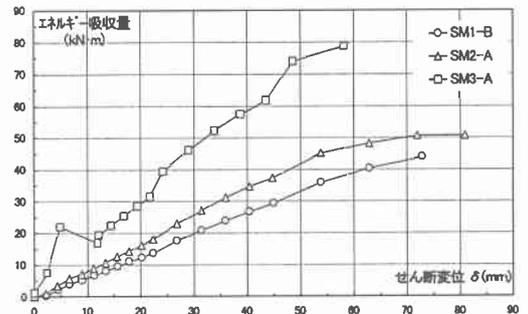


図-7 エネルギー吸収量