I－A246

繰り返しせん断荷重を受ける低降伏点鋼プレートガーダーの変形能に関する実験的研究

福山大学　ﾌｪﾛｰ　　福本　唀士　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　　柳谷　正臣

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，繰り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を発揮できるような構造システムを新たに開発しようとするものである．ここでは，ウェブに普通鋼および低降伏点鋼を用いたＩ形プレートガーダーの繰り返しせん断載荷実験を行った．ウェブ鋼種が耐荷力や塑性変形能に与える影響について報告する．

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ウェブ厚を変えた普通鋼材 SM400 および低降伏点鋼材 LY100 を用いてウェブは幅と高さが 800×800mm の正方形でフランジ断面は 300×12mm の６体を製作した．ここで便宜上西側ウェブパネルをＡパネル，東側ウェブパネルをＢパネルと呼ぶ．ウェブ厚および材料特性を表-1 に示す．繰り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．

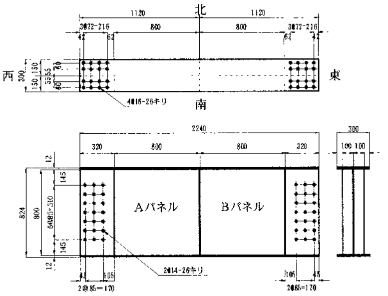


図-1　供試体

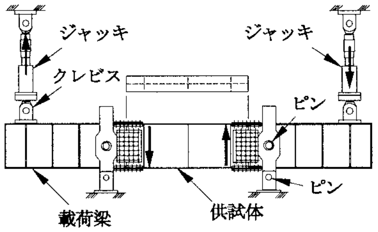
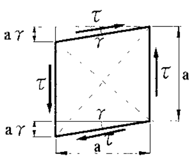


図-2　載荷装置

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純せん断応力状態で変形するとき，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．ウェブが純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として次式により得られる．



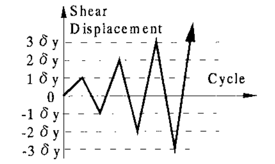


図-3　せん断変位δ　図-4　せん断荷重載荷サイクル

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

ここに，τ：せん断応力，τ_y：降伏せん断応力，σ_y：降伏応力，a：ウェブ幅および高さ，G：せん断弾性係数，Q_y：降伏せん断力，A_w：ウェブ断面積である．これより算出した各供試体のδ_yを表-1 に示す．載荷方法は正負の繰り返しせん断荷重を油圧ジャッキによって図-4 に示すように降伏せん断変位δ_yの整数倍の単調繰り返し変位載荷とした．

表-1　材料特性

供試体	鋼種	ｳｪﾌﾞ厚	降伏応力 (MPa)	引張強さ (MPa)	降伏せん断変位δ_y (mm)
SM1	SM400	4.0	274	412	2.3
SM2	SM400	5.1	274	412	2.3
SM3	SM400	6.7	295	421	2.4
LY 1	LY100	4.3	91	252	0.75
LY 2	LY100	4.7	91	252	0.75
LY 3	LY100	7.2	91	252	0.75

キーワード：プレートガーダー，繰り返しせん断荷重，ダクティリティー
連絡先：〒 729-0292　広島県福山市学園町１番地三蔵，TEL 0849-36-2111，FAX 0849-36-2023

３．実験結果および考察

供試体 SM1 と LY1 のせん断荷重－せん断変位履歴曲線をそれぞれ図-5 と図-6 に示す．縦軸はせん断力で横軸はせん断変位である．今回行った載荷実験では普通鋼の供試体はすべて片パネルのみが崩壊したが，低降伏点鋼の供試体では両パネルが崩壊した．普通鋼の供試体は，耐荷力が $2\delta_y$ 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耐荷力が徐々に低下する．耐荷力はせん断変位が 10mm を越えると張力場によりほぼ一定となる．この一定になる耐荷力を繰り返し耐荷力と呼ぶ．これに対して低降伏点鋼の場合，耐荷力はひずみ硬化によりサイクル毎に増加して，せん断変位が 20mm で最大になり，それ以降張力場により一定となる．

図-7 にせん断荷重－せん断変位履歴曲線の包絡線を示す．普通鋼はせん断変位が SM1 および SM2 では 55mm，SM3 では 30mm を過ぎると，繰り返し耐荷力が低下する．この頃からフランジは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，ウェブの面外たわみも急激に増加し，繰り返し耐荷力が低下すると思われる．低降伏点鋼の場合，繰り返し耐荷力はせん断変位が 55mm までほぼ一定を保つ．

図-8 にエネルギー吸収量を示す．これはせん断荷重－せん変位断履歴曲線において，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．エネルギー吸収量はせん断変位に比例してほぼ一定の割合で増加する．

低降伏点鋼は普通鋼と比較して降伏応力が約 1/3 倍である．普通鋼の場合は片パネルのみでエネルギーを吸収しているのに対し，低降伏点鋼の場合は両パネルで吸収し，普通鋼のエネルギー吸収量の約 60～70％に達している．したがって，低降伏点鋼はエネルギー吸収の効率がよいといえる．

４．まとめ

繰り返しせん断荷重を受ける I 形プレートガーダーの載荷実験の結果，本実験の範囲内で以下のことが明らかになった．

(1) 普通鋼の場合，2～3 サイクル目で最大耐荷力に達する．それ以後，耐荷力はやや低下するが，張力場により一定になる．また，低降伏点鋼の場合，耐荷力はひずみ硬化によりサイクル毎に増加して最大になりそのまま一定となる．

(2) 繰り返し耐荷力は張力場により一定となるが，せん断変形が大きくなってフランジが変形を始めると，繰り返し耐荷力は低下する．

(3) エネルギー吸収量はせん断変位に比例してほぼ一定の割合で増加する．低降伏点鋼は普通鋼にくらべてエネルギー吸収の効率がよい．

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，謝意を表します．

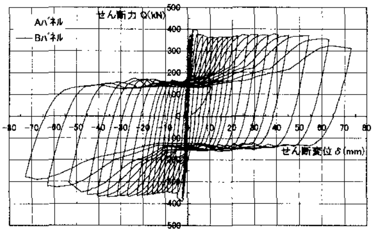


図-5 せん断力－せん断変位履歴曲線(SM1)

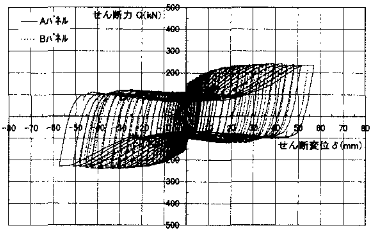


図-6 せん断力－せん断変位履歴曲線(LY1)

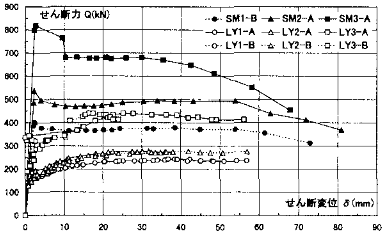


図-7 せん断力－せん断変位の包絡線

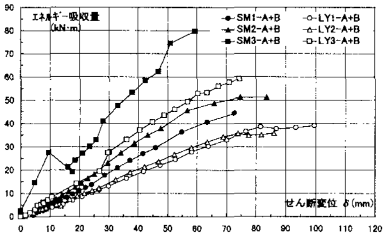


図-8 エネルギー吸収量

表-2　繰り返し耐荷力（普通鋼）

No	幅厚比 a/t_w	座屈荷重 $Q_{cr,ex}$ (kN)	最大耐荷力 $Q_{max,ex}$ (kN)	繰り返し耐荷力 $Q_{cy,ex}$ (kN)	耐荷力低下変位 δ_y
SM1	200	167	400	375	28
SM2	158	196	536	482	28
SM3	114	314	818	678	20

表-3　繰り返し耐荷力（低降伏点鋼）

No	幅厚比 a/t_w	繰り返し耐荷力開始サイクル δ_y	降伏せん断力 $Q_{y,th}$ (kN)	繰り返し耐荷力 $Q_{cy,ex}$ (kN)	$Q_{cy,ex}/Q_{y,th}$
LY1	185	48	181	236	1.30
LY2	170	44	198	279	1.41
LY3	112	40	303	436	1.44