

豊田高専 正会員 ○草間 晴幸
名古屋大 正会員 福本 勝士

1. はじめに

本研究は鋼製橋脚を対象として、主に交番的に発生消滅する局部座屈に注目し、繰り返し荷重を受ける鋼薄肉箱形断面部材の変形挙動と耐力を実験的に明らかにし、繰り返し荷重下での、この種の構造物の強度の評価と設計のための基礎的資料を得ようとするものである。対象とする部材は実際には、曲げおよび軸力の組み合わせ荷重が作用するが、今回は繰り返し圧縮引張りおよび繰り返し曲げのみが作用する場合の実験を各行ない、組み合わせ荷重が作用する場合の基礎的実験とした。

2. 実験内容

(i) 供試体 今回の実験のため材質 S41、厚さ 6mm の鋼板を用い、溶接組み立てにより繰り返し圧縮引張り試験のために箱形断面柱 6 体 (P シリーズ)、繰り返し曲げ試験のために箱形断面梁 6 体 (B シリーズ) を製作した。供試体のタイプは箱形断面部材を構成する板要素の幅厚比 (b/t) で区分され、幅厚比は 40, 60, 80 の 3 種類の値を採用した。各供試体の寸法を Table 1 に示す。

(ii) 引張り試験 供試体を切り出す鋼原板を 3 枚使用したため、各々の原板から 3 枚ずつ引張り試験片を製作し、MTS により降伏強度、弾性係数などの材料特性を測定した。

(iii) 残留応力測定 P シリーズの $b/t = 40, 60$ と同寸法の残留応力測定用の供試体を製作し、切断法により残留応力分布を求めた。P シリーズと B シリーズは供試体の長さと同供試体端近傍部分における締結用ボルト穴の有無が異なるだけのため、測定した残留応力分布は、P シリーズ、B シリーズ両方に対して使用することができる。

(iv) 初期たわみ測定 P シリーズの供試体は供試体長さ方向の中心から、供試体幅の 1/5 倍の位置に隔壁が配置されている。その隔壁間の部分を供試体の板要素とし、全板要素の初期たわみを測定した。B シリーズの供試体は 2 点載荷のための loading point 直下に隔壁が配置されている。その隔壁間の部分における上下フランジの初期たわみを測定した。

(v) 繰り返し載荷実験 実験には P シリーズ、B シリーズとも名古屋大学工学部建築学科の 300 ton 長柱試験機を用いた。P シリーズに対する供試体の配置概形図を fig. 1 に示す。繰り返し圧縮引張りに対する変形挙動を連続的に追従するため、特殊な鋼製底版を製作し支圧板に取り付け、さらに L 型の締結用部材を製作し、高張力ボルトを用い底版と供試体を締結した。作用荷重は引張り荷重に対しては実際の鋼製橋脚に曲げと軸力が作用した場合、橋脚の構成板要素に作用する引張り力が圧縮力の 1/2 程度と設計されるため、今回の実験では供試体板要素の弾性座屈荷重が、計算では全て 156 ton になるため、およそその 1/2 となる 75 ton を採用した。また圧縮荷重に対しては、極限荷重が観測され、荷重-変形曲線がある程度安定したと見なされる点 (極限荷重から供試体全体の圧縮変位が 100 ~ 200 mm 増加する荷重段階) まで荷重が増加され、その後は降荷をした。B シリーズには通常の曲げ試験の方法が適用され、その実験の供試体配置概形図を fig. 2 に示す。

		A (cm)	b/t	L (cm)
P series	4P1	56.79	40	134
	4P2	56.16		
	6P1	87.92	60	164
	6P2	89.49		
	8P1	110.28	80	196
	8P2	110.21		
B series	4B1	55.15	40	212
	4B2	55.69		
	6B1	83.75	60	308
	6B2	84.77		
	8B1	109.74	80	404
	8B2	109.85		

Table.1

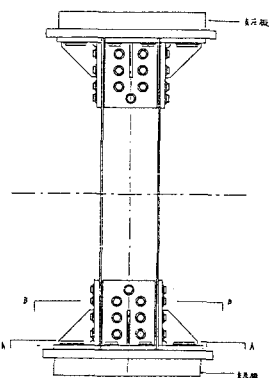


Fig.1

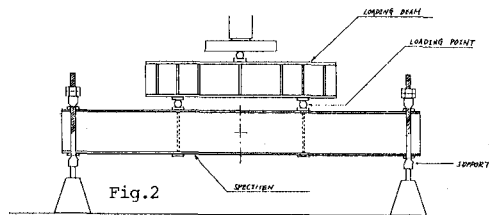


Fig.2

荷重と供試体中央点のたわみとの関係を荷重-変形曲線として記録した。極限荷重が観測された点から変形が約500 μm 増加した荷重段階を除荷開始点とした。除荷により荷重が0になった後、試験機のラムを上げ、供試体の上下を回転した。同様の手順を繰り返し、履歴挙動を観察記録した。

3. 実験結果と考察

引張り試験の結果を Table 2 に示す。表には原板から切り出した3枚の引張り試験片の試験結果の平均値を示した。なお原板AからはPシリーズ、Bシリーズの $b/t=80$ の供試体、原板BからはPシリーズの $b/t=40, 60$ の供試体、原板CからはBシリーズの $b/t=40, 60$ の供試体がそれぞれ切り出された。残留応力の測定結果の1例として $b/t=40$ の供試体の残留応力分布形を Fig. 3 に示す。過去測定された溶接箱形断面部材の分布形とよく一致している。初期たわみの測定結果として供試体4B1の上フランジの初期たわみを代表として Fig. 4 に示す。供試体幅方向に7点の測定点を採ったので、その点における供試体長手方向の初期たわみの形状が示されている。最大許容初期たわみ量は示方書では $b/150$ と規定されているが、測定結果ではその1/3以内におさまっている。また供試体長手方向には $\sin$ 半波長形を程している。

Pシリーズの試験結果として4P1と8P1の荷重-変形関係を Fig. 5 と Fig. 6 にそれぞれ示す。座標は縦軸に作用荷重、横軸に軸方向変位量である。試験は引張り載荷から開始した。引張り→除荷→圧縮→除荷を1 cycle とすると4 cycle の荷重-変形曲線が示されていることになる。2 cycle 以後の極限荷重は1 cycle 前の除荷開始点の荷重とほぼ一致する。各 cycle の極限荷重を示す点を包絡する曲線は、単調増加载荷した場合の荷重-変形曲線とほぼ一致すると思われる。Bシリーズの試験結果として4B1と8B1の荷重-変形曲線を Fig. 7, Fig. 8 にそれぞれ示す。縦軸は作用荷重、横軸は供試体中央のたわみである。Pシリーズと同様、4 cycle の履歴曲線が示されている。4B1の履歴曲線が1 cycle から4 cycle まで安定した紡錘形を示しているのに比べて8B1は1 cycle では構成要素の局部座屈の影響が荷重-変形曲線上に顕著に現われ、cycle が増加するに従って安定した紡錘形に徐々に移行していくことがわかる。

	A	B	C
A [cm^2]	2,200	2,291	2,207
σ_y [kg/cm^2]	3587	3166	3591
σ_u [kg/cm^2]	4703	4519	4557
E [$\times 10^4 \text{ kg}/\text{cm}^2$]	2,120	2,127	2,154
Elongation [%]	29.1	34.7	28.6

Table.2

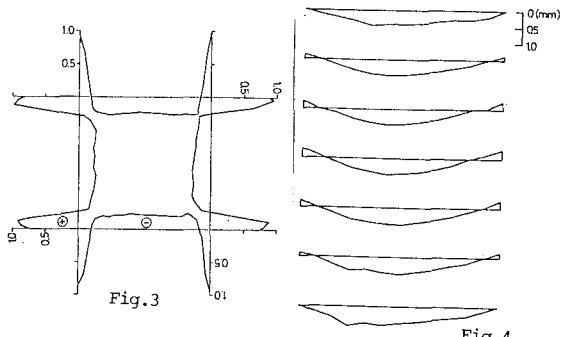


Fig.3

Fig.4

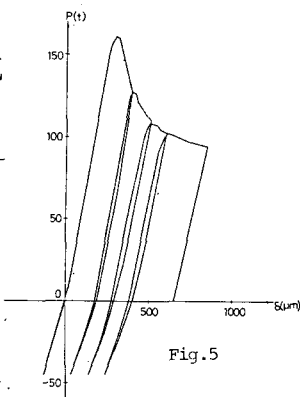


Fig.5

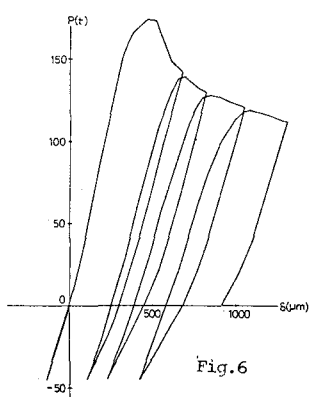


Fig.6

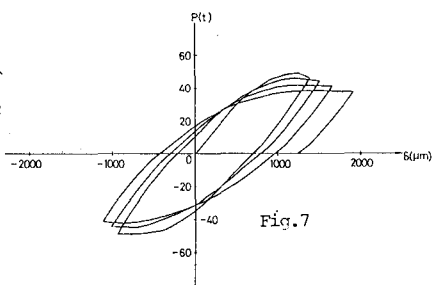


Fig.7

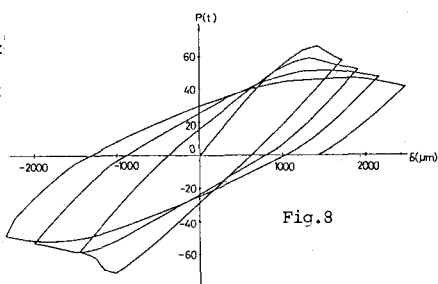


Fig.8

〔参考文献〕 草間、福本、土木学会中部支部研究発表会講演概要集 pp. 54~55.