

石川島播磨重工業 正員 結城 皓 曠
 正員 松下 貞 義
 正員 安藤 紘 三
 大阪大学大学院 学生員 川 井 豊

1. まえがき

橋梁の巨大化と軽量化に伴い、プレートガーダー型式も桁高に比してウェブ厚が薄く、多くの補剛材をもつ構造が増加しつつある。例えば、トルコに架橋されるゴールデンホーン橋は、中員の広い割に2主桁構造をとっているが、この場合も桁高とウェブ厚の比が393~550と大きく、ウェブには7本の水平補剛材を有する構造となっている。しかしながら、このようなプレートガーダーの設計に必要な資料は少ない。そこで、ゴールデンホーン橋を検討の例とし、実橋に対してほぼ1/4の模型桁を製作し、多くの水平補剛材をもつプレートガーダーのせん断および曲げ耐荷力に関する設計資料を得るため、実験を行なったので、その概要を報告する。

2. 実験体

実験体は、架設および完成時の応力状態を考慮して、架設時、最大せん断力を受ける架設ベント上の部分(せん断パネルI)、完成時、最大せん断力を受ける中間ピア上部分(せん断パネルII)、および支間中央部で架設時は架設ベントで負の曲げを受ける部分(曲げパネル)の合計3体である。実験体は、製作上許される範囲で実橋の1/4.35とした。それらの寸法および材質は図-1、表-1に示す。

3. 実験方法

○せん断実験 せん断耐荷力の実験は、容量600tonのアムスラー型万能試験機を用いて行なった。その方法は写真-1に示すように、実験体は2パネル製作し、その中央部をピン支持する。

実験体		上フランジ	下フランジ	ウェブ	水平補剛材間隔	中間垂直補剛材
せん断パネルI	板厚	25mm	12	2.3	3@149 173	無
	材質	SM50YB	SM58	SM50YA	149 138 127 115 128	
	降伏率	38.2%	48.0	36.4		
せん断パネルII	板厚	24	19	3.2	3@164 161	有
	材質	SM50YB	SM58	SM50YA	138 127 123 123	
	降伏率	38.2	47.2	40.6		
曲げパネル	板厚	25	12	2.3	3@149 173	無
	材質	SM50YB	SM58	SM50YA	149 138 115 128	
	降伏率	38.2	48.0	36.4		

注. 1) コーナープレートはSM50YA 補剛材は全てSS41。2) 中間垂直補剛材の位置は垂直補剛材向の中心線上

表-1 実験体の寸法、材質

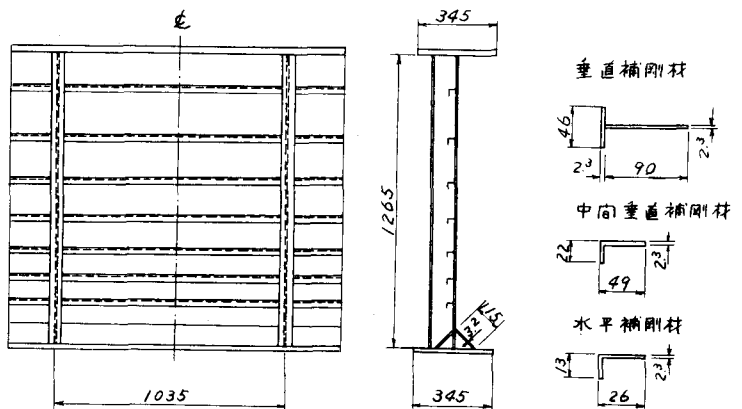


図-1 実験体

次に試験機ベッドに治具桁を乗せ、その両端をタイフレートで実験体の両端とピン連結し、ベッドを押し上げることによって実験体にセン断を与える。なお、実験体の全長は4.370mである。

○曲げ実験 曲げ耐荷力の実験は、実験体の両側に長さ3.950mの治具桁をH.T.ボルトで添接して全長12.235m、支間11.635mの両支桌ローラー支持の単純桁とし、両支桌より4.800mの所2處に油圧ジャッキで集中荷重を載荷して桁中央の実験体に等曲げモーメントを与える方法で行なった。なお、実験体は負曲げも想定しているため、実橋に対して上下逆転してセットした。その状態を写真-2に示す。

○測定方法 歪はストレインゲージ、変形はダイヤルゲージで、またウェブの面外撓みはノギスを利用した計測治具を製作しこれを用いた。

4. 実験結果

次に、実験の状況、すなわち変形の進行状態、各部の破壊の順序等を各実験体毎に説明する。

○セン断パネルⅠ セン断力70ton(平均セン断応力=13.7 kg/cm^2)において、水平補剛材間隔の大きい上フランジに近い部分で水平補

剛材間のパネルの座屈変形が目立ち、その後、水平補剛材も横撓みを生じ、47.5tonでは、ウェブのセン断座屈モードが水平補剛材数本にわたって現われた。また、荷重の増加に従って、ウェブの横撓みが増大し、セン断座屈の波形も凹凸がきびしくなると同時に水平補剛材の密な範囲に拡張してゆき、ついにモードの端部の垂直補剛材に達した64tonに至って、垂直補剛材がねじれ座屈を起し、セン断パネルⅠは崩壊した。セン断パネルⅠに因するウェブおよび水平補剛材の荷重-歪曲線を図-2に、各荷重段階におけるパネル端部より1/6断面の横撓みと図-3に、そして崩壊後の実験体を写真-3に示す。

○セン断パネルⅡ 最初、パネルⅠと同様に、セン断力70ton(平均セン断応力=17.3 kg/cm^2)で水平補剛材の向でのパネルの座屈変形が目立ち始めた。75tonで上フランジ側の水平補剛材の横撓みが増え、ウェブのセン断座屈モードは、中向垂直補剛材を境に各々独立に2つの波を生じた。87.5tonにおいて、中向垂直補剛材がねじれ座屈を起し、垂直補剛材をはさんで各々独立にあった座屈波形が、パネル全体で1つの波に合流した。その後、荷重の増加とともにウェブの変形が進み、91tonに至って、セン断座屈モードの先端が垂直補剛材に達し、垂直補剛材がねじれ座屈を起し、中向垂直補剛材も水平補剛材貫通部の穴のところでキレツを生じ、崩壊した。セン断パネルⅡに因するウェブおよび水平補剛材の荷重-歪曲線を図-4に、各荷重段階毎のパネル端部より1/6断面の横撓みを図-5に、そして崩壊後の実験体を写真-4に示す。

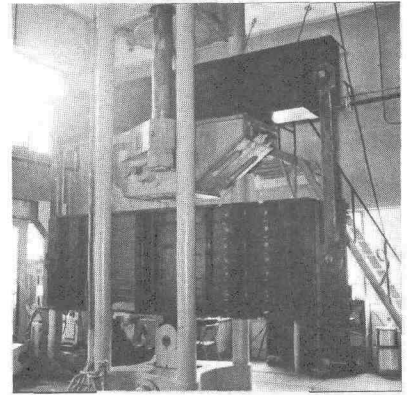


写真-1 セン断実験

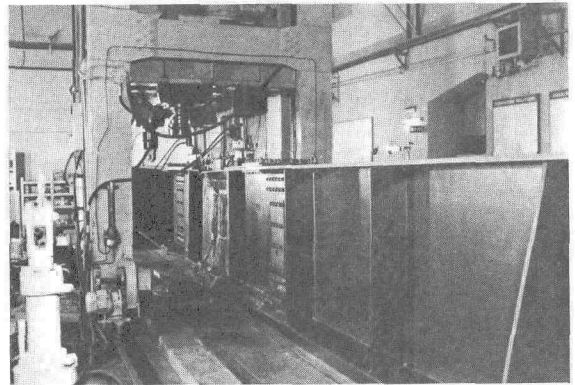


写真-2 曲げ実験

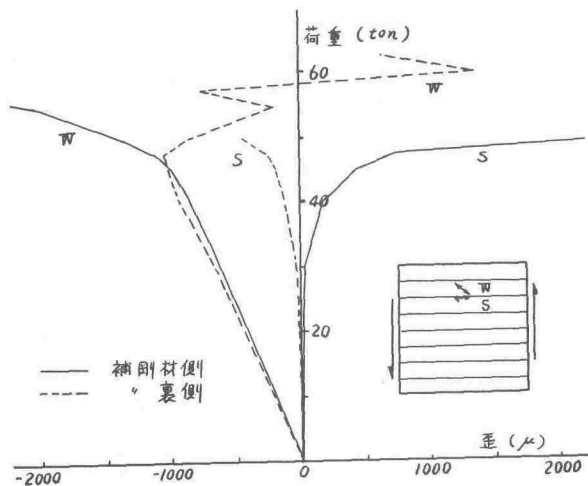


図-2 セン断パネル I の荷重-歪曲線

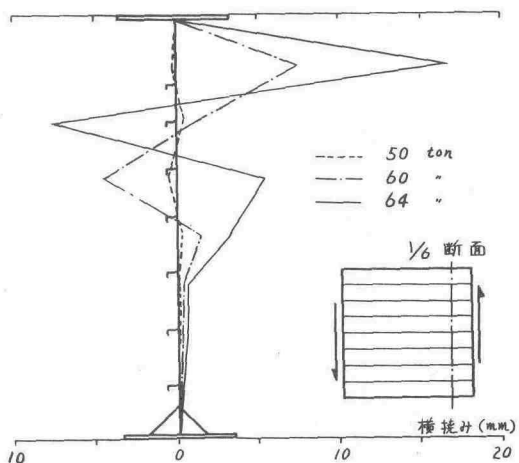


図-3 セン断パネル I のウェブ横撓み

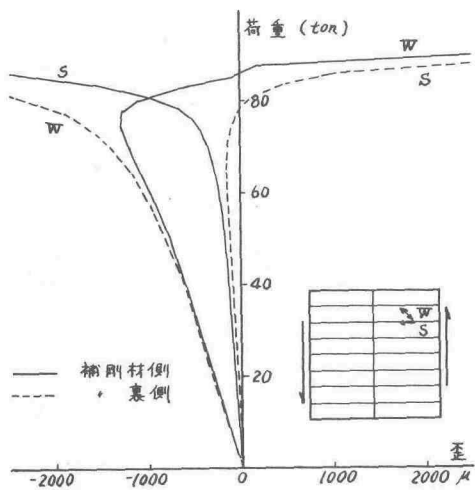


図-4 セン断パネル II の荷重-歪曲線

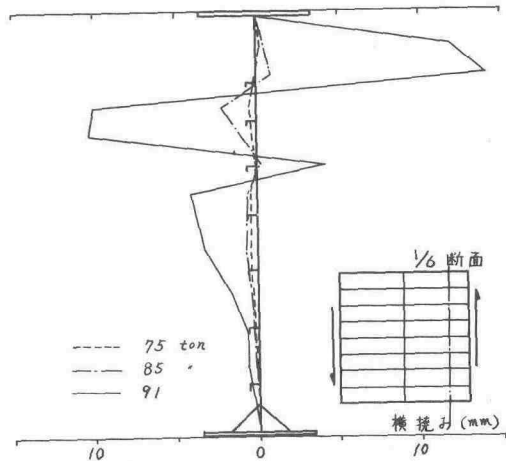


図-5 セン断パネル II のウェブ横撓み

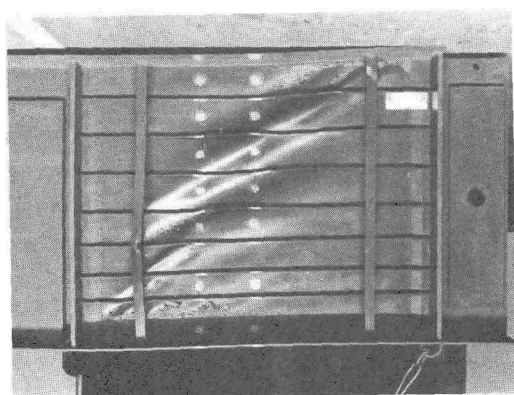


写真-3 セン断パネル I

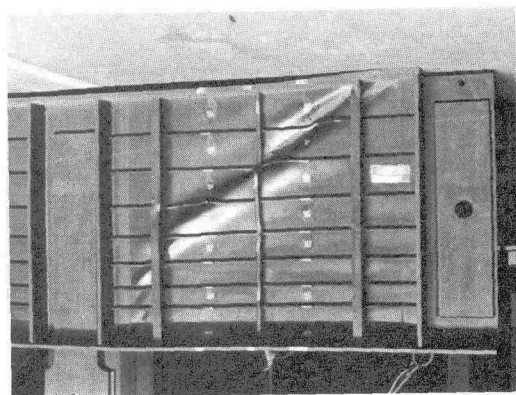


写真-4 セン断パネル II

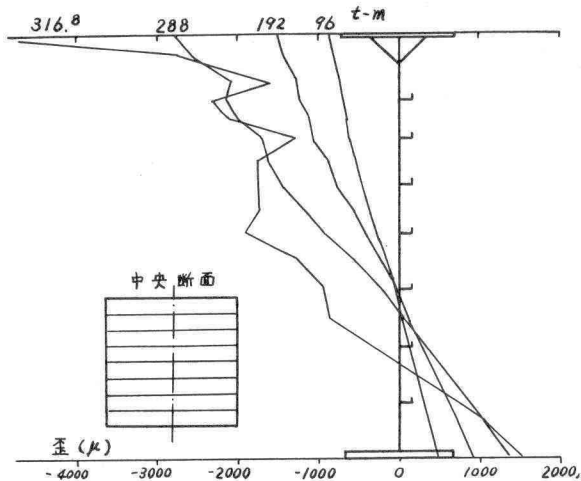


図-6 曲げパネルの曲げ歪分布

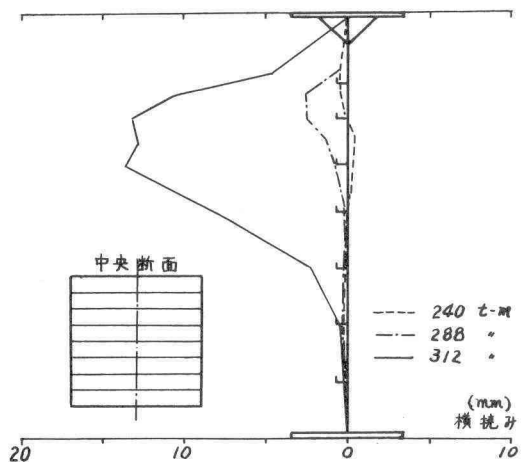


図-7 曲げパネルの横撓み

○曲げパネル 実験体が、材料の制限でフランジ SM58、ウェブおよびコーナプレート SM50YA とならざるをえなかったこともあり、245 t-m で、圧縮フランジとウェブ間に斜めに取り付けられているコーナプレートが降伏し、圧縮パネルに座屈変形を生じ始めた。次に、278 t-m で圧縮フランジは降伏し、その後、荷重の増加とともに圧縮フランジ、圧縮側ウェブの塑性変形が進み、中立軸は引張フランジ側に移動してウェブの圧縮領域が増大し、282 t-m でウェブ全体が座屈した。ウェブ座屈後は、圧縮フランジが落込みを始め、316.8 t-m で崩壊した。曲げパネルに関する各荷重段階毎のパネル中央断面の曲げ歪分布を図-6に、ウェブの横撓みを図-7に、そして崩壊後の実験体を写真-5に示す。



写真-5 曲げパネル

5. まとめ

これまでの実験結果について、耐力セン断力 Q_u 、耐力モーメント M_u で整理すると表-2になる。表中、 Q_p は塑性セン断力、 M_Y は降伏モーメントで次式で計算される。

$$Q_p = \frac{\sigma_Y}{\sqrt{3}} \cdot H_w \cdot t_w, \quad M_Y = \sigma_Y \cdot Z$$

ただし、 σ_Y : 降伏応力、 H_w : ウェブ高、 t_w : ウェブ厚、 Z : 断面係数

実験体	Q_u (実験値)	Q_p (計算値)	Q_u/Q_p
セン断 パネルⅠ	64 ton	65.9 ton	0.972
セン断 パネルⅡ	91	97.0	0.928
	M_u (実験値)	M_Y (計算値)	M_u/M_Y
曲げ パネル	316.8 t-m	385 t-m	0.823

表-2 実験結果

以上、実験のみについて報告したが、理論的解析については別の機会に発表するつもりである。なお、本実験に対して計画段階より適切なる助言と御指導と賜わった大阪大学、前田幸雄教授に謝意を表する次第である。