

局所荷重を受けるプレート・ガーダーの耐力力試験

関西大学工学部 正会員 米澤 博 関西大学工学部 正会員 堂垣正博
 神戸本鉄工所 正会員 村田 実 大阪市役所 正会員 田辺朝雄
 関西大学大学院 学生員 西島祥隆

1. まえがき 局所荷重が作用するプレート・ガーダー腹板のクリップリングを防止し、腹板を補強するために水平補剛材の使用が考えられる。今日まで、局所荷重を受ける補剛桁の変形性状や終局強度は主に実験的に研究されている。^{1)~3)} 筆者らは局所荷重下の桁の一パネルの腹板と上下フランジおよび水平補剛材との非線形連成挙動を複合非線形解析によって理論的に検討するとともに、⁴⁾ その妥当性を検証する目的で、一昨年から数体の試験桁による実験を実施してきた。⁵⁾ ここではこれらの実験結果のうち、補剛桁の変形特性と終局強度について報告する。

2. 実験概要 (1) 試験桁：実験には3体の試験桁を用いた。等間隔に配置した2本の垂直補剛材で腹板を両面補剛し、中央パネルに局所的な荷重を載荷した。腹板パネルの縦横比と幅厚比はそれぞれ $a/b=1$ 、 $b/t=281$ である。現行道路橋示方書によれば、鋼種SS41の場合、 $b/t=281$ のパネルには水平補剛材の使用が義務づけられる。3体の試験桁のうち、2体には上フランジから腹板高の0.2の位置の片面に水平補剛材を設けた。補剛材の曲げ剛比は現行道路橋示方書の最小曲げ剛比の0.5および1倍とした。桁の設計寸法と実測寸法をそれぞれ図-1と表-1に示す。

(2) 材料試験結果：試験桁を構成する鋼材としてSS41を用いた。その材料試験結果を表-2に示す。

(3) 初期たわみと残留たわみの測定：載荷試験の前後に、腹板とフランジの初期たわみと残留たわみを計

測した。腹板におけるその最大値と最小値を表-3に示す。

(4) 載荷実験：スパン中央の載荷部でフランジの水平変位とねじりを拘束するように油圧ジャッキ（容量30ton）をセットし、垂直補剛材間隔の1/10の幅の荷重を作用させた。なお、桁が転倒しないように、支点上に十分強固な横倒れ防止枠を設けた。

載荷中の桁の鉛直たわみと腹板の相対たわみを撓動型変位計で、フランジと腹板のひずみを電気抵抗線ひずみゲージで自動計測し、そのデータをパソコンで収集した。

3. 実験結果 (1) 桁の荷重-たわみ曲線：スパン中央の桁下端での荷重-たわみ曲線を図-2に示す。図から明らかなよう

に、いずれの桁とも最高荷重に達する直前まで桁はほぼ荷重に比例して変形している。崩壊時には載荷点近傍の腹板パネルが面外方向にかなり変形し、腹板の剛性が低下して桁は崩壊した。試験桁C、D、Eはそれぞれ $P_{max}=12.1$ 、10.75および11.25tonで最高荷重に達した。ちなみに、その荷重と腹板の全塑性せん断力(V_p)=

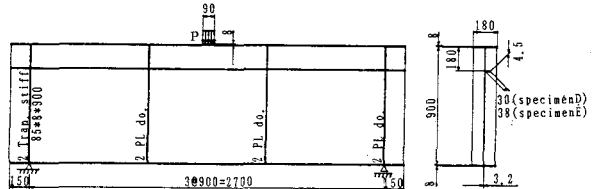


図-1

表-1 試験桁の実測寸法 (unit:mm)

	桁		腹板			フランジ	
	スパン	高さ	長さ	幅	厚さ	幅	厚さ
試験桁C	2697	914.1	898.7	900.1	3.159	180.8	7.836
試験桁D	2694	912.5	897.1	899.1	3.175	181.2	8.005
試験桁E	2697	913.0	898.2	901.5	3.150	180.4	7.957

垂直補剛材		水平補剛材	
突出高	厚さ	突出高	厚さ
85.1	8.022	—	—
85.4	8.071	29.7	4.654
84.8	8.038	38.2	4.708

表-2 材料試験結果

	降伏点応力 (kgf/cm ²)	ヤング率 (kgf/cm ²)	ポアソン比
腹板	2710	1.78×10^6	0.28
フランジ	2680	2.06×10^6	0.29
水平補剛材	3080	2.04×10^6	0.31

表-3 腹板の初期たわみと残留たわみ (mm)

	初期たわみ		残留たわみ	
	最大値	最小値	最大値	最小値
試験桁C	2.513	-2.850	2.956	-14.077
試験桁D	2.999	-1.344	3.052	-12.021
試験桁E	1.355	-3.275	15.697	-4.959

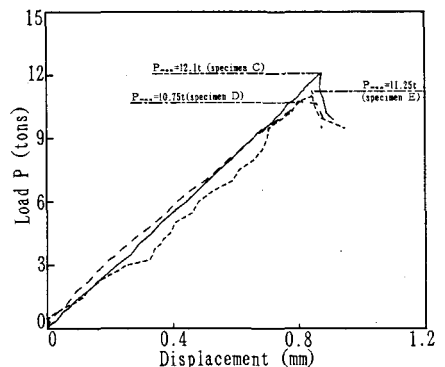


図-2

Hiroshi YONEZAWA, Masahiro DUGAKI, Minoru MURATA, Tomoo TANABE, and Yoshitaka NISHIJIMA

$\sigma_{bt}/\sqrt{3}$ の比はそれぞれ $P_{max}/2V_y = 0.136, 0.120, 0.127$ である。本実験では補剛桁の強度が無補剛桁を下回る結果となった。原因として、腹板の初期たわみが考えられる。表-3から明らかなように、水平補剛材で腹板の片面が補剛された場合、無補剛の場合より大きな初期たわみが生じている。初期たわみが大きければ、腹板の面外変形は低い荷重段階から生じ、荷重とともにたわみが増大し、より小さな荷重で桁が崩壊したものと考えられる。道路橋示方書の最小曲げ剛比と同一剛度の補剛材で補剛された桁Eの終局強度は0.5倍の補剛材を有する桁Dの場合の約1.06倍であった。

(2) 腹板のたわみ：桁中央断面のたわみ分布を図-3に示す。いずれの桁とも腹板上部の載荷点近傍はかなり変形している。無補剛桁Cの場合、腹板は崩壊直前まで鉛直方向に1半波のモードで変形している。載荷部でフランジが回転拘束されていることや腹板内に生じた降伏域の影響で崩壊時に腹板上部の変形が逆転した。一方、補剛桁D、Eの場合には初期の荷重段階から崩壊に至るまでほぼ2半波のモードで変形が進行し、水平補剛材はほぼ変形の節を形成している。また、圧縮フランジと水平補剛材間のパネルの変形が大きい。水平補剛材の曲げ剛さを増せば、たわみは全体に減少し、特に水平補剛材より下のパネルで顕著となる。

図-4に試験終了後の残留たわみ分布を示す。無補剛桁Cの場合、載荷部近傍の大きな変形は腹板の下方へも広がっている。一方、補剛桁D、Eの場合、腹板の変形は水平補剛材によって抑えられ、あまり下方へは広がらない。一方、水平補剛材より上のパネルでは左右へより広く変形するようになる。

(3) 塑性域の分布：パネル中央での崩壊時の塑性域の分布を図-5に示す。無補剛桁Cでは圧縮フランジから1/5の領域内の全測点で腹板の両面あるいは片面が降伏した。一方、補剛桁D、Eでは塑性域は載荷点直下に集中し、狭くなる。

4. 理論終局強度と実験結果の比較

Janusら²⁾と筆者ら⁴⁾の理論終局強度と実験値の比較を表-4に示す。複合非線形解析による筆者らの理論結果は実験値と極めて良く一致した。

参考文献 1)滝本・他：土木学会第42回年次学術講演会講演概要集、I-67、1987-9。2) Janus, K., et al.: Acta Tech. CSAV, No.2, 1988。3) Shimizu, S., et al.: Int. Conf. on Stability of Plate and Shell Structures, ECCS, 1987。4) 堂垣・米澤・田辺：局所荷重を受ける水平補剛材付きプレートガーダーの複合非線形解析、土木学会第45回年次学術講演会講演概要集、1990-9。5) Dogaki, M., et al.: Tech. Rep. of Kansai Univ., No.38, 1990-3。

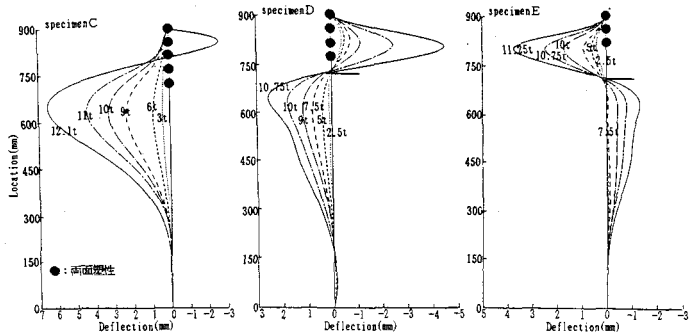


図-3

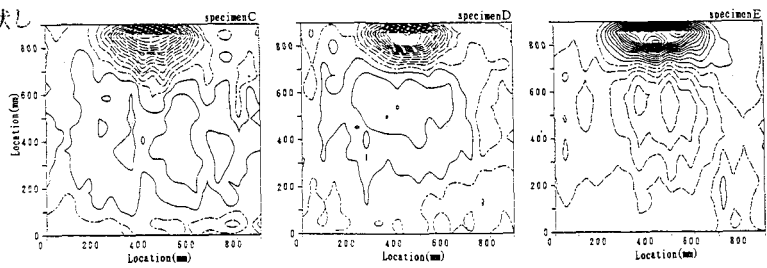
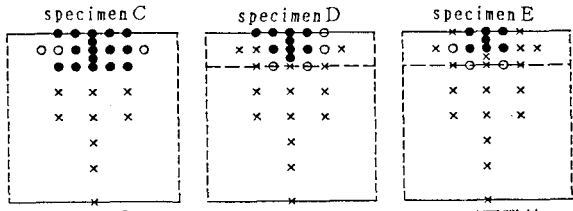


図-4



●：両面塑性 ○：片面塑性 ×：両面弾性

図-5

表-4 理論終局強度と実験崩壊荷重 (unit:t)

	Janus		堂垣・米澤・田辺	
	理論値	誤差 %	理論値	誤差 %
試験桁C	12.10			
試験桁D	10.75	8.28	10.89	1.3
試験桁E	11.25	8.15	11.07	-1.6