

部分線荷重を受けるプレート・ガーダーの耐荷力試験

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
 錦栗本鐵工所 正会員 村田 実 錦栗本鐵工所 正会員 岸上信彦
 関西大学大学院 田辺朝雄

1. まえがき プレート・ガーダーや箱桁の支承部、格子桁構造の格点部などでは桁の一部に局所的な荷重が作用する。この場合、その作用点直下の断面には垂直補剛材が一般に設けられる。しかし、張り出し工法による桁の送り出し架設時、まくら木を直接支える鋼鉄道橋の縦桁あるいは支承上のダイヤフラムなどの場合、密な間隔に垂直補剛材が設けられないことがある。無補剛板に局所荷重が作用すれば、クリップリングと呼ばれる局部座屈の生ずることはよく知られている。この種の荷重が作用する場合、平板の座屈照査は通常、周辺単純支持板の弾性座屈強度に基づいて行われる。ところで、局所荷重を受けるプレート・ガーダーの弾性座屈や終局強度に関する理論的・実験的研究はかなり古くから活発に行われているが¹⁾、統一的な設計標準の確立までには至っていない。ここでは、2体の試験桁による耐荷力試験の結果を報告するとともに、既往の近似耐荷力算定式を用い、実験結果と理論強度を比較する。

2. 実験概要

(1) 試験桁：載荷試験に用いた桁は2体で、腹板の板厚のみが異なる。その設計寸法を図-1に、実測寸法を表-1に示す。因みに、腹板の幅厚比 b/t は試験桁A, Bに対してそれぞれ292, 157である。試験桁の腹板は2本の垂直補剛材で両面が補剛され、その中央部が試験対象パネルである。荷重載荷部でフランジの水平変位とねじりを載荷用の油圧ジャッキで拘束した。支点上に十分強固な横倒れ防止枠を設けた。

(2) 材料試験：試験桁を構成する鋼材にはSS41を使用した。その材料試験の結果を表-2に示す。

(3) 載荷実験：垂直補剛材間隔の1/10を荷重の作用幅に選んだ。試験桁A, Bにはそれぞれ容量 30, 60tonの油圧ジャッキを用い、スパン中央で載荷した。桁のたわみと腹板の相対面外たわみを増減型変位計で、フランジと腹板のひずみを電気抵抗線ひずみ計で測定し、データをパソコンで収集した。載荷試験の前後に腹板とフランジの初期と残留の変形を計測した。

3. 実験結果

(1) 桁の荷重-たわみ曲線：桁中央の荷重-たわみ曲線は図-2のようになる。図より明らかなように、桁のたわみは最高荷重に達する直前まで荷重にほぼ比例して増加している。また、実験曲線は弾性微小変位理論（せん断変形を考慮した）から求められた荷重-たわみ曲線（破線）にほぼ一致している。試験桁A, Bはそれぞれ $P_{ult} = 11.25$ および30.40tonの最高荷重に達した。その後、荷重載荷点

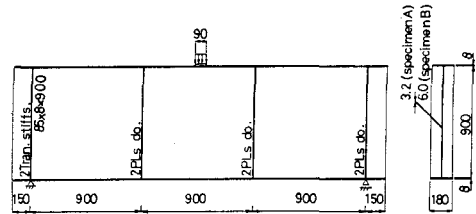


図-1

表-1 試験桁の実測寸法 (unit:mm)

	腹板			フランジ	
	長さ	幅	厚さ	幅	厚さ
試験桁A	898.2	900.2	3.081	180.9	7.90
試験桁B	897.9	901.0	5.737	180.1	7.95

垂直補剛材		桁	
突出高	厚さ	スパン	高さ
85.35	7.868	2698	914.4
85.33	7.918	2699	916.2

表-2 材料試験結果

	降伏点応力 (kg/cm ²)	ヤング率 (kg/cm ²)	ポアソン比
腹板(A)	2600	2.04×10 ⁶	0.30
腹板(B)	3120	2.00×10 ⁶	0.30
フランジ	3140	2.08×10 ⁶	0.29
補剛材	3140	2.08×10 ⁶	0.29

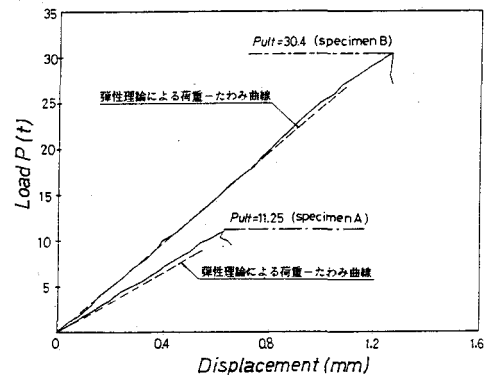


図-2

Hiroshi YONEZAWA, Masahiro DOGAKI, Minoru MURATA, Nobuhiko KISHIGAMI and Tomoo TANABE

近傍の腹板部分にさらに大きな変形が起こり、腹板の剛性が失われ、桁は崩壊した。

(2) 腹板の相対たわみ分布：各荷重段階における桁中央断面での腹板の相対たわみ分布を示せば、図-3 のようになる。局所的な荷重が腹板の上部に強く働くため、いずれの桁とも荷重直下近傍に大きな変形を生ずるようになる。上フランジから 1/4 の点における腹板の荷重-たわみ曲線を描いたところ、試験桁 A, B はそれぞれ $P=1.3, 20.0\text{ ton}$ 付近でクリッピング座屈したことが明らかになった。桁の強度が最高荷重に達するようになれば、腹板の中央付近に変形の節が形成されるようになる。腹板は桁高方向にはば二半波の変形モードで崩壊に至った。図中には崩壊時に塑性域に達している点を黒丸で示した。図から分かるように、上フランジから 1/4 の領域が降伏に達している。

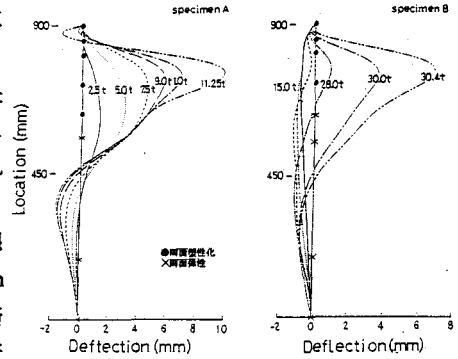


図-3

4. 種々の近似強度算定式による理論値と実験値の比較

本実験結果(2体)と既往の実験結果(84体)を板の座屈パラメータ R との関係で示せば、図-5 のようになる。ここに、縦軸、横軸はそれぞれ終局強度 $P_{ult} / 2 V_y$ 、座屈パラメータ $R = \sqrt{2 V_y / P_{cr}}$ を表す。 V_y は腹板の降伏せん断力、 $P_{cr} = k_{cr} \pi^2 D / b$ 、 D は腹板の曲げ剛さ、 b は腹板高、 k_{cr} は局所荷重を受ける周辺単純支持長方形板の弾性座屈係数で、ここでは筆者らの差分解²⁾を用いた。図から明らかなように、弾性座屈強度と比較してかなりの後座屈強度を有することが分かる。特に、座屈パラメータ R が大きくなると、その傾向は顕著となる。実験によって終局強度にかなりのばらつきが見うけられるが、これは実験によっては上下フランジが腹板を固定しているものもあり、周辺単純支持腹板の k_{cr} を用いて実験結果を整理したのでは不十分であることを示している。

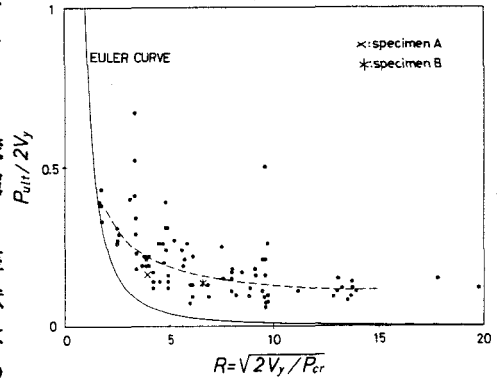


図-4

表-3 種々の理論による終局強度と実験値との比較

試験桁A			試験桁B		
	耐荷力(t)	誤差(%)		耐荷力(t)	誤差(%)
①	11.25		③	30.40	
②	8.07	-39.4	④	27.98	-8.7
③	8.71	-29.1	⑤	29.62	-2.7
④	6.39	-76.0	⑥	17.67	-70.3
⑤	8.30	-35.6	⑦	22.95	-31.1
⑥	10.00	-12.5	⑧	33.90	10.3
⑦	5.93	-89.4	⑨	18.29	-66.2
⑧	10.84	-3.8	⑩	33.23	8.5
⑨	4.48	-151.1	⑪	18.62	-63.2
⑩	16.24	30.7	⑫	41.37	26.5
⑪	13.24	15.0	⑬	41.02	25.8

誤差 = (理論値 - 実験値) / 理論値

①実験値 ②Granholm-Belgfelt-Hovic ③Belgfelt
④Skaloud-Drdacky ⑤Dubas-Gehri ⑥Herzog ⑦Roberts
⑧森脇・滝本・三村 ⑨Oxfort ⑩Weimar-Ramm
⑪ $P_{ult} = 2 V_y (c_1 / R + c_2)$

局所荷重を受けるプレート・ガーダーの終局強度が

$$P_{ult} / 2 V_y = c_1 / R + c_2$$

から近似的に算定できるものとする。ここに、 $c_1=0.594$ 、 $c_2=0.069$ で、実験値を用い、最小二乗法によって求めた。それを図中に描けば、破線の曲線を得る。

Belgfeltを始め、Dubas, Herzog, Roberts, Skaloud, 森脇・三村・滝本らは局所荷重を受けるプレート・ガーダーの近似耐荷力算定式を提案している。これらと上述の計算式を用い、理論終局荷重と本実験値の比較を行うと、表-3 が得られる。同表には実験値に対するそれぞれの理論推定値の誤差も示した。各々の耐荷力算定式により終局荷重の値がかなり異なる。また、試験桁によって推定終局荷重の精度にかなりのばらつきのあることも分かる。

参考文献：1) 三上市蔵：座屈設計ガイドライン，土木学会編，pp.193-233，1987-10. 2) Dogaki, M., A. Nakade and H. Yonezawa : Technology Reports of Kansai University, No.29, pp.159-174, 1987.