

I-18

水平補剛材を有するプレート・ガダーの曲げ耐荷力実験

名古屋工業大学 学生員 ○ 和田 耕造

名古屋工業大学 正員 長谷川 彰夫

東京大学 正員 西野 文雄

1. 序 構造物の大型化に伴い、経済設計の立場からウェブの薄肉化に対する要求が高くなっている。これに注目して、水平補剛材を有するプレート・ガダーの曲げ耐荷力とウェブ幅厚比の関係、および垂直補剛材間隔の曲げ耐荷力に及ぼす影響を明らかにする目的で実験的研究を行った。製作した桁は Table 1 (試験桁諸元), Table 2 (試験パネル諸元) に示す通りで、鋼種はすべて S41 である。試験桁のウェブ幅厚比 b_w/t_w は 170, 210, 250 の 3 種である。試験パネルの辺長比 a/b は 0.75, 1.50 の 2 種で A, B により区別する。垂直補剛材はウェブの両側に取り付け、溶接により接合した。垂直補剛材剛度は、Stein-Fraich による最小剛比の 5 倍の値を用いた。フランジは上下対称で、全ての桁に対し同一断面 (288 × 12 mm, 突出脚幅厚比 $b_f/t_f = 12$) である。以上の試験桁を用いて、二点荷重単純曲げ耐荷力実験を実施した。

Table 1 Dimensions of Specimens

Unit: mm

Series	Test Girder	Test Panel a	Side Panel e	Support Panel f	Loading Distance c	Span l	Girder Length L	Web Depth h
170	B-17-A	1147	426	2001	2000	5996	6298	764
	B-17-B	1148	425	1999	2000	5995	6299	764
210	B-21-A	1419	440	2001	2300	6300	6597	942
	B-21-B	1416	441	1998	2300	6298	6598	942
250	B-25-A	1689	404	1999	2500	6495	6796	1121
	B-25-B	1687	406	1997	2500	6495	6800	1122

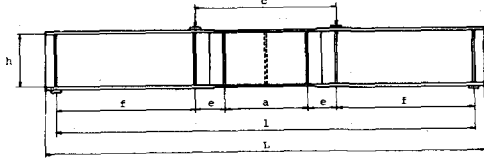


Table 2 Dimensions of Test Panels

Unit: mm

Test Girder	Flange 2b _f × t _f	Web h × t _w	2b _f /t _f	h/t _w	a/h	d/h	b ₀ × t ₀	a	V	Stiff.	γ	V/γ ₀
B-17-A	288 × 12.09	764 × 4.44	23.8	172	1.50	0.75	54 × 6.08	0.202	118.5	5.29		
B-17-B	288 × 12.09	764 × 4.44	23.8	172	1.50	1.50						
B-21-A	288 × 12.09	942 × 4.44	23.8	212	1.50	0.75	58 × 6.08	0.176	118.1	5.27		
B-21-B	288 × 12.09	942 × 4.44	23.8	212	1.50	1.50						
B-25-A	288 × 12.09	1121 × 4.44	23.8	252	1.51	0.75	61 × 6.08	0.155	114.8	5.13		
B-25-B	288 × 12.09	1122 × 4.44	23.8	253	1.50	1.50						

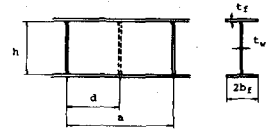
Remarks (1) a: Area ratio A_0/A_w (2) γ_0 : Calculated by Stein and Fraich

Table 3 Summary of Test Results

Test Girder	Sectional Properties (t·m)	Test Results
	M _u , M _y , M _z , M ₀	M _u (t·m)
B-17-A	38.5, 88.3, 94.5, 47.3	90.7
B-17-B	38.5, 88.3, 94.5, 47.3	88.9
B-21-A	49.1, 112.5, 121.9, 39.6	113.0
B-21-B	49.2, 112.8, 122.2, 39.8	110.9
B-25-A	60.2, 138.0, 151.3, 34.4	126.8
B-25-B	60.2, 138.1, 151.4, 34.1	124.7

Remarks 1) Applied σ_y for M_y and M_z : Static yield Stress, σ_{yst} of Flanges
 2) σ_{all} for M_{all} : 1250 kg/cm² (R_y : Spec. in Japan)

Table 4 Dimensionless Test Results

Test Girder	h/t _w	$\frac{h}{t_w} \frac{M_y}{M_z}$	$\frac{M_y}{M_z}$	$\frac{M_y}{M_z}$	$\frac{M_{u,y}}{M_{u,z}}$	$\frac{M_{u,y}}{M_{u,z}}$
B-17-A	172	6.35	0.536	1.07	1.03	0.96
B-17-B	172	6.35	0.536	1.07	1.01	0.94
B-21-A	212	7.83	0.352	1.08	1.00	0.93
B-21-B	212	7.83	0.353	1.08	0.98	0.91
B-25-A	252	9.31	0.249	1.10	0.92	0.84
B-25-B	253	9.35	0.247	1.10	0.90	0.82

Remarks 1) E in $\frac{h}{t_w} \frac{M_y}{M_z}$: 2.1×10^6 kg/cm²2) σ_y in $\frac{h}{t_w} \frac{M_y}{M_z}$: σ_{yst} of Flanges

2. 実験結果と考察 実験により得られた耐荷力を試験桁の断面特性値と共に Table 3, 4 に示す。素材試験結果を Table 5 に示す。

ウェブの幅厚比が 170 である桁に対して考察する。実験によれば桁 B-17-A, B 共に降伏モーメント M_y を越えており、 $b_w/t_w = 170$ 程度のプレート・ガダーは辺長比が実用の範囲 (0.5~1.5) にある限り M_y を保持できると言える。

次に桁 B-21-A, B の場合 $A_{0,y} \approx 1.2$, $b_w/t_w \approx 210$ であるが、これらの桁は M_y は、あるいは

ややそれを下回る耐荷力を示しており、 M_y 程度を保持していると言える。しかし

Table 5 Tensile Coupon Test Results

Girder Element	Thickness t (mm)	σ_{yld} kg/mm ²	σ_{yst} kg/mm ²	E ($\times 10^4$ kg/mm ²)
Web	4.44	33.94	31.06	2.18
Flange	12.09	31.44	28.66	2.18
V.Stiff.	6.08	35.75	32.92	2.29

A_{eff} が増すと無次元化された耐力力 M_{u}/M_y は減少する傾向があり、実際に用いられる桁の A_{eff} は 1.22 ~ 3.25 の範囲が多いことを考えると M_u/M_y が 2/3 程度である。でも桁によっては耐力力が M_y を下回ることは十分考えられる。

桁 B-25-A, B は共に耐力力が M_y をかなり下回っている。耐力力減少の割合合いも B-17 から B-21 へのそれと比較して急で、より大きな幅厚比を有する桁の急激な耐力力低下が心配される。

試験桁全体の試験値を無補剛桁に関する Basler⁽¹⁾ の提案曲線と比較したのが Fig. 1 である。桁 B-25-A, B の耐力力は Basler の提唱値を下回っているがこの範囲の幅厚比に限れば、一般 Basler 曲線は試験結果をかなり良く説明していると言える。

垂直補剛材間隔による耐力力の差は、この範囲のウェブ幅厚比では 2% 程度であり $M_u/M_y = 250$ 程度までの桁の耐力力は、垂直補剛材間隔に非常に敏感であると考えて良いだろう。しかしプレート・ガダーの圧縮フランジはウェブの座屈による応力欠損の結果、いわば圧縮を受ける程に近い挙動も考えられる。その意味で圧縮フランジの垂直変位を拘束する垂直補剛材の効果は大きく、幅厚比が大きくなりウェブ応力欠損の曲げ耐力に及ぼす影響が顕著になるにつれて、垂直補剛材間隔が桁の曲げ耐力に及ぼす影響も大きくなると思われる。

桁の最終的崩壊状況は全体の試験桁すべて、みかけ上、圧縮フランジがねじれて崩壊している。しかし試験桁のフランジ断面は、フランジが降伏するまで水平座屈、ねじれ座屈が生じないように定められており、桁 B-25-A, B が M_y に達せず崩壊した原因はウェブの曲げ座屈に起因する圧縮フランジの降伏であると判定できる。従って、桁崩壊の原因がウェブ剛性に関係したものである以上、最終的崩壊状況にかかわらずこれは垂直座屈による崩壊と分類される。ウェブの幅厚比に対する考察なしに最終的な崩壊状況だけから、桁崩壊の原因を判定する事には問題がある。

3. 結語 実験により得られた結論をまとめると次の通りである。

- i) ねじれ座屈、水平座屈による崩壊が防止されたプレート・ガダーはウェブ幅厚比 M_u/M_y が 170 ~ 210 程度以下ならば、実用上の A_{eff} 、垂直補剛材間隔の範囲で降伏モーメント程度を保持できると考えてよい。
- ii) ウェブ幅厚比が 250 程度までのプレート・ガダーの曲げ耐力力は、ウェブ辺長比が 0.5 ~ 1.5 の範囲にある限り中間補剛材間隔の影響は少ない。

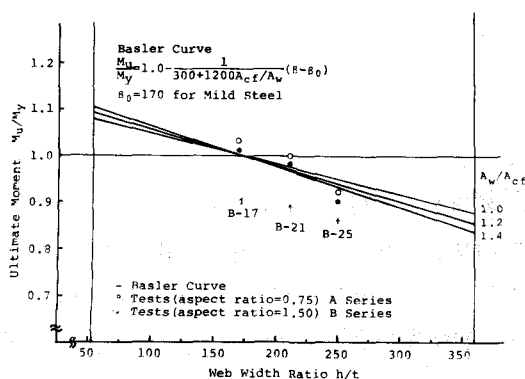


Fig. 1 Tests with Basler's Curves

参考文献 1) Basler, K. and Thurlimann, B.: "Strength of Plate Girder in Bending", Proc. A S C E. Stb, Vol. 87, 1961, pp. 153 ~ 181