

1. まえがき

圧縮フランジの垂直座屈（ウェブの曲げ座屈）に起因する プレートガーダーの曲げ耐荷力については、幾つかのモデル解析式および実験式が提案されている。しかし、これ等の式には、それぞれ未だ二、三の問題点を残していることが指摘されている。実験例もかなりの数が報告されているが、水平補剛材を持たず、垂直補剛材のみを有する上下対称プレートガーダーの崩壊実験例は非常に少なく、挙動の理論的体系化は確立されていないのが現状である。したがって、この基礎的資料を得るため、以下の実験を試み考察を行った。

2. 実験概要

Table 1, Table 2 および Fig.1 に試験桁諸元、試験パネルの諸元および試験パネルの詳細を示す。試験桁鋼種は SM41 である。150 シリーズの幅厚比は、わが国現行の示方書において、水平補剛材のないウェブに許容されている最大幅厚比に近い値である。209 シリーズは、150 シリーズで用いた支持パネルを再使用するために決定された値である。フランジ断面は、圧縮フランジのねじれ座屈が、フランジの降伏までは生じないように定めた。試験桁の側パネルおよび支持パネルは、試験パネルに比較し剛性を高くし、さらに、垂直補剛材の断面を大きくして桁全体の安定を図った。横倒れ座屈防止策としては、試験桁の最も支点寄りの垂直補剛材の突出脚先端に、ローラのついた支持棒を当てがい、鉛直方向の移動は許し、桁直角方向の移動も拘束する方法とした。

曲げ耐荷力実験の載荷方法は、2 点載荷単純曲げ方式とした。載荷ばりを用い、その中央を油圧ジャッキ / 基で加圧する方法とした。なお、載荷点の位置は、載荷による局部応力の乱れを少なくするため、試験パネルの両側から 500mm づつ離れた。荷重方式は定荷重方式とした。

変位およびひずみの計測については、i) 桁の垂直変位、ii) ウェブの面外変位、iii) 試験パネルの水平変位、iv) 圧縮フランジのねじれ変位、v) 桁軸方向の直ひずみの分布、についてダイヤルゲージおよび抵抗線ひずみゲージにより行った。

Table 1 Dimensions of Test Girders (mm)

Series	Test Girder	Test Panel a	Side Panel e	Support Panel f	Loading Distance c	Span l	Girder Length L	Web Depth h
150	B-150-1 B-209-1	240			1240	4240	4440	480
	B-150-2 B-209-2	360			1360	4360	4560	
	B-150-3 B-209-3	480	500	750	1480	4480	4680	
	B-150-4 B-209-4	600			1600	4600	4800	
	B-150-5 B-209-5	720			1720	4720	4920	

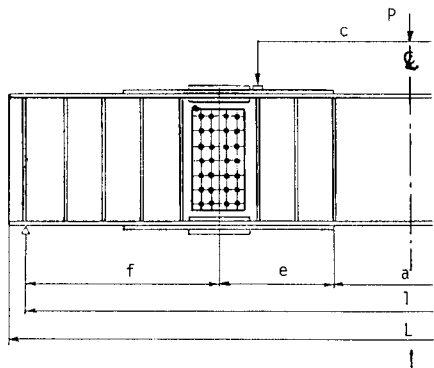


Fig. 1 Details of Test Girder (150 Series)

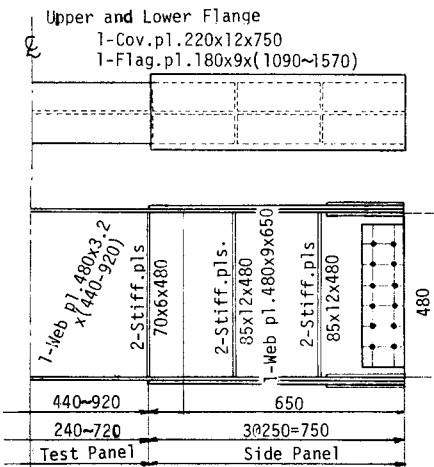


Table 2 Dimensions of Test Panels (mm)

Test Girder	Flange 2b _{tf}	Web h _{tw}	Panel Length	2b _{tr}	h _{tw}	a/h	A _g /A _c f
B-150-1	180x9.0	480x3.2	240	20.0	150	0.50	1.05
B-150-2	180x9.0	481x3.2	360	20.0	150	0.75	1.05
B-150-3	180x9.0	479x3.2	480	20.0	150	1.00	1.06
B-150-4	180x9.0	480x3.2	602	20.0	150	1.25	1.05
B-150-5	180x9.0	479x3.2	720	20.0	150	1.50	1.06
B-209-1	180x9.0	481x2.3	240	20.0	209	0.50	1.46
B-209-2	180x9.0	480x2.3	360	20.0	209	0.75	1.47
B-209-3	180x9.0	481x2.3	480	20.0	209	1.00	1.46
B-209-4	180x9.0	479x2.3	600	20.0	209	1.25	1.47
B-209-5	180x9.0	480x2.3	720	20.0	209	1.50	1.47

3. 実験結果および考察

Table 3 に断面の特性値と実験結果の値を示す。表中 M_{cr} の上段は、ウェブ周辺が単純支持の場合のウェブ座屈モーメント、下段()内は、非載荷辺固定とした場合のウェブ座屈モーメントである。Fig. 2 は、荷重の増加に伴うウェブの面外変形の進行状況を試験パネルウェブの中央断面について一例を示したものである。

これらの結果より、 $\square$ 付加たわみの変形形状は、必ずしも初期たわみの形状に一致しない。 $\square$ 付加変位は、ウェブの剛性に影響される。 $\square$ 最終荷重時の付加変位の大きさと、耐荷曲げモーメントとの間には関連性は見当たらない等のことが分った。

次に、Table 3 より、同一断面を有する桁であってもパネル辺長比によって曲げ耐荷力が異なることが分る。

Fig. 4 は、曲げを受けた長方形板が座屈する場合の座屈係数 k とパネル辺長比 a/h との関係を表わしたものである。209シリーズの場合、辺長比に対する座屈波形はほぼ一致しており、さらに、非載荷辺固定の条件とした場合の k 値と耐荷曲げモーメントは、比例関係を示している。150シリーズの場合には、固着度3程度の曲線に比較的良く比例する傾向を示している。以上のことは、プレートガーダーの曲げ耐荷力は、ウェブ単独の座屈値と基準にして決め得ることを示している。わが国の現行示方書は、この観点に立つて、後座屈強度の処理を行っていると言えるが、境界条件を一定としていることには問題があるように思われる。209シリーズについて、仮に非載荷辺単純支持として扱うと、材料定数を考慮した幅厚比 h/t_w $\times \sqrt{\sigma_y/E} = 5.12$ となり $h/t_w = 162$ となる。非載荷辺固定とした場合には、 $h/t_w = 207$ まで許容されることとなる(引張試験の結果 $\sigma_y = 2100 \text{ kg/cm}^2$ ため)。実際には $h/t_w = 209$ であるから、非載荷辺単純支持と評価するなら、本実験結果の M_{ust}/M_y は過去の実験資料から推定すると、かなり低い値にならねばならない。また、 M_{ust}/M_{cr} は 2.7 にもなり、後座屈強度がこれ程大きく期待できるとは思われない。したがってこの場合は、非載荷辺単純支持と考えることは適切ではないと思われる。一方、150シリーズでは、単純支持とした場合 $h/t_w = 157$ となる。このシリーズの耐荷力は、Table 3 からおよそ M_y までは保持されたと評価し得ると思われる。しかし、非載荷辺固定とした場合には、幅厚比は 201 まで許されることになり、5体の桁すべての M_{ust} は M_y を超えておらねばならないことになる。したがって、この場合には、非載荷辺固定とするには無理がある。以上のことから、わが国の現行示方書の幅厚比制限に関し、“この幅厚比内でフランジのねじれ座屈および桁の横倒れ座屈が防止されておれば、耐荷曲げモーメントは降伏曲げモーメントに達することは、実験的に確かめられたが、同時により大きな幅厚比の採用も可能であることを実験結果は示している。その場合、フランジとウェブの境界条件、すなわちフランジのウェブに対する拘束度をどのように評価するかが問題になり、現行のようにウェブ単独の座屈値を一定として扱うことは、実情に適していない。境界条件は、フランジとウェブの剛度の比、面積の比等のパラメータが考慮されるべきであると考えられるが、実験例の少ないことから、この問題については、実験的にもさらに検討が加えられねばならないと思われる。

Table 3 Summary of Test Results

Series	Test Girder	a/h	Sectional Properties (cm)				Non-dimensionalized				Experimental Results	
			M_x	M_y	M_p	M_{cr}	M_x/M_y	M_y/M_p	M_p/M_{cr}	M_{cr}/M_y	M_{ust}/M_y	M_{cr}/M_y
150	B-150-1	0.50	25.3	29.3	31.2	18.7	1.34	0.86	1.06	30.0	1.02	0.96
	B-150-2	0.75	25.3	29.3	31.2	18.7	0.64	0.86	1.06	30.3	1.03	0.97
	B-150-3	1.00	25.3	29.3	31.2	18.7	0.64	0.86	1.06	24.5	0.84	0.79
	B-150-4	1.25	25.3	29.3	31.2	18.7	0.64	0.86	1.06	25.4	0.86	0.81
	B-150-5	1.50	25.3	29.3	31.2	18.7	0.64	0.86	1.06	29.1	0.99	0.93
209	B-209-1	0.50	24.7	27.4	28.8	9.3	0.33	0.90	1.05	24.7	0.90	0.86
	B-209-2	0.75	24.7	27.4	28.8	9.3	0.33	0.90	1.05	26.4	0.96	0.92
	B-209-3	1.00	24.7	27.4	28.8	9.3	0.32	0.90	1.05	24.9	0.91	0.86
	B-209-4	1.25	24.7	27.4	28.8	9.3	0.32	0.90	1.05	24.6	0.90	0.85
	B-209-5	1.50	24.7	27.4	28.8	9.3	0.32	0.90	1.05	25.3	0.92	0.88

Fig. 2 Distributions of additional Web Deflections

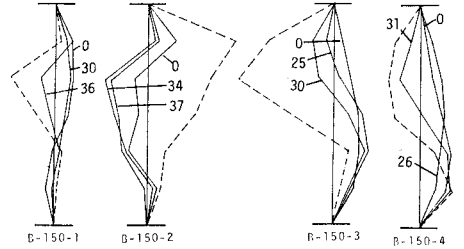


Fig. 3 Relationship between k and a/h (Rectangular Plate under Bending)

