

プレートガーダーの連成座屈実験

石川高専 正○前川幸次 名古屋大学 正 伊藤義人
大阪大学 正 福本晴士 名古屋大学 学 重富 寿

1. はじめに

水平補剛材をもたないプレートガーダーの腹板の曲げ座屈を支配する最大幅厚比は SS41クラスで152 (道路橋示方書) および 192 (AASHTO, LRFD) となっている。これらは桁の降伏モーメントが達成されることを目標とした限界値であるが、道示は弾性座屈強度を、AASHTOは後座屈強度を基礎としている。腹板は後座屈強度が期待できることから道示の規定が厳しすぎることは最近の研究からも明らかである。しかし最大幅厚比を 170~200 程度に緩和するにしても、腹板の曲げ座屈を許すことがフランジの水平座屈あるいはねじれ座屈に影響を及ぼすかどうか、すなわち連成座屈強度について明らかにしておく必要がある。ここでは、腹板幅厚比が180 の I 形プレートガーダーについて腹板の曲げ座屈とフランジの水平座屈を対象とした連成座屈実験を行ったので報告する。

2. 実験概要

試験桁は水平補剛材を持たない上下対称の I 形プレートガーダーであり、図-1 には断面寸法、荷重・境界条件、支間および腹板縦横比を示す。フランジおよび腹板をそれぞれ 8mm 厚の圧延板材および 3.4mm 厚のコイル材から溶断したのち手溶接により組立たが、せん断力の作用する腹板 (図の斜線) は 5.4mm 厚の圧延板を用いた。荷重は桁の 3 等分点で腹板の両側に溶接した 10mm 厚の補剛材に連結した引張 Jack で作用させた。また、桁 GA1~GA3 は支点および載荷点での横方向変形を拘束し、GA0 ではその他に垂直補剛材の位置で圧縮フランジの水平変位も拘束した。桁の曲がりおよび腹板のたわみに対してそれぞれプレスおよび点加熱矯正を施した。表-1 および 2 はそれぞれ、圧縮フランジの初期水平変形の最大値 δ_{max} および上下フランジと腹板の接合線を基準にしたときに得られる各パネルの最大たわみ δ_{max} を表し、それぞれ支間長 l および腹板高 h で無次元化されている。溶接組立後と矯正後について示してあり、矯正後の初期たわみは製作許容値 $l/1000$ および $h/250$ を満たしている。

Test Girder	L(m)	a/h	Loading & Boundary Conditions	Cross Section
GA0	1.0	0.82	Stud for Bracing Web Thickness $w^* = 5.4 \text{ mm}$ out-of-plane	110 8 1.8 h = 607
GA1	1.0	0.82	Vertical Stiffener	
GA2	1.5	1.23		
GA3	2.0	1.10		

Fig.1 Test Program

3. 実験結果と考察

素材試験の結果、降伏点応力度 σ_y は 289 N/mm² (板厚 3.4mm), 272 N/mm² (8.0mm), 弾性係数 $E = 208 \text{ kN/mm}^2$, ポアソン比 $\nu = 0.24$ である。なお残留応力については計測中である。最高荷重における桁の横ねじれ変形については省略するが、桁 GA0

Table 1 Initial Bow of upper Flange

桁名	δ_{max}/l	
	組立後	矯正・調整後
GA0	1/600	1/1300
GA1	1/3000	1/3400
GA2	1/640	1/2200
GA3	1/3000	1/1600

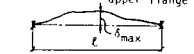
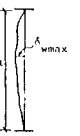


Table 2 Initial Deflection of Web Panel

桁, n° 点	δ_{max}/h	
	組立後	点加熱矯正後
GA0, P1	1/240	1/200
P2	1/170	1/370
GA1, P1	1/240	1/440
P2	1/400	1/440
GA2, P1	1/110	1/510
P2	1/90	1/440
GA3, P1	1/90	1/420
P2	1/100	1/360
P3	1/90	1/290



以外の桁は明らかにフランジの水平座屈（横座屈）が卓越した崩壊モードが認められた。図-2 (a) および (b) はそれぞれ桁 GA2 の一様曲げ部分（パネル P1, P2）の初期たわみおよび付加たわみについて、断面10箇所（上下フランジと腹板の接合点（付加たわみの場合は測定器の関係で接合点から20 mm離れた点））を基準にしたときの変形量で表している。初期たわみは各パネルの長手方向にほぼ1半波である。一方、付加たわみは2半波の傾向を示しており、初期たわみが単純に成長したとは考えにくい。そのときの荷重は桁の耐荷力 M_u の75% および腹板座屈荷重 $M_{u,cr(F)}$ （非載荷辺固定）の95% であることから桁 GA2 においては水平座屈と腹板の曲げ座屈が連成したと考えられる。その他の桁についても最高荷重に達する前に腹板の曲げ座屈現象が生じていたと考えられる。図-3 は今回の実験値 (Δ , $h/w=180$) と前回の実験値 ($\bullet$, $h/w=120$) を耐荷力 M_u/M_y を細長比 $\lambda = \sqrt{M_y/M_E}$ で整理したものである。ここに、 M_y は降伏モーメント、 M_E は中間横拘束の影響を考慮した弾性横ねじれ座屈モーメントである。また図中に示した腹板座屈荷重 $M_{u,cr}$ は腹板の座屈応力に対応する桁の曲げモーメントであり、次式で表される。

$$M_{u,cr} = \sigma_{cr} I_x / (h/2), \quad \sigma_{cr} = k \pi^2 E (w/h)^2 / 12 (1 - \nu^2) \quad (1)$$

ここに、 k は純曲げを受ける板の座屈係数であり非載荷辺の支持条件によって、 $k(F)=39.5$ 、 $k(S)=23.9$ を用いた。図中に示した $M_{u,cr}$ は腹板幅厚比 $h/w=180$ の桁 (Δ) に対するものである。幅厚比 $h/w=120$ ($\bullet$) については全塑性モーメントに達しても腹板の座屈が起こらない断面を用いて行った横ねじれ座屈実験であり、実験においても最高荷重 M_u に到達するまで明確な腹板の曲げ座屈現象は認められなかった。桁 GA0 については、変形モードにわずかの水平座屈現象も認められたが、耐荷力は桁の面内強度（水平座屈の影響が含まれている）を表すものと考えられる。図-3 の2シリーズの実験結果から、腹板の曲げ座屈は桁の面内強度には大きく影響するものの、フランジの水平座屈には殆ど影響しないようである。ただし、さらに詳細な検討と追加実験により明確にしたい。

本研究は昭和61年度文部省科学研究費 (No. 61750444) の一部として行われ、実験においては石川高専の学生（桶村、長谷川、本田）諸君に多大の労をお願いした。

参考文献

- 1) 福本ら：モメント勾配による溶接I形桁の横ねじれ座屈実験，土木学会論文集，NO. 362/I-4，1985。

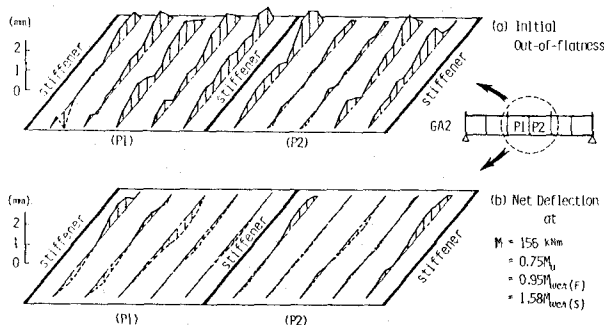


Fig.2 Initial- and Net-Deflection (GA2-girder)

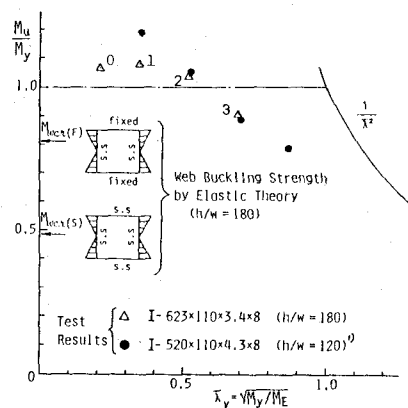


Fig.3 Test Results