

I-73

腹板のたわみに注目したプレートガーダーの曲げ耐荷力解析

広島大学 工学部 正員 大村 裕

広島大学 工学部 正員 藤井 堅

鹿島建設㈱ 正員 正岡 祐一

1. まえがき 圧縮フランジの鉛直座屈に起因するプレートガーダーの曲げ耐荷力に関して、長谷川らは過去に発表された曲げ耐荷力理論に問題点があることを指摘し²⁾、独自の耐荷力理論を提案した³⁾。本研究では、フランジを支える腹板の支持力を腹板の面外たわみに注目して、これを正確に評価し、プレートガーダーの曲げ耐荷性状の解明を試みたものである。

2. 解析モデル 腹板座屈後の桁は、Fig-1a) に示すように腹板が面外にたわんだ状態で曲げモーメントに抵抗することになる。いま、この腹板からFig-1b) のような幅 dy なる帯板を取り出し、これに単位幅当りの荷重 q が作用して鉛直方向に δ だけ変位したと仮定する。この時、この帯板の鉛直方向の支持力と等価なばね定数 k は式-1で表される。さらに δ を求めることによって、ばね定数 k は式-2のように表すことができる。

$$k = dy \cdot q / \delta \quad (1)$$

$$k = \frac{E}{12} \frac{t_w}{h} \int_0^1 \left(\frac{u(\eta, \xi)}{t_w} \right)^2 d\xi \quad (2)$$

ここで、 $\eta = y/a$ 、 $\xi = z/h$ である。なお、腹板の曲げ挙動は、フランジとの接合辺をたわみに対して固定、鉛直補剛材との接合辺を単純支持とした腹板パネルについて、幾何学的非線形性を考慮した有限要素弾性解析によって求めた。そしてプレートガーダーの曲げ耐荷力問題は、この腹板のたわみを式-2に代入して得られたばねによって、Fig-1c)のように、弾性的に支持されたフランジの座屈問題に置き換えることができる。

Fig-1d) は本解析モデルの耐荷力算定の概念図である。line-aは腹板パネルの有限要素解析で得られる腹板曲げモーメント M_w と腹板圧縮縁の曲げひずみ ϵ_w の関係を、またline-bは圧縮フランジの座屈ひずみ ϵ_f と M_w の関係を表している。耐荷曲げモーメント M_u は2つの曲線の交点P、すなわち腹板とフランジの接合辺の歪みが一致する時の曲げモーメントと考えることができる。交点Pからフランジの座屈歪み ϵ_{cr} と腹板負担曲げモーメントが得られ、 ϵ_{cr} からはさらにフランジ軸圧縮力 P_{cr} が求められる。そして耐荷曲げモーメント M_u は、

$$M_u = P_{cr} \cdot h + M_{cr} \quad (3)$$

で与えた。ここに h は腹板の高さである。

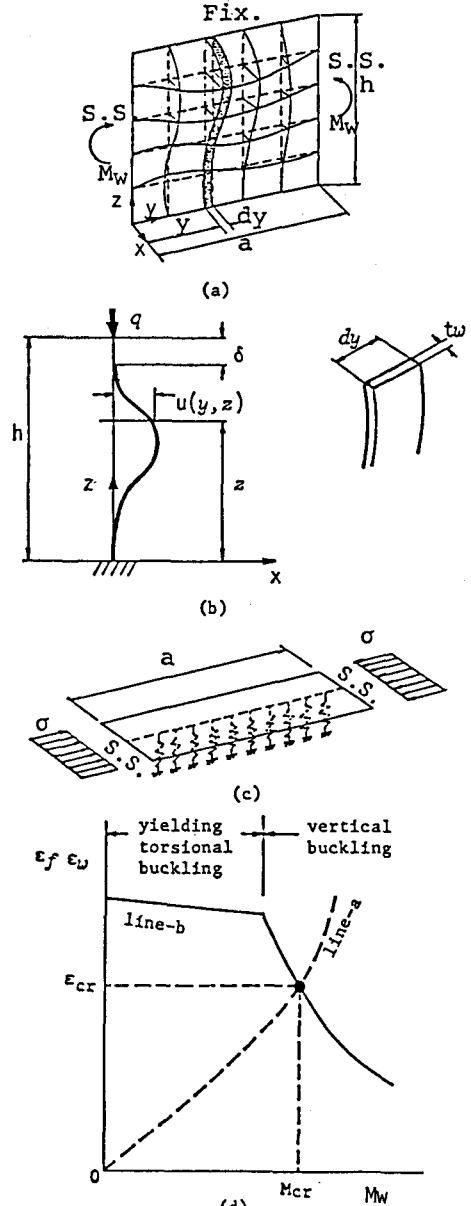


fig-1 Analytical Model

3. 解析結果 Fig-2 は $a/h=0.75$ のやせ馬変形の初期たわみを有する腹板パネルのばね定数分布 $c=12hk/Etw$ を荷重パラメータ $k_w=\sigma_w h^2 t_w/\pi^2 D_w$ ($\sigma_w=M_w h/2I_w$) とともに表したものであり、それに対応する腹板圧縮側 ($\xi=0.75$) のたわみ分布もあわせて示した。この図から、ばね定数は k_w の増加につれて低下するが、 $k_w>100$ ではその分布形は大きく変化し、ばね定数分布が腹板のたわみと密接に関連しているのがわかる。

Fig-4 にFig-2 のばね定数を用いた耐荷力曲線を示す。フランジを板とみなしてF.S.M.を適用して得られた耐荷力曲線では、ねじれ座屈（一点鎖線）と鉛直座屈（実線）が現れている。Fig-4 は、腹板幅厚比が200を越えると腹板のフランジを支える支持力が不十分となりねじれ座屈が起こる前に鉛直座屈に起因して桁は崩壊することを示している。

一方、破線はフランジを柱（梁）とみなした鉛直座屈のみを考慮した耐荷力曲線である。

Table-1 は過去に行われた実験結果と本解析値を比較したものである。表には、解析に使用した腹板パネルの初期形状およびフランジの残留応力も併せて示した。表から本解析モデルがフランジ鉛直座屈に起因する崩壊性状をよく説明していると考えられる。

フランジを柱と見なした解析結果は、板とみなした結果よりも高めの耐荷力を与えているが、その差はわずかであり、フランジ鉛直座屈に関してはどちらを用いても差し支えないと思われる。

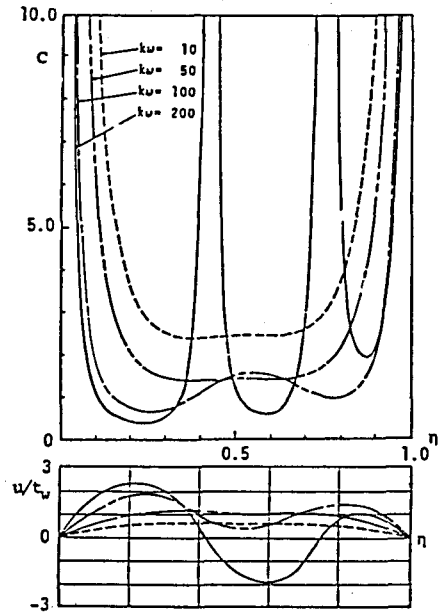


fig-2 Distribution of basic spring constant

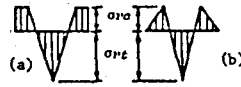


fig-3 Residual stress type

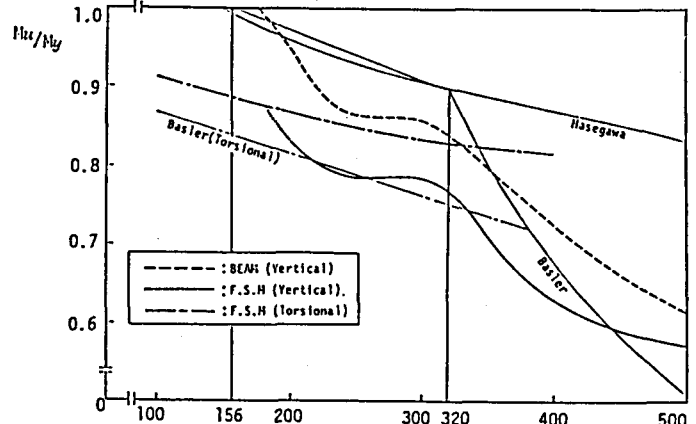


fig-4 Ultimate strength curve

Table 1 Comparison of tests with analysis

NO.	Ref.	Test Girder	Used Initial Deflections of Web			Used Residual Stress in Fig.-3			M_u/M_y	M_u/M_y	
			m	n	u_{max}/t_w	type	σ_x/σ_y	σ_z/σ_y		F.S.M.	BE/NI
1	Cooper	LB-1	1	2	1.33	a	0.5	1.0	0.891(Y)	0.809(Y)	0.848
2	Konishi et al.	C	2	1	0.3	a	0.5	1.0	0.906(T)	0.850(Y)	0.947
3	Hasegawa et al.	B-17-A	1	1	1.0	a	0.5	1.0	1.03 (Y)	1.032(Y)	1.067
4		B-17-B	1	1	1.0	a	0.5	1.0	1.01 (Y)	1.070(Y)	1.072
5		B-21-A	1	1	1.0	a	0.5	1.0	1.00 (V)	0.982(Y)	1.074
6		B-21-B	1	1	1.0	a	0.5	1.0	0.98 (V)	0.984(Y)	—
7		B-25-A	1	1	1.0	a	0.5	1.0	0.92 (V)	0.923(Y)	0.974
8		B-25-O	1	2	2.14	b	0.3	0.5	0.835(V)	0.872(V)	0.898
9	Ohmura	M-1	3	3	1.10	b	0.5	1.0	0.761(T)	0.708(T)	—
10	Basler 1)	G4-T2	1	3	1.0	a	0.5	1.0	0.954(Y)	0.931(Y)	0.943
11		G2-T2	1	1	1.0	a	0.5	1.0	0.966(Y)	1.108(Y)	—

m: Numbers of dominant waves in y-direction, n: Numbers of dominant waves in z-direction
(Y): Flange yielding, (T): Flange torsional buckling, (V): Flange vertical buckling