

I-99 プレートガーダー圧縮フランジのねじれ座屈強度の算定について

関西大学工学部 正会員 三上市蔵
全日本コンサルタント(株) 正会員 ○木村泰三
(株)横河橋梁製作所 正会員 徳田浩一

1. まえがき 著者らは、文献1)において、プレートガーダーが非対称断面を有する場合、また多数の補剛材が任意の位置に配置された腹板を有する場合にも適用できる終局強度の算定法を提案した。そこでは、圧縮フランジのねじれ座屈強度をBasler²⁾の提案式で算定するようにしていた。本報告では、圧縮フランジのねじれ座屈強度の算定式を新たに提案し、この式を既報の十字形柱実験の結果^{3) 4)}と比較するとともに、上下非対称断面プレートガーダーが曲げを受けて、フランジねじれ座屈で崩壊した場合の実験結果⁵⁾とも比較し、強度式の妥当性を検証する。

2. ねじれ座屈強度の算定式 圧縮フランジのねじれ座屈強度 σ_{ult} の算定に使える強度式として、次式を提案する。

$$\begin{aligned} \sigma_{ult} / \sigma_y &= 1 & : \lambda \leq 0.5 \\ &= (0.5 / \lambda)^{0.46} & : 0.5 < \lambda \end{aligned} \quad (1)$$

ただし、 λ は換算幅厚比パラメータで、次のように表される。

$$\lambda = \frac{b}{t} \sqrt{\frac{\sigma_y}{E} \frac{12(1-\mu^2)}{\pi^2 k}}$$

ここに、 b はフランジ突出幅、 t はフランジ厚、 E は弾性係数、 μ はポアソン比、 σ_y はフランジの降伏応力、座屈係数 $k=0.425$ である。

3. 既報の実験結果との比較 式(1)と既報の十字形柱実験の結果^{3) 4)}とを比較すると図-1のようになる。図には、文献3)の結果が●印、文献4)の結果が▲印で表示されている。Basler²⁾の式と小松・北田⁶⁾の式はほとんど一致しており、実験結果を良く評価している。提案式は、実験結果の下限値を示している。西村⁷⁾の式は、実験結果のほぼ平均値を示している。道路橋示方書⁸⁾の強度式は控え目な評価をしている。

強度式の値と実験値の比の平均値 M と標準偏差 S を表-1に示す。これから、提案式は $M-2S$ に相当することがわかる。

ねじれ座屈強度式と関西大学のプレートガーダー実験の結果⁵⁾ M_{ult} / M_y とを比較すると図-2のようになる。図には実験結果が■印で示されている。

Basler²⁾の式と小松・北田⁶⁾の式は、実験結果のほぼ平均値を示している。提案式はやはり実験結果の下

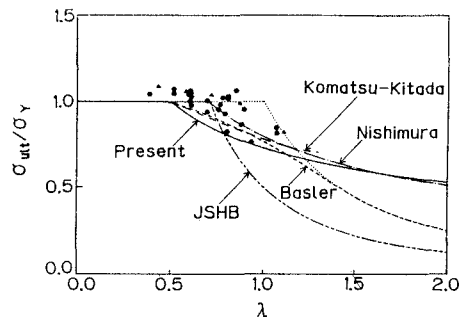


図-1

表-1

	Present	Basler	Nishimura	Komatsu-Kitada
Mean	1.155	1.097	1.049	1.100
Standard deviation	0.081	0.067	0.064	0.067

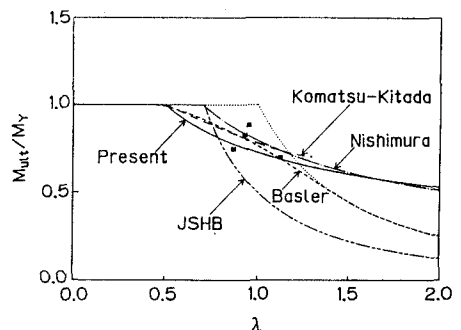


図-2

限值と一致している。西村⁷⁾の式は、実験結果の平均よりやや高めの値を示している。道路橋示方書⁹⁾の強度式はやはり控え目な評価をしている。

この実験結果⁵⁾ M_{max} と Basler²⁾、提案の強度式による曲げ強度の理論値 M_{ult} との比較を表-2に示す。提案式は Basler²⁾ 式と比べて遜色なく、実験結果を良く評価している。このことは、平均値と標準偏差からいえる。

Basler²⁾、提案の強度式による曲げ強度の理論値を既報のプレートガーダー実験の結果⁹⁾⁻¹⁴⁾と比較すると表-3のようになる。表では、曲げ・せん断の相関図における原点から実験値までの距離 L_{ex} 、原点から相関曲線¹⁵⁾までの距離 L_{th} の比¹⁶⁾で示した。記号 L, T は圧縮フランジの崩壊形式 (L は水平座屈, T はねじれ座屈) を示す。また、 L_{ex}/L_{th} の平均値と標準偏差を同表に示す。

提案式がねじれ座屈を予測するのに対して、Basler²⁾ 式が水平座屈を示す場合が文献 9) の 12 供試体に見られる。これは、 $\lambda = 0.6 \sim 0.9$ の範囲において、Basler 式が高目の値を与えるからである。実験結果によると、供試体 B-21, 22, 23, 24 では明らかにねじれ座屈が生じて崩壊に到っている。供試体 C-21~28 においても、せん断による斜張力の影響で塑性ヒンジが形成されたりしているものの、ねじれ座屈で崩壊していると思われる。

4. あとがき 本報告で提案した圧縮フランジのねじれ座屈強度算定式は既報の実験結果と比較して、平均値 - 2 × 標準偏差の下限値を与えることがわかった。また、この算定式をプレートガーダーの強度算定に用いても変動の小さい妥当な値が得られることがわかった。

参考文献 1) 三上・木村・山里：構造工学論文集, Vol. 35A, 1989. 2) Basler, Thürlimann: Proc. of ASCE, Vol. 87, No. ST6, 1961. 3) 福本・伊藤：土木学会論文集, No. 160, 1968. 4) Nishino, Tall, Okumura: Trans. of JSCE, No. 160, 1968. 5) 三上・木村・徳田：構造工学論文集, Vol. 37A, 1991. 6) 小松・北田：土木学会論文報告集, No. 314, 1981. 7) 文部省科研費報告書：鋼骨組構造物の極限強度の統一評価に関する総合的研究, 1990. 8) 道路橋示方書・同解説, I 共通編・II 鋼橋編, 1990. 9) 建設省土木研究所：プレートガーダー耐荷力実験報告, No. 2533, 1987. 10) 建設省土木研究所：プレートガーダー耐荷力実験報告, 1988. 11) 長谷川・西野・奥村：土木学会論文報告集, No. 234, 1975. 12) 森脇・藤野：土木学会論文報告集, No. 264, 1977. 13) 長谷川・西野・奥村：土木学会論文報告集, No. 235, 1975. 14) 藤野：土木学会論文報告集, No. 269, 1978. 15) 西野・長谷川：橋梁と基礎, Vol. 15, No. 6, 1981. 16) 三上：土木学会関西支部共同研究グループ最終報告書, 1989.

表-2

Model	Present	Basler
	M_{max}	M_{max}
	M_{ult}	M_{ult}
C	1.198	1.149
C1	1.110	1.067
VB1	0.964	0.903
VB2	1.016	1.015
Mean	1.072	1.034
Standard deviation	0.090	0.089

表-3

Loading	Ref.	Model	Present		Basler	
			L_{ex}		L_{ex}	
			L_{th}		L_{th}	
Bending	9)	B-21	1.046	T	1.005	L
		B-22	1.045	T	1.006	L
		B-23	1.090	T	1.042	L
		B-24	1.027	T	1.015	L
	10)	B-01	0.980	T	0.934	T
	11)	B-25-0	0.967	T	0.901	T
		B-25-1	1.234	T	1.151	T
		B-25-5	1.365	T	1.273	T
		B-35-1	1.151	T	1.077	T
		B-35-1A	1.282	T	1.213	T
		B-35-1E	1.100	T	1.041	T
		B-35-5	1.273	T	1.204	T
	12)	AaBX ₁	0.960	T	0.930	T
		AaBX ₂	0.969	T	0.938	T
		AaBY ₁	0.986	T	0.954	T
		AaBY ₂	1.039	T	1.001	T
		GBX ₁	1.094	L, T	1.094	L, T
		GBX ₂	1.163	L, T	1.163	L, T
		GBY ₁	1.124	L, T	1.124	L, T
GBY ₂	1.342	L, T	1.342	L, T		
Shear	13)	S-25-0	1.503	T	1.502	T
		S-25-5	1.355	T	1.349	T
		S-35-1	1.392	T	1.385	T
		S-35-1A	1.392	T	1.385	T
		S-35-5	1.377	T	1.370	T
		S-35-1D	1.266	T	1.254	T
		S-35-1F	1.338	T	1.318	T
Bending/Shear	9)	C-21	1.048	T	1.026	L
		C-22	1.058	T	1.035	L
		C-23	1.102	T	1.078	L
		C-24	1.117	T	1.099	L
		C-25	1.049	T	1.043	L
		C-26	1.051	T	1.019	L
		C-27	1.092	T	1.061	L
	C-28	1.115	T	1.087	L	
	14)	AaCY ₁ -4-①	1.209	T	1.189	T
		AaCY ₂ -4-②	1.092	T	1.073	T
		AaCY ₁ -3.6	1.164	T	1.147	T
		AaCY ₂ -2.8	1.190	T	1.178	T
		GCX ₁ -4	1.014	L, T	1.014	L, T
		GCX ₂ -4	1.291	L, T	1.291	L, T
		GCY ₁ -5	1.375	L, T	1.375	L, T
		GCY ₂ -4	1.234	L, T	1.234	L, T
		GCY ₁ -3.6	1.218	L, T	1.218	L, T
		GCY ₂ -2.25	1.330	L, T	1.330	L, T
		Mean		1.169		1.144
Standard deviation		0.141		0.148		