

名古屋工業大学 正員 長谷川 彰夫
愛知県 正員 稲吉 明男

東海鋼構造研究グループが鋼構造部材の抵抗強度の評価に関して提案しているSGST Formatにもとづき、垂直補剛材の付を持つプレート・ガーダーの曲げ耐力とせん断耐力の抵抗強度の評価について報告する。

曲げ耐力の場合の断面定数 S と抵抗強度 $\bar{R}$ は、 $S=W$, $\bar{R}=M_u/M_y$ で与える。ここで W は断面係数、 M_u は耐力モーメント、 M_y は降伏モーメントである。曲げ耐力の公称抵抗強度 $\bar{R}_m$ として次の設計式を考える。

1) 単独板要素のEuler座屈曲線: $\bar{R}_m = 1/\bar{\lambda} \leq 1.0$, ここで $\bar{\lambda} = \frac{h}{t_w} \sqrt{\frac{F_y}{E} \cdot \frac{12(1-\nu^2)}{\pi^2 k_b}}$ 。 h/t_w はウェブの幅厚比である。これは、プレート・ガーダーのウェブを純曲げを受ける単純支持板要素と評価することを意味する。2)

単独板要素の後座屈強度を単純に考慮したときの耐力曲線: $\bar{R}_m = 1/\bar{\lambda} \leq 1.0$ 。これは、純圧縮を受ける単純支持板要素に対するvon Karmannの有効幅設計式を純曲げを受ける板に拡張したことを意味する。3) 長谷川・和田・西野の式:

これは長谷川・和田・西野が提案したプレート・ガーダーの曲げ耐力に対する公式で、圧縮フランジとウェブ有効幅から成るT型断面の柱の挙動をモデル化して求めている。4) 実験式:

$\bar{R}_m = -0.044\bar{\lambda} + 1.044 \leq 1.0$ 。これは検討の対象とした実験データをもとに、 $(\bar{R}_m, \bar{\lambda}) = (1, 1)$ を通る直線を考え、最小二乗法による回帰分析を実施して求めた実験式である。

せん断耐力の場合の断面定数 S と抵抗強度 $\bar{R}$ は、 $S=A_w$, $\bar{R}=V_u/V_y$ で与える。ここで A_w はウェブ断面積、 V_u はせん断耐力、 V_y は降伏せん断力である。せん断耐力の公称抵抗強度 $\bar{R}_m$ として次の設計式を考える。

1) 単独板要素のEuler座屈曲線: $\bar{R}_m = 1/\bar{\lambda}^2 \leq 1.0$, ここで $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{\tau_y}{E} \cdot \frac{12(1-\nu^2)}{\pi^2 k_b}}$, $\tau_y = F_y/\sqrt{3}$ 。これは、プレート・ガーダーのウェブを、純せん断を受ける単純支持板要素と評価することを意味する。2) 単独板要素の後座屈強度を単純に考慮したときの耐力曲線:

$\bar{R}_m = 1/\bar{\lambda} \leq 1.0$ 。これは、曲げ耐力の場合と同様に、純圧縮を受ける単純支持板要素に対するvon Karmannの有効幅設計式を、純せん断を受ける板に拡張したことを意味する。3) Baslerの式:

これは、Baslerが提案したプレート・ガーダーのせん断耐力に対するオリジナルな公式で、ウェブの座屈後の部分張力場作用をもとに求めた式である。4) 実験式: $\bar{R}_m = 1.507/\bar{\lambda}$ 。これは、

検討の対象とした実験データをもとに、 $\bar{R}_m = C/\bar{\lambda}$ の曲線を考え、最小二乗法による回帰分析を実施して求めた実験式である。

既に利用可能なプレート・ガーダーの実験データの中から、試験断面の幾何学的特性が実用断面を代表していると考えられ、基本的にウェブの座屈が原因で崩壊していると判断されるデータを選んで抵抗強度 ϕR_m の抵抗係数 ϕ の試算を行なう。用いた実験データの試験者名と試験断面を表1に示す。

表1に抽出した実験データから求めた実測抵抗強度 $\bar{R}_m$ とここで検討の対象とする公称抵抗強度 $\bar{R}_m$ をもとにSGST Formatの抵抗係数 ϕ を試算する。図1及び図2に、それぞれ曲げ耐力及びせん断耐力に関し、 $\bar{R}_m$ を点で、 $\bar{R}_m$ を曲線で示す。 $\bar{R}_m$ のたて軸及び横軸の値はすべて実測値を用いて整理している。 $\bar{R}_m$ の曲線で曲げ耐力に関する長谷川等の式及びせん断耐力に関するBaslerの式はパラメーターを特定して表示しているため、図で実験値と直接の比較はできない。

実験データに対し、曲げ耐力及びせん断耐力に関するそれぞれ4通りの公称抵抗強度 $\bar{R}_m$ の設計係数 $\bar{R}_m/\bar{R}_m$ の平均値 $\bar{V}_p$ 、変動係数 V_p 、設計式の信頼係数 $\phi = M_u/F_m \cdot R_m$, その変動係数 $V_R = \sqrt{V_u^2 + V_p^2 + V_R^2}$, 下界係

表1 利用実験データ

曲げ耐力			せん断耐力		
No.	実験者	試験断面	No.	実験者	試験断面
1	長谷川他	B-25-0	1		46-T1
2	Cooper et al	L8-1	2		46-T2
3		42-T1	3		46-T3
4	Basler et al	42-T2	4	Basler et al	47-T1
5		44-T1	5		47-T2
6		44-T2	6		48-T1
7	小西他	A	7		49-T1
8	Owen et al	T4-0	8		49-T2
9	Hill et al	B-2	9		41-T1
10		8-17-A	10	Cooper et al	41-T2
11		8-17-B	11		42-T1
12	長谷川他	8-21-A	12		42-T2
13		8-21-B	13		51-1
14		8-25-A	14	坂井他	51-2
15		8-25-B	15		52-1
			16		52-2

数 $\alpha = 1 - R_R V_R$ 及び最終的な抵抗係数 $\phi = \phi_1 \cdot \alpha \cdot \beta$ (ここで $\phi_1 = 1$) を計算した結果をまとめて、曲げ耐力を表えに、せん断耐力を表すに示す。

図1, 2から明らかなように、Eulerの座屈曲線は、プレート・ガーターのウェブの公称抵抗強度 $\bar{R}_m$ として曲げ、せん断ともに全く適当でない。曲げ耐力の双曲線公式 $\bar{R}_m = 1/\alpha$ も図1から $\bar{R}_m$ として適当でない。SGST Formatの形式上の定義から言えば、公称抵抗強度 $\bar{R}_m$ は実験データと全く独立に設定し得るものである。しかし、このように不適当な $\bar{R}_m$ を設定すると、表3, 4に与えるように、設計係数の変動係数が0.4~0.9という大きな値となり、その結果として、極端な下界の $\bar{R}_m$ を採用したにもかかわらず、 ϕ の値が小さいという不合理な結果を得る。したがって、実際問題として変動係数の値が大きくなる公称抵抗強度 $\bar{R}_m$ は採用すべきでない。信頼し得る抵抗係数 ϕ の値を与える変動係数の上限は、実験データの数や性格により異なるが、0.2程度が目安となろう。

曲げ耐力の場合の3)長谷川等の式、4)実験式(直線式)、せん断の場合の3)Baslerの式、4)実験式(双曲線式)は変動係数が0.05~0.15の範囲にあり、設計係数 R_m の値も1に近く、

その結果として適当と思われる抵抗係数 ϕ の値が得られている。これらの結果を表4にまとめる。

以上の結果より、プレート・ガーターの公称抵抗強度 $\bar{R}_m$ を与える際に、力学的な根拠を

持つ式として長谷川等の式(曲げ)、Baslerの式(せん断)が考えられ、理論的な裏付けは特に持たない実験式として、直線式(曲げ)、双曲線式(せん断)が考えられる。それぞれの $\bar{R}_m$ に対する下界の程度 ($R_R = 1.65$ または ∞) による抵抗係数は表4に示す値となる。

参考文献 1)東海鋼構造研究グループ：鋼構造部材の抵抗強度の評価と信頼性設計への適用、橋梁と基礎、1980年7,8月号(予定)

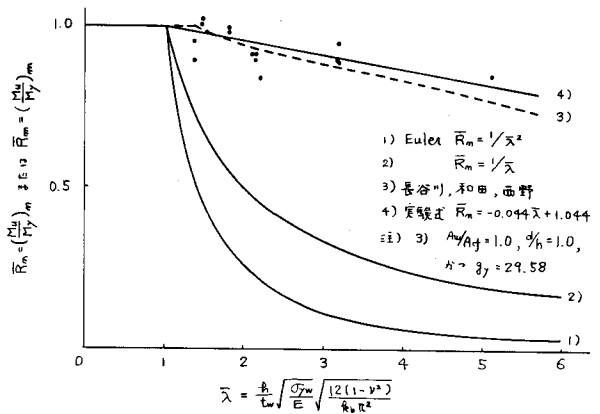


図1 曲げ耐力の公称抵抗強度と実験データ

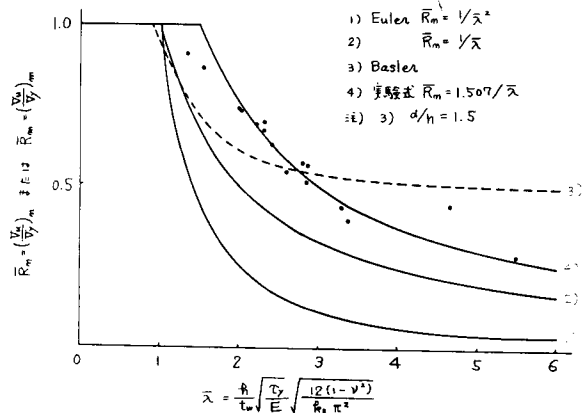


図2 せん断耐力の公称抵抗強度と実験データ

表2 曲げ公称抵抗強度と抵抗係数

$\bar{R}_m$	1) Euler	2) $\bar{R}_m = 1/\alpha$	3) 長谷川等	4) 実験式
P_m	5.557	2.094	1.002	0.992
V_R	0.939	0.329	0.051	0.049
γ	6.391	2.408	1.152	1.141
V_R	0.947	0.407	0.131	0.130
ϕ	$K_R = 1.65$	-0.563	0.328	0.784
	$K_R = 2.0$	-0.894	0.126	0.737
ϕ	$K_R = 1.65$	-3.578	0.790	0.903
	$K_R = 2.0$	-5.714	0.448	0.844

表3 せん断公称抵抗強度と抵抗係数

$\bar{R}_m$	1) Euler	2) $\bar{R}_m = 1/\alpha$	3) Basler	4) 実験式
P_m	4.323	1.525	1.076	1.018
V_R	0.468	0.119	0.143	0.110
γ	8.971	1.754	1.260	1.170
V_R	0.483	0.170	0.127	0.163
ϕ	$K_R = 1.65$	0.203	0.720	0.691
	$K_R = 2.0$	0.074	0.680	0.673
ϕ	$K_R = 1.65$	1.009	1.263	0.871
	$K_R = 2.0$	0.169	1.158	0.787

表4 公称抵抗強度と抵抗係数の提案

$\bar{R}_m$	曲げ耐力		せん断耐力	
	長谷川等	実験式(直線式)	Basler	実験式(双曲線式)
P_m	1.002	0.992	1.076	1.018
V_R	0.051	0.049	0.143	0.110
ϕ	1.65	0.903	0.871	0.855
	2.0	0.850	0.844	0.787