

愛知工大 正 青木 徹彦

1. はじめに 安全で合理的な構造物を実現させるためには、設計のもととなる基準式に構造部材強度の統計的挙動が十分に考慮、反映されている必要がある。東海鋼構造研究グループ (SGST) では鋼構造部材の抵抗強度を評価するための基本設計 Format の検討を行ってきた。この Format では強度項 ϕR_n を実測強度の平均値 R_m の下界値に校正係数を乗じたもので定義している。したがって実験データから R_m が得られれば、ある一定の信頼性レベルに対して公称抵抗強度 R_n として、たとえば現行の基準耐力式がどれ程の抵抗係数 ϕ を与えられることになるかを検定することができる。本報告は鋼柱の中に軸圧屈強度について、我国と ECCS (ヨーロッパ鋼構造連合) とで行われた統計的実験の結果をもとに、公称抵抗強度と

表1 柱実験データの断面による分類

断面	断面寸法 (mm) (高さ × 幅 × フランジ厚 × 腹厚)	データ数
圧延I形	*150 × 75 × 8.5 × 5.3	194
	*160 × 82 × 7.4 × 5	199
	*200 × 100 × 8.5 × 5.6	11
	*160 × 74 × 9.5 × 9.5	36
圧延H形	*190 × 197 × 11 × 7	11
	*220 × 206 × 26 × 16	11
	100 × 100 × 8 × 6	60
溶接H形	*190 × 197 × 11 × 7	22
	100 × 100 × 8 × 6	168
溶接箱形	*150 × 150 × 10 × 10	22
	200 × 200 × 8 × 8	20
パイプ	*114.3 × 6.35	20
	*88.9 × 8	10
	*114.5 × 4.5	112
全データ数 896、実験データ数 54、		* ECCS 実験データ

2. 実験データと公称抵抗強度

過去 10 年程の間にけなわれた ECCS の試験体数は 1000 本余に及んでいるがその半数はフランジ幅が断面高さの 1/2 程度の圧延 I 形断面柱である。他の断面はパイプ、圧延 H 形、溶接 H 形、溶接箱形などである。これらのうち試験体の材料断面積に相当する短柱圧縮強度データの得られている柱を選出し、検定に用いた。また我国の座圧実験柱は圧延 H 形²⁾、溶接 H 形³⁾、箱形 およびパイプの 4 断面から成る。これらの試験体の断面寸法、実験本数を表 1 に示す。試験体の材質はすべて S41 クラスである。柱の両端はピン支持 (弱軸) されている。全データ数は 896、そのうち我国で行なわれたものは 360 である。試験体断面および長さの異なる実験シリーズは 54 となっている。

つぎに、無次元化された公称抵抗強度 $\bar{R}_n$ は次の 2 つを対象とする。

1) 道路橋示方書 (JHA Spec.) の基本耐力式

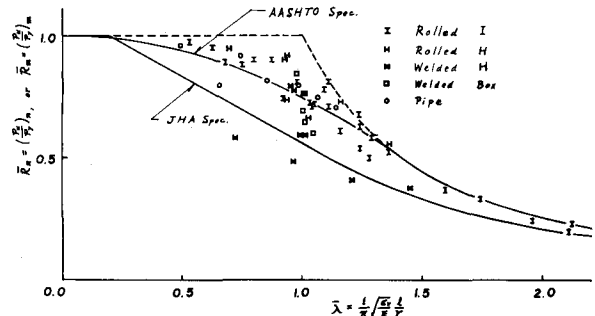
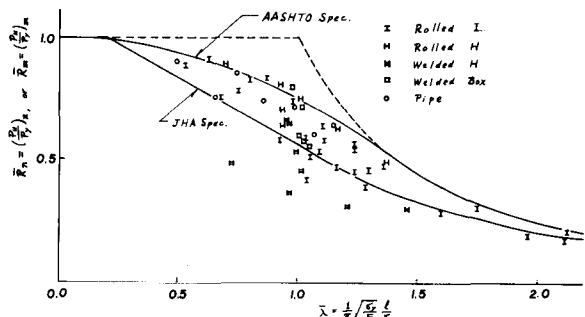
$$\left. \begin{aligned} \bar{R}_n &= 1.0 & (\bar{\lambda} \leq 0.2) \\ \bar{R}_n &= 1.0 - 0.545(\bar{\lambda} - 0.2) & (0.2 < \bar{\lambda} \leq 1.0) \\ \bar{R}_n &= 1.0 / (0.773 - \bar{\lambda}^2) & (\bar{\lambda} > 1.0) \end{aligned} \right\} (1)$$

2) AASHTO 示方書の基本耐力式

$$\left. \begin{aligned} \bar{R}_n &= 1.0 - 0.25 \bar{\lambda}^2 & (\bar{\lambda} \leq \sqrt{2}) \\ \bar{R}_n &= 1.0 / \bar{\lambda}^2 & (\bar{\lambda} > \sqrt{2}) \end{aligned} \right\} (2)$$

ここに無次元化細長比 $\bar{\lambda} = \frac{1}{\sqrt{E}} \cdot \frac{L}{r} \cdot \frac{1}{\sqrt{F_y}}$ である。

実験データとこれらの基本耐力式を比較するために全実験シリーズ 54 のそれぞれの強度平均値 m を図 1 に、また 1 つの下界値 $m(1 - 2V_R)$ を図 2 に示す。各柱の実測強度は実測降伏応力 σ_y 、および

図1 公称抵抗強度と実験データの平均値 m 図2 公称抵抗強度と実験データの $m(1 - 2V_R)$ 値

実験断面積で無次元化されている。また実験値の無次元化細長比(横軸)にも同測定値およびヤング率 $E = 2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$ を用いた。したがって、ここに示したのは圧屈強度データから細長の材料降伏強度と断面積の変動を除外した強度値 $\bar{R}_m$ を描き、公称強度式と比較したものである。図1より AASHTO 示方書の耐荷力曲線は実験データのほぼ平均を代表していると見なされる。また図2では、下方に散在する溶接H形柱のデータを除き、道路橋示方書の基本耐荷力式が実験値の1つの下界値 $m(1-2V_R)$ にほぼ一致した結果となっている。

3. 抵抗係数 ϕ の試算 SGST Format では抵抗係数 ϕ を式(3)のように定めた。ここで ϕ は標準状態を

$$\phi = \phi_1 \chi \left[\frac{R_m}{R_n} \right] = \phi_1 \chi [M_m \cdot F_m \cdot P_m] = \phi_1 (1 - k_R V_R) \left\{ \left(\frac{\sigma_y}{F_y} \right)_m \left(\frac{S_m}{S_n} \right)_m \left(\frac{\bar{R}_m}{R_n} \right) \right\} \quad (3)$$

考えとする。下界係数 $\chi = (1 - k_R V_R)$ 中の k_R には 1.65 および 2.0 の2つの場合を考える。材料係数 M は各構造部材に共通の値として、母材の引張引張試験結果を収集した統計量より平均値 $M_m = 1.15$ 、変動係数 $V_m = 0.11$ を用いる。製作係数 $F = S_m/S_n$ は柱の場合、実験および公称断面積の比を表わし、これも各部材共通の値として平均値 $F_m = 1.00$ 、変動係数 $V_F = 0.05$ を使用する。設計係数 $P_m = (\bar{R}_m/R_n)_m$ とその変動係数 V_P の値は実験データと式(1)、(2)に示した公称抵抗強度より、表1に示した断面の分類に従って各実験シリーズごとに求めた。またこれらの値から式(3)中の $V_R = \sqrt{V_m^2 + V_F^2 + V_P^2}$ を計算し、さらに ϕ の値も求めた。

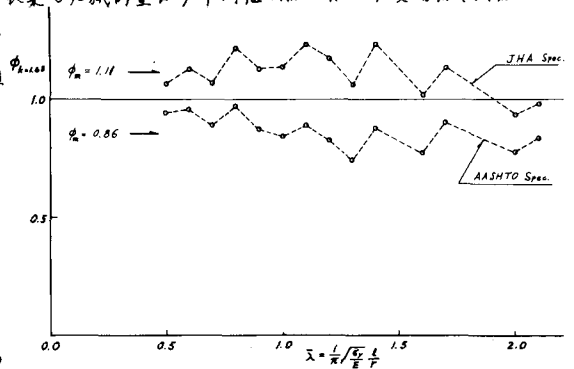


図3 ECFS 圧延I形柱に対する $k_R = 1.65$ の場合の ϕ の値を示したもので、道路橋示方書 (JHA Spec.) の

基本耐荷力式に対して、ほとんどの細長比にわたって 1.0 以上が確保されている。平均値は $\phi_m = 1.11$ であった。また、AASHTO 示方書の基本式に対して ϕ の平均値は 0.86 であった。表2は各断面形に対する ϕ の試算値をまとめたものである。いずれも各実験シリーズごとに ϕ 値を求め、データ個数による重みつき平均値を計算した。同表より ϕ の値はどの場合にも圧延H形鋼柱が最も大きく、ついでパイプ柱、圧延I形、箱形、溶接H形の順に小さくなっている。溶接H形柱を除く各断面柱の ϕ 値は道路橋示方書に対していずれも 1.0 より大きく、同示方書の基本耐荷力式が実験値に対して $k_R = 2.0$ の下界値に設定されていることがわかる。溶接H形の ϕ 値が低いのは、我国実験柱断面が(高さ×幅 = 100×100 mm)小さく、溶接による圧縮残留応力が実際の断面よりかなり大きくなっていたためと思われる。しかし、ECFS でのやや大きな断面 (同 190×197 mm) に対する ϕ 値も他の断面形より 10~14% 低い値を与えており、注意する必要がある。

表2 各断面形に対する抵抗係数 ϕ の試算値

断面	道路橋示方書		AASHTO 示方書	
	$k_R = 1.65$	$k_R = 2.0$	$k_R = 1.65$	$k_R = 2.0$
1) 圧延I形	1.112	1.037	0.855	0.797
2) 圧延H形	1.258	1.182	0.948	0.891
3) 溶接H形 (ECFSのみ)	0.797 (0.990)	0.737 (0.922)	0.594 (0.746)	0.550 (0.695)
4) 溶接箱形	1.088	1.020	0.814	0.763
5) パイプ	1.176	1.109	0.932	0.878
6) 溶接H形を除く 全断面形	1.141	1.068	0.879	0.823
7) 全断面形	1.068	0.998	0.818	0.765

4. まとめ 鋼柱の各断面形ごとに ϕ の試算を行った。各断面形に対しやや異なった ϕ 値が得られたが、溶接H形を除く各断面の ϕ 値は比較的近い値を示し、それらの重み付平均値は JHA Spec. ($k_R = 1.65$) に対し 1.14 であった。近年、安全度の調和と経済性から複数の柱曲線が採用される傾向があるが、設計の簡便性から考えると、ここに述べたように1本の基本耐荷力曲線を定め、溶接H形(弱軸)を除く全断面柱に対して例えば $\phi = 1.1$ を代表させ、溶接H形柱に対してはさらに検討した上で別の ϕ 値を与えるのが望ましい一法であろう。

引用文献 1) 東海鋼構造研究所(代表 福本): 鋼構造物の抵抗強度の評価と信頼性設計への適用, 橋梁と基礎, 1980. 7月8日.
2) 青木・福本: 鋼柱の圧屈強度のばらつきと圧縮残余応力の影響について, 土構, 1972. 5. 3) 青木・福本: 溶接H形鋼柱の圧屈強度のばらつきと圧屈, 土構, 1973. 2