

鋼部材の基本強度と設計係数の統一評価

大阪大学工学部 正 員 福本 晴士

大阪大学工学部 正 員 西村 宣男

大阪大学大学院 学生員○西井 学

1. まえがき 現在、鋼部材の設計法が、許容応力度設計法から限界状態設計法へと移行しつつあり、極限強度の適正な評価法の確立と、設計法の合理化が重要な課題となっている。ここでは、鋼柱、はり、およびはり-柱部材の極限強度に対する初期不整の影響を評価するために、敏感度関数を導入してモンテカルロシミュレーションにより、各部材の極限強度の平均値およびその変動を明らかにする。さらにSGST-FORMATを用いて、各部材について統一的に抵抗係数の試算を行う。

2. SGST-FORMAT 抵抗強度を ϕR_n とした場合には、 $\phi R_n = \phi_1 (1 - K_R V_R) R_m \geq \text{荷重項}$ (1)
 と与えられる。

R_n :示方書で定める抵抗強度式 ϕ_1 :校正係数

R_m :強度の平均値 V_R :変動係数

K_R :下界の程度を示す定数

従って抵抗係数 ϕ は、 $\phi = \phi_1 (1 - K_R V_R) R_m / R_n = \phi_1 (1 - K_R V_R) \cdot M_m \cdot F_m \cdot P_m$ (2)

P_m :終局強度の無次元表示によるばらつきの平均値 M_m :材料係数の統計量の平均値

F_m :製作係数の統計量の平均値

K_R :下限値の程度、 $K_R = 1.65$ (超過確率95%)

V_R :全体の変動係数 $V_R = \sqrt{V_H^2 + V_F^2 + V_P^2}$

文献1)によると、 $M_m = 1.15$ 、 $V_H = 0.11$ 、 $F_m = 1.0$ 、 $V_F = 0.05$ であり、初期不整に起因するばらつきは P_m および V_P で評価される。

3. 柱部材 図-1に柱部材のシミュレーションによる強度分布と福本らによる基本強度曲線との対応を示す。各断面において、理論強度分布の平均値(M)と下限値(M-2S)を、その断面の属するグループに対応する基本強度曲線の値で除し、 λ に対して統計値をとる。強度の平均値について算出したものをM、下限値についてはMSと表現すれば、各断面について、 $V_P = 1/2 \cdot (M_i - MS_i)$ と与えられる。福本らによる柱部材の断面区分において、グループ1については、溶接箱形(BOX)、圧延I形強軸周り(R-Ix)弱軸周り(R-Iy)、溶接I形強軸周り(W-Ix)の4断面、グループ2については、溶接I形弱軸周り(W-Iy)、T形の2断面について、式(1)より ϕ を求め、表-1に示す。 P_m としては、それぞれMが対応する。安全側に最小の ϕ をとり、それぞれ次のように抵抗係数として提案する。

グループ1・・・ $\phi = 0.88$ 、グループ2・・・ $\phi = 0.85$

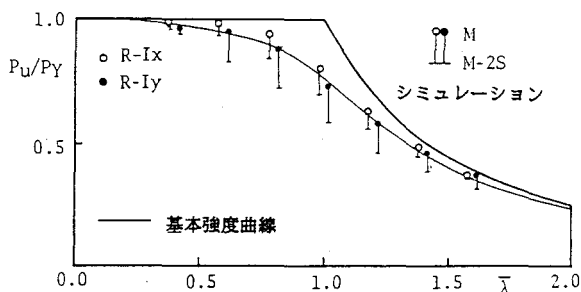


図-1 福本らによる柱の基本強度曲線とシミュレーション結果の比較

表-1 各断面およびグループの抵抗係数 ϕ

	M	MS	V_H	V_F	ϕ
BOX	1.0159	0.9138	0.05105	0.1312	0.9154
R-Ix	1.0519	0.9599	0.046	0.1293	0.9516
R-Iy	0.9944	0.8449	0.07475	0.1421	0.8755
W-Ix	1.0244	0.9372	0.0436	0.1285	0.9284
①	1.0216	0.9139	0.05383	0.1323	0.9184
W-Iy	1.0924	0.9421	0.07515	0.1423	0.9613
T	0.9286	0.8796	0.0245	0.1233	0.8507
②	1.0105	0.9109	0.0498	0.1307	0.9115

①グループ1の平均 ②グループ2の平均

4. はり部材 図-2にははり部材のシミュレーションによる強度分布と基本強度曲線との対応を示す。基本強度曲線は、各強度分布の平均値を包絡するようにの4次関数を用いて提案した。²⁾対象としたのは、圧延コンパクト(R-Ib)、溶接コンパクト(W-fc: フレームカットされたフランジをもつ)、溶接ノンコンパクト(W-Ib: の3断面である。柱部材と同様に対応する基本強度曲線に対して、式(1)より抵抗係数 ϕ を算出し、表-2に示す。それぞれ次のように提案する。AISCによるLRFDでは一律 $\phi=0.90$ を与えている。

R-Ib、W-fc・・・ $\phi=0.90$ 、W-Ib・・・ $\phi=0.89$

5. はり-柱部材 はり-柱部材では軸圧縮力と曲げモーメントの割合により平均値強度と下限値強度の差が異なるので強度の変動係数 V は一定ではない。そのため、SGST-FORMATをはり-柱部材に拡張して用いる場合、単一の抵抗係数 ϕ を用いるのではなく、軸圧縮力と曲げの基本強度に別個の抵抗係数を考える。基本強度式(R_n)として、面内崩壊形式と面外崩壊形式、各々について文献²⁾で提案した。平均値相当の初期不整を持つ解析値($\circ$)との対応を図-3、4に示す。解析による平均値、下限値を各々の基本強度式の値で除したものをそれぞれ P_n 、 MS とすればはり-柱部材においても、 $V_p=1/2(P_n - MS)$ となる。A、B、C、D、Eの各点について ϕ を求めた。それぞれの ϕ を用いて低減させたのが図-3、4の●印である。次に柱の抵抗係数を ϕ_n 、はりの抵抗係数を ϕ_m として提案式に次のように組み込む。(ϕR_n)

(a) 面内崩壊

$$\frac{1}{\phi_n} \frac{P}{P_u} + \frac{1}{\phi_m} \frac{1}{1-P/P_u} \frac{M}{M_p} \leq 1$$

柱区分グループ1の ϕ より $\phi_n=0.88$ 、 $P_n=1$ より $\phi_m=0.92$

(b) 面外崩壊

$$\frac{1}{\phi_n} \frac{P}{P_u} + \left(\frac{1}{\phi_m} \frac{M}{M_u} \right)^n \leq 1 \quad \begin{array}{l} 1.8 \geq n = \bar{\lambda} + 0.2 \geq 1.0 \text{ (圧延ばり)} \\ 1.8 \geq n = \bar{\lambda} + 0.1 \geq 1.0 \text{ (溶接ばり)} \end{array}$$

(a)と同様に $\phi_n=0.88$ 、圧延I形断面はりの抵抗係数 $\phi_m=0.9$

SGST-FORMATに従って柱、はり、およびはり-柱部材の抵抗係数を統一的に評価することができた。

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, vol.14, No.11, 1980
- 2) 文部省科学研究費補助金 総合研究A研究グループ, 1989, 鋼構造物の極限強度の統一評価に関するシンポジウム資料集 pp13-31

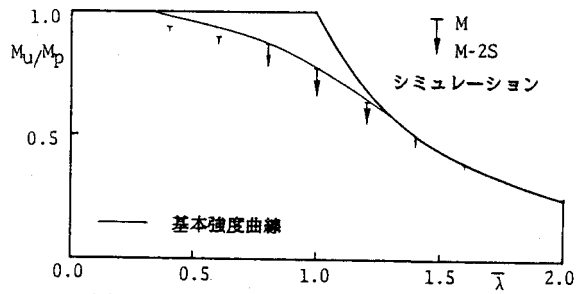


図-2 はりの基本強度曲線とシミュレーション結果の比較

表-2 各断面の抵抗係数 ϕ

	M	MS	V_p	V_F	ϕ
R-Ib	0.9908	0.9100	0.0404	0.1274	0.8999
W-fc	0.9958	0.9158	0.04	0.1273	0.9047
W-Ib	0.9976	0.8768	0.0604	0.1351	0.8915

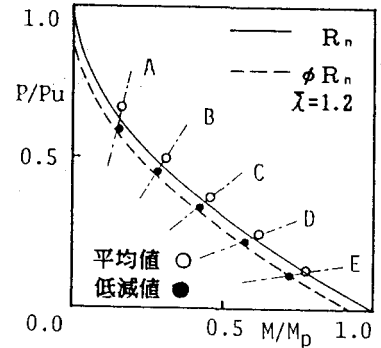


図-3 面内崩壊形式の抵抗強度 (溶接箱形断面)

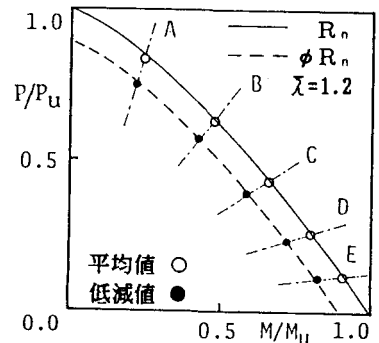


図-4 面外崩壊形式の抵抗強度 (圧延I形断面)