

名城大学理工学部 正員 久保全弘
名古屋大学工学部 正員 福本勝士

1. まえがき 本報告は曲げ部材の抵抗強度を評価するとき必要とされる鋼材の機械的諸性質の変動と鋼工形断面はりの曲げ強度の変動と実験データとともに調べ、荷重抵抗係数設計法を曲げ部材に適用する場合の基礎資料を得ようとするものである。

2. 設計法の規範 はりに対する荷重抵抗係数設計法の基本的な考え方は次式で与えられる。

$$\phi(\text{はりの強度}) \geq \gamma(\text{はりの曲げモーメント}) \quad \text{-----}(1)$$

ここに、 ϕ は抵抗係数、 γ は荷重係数である。現在、東海鋼構造研究グループ(略称SGSS)では式(1)の左辺の抵抗強度項に関して次のような規範にもとづいて議論を進めている。

$$\phi R_n = \phi \times R_m \quad \text{-----}(2)$$

ここに、 R_n : 設計強度、 R_m : 実強度の平均、 ϕ : 設計施工時の2次的要因を考慮する係数、 λ : 部材の信頼度とその強度変動を加味する係数、 $(1 - k_R \delta_R)$ 。したがって、抵抗係数中は次式で表わされる。

$$\phi = \phi \times \frac{R_m}{R_n} = \phi \times \lambda \quad \text{-----}(3)$$

上式に含まれる λ は実験データによってギャブレーションされる内容であり、はりの場合は降伏モーメント M_y で無次元化して表わすと次のようになる。

$$\lambda = \frac{R_m}{R_n} = \frac{(M_y)_m R_n}{(M_y)_n R_n} = \frac{(S_y)_m (S_n)_n}{(F_y)_n (S_n)_n} \left[\frac{(M_u/M_y)_m}{(M_u/M_y)_n} \right] \quad \text{-----}(4)$$

第1項は降伏応力の実際値の平均と公称値 $(F_y)_n$ の比であり、第2項は断面係数の実際値の平均と公称値 $(S_n)_n$ の比である。第3項は曲げ強度の実際値の平均と設計強度の比、とれが無次元化した値の比である。

3. 鋼材の機械的諸性質の変動 鋼材の降伏応力 F_y 、引張強さ F_u 、ヤング係数 E 、およびポアソン比 ν の変動を調べる。実験データは過去の実験的研究に際して行われた鋼板の引張試験結果であり、わが国の土木・建築造船分野の既往文献から収集したものである。引張試験片は普通の鋼板(Plates)と圧延形鋼材から切り出した鋼板(Rolled Shapes)に区別してある。統計分析では実際値をその使用鋼種と板厚に対応する規格値 $(F_y, F_u, E = 2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2, \nu = 0.3)$ によって無次

表-1

Material Property	Tensile Coupons	Number of Samples N	Mean Value M	Standard Deviation S	Coefficient of Variation V
Yield Stress σ_y/F_y	Rolled Shapes	700	1.174	0.125	0.106
	Plates	1122	1.148	0.136	0.118
	Rolled Shapes & Plates	1822	1.158	0.132	0.114
Tensile Stress σ_u/F_u	Rolled Shapes	498	1.091	0.067	0.061
	Plates	749	1.076	0.080	0.075
	Rolled Shapes & Plates	1247	1.082	0.076	0.070
Young's Modulus E/E_F	Rolled Shapes & Plates	801	0.997	0.046	0.046
Poisson's Ratio ν/ν_F	Rolled Shapes & Plates	386	0.932	0.092	0.098

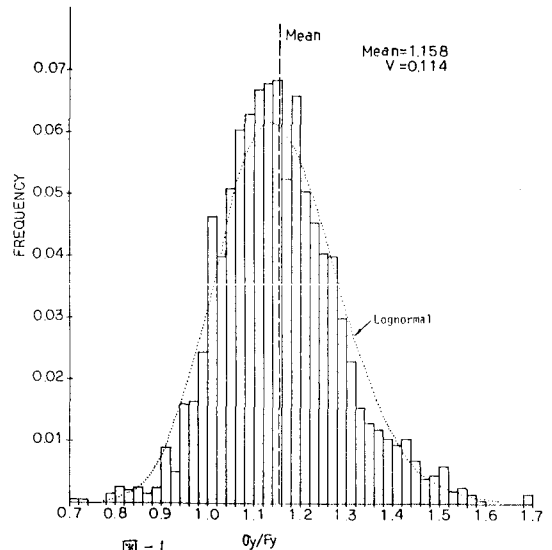


図-1

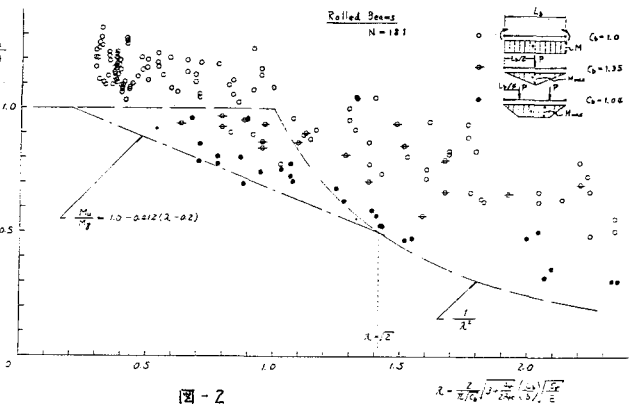


図-2

元化で扱う。なお、引張強さの規格値 F_u はその下限値を用いる。表-1は統計分析結果を示したものである。この表からは Plates と Rolled Shapes の結果には大きな差は認められない。引張強さの変動は降伏応力の変動に比べて小さい。図-1は降伏応力 σ_y/F_y のヒストグラムを示したものである。

4. はりの曲げ強度の変動 ここでは、式(4)の第3項、すなわち実強度と設計強度の比の変動を調べる。実験データは内外の既発表文献から集めた横倒れに関する実験値、圧延はり181個、ならびに溶接はり96個からなる。実験はりの荷重状態として側径荷を有し横補剛梁間で等曲げを受けるはりとし、中央集中荷重ならびに1/4点の2点集中荷重による単純はりを含む。設計強度は現行の道路橋示方書(JRA)とAASHTO両方で使用している設計基本強度式を用いる。図-2,3は圧延はりならびに溶接はりの実験値とJRA式の比較を表わしたものである。縦軸にはりの曲げ強度と降伏モーメントの比 M_u/M_y をとり、横軸に修正細長比 λ をとって示してある。 λ に含まれる横補剛間隔 L_b は圧縮フランジの固定梁間距離を用い、また等曲げ以外の実験値に対しては等価曲げモーメント係数 C_b を用いて入を求めている。これらの図において、JRAの基本式は実験値の下限をよく与えている。図-4,5は圧延はりならびに溶接はりについてAASHTO式との比較を表わしている。次に、これらの図をもとに実強度と設計強度の比の変動を $\lambda \leq \sqrt{2}$ の範囲で求めると表-2のようになる。

5. はりの抵抗係数中 材料性質および曲げ強度の変動に関するデータがえられたので、はりの抵抗係数中を試算してみる。式(3)に含まれる係数は $\phi_1 = 1$ とし、 $k_R = 1.65$ と2.0の場合を考える。式(4)の各項は $(\sigma_y)_m/F_y = 1.15$ ($V_F = 0.11$)、 $(S_x)_m/(S_x)_n = 1.0$ ($V_F = 0.05$)、実強度と設計強度の比に対して表-2の P_m, V_p を用いる。なお、抵抗強度の変動は $\delta_R = \sqrt{V_M^2 + V_F^2 + V_p^2}$ によって求める。表-2には設計強度としてJRA式ならびにAASHTO式を用いた場合のはりの抵抗係数中の値が示してある。

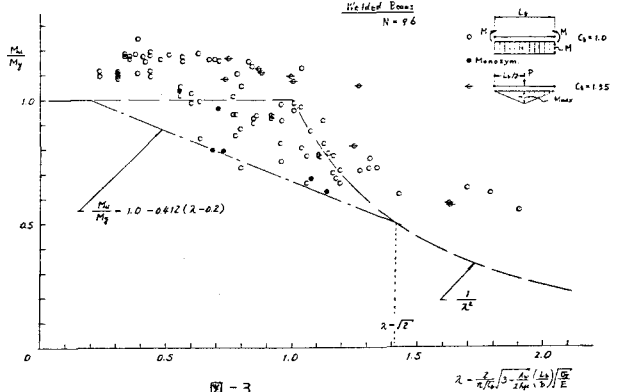


図-3

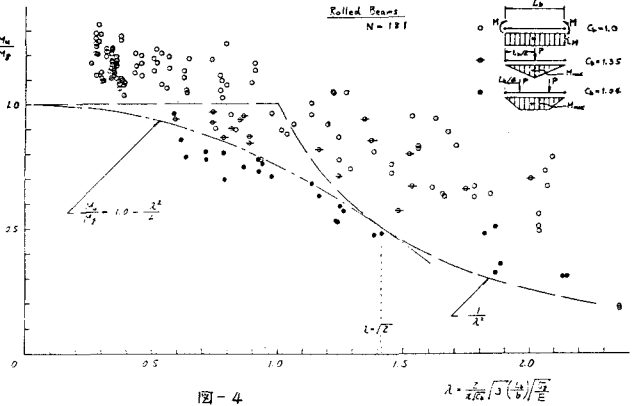


図-4

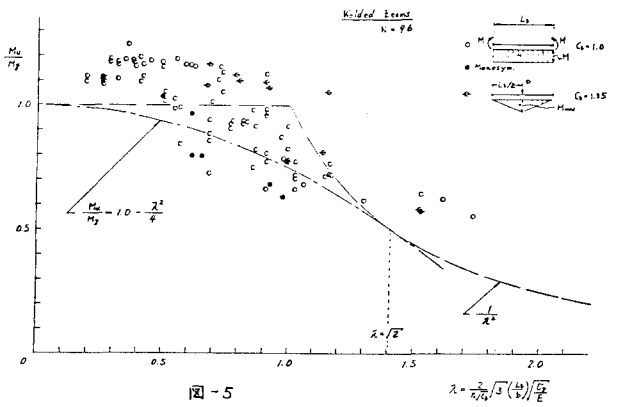


図-5

表-2

Design Formulas	Test Beams	Number of Specimens N	(Mu/My) _{actual} / (Mu/My) _{nominal} , $\lambda \leq \sqrt{2}$			Resistance Factor ϕ	
			Mean Value P_m	Standard Deviation S_p	Coef. of Variation V_p	$k_R = 1.65$	$k_R = 2.0$
JRA	Rolled	131	1.307	0.186	0.142	1.041	0.942
	Welded	90	1.293	0.162	0.125	1.061	0.970
	Rolled & Welded	221	1.302	0.170	0.131	1.057	0.964
AASHTO	Rolled	139	1.189	0.168	0.141	0.948	0.860
	Welded	91	1.132	0.140	0.124	0.930	0.851
	Rolled & Welded	230	1.166	0.159	0.137	0.937	0.851