

大阪市立大学工学部 正員 酒造敏廣
 大阪市立大学工学部 正員 中井 博
 阪神高速道路公団 正員 北沢正彦

1. まえがき

これまで、薄肉箱形断面からなる鋼製ラーメンの耐荷力に着目し、実験・解析を通じて、全体座屈強度や柱の有効座屈長の取り方などを明らかにしてきた¹⁾。本文では、鉛直と水平の組み合わせ荷重を受ける門形ラーメンと偏心圧縮力を受ける片持柱の耐荷力実験を行い、断面フランジ・プレートの幅厚比や鉛直と水平の荷重比の変動による限界強度特性を明らかにするとともに、現行の道路橋示方書²⁾による柱の耐荷力算定法や薄肉鋼製ラーメンの終局限界荷重について検討するものである。

2. 実験概要

(1) 供試体

図-1～2に示すように、フランジ・プレートの幅厚比パラメーター R_f を変化させた鋼製の門形ラーメン模型 8体(F1～F8)と片持柱模型 6体(F9～F14)、合計14体の供試体 (SS41、降伏点 σ_y :約3,000kg/cm²)を製作した。供試体の R_f 、曲げ剛比 K (門形ラーメンのみ)および柱の細長比パラメーター λ_y とそれらの値を以下に示す³⁾。

$$R_f = \frac{b}{t_f} \cdot \sqrt{\frac{12(1-\mu^2)}{k \cdot \pi^2}} \cdot \sqrt{\frac{\sigma_y}{E}}, (0.5, 0.7) \dots (1) \quad K = \frac{I_{cy}}{h} \cdot \frac{l}{I_{by}}, (1.0) \dots (2) \quad \lambda_y = \sqrt{\frac{P_y}{P_{cr}}}, (0.5) \dots (3)$$

ここに、 h 、 l : 供試体骨組の高さとスパン、 I_{cy} 、 I_{by} : 柱、梁の断面2次モーメント、 P_y : 柱の全塑性軸力、 P_{cr} : 弾性座屈荷重、 E : ヤング係数($=2.1 \times 10^6$ kg/cm²)、 k : 座屈係数($=4.0$)、 μ : ポアソン比($=0.3$)。

門形ラーメンにおいて、鉛直荷重 P と水平荷重 H との比を表す荷重比

$$\alpha_y = (P/P_y)/(H/H_y) \quad \dots (4)$$

は、0, 1/3, 1/1, 3/1 の四種類とした。ここに、 H_y : 水平荷重のみを受けるラーメンの初期降伏荷重である。

さらに、片持柱の偏心圧縮実験では鉛直荷重の偏心量を e とし、 e/r_{cy} 値が 0.09～0.71の範囲内に入るように決定した。ここに、 r_{cy} : 柱の断面二次半径。

(2) 実験方法

実験には、柱頭部の水平移動に鉛直荷重用ジャッキが追従可能な実験装置を用いた¹⁾。

3. 実験結果と考察

(1) 荷重-変位曲線

水平荷重を H 、柱頭部の水平変位を δ とし、供試体F1～F4の $H-\delta^2$ 曲線を図-3に示すが、鉛直荷重が卓越する(α_y が大)ほど、供試体は分岐座屈的な挙動を呈するということがわかる。

なお、各供試体の $P-\delta^2$ および $H-\delta^2$ 曲線から δ^2 が急増し始める荷重 H_{cr}/H_y (水平)、 P_{cr}/P_y (鉛直)を求め、これを座屈荷重とした(表-1～2参照)。

(2) 座屈強度の実験値と道路橋示方書(JSHB)の耐荷力

相関式との比較

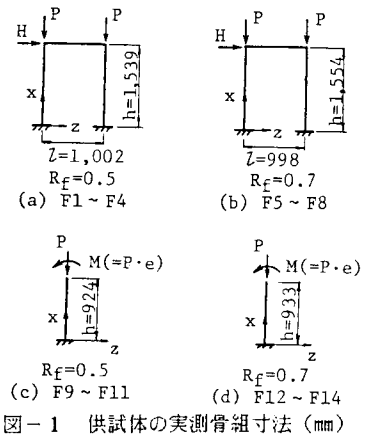
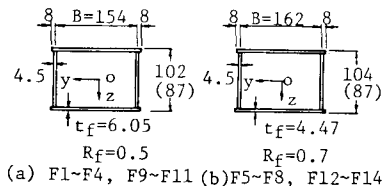


図-1 供試体の実測骨組寸法 (mm)



() 内は梁断面寸法

図-2 実測断面寸法 (mm)

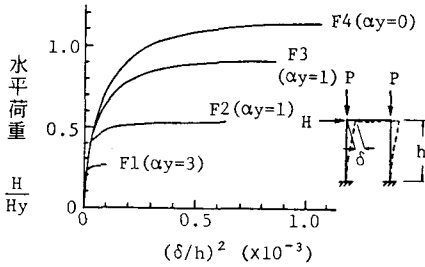


図-3 H- δ^2 曲線

JSHBによると、PとHとを同時に受けるラーメン柱、および、偏心圧縮力を受ける片持柱の耐力は、軸力Nと等曲げモーメント M_{eq} とを受ける梁-柱の耐力として求められる。そこで、座屈強度の実験値から換算したNおよび M_{eq} を、それぞれ N_{cru}/P_u および M_{cru}/M_y と表わし、JSHBによる耐力($N_u/P_u, M_u/M_y$)の計算値と比較した。ここに、 P_u は柱の基準耐力、 M_y は降伏モーメントである。

図-4から、実験値とJSHBによる計算値との差異は、門形ラーメンでは-5~17%、片持柱では4~16%であり、計算値は実験値に対して若干安全側の値を与えているが、両者の相関性は高いことがわかる。

(3) ラーメンの終局限界荷重に関する考察

薄肉鋼製ラーメンの終局限界状態について検討するため、ラーメンのある部材断面が最初に全塑性状態となる荷重（以下、第一ヒンジ荷重という）を弾性線形解析によって求め、門形ラーメンの終局強度の実験値 H_u/H_y および P_u/P_y （表-1参照）と比較した。

図-5から、鉛直荷重が卓越する範囲では、全体座屈の影響により実験値は解析値より5~13%小さくなっているが、水平荷重の割合が大きくなると、 $R_f=0.5$ のラーメンの実験値は±3%の誤差内で第一ヒンジ相関曲線に一致し、 $R_f=0.7$ のラーメンの実験値は、局部座屈の影響により、この相関曲線から8~13%低下していることがわかる。

以上のことは、第一ヒンジ荷重は薄肉鋼製ラーメンの終局限界荷重のほぼ上限値を与えるということを示唆しており、限界状態設計法などを検討していく上で極めて重要な手がかりになるものと思われる。

あとがき：実験結果の詳細については当日報告する。

参考文献 1) 中井・江見・酒造：鉛直荷重を受ける薄肉鋼

製ラーメンの全体座屈崩壊に関する一研究、構造工学論文集、1985、4、pp.79~92。

2) 日本道路橋会：道路橋示方書・同解説、昭55.2。

3) 中井・河井・吉川・北田・酒造：鋼製ラーメン橋脚の実績調査（上）、（下）、橋梁と基礎、Vol.16、No.6、No.7、1982。

表-1 門形ラーメンの耐力実験結果

項目 供試体	荷重比 $\alpha = P/H$	座屈強度		終局強度		備考
		M_{cru}/M_y	P_{cru}/P_y	H_u/H_y	P_u/P_y	
F1	3.00	0.212	0.929	0.262	0.799	$R_f=0.5$
F2	1.00	0.436	0.657	0.560	0.574	
F3	1/2.92	0.730	0.412	0.947	0.323	
F4	0	0.874	0.067	1.147	0	
F5	3.02	0.173	0.945	0.269	0.740	$R_f=0.7$
F6	1.00	0.378	0.710	0.549	0.546	
F7	1/3.07	0.654	0.396	0.843	0.284	

注：供試体 F8 はデータ不備のため省略。

表-2 片持柱の耐力実験結果

項目 供試体	偏心量 e/r_{cy}	座屈強度		備考
		M_{cru}/M_y	P_{cru}/P_y	
F9	0.179	0.170	0.944	$R_f=0.5$
F10	0.204	0.170	0.837	
F11	0.711	0.470	0.657	
F12	0.086	0.090	1.033	
F13	0.271	0.220	0.849	$R_f=0.7$
F14	0.661	0.390	0.603	

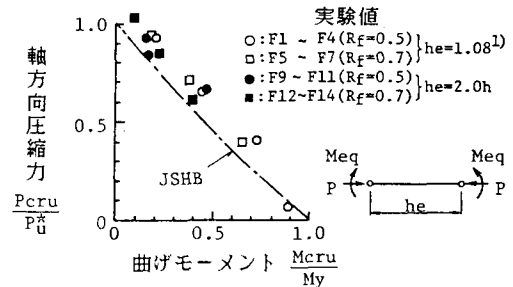


図-4 座屈強度の実験値とJSHBの耐力相関式との比較

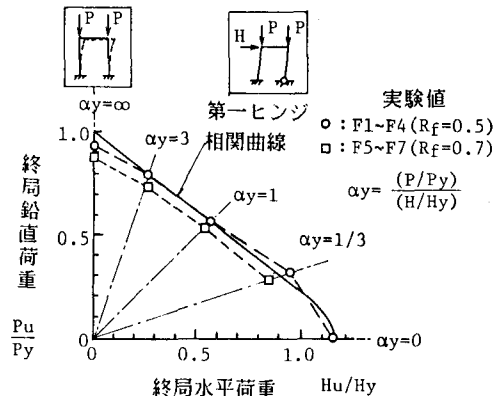


図-5 終局の鉛直荷重と水平荷重との相関関係