

○ 中部工大 正員 塩見弘幸
大同工大 / 山口寿男

(1) まえがき 本報告は、SGST Format¹⁾に基づいて、はり-柱の抵抗係数を試算し、抵抗強度について述べたものである。SGST Formatでは、抵抗強度項における抵抗係数を次のように定めている。

$$\phi = \phi_1 \chi \psi \quad \text{----- (1)}$$

ここに、 ϕ_1 は修正係数、 χ は下界係数($1 - R_R \cdot V_R$)、 ψ は設計式の信頼係数($M_m \cdot F_m \cdot P_m$)である。式(1)を用いて等断面および変断面はり-柱の抵抗係数の試算を次の3ケースについて行う。

- 軸力と断面の強軸まわりの曲げが作用する場合の面内耐力
- 軸力と断面の強軸まわりの曲げが作用する場合の面外耐力
- 軸力と2軸曲げが作用する場合の耐力

ただし、変断面はり-柱においては、a)とb)の2ケースに限る。公称抵抗強度 R_n は、道路橋示方書に採用されている基本耐力式を用いる。

(2) 実験データと公称抵抗強度 等断面はり-柱の抵抗係数の試算のための利用実験データは、参考文献2)~7)であり、断面はI形とH形に限る。鋼種は、ケースc)中の2体を除きS41相当材である。変断面はり-柱については、参考文献8), 9)の実験データを利用する。a)は箱形断面で、ウェブとフランジの両方にテーパがついているものである。b)のウェブのみにテーパをつけたH形断面は、水平に対し傾斜をもつ片持ばりで、自由端では面外に対し単純支持されている。自由端に鉛直荷重を載荷することにより、はりには軸力と曲げモーメントを与えている。これらの実験データと比較するはり-柱の基本耐力式として道路橋示方書に採用されている式を用いる。

$$\frac{P}{R_u} + \frac{M_{x0}}{M_{ux}(1 - P/P_{ex})} + \frac{M_{y0}}{M_{uy}(1 - P/P_{ey})} = 1 \quad \text{----- (2)}$$

ここに、 P, M_{x0}, M_{y0} ；それぞれはり-柱の軸荷重と強軸および弱軸まわりの片端作用モーメント、 R_u ； $M_{x0} = M_{y0} = 0$ のときの柱の最大強度、 M_{ux} ； $P = M_{y0} = 0$ のときのはりの降伏モーメント(面内)、または横倒れ耐力モーメント(面外)、 M_{uy} ； $P = M_{x0} = 0$ のときの降伏モーメント、 P_{ex}, P_{ey} ；それぞれ強軸、弱軸に関するEuler弾性座屈強度である。ケースa), b)に対する基本耐力式は、式(2)の左辺の第1項と第2項のみをそれぞれ考慮すれば良い。

式(2)の相関式は、この形のままでは公称抵抗強度として用いることができない。そこで次のように仮定する。はり-柱が荷重を受けて最終強度に至るまで、作用荷重 P と作用モーメント M_{x0}, M_{y0} との関係が $M_{x0} = e_x \cdot P, M_{y0} = e_y \cdot P$ (e_x, e_y は重心と軸荷重作用点との偏心距離)で与えられる。すると、はり-柱に対しても柱の場合と同じ形の基本耐力式が得られる。ケースa)とb)の場合は、 P に関する2次方程式、ケースc)の場合は、 P に関する3次方程式の正の最小根からそれぞれ求められる。したがって、式(1)における信頼係数 ψ は柱の場合と同様に次のように表わされる。

Table 1 (等断面はり-柱)

R_n	Eq(2)		
Case	a)	b)	c)
Number of Samples	10	77	83
P_m	1.107	1.230	1.250
V_p	0.111	0.174	0.120
V_R	0.164	0.212	0.170
ψ	1.273	1.414	1.438
χ	$\frac{K_R}{1.65}$	0.729	0.651
	$\frac{K_R}{2.0}$	0.672	0.577
ϕ	$\frac{K_R}{1.65}$	0.928	0.921
	$\frac{K_R}{2.0}$	0.855	0.816
ϕ_{mean}	$\frac{K_R}{1.65}$	0.92	1.03
	$\frac{K_R}{2.0}$	0.82	0.95

Table 2 (変断面はり-柱)

R_n	Eq(2)						
Case	a) N=24			b) N=7			
Equivalent Section	$\frac{1}{2}I$	$\frac{1}{3}I$	$\frac{1}{5}I$	$\frac{1}{2}I$	$\frac{1}{3}I$	$\frac{1}{5}I$	
P_m	1.116	1.449	1.865	1.223	1.446	1.694	
V_p	0.078	0.082	0.106	0.069	0.099	0.132	
V_R	0.143	0.146	0.161	0.139	0.156	0.179	
ψ	1.283	1.667	2.145	1.406	1.663	1.948	
χ	$\frac{K_R}{1.65}$	0.763	0.759	0.735	0.770	0.742	0.705
	$\frac{K_R}{2.0}$	0.714	0.708	0.679	0.722	0.688	0.642
ϕ	$\frac{K_R}{1.65}$	0.980	1.265	1.576	1.082	1.234	1.373
	$\frac{K_R}{2.0}$	0.914	1.180	1.455	1.015	1.143	1.251

$$\psi = \frac{(\sigma_y)_m}{F_y} \cdot \frac{A_m}{A_n} \cdot \frac{(P_u/P_y)_m}{(P_u/P_y)_n} \quad \text{----- (3)}$$

ここに、 σ_y ；実測降伏応力、 F_y ；公称降伏応力、 A ；断面積、下付添字 m は実測値の平均値を表わし、 n は公称値を表わす。このように考えると例えばケース a)、b) に対する公称抵抗強度 $\bar{R}_n$ は次のように表わされる。

$$\bar{R}_n = \frac{1}{2} \left[\frac{P_u}{P_y} + \frac{P_{ex}}{P_y} + \frac{P_u}{P_y} \cdot \frac{P_{ex}}{P_y} \cdot \frac{e_y P_y}{M_{ux}} - \sqrt{\left(\frac{P_u}{P_y} + \frac{P_{ex}}{P_y} + \frac{P_u}{P_y} \cdot \frac{P_{ex}}{P_y} \cdot \frac{e_y P_y}{M_{ux}} \right)^2 - 4 \frac{P_u}{P_y} \cdot \frac{P_{ex}}{P_y}} \right] \quad \text{----- (4)}$$

変断面はり一柱の基本耐力式も式(2)を用いる。この場合、変断面の内からいくつかの断面を選ぶ、その断面を用いた等断面のはり一柱として検討する。

(3) 抵抗係数 ϕ の試算結果 式(1)において修正係数 $\phi = 1$ とする。設計係数の平均値 $\bar{P}_m$ と変動係数 V_p は、各実験データと式(4)に示したような P に定する方程式の根から得られる公称抵抗強度との比より求める。Table-1 に等断面の場合の ϕ の試算結果を示す。ここには a) と b) の重みつき平均値も示してある。ケース c) の ϕ 値は a)、b) より若干大きい。Table-2 に変断面の場合を示す。これから、変断面に関しても各点における断面と等価な等断面にした場合、 ϕ 値はケース a) に比べてケース b) の方が大きい。これは主として、変断面の場合の限定されたデータに影響されていると思われる。次に、等断面の場合のケース a)、b) と変断面の場合のケース c) を対象に、基本耐力値と実験値とを縦軸に P/P_u 、横軸に $M_{xo}/(M_{ux}(1-P/P_{ex}))$ とおいて表示したものを Fig. -1 と Fig. -2 にそれぞれ示す。抵抗強度 ϕR_n は、図中では点線として示される。はり一柱の抵抗係数 ϕ が決まれば、抵抗強度は次のように与えられる

$$\frac{P}{P_u} + \frac{M_{xo}}{M_{ux}(1-P/P_{ex})} + \frac{M_{yo}}{M_{uy}(1-P/P_{ey})} \leq \phi \quad \text{--- (5)}$$

参考文献

- 1) 福島晴七ほか海軍省造船所の抵抗強度評価に関する SAST Formata 提案と設計部への適用、土木学会短期研究報告第 180 号
- 2) Klöppel, K. et al.; Experimentelle und Theoretische Untersuchungen über die Traglast von Zweiachsig Aussermittig Gedruckten Stahlstäben, Der Stahlbau, Vol. 31, No. 2, Feb, March, April, 1962
- 3) Brinstel, C.; Experiments on H-Columns Under Biaxial Bending, Proc. of ASCE, Vol. 94, No. 10, Oct. 1968
- 4) Johnston, B. G. and L. Cheney; Steel Columns of Rolled Wide Flange Section, AISC Progress Report No. 2, 1942
- 5) Campus, F. and Massonet, C.; Recherches sur le Flambement de Colonnes en Acier A-37, A profil en Double Te, Sollicitee Obligement, IRSIA Bulletin, No. 17, 1956
- 6) Second Progress Report of Special Committee on Steel Columns, ASCE, Trans. Vol. 95, 1931
- 7) Van Kuren, R. C. and Galambos, T. V.; Beam Column Experiments, Proc. of ASCE, No. 2, April, 1964
- 8) 奥村敏夫 ほか；鋼材断面形状と耐力関係、土木学会 27 周年記念論文集、1972；詳細は、龍巻 渡辺 鋼材断面耐力関係、設計士編、1972、1-53。
- 9) S. P. Prawel et al.; Bending and Buckling Strength of Tapered Structural Members, Welding Research, Vol. 53, Feb. 1975

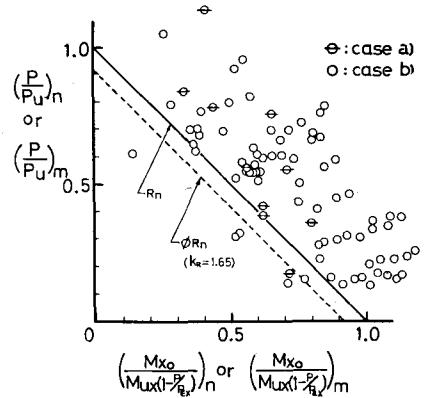


Fig. 1 (等断面はり一柱)

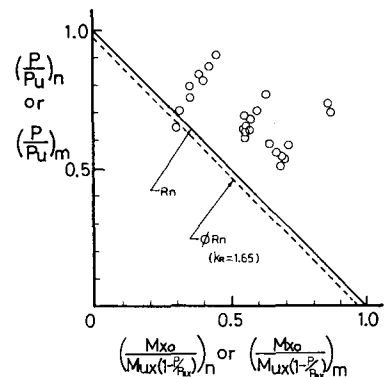


Fig. 2 (変断面はり一柱)