

愛知工業大学 正員 青木徹彦
名古屋大学 正員 橋本勝士

1. 序言 鋼圧縮部材の基準耐荷力式は従来、主として両端単体支持された部材の中心軸圧縮強度に関する実験的、理論的結果をもとに定められている。しかし、実構造物中の圧縮部材はそれが中心軸圧縮力を受ける部材として設計されたとしても、組立て施工時に初期応力や偏心量が部材に導入され、また他部材との剛結合によって荷重作用時に部材端回転拘束を受けるため強度増加が期待できる反面、いわゆる2次応力の発生による強度低下作用が生じる。設計時にこれらの要因を考慮するため、従来、偏心軸圧縮柱強度を用いたり、偏心を考慮しないかわりに初期たわみに柱長の1/1000程度のヤコビ値を仮定したり、あるいは有効長さの概念を導入して対処しているが、現在までのところそれらの中に含まれる諸係数の設定が必ずしも明確な根拠に基づいているとは言えないであろう。今後さらに実験データや解析結果の積重ねを行い、合理的対応の方法を考えていく必要があるように思われる。JSSCでは1979年にTask Group 23を設立させ、弾性拘束柱の強度と設計に関する検討を始めた¹⁾。

本研究は実構造物中の部材の挙動に近い条件で強度特性を実験的に得ることを目的とし、溶接H形鋼柱の両端に弾性拘束梁を設けて柱の中心軸、および偏心圧縮実験を行うものである。

2. 実験計画、および実験方法

(1) 実験計画 実験に用いる供試体断面寸法は高さ×幅=200×200 mmの溶接H形断面材とし、材質はSM50Aとする。断面諸元をFig. 1に示す。柱は断面の弱軸まわりの回転支持とし、細長比は $l/r = 40, 70$, および 100 の3種とする。柱の両端に固定する弾性拘束梁には高さ×幅=192×150 mmの圧延H形材を弱軸方向曲げて使用し、次式で与えられる弾性拘束度 $\gamma (=1/G)$ の値が0.5 および1.0となるよう梁長さを定める。また、比較のため弾性拘束梁のない柱も実験に用いる。

$$\gamma = (I_B/l_B) / (I_C/l_C) \quad \dots\dots (1)$$

ここに I , l は断面2次モーメント, l は部材長, 添字 B は Beam, C は Column を示す。また, $I_B = 507 \text{ cm}^4$ 。上式ではりの他端がピンとまの長さを l_B^* とすると $l_B^* = 3l_B/2$ となる (Fig. 2)。柱には $e = 0, r/20, r/10$ の3種の偏心量を与えて強度の変化を調べる。

ここに, r は柱の断面回転半径。供試体は各パラメータごとに1本用い、合計24体^{**}とする。この供試体の初期たわみ、および残留応力は与えられており³⁾、また、ウェブとフランチ部から切出した引張り試験片

による降伏応力の断面平均的な値は $\sigma_y^T = 3630 \text{ kg/cm}^2$ 、圧縮試験片による値は $\sigma_y^C = 3729 \text{ kg/cm}^2$ であった。

(2) 実験方法

柱の回転支持器には市販の内外輪付きローラーベアリングが組込まれており、突合滑らかに回転できる。

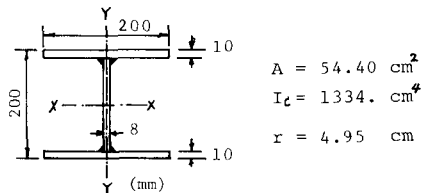


Fig. 1 Cross Sectional Properties

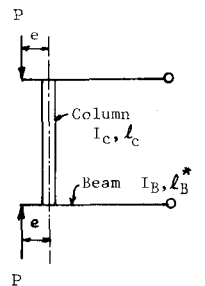


Fig. 2 Test Setup

Table 1 Test Program

l/r	40			70			100		
Column Length (mm)	1980			3466			4951		
Eccentricity	0	$r/20$	$r/10$	0	$r/20$	$r/10$	0	$r/20$	$r/10$
End Restraint Parameter γ	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	1	1	1	1	1	1	1	1	1

** $\gamma = 0, e = 0$ の柱は文献(3)の結果を利用する。

実験は次の手順で行う。1) 柱に降伏荷重 P_y の $1/5$ 程度の荷重を与え、柱の端部のフランジ上に貼付けた上下各4枚のひずみゲージにより、柱端部を支持器回転中心にセットする。2) 柱の上下端部に弾性拘束用梁を M22 H.T. ボルトにより取付ける。柱と梁の固定度は予備実験を行い調べたところ充分であることがわかった。3) 柱の上下端に取付けた $1/100$ mm 精度変位計により柱に生じる偏心量 e を与える。4) 弾性拘束梁の他端はピン支持であるが少量の水平移動ができるよう短いリンクを介して支持フレームに固定する。5) 測定値のうち荷重と柱中央部までの横方向変位量との関係はグラフに描きながら荷重および変位の制御を行う。測定項目はこの他に、柱中央部の様ひずみ、柱の軸方向変位、柱端部回転量、はりの様ひずみとする。

3. 実験結果とその考察

- (1) 荷重-変形関係 荷重と柱中央横たわみの測定例を Fig. 3 に示す。他の柱も同様であるが最大耐力付近で変位は増大するが耐力の変化は少ない。
- (2) 最大耐力 実験で得られた最高荷重を短柱実験による降伏荷重の平均値 $P_y = 217.6$ ton で無次元化して整理すると Table 2 を得る。これらの値を縦軸に、弾性拘束度 γ の値を横軸にグラフ化すると Fig. 4 となる。実験値には幾分ばらつきが見られるが、 γ の増加に伴う耐力の増大、および偏心量の増加に伴う耐力の低下の様子がわかる。

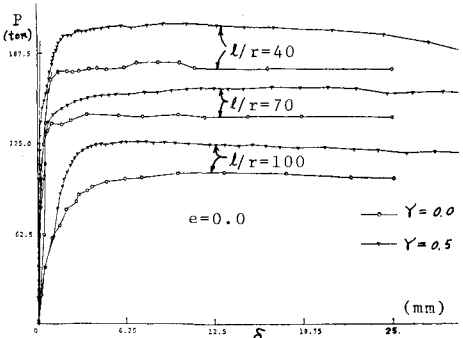


Fig. 3 Load-Deflection Relationship

Table 2 Test Results (P_{max}/P_y)

e	γ	l/r		
		40	70	100
0	0.0	0.852	0.704	0.495
	0.5	0.955	0.750	0.578
	1.0	0.962	0.847	0.662
r/20	0	0.818	0.608	0.460
	0.5	0.962	0.771	0.525
	1.0	0.974	0.810	0.646
r/10	0	0.732	0.595	0.403
	0.5	0.926	0.688	0.491
	1.0	0.920	0.739	0.539

($P_y = 217.6$ ton: Stub Column Test)
 P_{max}/P_y

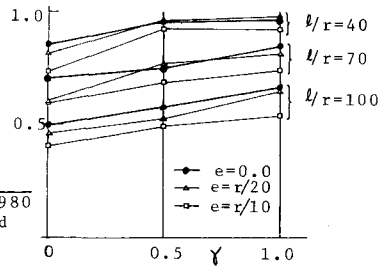


Fig. 4 P_{max} and γ relationship

- (3) 弾性拘束度の影響 Fig. 5 は $\gamma = 0$ の柱の耐力 $P_{\gamma=0}$ に対する弾性拘束を有する柱の耐力 P_{γ} の増加率 (%) を各細長比ごとに示した図である。図から明らかに $\gamma = 0.5 \sim 1.0$ の間で細長比の大い柱ほど拘束による強度上昇効果が大きくなっていることがわかる。 $l/r = 40$ の柱では $\gamma = 0.5$ 以上の拘束度があっても強度上昇は期待できない。また、偏心量の大きい柱での拘束梁の効果は大きい。Fig. 6 は $e = 0$ の柱の耐力を $\gamma = 0.0, \gamma = 1.0$ について描いた図である。同図から $\gamma = 1.0$ の拘束を有する柱の強度の概算値を座屈有効係数 k を用いて求める。この場合、 $k = 0.776$ であり、 $l/r = 70$ の柱に対応する柱 ($k\lambda$) の強度は図のように $P_k = 0.79 P_y$ となる。一方、 $\gamma = 1.0$ の拘束柱の実験値は $P_{\gamma} = 0.85 P_y$ であり、 P_k の値は約 7% P_{γ} より低い値を与えている。同様の比較は文献 2) に数値モデル柱により行なわれているが低下率は $\lambda = 1.1$ で 3% にも達している。弾性拘束柱に關しても今後、より実験に近い使試体による実験データの収集が望まれる。

1) W.F. Chen, End Restraint and Column Stability, ASCE, ST11, Nov. 1980
 2) Z.Y. Shen, L.W. Lu, Analysis of Initially Crooked, End Restrained Steel Columns, Fritz Eng. Lab. Report, Dec. 1981
 3) 青木, 福本, 200x200mm 海抜H形鋼柱の中心軸圧縮強度に關する統計的実験, 昭和57年, 年報

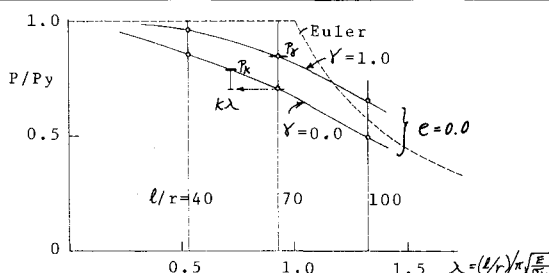


Fig. 6 Influence of End Restraint on Maximum Strength of Column

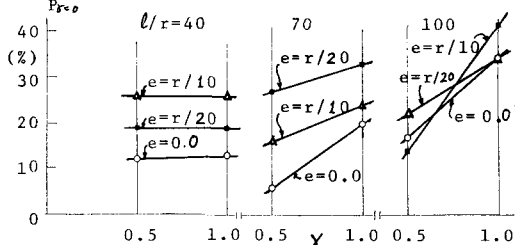


Fig. 5 Increase in Column Strength due to Column Restraint