

建設省 近畿地建 正員 藤原 稔
 (株) 神戸製鋼所 正員 大冢 雄右
 (株) 神戸製鋼所 正員 葛西 俊一郎

1. 序

薄肉平板より組立てられた鋼構造物の座屈問題、終局耐荷力などについては、今日まで多くの研究がなされている。しかし、それらの多くは軸力、ねじりなどの荷重がそれぞれ単独に作用する場合を扱ったもので、それらの荷重が組合わされて作用する場合の研究成果は数少ないようである。

本報では、四枚の平板で組立てられた箱形断面の鋼柱が曲げと軸力を同時に受ける場合の性状を実験的に検討し、あわせて終局耐荷力、変形状態などについて若干の理論的考察をつけ加えた。なお、数値計算は単軸塑性理論を用い、Column Deflection Curve の考えに基づく数値積分法を採用した。

2. 試験体

試験体の鋼材としてはSS-41を用いた。試験体は幅厚比 b/t および軸力比 P/P_y を変化させた5種類とした。表-1に試験体諸元および機械的性質を示す。なお、細長比はすべての試験体について $\lambda=18.6$ とし弾性座屈を生じないようにした。又 b/t は日本建築学会の鋼構造設計規準²⁾に定められている値 $b/t=47.8$ 以下のもの (No.1, 2, 3, 4) とそれ以上のもの (No.5) の2種類に大別した。

表-1 鋼材の機械的性質、試験体寸法 および軸力比

試験体 No.	降伏応力 σ_y (kg/cm ²)	破壊応力 σ_b (kg/cm ²)	幅 b (cm)	厚さ t (cm)	幅厚比 b/t	長さ l (cm)	軸力比 P/P_y
No.1	2900	4690	22.5	0.8	28.1	164.8	0.0
No.2	2830	4605	13.5	0.8	16.9	96.7	0.254
No.3	2830	4605	22.5	0.8	28.1	164.8	0.254
No.4	2900	4690	31.5	0.8	39.4	233.2	0.248
No.5	2660	4540	45.0	0.8	56.5	335.7	0.271

3. 実験方法

載荷装置の概略および試験体の形状を図-1に示す。実験方法はつぎの通りである。ジャッキ①によって試験体に一定の圧縮荷重 P を加える。そのとき、試験体に貼付したひずみゲージにより圧縮荷重が試験体の端面に均等に載荷されるように注意する。次に、ジャッキ②によって水平荷重 Q を段階的に加え試験体に曲げを与え、各荷重段階ごとに変位およびひずみの値を測定する。

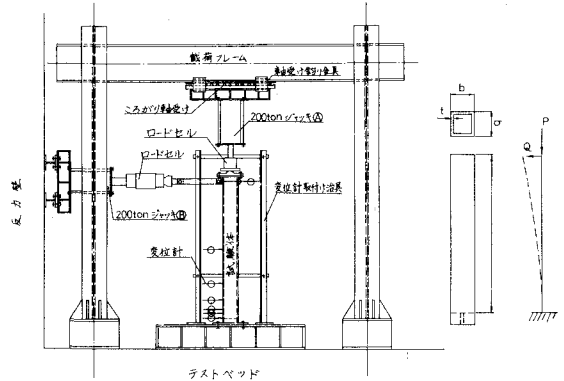


図-1 載荷装置の概略および試験体形状

4. 実験結果および計算結果

(a) 終局耐荷力

耐荷力の実験値 Q_m および計算値 Q'_m を表-2に示す。図-2は終局状態における軸力と曲げモーメントの相関関係 ($P/P_y - M/M_p$) を示す。ここで、 M と M_p はそれぞれ柱脚でのモーメントと全塑性モーメントである。各試験体系列につき以下の現象が見られる。

No.1, 2 --- わずかではあるが実験による終局耐荷力の方が計算値より大きくなって現われている。

表-2 鋼柱の最大水平荷重

試験体 No.	実験による最大荷重 Q_m (ton)	計算による最大荷重 Q'_m (ton)	実験値/計算値	破壊状況
No.1	11.1	10.14	1.09	柱脚部の局所的な凸凹
No.2	5.0	4.90	1.02	柱脚部の全塑性生荷重、明確な凸凹はなし
No.3	8.3	8.40	0.99	柱脚部の局所的な凸凹
No.4	11.9	12.22	0.97	柱脚部の局所的な凸凹大変形
No.5	11.5	15.86	0.73	柱脚部の局所的な凸凹大変形

この理由として、計算では考慮していない鋼材のひずみ硬化による影響が考えられる。No.1では $Q=10.2 \text{ ton}$

で柱脚部に目視できる凹変形を生じたが、耐力にはほとんど影響を与えないようである。又 No.2 では目視できる凹変形は生じなかった。

No.3,4---耐力の実験値は計算値をやや下まわる。No.3 では $Q = 8.3 \text{ ton}$ で、又 No.4 では $Q = 9.5 \text{ ton}$ で柱脚部に目視できる程度の凹変形が生じたが、これは終局耐力にさほど大きな影響を与えないようである。

No.5 ---- 実験による終局耐力は計算値より著しく小さくなって現われる。これは $Q = 10.0 \text{ ton}$ で生じた柱脚部の凹変形が Q の増加と共にかなり急速に広がり耐力に著しい影響を与えたことによると思われる。

(b) 変形状状

実験および計算による鋼柱の終局モーメント M/M_p と柱頭変位 δ の関係を図-3に示す。ここでは、代表例として No.2, 4, 5 を示した。

No.2 ---- $M/M_p - \delta$ 曲線において、弾性域では実験による柱頭変位 δ と計算による変位 δ' はほぼ一致しているが、弾塑性域に入ると $\delta > \delta'$ となる。又、最大柱脚モーメント M_m/M_p の生じる時の δ の値も実験値の方が計算値より大きくなっていく。 M_m/M_p に達したのち、 δ の増加に伴う M/M_p の減少率は計算値とよく一致している。

No.4,5 ---- $M/M_p - \delta$ 曲線の立ち上り付近から $\delta > \delta'$ なる傾向が現われている。 M_m/M_p の生じる時の δ に関しては No.2 とほぼ同じ傾向がある。しかし、 M_m/M_p に達したのち、 M/M_p は δ の増加に伴って急激に減少する。これは柱脚部の凹変形が Q の増加と共に急速に広がり、変形状状に著しい影響を与えたことによると思われる。

5. 考察

(1) 一般に、試験体の一部の応力が弾性域をこえると $\delta > \delta'$ なる傾向があるが、これは柱脚部での溶接残留応力の存在や板要素の局部座屈による凹変形の広がりなどに起因すると考えられる。特に、No.4, 5 のように b/t が大きくなるにつれ $\delta > \delta'$ なる傾向が著しく現れ、試験体はもはや単純塑性理論で示される挙動を示さなくなる。したがって、厳密に解析するには板要素の局部変形を考慮せねばならない。

(2) 終局耐力の値そのものについては b/t の大きい No.5 以外は単純塑性理論による計算値を用いてほぼ推定できる。しかし、変形状状からみて No.4 の場合でも δ の増加に伴って M/M_p が急激に減少する傾向を示すことは注意せねばならない。なお、さらに詳細な実験データおよび理論的検討結果については講演の当日に報告する予定である。

6. 後記

この実験は耐震技術開発研究委員会鋼構造部会における活動の一環として実施されたもので、実施にあたっては建設省土木研究所橋梁研究室の国本室長の指導のもと、同研究室佐伯主任研究委員、(株)神戸製鋼所構造研究所渡田主任研究員の協力を得たことを付記する。また、種々有益な助言を寄せられた名古屋大学福本助教、東京大学西野助教に対し、深甚の謝意を表する次第である。

参考文献 1) 若林実, 松井千秋: 鉄骨ラーメンの弾塑性安定に関する実験的研究(その1) 矩形断面部材より成る門形ラーメン, 日本建築学会論文集, 第192号, 昭和47年2月

2) 日本建築学会: 鋼構造設計規準, 丸善株式会社, 昭和47年4月

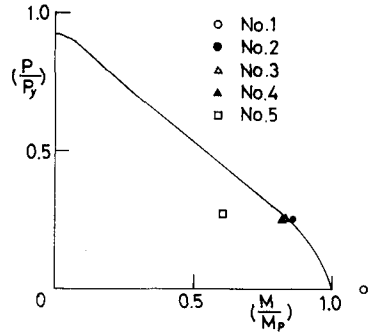


図-2 終局耐力の相関曲線

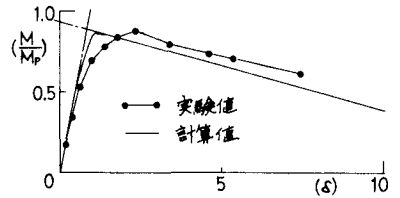


図-3(a) No.2の $M/M_p - \delta$ 曲線

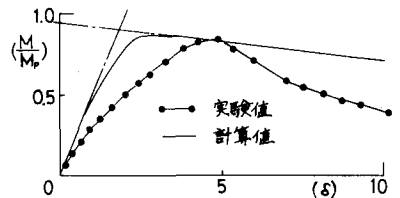


図-3(b) No.4の $M/M_p - \delta$ 曲線

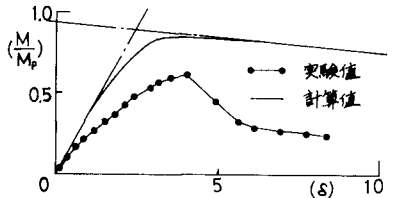


図-3(c) No.5の $M/M_p - \delta$ 曲線