

東京大学土木工学科 正会員 伊藤 学

日本大学交通工学科 正会員 O 川口昌宏

1. 緒言

曲げと圧縮力を受ける部材(梁-柱)は、いわゆる屈服と呼ばれる崩壊をする。すなわち、圧縮力×撓みという曲げモーメントが附加的に生じ、これによって撓みが増大し、さらに撓む。断面力の増加に伴って、やがて材料の降伏が発生すると、剛性の低下が生ずる。この剛性の低下によって、撓みは急増するから、剛性の低下と断面力の増大が互に助長し合い、ある荷重から耐力は急激に低下することとなる。梁の耐力は、単純塑性解析で求められ、また柱の耐力は、一応性屈荷重によって与えられる。梁および柱の場合、支持条件や不静定度および断面形状などを考慮しておけば、いわゆる弾性設計においても、耐力も考慮した設計が可能である。これに対して、曲げと圧縮を受ける部材の強度は、変形が関係するため、応力と荷重は比例せず、また降伏応力と耐力とは比例しない。それ故、梁柱は、その耐力を求め、これを基に設計する必要がある。現在、梁-柱の耐力あるいは設計について、いくつかの式が提案されている。この実験は、それ等の式の精度を検討する目的で行ったものである。荷重条件は、両端で等しい偏心量を持つ、一軸偏心圧縮、および二軸偏心圧縮の場合を行った。

2. 実験概要

- ・試験体は、撓れの影響を入れないために、閉じた正方形断面 $60 \times 60 \times 2.3$ (形状係数1.17) の軽量形鋼を用いた。細長比は40~100である。
- ・試験体の一部のものを焼鈍し、材質の改良と、残留歪の除去を行った。
- ・材質は引張試験により求めた。その結果を図1、表1に示す。
- ・偏心量は、一軸偏心の場合核半径の2倍とした。二軸偏心の場合は一方向に核半径の2倍、それと直交方向に核半径に等しくした。この偏心量はラーメンの柱として考えられる大きさである。
- ・両端支点は球座である。球座は試験体の端面にあるので、偏心量は変形によらず一定に保持される。

3. 実験結果

実験結果は表2, 3および図2, 3に示す。

実験の際、観察された事項

- イ. 局部性屈は、最高荷重に達するまで生じなかった。
- ロ. 何本かは、最高荷重に達した後局部性屈した。
- ハ. 撓れ変形は、一軸偏心、および二軸偏心の場合とも現れなかった。
- ニ. 偏心量が比較的大きいので、初期撓み、および偏心量の誤差の影響は小さい。

表1 材質

	比例限 応力 σ_p / kg/cm^2	降伏 応力 σ_s / kg/cm^2	比例限 歪 $\epsilon_p \times 10^{-4}$	降伏歪 $\epsilon_s \times 10^{-4}$	ヤング率 $E \times 10^{-4} \text{ kg/cm}^2$	硬さ HRC
焼鈍	3250	3250	1510	1510	2.13	23500
焼鈍せず	2200	3450	1030	1800	2.13	

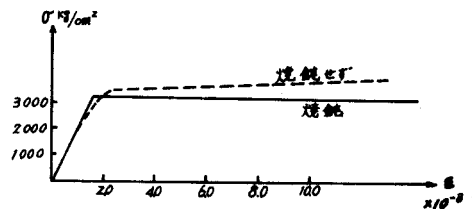


図1 応力-歪線図

二、焼鈍により、材料の比例限は上昇するが、降伏応力は下がる。しかし、最高荷重は、細長比が大きい場合、明らかに焼鈍により増加する。これは比例限の上昇と残留歪が除去されたためと考えられる。

ホ、歪測定の結果から、ストレーンリバーサルおよびストレーンハードニングは生じなかった。

4 計算値について

実験値と計算値の比を表および図の2, 3に示す。計算にあたっては表1の材質と、表2, 3の有効長を用いた。1軸偏心圧縮の場合の筆者の計算値は、残留応力を無視し、理想的弾塑性の仮定によって計算した。他の計算式においても、接線性屈荷重を求める場合以外は、理想的弾塑性の仮定によっている。筆者の方法は、まず断面のある点の歪 ϵ_0 と曲率 ρ を手立て歪分布を求め、これにより応力分布を定める。この応力を積分して断面力を定め、これらを真の値の座標(q, ϵ_0, M, P)とする。次に最小二乗近似法によって真の値の座標点の近くを通るように、 $q = f(M, P)$ を関数近似する。ただしストレーンリバーサルは無視する。得られた曲率と数値積分して、荷重と変形との関係を追究することによって最高荷重を求めた。DIN 4114で得られる値は、安全率を考慮した設計値であるから、安全率を約2として、図2, 図3には、計算値の2倍を示してある。

5 結論

一軸曲げ圧縮および二軸曲げ圧縮の場合とも、DIN 4114は良好な設計式と云えない可能性がある。これに対し、一軸曲げ圧縮に対するAISCの提案は一様に安全側であり、良好である。二軸曲げ圧縮の場合には、いずれの計算式も、また検討の必要がある。

表2 一軸偏心圧縮試験結果一覧

細長比		最高荷重 t	変形時の 歪率 %	有効細長比	実験値 AISC	実験値 Messard	実験値 DIN 4114	実験値 筆者
40	焼鈍	8.16	1.5	36	1.32	0.98	2.33	1.22
40		8.72	1.5	26	1.28	0.87	2.31	
60	焼鈍	7.52	0.9	41	1.24	0.95	2.12	1.17
60		7.40	1.1	39	1.15	0.88	2.01	1.08
80	焼鈍	7.30	1.1	60	1.34	1.18	2.22	1.30
80		5.92	1.2	66	1.06	0.97	1.74	1.02
100	焼鈍	5.71	1.6	90	1.29	1.36	1.97	1.22
100		5.35	1.8	86	1.10	1.14	1.71	1.07

表3 二軸偏心圧縮試験結果一覧

細長比		最高荷重 t	変形時の 歪率 %	有効細長比	実験値 DIN 4114	実験値 Klöppel	実験値 Galambos 他
40		7.62	1.8	33	2.68	1.59	1.55
60	焼鈍	6.52	1.5	60	2.58	1.55	1.50
60		6.50	1.5	60	2.39	1.48	1.48
80	焼鈍	5.66	1.6	80	2.35	1.42	1.42
80		5.32	1.7	80	2.10	1.32	1.34
100	焼鈍	4.83	1.5	90	2.11	1.35	1.38
100		4.34	1.8	92	1.78	1.15	1.20

* 曲げの大きい方への変形

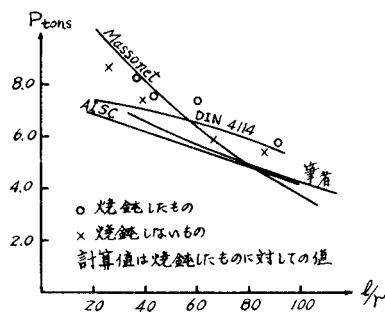


図2 一軸偏心圧縮

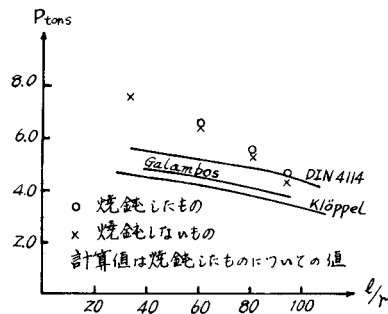


図3 二軸偏心圧縮