

H形鋼柱の圧縮強度について(その1)

大阪大学工学部正員 前田幸雄
大阪府立工業高等専門学校 正員 日笠隆司

1. まえがき シャンレー以後の多くの研究者により、現在では、鋼柱の圧縮強度の計算には接線係数による座屈理論や終局強度解析が用いられている。後者の理論は前者に較べより複雑であるが、接線係数と等価係数理論の差が著しいと云々・初期たわみの影響を無視することが出来ないとき広く適用されている。しかし、初期たわみ・残留応力度を考慮した曲げ剛性の評価が出来れば、一般の鋼柱の圧縮強度は座屈理論により簡単に算出することが可能である。このような観点に立ち、溶接集成されたH形鋼柱の弱軸廻りの圧縮強度の実験を行ったので、その概要を報告する。

2. 実験概要 供試体の材質はSM41Aであり、断面はFig.1に示すように、厚さ8mmの鋼板をすみ肉溶接によりH形に集成する。四種の異なる残留応力導入条件の供試体をCG, CM, CR, CZの記号によりTable-1に示す。CGはフランジプレートとガスをより切断したもの、CMはガス切断時の熱の影響を取り除くため両端を各々10mm切削したもの、CRはフランジプレートの端部を肉盛溶接したもの、CZは溶接集成した供試体のフランジ、ウェアを変形しないよう鋼板によりサンドイッチ状に拘束し、ひずみ取り焼鈍(3時間徐加熱後、600°Cで3時間一定とし、炉内冷却する)したものである。ウェブとフランジのすみ肉溶接条件及びCR供試体のフランジ端面の肉盛溶接条件はTable-3に示す。各供試体の断面積A、座屈有効長さ l (Fig.1参照)、弱軸廻りの断面2次モーメント I 、細長比 λ はTable-2に示す。実験装置はFig.1に示す。供試体の両端部に治具を高カホルトで添付し、弱軸

Table-1 Description of notation in specimen number

notation	description
CG	flange plate of flame cut on edges
CM	flange plate of machine tool cut on edges
CR	flange plate of bead welding on edges
CZ	column specimen of stress-relief annealing

Table-3 Records of welding

	fillet weld	bead weld
type of weld	flat manual weld, 1 pass	flat manual weld, 1 pass
electrode type	5mmD B-17	2.6mmD B-17
electrode travel	30.8cm/min	27.0cm/min
amps	240	90
volts	25	25
heat input joule/cm	11700	5000

Table-2 Details of specimens

specimen No.	A (cm ²)	I (cm ⁴)	I' (cm ⁴)	λ
CG-135-1	31.9	134.3	230	50.0
CG-135-3	32.0	134.5	233	49.8
CG-190-1	31.4	189.4	230	70.0
CG-190-2	31.6	189.4	229	70.4
CG-190-3	31.7	189.5	229	70.5
CM-135-2	31.5	134.4	265	50.3
CM-135-3	31.4	134.5	226	50.1
CM-190-2	31.4	189.6	226	70.7
CM-190-3	31.6	191.0	227	71.3
CR-135-2	32.1	134.3	240	49.1
CR-135-3	31.6	134.7	237	49.2
CR-190-1	32.0	189.6	234	70.1
CR-190-2	32.0	189.6	237	69.7
CZ-135-1	31.8	134.4	230	50.0
CZ-135-2	31.7	134.3	232	49.7
CZ-190-2	31.5	189.5	225	70.9
CZ-190-3	31.4	189.7	226	70.7

A: cross-sectional area, l : effective length of buckling, I : moment of inertia for weak axis, λ : slender ratio = $l/\sqrt{I/A}$

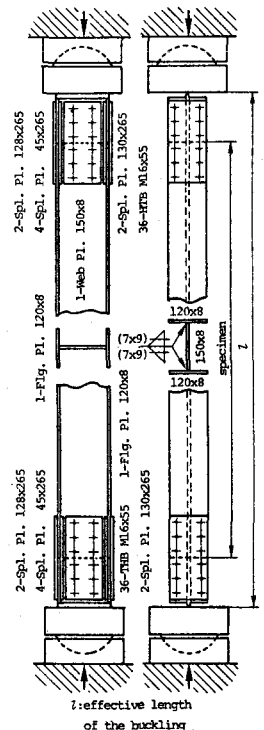


Fig.1 Column specimen in position

に関して単純支持，強軸に関して固定に近い支持状態とする。載荷は200トンの圧縮アムスラー試験機による。残留応力度は鋼板をたんでく形に切断し，残留応力度を解放し，解放前後のひずみ差を静ひずみ計により測定する。

3. 実験結果 残留応力度の測定結果は降伏点応力度で無次元化し，Fig. 2に示す。圧縮強度への残留応力度の影響が十分考察出来るよう，大きな圧縮残留応力度を導入している。フランジ端の加工の異なるCG，CM，CRの供試体の残留応力度の分布形状はフランジ幅が小さいため，大きな差は認められないが，次のことがいえる。1) フランジ端面に熱を加えたCG，CRはその端部において，圧縮残留応力度が一部増加しているところもあるが，一般に減少の傾向がみられる。2) フランジ端の熱の影響を取り除いたCMの圧縮残留応力度分布はフランジ端部で比較的平坦となっている。3) 強軸及び弱軸に関してモーメントが発生している。4) CZ供試体はひずみ取り焼鈍した効果が十分表われている。各供試体の無次元細長比 $\lambda = \lambda / \pi \sqrt{\sigma_Y / E}$ ，降伏点応力度 σ_Y ，圧縮耐荷力 P_{ult} ，極限強度 $\sigma_{ult} = P_{ult} / A$ ，無次元の極限強度 σ_{ult} / σ_Y をTable-4に示す。この表より次のことがいえる。1) 全供試体は1ロールの圧延鋼板より製作したものであるが，1号引張試験片による σ_Y に8%程度のばらつきがある。2) σ_Y を求めるとき，同時に弾性係数 E を静ひずみ計により求めたがばらつきは小さかったので全測定値の平均値を用い， $E = 2.11 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$ として計算する。3) CZについて， $\lambda = 0.58$ では $\sigma_{ult} / \sigma_Y \approx 1.0$ であり，実験時の初期たわみ・荷重の偏心は強度に影響していない。4) $\lambda = 0.83$ では初期たわみ・荷重の偏心により無次元強度が0.07～0.14減少している。4) 初期たわみ・荷重の偏心の強度に与える影響はCZと同じであると仮定すると， $\lambda = 0.84$ のときのCG，CM，CRの残留応力度による強度の低下は0.30～0.44となり， $\lambda = 0.6$ のときは0.21～0.30となる。

Table-4 Column test results for weak axis

specimen No.	λ	σ_Y (kg/cm^2)	P_{ult} (ton)	σ_{ult} (kg/cm^2)	σ_{ult} / σ_Y
CG-135-1	0.606	3060	70.0	2190	0.716
CG-135-3	0.604	3060	67.4	2110	0.688
CG-190-1	0.836	2970	48.4	1540	0.519
CG-190-2	0.840	2970	48.9	1550	0.521
CG-190-3	0.842	2970	53.8	1700	0.571
CM-135-2	0.596	2930	64.9	2060	0.703
CM-135-3	0.595	2930	65.2	2080	0.709
CM-190-2	0.839	2930	48.0	1530	0.522
CM-190-3	0.845	2930	46.2	1460	0.499
CR-135-2	0.575	2850	68.0	2120	0.743
CR-135-3	0.576	2850	71.4	2260	0.793
CR-190-1	0.856	3100	48.4	1510	0.488
CR-190-2	0.850	3100	48.2	1510	0.486
CZ-135-1	0.586	2860	91.2	2870	1.003
CZ-135-2	0.582	2860	88.5	2790	0.976
CZ-190-2	0.835	2880	78.0	2480	0.860
CZ-190-3	0.831	2880	84.0	2680	0.929

E: elastic modulus = $2.11 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$, λ : non-dimensional slender ratio = $\lambda \sqrt{\sigma_Y / E} / \pi$, σ_Y : yield stress, P_{ult} : ultimate load, σ_{ult} : ultimate strength = P_{ult} / A

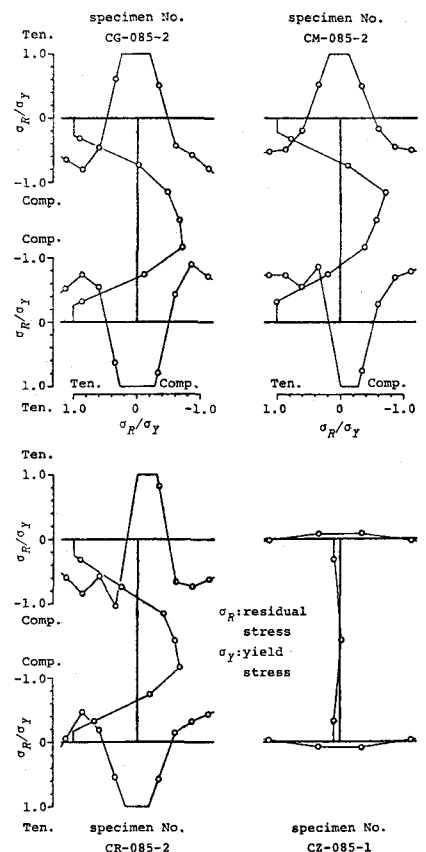


Fig.2 Variation of non-dimensional residual stress