

大阪大学工学部 正会員 小松 定夫

大阪大学工学部(院)学生員 高岡 義夫

1. まえがき

近年溶接技術の進歩により、溶接鋼管材が鋼構造物の主要部材に用いられることが頻繁となった。このような溶接鋼管構造の発達に伴い、このたび鋼道路橋設計示方書の改訂に際して、鋼管に関する規定が新しく加えられることになったのは当然のことと考える。本文では、土木工学の分野で対象となる比較的小さな径厚比の鋼管の局部座屈についての基礎的研究の一環として、初期変形及び残留応力を有する鋼管の圧縮座屈実験を行ない、それらの特性を明確にするため若干の検討を加えた。

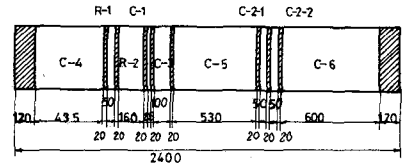


Fig.1 Position of Test Body

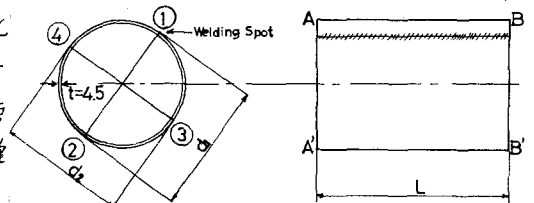


Fig.2 General View of Test Body

2. 実験

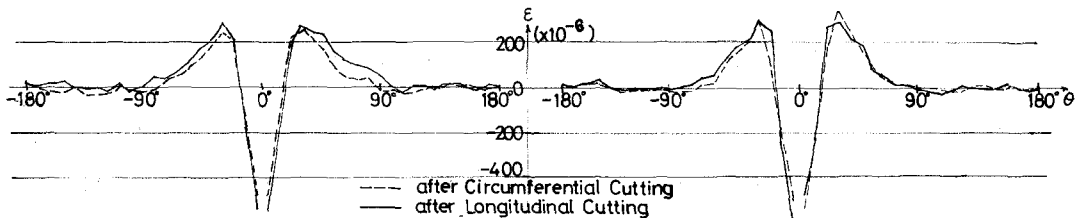
各実験用供試体採取位置を Fig.1 に示す。図中 R-1, 2 は残留応力測定用であり、C-1, 2, 3 は短柱圧縮試験用、C-4, 5, 6 は座屈実験用である。各試験体の概略図及び寸法を Fig.2, Table 1 に示す。

Test Body No.	Surface-A		Surface-B		Length L				R/t	L/R	z*
	d ₁	d ₂	d ₁	d ₂	(1)	(2)	(3)	(4)			
C-1	102.5	100.0	102.5	100.0	25.0	25.0	24.5	24.5	11.1	0.125	0.66
C-2-1	102.0	101.5	101.5	102.0	50.0	50.0	50.0	50.0	11.1	0.25	2.65
C-2-2	102.0	101.0	101.5	101.0	50.0	50.0	50.0	50.0	11.1	0.25	2.65
C-3	102.0	101.0	101.5	101.0	100.5	100.0	100.0	100.0	11.1	0.50	10.50
C-4	100.5	103.0	102.0	101.0	135.0	135.0	135.0	135.0	11.1	2.175	200.37
C-5	102.0	101.0	102.0	100.5	530.0	530.0	530.0	530.0	11.1	2.65	297.14
C-6	130.0	109.0	101.5	103.0	599.5	599.5	599.5	599.5	11.1	3.00	381.10

$$* z = \sqrt{1 - \nu^2} (R/t) (L/R)^2 \quad (\nu = 0.3)$$

Table 1 Size of Test Body

(a) 残留応力測定実験 2 方向 Wire Strain Gauge 及び Contact Gauge を用いて、部材軸方向残留応力、円周方向残留応力の各々円周方向分布を求めた。結果の一部を Fig.3 に示す。



(a) by Wire Strain Gauge

(b) by Contact Gauge

Fig.3 Released Axial Strain Distribution in the Circumferential Direction (Average)

(b) 短柱圧縮試験 見かけの応力-ひずみ曲線を得るために、短柱圧縮試験を行なった。

(c) 座屈実験 初期たわみ測定装置により、初期たわみを測定した後、Fig.4 に示す載荷装置により、軸圧縮を加えた。各試験体の最大耐力 P_{max} 及び極限座屈応力 σ_R を Table 2 に示す。短柱試験の結果もあわせて示す。座屈パターンは各試験体とも、端部に近い下部断面において、円周方向に一樣にふくらみ出すようになる。ていうが、極限座屈荷重付近では上部断面においても半径方向にたわみ出している。しかし、一旦局部的にたわみが増大すれば

ば、その個所以外ではたわみ増は鈍化し、局部座屈に至ると思われる。Fig.5は $\sigma_{av} \sim \delta$ 曲線であり、Fig.6は $\sigma_{av} \sim \sigma_0$ (円周方向垂直応力度)曲線である。

3. 結果の考察

代表的な理論結果と本実験結果を対比して、若干の考察を加えれば次のとおりである。

(a) G. Gerard の式

$$\sigma_{cr} = \eta C E / \left(\frac{R}{t} \right)$$

$$\text{ここに、} \eta = \sqrt{\frac{1-\nu^2}{1-\nu_p^2}} \frac{E_s}{E} \left(\frac{E_t}{E} \right)^{1/2}$$

$$C = 1 / \sqrt{3(1-\nu^2)}$$

$$\nu_p = 1/2 - F/E \cdot (1/2 - \nu)$$

(b) L. H. Donnell - C. C. Wan

(a) で用いた式の C を初期不整パラメータ Π の関数として与える。

(c) L. H. N. Lee

初期たわみ w_0 を無次元量 $V = 2w_0/t$ と表わし、 $V=0$ 及び $V=0.05$ をパラメータとして σ_{cr} を与えている。

(d) S. C. Batterman の式

$$\sigma_{cr} = (E / (\lambda(3\psi + 2 - 4\nu)\lambda - (1-2\nu)^2)^{1/2}) / \left(\frac{R}{t} \right)$$

$$\text{ここに、} \lambda = E/E_c, \quad \psi = E/E_s$$

これらの式の計算結果を Fig.7 に示す。また (a)(c) については残留応力を考慮して計算しても数% しか σ_{cr} が減少しなかった。

4. 結論

今回の実験に用いた程度の長さの鋼管では、座屈は端部で生じ、座屈パターンは円周方向に一樣である。又極限座屈応力については、 R/t の大きな範囲において合理的であると言われてきた Gerard の式に含まれる座屈パラメータ C を Π の関数とした Donnell ~ Wan の修正式が R/t の比較的小さな範囲においても適用されるのではないかと考える。

5. あとがき。 今回の実験供試体、実験装置その他の製作に協力して頂いた川崎重工業株式会社に感謝する次第である。

Test Body No.	P_{max} (t)	σ_{cr} (kg/cm ²)
C-1	200.4	3577.0
C-2-1	178.9	3199.5
C-2-2	167.9	3002.9
C-3	167.8	3001.1
C-4	155.6	2782.9
C-5	156.2	2793.6
C-6	156.3	2795.4

Table 2 Critical Load and Critical Stress

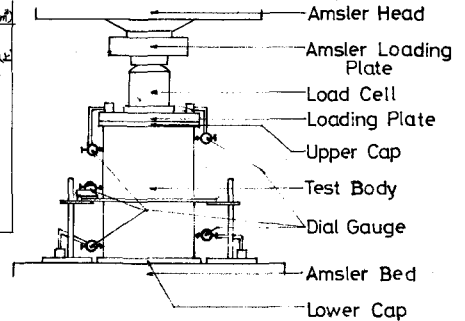


Fig.4 General View of Buckling Test

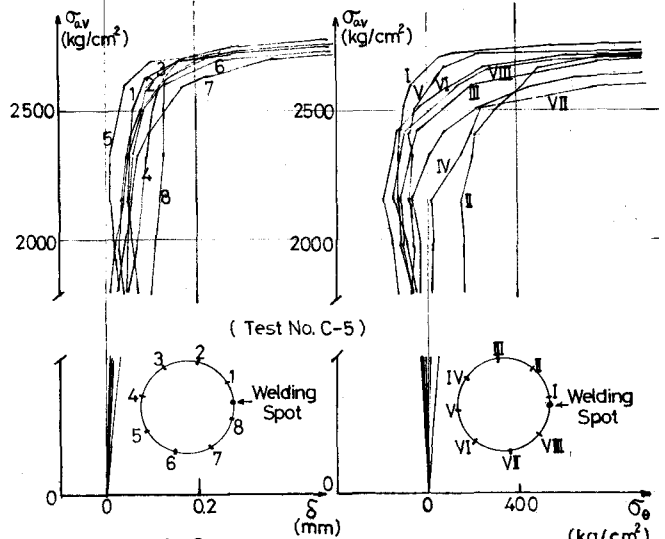


Fig.5 $\sigma_{av} - \delta$ Curves

Fig.6 $\sigma_{av} - \sigma_0$ Curves

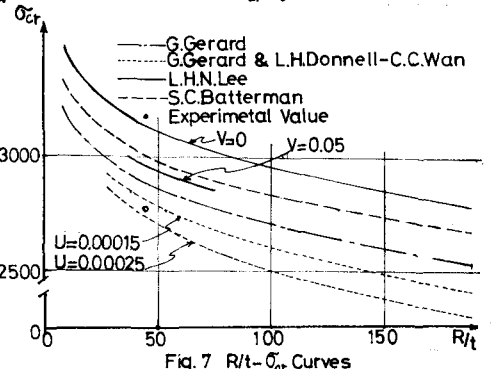


Fig.7 $R/t - \sigma_{cr}$ Curves