

## 多角形断面鋼柱の設計に関する一考察

愛知工業大学 正員・小瀬吉信博  
 愛知工業大学 正員 青木 敏彦  
 名古屋大学 正員 福本 勝士

## 1. はじめに

筆者らは文献①において、八角形断面鋼柱の座屈実験結果および数値計算例を報告した。本報告はその結果に基づき、多角形断面鋼柱の設計に関する一考察と問題点を述べるものである。

## 2. 材料強度

供試体はFig. 1に示すようく、断面内に3つの溶接点を有する八角形断面とした。また隅角部はプレス加工によりFig. 2のように製作され、内側の曲げ半径は60mmとした。材質はSS41、板厚は4.5mm, 6mm, および9mmである。

プレス加工によって隅角部の材料にはかずみ硬化などがあり、降伏点は上昇する。材料強度試験結果をTable. 1に示す。これに、式(1)～(4)②文献2)に示すより隅角部強度の推定式を加える。 $\sigma_y'$ はそれら式(1)および圧縮カーボンテストから得られた隅角部の降伏点である。表面加工のために隅角部は延性材(平板部)の値よりも10～20%程度高くなる。また、式(1)は実験値に対する±10%の精度で隅角部強度を推定していることがわかる。よって断面の平均降伏点 $\bar{\sigma}_y$ は次式で与えられる。

$$\bar{\sigma}_y' = 0.9 \cdot \sigma_{yc} \frac{A_c}{A} + (1 - \frac{A_c}{A}) \cdot \sigma_y \quad \dots \dots \dots (5)$$

ここで、 $\sigma_y$ は延性材の降伏点、 $A_c$ および $A$ はそれより全断面積、隅角部断面積である。

## 3. 幅厚比

座屈実験(供試体長さ2m)より得られた静的平均最大応力 $\bar{\sigma}_{max}$ をFig. 3に示す。ここで、 $\bar{\sigma}$ は基準とする降伏点、 $R = (b/t)/\sqrt{(E/I)} \cdot 1/2(1-\nu^2)/(k^2 k_e)$ 、 $k=4$ である。また、幅 $b$ はペネル外縁の全幅である。Fig. 3における $\bar{\sigma}$ は溶接部の材料強度を考慮したものである。

「都構加筋部以下で局部座屈を起さない」ための幅厚比制限値は、基準とする降伏点 $\sigma_y$ により異なる。すなわち、本供試体の場合、板厚が4.5mmでは $\bar{\sigma}$ は $\sigma_y$ であるが、板厚が6mm, 9mmでは $\bar{\sigma}$ は $\sigma_y$ よりもそれれ7%および

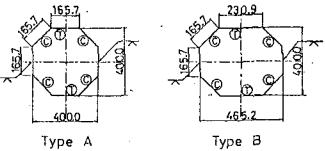


Fig. 1

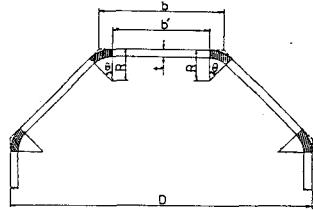


Fig. 2

T (mm/mm)	Type	Equation (1)					Compression Creep Test				
		$\sigma_u$	$\sigma_y$	$t$	$\epsilon$	$\sigma_{yc}$	$\sigma_{yc}/\sigma_u$	$\sigma_{yc}$	$\sigma_y$	$\sigma_y/\sigma_{yc}$	$\sigma_y/\sigma_y'$
4.5	A45-1					47.23	3.009	1.183			1.030
	A45-2	4556	3020	4.462	0.511	3.087	1.155			1.044	
	B45-1					42.24	3.008	1.162			1.038
	B45-2					38.54	3.061	1.186			1.016
'	A10-1					36.00	2.995	1.223			0.956
	A10-2	4632	3160	5.355	40.32	3.020	1.209	35.91	3320	1.063	0.924
	B10					41.75	3.072	1.200			0.931
	A10					40.97	2.925	1.223	3240	2710	1.232
+	H10	4378	2570	8.725	49.56	3.013	1.320				0.979

$$\frac{\sigma_{yc}}{\sigma_y} = \frac{\beta}{1/(t/R)}$$

$$\beta = 3.498 - 0.019 \nu^2 - 1.79 \dots \dots (2)$$

$$\nu = \sigma_u/\sigma_y \dots \dots (3)$$

$$\alpha = 0.1924 - 0.066 \dots \dots (4)$$

by Karaman

$\sigma_u$ : UTS : Yield Strength  
 $\sigma_y$ : Yield Strength  
 $t$ : Corner thickness  
 $R$ : Corner inside radius  
 $\sigma_{yc}$ : Corner yield strength — Calculated by eq.(1)  
 $\sigma_{yc}$ : Corner yield strength — Compression Creep Test  
 $\sigma_y$ : Flat part yield strength  
 $\sigma_y'$ : Flat part yield strength —  
 Dimension:  $t$ ,  $\sigma_u/\sigma_y$ ,  $t/R$

Table 1

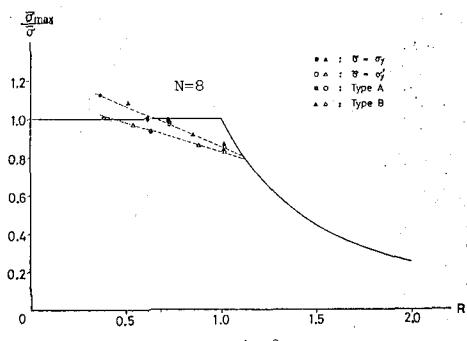


Fig. 3

び12%程度高くなっている。すなはち  $\bar{\sigma} = \sigma_y$  とするとき  $R < 0.65$ ,  $\bar{\sigma} = \sigma_y'$  とするとき  $R < 0.85$  となるよう幅厚比を制限する必要がある。多角形断面鋼柱の局部座屈強度と幅厚比  $R$  (あるいは経厚比) および凹数  $N$  により決定されるため、 $N$  の変化に伴う座屈強度と幅厚比(経厚比)制限の変化を調べる必要がある。

#### 4. 固有値計算例.

有限要素法による固有値計算例を Fig. 4 に示す。 $\varepsilon = 0$ , 断面形状を Fig. 1 のようくモデル化し,  $b/t = 40$ ,  $N$  は多角形断面の凹数である。また、残留応力を Fig. 5 に示す実線が示すように塑性結果を用い、降伏ひずみは  $1200 \times 10^{-6}$  としている。Fig. 4 の破綻寸  $m=1$  (mは長さ) における座屈半波数の場合の座屈曲線である。座屈モードを示す図中の3点式ルイ $-7$ を Fig. 6 に定義する。多角形断面鋼柱はパイプの座屈モードに類似した断面変形モード (Fig. 6(c), (d)) を潜在的に有していることがわかる。

しかし本計算例では、Fig. 7 に示すような「隅角部座屈モード」が最小局部座屈強度を与えている。すなはち、压缩残留応力が存在する断面内輪域にある部分 (边) は、その両端の隅角部の変位に伴って局部的座屈する。この結果は、16角形以上の断面形では各辺が異オレラ面線支持板として挙動しない可能性があることを示している。また、断面変形モードが最小局部座屈強度を与えるような凹数、幅厚比を把握する必要がある。

#### 5.まとめ

現在のことごろ、多角形断面鋼柱の設計に関する指針的文章<sup>3)</sup>はまだないのみである。この断面形は箱形断面と円形断面との中间的な形状であり、その力学的有利性は、凹数を多くすることによることで、幅厚比を小さくすると、板厚率、局部座屈に対する安全性を高めることになる。また、多角形断面鋼柱を大口径塔状構造物として使用する場合には、市街地や海上公園施設内の構造物としてその美観上の有利性も考慮されよう。このような凹数の増加に伴い、多角形断面の板厚率としての性質 (Fig. 6(a)) はパイプとての性質 (Fig. 6(c), (d)) へと漸近していくため、おもに局部座屈強度の変化におけるその特徴が現れる。局部座屈と全体座屈、初期不整と構造安定との関連性は、箱形と円形断面とはかなり異なる。多角形断面鋼柱におけるこれらの関連性、さらには断面の加工、製作に関する技術的問題と経済性を今後検討する必要があろう。

#### 6.参考文献

- 1) 小瀬吉、青木、福本：八角形断面鋼柱の局部座屈強度、土木学会論文報告集、第330号、1983年2月掲載予定。
- 2) Karrer, K.W.: Corner Properties of Cold-Formed Steel Shapes, ASCE, Vol. 93, No. ST1, Feb., 1967.
- 3) Design of Steel Transmission Pole Structures, ASCE, Vol. 100, No. ST12, Dec., 1974.

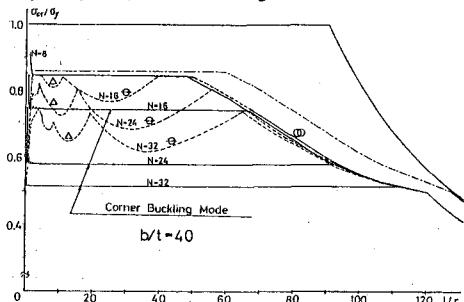


Fig. 4

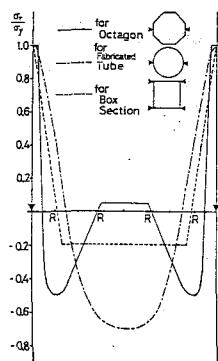


Fig. 5

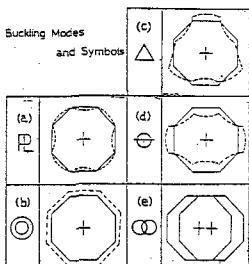


Fig. 6

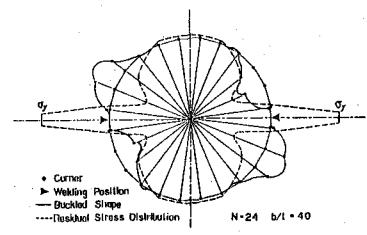


Fig. 7