

討15

UO鋼管の変形挙動について

住友金属工業(株) 大阪本社

福田 隆

鹿島製鉄所

馬場善禄

玉置年宏

和歌山製鉄所

矢村 隆

河合和男

I 緒言

最近のラインパイプは寒冷地や深海に敷設する割合が高くなってきており、特に高抗張力、厚肉鋼管の需要が増大する傾向にある。高抗張力、厚肉鋼管を製造するにおいて、重要な課題の一つは成形技術である。CUO成形における工具形状、材料特性と変形挙動に関し、理論と実際について報告する。

II CUO成形理論と実際

モデル機 ($S = 1/4$) および実機試験により成形性について検討を加えた。

1. C成形の検討

C成形上の技術的問題点である(1)最適曲げ半径Rs (2)最適曲げ角度 α (3)板端まで曲げるための必要力に対する検討を行なった。

最適曲げ半径はOプレス後(0%絞り率)の形状と $2RS/OD$ の関係から $2RS/OD = 0.8 \sim 1.2$ であることがわかる。(表-1)

端曲げ角度(α)はUO成形後のパイプシーム近傍部のみにとどまらず、特にO成形時の材料変形パターンに強い影響を及ぼす。 $\alpha = 30^\circ$ の時、荷重曲線は $\alpha = 0$ に比べ、スムーズである。(図-2)

一方、端曲げ角度 α を大きくすると、U成形上の弊害から $30^\circ \pm 5^\circ$ が最適である。

Oプレスの端曲げ成形の変形過程を図-3に示すようにモデル化すると

$$P = P' \times XLA' / XLA$$

となり、力の釣合方程式

$$P = F_0 \cos \rho + \mu F_0 \sin \rho$$

$$F_0 = M / XLA'$$

と幾何学的関係からCプレス力が求まる。Cプレス荷重と XLA/T の関係について、理論と実験値を図-4に示す。

2. U成形の検討

バーソン方式のU成形の基本概念図と記号を図-5に示す。バーソン方式では、Uポンチの各ブロックを組み合わせて用いるので、ロッカーアセンブリーとの間の成形の可否条件が生ず

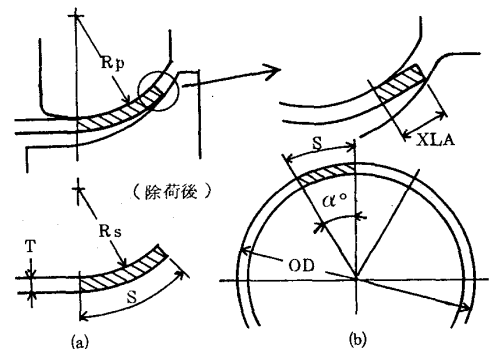


図-1 記号の説明図

表-1 曲げ半径Rsと突合せ形状

No.	パイプサイズ ODmm × Tmm	T/D	2Rs/OD	判定	プレス後の形状
I	225 × 1.6	0.007	0.71	×	ハート型
			0.80	○	良好
			0.99	◎	〃
			1.18	○	〃
II	187 × 4.5	0.024	0.75	△	若干ハート型
			0.91	◎	良好
			1.05	◎	〃
			1.20	○	〃
III	152 × 8.7	0.057	0.89	○	〃
			1.11	◎	〃
			1.25	△	若干栗型
			1.42	×	栗型

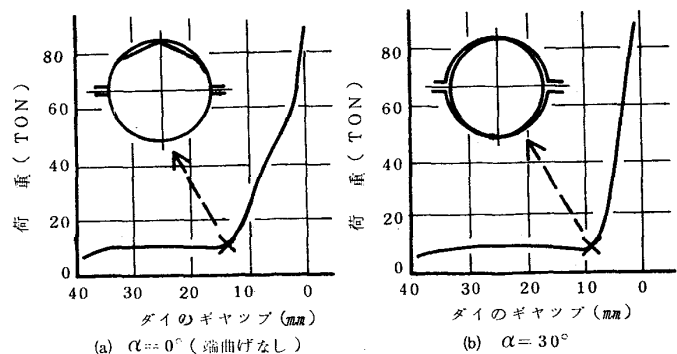


図-2 端曲げ角度とO成形荷重-ストローク線図

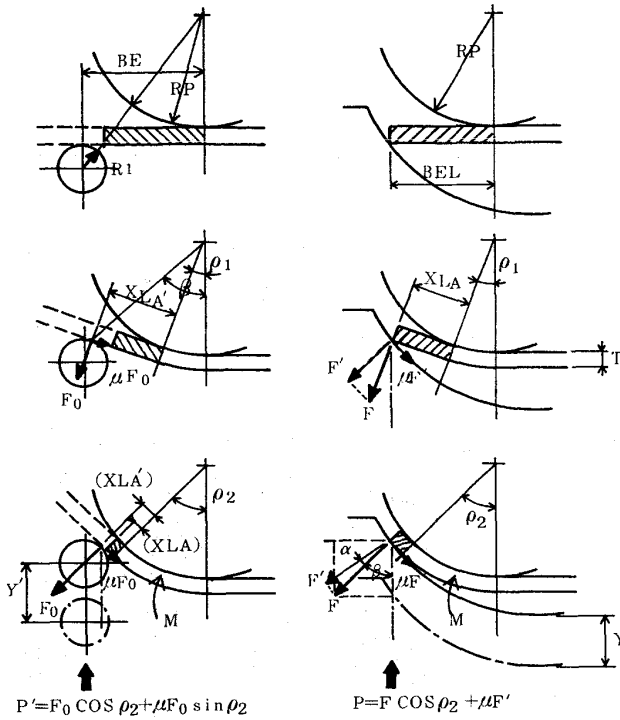


図-3 Cプレス荷重計算のためのモデル

る。全ストローク範囲について、Uプレス荷重—ストローク線図の計算値（S50年塑性加工講演会報告）とモデル機および実機実績値との1例を図-6、図-7に示す。

計算によると、曲げ角度 θ_N と荷重との関係はXCにより図-8に示すようになり、Uプレス最大荷重内で成形するために、XCを段階的に選択して、成形することにより $48'' \times 1.5''$ X-70等の高抗張力、厚肉鋼管の成形が可能である。

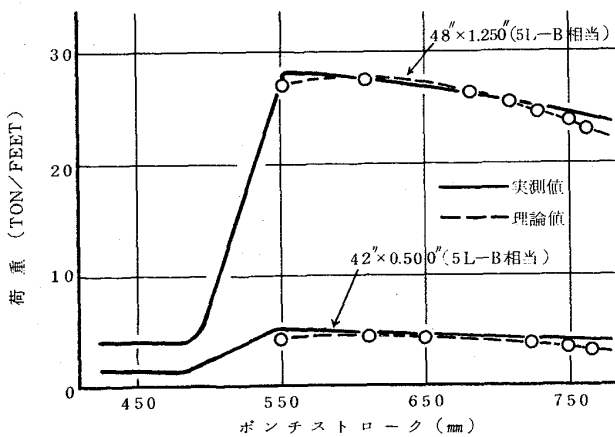


図-7. Uプレス荷重—ストローク線図(実機)

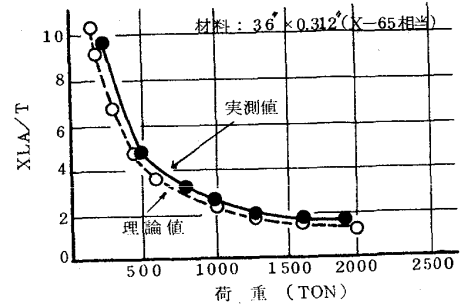


図-4. Cプレス荷重とXLA/Tの関係

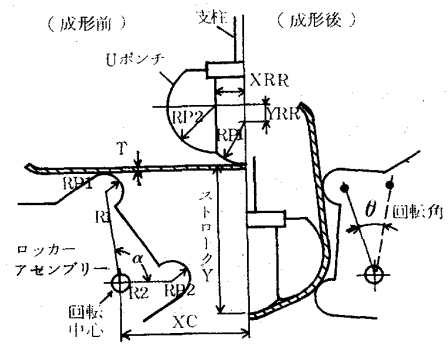


図-5 パーソン方式の概念図と記号

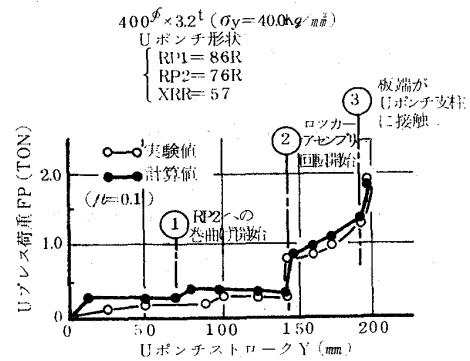


図-6 Uプレス荷重—ストローク線図(モデル機)

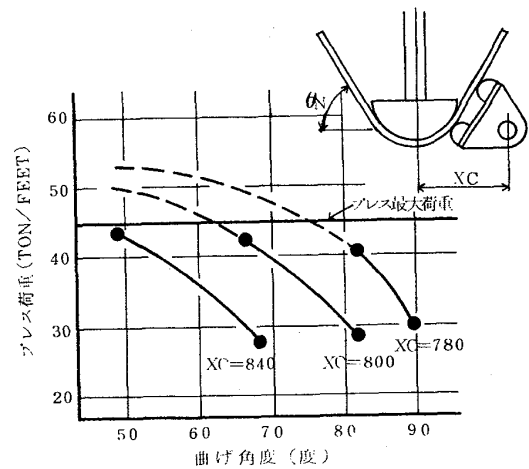


図-8. 曲げ角度 θ_N と荷重の関係

3. O 成形の検討

モデル機を用いてU成形材の内面に歪ゲージを貼付し、O成形時に材料各部の受ける円周方向歪分布を測定した結果を図-9に示す。材料はO成形初期に腰折れを生じて六角形になり、その後腰折れの繰返し発生で多角形状となりながらOダイスへなじんでいく変形パターンを取る。O成形した場合に得られる歪の測定値は曲げ歪と膜歪の和となっているため、曲げ変形が完了する状態を基準にして後工程の円周方向圧縮膜歪を求めた。

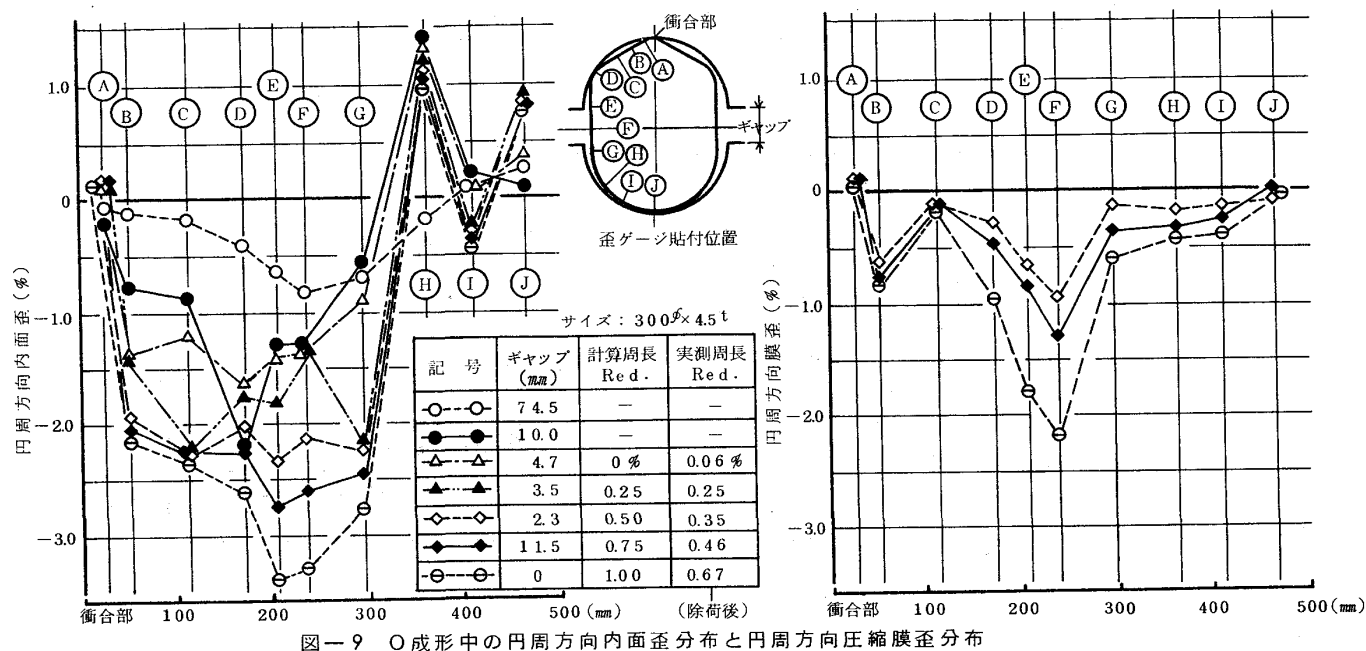


図-9 O成形中の円周方向内面歪分布と円周方向圧縮膜歪分布

この結果によれば極めて不均一な分布を示している。Oダイス間隙部の歪は全円周の平均歪の2~2.5倍にも達する。

上記に述べたように、パーソン方式の変形パターンは六角成形であり、Oプレス後の曲率についても円周方向で不均一になるが、U成形時肩半径 RP_2 を大きくとることによって、より均一な変形をとることができる。Uプレス後の幅を一定にした時の RP_2 の影響について、Oプレス後の曲率で図-10に示す。 RP_2 大のときはシングルRに近い変形パターンを示している。

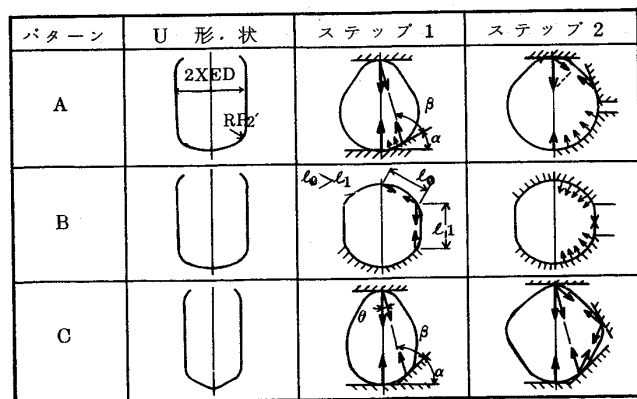


図-11 Oプレス時の典型的な変形パターン

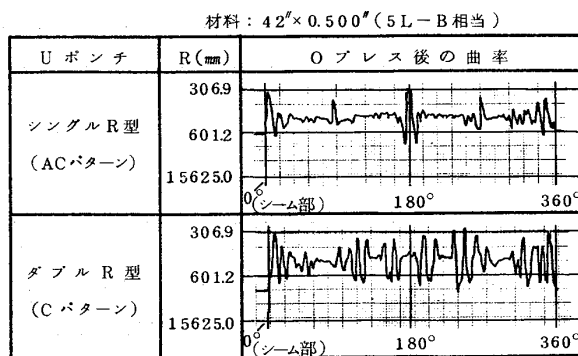


図-10 UポンチによるOプレス後曲率の相違

典型的な変形パターンを図-11に示す。現状レベルで特に問題はないがO成形における理想パターンは上下Oダイス同時に材料がなじんでいくパターン(Bタイプ)でありC曲げ角度30°のときのU成形後の幅 $2XED$ と肩半径 RP_2' に関する変形パターンの領域図(図-12)から見ても非常に狭い領域である。

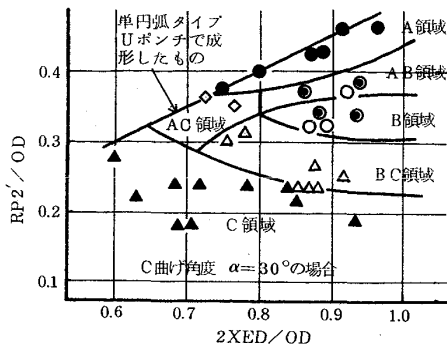


図-12 U形状によるO成形パターン

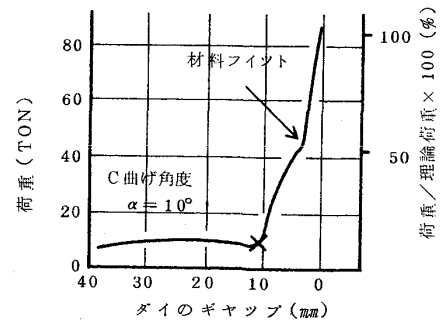


図-13 Oプレス荷重曲線

O成形における荷重-ストローク曲線を図-13に示す。材料がダイにフィットする荷重は単純計算式

$$P_o = 2 \sigma t L$$

の必要荷重に対して40~50%であるため、荷重-絞り率(図-14)及び絞り率-径変化等(図-15)の関係について測定し、高抗張力・厚肉材の製造の検討を行なった。

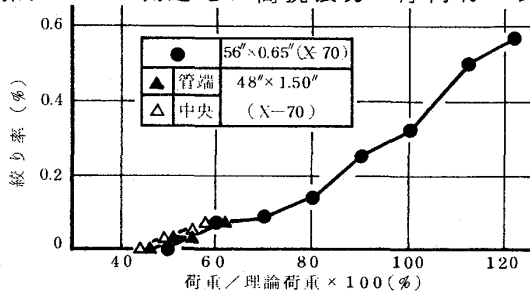


図-14 Oプレスにおける荷重と絞り率の関係

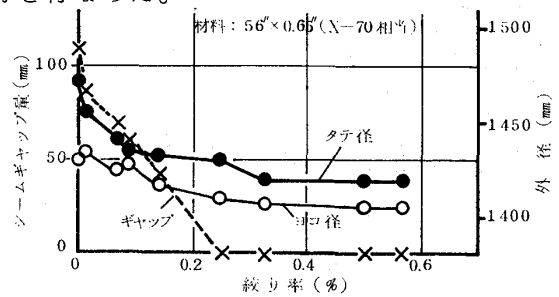


図-15 絞り率とシームギャップ量、径の関係

荷重60%時において絞りは既に0.1%程度生じていることがわかる。またこの時の曲率分布を図-16に示す。O成形後は曲率変化が大きいが拡管することによってほぼ均一の曲率分布になっている。

材料: 48"×1.500"

Oプレス絞り率	R (mm)	Oプレス後の曲率		拡管後の曲率	
0.30% (5LB相当)	306.9				
	601.2				
	15625.0				
0.10% (X70相当)	306.9				
	601.2				
	15625.0				

図-16 O成形後、拡管加工後の曲率分布

III 結 言

C U Oの成形における変形挙動について、より理想的な変形パターンを得る為には

- (1) Cプレス曲げ角度 $30^\circ \pm 5^\circ$ 、曲げ半径 $0.8 \sim 1.2 R$ とする。
- (2) Uプレスについて RP_2 を大きく取り、U幅をできるだけ大きくする。
- (3) Oプレスにおける絞り率は $0.3 \sim 0.4\%$ 以内とする。

高抗張力、厚肉鋼管の製造にあたっては、Cプレス曲げ角度を大きく取り、Uプレス潤滑剤の利用XCの位置替による2~3回押し、Oプレスでの60%荷重の成形により、48"×1.500" X70の成形が可能となった。