

管のドロ・ベンド、プリフォーム、ハイドロフォームによる矩形断面曲がり部の成形シミュレーション

(第3報:プリフォーム条件と成形特性の関係に与える横扁平断面アスペクト比の影響)

塑正 *石垣 勝士 (山本水圧)
金田 直人 (山本水圧)

塑正 坂口 尚良 (山本水圧)
塑正 小嶋 正康 (山本水圧)

1. 緒言

自動車足廻りに使用されるハイドロフォーム部品は横扁平矩形断面のものが多く、曲がり部断面の幅/高さ(アスペクト比 α)が大きいほど成形が難しくなるとされている。前報¹⁾²⁾ではドロベンド(DB)、プリフォーム(PF)、ハイドロフォーム(HF)で $\alpha=2$ の曲がり部を成形する場合、PF条件(A、B-type)によってHF die cavity内のPF品の位置が変化し、HFの減肉に影響が現われることを示した。本報では α を3まで拡大し、前報PF条件に加えてPF die cavity幅を変化させ、PF条件と成形特性の関係に与える α の影響をFEMで検討した。

2. FEM解析条件 (LS-DYNA、シェル要素)

- (1)素管: $\phi 60.5 \times 2t \times 418L$ 。材料特性は前報¹⁾と同一。
- (2)DB (Fig.1): R120-90° 曲げ (2-ball mandrel³⁾、プレッシャダイ移動量 L_s 、摩擦係数は前報¹⁾と同一。
- (3)PF (Fig.2): DB品を製品平面形状にならったcavity中央にセットして横扁平につぶすA-type、DB品背側直線部を型に当て、腹側に初期隙間 Δi を設けたPF型でつぶすC-type ($\Delta i=0$ は前報B-typeの条件)。
- (4)HF (Fig.3): 軸押し無し(管端 Node 金型固定)でMax.400MPaの内圧を付加し、 $\alpha=2\sim 3$ の矩形断面に拡張。素管からの周長増加率10%、摩擦係数 $\mu=0.1$ 。

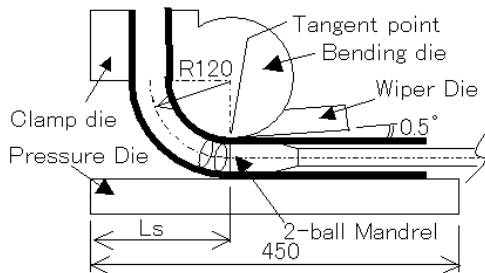


Fig.1 Draw bending

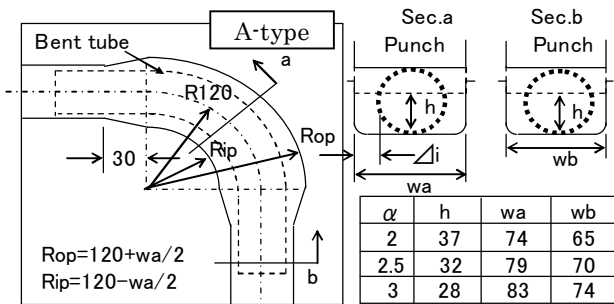


Fig.2 Preforming dies

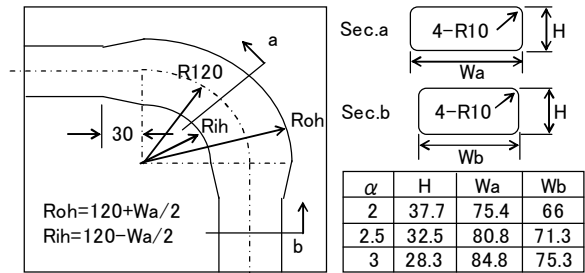
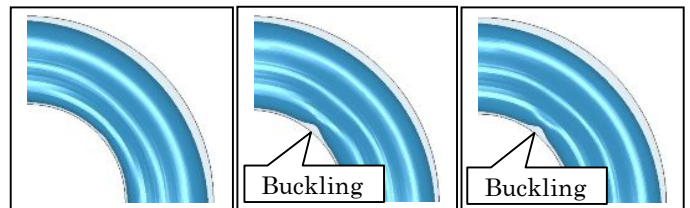


Fig.3 Hydroforming dies

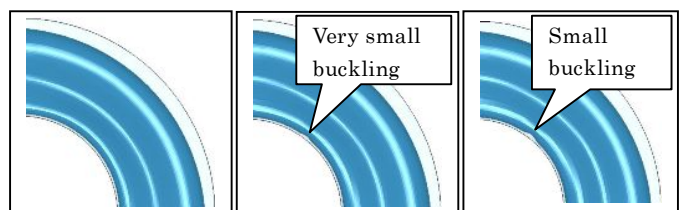
3. 解析結果と考察

(1) PF条件とPF状況:

(a)腹側折れ込み; Fig.4(a)はA-typeでの α 別のPF品外観、同(b)は $\alpha=3$ 、C-type初期隙間 Δi 別のPF品外観、Fig.5はA-type PF後のHFで腹側die cavityコーナR部(R10)に接触するまで拡張するのに必要な内圧を示す。
(1) α の増加とともに Δi が増加するA-typeでは、Fig.4(a)に示すように $\alpha=2.5$ 、3で腹側に折れ込み発生。Fig.4(b)より、 $\alpha=3$ でも Δi が小さければ折れ込みが生じない。 Δi 小の条件で折れ込みが防止されるのは、PF過程でワーク腹側が型に接触する時期が早まるためと言える。
(2)Fig.5に示すように、折れ込みはHFでの必要内圧を増加させ、 α が大きいほどその弊害が大きい。



$\alpha=2(\Delta i=6.8)$ $\alpha=2.5(\Delta i=9.3)$ $\alpha=3(\Delta i=11.3)$
(a) A-type



$\Delta i=7.8$ $\Delta i=9.8$ $\Delta i=11.3$
(b) C-type($\alpha=3$)

Fig.4 Appearance of preformed tube

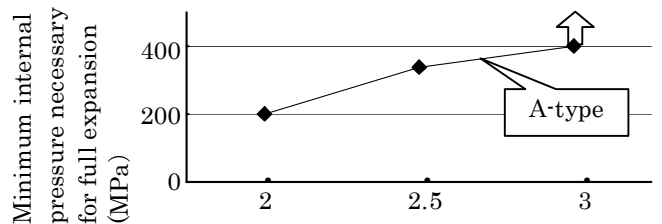


Fig.5 Variation of the minimum internal pressure necessary for full expansion of inside wall of bend in hydroforming with aspect ratio.

(b)曲がり部断面形状(C-type 45° 断面) ; Fig.6 は $\alpha=3$ の場合の PF 過程での腹側と die cavity 壁の間隔(Δ)、幅広がり (Δw)、凹み深さ(du)の変化を Δi 別に示す。
 (1) Δi の減少によって腹側が型に接触する時期が早まると PF 過程での幅広がりの増加は抑制される。
 (2) Δi の減少とともに終点での凹み深さは増加する。これは上記幅広がりの減少と関連している。

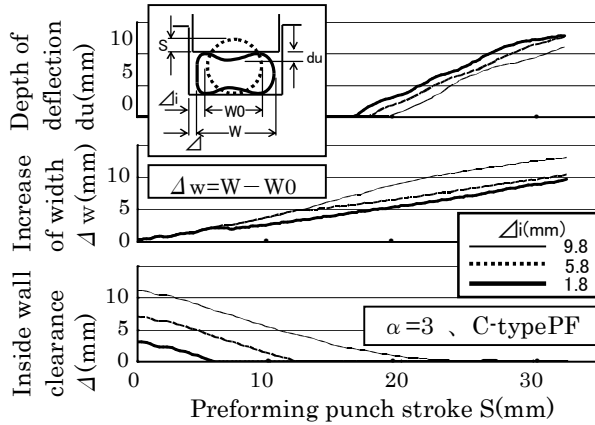


Fig.6 Cross sectional shapes of bend during preforming .

(2) PF 条件(C-type)と HF 状況 : (45° 断面)

(a) HF die cavity 内の初期ワーク位置 ; Fig.7 は Δi と PF 品セット時および初期昇圧 (55MPa) で上下面の凹みが消滅した時のワーク背腹と die cavity 壁の間隔の関係、Fig.8 は Δi とワーク幅の関係を示す。

(1) Fig.7 より、PF 品と壁の間隔は Δi 増加により背側で増加し、腹側で減少。この傾向は凹み消滅時と同様。
 (2) 凹み消滅ともなう壁との間隔の減少は背腹同程度で、cavity 内ワーク位置の背腹バランスに変化はない。

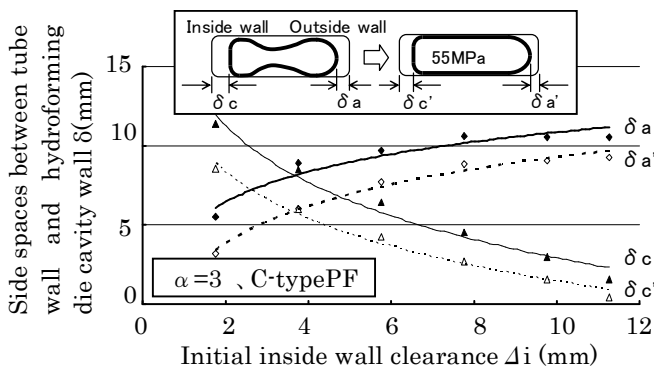


Fig.7 Variations of side spaces of preformed tube in hydroforming die cavity with initial inside wall clearance in preforming die cavity.

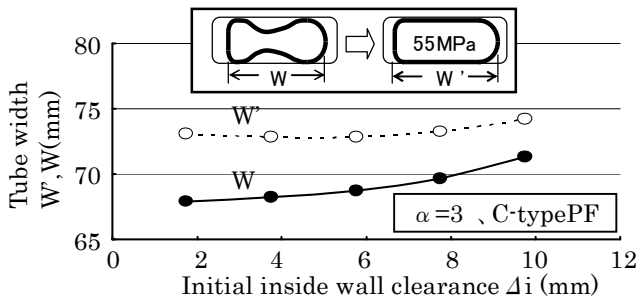


Fig.8 Variations of width of tubes after preforming and after applying internal pressure of 55MPa with initial inside wall clearance in preforming die cavity.

(3) Fig.8 に示すように、 Δi が小さいほど凹み消滅ともなうワーク幅の増加が大きく、 Δi によるワーク幅の差は減少する。

(b) HF 減肉 ; Fig.9 は Δi と PF、HF 品背腹肉厚歪の関係、Fig.10 は PF 品背腹と HF die cavity 壁の間隔 (Fig.7) と HF での減肉の関係を示す。

(1) Fig.9 より、PF、HF 品の肉厚歪の差 (HF 減肉) は Δi の増加とともに背側で促進され、腹側で抑制される。
 (2) Fig.10 より、背腹ともに PF 品と die cavity 壁の間隔が増加すると HF 減肉が大きくなる。HF 減肉への間隔の影響は腹側より背側で敏感に現われ、背腹ともに α が大きい方が同一間隔での HF 減肉が大きいの。

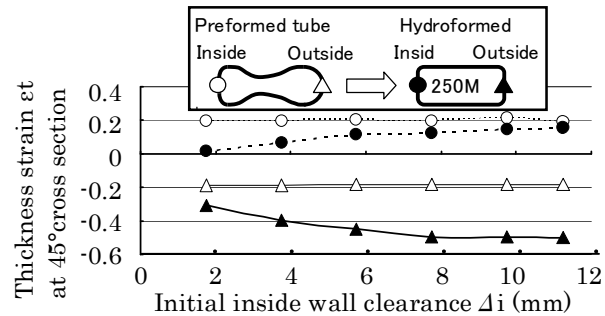


Fig.9 Variations of thickness strains of preformed and hydroformed tubes with initial inside wall clearance in preforming die cavity.

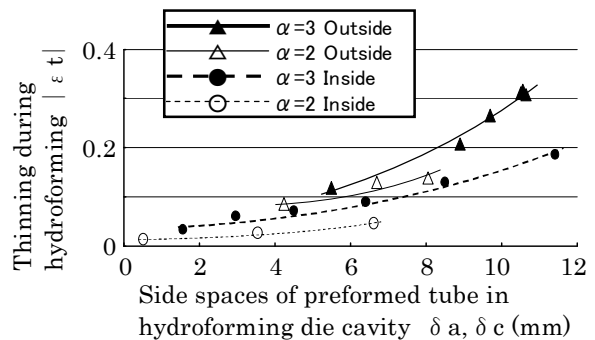


Fig.10 Variations of thinning of outside and inside walls during hydroforming with side space of preformed tube in hydroforming die cavity.

4. 結言

横扁平矩形断面曲がり部を DB、PF、HF で成形するプロセスの FEM 解析を行い、PF 条件と成形特性の関係に与える断面アスペクト比(α)の影響を調査した。

- α の増加により、PF 工程で腹側に折れ込みが発生する危険がある。HF での必要内圧を増加させる折れ込みを回避するには、PF die cavity 内の DB 品腹側と cavity 壁の初期隙間(Δi)を小さく設定することが有効である。
- Δi によって HF die cavity 曲がり部での PF 品の幅方向位置を調整することができる。
- 背腹共に PF 品と HF die cavity 壁の間隔の増減によって HF 減肉が増減する。HF 減肉への間隔の影響は腹側より背側で敏感に現われ、背腹ともに α が大きい方が同一間隔での HF 減肉が大きくなる。

[参考文献]

- 坂口,石垣,金田,小嶋;H21 塑加春講論,(2009),415-416
- 坂口,石垣,金田,小嶋;60 回塑加連講論,(2009),373-374
- 石垣,坂口,金田,小嶋;H19 塑加春講論,(2007),373-374