

# 油圧式プレスブレーキの曲げ精度向上

堀 三計\*

## 1. まえがき

鋼板等の曲げ加工には、安価でかつ簡単な機構であるとの理由から小型機には油圧式プレスブレーキが広く用いられている。しかし、ダイ上昇式油圧プレスブレーキの場合、同一厚さの板を曲げた場合でも、曲げ板幅が広くなると、ダイ・パンチに掛かる力が大きくなり、プレスブレーキ本体の弾性変形量が増加して、設定した角度より曲げ角度が広くなる。従って、油圧式プレスブレーキの曲げ角度誤差を改善できる安価な装置が望まれている。

他方、油圧式プレスブレーキではパンチ・ダイの位置決めには油圧サーボバルブが用いられている。このため、同一厚さの板を曲げたとき、板幅が増すとサーボバルブ内部のオリフィス開口隙間が狭くなり、サーボバルブの作動位置が変化して所定の位置までダイが上昇せず、曲げ精度が低下する。

そこで、本研究では、同一厚さの板を曲げる場合に、板幅が異なっても曲げ角度が変わらないようにする装置の開発を目的とする。具体的には、曲げ板幅が大きくなると、作動油の圧力が大きくなるので、その油圧の変化を積極的に利用して、位置決め用サーボバルブの作動位置が油圧の増加と共に自動的に変化する新しいバルブを開発することを目的とした。

なお、本研究で開発するバルブは、従来のバルブと同様に、リリース弁的な動きがあるため安全である。

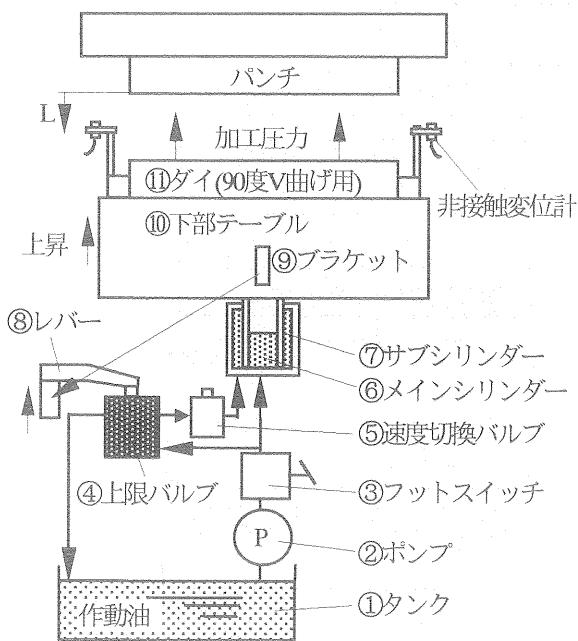


図1 使用した油圧式プレスブレーキ概略

## 2. 実験装置および方法

本研究では、ニコテック社製の油圧式プレスブレーキ RFB-3512 型 (加工能力 35ton, 最大折り曲げ長さ 1250mm) を使用した。油圧回路の概略を図1に示す。なお、90度 V 曲げについて実験を行った。使用したプレスブレーキは、パンチが固定されており、ダイ⑩が上昇することにより曲げ加工を行う。フットスイッチ③を踏むと、作動油はタンク①からポンプ②でメインシリンダー⑥へ送られ、ダイ⑩が上昇し始める。ダイ⑩がある設定位置まで上昇すると、速度切換バルブ⑤のピンが押されて、メインシリンダー⑥に供給されている作動油の一部がサブシリンダー⑦へ送られ、ダイ⑩が低速で上昇ようになる。さらにダイ⑩が上昇すると、ブラケット⑨、レバー⑧を介して上限バルブ (位置決め用サーボバルブ) ④の上限ピン (スプール) が押し込まれてタンク①へ戻る流路が開き、メインシリンダー⑥やサブシリンダー⑦に供給されている作動油の一部がタンクへ戻る。このため、メインシリンダー⑥やサブシリンダー⑦への作動油の流入が止まり、ダイの上昇は停止する。以上のように、ダイ⑩の停止位置は上限

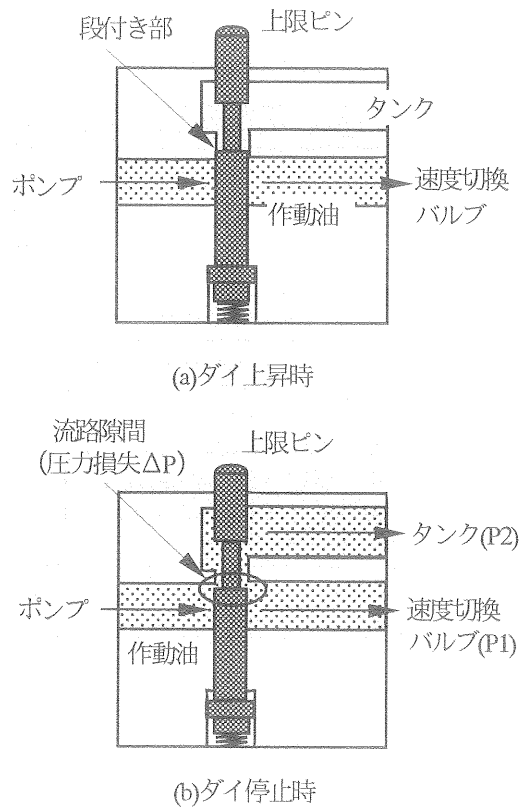


図2 位置決め用上限バルブ概略

バルブ④内のピンの押し込み量によって制御されている。

上限バルブの概略を図2に示す。ダイが上昇して上限バルブのピンが押されると、上限バルブ内の油圧回路からタンクへ戻る流路が開き、メインシリンダとサブシリンダに供給されている作動油の一部がタンクへ戻る。このとき、油圧回路内の圧力  $P_1$  が上限バルブ内にできた流路隙間（オリフィス開口隙間）での圧力損失  $\Delta P$  と上限バルブ出口圧力  $P_2$ （ $\approx$  大気圧）の和と等しくなるとダイは停止する。

上限バルブ出口圧力  $P_2$  が一定であると、曲げる鋼板の

厚さや幅が増して油圧回路内の圧力  $P_1$  が増すと、流路隙間の圧力損失  $\Delta P$  が大きくならなければ釣り合わなくなる。このため、オリフィスの開口隙間量が小さくなり、上限ピンの押し込み量も小さくなる。このため、ダイは設定位置まで上昇せず、曲げ精度が低下する。

本実験では、鋼板をダイ中央部に置き、90度V曲げ加工における上限バルブ入口圧力とパンチとダイの間隔を測定した。圧力はダイヤフラム式圧力計で、パンチとダイの間隔は渦電流式非接触変位計で測定した。パンチ、ダイの幅は830mmである。

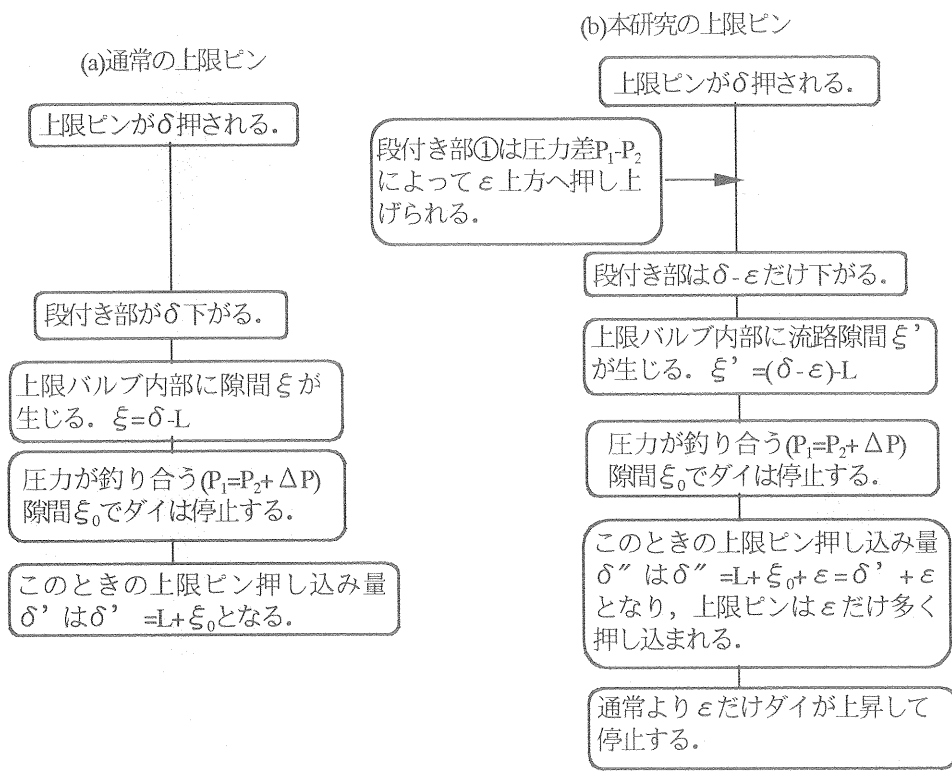
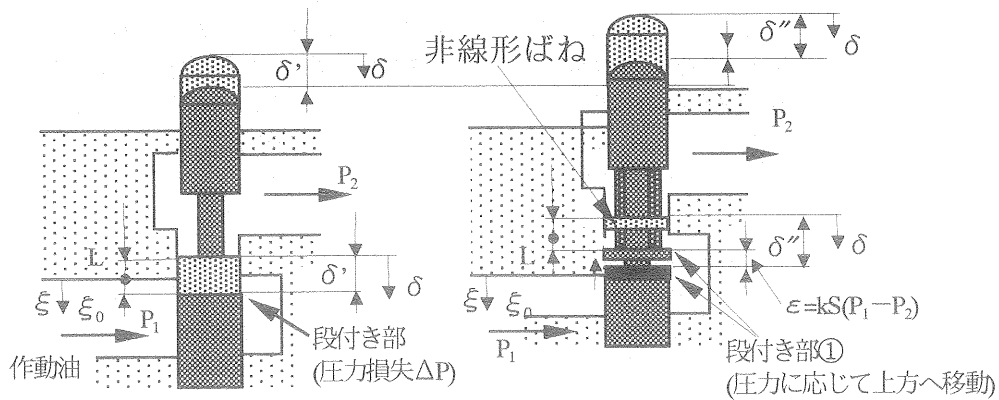


図3 改良上限バルブの動作原理

### 3. 改良した上限バルブの動作原理

本研究では、上限バルブ入口圧力  $P_1$  に応じて作動位置が変化する上限バルブの開発を試みた。概略を図3に示す。同図(a)に示すように、一般の上限ピンではピン先端が $\delta$ 押し込まれると上限ピン全体が $\delta$ 下がるため、オリフィス開口隙間量も $\delta$ だけ大きくなる。これに対して、本研究では同図(b)に示すように、上限ピンの段付き部①がばね②を介して自由に上下に動くようにした。

上限バルブ入口圧力を  $P_1$ 、上限バルブ出口の圧力を  $P_2$  とすると、段付き部①は次式で求められる $\varepsilon$ だけ上方へ押し上げられる。

$$\varepsilon = kS(P_1 - P_2)$$

ここで、 $k$  はばね②のばね定数、 $S$  は段付き部①の受圧面積である。このため、ピン先端の押し込み量は $\varepsilon$ だけ大きく、つまり上限ピンは $\varepsilon$ だけ余分に押し込まれ、その結果ダイヤは $\varepsilon$ だけ上昇する。

このため、適切なばね定数を選ぶと、曲げる鋼板の幅が変わり、ダイヤ・パンチに掛かる力が変化したり、油圧回路内の圧力が変化してもダイヤの停止位置が変化せず、曲げ精度が低下しない。

### 4. 実験結果及び考察

通常の上限バルブを使って90度V曲げ加工を行ったときの、回路内の圧力  $P_1$  とパンチとダイヤの間隔変化量の関係を図4に示す。なお、間隔変化量はパンチとダイヤが離れる方向を正とし、回路内の圧力として上限バルブ入口圧力を使用した。右縦軸に示した曲げ角度はパンチ・ダイヤ間隔から求めた角度である。同図に示されるように、曲げ板幅が広くなり、圧力  $P_1$  が増すとパンチとダイヤが離れることが分かった。例えば、板厚2mmの場合には板幅が200mmから800mmに増すと、パンチ・ダイヤ間隔は0.45mm開き、曲げ角度が約2.5度増す。また、測定結果

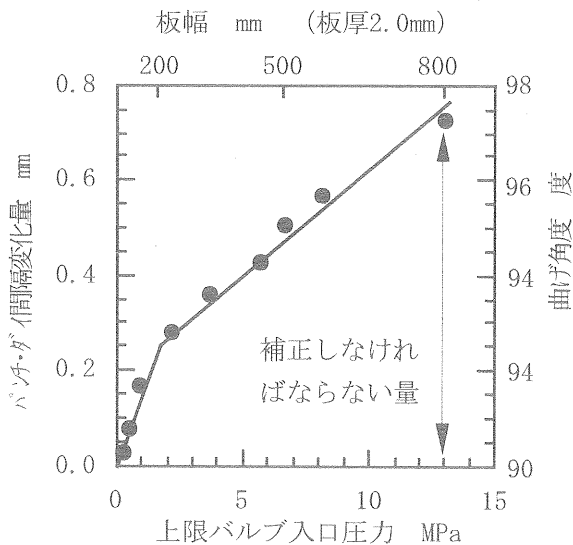


図4 板幅、加工圧力変化時のパンチ・ダイヤ間隔変化量

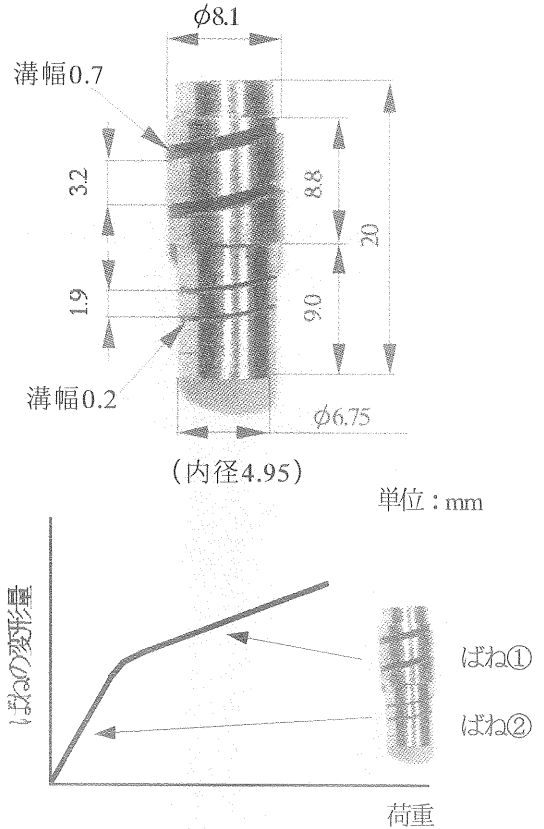


図5 非線形ばね概略

は約2MPa未満の低圧力領域と2MPa以上の高圧力領域についてそれぞれ直線で近似でき、その傾きは低圧力領域の方が大きくなった。そこで、低圧力領域と高圧力領域に分けて2つのばね定数を持つ非線形ばねを試作し、補正を試みた。なお、ばねの材質はオイルテンパー線である。非線形ばねの概略を図5に示す。非線形ばねは、2つのばね定数のばねで構成されている。ばねに圧縮荷重が加わると、下部のばね②が先ず変形するが、上部のばね①はほとんど変形しない。さらに荷重が加わると下部のばね②の溝がつぶされ、上部のばね①が変形し始める。このため、2つのばね定数を持つ非線形ばねとなる。本研究では、ばね定数の異なる非線形ばねを幾つか試作して曲げ加工を行い、最適なばね定数の値を求めた。その結果、上限バルブ入口圧力が2MPa未満の低圧力領域ではばね定数が約100N/mmとなり、2MPa以上の高圧力領域では約700N/mmの値となり、上限バルブ入口圧力とパンチ・ダイヤ間隔変化量の関係を示した図4の直線の傾きとほぼ一致した。

そこで、図6に示すように上限ピンに非線形ばねを組み込んで90度V曲げ加工を行い、パンチ・ダイヤの間隔変化量を測定した。曲げ加工は、板厚2.0mm、2.3mm、板幅25~800mmの鋼板について行った。結果を図7に示す。横軸は上限バルブ入口圧力、縦軸はパンチ・ダイヤ間隔変

化量と曲げ角度である。同図に示されるように、本実験の範囲内では板幅の違いによる加工時の油圧の変化によらず、パンチとダイの間隔は約±0.025mm 以内、曲げ角度に換算すると約±15 分以内で一定となることが分かった。

図8に、無負荷時の繰返し精度を示す。同図に示されるように、40回繰返ししたところ、パンチ・ダイ間隔変化量は約±0.01mm 以内、曲げ角度に換算すると約±6分以内で一定となることが分かった。

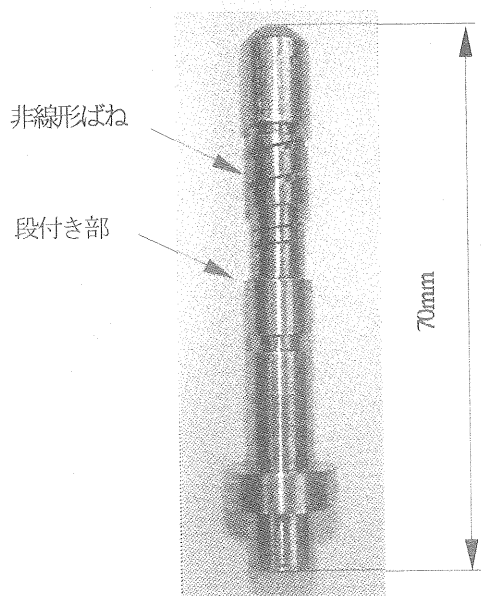


図6 ばね入り上限ピン

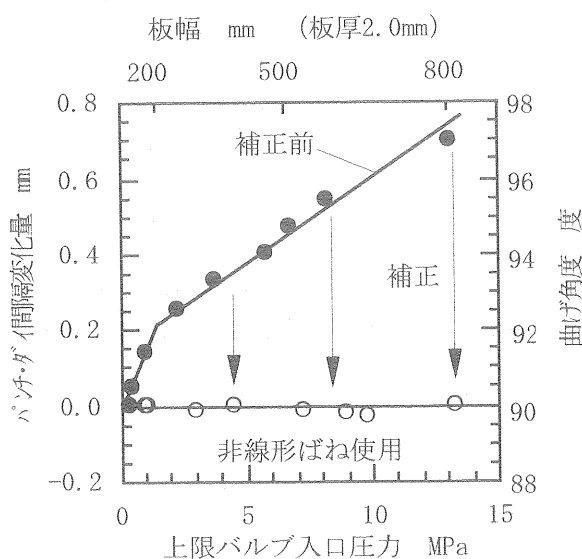


図7 補正後のパンチ・ダイ間隔変化量

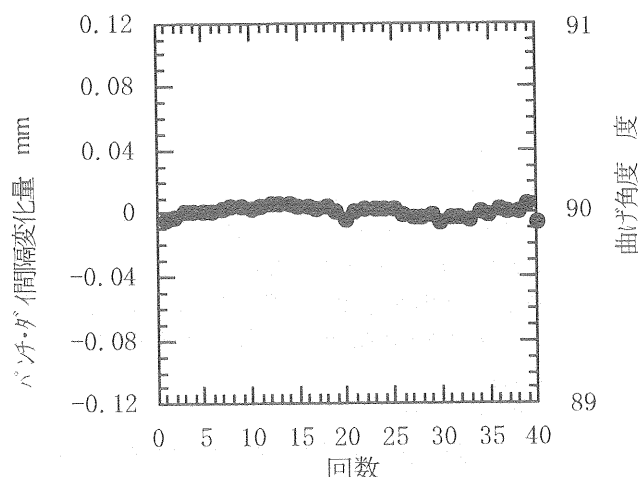


図8 無負荷時の繰返し位置決め精度

## 5. あとがき

本研究では、同一厚さの板を曲げたとき、板幅が異なっても曲げ角度が変わらないようにする装置の開発を目的として、上限バルブの改良を試みた。

その結果、上限バルブ内の上限ピンに非線形ばねを組み込み、このばねを曲げ加工時の上限バルブ内の油圧に応じて非線形に変形させることにより、加工時の油圧変化によるダイの位置決め精度の低下を防ぐことができた。

## 謝辞

本研究を遂行するにあたり、財団法人天田金属加工機械技術振興財団の平成12年度研究開発助成 AF-99017の援助を受けたことを付記し、同財団に心から深甚なる謝意を表します。また、プレスブレーキを提供していただきました株式会社ニコテックに感謝いたします。

## 参考文献

- 1) ばね技術研究会編：ばねの設計, (1966)p.55-57, 丸善