

油圧式プレスブレーキの曲げ角度精度向上

東京農工大学工学部 機械システム工学科

助手 堀 三計

(平成 11 年度研究開発助成 AF-99017)

キーワード：プレスブレーキ，曲げ角度，非線形ばね

なお，本研究で開発するバルブは，従来のバルブと同様に，リリーフ弁的な働きがあるため安全である。

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，曲げ板幅が増加すると，ダイ・パンチに掛かる力が増加し，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がる。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，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。

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1250m）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①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⑥へ送られ，メインシリンダ⑥は上昇し，ダイ①も上昇し始める。ダイ①がある設定位置まで達すると，速度切換バルブ⑤のピンが押されて，メインシリンダ⑥に供給されている作動油の一部がサブシリンダ⑦へ送られ，ダイ①が低速で上昇するようになる。さらにダイ①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⑥やサブシリンダ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，メインシリンダやサブシリンダへの作

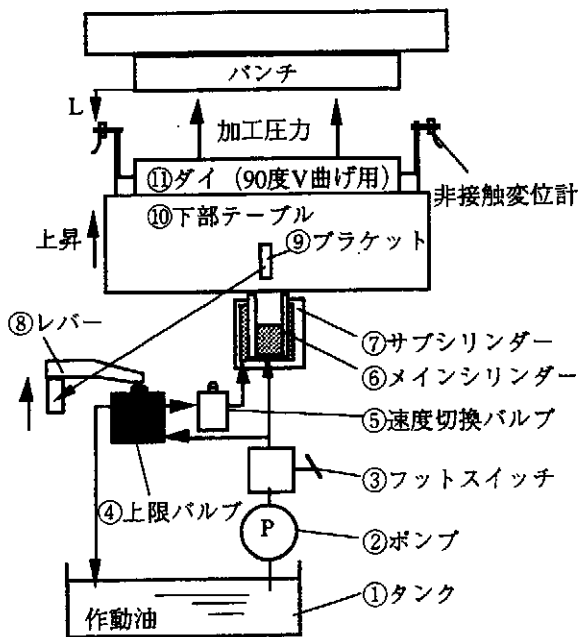


図1 使用したプレスブレーキ概略

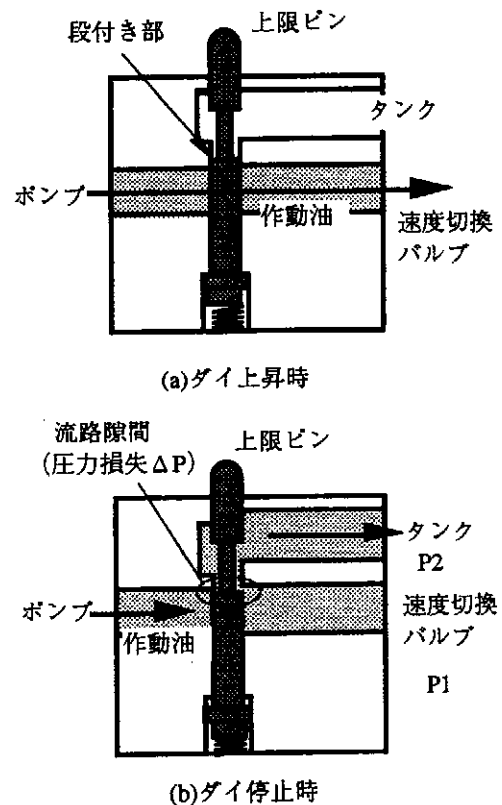


図2 上限バルブ概略

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、ダイの停止位置は上限バルブ④内のピンの押し込み量によって制御されている。

上限バルブの概略図を図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 ΔP と上限バルブ出口圧力 P_2 の和と等しくなるとダイは停止する。

曲げる鋼板の厚さや幅が増して油圧回路内の圧力 P が増すと、オリフィス開口隙間の圧力損失 ΔP が大きくならなければ釣り合なくなる。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左右の間隔を測定した。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。

3. 改良した上限バルブの動作原理

本研究では、圧力 P 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 δ 押し込まれると上限ピン全体が δ 下がるため、オリフィス開口隙間量も δ だけ大きくなる。これに対して、本研究では同図

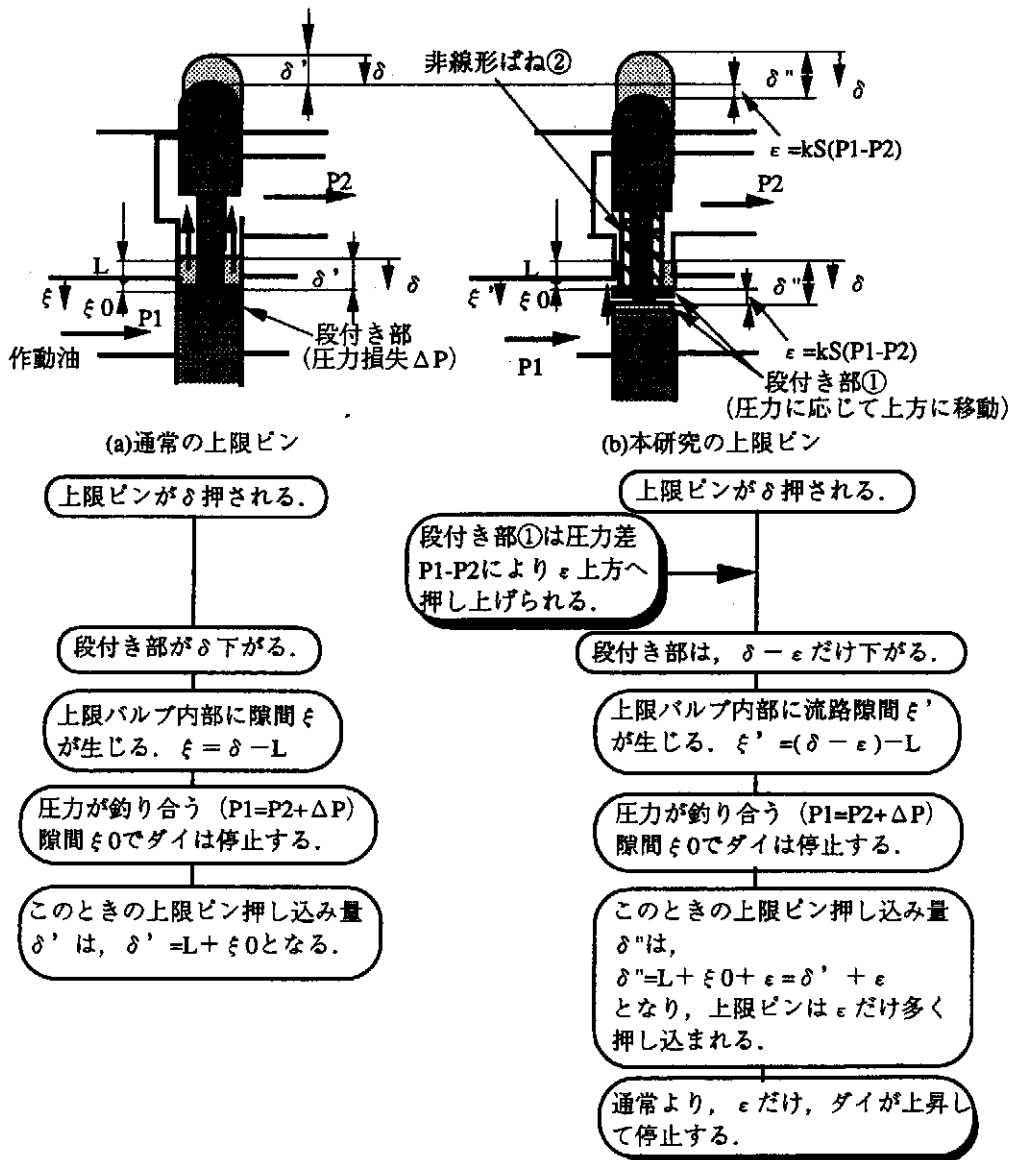


図3 改良した上限バルブ

(b)に示すように、上限ピンの段付き部①をばね②を介して自由に上下に動くようにした。

回路内の圧力をP1、上限バルブ出口の圧力をP2とすると、段付き部①は次式で求められるεだけ上方へ押し上げられる。

$$\epsilon = kS (P1 - P2)$$

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εだけ大きくなり、ダイはε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・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とパンチとダイ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。同図に示されるように、曲げ板幅が広くなり、圧力Pが増すとパンチとダイが離れることが分かった。そこで、同図中に示すように、圧力の低い場合と高い場合に分けて2つのばね定数を持つ非線形ばねを試作した。非線形ばねの概略を図5に示す。試作した非線形ばねは、主に、3カ所の板ばねで構成されている。ばねに圧縮荷重が加わると、上部①が先ず変形するが、下部②はほとんど変形しない。さらに荷重が加わると溝(a)がつぶされ、下部②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。図6に、このばねに圧縮荷重を加えたときの変形量を示す。なお、下横軸の圧力は、加えた荷重を上限ピン段付き部の受圧面積で除した値である。同図に示されるように、試作した非線形ばねの圧力に対する変形量は、本研究で使用したプレスブレーキの圧力に対するパンチ・ダイ間隔変化量とほぼ一致する事が分かった。

そこで、図7に示すように上限ピンに非線形ばねを組

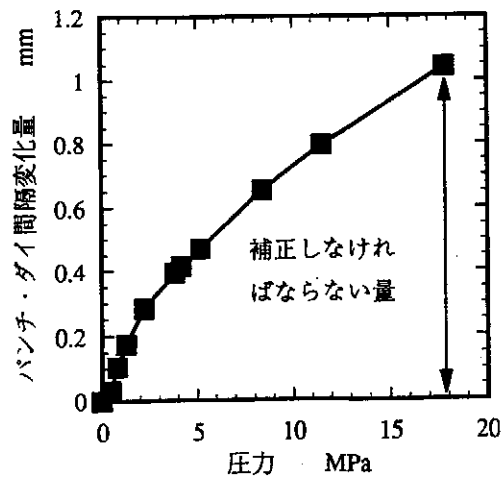


図4 圧力変化時のパンチ・ダイ間隔変化量

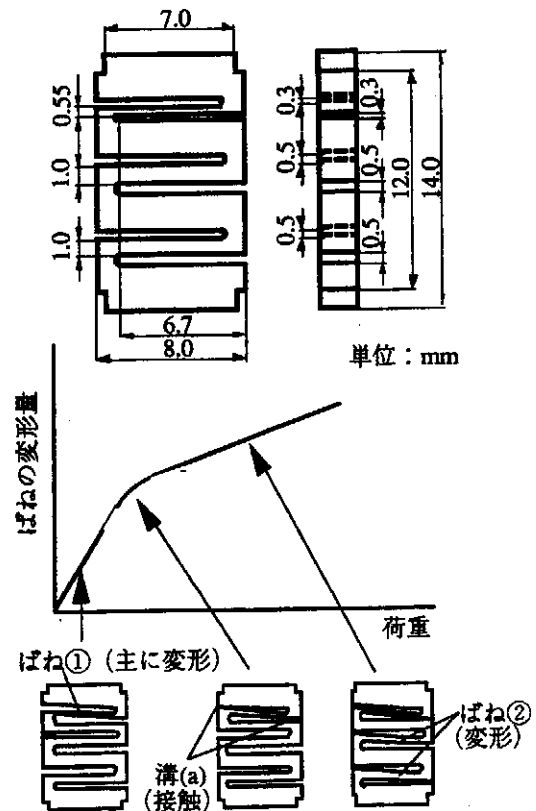


図5 非線形ばね概略

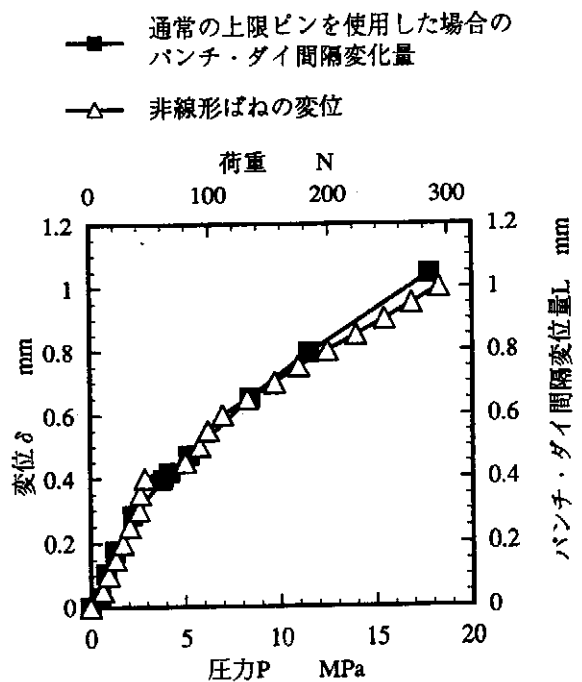


図6 ばねの変形量

み込んで曲げ加工を行い、パンチ・ダイの間隔変化量を測定した。曲げ加工は、板厚1.2mm, 2.2mm, 板幅50, 100, 200, 400, 600, 800mmの鋼板を用いた。結果を図8に示す。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・ダイの間隔は±0.05mm以内になることが分かった。

なお、有限要素法で非線形ばねの応力を解析した結果、30MPaの油圧が加わった場合に、非線形ばね内部の最大応力は約355MPaとなり、使用した抗張力鋼の降伏応力834MPaより小さいことが分かった。

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。

終わりに、本研究は財団法人天田金属加工機械技術振興財団から研究助成を受けてなされた者であることを付記し、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深謝いたします。

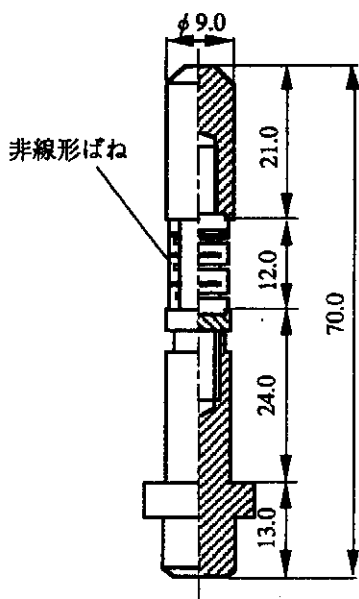


図7 ばね入り上限ピン概略

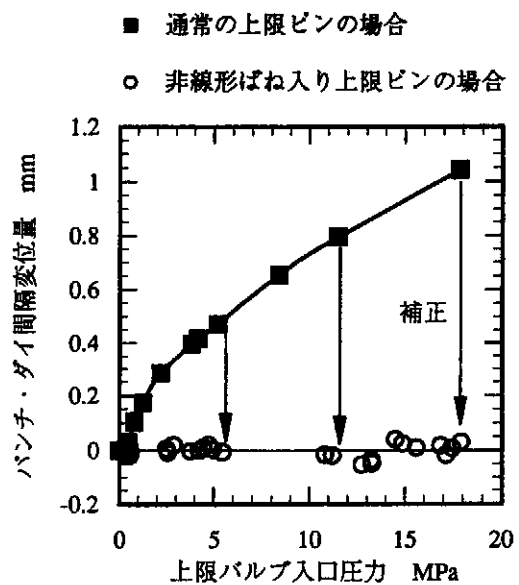


図8 パンチ・ダイ間隔変化量