
高剛性フレーム部材の工法開発

Development of Manufacturing Methods for High Rigid Frame Part

近藤 崇史* 石野 圭二*
Takafumi KONDO Keiji ISHINO

要 旨

近年、複写機及びプリンターの高速・高画質化にともなって、その骨組みとなる構造体には高剛性なものが要求されており、従来のチャンネル部材と比較してねじりモーメントに対する剛性が優れている角パイプ部材を、一部の機種においては使用している。しかし、これまで角パイプ部材は切削や溶接等の2次加工を必要とし、高コストな部品となっていた。今回、プレス加工のみによる新たな加工プロセスにより、板金から角パイプ部材を加工する製法を確立し、低コストで高剛性な構造体フレーム部材の提供を実現した。

ABSTRACT

As both PPC's (Plain Paper Copiers) and printers available in the market have the higher speeds and the better copy quality, their main structural frames require a highly rigid part or material to prevent them from vibrations and/or strains. In order to meet the required specifications, Ricoh uses a rectangular pipe as the structural parts for some models. They are much better regarding rigidity against torque/twisting as compared to the usual U channel part, whereas rectangular pipe is a high cost because of the secondary processes, such as milling and welding. New manufacturing method is established utilizing a metallic press process which produces the rectangular pipe part from sheet metal, in order to manufacture the sheet metallic rectangular pipe part required to maintain a highly rigid structural frame with a lower cost.

* 生産事業本部 画像製品事業部 生産技術センター
Engineering Administration Center,
Imaging System Production Division,
Production Business Group

1. 背景と目的

近年、複写機及びプリンタを取り巻く環境はデジタル化・カラー化が進み、より高速・高画質化となっている。これに伴い、その骨組みとなる構造体には高剛性なものが要求されている。構造体部材の一つとして、角パイプ部材がある。これは板金をプレス機による曲げ加工により、矩形のパイプ形状としたものである。従来のチャンネル部材に比べ、ねじりに対する剛性が優れている(Fig.1)。また、プレス加工により平板状態でネジ穴や切り欠きを加工した後にパイプ形状への加工ができるため、電縫管や押出材といった素管に切削加工を施すことに比べると安価に生産することが可能である。

このような利点から、当社において角パイプ部材は高速・高画質機の構造体を中心に採用されている。

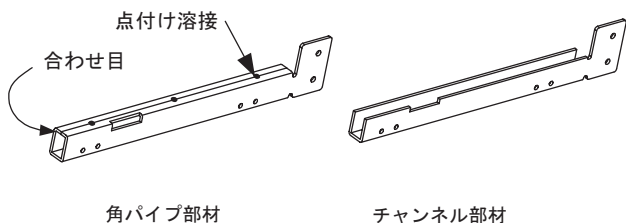


Fig.1 Rectangular pipe part and U channel part

これまで、パイプの合わせ目は点付け溶接をしていた。溶接はコストアップに繋がるだけでなく、熱歪みの影響による精度劣化等、多くの問題を抱えている。そこで、合わせ目の溶接を排除し、板金を凹凸勘合させることで合わせ目を締結した角パイプ部材の開発を進めた。

2. 技術

2-1 技術課題

溶接を排除するにあたり、溶接の役割を検証した。溶接の役割は、大きく以下の2点である。

- 1)スプリングバック現象による、合わせ目の開き防止
- 2)ねじり剛性の向上

本開発は上記2点の課題について、以下の二段階に分けて開発を進めた

第一段階：合わせ目の開きを防止するためのプレス工法開発

第二段階：合わせ目締結法の開発(ねじり剛性の向上)

2-2 プレス工法開発(合わせ目の開き防止)

Fig.2は一般的なプレス加工法により、板金を角パイプ形状とした場合の一例である。パイプの合わせ目は金型内では密着している。しかし、金型から取り外すと若干量開いてしまう。これはスプリングバックと呼ばれている現象によるものである。

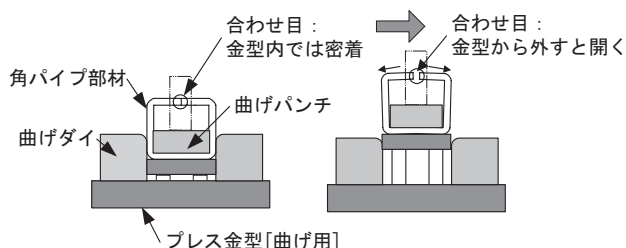


Fig.2 Sketch of press machine bending

今回開発した工法は、新たに合わせ目を閉じさせる方向へスプリングバックを発生させ、スプリングバックの方向を制御することで、パイプの合わせ目を密着させることを実現した。

2-2-1 原理

通常のプレス加工により板金をFig.3の状態まで加工する。これを中間品と呼ぶ。また各部位の名称をFig.3に示す。ここで特徴となるのは、頂点3及び頂点4を90°よりも大きな角度(鈍角)としている点である。この中間品を次工程にて製品形状とする。実際には金型を用いて加工は行われるが、本書では数値解析(FEM)による応力分布モデル(Fig.4)を用いて、原理を解説する。加工は第一パンチによる水平方向荷重と第二パンチによる鉛直方向荷重からなる。

Fig.4, Step.1~4において、第一パンチが被加工材(ここでは、中間品)を挟み込むように移動し、曲げ加工を行って

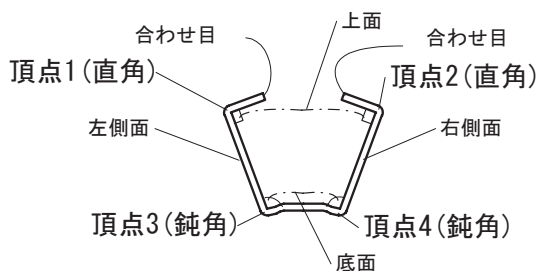


Fig.3 Section view of working process part

る。この時、応力は底面に集中している。底面は当初内側に凸であるが、曲げ加工が進むにつれ外側に凸となる。これは中間品で頂点3及び頂点4を鈍角としたことによる。

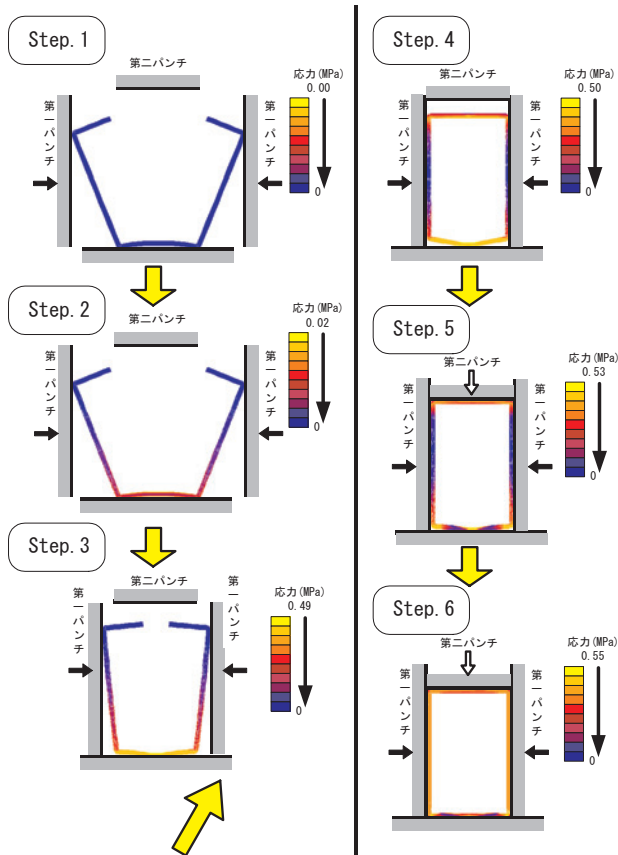


Fig.4 Bending process and stress distribution (1)

Fig.5はStep.4の後に、第一パンチを被加工材から離し、加工力を解放した状態である。内側に凸であった被加工材の底面は、水平方向の荷重により塑性変形し、外側に凸となる。この外側に凸となった底面のスプリングバックは、底面が内側に凸であった状態に戻ろうとする方向であるため、合わせ目は開くことが確認できる。

一方、Fig.6はStep.6の後に第一パンチ及び第二パンチを被加工材から離し、加工力を解放した状態である。この場合、合わせ目は密着している。ここでは、底面を外側に凸となる塑性変形を与えた後、鉛直方向の荷重によって、外側に凸となった底面を更に平面となるような第二の塑性変形を与えている。この第二の塑性変形により、底面には外側に凸に戻ろうとするスプリングバックが発生し、底面に発生しているスプリングバックの方向が変わる。これによって、合わせ目は閉じる方向へ変位する。すなわち、頂点3及び4を鈍角にする

ことにより、これら一連のプロセスの中で塑性変形の流れを創り出し、スプリングバックの方向を制御することで、合わせ目を密着させることを可能とした。

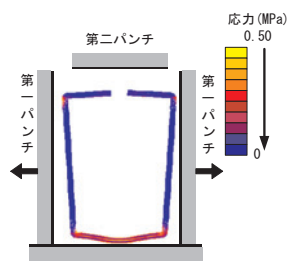


Fig.5 Stress distribution (2)

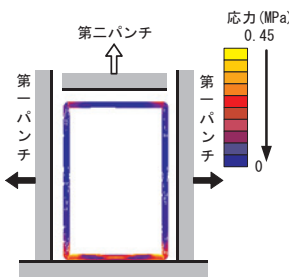


Fig.6 Stress distribution (3)

2-2-2 結果

Fig.7は上記工法を用いて加工した角パイプ部材である。プレス加工のみで合わせ目は密着している。

以上により溶接の役割の一つである、「スプリングバックによる、合わせ目の開き防止」についての課題は解消できた。

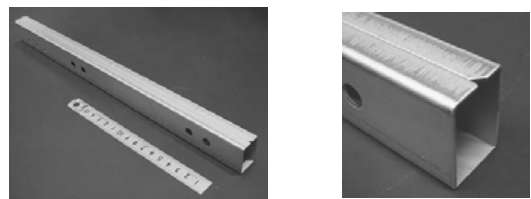


Fig.7 Rectangular pipe part

2-3 合わせ目締結法の開発

Fig.8は合わせ目に点付け溶接をした角パイプと、していない角パイプにねじり荷重(100N×2)をかけた場合の数値解析(FEM)による応力分布図である。また、Fig.9はこの時のねじり角度をパイプ長に沿ってプロットしたものである。点付

け溶接はその溶接部に応力を分散させて受けており、全体としてねじり剛性を向上させている。

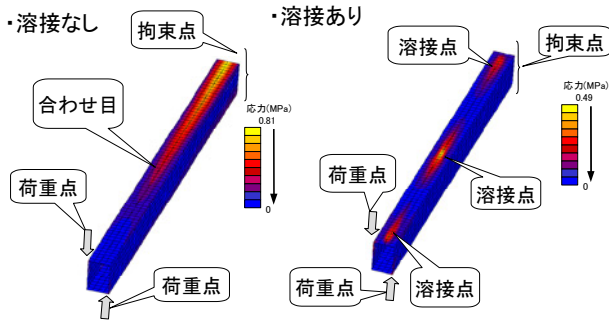


Fig.8 Stress distribution by FEM simulation

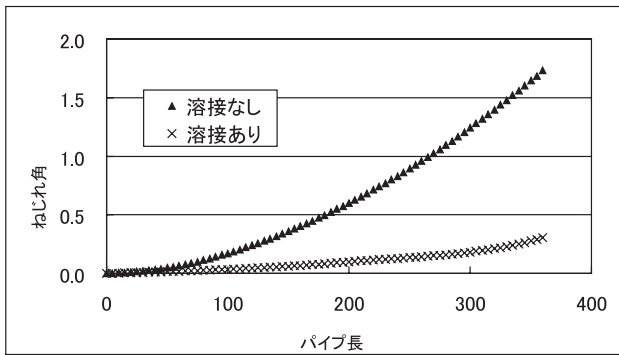


Fig.9 Relation between Length of pipe and angle of twist degree

ここで、荷重を受け始めた時の角パイプの合わせ目に着目してみたところ、溶接をしていない角パイプは全体が変形する前に合わせ目がズレ始めていることがわかった(Fig.10). このズレを抑えることで、低荷重域(実使用領域)でのねじり剛性は向上すると考えた。

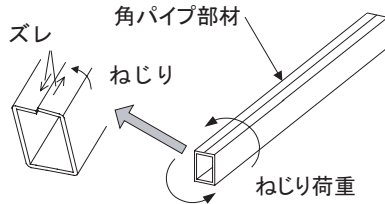


Fig.10 Slip of a joint

2-3-1 原理

ズレは合わせ目に凹凸を設け、勘合させることで抑えることができる(Fig.11-1). しかし、凹凸を勘合させるには凹凸部の寸法を高精度なものとする必要があり、部品の量産性

を考慮すると得策ではない。そこで、勘合ではなく凹凸部に加工のバラツキを吸収するための隙間を若干量設ける(Fig.11-2). 更に凹部に凸部を变形させるための突起を設け、凸部を变形させることで隙間を埋める締結形状を考案した(Fig.11-3, 4).

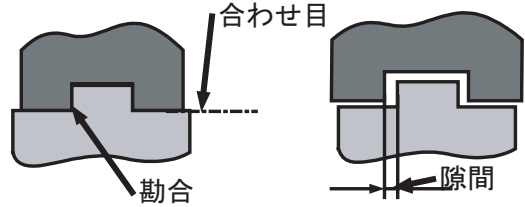


Fig.11-1

Fig.11-2

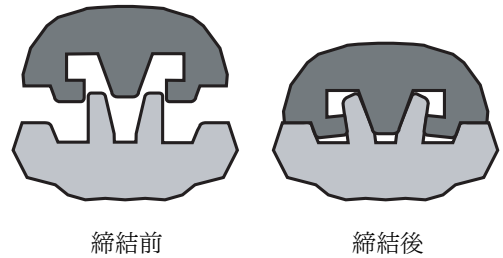


Fig.11-3

Fig.11-4

Fig.11 Conclusion geometry of a joint

2-3-2 結果

剛性試験を行った結果、上記締結形状により合わせ目を締結した角パイプ部材(Fig.12)のねじり剛性は従来の点付け溶接以上の強度を有していた。以上により、溶接の役割の一つである、「ねじり剛性の向上」についての課題は解消された。

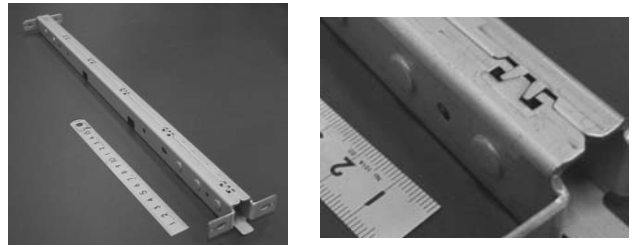


Fig.12 Rectangular pipe part which concluded a joint

2-4 合わせ目締結形状の最適化

2-4-1 課題

本締結は2組の角が変形し密着部を形成することで機能する(強度を維持できる)。変形のし易さと強度は相反する要素であり、互いを満足する最適な条件を品質工学の手法を用いて設定した。

2-4-2 基本機能と実験装置

角パイプの実使用荷重領域を考慮して、

[低荷重域でのねじり剛性] = [合わせ目の変形強度]

であると考え、締結強度をテストピースによる圧縮試験で評価することとした(Fig.13)。

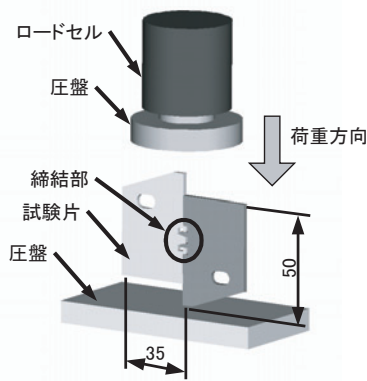


Fig.13 Sketch of an experimental device

基本機能は

$$y = \beta M$$

y: 変位量 [試験機のカロスヘッド移動量]

M: 圧縮荷重 [信号因子: 400, 800, 1200 (N)]

とした(Fig.14)。

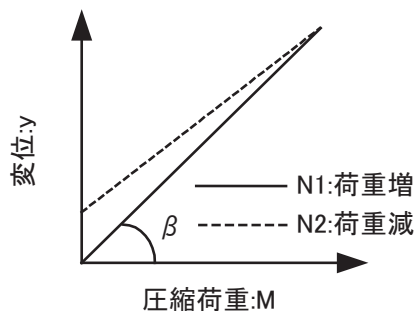


Fig.14 Generic function of joint conclusion

試験片はFig.13のように、2枚の鋼板を締結したものを使用した。試験片のフラットな部分を圧縮試験機により荷重をかけた。本締結に求められる理想機能とは、複写機等、搭載された製品の実使用中の耐荷重は勿論、輸送時等、一時的に生じる衝撃荷重に対しても耐えること、すなわち荷重除去時に元の形状に戻ることを求められる。そこで、誤差因子をN1:荷重増, N2:荷重減とした。

2-4-3 制御因子

締結の主要素となる2組の角の寸法、角を変形させるための角度並びに勘合部の隙間を関連づけて因子にとった(Fig.15)。

水準は現状値を水準2とし、前後に振った(Table 1)。

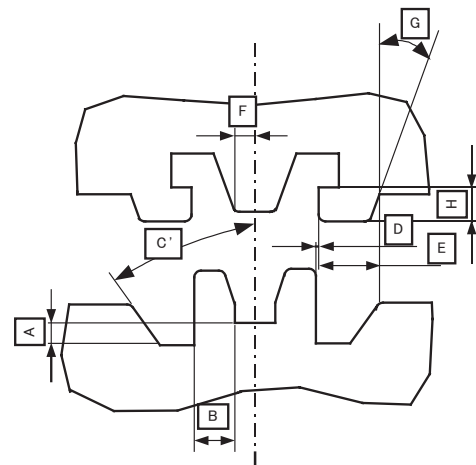


Fig.15 Control factor

Table 1 Control factor and levels

因子	水準1	水準2	水準3
A:寸法	小	中	大
B:寸法	小	中	大
C:面積	小	中	大
D:寸法	小	中	大
E:寸法	小	中	大
F:寸法	小	中	大
G:角度	小	中	大
H:寸法	小	中	大

2-4-4 結果

実験はL18実験とし、因子と水準を割り付け、実験を行った。実験の結果からSN比と感度を求め、要因効果図とした(Fig.16, 17)。要因効果図から最適条件を設定した。また、現行条件のSN比と感度を推定し、確認実験を行った。

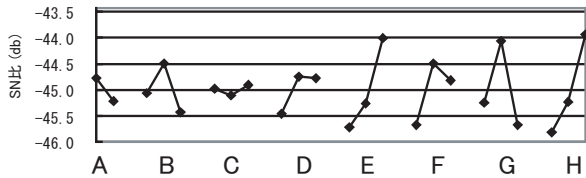


Fig.16 Factorial effect chart of SN ratio

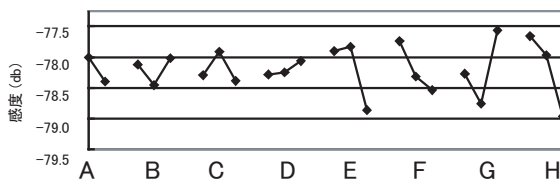


Fig.17 Factorial effect chart of sensitivity

確認実験はSN比、感度共に再現性がある結果となった(Table 2)。以上により、強度及び精度の面で最適な締結形状を確立することができた。

Table 2 Gains of SN ratio and sensitivity in the experiments

	SN比(db)		感度(db)	
	推定	確認	推定	確認
最適条件	-40.45	-41.84	-80.61	-79.00
現行条件	-43.65	-43.52	-78.50	-78.35
利得	3.19	1.68	-2.11	-0.65

3. 成果

本工法により、高剛性な構造体部材を安価で精度良く生産することを可能とした。本工法による構造体部材は現在当社のデジタル複写機に搭載されている。また、今後発売される高速複写機・高画質カラー複写機等にも搭載が予定されており、複写機・プリンタの高速化、高画質化に大きく貢献している。

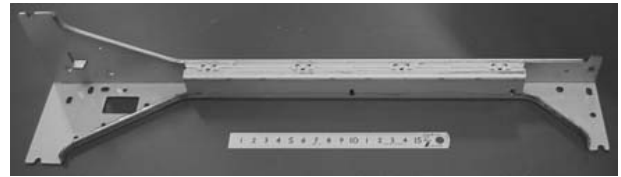


Fig.18 Rectangular pipe part which concluded a joint

Fig.18は2-2の工法を用いて加工した角パイプ部材に2-3の合わせ目締結を施した角パイプ部材である。

4. 今後の展開

本開発による構造体部材は主に大型な複写機に採用されている。今後は角パイプ形状の小型化、軽量化を進め展開範囲を広げていく。また、複写機・プリンタの高画質化に伴い、構造体部材にも高精度化の要求が高まっている。今後はそれらに対応できるように、高精度化を進めていく。

謝辞

本開発を進めるにあたり、下記の関連会社及び関連部署をはじめとして、多くの方々に御指導、御協力を頂きました。ここに、深く感謝の意を表します。

迫リコー株式会社 部品技術部
 研究開発本部 生産技術研究所
 画像技術開発本部
 C&F第二事業部 第三設計室
 生産事業本部 精機センター