Consideration on fastening force for plates by head in riveting

○正 木之下 広幸 (宮崎大) 正 海津 浩一 (宮崎大)

Hiroyuki Kinoshita, Koichi Kaizu

1-1, Gakuen kibanadai nishi, Miyazaki University of Miyazaki

Key Words : Fixing Element, Riveting Process, Joint Strength, Springback, FEM

1. はじめに

リベット締結は、近年の省力化、コストダウン化の要望とともに、電子部品や自動車用部品などへの適用が増加する傾向にある⁽¹⁾。しかし、板の緩みが製品に及ぼす影響が問題となることがあり、板の緩みの無い加工法の開発が望まれている。板が緩む原因には、過度の加圧力によって生じる板の反りとリベット頭部による板の締め付け力の不足が考えられる。板の反りに関しては、その発生機構が、近藤らによる研究⁽²⁾で調査・検討されている。

リベットの頭部による板の締め付け力の不足に関しては、板がリベット材と比較して相対的に硬い場合に生じやすいと考えられる。なぜなら、この場合の板の締結は、主にリベットの軸部と板の結合力でなされており、頭部による板の締め付け力が、非常に小さいからである。このことは、著者らの板の引抜き試験の結果⁽³⁾から明らかにされている。この原因は、リベットのスプリングバックが板のスプリングバックよりも大きくなるためと考えられる。

以上のことから、リベットの加工力を小さくすることが板の反りを無くし、頭部による板の締め付け力を高めることに繋がると考えられる。

本研究では、単純な据込み加工でリベットを成形する場合を対象として、リベットの加工力を小さくし、頭部による板の締め付け力を高めることを目的に、チューブラリベットを応用した加工法を提案し、実験および有限要素解析によりその有効性を検討した。

2. チューブラリベットを応用した加工法

2.1 リベットの加工方法の概要 Fig.1 に、提案する加工法の有限要素計算モデルを示す。リベットのタイプに関しては、丸などの形に頭部を成形するよりも平タイプに成形した方がスプリングバックは小さくなる⁽³⁾。そこで、提案する加工法では、リベット材の中心部に窪みを設け、これを平タイプのパンチを用いて、成形後の頭部がちょうど平頭になるように成形するものとする（以後、このタイプを Flat II タイプと呼ぶ）。

なお、リベット材の寸法・形状は、突出部の体積が、平タイプの突出部の体積と等しくなるように決定するものとし、同計算モデルは、中心部に窪みを設けた分、高さを増している。また、窪み底部の角部には加工中にき裂が生じないように面取りまたは丸みを設けることとする。さらに、パンチとリベット材の接触面がリング状であるので、リング部の内側への折込みが生じないように、接触面の潤滑状態を良好にして摩擦力を小さくし、リング部が外側に広がるように加工するものとする。

2.2 有限要素計算によるリベットのスプリングバックの解析 先ず、以上の加工法によるリベットの成形の可

Table 1 Computational condition

Young's modulus : E (GPa)	Aluminum alloy : A1070 : 68.6
Poisson's ratio : ν	0.3
Yield stress : σ_0 (MPa)	18.819
Flow stress (MPa)	$\bar{\sigma} = 119.92(0.002 + \bar{\epsilon})^{0.298}$

能性、および加工力と除荷後に生じるスプリングバックをどの程度減じることができるかについて検討するため、リベットの加工過程の有限要素解析を行った。

有限要素計算には、負荷過程の計算および除荷の計算ともに、静的陽解法の弾塑性有限要素法⁽⁴⁾を用いた。

Table1 に計算の条件を示す。計算は、軸対称問題として行い、要素剛性方程式の積分は、 2×2 の低減積分としている。また、除荷の方法には節点力法を用いた。

Fig.2 は、突出部を 62% まで圧縮した場合の負荷の終了時における変形した形状を示している。この図から、リベット材に窪みが無い場合と同様に、板は角部から徐々に接合され、軸中心部を直接圧縮すること無しに、フラットタイプの形状とほぼ同じ形状が得られることがわかる。

Fig.3 は、リベットのスプリングバックを比較している。なお、これらの図は、負荷の終了時に板上面に接していた節点の除荷後の軸方向の変位をスプリングバックとして示している。本タイプの節点の変位量は、フラットタイプの 7 割程度に減少していることがわかる。

3. 板の引抜き試験による締め付け力の評価

3.1 板の引抜き試験の方法 リベット頭部による板の締め付け力を評価するために、板の引抜き試験を行った。Fig.4 に、板の引抜き試験の概要を示す。同試験は、引抜き可能な板を締結した後に、板の両端の引張試験を行い、その板の引抜き時における最大引張力の大きさから、リベット頭部による板の締め付け力を評価することを意図している。実験は、板がリベット材と比較して相対的に硬くリベット締めした後も板は塑性変形しない場合について行った。先ず、リベット材に、アルミニウム合金 A1070 材を用い、直径 13mm、長さ 44mm (Flat II タイプは、45mm) の棒状試験片から、Fig.4(A) に示す実験装置を用いて、丸、なべ、平タイプ、および Flat II タイプの各リベットを据込み加工により製作した。次に、Fig.4(B) に示すように、一般構造用圧延鋼材 (SS400) の 2 枚の板を重ねて締結した。その際、締結した板を引抜くことができるように、2 枚重ねの下側の板には、中心軸を含む断面で 2 分割した板を用いた。また、板の締結は、分割板が開かないように両端を固定して行った。分割板の寸法は、幅 50mm、長さ 44mm、厚さ 9mm で、上側の一枚板の寸法は、幅 50mm、長さ 40mm、厚さ 9mm である。リベット穴の径は、 $\phi 14$ mm としている。板の引抜き試験は、

Fig. 1 FEM model of proposed riveting process

Fig. 2 Deformed shape

Fig. 3 Comparison of springback of rivet

(A) Forming rivet head

(B) Riveting split plate

(C) Disjoining test

Fig. 4 Schematic illustration of the disjoining test

Fig. 5 Comparison of disjoining force for plate

Fig. 6 Comparison of strain around rivet axis

Fig. 4 (C) に示すように締結した分割板の両端をオートグラフで引張ることにより行った。

4. 結果および考察

Fig. 5 は、予め棒状試片の一端を平頭に成形したリベット材の他端の中心部に、直径 6mm、深さ 6mm のくぼみを設け、3.1 項で述べた板の引抜き試験を行った結果を示している。板の引抜き試験は、各タイプに関して、各々 5~8 回行い、図はそれらの平均値を比較して表している。この図から、Flat II タイプの板の引抜き力が他のタイプよりも 2 倍以上大きいことがわかる。このことから、提案した加工法が、頭部による板の締付け力を高めるために有効な方法と考えられる。

Fig. 6 は、リベットのスプリングバックの大きさを比較するために、リベット軸周囲のひずみを測定した結果を示し

ている。ひずみの測定は、型の側面にひずみゲージを図に示す位置に張り付け、リベット頭部の成形開始時から除荷後までの間の型の円周ひずみを測定することにより行った。また、ひずみの測定結果の図において、除荷前後のひずみの差がリベットのスプリングバックに相当している。この図から、Flat II タイプのスプリングバックが、他のタイプよりも小さくなっていることが確認できる。

参考文献

- (1) 町田輝史他, 塑性と加工, 34-389 (1993-6), 689-693.
- (2) 近藤一義, 峯英生, 村里共一, 平成 6 年度塑性加工春期講演会論文集 (1994-5), 461-464.
- (3) H. Kinoshita, K. Kaizu, M&P2005, (2005), ICS-04.
- (4) 日本塑性加工学会編: 非線形有限要素法, (1994), 79, コロナ社.