は と め 加 工 の 基 礎 的 研 究*

(第4報, ペタルフランジを用いた重ね継手の締結特性に及ぼす内縁寸法の影響)

河 村 忠 治^{*1}

A Fundamental Study of Eyelet Tab Staking

(4th Report, The Influence of the Eyelet Diameter on the Fastening Characteristics of the Lap Joint with Petal Flanges)

Chuji KAWAMURA

The present research deals with estimating the fastening characteristics of lap joint at varied the diameter of eyelet, and its comparison with already reported results. The following summarizes the experimental results; (1) Tensile destruction strength of the joint is not proportional to eyelet diameter which appeared the size effect. The cause of the size effect will differ depending on the geometrical shape and strain hardening at the staked region; (2) Tensile destruction strength of the joint is smaller than that of the lip flange, moreover, the fixed position of petals under the staking is influenced considerably; (3) The size effect is similarly appeared in rotational strength of the joint, but the rotational strength to higher compared to that of the lip flange. Therefore, an effective staking method to increase the rotational strength; (4) The initial edge shape of eyelet is converted round into square by a press-fitting force increase, if preventing the growth of improperly phenomena still more the fastening characteristics is fairly improved.

Key Words: Fixing Element, Press Working, Assembly, Staking, Lap Joint, Joint Strength

1. 結 言

板金にピラミッドポンチでペタル状の穴フランジを成形し、これを重ね継手のはとめ加工に用い、締結特性を体系的に論じようとするものである。既にフランジ内縁寸法が特定な場合は、その締結特性について具体的な知見を報告⁽¹⁾⁽²⁾したが、実用性の点から多少の問題点を残していた。そこで、本論はフランジ内縁寸法を種々に変化させ、重ね継手とした場合の引張破壊強さ、回転方向強さなどを実験的に検討した。

2. 実 験 方 法

2.1 試験片の形状寸法, 材質 重ね継手を作る試験片の形状寸法は図1に示したが、これらはすべてリベット継手⁽³⁾に準じた継手設計で、例外なく部材側が面圧破壊を呈する。試験片の採取は、短ざく形の長手方向を圧延方向に合致させた。また、試験片材質は母材側、部材側ともに板厚1.0mmの軟質アルミニウムで、その機械的性質は表1に示した。

2.2 フランジ加工, 締結法, 破壊試験 試験片の

母材側に施すペタルフランジは、図2に示す型具をクランクプレスに取付け、ペタルの発生が試験片の長手方向軸に対し0°、45°方向となるよう強制破断させた。その際のフランジの形状寸法、硬さは図3に示したが、これより硬さは大差ないものの、板面よりペタルのき裂開先端までの距離は、内縁寸法が大きい場合ほど長いことがわかる。したがって、打抜き加工した部材側の下穴縁は、内縁寸法が大きい場合ほど締付け部が広く、より強固な締結が達成できる可能性がある。継手の締結は両材を組合せた後にペタルを折曲げ、締付け力の測定が容易な材料試験によるプレス接合とした。

以上の要領で締結した継手は、オートグラフを用いて引張試験を行い締結部の圧壊強さを求めた。また、

図1 継手用試験片の形状寸法(単位 mm)

* 平成元年11月21日 九州支部・中国四国支部合同長崎地方講演会において講演、原稿受付 平成元年3月9日。

^{*1} 正員、武蔵工業大学(〒158 東京都世田谷区玉堤1-28-1)。

回転方向強さは、ロータリーディスク形の装置に継手を取付けトルクレンチで計算した。さらに締結部の形状寸法や硬さは、万能投影機および微小硬さ計で測定した。

3. 実験結果と考察

3・1 継手の引張破壊過程 図4は継手の引張試験に伴う荷重-変位線図の例示である。これより継手強度は、線図の直線域からの離脱点を面圧破壊強さ P_c とし、また完全に分離に至るまでの最大荷重点 P_m を破壊強さとして評価した。ただ、継手の破壊強さはペタルの締付け位置で異なるので、これらのことを十分に配慮して検討を加える必要がある。

3・2 継手の引張破壊強さ 継手の引張外力に対する破壊強さを示したものが図5であるが、内縁寸法によらず締付け力の増加に従って増えている。しかし、その増加割合は特定の締付け力を過ぎると緩慢となっている。また、同一締付け力の対比では、内縁寸法が大きい場合ほど破壊強さは大きく、ペタルの締付け位置に関しては例外なく $\theta=45^\circ$ のほうが高い。

こうした結果は、基本的には内縁寸法に基づく締結部の受圧面積の多少によるが、実験結果は必ずしも内縁寸法に比例せず、いわゆる寸法効果が現れている。この原因は後述する締結部の形状寸法、加工硬化などが及ぼす影響が異なることにある。また、ペタルの締付け位置に対する強度差は、 $\theta=45^\circ$ の場合はその締結形状から、作用外力の集中がより緩和されることに基づいている。

表 1 供試材の機械的性質

	Tensile strength σ_b Mpa	Total elongation δ %	Work hardening exponent n	Vickers hardness HV
A1100P-0	96.1	33.6	0.27	35.5

図 2 フランジ加工用の型具

3・3 継手の回転方向強さ 継手の回転方向の強さをトルク値で評価したものが図6であるが、内縁寸法やペタル締付け位置によらず、締付け力が増すほど漸増傾向を示している。むしろ、トルク値の絶対値は内縁寸法が大きい場合が高いが、これらの値は基本的には締結部の接触抵抗に依拠するものである。そこで、継手重複部の接触状態を検討すべく、感圧紙を用いて測定した結果が図7である。これより内縁寸法の大小によらず、ペタル加压面の反転部位以外の接触は見られず、トルク値は主にこの部位の接触抵抗と、ペタル加压面および内縁壁の接触抵抗の総和と考えられる。

ただ、ペタルフランジの場合は、締結時に内縁形状が図8に例示のごとく特有な変形を起こす。すなわち、低締付け領域では初めの円形が保たれているが、高締付け領域となるとペタル部分が無拘束な内側に流動

図 3 ペタルフランジの形状寸法、硬さ

図 4 継手の引張荷重-変位線図の例

し、結果的に内縁形状が角形へ推移する。この内縁形状の変化がトルク値に影響することは既報⁽²⁾で述べた。先の図7からも自明なごとく、同一締付け力で内縁形状を対比すれば、当然のことながら内縁寸法が小さいほうが、単位面積当たりの加圧力(接触面積の確認から計算ずみ)が高いところから、形状変化の度合いは大きいことになる。したがって、トルク値に及ぼす形状変化の影響は、内縁寸法が小さい場合ほど顕著なことが示唆できる。このほかにも締結部の加工硬化も関連し、トルク値に重畳作用するものと考えられる。

3・4 締結部の形状寸法、硬さ ペタルフランジを用いた重ね継手は、ペタルによる締付けが局部的であるが、図9は外縁寸法の最大部での切断面スケッチ

の対比である。これより内縁寸法によらず締付け力が増すと、締結部は見掛上からはペタルが部材板面に圧入され強固な形状となることが分かる。しかし、継手強さは形状のみでは律せられず、この部分の寸法や加工硬化などに強く支配されるので、これらの影響を含めた検討を要する。

図10は締結部寸法を図中に表示した箇所で測定した結果である。外縁寸法 D は一度ペタルが折曲げられた後は、締付け力が増しても微増にとどまり、それぞれ初期ペタル寸法に応じた値を示している。これに対し内縁寸法 d は、締付け力の増加に付随し単調に減少している。内縁部は締結時に無拘束なため、前述したように形状が大きく変化し最終的には角形にまでなる。こうした内縁方向の自由な変形は、結果として締付け幅 B を増やしペタル接触面積が増加する。しかし、その半面ではペタルに内包された部分の板厚 t を減少させるので、双方の増減が相殺されて受圧面積の増加に結びつかず、強いては継手の圧壊強さ、回転方向強さなどの向上に役立たないことも考えられる。

そこで、締結部の硬さを検討し図11に示した。内縁寸法が小さい継手は、締付け力が低くても単位面積当たりの加圧力は大きいから、締結時にかなりの割合で加工硬化している。特に継手強さに対し影響の大きいペタルに内包された部分③印で、同一締付け力での硬化率を対比すると、内縁寸法が小さい時は30%以上も硬化し、継手強さの向上にかなり寄与することがわかる。これに対し内縁寸法が大きいと、加圧力の低下から硬化率も20%程度にとどまり、継手強さの向上

図5 継手の引張破壊強さ

図6 継手の回転方向強さ

図7 感圧紙による継手重複部の接触面観察 ($P_f = 9.8$ kN)

図8 締結に伴う内縁形状の変化 ($d_1 = 8$ mm)

に及ぼす影響も軽微となる。ただ、内縁寸法が大きい場合でも高締付け力領域では、ほぼ同等の硬化率が得られるので、内縁寸法に応じた締付け力の選択が肝要である。

3・5 継手の効率 継手の部材側は下穴を設けるので外力に対する抵抗値は減少する。そこで一体材に対する強度比を考え、これを継手効率 η として表したものが図12である。これより同一締付け力においては内縁寸法 $d_1=6\text{ mm}$ が最も高く、 $d_1=8, 10\text{ mm}$ では大差ないことがわかる。既に継手の引張破壊強さに寸法効果が現れる原因は3・2節で述べたが、この継手効率も同様な理由に基づくものである。現に図からも自明なごとく、内縁寸法が大きくなっても高い締付け力では、最大継手効率が同一レベルにまで達している。しかし、継手効率そのものは高くないので、実用的な用途は簡易締結にのみ限定されよう。

図9 締結部断面の形状の比較

図10 締結部の寸法変化

4. 結 言

ペタルフランジを応用した重ね継手の締結特性を、内縁寸法を変化させ検討した結果は次のごとくである。

(1) 継手の引張破壊強さは、内縁寸法に比例せず寸法効果が現れた。この原因は締結部の形状寸法、加工硬化が異なるためである。

(2) 引張破壊強さはリップフランジに比べて低く、そのうえ締結時のペタル締付け位置が、外力の作用方向に対しどの位置にあるかが影響する。

(3) 継手の回転方向強さにも寸法効果が現れる

図11 締結部の硬さ変化

図12 継手の効率

が、強さ自体はリップフランジに比べて高い。したがって、回転方向強さが要求される締結には有効である。

(4) ペタルフランジを用いる継手は、締付け力が高い領域で内縁形状が大きく変化するため、締結部がルーズになる。したがって、締結時に内縁拘束を施し変形を防止すれば、さらに締結特性の向上が期待できる。

(5) 継手効率は最高条件でも40%前後である。したがって、高荷重が働かない簡易締結にのみ有用である。

る。

なお、本実験に関しては東京工業大学の神馬敬教授から多くのご助言をいただいた。ここに感謝の意を表します。

文 献

- (1) 河村, 機論, 53-485, C (1987), 198.
- (2) 河村, 機論, 53-496, C (1987), 2635.
- (3) 最新接合技術総覧編集委員会編, 最新接合技術総覧, (1984), 546, 産業技術サービスセンター.