T型すみ肉接手の剛性*

大 谷 碧**

Rigidity of Fillet Welded T-Joint *

By M. Otani**

Abstract

The elastic and plastic behaviors of end fillet welds were investigated using T-joint specimens. The fillet size, amounts of off-set and gap of welded plates were changed in series. The stress-strain relations of joints were compared with the base plate, and the following results were obtained for 16mm thick specimens investigated.

(1) The T-joint with the fillet size of 12mm or less exhibited inferior rigidity to base plate. The performance of a larger sized one was satisfactory.

(2) A large off-set of tension plates injured the rigidity of joint. For instance, for 14mm size weld, it should be limited under 4mm in order to effectively transmit the tensile stress of plates about 10kg/mm².

(3) The fillet size should be enlarged by the distance of gap between plates.

Further it was proved that the angle of fracture was larger for the fillet initially broken than the one broken in the next place.

1 は し が き

熔接接手の静荷重に対する設計は、破断強度を目安に行うことが多いが、応力分布が複雑なすみ肉接手に対しては、その弾性的な挙動と降伏現象をも調査して、接手の剛性が強度上100%有効に寄与しているか否かを知ることが必要であろう。

本研究はこの点を明らかにするため、小T型のT型前面すみ肉接手試験片につき剛性ならびに降伏点などを測定し、その有効性を検討したものである。

2 試 験 片

試験片の詳細は第1図に示すごとくで、幅50mm厚さ16mm鋼板の中央部に、厚さ16mmの横板をおき、これらをすみ肉熔接したものである。試験片の上下を材料試験機で掴んで引張り荷重をかけ、その挙動を計測する。

試験片中、第1群は工作上の誤差のため上下の板が横板に密着しない場合を考慮して、接手中に間隙(g)を設けたものである。 g は0;2;4mmの3種とし、かつかかる間隙を生じた場合現場で実施しているごとく、すみ肉脚長をも g だけ大とした。なお $g=0$ のときは脚長($=s$)を板

Fig. 1 Specimen

厚と等しく16mmにとり、これを基準にして他のものと比較した。

第2群の試験片は、やはり工作上の誤差のため、上下の板が目違いを生じた場合に対応するものである。試験片においてこの目違い量(δ)を2;4;6;8mmと変化せしめた。すみ肉脚長はいずれも16mmである。

第3群ではすみ肉脚長(s)ならびに目違い(δ)を種種組合せ、 $s=14;12;10;8$ mmおよび $\delta=0;3;5;7$ mmのもの合計16種類を作り、これらを試験した。また第4群の試験片は両双型開先の接手、第5群は上下板が貫通した

* 原稿受付 昭和31年9月1日(昭和31年度熔接学会春季学術講演会において発表)

** 正員 鉄道技術研究所 Member Railway Technical Research Institute

Table 1 Mechanical Properties of
Base Plate and Deposit Metal

Mech. prop.	Yield point (kg/mm ²)	Tensile strength (kg/mm ²)	Elongation (%)	Remarks
Material				
Base plate				
1	23.8*	40.4	33.5	for group 1; 4
2	24.6*	40.2	32.1	for group 2; 3; 5
Deposit metal	40.5	46.7	28.0	

* lower yield point

ものである。

各群ともそれぞれ一枚の鋼板より試験片を作り (第 4 群は第 1 群と、第 5 群は第 2 : 3 群と同じ鋼板)、かつ第 1 図の接手試験片におき横板のない形の素材試験片を作ってその機械的性質を測定した。また試験片の熔接はいずれも下向きで行い、熔接棒には 5mm 径のイルミナイト型のものを用いた。母材および全熔着鋼の機械的性質を第 1 表に示す。試験片は熔着鋼表面を所長寸法に平に機械仕上げしいずれも 2 枚宛製作した。

3 実 験

3・1 試験方法

素材ならびに熔接接手の引張り試験はアムスラ型 50 トン試験により行った。試験に際して第 2 図に示すごとく、素材および接手とも標点距離 (G.L.) 100mm のマルテンスひずみ計を試験片の両側面に取付け、各荷重 (P) に対する標点の伸量 (Δl) を計測した。計測値としては 2 箇のひずみ計の読みの平均値を採用した。

また接手が降伏しひずみ計が scale out したとき、これを取外してさらに载荷し、接手の破断荷重ならびに破断状態を記録した。

3・2 試験成績

マルテンスひずみ計で計測した応力～ひずみ (ϵ) 曲線の数例は第 2 図～第 7 図のごとくである。計測点 (白丸) を細い実線で結んだ曲線であらわされている。第 2 図は 1 群、第 3 図は 2 群、第 4 図～第 6 図は 3 群、第 7 図は 4 群と 5 群の例である。なお応力 (σ) は、荷重 (P) を母材断面積で割った値とした。

Fig. 2 Example of test result (1) (Group 1)

Fig. 3 Example of test result (2) (Group 2)

4 結果 の 解 析

前述のごとく、ひずみ計による測定値は、(G.L.)100mm の間の平均ひずみ (ϵ) と応力 (σ) の関係を示すものであるが、各試験片ごとにすみ肉脚長 (s) が異なっているから、

各接手の剛性を直接 ε 曲線によって正確に比較することはできない。接手の挙動の詳細を知りその特性を明らかにするために、本報告では第8図(a)に示すごとく、すみ肉の端から端までの部分(長さ l_w)を取り出して考え、かかる仮想的な試験片についての応力(σ)～ひずみ(ε_w)曲線を求めて比較することとした。

いまG.L.間の長さ100mmを l であらわし、

$$l_B = l - l_w \quad (1)$$

とすれば、 l_B は G.L. 内ですみ肉熔接から外の母材部の長さである。 l_B 部における応力～ひずみの関係は、先に素材試験片に対して求めておいた σ とひずみ(ε_0)の関係と同様であると大胆に仮定すると、第8図(a)の試験片のひずみ(ε_w)は次式で求めることができる。

$$\begin{aligned} \varepsilon_w &= (\varepsilon l - \varepsilon_0 l_B) / l_w \\ &= (\varepsilon - \beta \varepsilon_0) / \alpha \end{aligned} \quad (2)$$

しかし $\alpha = l_w / l$

$$\beta = 1 - \alpha$$

しかし実際には、すみ肉熔接のルート部のみならずその toe 部にもかなり高い応力集中が存在する¹⁾から、 l_B の応力～ひずみ曲線が素材のそれと同一であるとする仮定は厳密に言えば正しくない。このような仮定のもとに求めた ε_w は toe における応力集中の影響も含んだものとなる訳である。

第2図～第7図の試験成績で、細い破線(ε_0)は素材、太い実線(ε_w)は計算式で求めた熔接部の応力～ひずみ曲線をあらわしている。

5 考 察

これらの試験結果から、すみ肉接手の剛性などに関して次の諸事実を知ることができた。

(1) まず1例を第2図に示す第1群の成績を観察すると脚長(s)を板厚に等しくとれば、熔接部の応力～ひずみ曲線は、上下板が貫通した場合(第7図の第5群)と同様であることがわかる。いずれも熔接部の弾性率は素材より

Fig. 4 Example of test result (3) (Group 3)

Fig. 5 Example of test result (4) (Group 3)

やや高い。また第1群において、上下板と横板の間に間隙(g)が存在しても、脚長(s)を g だけ増せば、何等遜色のない剛性が得られた。

これらの試験片はすべて母材部で破断した。

(2) 脚長(s)が板厚に等しく、上下板に目違い(δ)のある第2群の接手は、第3図の例のごとく挙動するが、 δ が

大きくなると熔接部が十分な剛性を示す応力の上限は当然低下する。第3図に示すように、 $\delta=6\text{mm}$ のときは、応力 (σ) が約 13kg/mm^2 以下では素材と熔接部の応力～ひずみ曲線がほとんど変わらないと考えてよいがこれ以上の応力に対しては、 ϵ_0 曲線に比し ϵ_w 曲線は遙か低下する。これは熔接部が降伏する荷重が、荷重の偏心による曲げのため下ることをあらわしている。その他の δ に対する結果をも参照して、 s が板厚に等しく 16mm のとき、 δ が約 5mm 以下ならば、 12kg/mm^2 以下の応力に対して素材と同等以上の剛性を有すると考えてよい。

s が 16mm の試験片は、いずれも母材部において破断した。

(3) s と δ を系統的に変えた第3群の試験片では、第4図～第6図の数例のように、 s が小または δ が大となると熔接部の剛性が減小する。

まず脚長 (s) について考察すると、 s が 12mm 以下では目違い (δ) がなくても、熔接部の剛性はすでに低荷重から素材より明らかに劣り、応力伝達上不充分なものと思われる。次に s が 14mm の場合につき δ の許容限を考えると、 δ が約 4mm (板厚 16mm の 25%) ならば、約 10kg/mm^2 以下の応力に対して素材とほぼ同等の剛性を有している。これ以上の応力値に対しては、 s が 14mm で δ の小さいものを除き、剛性が素材に比し小さい。

s が 14mm のものは試験片8本中、母材切断6本、熔着鋼破断2本で、母材と熔着鋼の破断強度がほぼ釣合っていたようである。熔着鋼破断のものは、すみ肉の理論のど厚に対して $30\sim 37\text{kg/mm}^2$ の範囲の破断強度を示した。本実験では s と δ の寸法は破断強度に影響を与えなかった。

(4) 第4群の両翼型接手の剛性 (第7図参照) は、標

Fig. 6 Example of test result (5) (Group 3)

Fig. 7 Example of test result (6) (Groups 4 and 5)

準のすみ肉接手にくらべてかなり低い、試験した熔接手法のものでも約 10kg/mm^2 の応力までは、素材にほぼ等しい剛性も有していた。破断は母材部で起った。

(5) 目違い (δ) がない系列の試験片について、熔接部の剛性を一層詳細に調べるため、縦軸に σ/ϵ を、横軸に σ をとり、実験値を plot して見た。その結果の数例を第9図

Fig. 8 Strain of fillet weld

Fig. 9 Example of $\sigma/\epsilon_w \sim \sigma$ curve

に示す。図は s が 16mm と 8mm の場合である。これらの曲線は 2 部分が成っていることがわかる。すなわち σ の増加に応じて σ/ϵ がほぼ直線的に漸減する低応力範囲の部分と、それ以上の σ に対して急激に減小する部分が存在する。これと類似の現象を、中央に不熔着部を残した突合わせ接手に対しても、筆者は経験したことがある³⁾。すみ肉熔接のルートや toe から発生した降伏域が σ の増加とともに生長して、熔接部が遂に全面的に降伏するに至った状態

Fig. 10 Yield point and fillet size of weld

Fig. 11 Angle of fracture

が、両曲線の交点であらわされるのであろう。このようにして求めた交点の応力値を以て接手の降伏点 (σ_r) とすると、 σ_r と脚長 (s) の関係は第10図のごとくである。第10図の応力値は母材断面

積に対するものであるから、すみ肉のどの断面については脚長 (s) のいかにかわらず、一定の値 17.7kg/mm^2 を大体示したことになる。

(6) なお目違い (δ) をつけた試験片では、荷重が増すにつれ第11図に示すように横板が回転するから、荷重による引張応力と回転に伴う引張応力が重畳する①側が②側より早く破断するであろうことは、当然期待されることである。しかるに各試験片共通の現象として、①側の破断角度 α_1 が②側の α_2 より大きいことが認められる。破断角度の実測例を第11図に示す。この事実から $\delta=0$ の時も、破断角度の大きいすみ肉が先に破断したものであることを類推し得る。 α_1 は $64\sim 75.5^\circ$ (平均 71.7°) であった。前述の破断強度 ($30\sim 37\text{kg/mm}^2$) は、 α_1 の大きい方のすみ肉の理論のど厚に対して求めた値である。

(7) 横板に中程度のサルファーバンドがあっても、これが剝離の徴候を見せた試験片は皆無であった。

6 結 論

試験片の横板とは異なり、実際の構造物では、横板に相当する部分が回転に対して相当抵抗し、その結果接手の剛性がかみけ上増加することが多いであろう、したがって本実験より得られた結論は、実際の構造物に対して安全側にあると考えることができる。

すみ肉接手の剛性がはたしてどの程度あれば、構造物材として有効に働らくかは、接手周囲の条件をも考慮して決定されるものであり、軽々に結論を下し得ない問題である

いまは差当って、設計応力の範囲で熔接部が素材と同等以上の剛性を有するならば、構造物中で有効に応力を伝達し得るものとしよう。しかる時はすべての試験成績を勘案して、本実験の試験片板厚 16mm に対し、脚長 (s) が 14mm 以上で、目違い (δ) が 4mm 以下であれば、約 10kg/mm^2 以下の応力に対し十分な剛性を有するものと判定される。また横板との間に間隙 (g) の生じた時は、 s を g だけ大きくすれば、間隙がない場合とはほぼ同等の剛性を示すものである。したがってもし工作上の誤差が $\delta < 4\text{mm}$, $g < 2\text{mm}$ であれば、脚長 (s) を板厚に等しく 16mm とした前面すみ肉接手は、約 10kg/mm^2 以下の応力を有効に伝達すると考えられる。

謝 辭

本研究は、先に播磨造船所で実施した端部構造大型模型実験³⁾に関連して計画されたものであって、試験片を製作し提供された同造船所の御好意に深く謝意を表すものである。また指導と助言を賜った船舶熔接研究会の委員各位ならびに中根室長と、実験に協力された太田省三郎氏に、併わせて感謝する次第である。

文 献

- 1) 例えば A. Solakian and G. Claussen: Weld. J., May 1937, p. 1-s.
- 2) 大谷, 藤本: 熔接学会誌, 1955年4月, p. 153.
- 3) 寺尾: 造船協会論文集, 95号, p. 129.

正 誤 表

第 26 卷 第 4 号

“炭酸ガス被包アーク熔接法に関する最近の諸研究”

関 口 春 次 郎 p. 237~p.248

頁	行	誤	正
237	左上より 21行目	アーク熔接方	法
	右上より 1行目	とられたとのことである, ²⁾	……ある. ¹⁾
238	左上より 19行目	本 国	米
	〃下より 13行目	炭関アーク熔接性	……法
239	〃上より 14行目	遷 れ	濡
	〃下より 12行目	あるため最大流れ	あるための最大流れ
	〃下より 7行目	流れ速度に乱れて	で
〃	右下より 9行目	比例するのである	……ある.
	〃 〃 5行目	同程度の熔着金属	同程度の効率の熔着金属
241	左上より 15行目	……熔着鋼	……熔着鋼の
	〃下より 4行目	直流逆極	逆極性
247	文献26)を下記の様に訂正する。 H. Sekiguchi & I. Masumoto: A Japanese Process for CO ₂ -Shielded Arc Welding of Steel British Welding Journal, 4 (1957) No. 5 (印刷中)		