

# 439 溶接拘束応力に関する研究

—その2— 終端割れについて

東京大学工学部  
新日本製鉄製品技術研究所  
東京大学工学部

藤田 護  
武子 康平  
野本 敏治

## 1 緒言

ここ数年来広く普及してきた片面自動溶接法は板の反転を省略することができるという利点があるばかりでなく、生産工程を改善したという意味において重要視されている。しかし大入熱溶接を行なうため、溶接終端部付近の終端よりやや内側に入った領域に縦割れ（終端割れ）が発生することがある。

著者らは片面自動溶接における終端割れに関する力学的要因について研究を行なってきた\*が、本研究では、前報告で提案した解析方法の妥当性をみるために実験的検討を加えた。

## 2 解析方法

溶接はアークによって剛先が結合されていく過程である。しかし、従来の熱応力解析では、剛先を無視した、いわゆる“bead on plate”の解析をしている。そこで、ここでは、溶接の実施過程をできるだけ忠実に解析に導入し、片面自動溶接における終端割れに適用した。すなわち、剛先は、はじめ自由端とし、溶接開始後アークが進むとともに溶着金属が凝固、冷却する際に結合するものとして、溶接熱応力問題を解析した。この問題は力学的見地からみると、境界条件が溶接の進行とともに変化する問題であり、これまでの解析法では、殆ど解析不可能であった。ここでは熱応力解析には変位法に基づいた有限要素法を用いた。

## 3 実験

前報告\*によれば、終端割れの原因の一つに次のことがある。「溶接中、アークの前方の仮付けには引張力が生じる。しかし、アークが仮付けに到達すると、仮付けは溶融し力を受けもつことができない。従って、仮付け後方の、冷却のため溶着したばかりの領域に発生する引張力によって終端割れが生じる。」

そこで、溶接が終了しても仮付けが溶融しない試験

Table 1 specimen configuration

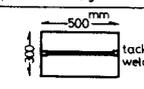
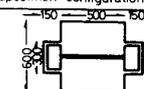
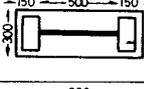
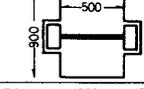
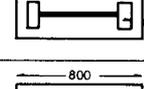
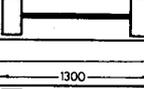
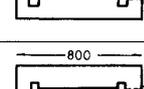
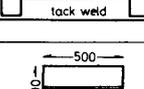
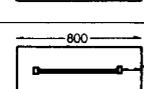
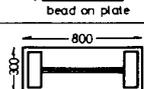
specimen	specimen configuration	specimen	specimen configuration
S-0		S-W-600	
S-25		S-W-900	
S-50		L-25-1	
S-75		L-25-2	
S-100		S-0-V	
S-125		S-25-V	

Table 2 crack percentage

specimen	size of constraint bridge	specimen size	groove	material	crack percentage	remarks
S-0	tack welded	300x500 mm	Y	HT-60 SM	75%	3 cracked specimens out of 4 specimens
S-25	25	300x500	Y	HT-60 SM	25	1 cracked specimen out of 4 specimens
S-50	50	300x500	Y	HT-60	0	
S-75	75	300x500	Y	HT-60	0	
S-100	100	300x500	Y	HT-60	0	
S-125	125	300x500	Y	HT-60 SM	0	
S-W-600	25	600x500	Y	HT-60	0	
S-W-900	25	900x500	Y	HT-60	0	
L-25-1	25	300x1000	Y	HT-60	—	welding is not completed due to opening of root gap
L-25-2	25	300x1000	Y	HT-60	—	
S-0-V	no bridge	300x500	V	HT-60	100	1 cracked specimen
S-25-V	25	300x500	V	HT-60	100	1 cracked specimen

Note: plate thickness is 25mm

片を作製し、実験を行なった。Table 1 に試験片形状を示す。S-25 から S-125 までは拘束杖の大きさをシリーズに変化させた。

溶接条件は 700 Amp, 36 Volt、溶接速度は 45 cm/min で、ユニオンメルト溶接した。割れ発生確率は Table 2 に示す通り、S-0 では 3/4 であり、S-25 では 1/4 であった。また V 字先の試験片 (S-0-V, S-25-V) には割れが発生したが、他の試験片は割れなかった。割れは終端からの距離が 0~120 mm の範囲に発生した。割れ長さは最高で 15 mm であった。

4 実験値と計算値との比較  
溶接熱応力問題を計算するために必要な温度条件は次の通りである。Fig. 1 に示すように長さ 50 mm 幅 10 mm の領域が 6.6 秒毎に溶接線方向に移動するものとし、アーク中心部 800°C、周辺部 600°C の温度分布とした。この計算条件によって与えられる熱量は上記溶接条件によって与えられる熱量とはほぼ同等である。

終端部変位量 (A 点の変位) について実験値と計算値の比較を Fig. 2 および Fig. 3 に示す。Fig. 2 (S-0) では仮付けが溶融したとき (t=66.6 秒) に拘束が急に解放されるため大きな変位増加がみられる。一方、Fig. 3 (S-25) では終端部仮付けがないため仮付けの溶融による急激な変位増加は生じない。しかし拘束杖の剛性が低いため変位量の絶対値は S-0 より大きくなっている。

5 考察

Fig. 2 および Fig. 3 で知られる通り、計算値と実験値とはほぼよい相関を示していることがわかる。そこで、割れ発生確率と終端部変位量との関係を知るために、Fig. 4 に終端部の計算による変位量を比較した。この図から割れ発生確率の最も大きい S-0 の変位量は S-25, S-50 の変位量より小さいことがわかる。従って終端割れの原因の一つは終端部の変位の大きさそのものよりは、むしろ終端部に生じる変位の急激な増加によるものと思われる。

x 藤田, 武子, 野本 「溶接拘束応力に関する研究—その 1—」 溶接学会講演概要第 7 集 p. 171, 昭和 45 年秋季大会

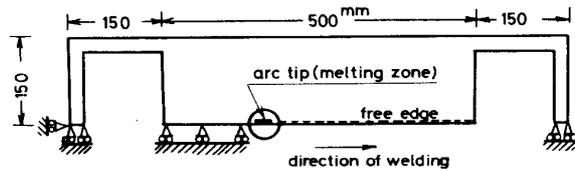


Fig. 1 conditions of welding and boundaries

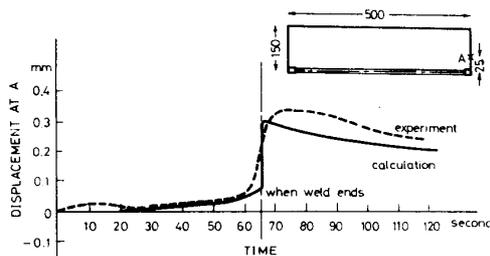


Fig. 2 displacement at the plate end (S-0)

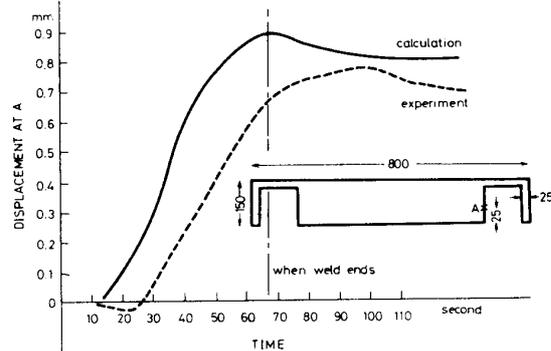


Fig. 3 displacement at the plate end (S-25)

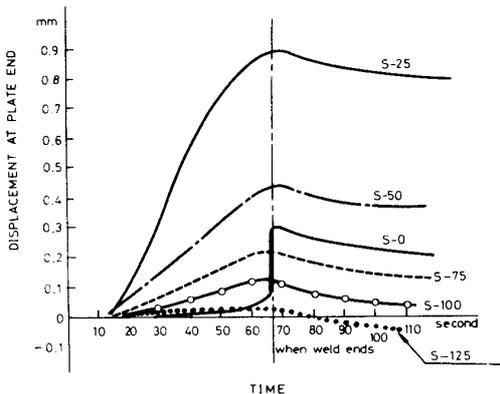


Fig. 4 displacement at the plate end