

日本鋼管(株) 技術研究所

野村博一
宮田隆文
○中野昭彦

1. まえがき

サブマージアーク溶接, 炭酸ガスアーク溶接などの各種自動溶接の高能率化に伴って, 造船の板継片面自動溶接で発生した終端割れを例として, 溶接金属の凝固時に発生する高温割れが大きな問題になってきている。一方高温割れに対して各種の割れ試験法が考案されているが, 大部分は鋼材, 溶加材料の割れ感受性を検討する試験法で, 溶接方法, 溶接施工法に対する高温割れ感受性を検討出来る試験法は少ない。そこで溶接条件を含めた施工パラメータを考慮に入れて高温割れ感受性を評価しうる新しい割れ試験法を開発した。本割れ試験法は, 溶接線近傍に矩形孔をあけた試験板に溶接を行ない矩形孔付近で凝固直後の溶接金属に自己の溶接熱応力によるひずみを付加する方法である。そこで矩形孔の形状と高温割れ発生との関係についてラップ裏当のサブマージ片面溶接法で溶接条件を種々変化させて検討した。

なお小型の溶接モデルについて, 矩形孔近傍での開先の変位挙動を熱弾塑性による有限要素法で数値解析を行なった。

2. 割れ試験方法

試験板はFig.1に示す形状で, 開先をばさんで両側に矩形孔をあけたものである。矩形孔の形状は, 開先から矩形孔端までの距離... d , 矩形孔の幅... w , 矩形孔の長さ... l で決定されるがこれらの形状因子の組合せにより溶接金属に付加される熱ひずみの絶対値, 形態を変化させることが可能である。この割れ試験法をサブマージ片面溶接法に適用したが, 溶接材料として使用したものをTable.に示した。開先内には鉄粉を板面高さまで充てんしている。

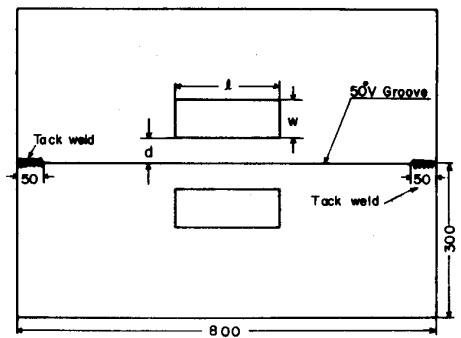


Fig.1 Specimen for hot crack test

3. 実験結果

① 矩形孔の形状と割れ感受性の関係

本割れ試験法による高温割れの代表的なマクロ写真をPhoto.に示しているが, 割れは一般的に矩形孔中央部付近で発生し溶接方向に伝播している。矩形孔の形状と高温割れ感受性の関係について矩形孔の形状因子 d と w で整理した。Fig.2に示すように l を 200^{mm} と一定にした場合, 矩形孔から開先までの距離 d が小さくなると割れが発生しており d が小さくなるほど割れ長さも大きくなっている。一方開先付近の溶接にともなう変位の突測から d が小さくなるほど付加されるひずみ量が大きく

Table Welding material

Electrode	US-43 4.8 ϕ
Backing Tape	FRB-3
Flux	KB-50
Iron powder	RR-2
Mother metal	SS-41 16 t

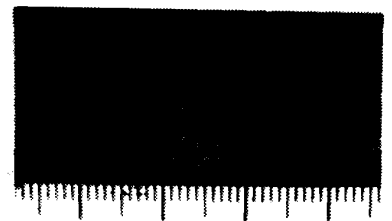


Photo. Typical example of hot crack on this crack test

なりがつかずみ速度も大きくなることわかった。この結果より矩形孔端面と開先までの距離 d を変化させる事により矩形孔近傍に生じる熱ひずみ量を変化させることが可能である。なお矩形孔の幅 w は割れに対してこの実験範囲では無関係である。

② 溶接速度と割れ長さの関係

矩形孔の形状を $d=20$ mm, $w=60$, $l=200$ と一定にして、溶接条件として入熱を一定で溶接速度と電流をそれぞれ変化させた。Fig. 3 に溶接速度と割れ長さの関係を示すが、溶接速度が大きくなるにしたがって割れが発生し割れ長さも大きくなる。溶接速度 250m/min 付近が割れ限界速度であり、この速度は現場施工上の割れ限界速度とよく一致している。

③ 矩形孔近傍に生ずる熱ひずみの有限要素法による数値解析結果と実測値の比較

本割れ試験の小型モデルについて熱弾塑性計算による有限要素法で矩形孔端面の溶接熱源移動にともなう変位に着目して各節点における温度および変位また各要素の残留応力、歪を数値解析した。同時に同モデルの試験板に溶接を行ない、矩形孔端面の変位を実測している。熱源移動にともなう矩形孔端部と節点 309, 310, 311 間の相対変位の時間的変化について Fig. 4 に示している。矩形孔の存在する溶接部には、熱源通過に従って大きな変位が生じており、これは溶接による熱応力が矩形孔部分で開放されるためと考えられる。したがって凝固直後の溶接金属に大きなひずみが付加される事になり、実際の施工上の高温割れを再現している。数値計算結果と実験値と比較すると変位の最大値はほぼ同程度の値を示しており良好な一致を示している。

4. まとめ

本割れ試験法は溶接線近傍に矩形孔をあけた試験板に溶接を行ない矩形孔付近で凝固直後の溶接金属に熱ひずみを付加する方法である。割れの有無、割れ長さでそれぞれの溶接法、溶接条件での高温割れ感受性を評価することが可能と思われる。

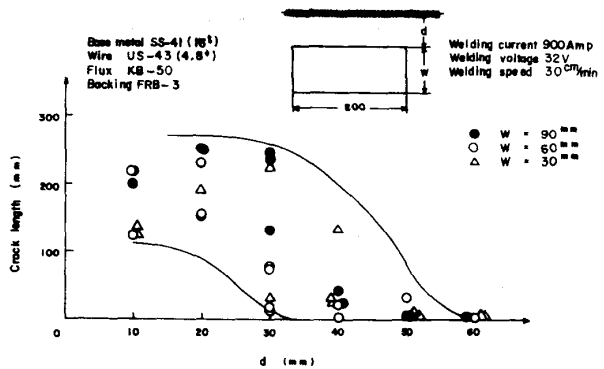


Fig. 2 Relation between d and crack length

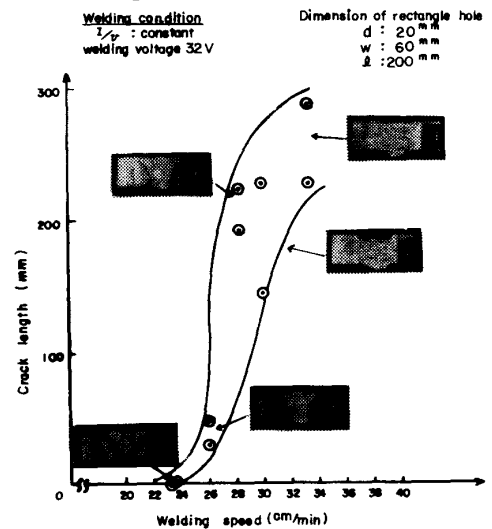


Fig. 3 Relation between welding speed and crack length

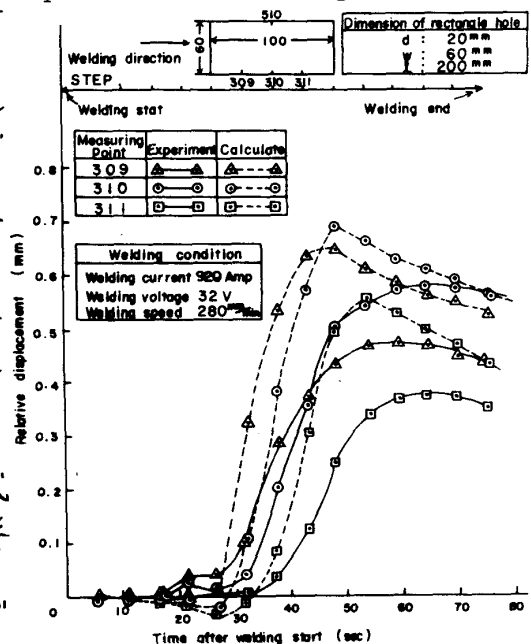


Fig. 4 Variation of relative displacement in rectangle hole