

239 不溶着欠陥を有する実合せ継手の疲労強度に対する ルートギャップおよび応力除去焼鈍の影響

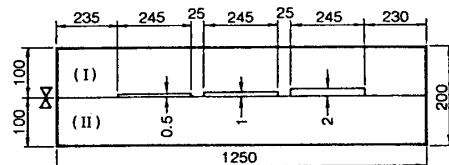
日立製作所 機械研究所

大野 啓 充

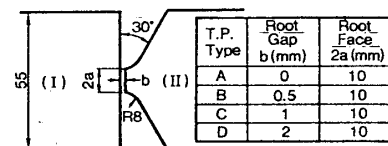
1. 緒 言 最近, 低い応力レベルで疲労破壊を生じる不溶着欠陥継手のルート破壊が重要視され, 欠陥をき裂とみなした破壊力学的評価法の適用が盛んに検討されている。しかし, 不溶着欠陥は必ずしもき裂状に密着しているとは限らず, 間隙を有する場合も多い。また, 溶接構造物は応力除去焼鈍(以下SRと呼ぶ)を行なう場合と, 溶接のまま使用される場合がある。不溶着欠陥継手の疲労強度がき裂進展の問題であるとするれば, SRに伴なう残留応力の変化の影響を大きく受けることが予想され, これらの問題の検討を進めている。ここでは, その一つとして, 不溶着欠陥を有する実合せ溶接継手の疲労試験を行なって, 疲労強度に対するルートギャップおよびSRの影響について検討する。

2. 試験片および試験方法 供試材料としてはSS41材を使用した。本研究で検討項目の一つとした不溶着欠陥の間隙は, 図1に示すごとく素材板(I)の一部を任意のルートギャップとなるよう機械加工して溶接する方法で製作した。素材実合せ継手は図1中に示すごとく両側J開先とし, CO₂半自動溶接(ワイヤM-28, 中1.2)で欠陥が中央に生じるよう溶接した。溶接条件を図1中に示す。疲労試験片は素材実合せ継手を両面機械加工し, 各部からスライスして図2に示す板状試験片に加工した。ルートギャップ0, 0.5, 1, 2 mmの各部より製作した試験片をそれぞれタイプA, B, C, Dと呼ぶ。疲労試験は±10t電気-油圧式試験機を用い, 完全片振引張(R=0)および一部最小応力 $\sigma_{min} = 98.5 \text{ MPa}$ 一定の条件で実施した。なお, 試験片の約半分については600℃, 2時間の応力除去焼鈍SRを行なった。

3. 疲労試験結果および検討 図3に完全片振引張(R=0)疲労試験結果を示す。縦軸の応力範囲は欠陥を含まない断面での公称応力範囲 ΔS である。図3において, 疲労試験結果は若干ばらついている。まず, As Welded 材の結果をみると, ルートギャップの太さと疲労強度の間に一定の傾向は認められず, 同程度の疲労強度を示している。次に, SR材をみると, ルートギャップの大きいタイプC, Dがルートギャップの小さいタイプA, Bに比較して若干疲労強度が高くなっているようにみえる。しかし, こ



Dimensions of Plate Material



Edge Preparation

	①~②	③~④	⑤~⑥	⑦~⑧	Pass Sequence
Welding Current (A)	270	270	270	270	
Arc Voltage (V)	36	36	36	36	
Welding Speed (cm/min)	27	23	35	19	
Heat Input (kJ/cm)	21.6	25.3	16.7	30.7	

Welding Conditions

図1 素材実合せ継手の製作方法

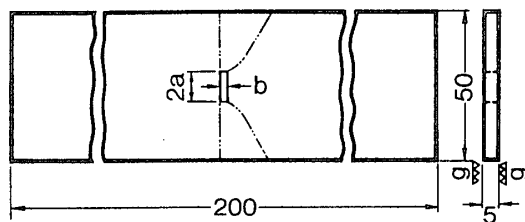


図2 疲労試験片形状

の原因はルートギャップの直接的影響と考えるより，ルートギャップの大きいタイプC, Dほど溶込みが大きくなり欠陥長さ $2a$ が若干小さくなる（たとえばタイプAでは平均 7.9 mm ，タイプDでは平均 6.7 mm ）ことに起因していると考えられ，不溶着欠陥長さ $2a$ を差引いた実断面の公称応力で整理しなおすと，ルートギャップの影響はSR材でもほとんど認められなくなる。ルートギャップの影響が小さい原因としては図4の例に示すごとく，ルートギャップの大きいタイプC, Dの不溶着欠陥でも，その先端部がき裂状の鋭角的形状となることが考えられる。一オ，図3において，As Welded材はSR材と比較して疲労強度が大幅に高くなっている。疲労限度で見ると，SR材で約 59 MPa であるのに対し，As Welded材では約 162 MPa と約2.7倍の疲労限度を示している。図5はA, B, Dタイプについて， 1 mm 長2軸ゲージを欠陥断面に貼付し，切断法により求めた残留応力分布を示したものである。As Welded材では各タイプ共欠陥先端部に 100 MPa 以上の圧縮残留応力が生じており，SR材では $10\sim 15\text{ MPa}$ と大幅に低下している。したがって，As Welded材では圧縮残留応力によって，欠陥先端部でのき裂開口が阻止され，疲労強度，特に疲労限度が大幅に高くなったものと考えられる。図6は残留応力かとして，ほぼ両者の疲労限度差に相当する応力 98.5 MPa を最小応力 $\sigma_{\min}$ とし， $\sigma_{\min} = 98.5\text{ MPa}$ - 一定の疲労試験結果を $R=0$ の場合と比較したものである。図に示されるごとく，As Welded材の疲労強度も大幅に低下し，SR材の疲労強度に近い結果を示している。

As Welded	SR	Root Gap (mm)	T.P. Type
○	●	0	A
△	—	0.5	B
◇	—	2	D

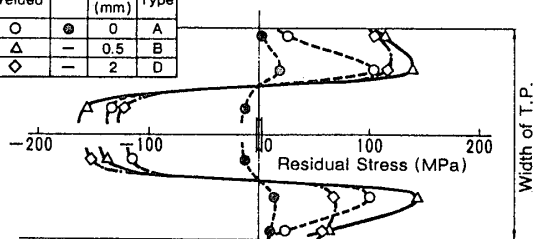


図5 残留応力測定結果

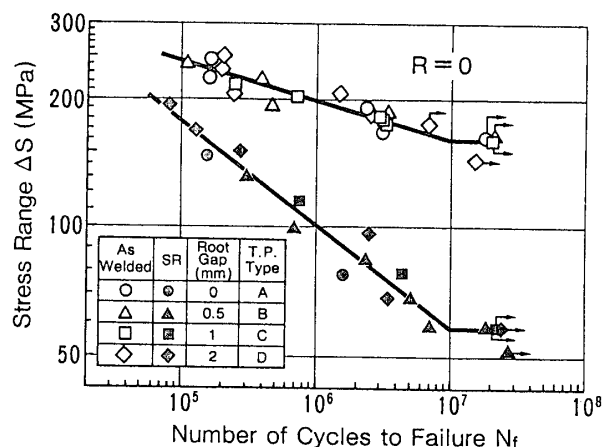


図3 完全片板引張疲労試験結果

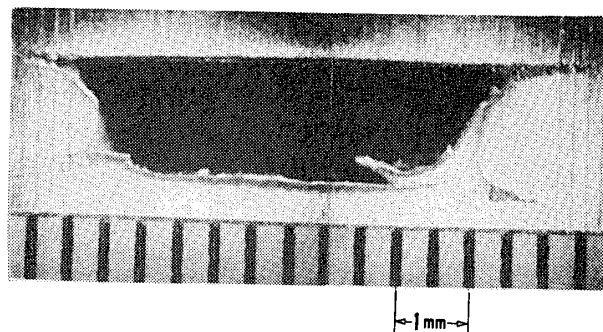


図4 タイプD試験片の不溶着欠陥の例

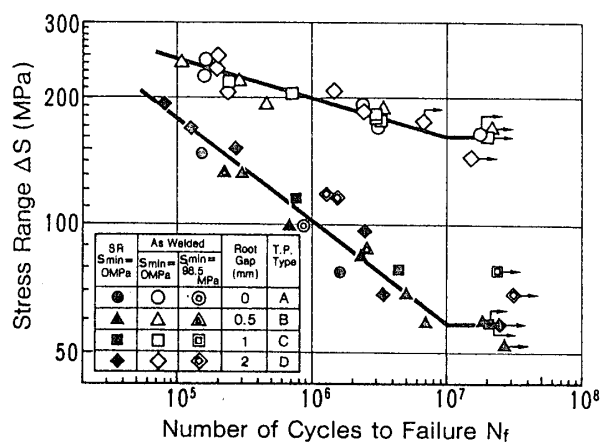


図6 最小応力一定の疲労試験結果との比較