

き裂を有する溶接材の変形挙動に 及ぼす機械的応力緩和の影響

熊本大学工学部

小田 勇, 坂本英俊

Effect of Mechanical Stress Relieving on Deformation Fields
near A Crack in Weldment

by Isamu Oda and Hidetoshi Sakamoto

1. 緒言

溶接残留応力が脆性破壊強度や疲労に及ぼす影響に関しては、すでに実験的な検討がなされている。また、いくつかの方法によって溶接残留応力を緩和できることも知られている。しかし、これらの研究では、残留応力として、別の試験片に対する弛緩法で実測されたもの、経験的な仮定によるものや関数近似によるもの等が用いられている。さらに、脆性破壊や疲労を支配するき裂先端付近の変形挙動の検討はまだ少ないようである。本研究では、機械的に残留応力緩和を施された溶接材にき裂が存在する場合の変形挙動を実験および残留応力を考慮したFEM解析によって検討する。解析に用いる残留応力分布は実用上の見地から音弾性法によって非破壊的に測定する。

2. 実験および解析

実験では、Fig.1のように軟鋼試験片中央の表裏両面に切削加工した溝に各2層の被覆アーク溶接ビードを置き、その後、溶接線方向に一樣引張りを加えて除荷した。この機械的応力緩和の後に、図のような溶接線に直角方向の板厚貫通き裂を人工的に導入した (Type SR)。そして、き裂線に直角方向に一樣引張り荷重を加え、試験片両面のき裂線上に貼付した2軸ひずみゲージによりひずみ分布を、またクリップゲージによりき裂開口変位を測定した。比較のために、機械的応力緩和を施していない同様な溶接材に人工予き裂をつけたもの (Type T) および、溶接を行っていない同寸法のき裂材 (Type N) についても変形挙動の検討を行い、機械的応力緩和効果を吟味した。解析はひずみ増分理論に基づくFEM弾塑性計算によって行い、平面応力と仮定した。計算には、溶接後あるいは残留応力緩和後にき裂を導入することによって再分布した残留応力を取り入れた。この場合の残留応力としては音弾性法による非破壊測定結果を多項式近似して用いた。

3. 結果と考察

Fig.2は音弾性法による非破壊測定²⁾によって得た溶接のままの試験片における縦方向残留応力 σ_y と横方向残留応力 σ_x の差を示す。ただし、

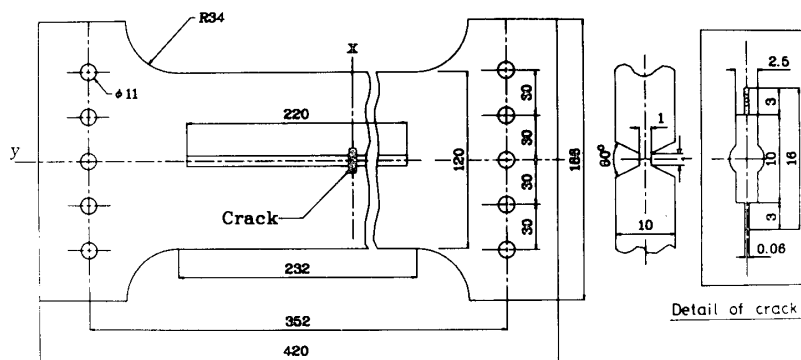


Fig.1 Shape and dimensions of specimen

図は、 x 軸上

(Fig.1 参照) における分布である。このような残留応力をもつ試験片に機械的な応力緩和を施した後、予き裂を導入した。

Fig.3 は同様な方法で測定した予き裂導入後の

$\sigma_1 - \sigma_2$ の分布を示す。

応力緩和のための引張応力はこの場

合、 $\sigma_s = 0.8 \sigma_y$ であるが、残留応

力がかかなり緩和されていることが認められる。ここで、 σ_s は最小断面での平均応力、 σ_y は母材の降伏応力である。計算に取り入れた σ_1 、 σ_2 の絶対値は音弾性法による結果²⁾を参考にし、かつ、力のつりあいや境界条件を考慮して決定した。Fig.4 は各試験片に一樣引張応力 σ を加えたときのクリップゲージによるき裂開口変位 V_0 を示す。残留応力のない Type N に比較して、引張残留応力場にき裂先端を有する Type T では V_0 値が極めて大きい。Type SR の V_0 は両者の中間の値をとり、機械的応力緩和によって、引張残留応力場に存在するき裂の V_0 値の上昇をかなり抑制できることがわかる。また、き裂開口変位挙動は実験と解析で同様の傾向を示している。

このような結果から、もし、各 Type で破壊じん性値

にそれ程大きな差がないとすれば、機械的残留応力緩和によって、溶接材における破壊強度の低下をある程度防止できることが³⁾が説明される。以上のように、残留応力の非破壊的測定と解析とを組み合わせれば、残留応力場での変形挙動を精度よく推定することが可能であり、実用上極めて有益と考えられる。

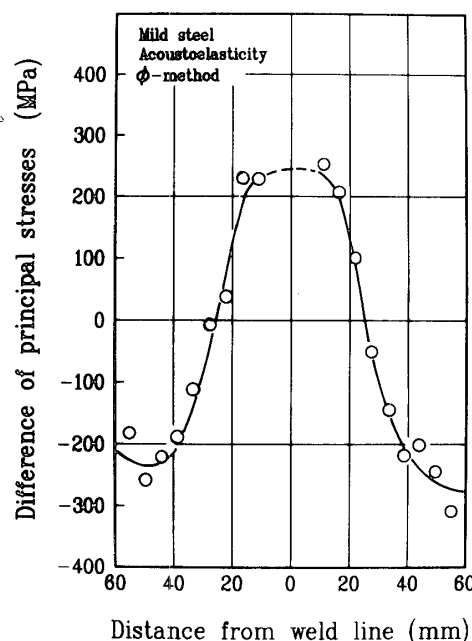


Fig.2 Residual stress distribution in as-welded plate

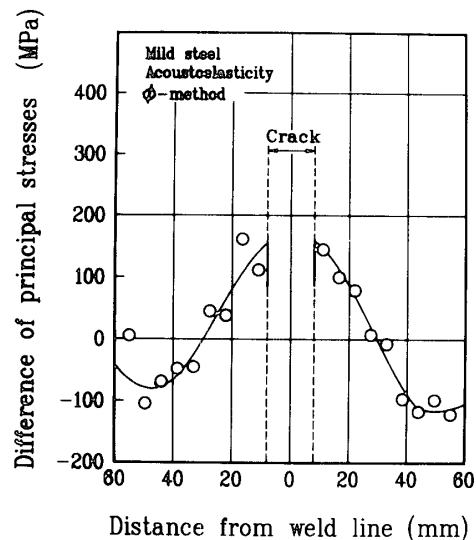


Fig.3 Residual stress distribution after stress relieving and cracking

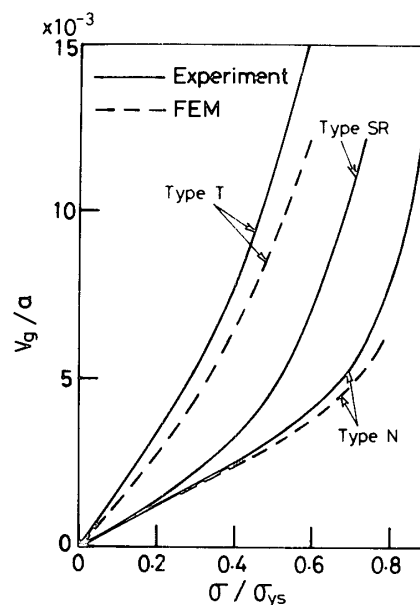


Fig.4 Crack opening displacement

- 1) たとえば、H.Kihara et al.; Weld. J., 38-4 (1959), 159s-168s
- 2) 小田、岩崎、行徳; 溶接学会全国大会講概, 45集 (1989), 306-307
- 3) H.Kihara et al.; IIW Document, X-218-59 (1959)