

(I - 2)

溶接継ぎ手に発生する残留応力と亀裂伝播に伴うその再分布

東京工業大学 学生員 木本 和志
東京工業大学 正会員 穴見 健吾

はじめに

橋梁などの溶接構造物の溶接継ぎ手部疲労強度を精度よく評価するためには、残留応力の疲労強度に与える影響を明らかにする必要がある。溶接残留応力が疲労強度に影響することはこれまでも指摘されており、有効応力拡大係数範囲に対して亀裂進展速度を整理することによってその影響を評価する試みが多くなされてきた⁽¹⁾。しかし、残留応力は複雑な分布形状をとる上、疲労亀裂の進展に連れて再分布する。そのため、残留応力の疲労亀裂進展に果たすより原理的な機構を明らかにするためには初期残留応力分布及び亀裂進展に伴い再分布する残留応力分布の同定が必要となる。そこで本研究では鋼橋梁の代表的継ぎ手形式である突き合わせ溶接継ぎ手に発生する残留応力分布及び亀裂の進展に伴う残留応力の再分布挙動を実験的、解析的に検討する。

実験方法

実験に用いる試験体の諸元を fig1 及び表 1 に示す。試験体は板中央の長手方向に一本の溶接ビードを有する縦付き合わせ溶接継ぎ手とし、ビード部に y 軸（長手方向）に直角に入った貫通亀裂が x 軸方向（板幅方向）に伝播していく様子を saw cut によって再現した。これは実構造物に発生する疲労亀裂の多くが溶接部の引張残留応力場から初期圧縮残留応力場に向けて発生、進展していくことを考慮してのことである。

初期残留応力及び亀裂の進展後の残留応力は試験体に貼付したひずみゲージによって得た各き裂長さでのひずみの値から求めた。以下、応力成分としては本実験で対象としているき裂面の向きと直角な、亀裂開口モードの I にあたる y 方向の直応力 (σ_y) を、分布としては亀裂進展線上 (x 軸上) の分布をとりあげる。

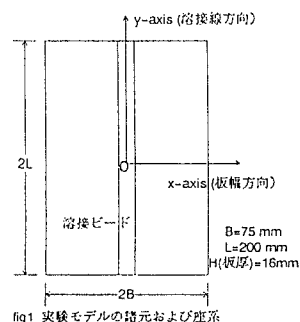


fig1 実験モデルの諸元および座系

Welding Conditions												
current(A)	voltage(V)		speed(cm/min)		heat input(KJ/cm)		pre heat (°C)					
600	32		25		42		150					
Mechanical Properties and Chemical Compotions of the Steel (Mill Seet Value)												
c	Si	Mn	P	S	Cu	Cr	Mo	V	B	yield strength(Mpa)	tensile strength(Mpa)	elongation(%)
0.11	0.25	0.88	0.015	0.005	0.26	0.76	0.40	0.04	0.008	823	853	33

表 1

解析方法

解析モデルは試験体形状の対称性を考慮して fig2 に示す 4 分の 1 モデルを用いた。残留応力の解析には汎用有限要素法ソフト S Y S W E L D を用い、熱弾塑性クリープ解析をおこなうことにより残留応力分布を求めた。き裂の進展は x 軸（亀裂進展線）上の

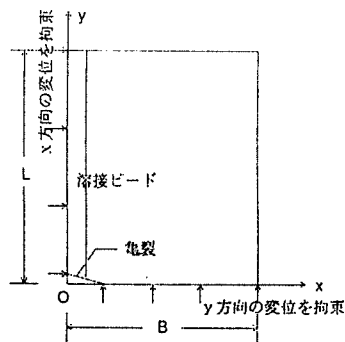


fig2 解析モデル (1/4モデル)

節点の y 方向の変位の拘束を順次解放して弾塑性応力解析することによって表現した。

結果及び考察

実験により求めた初期残留応力分布を fig3 に、亀裂進展に伴い再分布した残留応力分布を fig4 に示す。fig4 の横軸は板幅で除した無次元距離を、縦軸は残留応力を降伏応力で除した無次元応力をとっている。実験結果のグラフ (fig4) に矢印で示されるき裂先端位置はひずみゲージの中心線より約 1 mm 離れた点として統一した。解析によって求めた亀裂進展線上での残留応力の変化を fig5 に fig4 と同じ形式で示す。

fig4 と fig 5 を比べて明らかなように実験と解析による結果は定性的にみてよい一致を示しており、本解析が妥当なものであることを示している。すなわち、引張りの残留応力場から発生、進展した亀裂の先端には、初期に圧縮の残留応力が発生していた領域にまで亀裂が到達しても亀裂先端には常に高い引張りの残留応力が集中する。その大きさは板幅に比して亀裂の長さが小さいうちは非常に大きく、降伏点に近い値が得られた。一方、き裂長が大きくなるに連れて引張り側ではあるものの値としては非常に小さくなっていく。これは、き裂の進展に連れて亀裂進展線上(x 軸上)の残留応力が次第に開放されていく様を示しているといえる。

貫通き裂の取り扱いには 2 次元問題であるが、3 次元的な取り扱いを要する半楕円状表面き裂などにおいても引張りの残留応力場から進展を開始する場合は同様に、き裂の進展中き裂前縁には常に引張りの残留応力が集中することが予想される。

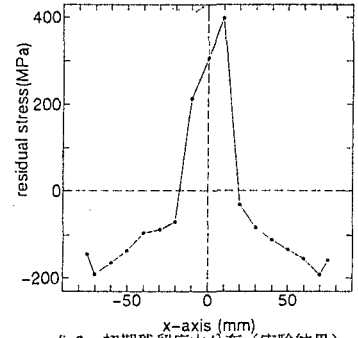


fig3 初期残留応力分布 (実験結果)

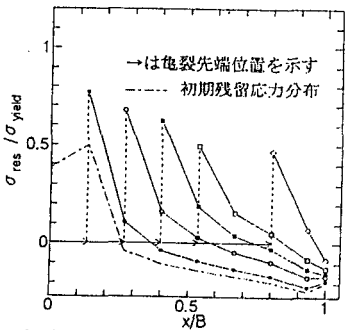


fig4 亀裂進展に伴う残留応力の変化 (実験結果)

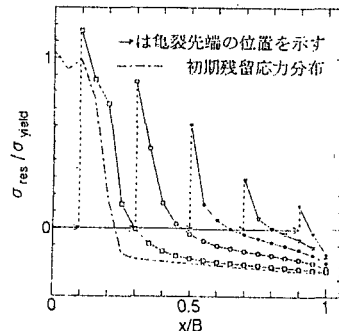


fig5 亀裂進展に伴う残留応力の変化 (解析結果)

参考文献

- 1) Chitoshi MIKI : Influence of Residual Welding Stress on Fatigue Crack Growth Rate, PROC.OF JSCE No.330, Febryary 1983