

トピー工業 (株) 技術研究所	正員	藤枝幸二
トピー工業 (株) 技術研究所	正員	青木尚夫
トピー工業 (株) 技術開発室	正員	沖村美津雄
大阪大学名誉教授		渡辺正紀

1. まえがき

近年、鋼橋における疲労損傷被害がクローズアップされてきている折、鋼橋溶接部材の疲労強度保証は重要な課題の1つである。一方、溶接継手部の疲労損傷要因として溶接欠陥や材質劣化などとともに、溶接時の拘束と急熱、急冷の熱サイクルに伴う溶接残留応力の影響があげられ、この残留応力の疲労への有害性については本回公開における一連の大型疲労試験の結果からも指摘されている。

そこで、本研究では溶接残留応力を単に緩和するだけにとどまらず、疲労上有効な圧縮応力に積極的に変換しうる残留応力制御法を開発し、疲労強度向上への有効性を検討することとした。

2. 噴流液体窒素ガス冷却による残留応力制御法の概要

残留応力制御法とは低温応力緩和法の原理(図.1)において溶接部に塑性ひずみを生じさせるための相対的温度差を噴流液体窒素ガス冷却を利用してさらに低温域で実現しようとする方法である。

すなわち図.2のように引張残留応力を有する溶接部近傍を高速で連続的に噴射する液体窒素ガスで冷却し、補助的に溶接線の両側を加熱し溶接残留応力の緩和もしくは圧縮応力への変換を制御することをねらったものである。

3. 試験方法と結果

(1) 残留応力制御法による圧縮応力への変換

噴流液体窒素ガス冷却による残留応力制御法の有効性を検討するために、軟鋼におけるH型拘束試験体の数値計算、残留応力測定、さらにはビードオンプレートにおける仮想温度分布による熱弾塑性FEM解析をおこなった。これらの検討をもとに溶接線方向の引張残留応力を圧縮応力に変換するための、加熱、冷却温度、加熱冷却幅などの処理条件を設定した。

図.3はSS41のビードオンプレート(板厚6mm)に長尺用の残留応力制御走行装置により適用した結果の一例を示すが、加熱200℃、冷却-100℃程度で溶接線方向の降伏点に近い引張残留応力が-20 kg/mm²前後の圧縮残留応力に変換されることが確認された。

(2) 疲労き裂進展速度の遅延化に及ぼす圧縮残留応力の効果

本研究における残留応力制御法により変換された圧縮残留応力の疲労強度への有効性を確認するため、図.4に示す中央円孔切欠疲労試験片(SM50, 板厚6mm)にて疲労き裂進展試験

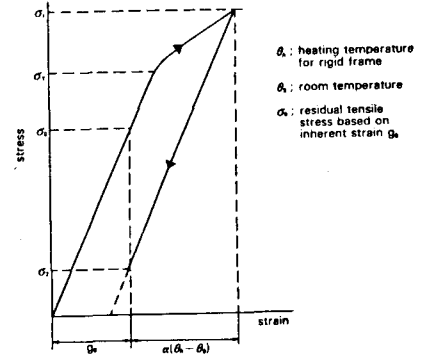


Fig.1 Principle of Low Temperature Stress Relief

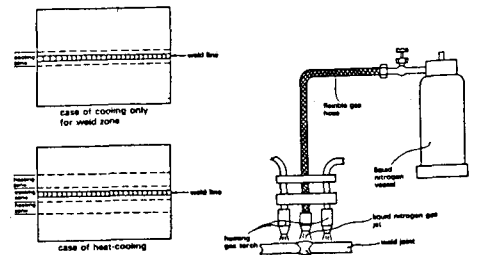


Fig.2 Outline of LTSC Process

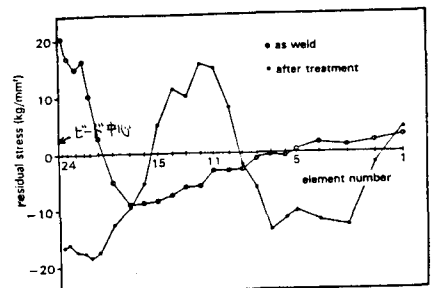


Fig.3 Residual stress distribution (SS41)

験をおこなった。試験片は円孔周辺に圧縮残留応力を付与したもの(図. 5), 引張残留応力を付与したもの, 残留応力を除去したものの3種類とし, 応力範囲 11.8 kg/mm^2 , $R=0$, 繰返し速度 10 Hz で疲労試験をおこない, 人工ノッチ先端からの疲労き裂進展長さを所定の繰返し回数ごとに測定した。

図. 6 にき裂進展時の $a-N$ 曲線, 図. 7 に $\Delta K - da/dN$ の関係を示した。本法の噴流液体窒素ガス冷却により変換された圧縮応力が, 疲労き裂進展を大きく遅延させることが顕著に認められた。

降伏点近い引張残留応力が存在し, また疲労き裂の起点となりがちな溶接欠陥の伴ないやすい溶接継手部に本法と適用し, 疲労強度向上をはかることが有効な手段と考える。

4. 今後の方針

本研究の結果をもとに今後疲労強度向上をめぐり, 実際の溶接構造物への適用をはかっている所存である。

【参考文献】

- (1) 渡辺, 佐藤: 溶接力学とその応用, 朝倉書店
- (2) 本田, 島居, 戸井: き裂周辺の残留応力測定とそれによる疲労き裂進展の考察, 材料 33 365 (1984)
- (3) T.W.Greene, A.A.Holzbaun: Controlled Low-Temperature Stress Relieving, WELDING RESEARCH SUPPLEMENT 1946.3

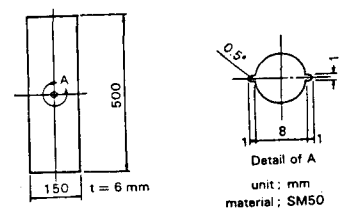


Fig.4 Dimension of fatigue test specimen and notch detail

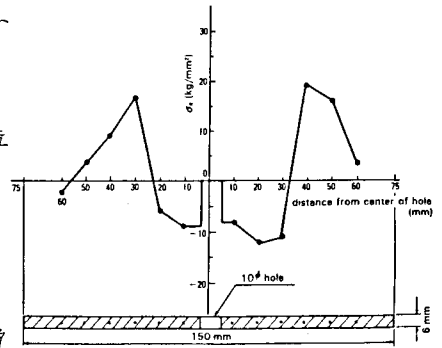


Fig.5 Measured residual stresses after LTSC treatment

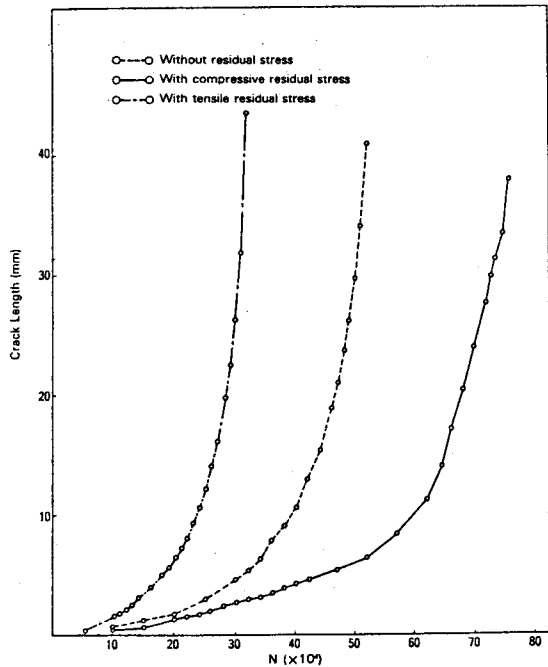


Fig.6 a-N curves

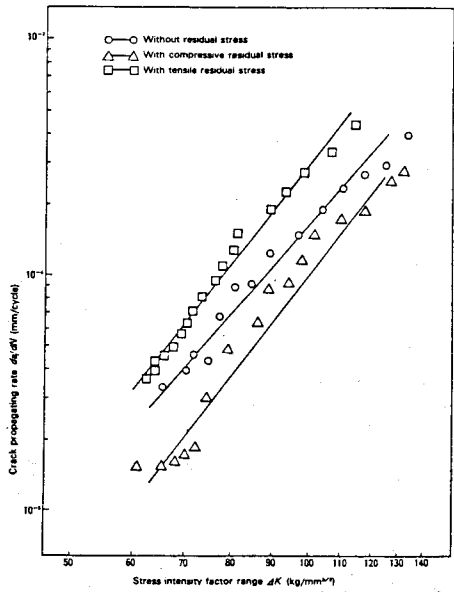


Fig.7 Effect of residual stress on fatigue crack propagating rate