

溶接継手部に発生した疲労き裂への硬化剤注入によるき裂進展遅延効果

名古屋大学 学生員○三浦聡史

名古屋大学 正会員 館石和雄

東京鉄骨橋梁(株) 正会員 山田浩二

1. はじめに

疲労き裂に対する補修方法として、加熱によってき裂を一時的に開口させ、そこに硬化剤を注入する方法が提案されている。北河らは帯板に発生したき裂に対してこの方法による効果を確認した¹⁾²⁾。しかし、溶接部に発生したき裂に対しての適用性については検討されていない。そこで、本研究では、荷重非伝達十字溶接継手止端部に発生したき裂に対してこの手法を適用し、その効果について検討した。

2. き裂進展遅延原理

本手法の原理を図-1に示す。き裂近傍を加熱してき裂を一時的に開口させ、その状態でき裂内に硬化剤を注入することにより、硬化剤がくさびとして働き、活荷重応力の繰返しを受ける際のき裂の開閉口量が減少してき裂進展が遅延するものである。

3. 加熱条件の決定

適切な加熱時間、加熱位置を明らかにするため、熱伝導・熱応力解析を行った。解析モデルの全体図を図-2に、き裂と加熱位置との関係を図-3に示す。き裂は幅方向中央に導入し、表面長さ c と深さの比は $10:1$ とした。境界条件として、モデルの上端下端の全自由度拘束し、また、鋼材表面からの熱伝達・輻射を設定している。加熱はき裂先端近傍の円形領域に熱流束を与え表現した。熱流束は、実際の試験体に対して加熱試験を行い、その際の温度分布と一致するように定めた。

図-4に示すように、加熱点から遠い側のき裂先端からの距離を横軸に、き裂前縁から $0.1, 0.5, 1.0\text{mm}$ の距離にある線上でのき裂の開閉口量を縦軸にとった結果を図-5に示す。図中の赤字の数値はき裂前縁からの距離を示している。この結果はき裂長 10mm 、き裂先端から 10mm の位置を加熱した場合の例である。最もき裂の開口が大きくなるのは 10 秒であることがわかり、このような検討により、き裂長さ c と加熱位置に応じた最適な加熱時間を求めた。

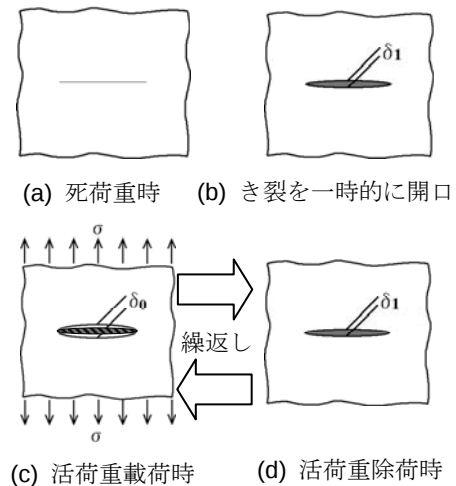


図-1 硬化材注入によるき裂進展遅延原理

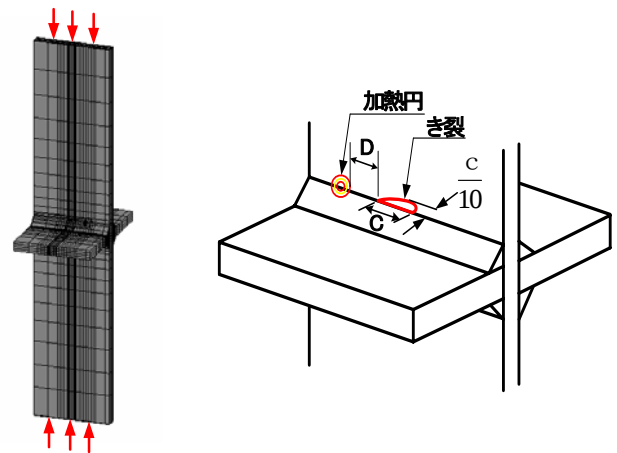


図-2 解析モデル

図-3 加熱位置

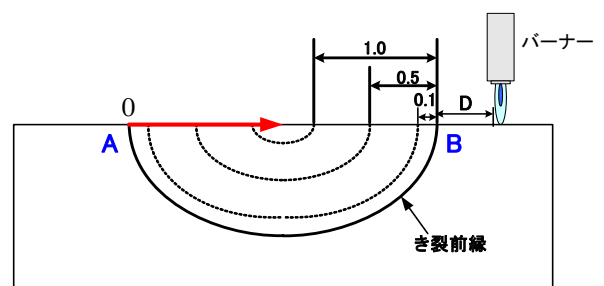


図-4 き裂開口量の算出位置

キーワード 疲労き裂, 硬化剤, 局部加熱, き裂進展速度, 補修,

連絡先 〒464-8603 名古屋市千種区不老町 TEL 052-789-4620

4. 実験によるき裂進展遅延効果の検証

図-6に示す試験体に対して引張の繰返し荷重を作用させ、溶接止端部にき裂が発生・進展した後、試験を一旦止め、最小荷重を保持したまま硬化剤を注入した。き裂の発生状況を図-7に示す。これら3箇所のき裂すべてに局部加熱を行い、硬化剤を注入した。硬化剤としてはシアノアクリレート系接着剤（瞬間接着剤）を、加熱用の器具としては、携帯用のガスバーナーを用いた。加熱条件は前述の解析より決定した。硬化剤を注入したのち、注入前と同じ荷重条件で疲労試験を再開し、き裂の進展挙動を観察した。

試験結果を図-8に示す。縦軸はき裂長、横軸は載荷回数であり、中央にある長さ14.6mmのき裂についての進展挙動を示した。丸印が実測結果、黒線が破壊力学により予測した硬化剤がない場合のき裂進展挙動、赤線は注入後のき裂長さから、その後の進展挙動を破壊力学により求めたものである。硬化剤注入前後で明らかな遅延現象が見られる。硬化剤の有無による寿命の違いを比較すると、例えばき裂長80mmに達する載荷回数で約150万回の差があり、大幅な遅延効果が確認できた。

5. まとめ

溶接部に発生したき裂に対しても硬化剤を注入することでき裂進展を抑制することができた。しかし、今回は単純引張試験下でしか検討していないため、今後は単純圧縮および面外曲げが作用する場合の検討も必要である。さらに、今回検討した継ぎ手形状以外では加熱条件および効果も変化すると予想されることより、その他の条件での検討も必要である。

謝辞 本研究を遂行するにあたり、(社)日本鉄鋼連盟の鋼構造研究・教育助成事業（学生研究助成）をいただきました。ここに記して感謝いたします。

参考文献

- 1) 北河，館石，紫桃（2004）：動的載荷時の硬化剤注入による鋼材の疲労き裂進展遅延に関する研究，第59回年次学術講演会講演概要集第1部，I-082.
- 2) 館石，北河，稲葉，富田(2006)：局部加熱を併用した硬化材注入手法による鋼材の疲労き裂進展抑制，土木学会論文集，No.808/I-74，pp.193-198.

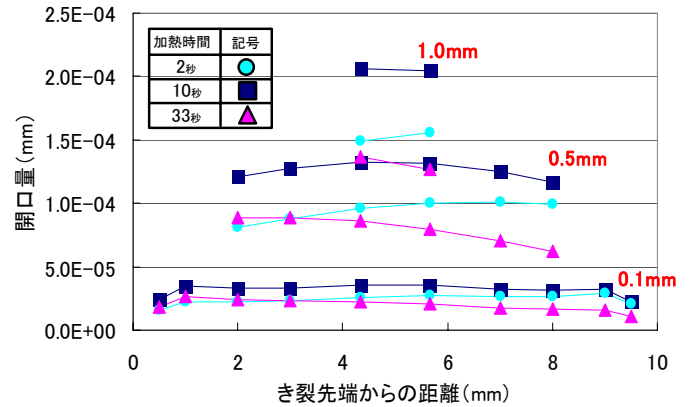


図-5 加熱時間ごとのき裂開口量

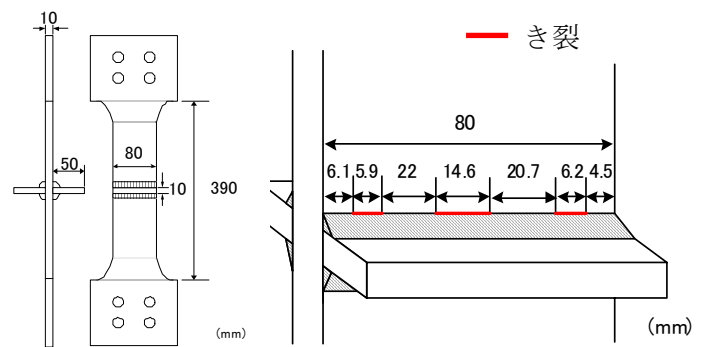


図-6 試験体

図-7 疲労き裂の発生状況

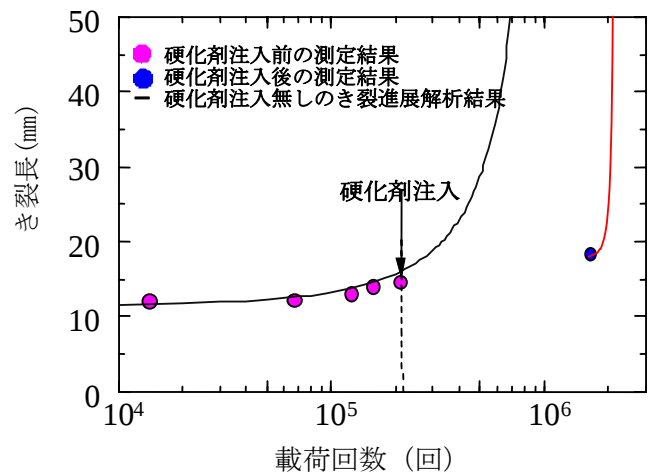


図-8 試験結果