

繰返し荷重下における鋼橋の溶接補修に関する基礎的研究

名古屋大学 学生会員 ○長谷川吉男 名古屋大学 正会員 判治剛 名古屋大学 フェロー会員 館石和雄

1. 目的

鋼橋の疲労き裂の増大に伴い、効率的な補修対策が求められており、その一つとして溶接補修が挙げられる。溶接補修に関する基準は 1993 年に発刊されたもの¹⁾が唯一であり、近年の溶接法や鋼材品質の向上が反映されているとはいいがたい。そこで本研究では、基礎的な検討として振動下での溶接補修に着目し、溶接割れの発生に影響を与える因子を明らかにした。

2. 試験体

試験体を図 1 に示す。鋼板を上下に突き合わせた状態として、その両端を溶接により予め接合しておき、中央 200mm の範囲を溶接により補修した。突合せ部にはレ型開先を設け、その開先角度は 40°、45°、50°の 3 種類、レ型開先の向きは上・下の 2 種類とした。供試鋼材は SM400A と SM570 とし、試験体長は 600mm、400mm の 2 種類とした。

3. 試験概要

(1) 荷重方法：試験状況を写真 1 に示す。試験体に繰返し引張荷重を荷重しながら溶接補修を行った。荷重制御で行い、後述のルートギャップ開口変位の値に合わせて荷重の大きさを調整した。繰返し周波数は 0.3Hz、3Hz、6Hz とした。なお溶接完了後は試験体の温度が常温になるまで 1800 秒間（30 分間）荷重を続けた。

(2) ルートギャップ開口変位の計測：最大荷重のときのルートギャップの開口量と最小荷重のときの開口量の差を開口変位とし、その値をパラメータとして試験を行った。ルートギャップ開口変位はクリップゲージにより溶接中および冷却中に動的に計測した。計測位置は図 1 に示すように 5 箇所（①～⑤）とした。補修部中央のゲージ③の値に着目し、その開口変位が 0.05mm、0.125mm、0.2mm となる荷重条件で荷重した。

(3) 溶接条件：本試験では予熱は行わず、横向き姿勢の被覆アーク溶接で 1 パス溶接とした。また、電流は 120～135A、電圧は 28～35V、入熱量は 1.50～2.15kJ/mm である。

(4) 試験条件：上述のように、鋼種、主板長、開先の向き、開先角度、ルートギャップ開口変位、荷重の周波数を変化させた合計 24 パターンの条件下で試験を実施した。

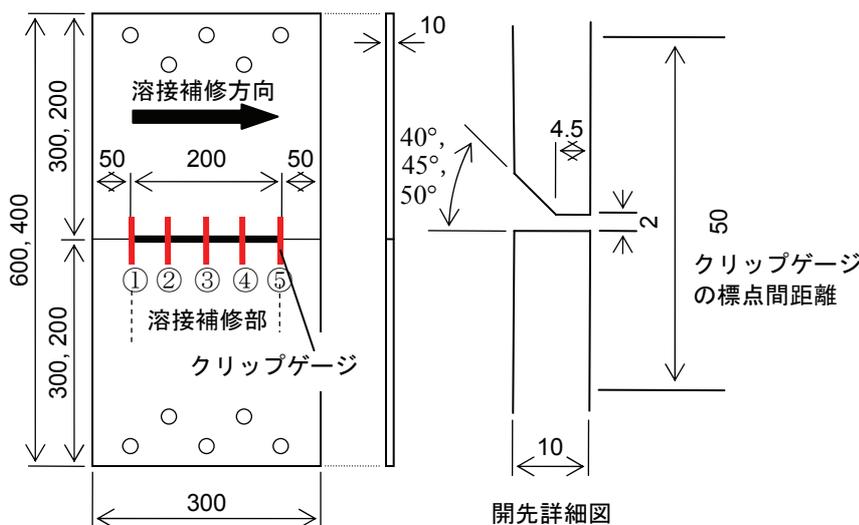


図 1 溶接補修用試験体（単位:mm）



写真 1 試験体設置状況

キーワード 溶接補修, 溶接割れ, ルートギャップ開口変位, 繰返し周波数

連絡先 〒464-8603 名古屋市千種区不老町 名古屋大学大学院 工学研究科 社会基盤工学専攻 TEL052-789-4620

4. 試験結果

マクロ試験により溶接割れの有無を確認した。一例として、荷重周波数の違いに着目して比較したものを写真2に示す。その他の共通条件は、鋼種が SM400A、試験体長が 600mm、開先角度が 45°、開先の向きが上側、開口変位が 0.125mm である。(a) 0.3Hz のときは割れが発生せず、(b) 3Hz のときは母材および溶接金属の境界部に割れが発生し、(c) 6Hz のときは溶接金属内に割れが発生した。またマクロ写真は省略するが、ルートギャップ開口変位と開先角度も同様に割れの発生および形状に影響があった。一方で、鋼種、試験体長、開先の向きの影響は本実験ではあまり顕著ではなかった。

図2に溶接割れの発生状況をまとめる。縦軸は荷重周波数、横軸は開口変位である。図中の数字は試験体数、○は割れが発生しなかったもの、×は割れが発生したものを示す。青印が境界部で割れたもの(写真2の(b))、赤印が溶接金属内で割れたもの(写真2の(c))を示す。この図から、周波数、開口変位が増加するほど割れの発生率も増加し、割れの形状が(b)から(c)と推移することがわかった。また、斜線部は既往の研究²⁾により求められた溶接割れの発生しない範囲である。炭酸ガス半自動溶接を用いている点などに相違があるが、本研究にて得られた範囲はほぼ同程度であるといえる。

図3にゲージ③のルートギャップ開口変位の時間変化の一例を示す。ここでは荷重周波数の違いに着目して整理している。溶接時間は約100秒であり、点線より左側が溶接中、右側が溶接完了後の計測結果である。溶接開始後、全ての試験体で値が大きく増加するが、これは溶接熱により母材の剛性が低下したためであり、母材の冷却および溶接金属の凝固が始まると、値は徐々に減少している。その後、3Hzでは冷却中に、6Hzでは溶接中に再び増加する挙動がみられた。2度目の増加がみられた3Hz、6Hzの試験体では溶接割れが確認されたことから、2度目の増加と割れの発生には関係があり、2度目の増加が始まるときに割れが生じた可能性が考えられる。

5. まとめ

本研究では、振動下での溶接補修に着目し、溶接割れの発生に影響する因子を検討した。主な成果として、鋼種、主板長、開先の向きの違いが溶接割れの発生に与える影響は小さいこと、ルートギャップ開口変位、荷重周波数が主に溶接割れの発生に影響を与え、それらが増加するほど割れの発生率が増加することが示された。

謝辞 本研究は国土交通省「道路政策の質の向上に資する技術研究開発」制度(代表: 館石和雄)によるものであります。また研究を進めるにあたり、日本車輛製造株式会社の吉嶺建史氏にご協力いただきました。ここに記して感謝いたします。

参考文献 1) 日本鋼構造協会: 供用下にある鋼構造物の溶接施工指針(案), 1993
 2) 上野康雄: 供用下にある鋼橋の溶接補修に関する基礎的研究, 大阪大学学位論文, 2011

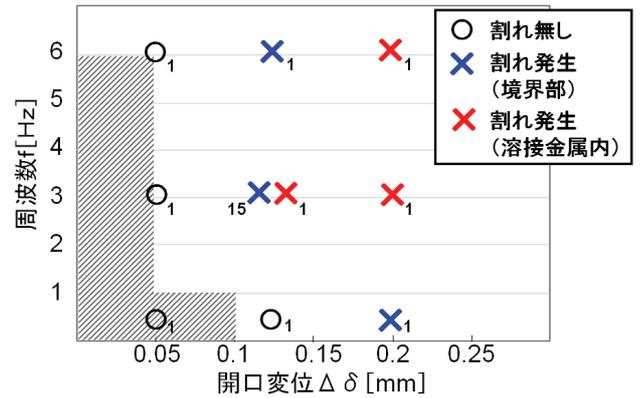
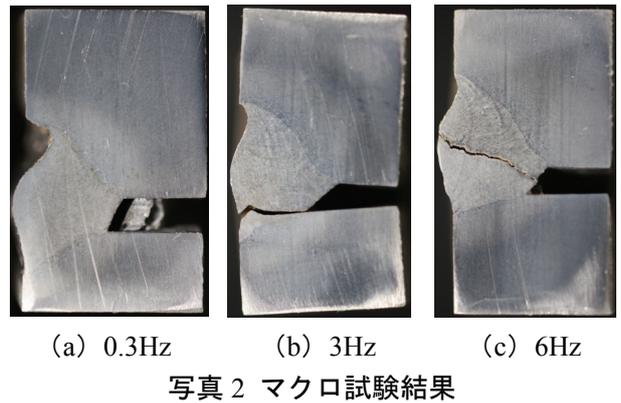


図2 溶接割れの発生状況

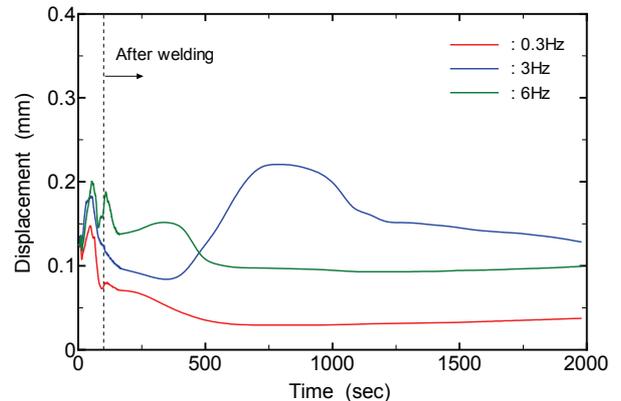


図3 開口変位の時間変化(冷却終了まで)