

### 繰返し荷重下における溶接施工性に関する研究

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. 本研究の目的

鋼橋の疲労き裂に対する溶接補修に関しては、変動荷重下での溶接割れ発生条件が例示<sup>1)</sup>されているが、近年の溶接品質の向上や溶接姿勢の影響が十分に検討されているとはいえない。そこで本研究では、溶接姿勢を変えて繰返し荷重下での溶接施工試験を行い、溶接割れ発生条件について検討した。

#### 2. 試験体

試験体を図1に示す。板厚10mmの2枚の鋼板を上下に突合せた状態の試験体(図中(a))と、鋼板の間に板厚10mmの鋼板を挟み込んだ十字型の試験体(図中(b))である。両端50mmはあらかじめ接合しておき、幅中央200mmの範囲に溶接を行った。鋼材はSM400A, SM490YA, SM570としたが、今回の範囲内では溶接割れに対する鋼種の影響は顕著ではなかった<sup>2)</sup>ため、ここでは区別せずに取り扱うものとする。

#### 3. 溶接施工試験

溶接施工試験の流れを以下に述べる。

(1) 载荷方法：試験体に繰返し引張荷重を载荷しながら溶接を行った。载荷は荷重制御とし、後述のルートギャップ開口変位の値に合わせて、試験前に荷重の大きさを決定した。繰返し周波数は0.3Hz, 3Hz, 6Hz, 9Hz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)载荷を継続した。

(2) ルートギャップ開口変位の計測：繰返し荷重時におけるルートギャップ開口量の変動範囲(ルートギャップ開口変位と呼ぶ)を変化させて試験を行った。ルートギャップ開口変位はクリップゲージにより溶接前および溶接中に動的に計測した。計測位置は図1に示す5箇所(①~⑤)とした。幅中央のゲージ③による開口変位が所定の値となる荷重範囲を溶接前に決定し、その条件で载荷を行った。開口変位は0.05~0.2mmとした。

(3) 溶接条件：被覆アーク溶接で1層のみとした。図1に示すように、溶接は試験体(a)では横向きで、試験体(b)では、開先のある鋼板を上側に配置した場合は下向きで、下側に配置した場合は上向きで行い、溶接ポジションの影響を検討した。溶接条件および溶接状況は図2に示すとおりである。なお予熱は行っていない。

#### 4. 溶接残留応力計測

ルートギャップ開口変位を0.075mmとし、繰返し周波数3Hzまたは6Hzで溶接を施した試験体の残留応力を計測した。比較のため、無荷重下で溶接を行った試験体も計測した。計測にはX線回折式残留応力測定システム(PROTO iXRD)を用いた。計測は、溶接部から長手方向に約2mm離れた位置で、溶接線に沿って7箇所で行った。応力成分は溶接線に直交する方向とした。図3に計測結果を示す。横軸は幅中央からの距離である。図より、試験体によらず残留応力の大きさはほぼ同じであるといえる。よって、

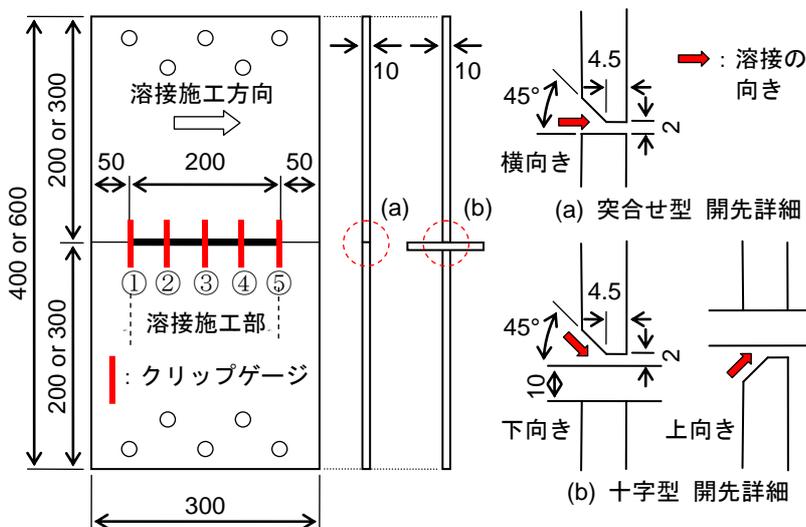


図1 溶接施工試験体 (単位:mm)



図2 溶接姿勢

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

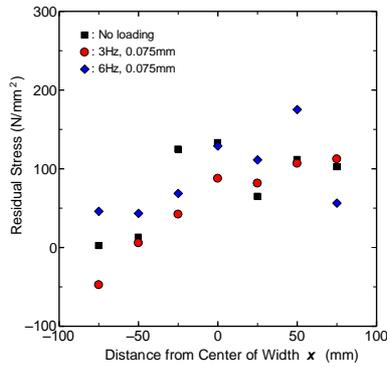
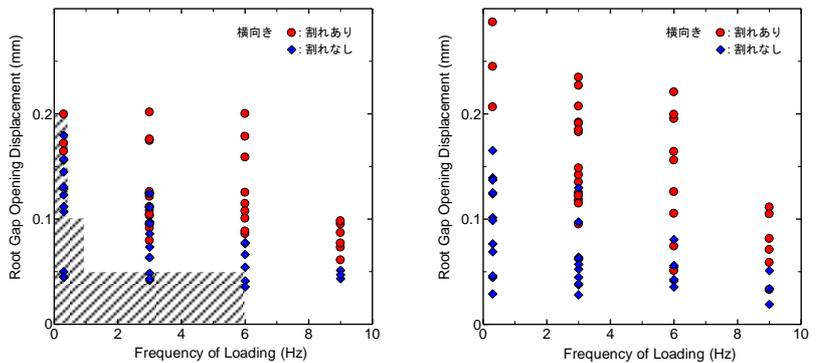


図3 残留応力計測結果



(a) 溶接前の開口変位による整理

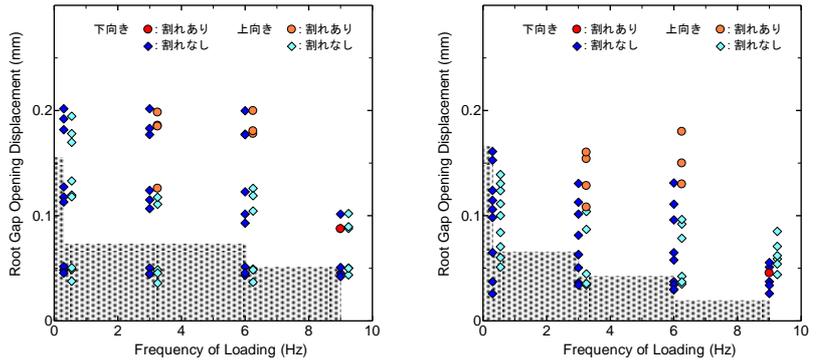
(b) 溶接中の開口変位による整理

図4 横向き溶接における溶接割れ発生状況

残留応力分布に関しては、変動荷重下の溶接であっても無荷重下のものと同程度であるといえる。

**5. 溶接割れの発生に影響を与える因子の検討**

ルートギャップ開口変位の計測位置②～④の断面において溶接割れの有無を確認した。横向き溶接試験体における溶接割れ発生状況を図4(a)にまとめる。横軸は繰返し周波数、縦軸は溶接前に計測



(a) 溶接前の開口変位による整理

(b) 溶接中の開口変位による整理

図5 溶接ポジションの違いによる溶接割れ発生状況

した各断面位置でのルートギャップ開口変位である。図中の斜線部は、過去の実験<sup>3)</sup>により求められた溶接割れが発生しない範囲であり、繰返し圧縮荷重下で炭酸ガス半自動溶接により得られたものである。本研究の割れ未発生の領域は既往の研究<sup>3)</sup>のそれよりも若干ではあるが広いことがわかる。よって、被覆アーク溶接と炭酸ガス溶接の溶接割れ発生条件はほぼ同じと考えてよいといえる。また右上の領域では割れが発生しやすいという傾向は確認できるが、割れ発生の境界は明確でなく、かなりのばらつきがみられる。過去の実験<sup>2)</sup>にて示したように、ルートギャップ開口変位は溶接過程において熱影響や試験体剛性の変化により変動するため、溶接棒が観察断面付近に位置したときの開口変位を用いたほうが合理的であると考えられる。そこで、溶接中に計測した開口変位により試験結果を再整理した。その結果を図4(b)に示す。縦軸は溶接棒が観察断面付近に位置したときのルートギャップ開口変位である。図4(a)に比べて割れ発生の境界がより明確になることがわかる。よって、溶接中の開口変位とその繰返し周波数により、溶接割れ発生の有無を評価できると考えられる。

下向きおよび上向き溶接試験体における溶接割れ発生状況を図5にまとめる。両者で試験条件は同じであるが、プロットの重なりを避けるため、上向きの結果の繰返し周波数の値を正方向にずらして示している。縦軸は図4と同じ溶接前もしくは溶接中の開口変位である。網掛け部は、図4に示した横向き溶接で割れが生じなかった領域である。開口変位の初期値で整理した場合に比べて、溶接中の開口変位で整理すると溶接の向きによる差異は小さくなっており、溶接中の開口変位を用いたほうがばらつきを小さく評価できると考えられる。

**6. まとめ**

本研究では、繰返し荷重下での溶接施工試験を実施し、溶接割れの発生に影響を与える因子を検討した。その結果、溶接ポジションの違いによらず、溶接中のルートギャップ開口変位とその繰返し周波数により溶接割れの発生条件を表現できる可能性が示された。

**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」(代表：館石和雄)によるものであります。また溶接施工試験は日本車輛製造株式会社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) JSSC テクニカルレポート No.22, 1993.
- 2) 長谷川, 判治, 館石: 第68回土木学会年次学術講演会, 部門I, pp.701-702, 2013.
- 3) 上野: 大阪大学学位論文, 2011.