

面外曲げを受ける溶接継手への溶接補修の適用性に関する検討

名古屋大学大学院      学生会員      ○鶴田 義隆      名古屋大学大学院      正会員      判治 剛

名古屋大学大学院      正会員      館石 和雄      名古屋大学大学院      正会員      崔 誠珉

1. 目的

近年、鋼橋に多くの疲労き裂が報告されている．その中で比較的軽微なき裂に対しては溶接補修が有効であると考えられる．一般に、鋼橋に生じるき裂は設計では想定していない局部的な面外変形に起因するものが多いため、面外曲げを受ける場合での溶接補修の有効性を検討する必要がある．また、溶接補修により元の状態まで疲労強度を回復させても、き裂が再発する可能性は高く、溶接補修には疲労強度向上法を組み合わせることが望ましい．そこで本研究では、疲労強度向上法として低変態温度溶接材料（以下 LTT と呼ぶ）、もしくは止端部のグラインダー処理に着目し、溶接補修した面外ガセット溶接継手の面外曲げ応力下の疲労強度を検討した．

2. 試験体および载荷方法

試験体は図-1 に示す面外ガセット継手であり、鋼種は SM490 である．溶接補修は図-2 に示す手順で行った．まず、試験体に 20～30mm 程度のき裂

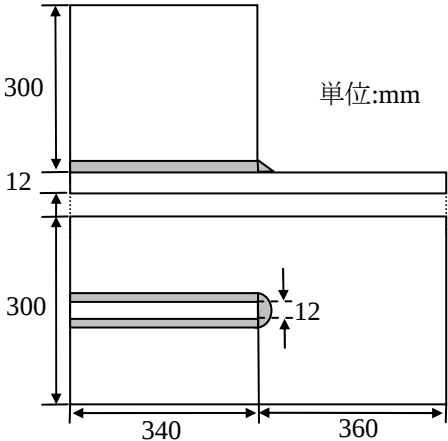


図-1 試験体寸法

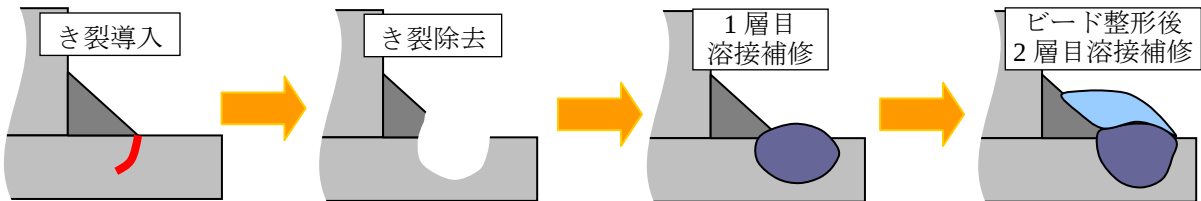


図-2 溶接補修手順

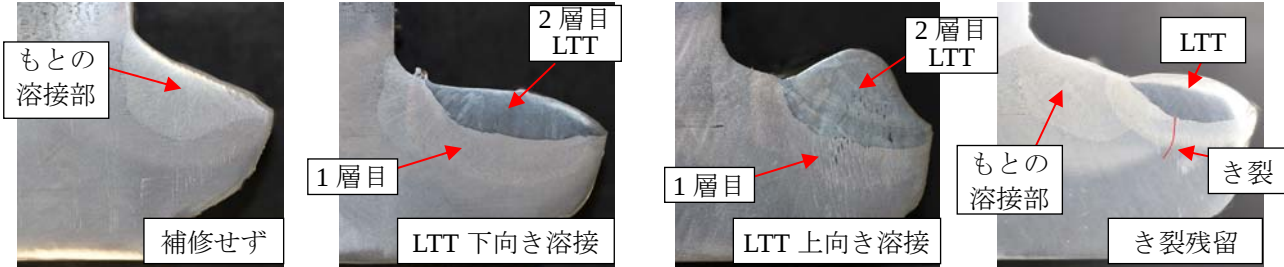


写真-1 溶接部断面図

を導入し、それをグラインダーにより除去した．この時点でき裂は板厚の半分ほど進展していた．次にき裂除去部を溶接により補修した．今回は 1 層でき裂除去部を完全に埋めることは困難であったため、2 層で補修することとした．1 層目は一般の溶接材料（以下普通材と呼ぶ）とし、ビードを整形した後、2 層目に LTT を用いた．また比較のため、2 層目に普通材を用いた試験体も用意した．溶接姿勢は、実橋での施工を考えて下向きと上向きの 2 パターンとした．

試験体の種類を表-1 にまとめる．本研究では、溶接材料と溶接姿勢が異なる試験体に加え、き裂を除去せず故意的に残した試験体も用意した．また一部の試験体では溶接補修後に止端部をグラインダーにより仕上げた．補修前後の溶接部の断面図を写真-1 に示す．溶接補修したものでも滑らかなビード形状であることがわかる．

疲労試験は振動式試験機<sup>1)</sup>により板曲げ载荷で行った．

3. 溶接残留応力

溶接部周辺に 3 軸のひずみゲージを貼付し、切断法により溶接補修後の残留応力を計測した．

表-1 試験体条件

| 溶接材料 | 溶接姿勢 | き裂 | 止端処理   |
|------|------|----|--------|
| 補修せず |      |    |        |
| 普通材  | 下向き  | 除去 | 溶接まま   |
| 普通材  | 下向き  | 残留 | 溶接まま   |
| 普通材  | 下向き  | 除去 | グラインダー |
| LTT  | 下向き  | 除去 | 溶接まま   |
| LTT  | 下向き  | 残留 | 溶接まま   |
| LTT  | 上向き  | 除去 | 溶接まま   |
| LTT  | 下向き  | 除去 | グラインダー |

キーワード 溶接補修, 疲労強度, 低変態温度溶接材料, 溶接残留応力, グラインダー処理

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 TEL: 052-789-4620

図-3 に残留応力の測定結果を示す。普通材を用いた場合は溶接部近傍で高い引張残留応力が生じており、最大主応力方向はおおむね溶接部に向いていた。LTT を用い

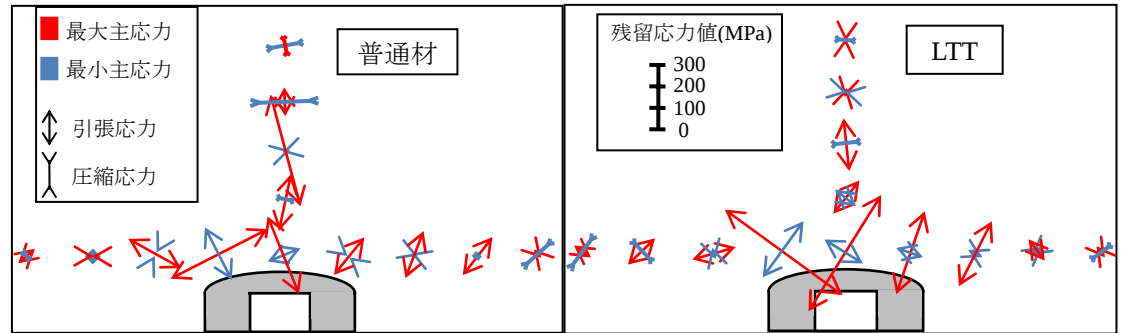


図-3 残留応力測定結果

た場合には圧縮の残留応力が付与されると予想していたが、本試験体では引張残留応力が生じる結果となった。この原因として溶接補修時の試験体の拘束条件が適切でなかった可能性などが考えられるが、詳細は不明である。

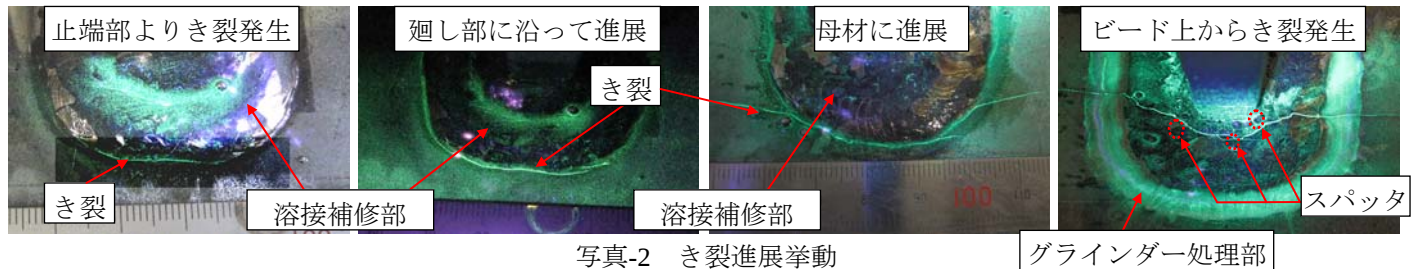


写真-2 き裂進展挙動

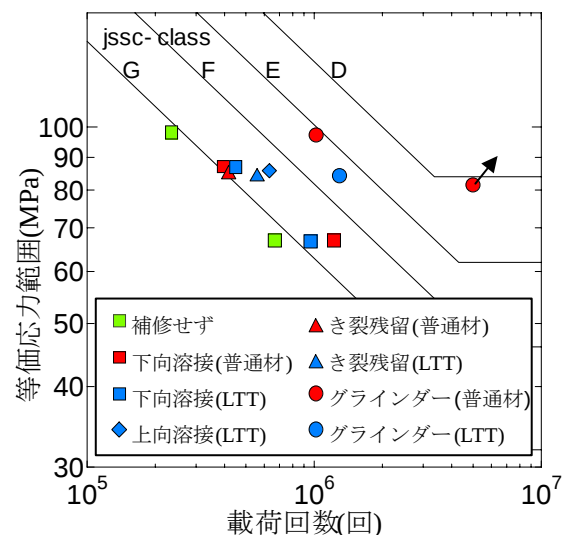
#### 4. き裂発生および進展挙動

写真-2 にき裂の発生、進展挙動を示す。グラインダー試験体を除き、内部にき裂を残留させた試験体も含めて全ての試験体で溶接補修部の止端からき裂が発生し、廻し部に沿って進展した後、最終的に母材へと進展することで破断に至った。グラインダー処理を施した試験体では、溶接補修時に生じたビード上のスパッタを起点としてき裂が発生し、破断に至ったものもあった。

#### 5. 疲労強度

図-4 に疲労試験結果を示す。溶接補修試験体については横軸に補修後の载荷回数をとっている。溶接補修を行っていないものは G 等級より少し下に、普通材と LTT を用いて下向きで溶接補修をしたものは G 等級あたりに分布している。また上向き溶接で補修したのも同程度であった。LTT を用いた場合でも疲労強度が向上しなかった理由は、3 章で示したように圧縮残留応力が導入されなかったためであると考えられる。内部にき裂を残留させた試験体では溶接補修部の止端から新たに生じたき裂により破断したため、他と同程度の疲労強度であった。これは曲げ载荷特有の現象であると考えられ、引張载荷時には内部のき裂が再進展する可能性が考えられる。補修後にグラインダー処理をした試験体では、1 等級以上の疲労強度の向上がみられたが、4 章で述べたように、疲労強度向上を狙ってグラインダー処理などを行った場合は、溶接欠陥に対してより敏感になるため、溶接品質の管理がより重要になるといえる。

図-4 疲労試験結果



#### 6. まとめ

本研究では、面外曲げを受ける面外ガセット溶接継手への溶接補修の適用性を検討するとともに、補修後の疲労強度向上法として LTT またはグラインダー処理の有効性を明らかにした。その結果、適切な溶接補修が行われれば溶接姿勢や残留き裂によらず、元の状態以上まで疲労強度が回復することを確認した。またグラインダー処理をすることで疲労強度は向上するが、溶接欠陥が新たな弱点部になる可能性があるため、溶接品質を管理することがより重要となるといえる。

**謝辞** 本研究は(財)海洋架橋・橋梁調査会「橋梁技術に関する研究開発助成」によるものであります。また本研究を進めるにあたり川田工業の米山徹氏、湯田誠氏、米倉健二氏、日鉄住金溶接工業の領家健二氏、NS ウェルデックスの椎名康廣氏、株式会社 TTES の竹渕敏郎氏にご協力を頂きました。ここに心より感謝申し上げます。

**参考文献** 1) 山田ら：垂直補剛材と鋼床版デッキプレートのすみ肉溶接の曲げ疲労試験，鋼構造論文集，Vol.14，No.55，pp.1-8，2007。