

主板・付加板両止端部への低温相変態溶接棒の適用性

芝浦工業大学 学生会員 ○齋藤 史弥 宮地エンジニアリング株式会社 正会員 澁谷 敦
 学生会員 池原 育実 施工技術総合研究所 正会員 小野 秀一
 正会員 穴見 健吾 正会員 宇田 陽亮

1. 研究背景

低温相変態溶接棒（以下 LTT）を使用することで、溶接継手部に圧縮残留応力を導入し、疲労強度を向上させることが知られている。この LTT の付加物溶接継手止端部の疲労強度向上手法としての研究は、主部材側溶接止端部から発生するき裂を対象としたものが殆どである。実橋梁においては、主部材側、付加部材側の両止端部から疲労き裂が発生しているが、付加部材側き裂に対する LTT の適用性は明らかにされていない。本検討では、初めに、付加部材側き裂に対する LTT の疲労強度向上効果を明らかにした。その後、両止端部からき裂が発生するディテールを想定し、両止端部へ LTT を用いた付加溶接を施した場合の主部材側溶接止端部の疲労強度向上効果を検討した。

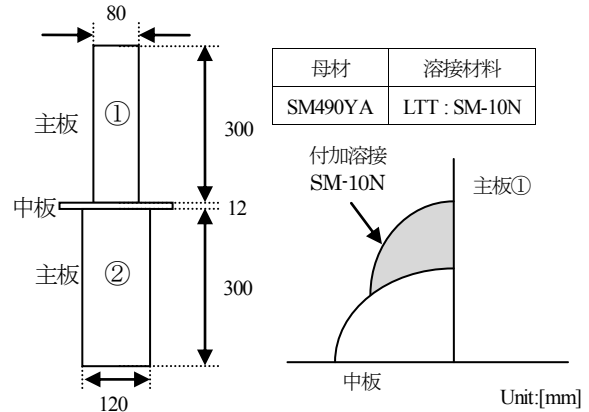


図-1 試験体寸法及び溶接材料

2. 付加部材側き裂に対する疲労強度向上効果

2.1 試験体

図-1 に本検討で用いた荷重伝達型十字溶接継手試験体を示す。同図に使用鋼材及び付加溶接に用いた LTT を示す。図-2 に示すように、LTT 試験体は主板①こば面から、30mm の範囲に LTT を用いた付加溶接を施した。き裂の発生点を主板①こば面に特定することを目的に、中板表裏の主板的に差異を付けた試験体を製作した。



As-weld 試験体 LTT 試験体
 図-2 付加溶接位置と溶接ビード近傍

2.2 試験結果

疲労試験は、軸方向引張荷重を繰返し載荷し、応力比はほぼ0とした。As-weld 試験体は全て主板①角部で破断したものの、LTT 試験体では、付加溶接始末端部及び主板②角部で破断した試験体が存在した。図-3 に主板①の公称応力範囲で整理した試験結果を示す。同図に疲労き裂発生位置を示す。As-weld 試験体と比較し、LTT 試験体では JSSC の疲労強度等級で2等級程度の疲労強度向上効果が得られた。従来、圧縮残留応力の導入による疲労強度向上手法では、作用応力が高い場合、残留応力が再分配され疲労強度向上効果が小さくなる。しかし、本疲労試験の範囲内では、作用応力範囲に影響を受けず疲労強度は向上していた。

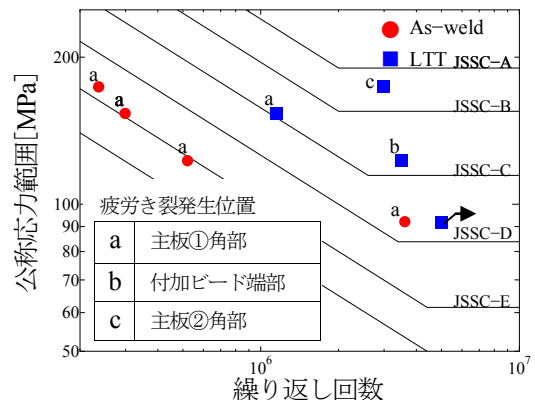


図-3 疲労試験結果

LTT を用いた付加溶接により導入される圧縮残留応力を、切断法を用いて計測した。図-4 にひずみゲージより得られた、主板①板こば面中央の長手方向残留応力分布を示す。なお図中の solid, empty は、同一試験体における主板①左右のこば面から得られた結果を示している。止端部近傍で、As-weld 試験体は引張、LTT 試験体では圧縮の残留応力が存在していることがわかる。

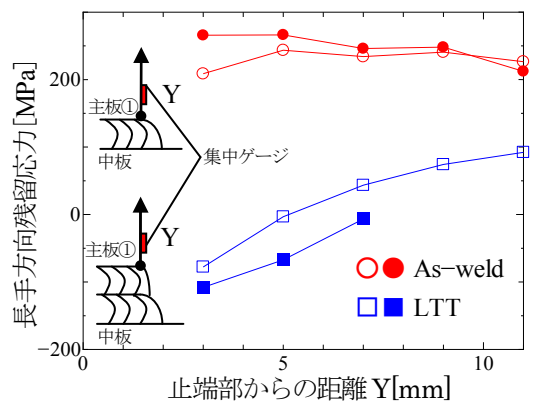


図-4 長手方向残留応力分布

3. 両止端部への LTT の適用性

3.1 試験体

図-5 に本検討に用いた面外ガセット溶接継手試験体を示

キーワード：溶接、疲労、低温相変態溶接棒、残留応力
 連絡先：〒135-8548 東京都江東区豊洲3-7-5 芝浦工業大学土木工学科
 TEL：03-5859-8352, E-mail：anami@sic.shibaura-it.ac.jp

す。同図にはひずみゲージ及びき裂検出用エナメル線貼付位置を示す。母材及び溶接材料は十字継手試験体と同じ材料を使用した。第二ビードによる第一ビードへの熱影響を検討するために、図-6に示す3種類の試験体を製作し、LTTの疲労強度向上効果を主板側溶接止端部で検討した。

- ・As-weld 試験体
- ・ML 試験体：主板側溶接止端部のみLTTによる付加溶接を行った試験体
- ・BL 試験体：主板側止端部、ガセット側止端部の順に、LTTによる付加溶接を行った試験体

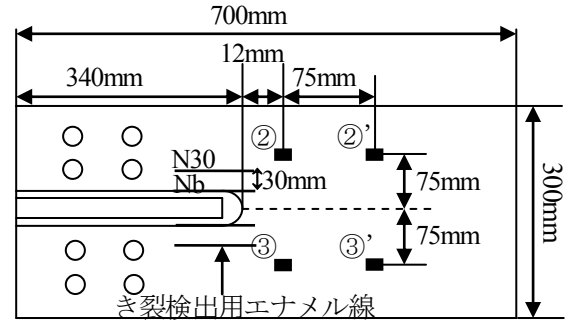


図-5 試験体寸法と計測物貼付位置

(a)M-AS 試験体 (b)M-ML 試験体 (c)M-BL 試験体



図-6 各試験体の回し溶接部

3.2 疲労試験

LTTによる疲労強度向上効果を板曲げ疲労試験により検討した。疲労き裂は本溶接と付加溶接のビード境界から発生したBL試験体の1体を除き、主板側まわし溶接止端部から発生した。疲労試験結果はひずみゲージ②、③の計測値を、き裂の存在による荷重の変化を検知できるひずみゲージ②'、③'での計測値を用いて補正し、等価応力範囲を算出し整理を行った。き裂進展 Nb (長手方向止端部) 及び N30 (Nbから30mmの位置 (本研究での試験終了段階) 時の結果を図-7に示す。試験体は2回に分けて製作したが、施工時期で結果が異なったため、図中で solid と empty に分け整理した。Solid 試験体では、LTTを用いることで、低応力範囲で1~2等級程度、高応力範囲で若干の疲労強度向上効果が得られた。ただし N30 では疲労強度向上効果は Nb の段階より小さくなっている。Empty 試験体では、As-weld 試験体の疲労強度は solid と概ね一致しているが、LTTによる明らかな疲労強度向上効果が得られなかった。Empty と Solid 試験体で LTT の効果に差異が見られた点については、今後の課題であるが、solid, empty とともに ML, BL 試験体での疲労試験結果に明瞭な差は見られず、付加板側の付加溶接が主板側の付加溶接止端部の疲労強度に与える熱影響は少ないと考える。

3.3 付加板側付加溶接時の主板側付加溶接部の温度履歴

本検討で用いた BL 試験体では、付加板側付加溶接による温度上昇により、主板側付加溶接止端部の圧縮残留応力の再分配が懸念される。そこで付加板側の付加溶接時の主板側付加溶接止端部への熱影響を把握することを目的とし、熱電対による温度計測を行った。図-8に熱電対貼付位置及び温度計測結果を示す。No.1・No.2は主板側溶接止端部の温度計測を目的とした。疲労試験より、主板側付加溶接と本溶接のビード境界から疲労き裂が発生した試験体が存在したため、No.3位置にも熱電対を貼付した。最高温度はNo.3の276.6℃であり、主板側付加溶接止端部ではNo.2の105.2℃であった。富永らは12mm厚の鋼材についてLTTを用いる場合、入熱約18kJ/cmで疲労性能が確保され、その時の温度は400℃であることを示している^り。400℃を基準値とした場合、計測結果は基準値を大きく下回っており、本研究で製作した試験体では、付加板側の付加溶接は、先行する主板側付加溶接止端部の疲労強度向上効果に影響を及ぼさないと考えられる。

謝辞：本研究は科学研究費基盤研究(C)(課題番号 13243767・研究者代表：穴見健吾)の一環として行われました。

参考文献

- 1) 富永, 三木ら：低温変態溶接材料を用いた既設鋼橋の疲労強度向上工法の研究, 土木学会論文集, No.759/I-67, pp.355-367, 2004. 4.

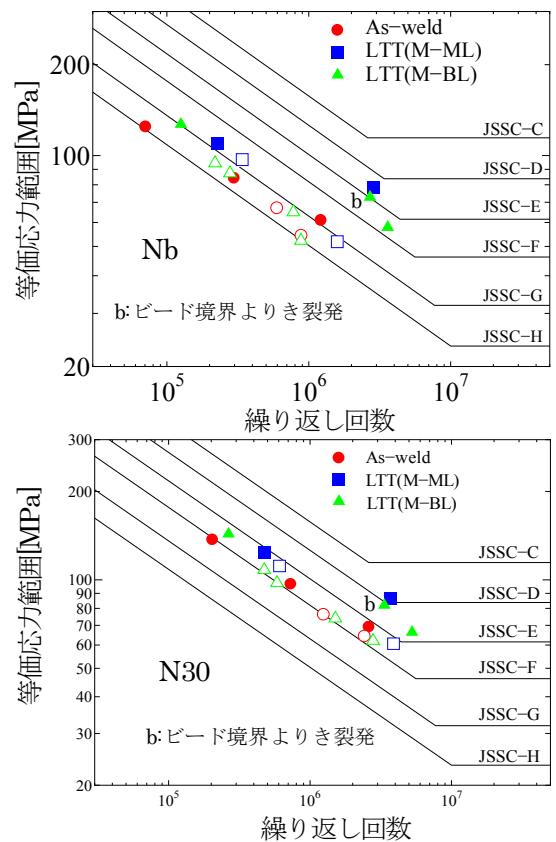


図-7 各き裂進展段階での疲労試験結果

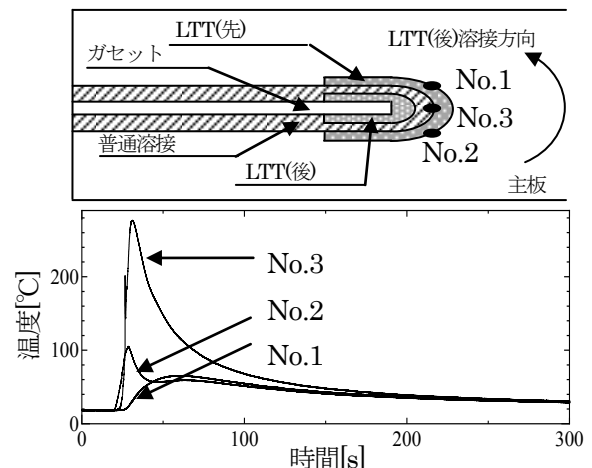


図-8 熱電対設置位置及び温度計測結果