

### 低温変態溶材の新設橋への適用性に関する検討(第3報)

名古屋大学	正会員	館石 和雄	東京鐵骨橋梁	正会員	細見 直史
川田工業	正会員	米山 徹	○新日鉄住金	正会員	安藤 隆一
横河ブリッジホールディングス	正会員	石井 博典	日鐵住金溶接工業		戸塚 康仁
			新日鉄住金	正会員	富永 知徳

#### 1. はじめに

低温変態溶材(以下 LTT と表記)は、溶接止端部での残留応力状態を改善し、疲労寿命を向上させることが知られている。太田らは、様々なタイプの溶接継手や溶接部材について、LTT の適用によって疲労寿命を向上させることができることを示している<sup>1)</sup>。しかしながら、橋梁分野の適用実績はない。

これまでの検討は主に、既設橋梁の疲労強度向上を中心に行われてきており、新設構造に適用する場合の規準については明確にされてきていない。

そこで、通常の溶接ビードの止端に LTT によるビードを付加する工法(付加ビード工法)を対象として、新設構造への適用性の確認、施工条件の明確化を目的として研究を行った。

#### 2. 課題と検討手法

新設構造への適用性の検討、および、それを実現するための施工条件を確認するため、以下のように具体的な課題を設定した。

- 1) 施工条件と疲労強度の関係の確認。
- 2) 死荷重の影響(応力比の影響)の確認。

この2つの課題を検討するために、施工条件および応力比をパラメータとした疲労試験を計画した。また、試験条件ごとに1体は非破壊での X 線残留応力計測を行った。また、形成されたビードに関しては形状計測を行っている。

表 1 に疲労試験体で考慮したパラメータの一覧を示す。溶接材料、溶接順序、付加ビード入熱、付加ビード形状、応力範囲、応力比である。このうち、溶接順序とは試験体の上下両表面について、先に溶接する本ビードとその後に溶接する付加ビードの順番の関係である。同じ側が同じ順番となった方が、試験体の溶接変形による引張応力の増加と、反対側からの入熱による残留応力の解放の効果が重畳して

より厳しい条件となる。

#### 3. 疲労試験計画

試験条件の一覧を表 1 に示す。また、試験体の形状を図 1 に示す。材質は SBHS400 とし、その機械的特性を表 2 に示す。図 1 内の番号は、付加ビード溶接の順番である。溶接材料としては、Ni 系の変態温度 350℃のものを用いている。これは文献[2]で検討を行った溶材と基本的に同じであり、その成分を表 3 に示すが、溶接効率の向上のため溶接棒ではなく、フラックスコアードワイヤーとしている。X 線残留応力測定のため、付加板には切欠きを設けた。

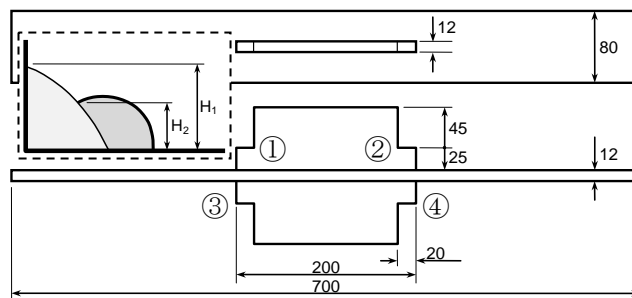


図 1 疲労試験体

表 1 試験条件として考慮したパラメータ一覧

パラメータ	種類
溶接順序	本ビードと同じ順, 逆順
付加ビード溶材	低温変態溶材, 普通溶材
付加ビード入熱	適正, 過大(目標)
付加ビード形状	$H_2/H_1 \geq 1/3, < 1/3$ (目標)
応力範囲	100~200MPa
応力比	0.1~0.59

#### 4. 残留応力の計測

残留応力計測は X 線応力測定装置を用いた。コーリメーター径は 2mm, 止端のきわから残留応力分布を計測した。計測は 1 体の試験体に対し、溶接直後、および静的荷重直後の 2 回実施した。

#### 5. 止端形状の計測

溶接ビードの形状計測は、印象材を用いて小型疲

キーワード 溶接, 疲労, 応力比, 残留応力, 低温変態溶材

連絡先 〒100-8071 東京都千代田区丸の内二丁目 6 番 1 号 Tel: 03-6867-6401

労試験体の4止端を型取り, その型についてレーザー変位計を用いて行った. 試験体軸直角方向について1mmごとにスライスしてガセット中心から±5mmの区間の計11断面について, 0.05mmピッチで形状の計測を行い, 止端半径, フランク角, 脚長および, 本ビードと付加ビードの重なりを記録した.

5. 試験結果

図2に疲労試験の結果を示す. LTTはR=0.1のときは応力範囲120MPaでは1千万回終了時でもき裂発生はないが, 普通溶材では147万回で発生した. 普通溶材で付加ビードを作ったことで脚長が増大した分, 止端応力集中が低減してD等級と疲労強度が高めで発揮されているが, 残留応力低減は無いためにLTTより疲労強度が低い. R=0.1でも150MPa以上の応力範囲のもの, R=0.3以上のものは疲労強度向上効果が得られなかった.

図3に形状, 入熱が適正である場合について, ビード形状とき裂発生状況の関係の一例(止端半径)を示している. このとき, 横軸はそれぞれの止端に作用する公称応力の最大値である. 各疲労試験体には4箇所ずつ止端が存在するが, その状況を, ①き裂の発生した止端, ②き裂の発生した試験体でき裂の発生しなかった止端, ③run outした試験体の止端の3種類に分類して示している. 効果のあったR=0.1, 応力範囲120MPaの場合と, 効果の無かったR=0.59, 応力範囲150MPaの場合のある止端の载荷前後の残留応力分布を示している. き裂の発生した144MPa以上の試験体について, 基本的に止端半径の小さい箇所から疲労き裂が発生していることがわかる. なお, フランク角, 脚長とはそれほど発生状況は明確な関係は見えなかった. そのため, 残留応力の効果が再配分等によって効果が得られなくなる高応力の場合は, 止端形状の効果が大きいことがわかる.

6. おわりに

溶接条件の適切な管理により残留応力が低減し, 疲労強度の向上が得られた. しかし最大公称応力130MPa以上が作用する場合には, 残留応力が再配分し, 向上効果が得られなくなる.

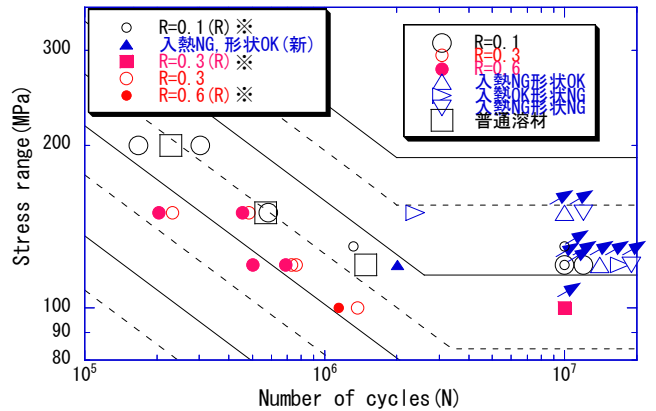
表2 鋼材の機械的特性

鋼種	降伏強度	引張強度	伸び	VEc 0°C
SBHS400	444 MPa	549 MPa	20 %	215 J

表3 溶接材料の成分

記号	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni
A材	0.04	0.30	0.45	0.005	0.005	0.25	10.1

(単位: 重量%)



※(R)は, 本ビードと付加ビードの試験体裏表での溶接の順番が異なる場合. (「溶接順序」パラメータ)

図2 疲労試験の結果

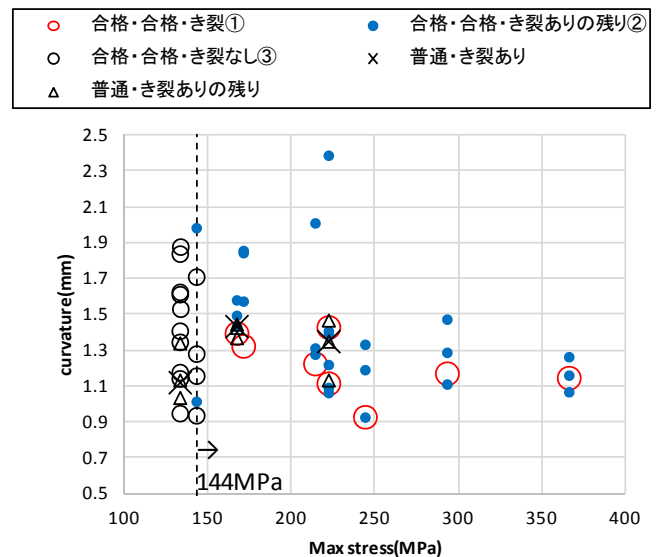


図3 止端半径とき裂発生状況の関係

参考文献

- 1) A. Ohta: Fatigue Strength Improvement by Using Newly Developed Low Transformation Temperature Welding Material, IIW-Doc.-XIII-1706-98, 1998
- 2) 富永, 三木, 高橋, 糟谷, 森影: 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, pp355-367, 2004. 4
- 3) 早田, 館石, 判治: 低温変態溶接材料を用いた溶接継手の疲労強度向上技術に関する研究, 第68回土木学会年次学術講演会, 2013.