

低温変態溶材の新設橋への適用性に関する検討(第2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
大阪大学		糟谷 正	○新日鐵住金	正会員	安藤 隆一
横河ブリッジホールディングス	正会員	一宮 充	日鐵住金溶接工業		戸塚 康仁
川田工業	正会員	米山 徹	新日鐵住金	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、疲労寿命を改善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¹⁾。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。

そのため、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ている。

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の確認のために、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の計画を行った。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。

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。

ここで、付加ビードの溶接材料をLTTと普通溶材の両方で実施しているのは、付加ビード工法の場合、付加ビードによる脚長増加により、止端部の応力集中が減少する効果が得られるため、それと残留応力改善の効果を分離するためである。

溶接順序をパラメータとするのは、溶接変形(試験体のそり)の影響を確認するためである。

また、入熱をパラメータとするのは、多くの場合、疲労強度改善が必要とされる面外ガセットディテールはウェブをはさんで両側に存在する場合が多いからである。LTTで圧縮残留応力を形成することができるが、板の両側に面外ガセットがある場合、最初に形成した片側の残留応力が、裏からの付加ビード溶接時発生熱によって再分配されてしまう場合があるため、そのような場合はウェブ裏側での温度が上がり過ぎないように入熱に制限を設ける必要がある。

また、ビード形状をパラメータとするのは、本ビードと付加ビードとの重なり方によって、不慮の応力集中が生じたり、脚長増加による応力低減効果が得られない場合があるためである。

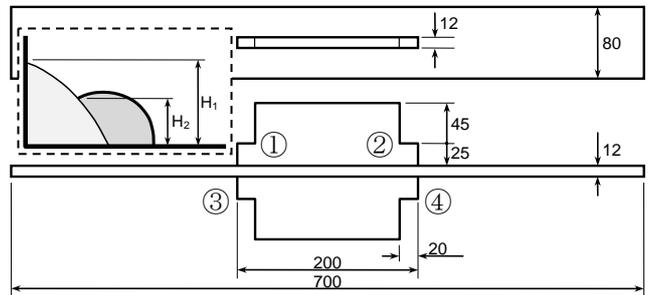


図1 疲労試験体

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

3. 疲労試験計画

疲労試験の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

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

系の変態温度 350°C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。

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。コリメーター径は 2mm, 止端のきわから残留応力分布を計測。また計測は 1 体の試験体に対し、溶接直後、および静的荷重直後の 2 回実施する。これは、施工条件と導入される残留応力の関係を把握するため (1 回目の計測)、及び、作用応力影響の把握 (1 回目と 2 回目の計測結果の比較) のためである。

5. 試験結果

図 2 に疲労試験終了分の結果を示す。LTT は R=0.1 のときは応力振幅 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。

溶接形状や溶接入熱条件で NG 設定の疲労試験体がむしろ疲労寿命が長く出ているが、これは、入熱を大きくしたこと、重なりを小さくしたことで、トータル脚長が LTT の場合よりも長くなった (LTT:10.2mm ~, NG 試験体:15.5mm ~)。つまり LTT の試験体と応力集中状況が異なっていたためと推定される³⁾。

R=0.1 でも 150MPa 以上の応力振幅のもの、R=0.3 以上のは疲労強度向上効果が得られなかった。図 3 に効果のあった R=0.1, 振幅 120MPa の場合と、効果の無かった R=0.59, 振幅 150MPa の場合のある止端の荷重前後の残留応力分布を示している。効果のあった場合は荷重前後の残留応力変化が小さいのに対して、効果の無かった場合は大きいことがわかる。すなわち、作用応力が大きい場合は疲労が発生する止端部で圧縮残留応力が保持されないために、疲労強度向上効果が得られなかったと推定される。

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、応力範囲 120MPa、R=0.1 で疲労強度の向上が得られた。しかし、負荷応力が大きくなると残留応力が再配分し、向上効果が得られなくなる。今後、疲労試

験を継続し、最大応力の限界値を探索する。

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%)

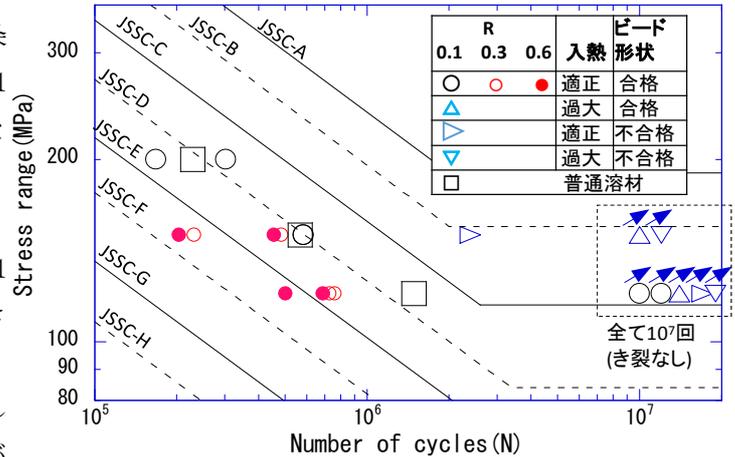


図 2 疲労試験の結果

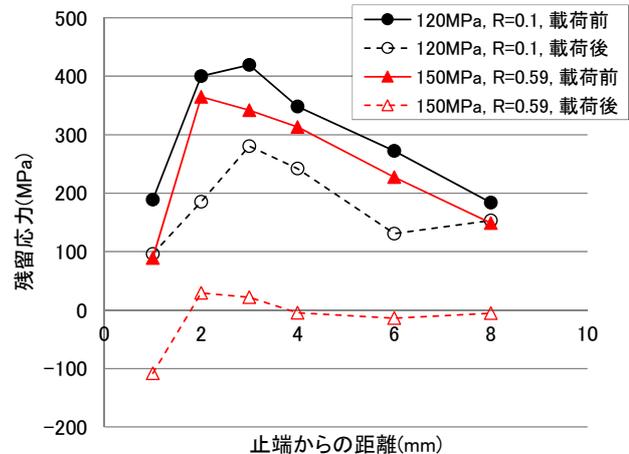


図 3 残留応力計測結果の例

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.