

低温変態溶材の新設橋への適用性に関する検討

名古屋大学	フェロー	舘石 和雄	東京鐵骨橋梁	正会員	細見 直史
大阪大学		糟谷 正	○新日鉄住金	正会員	西尾 大
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		米山 徹	新日鉄住金	正会員	富永 知徳

1. はじめに

低温変態溶材は、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、低温変態溶材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。しかしながら、未だに橋梁分野では実構造への適用は行われていない状況にある。

これまでの検討は主に、既設橋梁の疲労性能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開始している。現段階では実験の途中であるので、現状の結果について報告を行う。

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) 施工条件と疲労性能の関係の確認.
- 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、同一試験条件で2体で実施した試験体については、X線応力測定装置を用いた非破壊での残留応力計測を行っている。

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、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低温変態溶材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。

また、入熱をパラメータとするのは、多くの場合、疲労性能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。低温変態溶材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に発生する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。

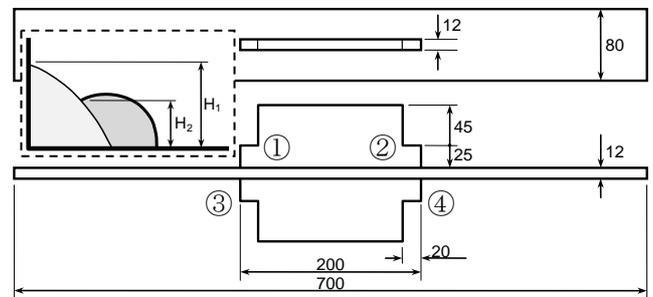


図1 疲労試験体

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
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	120~200MPa
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。ガセットに切り欠きが

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 Fax: 03-6867-4933

あるのは、残留応力計測時の機器のセッティングを容易とするためである。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。また、製作にあたっては、溶接工の技量の影響を確認するために、主要な試験体については2体実施し、それぞれ別の溶接工が施工している。

4. 残留応力の計測

残留応力の計測は、X 線応力測定装置を用いている。コリメーターの径は 2mm であり、止端のきわから、コリメーターの中心位置で、1mm, 2mm, 3mm, 4mm, 6mm, 8mm と計測を行い、残留応力の分布状況を取得する。

また、残留応力の計測は、1 体の試験体に対し溶接直後、および静的载荷の直後の 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、応力比の影響を把握する(1 回目と 2 回目の計測結果の比較)ためである。

5. 試験結果

入熱と形状については目標の区分で整理した。

図 2 に低温変態溶材を用いて適正条件で溶接施工を実施した試験体、及び普通溶材の場合の残留応力計測結果例を示す。止端近傍では低温変態溶材により残留応力が低減し、特に後に溶接した 3, 4 番の止端では明確に圧縮応力が導入されたことがわかる。

(図 2 中、LTT_3, LTT_4)一方、普通溶材(図 2 中 N_1 ~4)ではいずれも 300MPa 程度以上の大きな引張残留応力が存在している。

図 3 に現時点実施済みの疲労試験結果を示す。普通溶材については試験中のため直接比較はできないが、応力比 0.1 のときは D 等級を満足しているが、0.3、0.6 では E 等級である。ただし、0.3 と 0.6 の差は小さい。

なお、破断した全ての試験体について、き裂は先行溶接側から発生している。(図 1 中、①②の止端)つまり、図 2 で残留応力の改善が明確に計測された後行溶接側(図 1 中、③④の止端)では、残留応力改善の効果によって疲労性能の向上が得られていると推定することができる。

6. おわりに

試験体の溶接近傍に圧縮残留応力導入の傾向を確認した。疲労試験では、応力比の小さな場合は D 等級、大きな場合は E 等級を確認した。今後、疲労試験を継続してゆく。

表 2 鋼材の機械的特性

降伏強度	引張強度	伸び	VEc 0℃
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
SM-10N	0.04	0.30	0.45	0.005	0.005	0.25	10.1

(単位: 重量%)

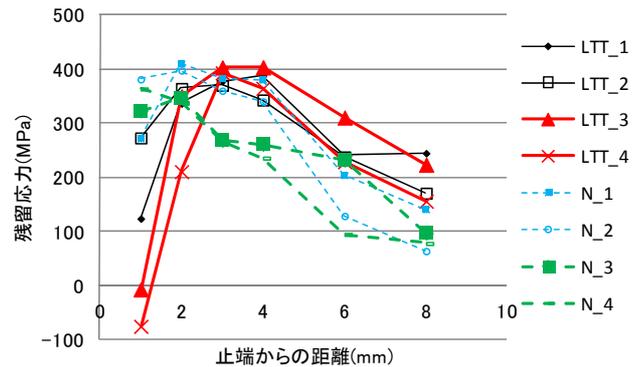


図 2 残留応力計測結果の一例

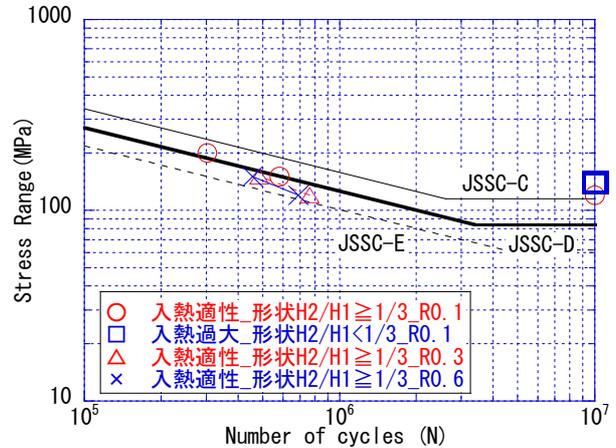


図 3 疲労試験結果

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, 舘石, 判治: 低温変態溶接材料を用いた溶接継手の残留応力に関する研究, 第 68 回土木学会年次学術講演会, 2013.