

I-A24 溶融亜鉛めっきを施した面外ガセット溶接継手の疲労強度

(株)サクラダ 正会員 南 邦明*

法政大学 正会員 森 猛**

1. はじめに

鋼橋において、塗装作業のメンテナンスフリーなどからめっき橋も採用されるようになった。溶融亜鉛めっきの作業工程では、約 450℃のめっき槽に数分浸した後、水槽で冷却するので、めっき作業により焼鈍効果や急冷効果が起こり溶接部の残留応力が低減される。また、めっきの皮膜により溶接止端形状が改善されることも考えられるなど、疲労強度が高くなる要素が存在する。すなわち、ライフサイクルコストを考えた場合、めっき桁の採用により、橋の延命化の課題である腐食と疲労の両面で有利となることが予想される。

本報告は、めっきを施した面外ガセット溶接継手試験体を用いて、廻し溶接部止端形状の計測、残留応力の計測を行い、疲労試験を実施したので、その結果について報告する。

2. 試験体

試験体は図1に示す形状であり、溶接まま試験体（以下、AW試験体）と、めっき試験体（以下、ZN試験体）の2タイプとした。使用鋼材はSM490YA材（一般鋼材）であり、その降伏点は440MPa、引張強度は559MPa、伸びは26%である。溶接は、炭酸ガス半自動溶接で脚長は6mmとし、メタル系のフラックス入りワイヤーを使用した。次に、めっき作業は、脱脂、酸洗いおよびフラックス処理などの前処理を行い、油、塗料、錆などを除去した後、452℃のめっき槽に8分、さらに、48℃の冷却槽に3分浸した^{1), 2)}。写真1にめっきを施したZN試験体のa-a断面におけるマクロ試験結果を示す。

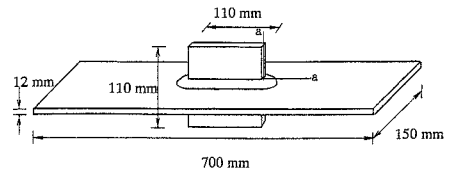


図1 試験体形状

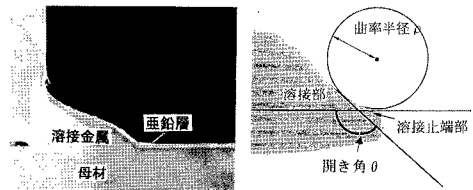


写真1 マクロ試験

図2 溶接止端形状

3. 試験方法

(1)溶接止端形状の計測 廻し溶接部を、親水性ビニルシリコン印象材を用いて型取り、これを1mm程度にスライスし、1つの溶接部につき5個採取した。そして20倍の投影器により拡大し、図2に示すように曲率半径 ρ と開き角 θ を計測した。計測はZN試験体のめっき前とめっき後とし、それぞれ24箇所計測した。

(2)残留応力の計測 図3に示すような位置に、試験体の表裏面およびコバ面に1軸のひずみゲージを貼り、切断法により解放されるひずみを計測し、長手方向の残留応力分布を調べた。試験体は、AWおよびZN試験体、それぞれ3箇所計測した。なお、ZN試験体については、ゲージ装着位置にめっきが付着しないような前処理を行い、めっき槽に浸した。

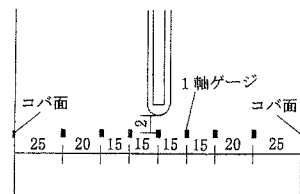


図3 残留応力計測位置

(3)疲労試験 疲労試験は、動的能力±500kNの油圧サーボ式疲労試験機を用いて、軸引張荷重下で行った。繰返し荷重は、下限値を10kNとし、上限値はそれぞれの試験体で応力範囲が80, 90, 100, 120, 150MPaとなるような荷重を設定し、AWおよびZN試験体合わせて10体の試験を行った。繰返し周期は、10~15Hzとした。また、AWおよびZN試験体それぞれ各1体、応力範囲を120MPaでビーチマーク試験を行い、亀裂進展速度を求めた。なお、亀裂の進展は50倍の読み取り顕微鏡で観察した。

キーワード：亜鉛めっき、疲労、残留応力

連絡先：* 〒272-0002 千葉県市川市二俣新町 21 TEL 047-328-3145 FAX 047-328-3155

** 〒184-8584 東京都小金井市梶野町 3-7-2 TEL 042-387-6270 FAX 042-387-6124

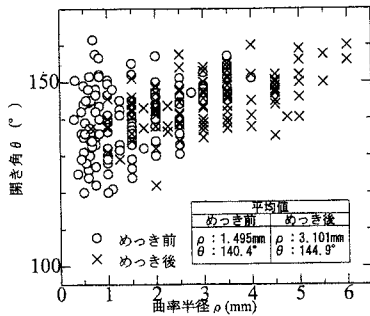


図4 溶接止端形状の計測結果

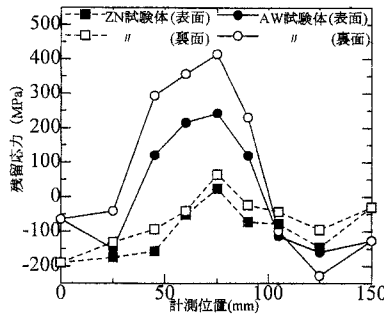


図5 残留応力の計測結果

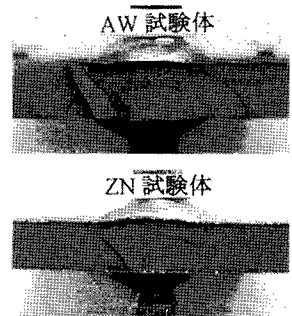


写真2 ビーチマーク試験の破面

4. 試験結果

(1)溶接止端形状の計測結果 図4に計測結果を示す。この結果が判るように、めっきを行うことによって、開き角は若干大きくなる程度であるが、特に曲率半径の変化量が大きく、多少であるが溶接止端形状が改良される。

(2)残留応力の計測結果 図5にAWおよびZN試験体、それぞれ1箇所の長手方向の残留応力計測結果を示す。この結果から判るように、AW試験体に比べ、ZN試験体では溶接部近傍の引張の残留応力が軽減されていることが判る。また、他の計測箇所でも多少のばらつきはあるが、同じ傾向を示していた。

(3)疲労試験結果 図6に疲労試験結果を示す。なお、図中の点線は最小自乗法を用いて求めた各試験体の疲労寿命に対する応力範囲の回帰直線である。この図に示すように、応力範囲を80MPaで行った試験体では破断に至らなかったが、その他の試験体から判るようにZN試験体の方が疲労強度が低い結果となった。そして、回帰直線より求めた200万回疲労強度は、AW試験体で89MPa、ZN試験体で78MPaであり、めっきを施した場合は、約15%疲労強度が低い結果となった。しかし、JSSC疲労設計指針¹⁾で面外ガセット(>100mm)は、G等級としているが、ZN試験体

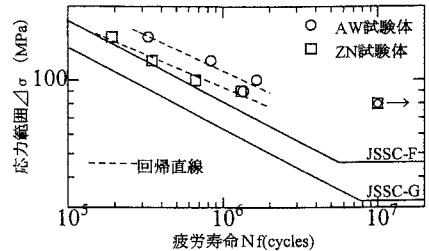


図6 疲労試験結果

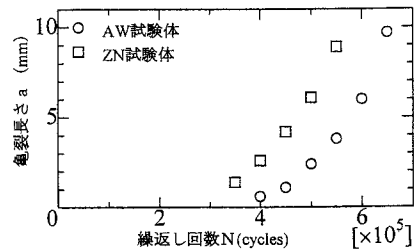


図7 亀裂長さaと繰返し回数の関係

においてもF等級を満足する結果であった。次に、ビーチマーク試験を行った試験体の疲労破面を写真2に示すが、いずれも亀裂は半楕円形であり、試験体による亀裂形状の差はほとんどなかった。また、ビーチマークの観察により求めた亀裂長さa(深さ)と繰返し数の関係を図7に示す。この結果から判断すると、亀裂進展速度に大きな違いはなく、亀裂発生寿命がZN試験体の方が速く、疲労強度が低い結果になったと言える。

5. まとめ

めっきを行うことによって、溶接止端形状は改良され、溶接残留応力も低減される。このため、疲労強度は向上すると考えられたが、疲労試験を行った結果では、逆に低下する結果となった。これは、めっき浴中に溶接熱影響部で結晶粒界脆化により微細な割れが生じたためとも考えられるが、その詳細は現在のところ不明である。

謝辞：疲労試験に際し、法政大学4年生の小澤一郎君、原田伸吾君のご協力頂きました。ここに心より感謝致します。

- 【参考文献】：1)(社)日本橋梁建設協会：溶融亜鉛めっき橋設計・施工マニュアル，1990.10
 2)(社)日本鋼構造協会：溶融亜鉛めっき橋の設計・施工指針，1996.1
 3)(社)日本鋼構造協会編：鋼構造物の疲労設計指針・同解説，技報堂出版，1993