

I-193

耐候性鋼無塗装溶接継手の10年大気暴露後の疲労挙動

名城大学

近 藤 明 雅

名古屋大学

山 田 健太郎

名古屋高速道路公社

荒 木 準 一

1. まえがき

近年、鋼橋の維持管理費用に占める防食のための塗装費の増加から、耐候性鋼の無塗装使用がクローズアップされてきた。本研究は、10年間大気暴露した耐候性鋼（SMA50）と普通鋼（SM50）のリブ十字すみ肉溶接継手と付加物溶接継手の疲労試験を行って、長期間の大気暴露が、疲労挙動におよぼす影響を検討したものである。また、鋼橋の補修・補強の観点から疲労き裂の早期発見が重要視されている。このため、微少な疲労き裂を発生させた試験片について各種の非破壊検査を行い、疲労き裂の検出精度の比較検討を行った。

2. 疲労試験片¹⁾

試験片の形状と寸法を図1に示す。使用鋼材は、耐候性鋼 SMA50と普通鋼 SM50で、それぞれ JIS G 3114とJIS G 3106 の規格に相当するものである。試験片は、昭和52年9月から昭和63年3月までの 127ヶ月間（約10年間）大気暴露したものと室内で同期間保存したものを使用した。試験片の暴露は、海岸から約1km 離れた鉄構工場内に架台を設置し、特製の碍子を介して、南向き30°の角度で実施した。

3. 疲労試験の結果

(a) リブ十字すみ肉溶接継手

リブ十字すみ肉溶接継手の疲労試験結果を図2と図3に示す。図2は、10年大気暴露した耐候性鋼11本と普通鋼8本の疲労試験結果である。SMA50とSM50の鋼種の違いによる寿命の差はみられず、ほぼ等しい疲労寿命を示している。 $\sigma_r=176.4\text{MPa}$ で試験した12本のうち7本が 4.6×10^6 回以上の繰り返し数でも破断しなかった。また、データのばらつきが大きく、溶接止端形状が、大気暴露によって大きく変化したことがわかる。

図3に、10年大気暴露材の試験結果と無暴露材および4年大気暴露材の結果の比較を示す。実線は無暴露材、破線は4年大気暴露材の95%信頼区間¹⁾である。破断した10年大気暴露材のデータは、ほとんど4年大気暴露材の95%信頼区間にあり、両者の疲労寿命はほぼ同等の傾向を示す。しかしながら、 $\sigma_r=176.4\text{MPa}$ で試験した12本のうち7本の試験片が未破断であること（4年大気暴露材では8本中2本が未破断）を考えると、10年の暴露期間が4年の暴露期間に比べて溶接止端半径をより大きくさせており、疲労寿命が長くなっていることがうかがえる。

(b) 付加物溶接継手

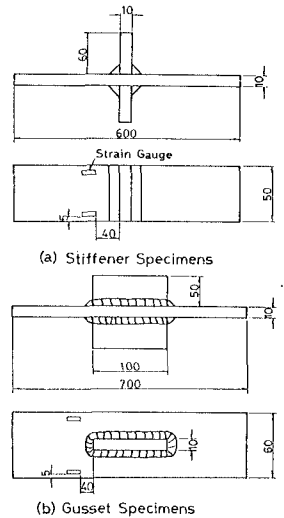


図1 疲労試験片

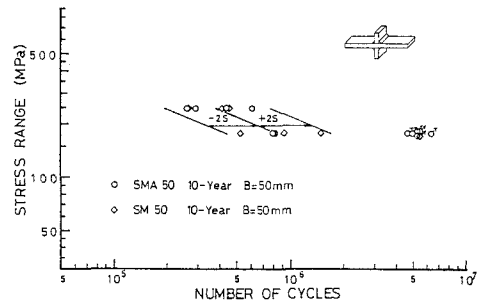


図2 リブ十字すみ肉溶接継手の疲労試験結果

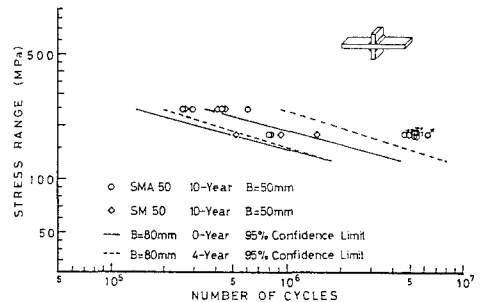


図3 10年暴露材と無暴露材および4年暴露材の疲労強度の比較

図4に、10年大気暴露された耐候性鋼付加物溶接継手10本の疲労試験結果と、無暴露材および4年大気暴露材の結果との比較を示す。実線および破線はそれぞれ無暴露材、4年暴露材の95%信頼区間¹⁾を示す。破断したデータは、すべて無暴露材と4年大気暴露材の95%信頼区間にあり、疲労寿命はほぼ同等であることがわかる。しかしながら、 $\sigma_r=176.4\text{MPa}$ で3本と $\sigma_r=127.4\text{MPa}$ で1本が破断していないことから10年大気暴露材の疲労寿命が、無暴露材や4年大気暴露材より高くなっていることが推定される。なお、4年大気暴露材では、 $\sigma_r=176.4\text{MPa}$ で試験した6本および $\sigma_r=127.4\text{MPa}$ で試験した4本すべてが破断に至った。

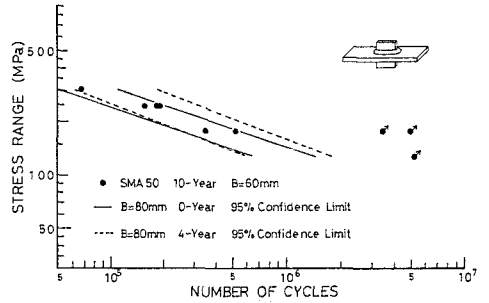


図4 10年暴露材と無暴露材および4年暴露材の疲労強度の比較

4. 非破壊試験による疲労き裂の検出

鋼橋の現場での検査に用いられる非破壊試験法は、目視検査(VT)をはじめとして、磁粉探傷試験(MT)、渦流探傷試験(ECT)、超音波探傷試験(UT)、浸透探傷試験(PT)などである。本研究では、微少な疲労き裂を発生させたと思われる疲労試験片7本を製作し、各種の非破壊試験を行い、疲労き裂の検出精度の比較を行った。また、非破壊検査による疲労き裂検出におよぼす表面錆層の影響を検討するため錆層除去の前後2回非破壊検査を行った。

試験結果の1例を図5に示す。これは、マークされた疲労き裂の形状・寸法・位置と非破壊検査による推定き裂を対応させたものである。図中のA,B,C,Dは試験片の4個の溶接止端部の分類記号である。Aの溶接止端部に4個の半楕円き裂がマークされているが、このうち表面での開口長さ16.79mmの疲労き裂のみ錆層の有無にかかわらずMTおよびECTで検出されているのがわかる。また、窒素冷却後脆性破壊させた溶接止端Dにマークされた長さ5.81mmのき裂も、MT,ECTにより検出されている。

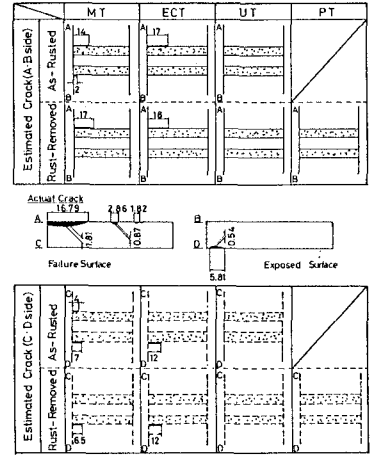


図5 非破壊試験結果の代表例

浸透探傷試験(PT)では、すべての試験片に疲労き裂を検出できなかった。

図6は、実き裂と実き裂深さの関係を示し、そのき裂が、磁粉探傷試験(MT)で検出されたかどうかを区別したものである。0.5mm以下の実き裂深さは、検出不可となっており、1.2mm以上の実き裂深さは確実に検出されている。渦流探傷試験(ECT)および超音波探傷試験(UT)の検出限界は、それぞれ0.9mm, 1.8mm程度のき裂深さであった。

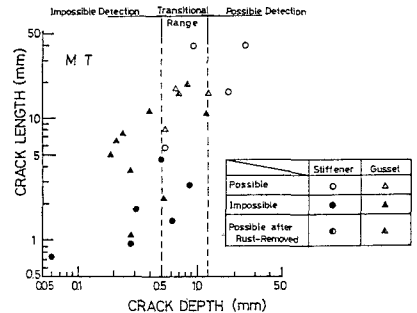


図6 磁粉探傷試験による疲労き裂の検出限界

なお、これらの非破壊試験は、室内において、下向きの作業姿勢で実施されたものであり、現場での検査に比較して作業条件がよい。したがって、本研究による疲労き裂の検出精度は、現場での検査にそのまま当てはまるものではないことに留意する必要がある。

本研究の遂行に当たり、トピー工業の青木尚夫氏、田村勝巳氏、中国エックス線の加藤昌彦氏および関西エックス線の大睦久雄氏には多大な協力をいただいた。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献 1) 山田健太郎, 村山眞, 近藤明雅, 菊池洋一: 大気暴露された無塗装の耐候性鋼および普通鋼溶接継手の疲れ強さ, 土木学会論文報告集, 第337号, 1983年 9月。