

25 年間大気暴露された耐候性鋼と普通鋼溶接継手の疲労強度

○名城大学 学生員 小野彰之 名城大学 正会員 近藤明雅
名古屋大学 正会員 山田健太郎 名城大学 柘植章宏

1. はじめに

耐候性鋼は、鋼材表面に発生する安定錆と呼ばれる緻密な錆が大気環境から素材を保護し、それ以上の錆の発生を防止するという性質を持つ。溶接継手の場合には、大気暴露による腐食後の溶接継手の疲労強度は腐食前のものと比べて同等もしくはそれ以上となる事が知られている¹⁾²⁾。本研究では、約 25 年間大気暴露された耐候性鋼 (SMA490) と普通鋼 (SM490) 溶接継手の疲労試験を行い、過去に行われた大気暴露試験体の結果と比較することにより長期間の大気暴露が疲労強度に及ぼす影響を検討した。

2. 疲労試験

(1) 疲労試験 疲労試験に用いたリブ十字すみ肉溶接継手試験体と面外ガセット溶接継手試験体の形状と寸法を Fig.1 に示す。試験体の大気暴露は、1977 年 9 月から 2004 年 8 月まで 323 ヶ月間、海岸から約 1km 離れた鉄構工場敷地内に架台を設置し、南向き 30° の角度で雨ざらしにして実施した。試験体はリブ十字すみ肉溶接継手試験体が耐候性鋼、普通鋼各 8 本、面外ガセット溶接継手試験体は耐候性鋼 8 本あり、3 種類の応力範囲に分けて疲労試験を行った。疲労試験は MTS 試験機を用いて一定振幅載荷で行い、荷重繰返し速度は 10Hz とした。

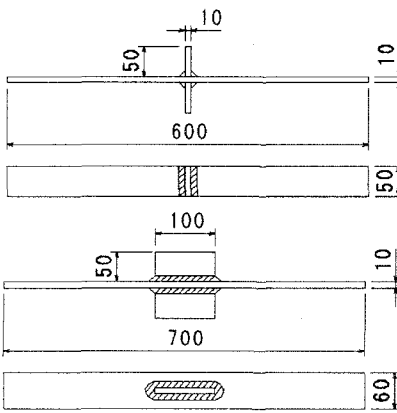


Fig. 1 試験体寸法

(2) 疲労試験結果 耐候性鋼リブ十字すみ肉溶接継手の疲労試験結果と過去の暴露材との比較を Fig.2 に示す。50%破壊確率線と 95%信頼区間は過去に行われた 2,4,10 年大気暴露材の疲労試験結果から作成した。σ_r=245MPa で試験した試験体は 3 体とも 95%信頼区間の中にプロットされ、σ_r=176.4MPa で試験した試験体は 3 体中 2 体が破断し、1 体が上限よりも長寿命側にプロットされた。ここから、25 年暴露した耐候性鋼リブ十字すみ肉溶接継手は過去の結果と比較して疲労強度はほぼ同等であると考えられる。

普通鋼リブ十字すみ肉溶接継手の疲労試験結果と過去の暴露材との比較を Fig.3 に示す。すべての試験結果が 95%信頼区間の中にあることから、25 年間暴露した普通鋼についても過去の試験結果と比較して疲労強度に差はみられない。

暴露環境による比較を Fig.4 に示す。破線は文教地区 25 年暴露材の 95%信頼区間を表す。普通鋼の試験結果は 95%信頼区間の下限付近、もしくは下限よりも短寿命側にプロットされた。工業地区暴露の耐候性鋼は

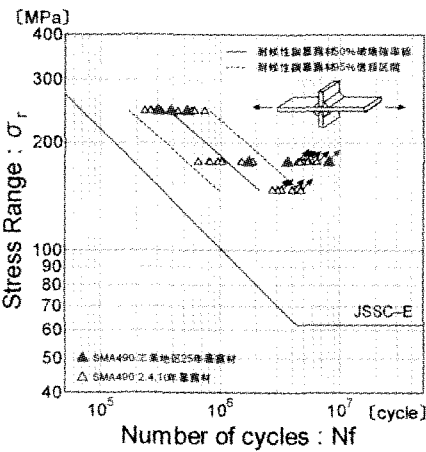


Fig. 2 SMA490 試験結果と過去の暴露材試験結果の比較

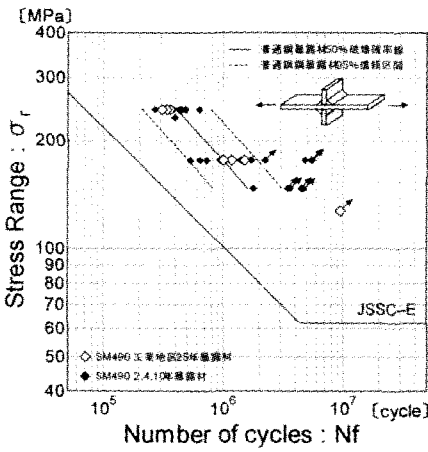


Fig. 3 SM490 試験結果と過去の暴露材試験結果の比較

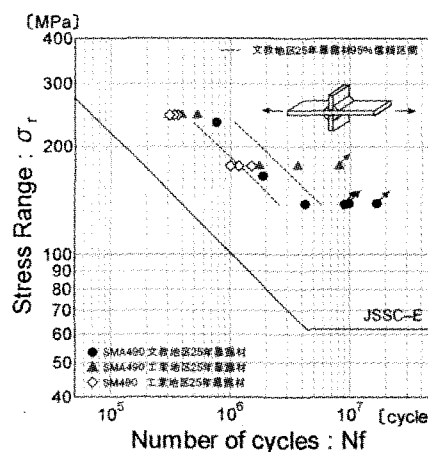


Fig. 4 暴露環境による比較

破断した5体中3体が95%信頼区間の中にあり、長寿命なものと短寿命なものが1体ずつみられた。ここから、工業地区で暴露したものはばらつきは大きくなるが、耐候性鋼は暴露環境によって疲労強度に差はみられない。 $\sigma_r=176.4\text{MPa}$ で試験したものは普通鋼よりも耐候性鋼が長寿命側にプロットされた。

面外ガセット溶接継手試験体の結果と過去の暴露材との比較を Fig.5 に示す。 $\sigma_r=176.4\text{MPa}$ で試験したのものについては3体中2体が暴露材の95%信頼区間の中にあり、 $\sigma_r=245\text{MPa}$ で試験したものは3体とも50%破壊確率線の付近にある。ここから面外ガセット溶接継手も過去の結果と比較して疲労強度に差はないと考えられる。

3. き裂検出塗料の性能評価

(1)方法 き裂検出塗料(T社開発)はエポキシ樹脂系塗料に染料を内包するマイクロカプセルを混合し、これを金属母材に塗布することにより、き裂の発生・伝播に伴うカプセルの破壊とともに染料が流出して塗膜表面で発色し、目視によるき裂検出を容易にするシステムである。塗料塗布のため耐候性鋼と普通鋼リブ十字溶接継手と面外ガセット溶接継手試験体の各2体の溶接止端部の浮きさびを除去した。その上からエポキシ樹脂系防食塗料と染料オイル入りマイクロカプセルを混合したものを均一になるまで攪拌し、刷毛塗りした。約24時間の硬化後、カプセル保護のためエポキシ樹脂系防食塗料のみを上塗りした。塗布後1週間以上置いた後、疲労試験を行った。試験中に塗料の発色がみられたときに塗料の発色長さを測定すると同時にビーチマーク試験を行い、破断面にき裂をマークした。発色状況とその破断面を写真1に示す。

(2)測定結果 塗料の発色長さと、ビーチマーク試験によりマークされたき裂の幅(表面のき裂長さ)を比較して Fig.6 に示す。5mmを越える発色長さがみられたものについては、実際のき裂に近い結果となった。発色長さとのずれが大きかったものの一つは発色長さ1.3mmのときにマークしたき裂が実際には8.15mmあった。また、塗料の発色があっても実際にき裂がみられなかったき裂や、き裂があっても発色がみられない場合もみられた。発色の検出が目視によることを考えても、小さなき裂に対してはあまり高い検出効果は期待できない。ある程度き裂が成長してくると検出精度は良好になるとと思われる。

4. まとめ

- 1) 25年間大気暴露したリブ十字すみ肉溶接継手は、過去の2,4,10年暴露したものと比べて疲労強度に差はみられない。
- 2) 耐候性鋼は工業地区と文教地区で暴露したものに疲労強度の差はみられない。 $\sigma_r=176.4\text{MPa}$ で試験した耐候性鋼は普通鋼よりも長寿命側にプロットされた。
- 3) 面外ガセット溶接継手についても過去の結果と比較して、疲労強度に差はみられない。
- 4) き裂検出塗料はある程度成長したき裂に対してのき裂検出は良好である。

参考文献 1) 近藤・山田・菊池:10年間大気暴露した耐候性鋼と普通溶接継手の疲労挙動,土木学会論文集 No.489/I-27, PP.121~127,1994.4

2) 山田・村山・近藤・菊池: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,1983.9

3) 高橋・秋山・牛嶋・高田・小野口・内田:疲労き裂検出塗料の試作および性能評価,日本造船学会誌 第871号 PP.70~73,2003.1

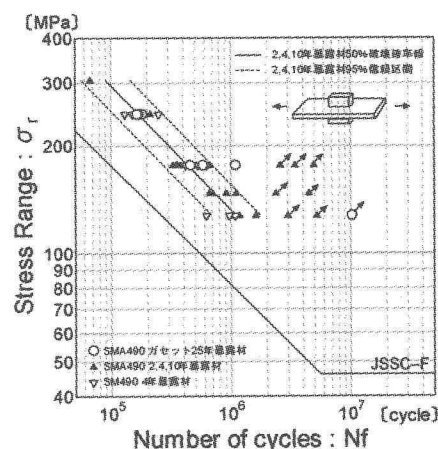


Fig. 5 面外ガセット試験結果と過去の暴露材試験結果との比較

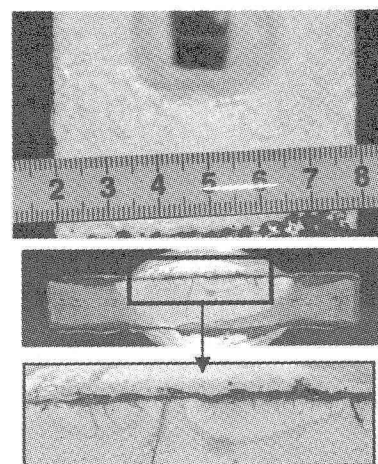


写真1 き裂検出塗料発色状況と実際のき裂

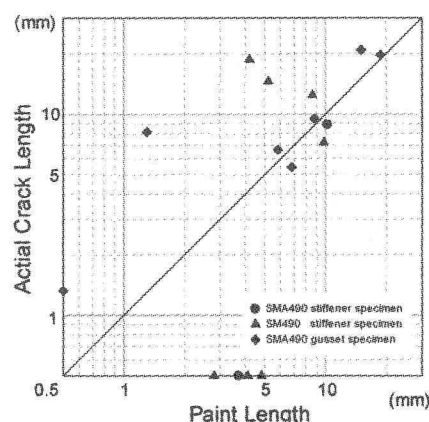


Fig. 6 き裂検出塗料測定結果