

25 年間大気暴露されたリブ十字すみ肉溶接継手の疲労強度

名城大学 学生会員 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さびと呼ばれる緻密なさびが大気環境から素材を保護し、それ以上のさびの発生を防止するという性質を持つ。リブ十字すみ肉溶接継手のような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⁾本研究は、約 25 年間大気暴露された耐候性鋼（SMA490）リブ十字すみ肉溶接継手試験体の疲労試験を行うとともに、耐候性鋼と普通鋼の腐食の進行度を調べ、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、さらに長期間の大気暴露が疲労強度に及ぼす影響を検討したものである。

2. 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の寸法・形状を Fig.1 に示す。試験体は 15 本あり、それを 3 種類に分けて疲労試験を行った。試験体には与える応力範囲より予想される破断繰返し数の 1/4 回を暴露前に载荷した。暴露前に与えた荷重と繰返し数は、183.26 kN で 6 万回、130.34 kN で 17 万回、108.78 kN で 50 万回である。これは、疲労き裂が発生すると予想される繰返し数であり、疲労き裂が発生した状態で長期間大気暴露した場合の影響を考慮するために行ったものである。

大気暴露後の疲労試験は MTS 試験機を用いて一定振幅荷重载荷で行い、荷重繰返し速度は 10Hz とした。

3. 試験結果

本試験結果と無暴露材の比較を Fig.2 に示す。図中の実線は無暴露材の 50%破壊確率線、破線は 95%信頼区間である。25 年暴露材の試験結果の中で暴露前の载荷によってき裂が発生していた試験体の結果は○印で、き裂の発生していなかったものについては●印で示した。暴露後の疲労試験で、2 体の試験体については暴露前に与えた応力範囲と異なる応力範囲で試験を行ってしまったため、暴露前に与えた繰返し数を今回与えた応力範囲での繰返し数に換算して◎印で示した。この 2 体にも暴露前の载荷による疲労き裂が生じていた。疲労き裂が生じていた試験体 9 体（○と◎印）のうち 7 体は無暴露材の 95%信頼区間内にプロットされており、2 体が 95%信頼区間の下限より短寿命側にプロットされている。応力範囲 $\sigma_r=232\text{MPa}$ で試験した 1 体は大気暴露前の繰返し数を合計して 109,700 回で破断した。この試験体の破断面には暴露前の繰返し载荷により深さ $a=2.23\text{mm}$ の疲労き裂が生じていた。 $\sigma_r=167\text{MPa}$ で試験した 1 体は 540,000 回で破断したが破断面には深さ $a=0.56\text{mm}$ の疲労き裂が生じていた。暴露前の繰返し载荷による疲労き裂が認められない試験体（●印）3 体の結果は、無暴露材の 95%信頼区間の上限よりも長寿命側にプロットされている。これらの結果から、大気暴露前の繰返し荷重载荷により、大きな疲労き裂が生じた試験体を除けば、疲労き裂が存在する状態で長期間大気暴露を行った場合でも疲労試験データは無暴露材の 95%信頼区間内およびその下限付近にあり、暴露材の疲労寿命と同等であることがわかる。また暴露前の繰返し载荷により疲労き裂が生じていない場合には、無暴露材より疲労寿命が向上する。過去に行われた

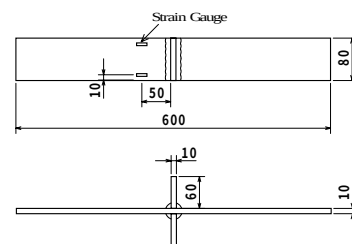


Fig.1 試験体寸法

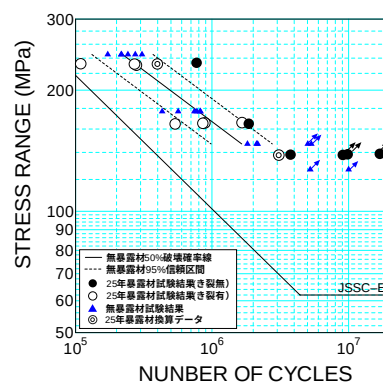


Fig.2 無暴露材試験結果との比較

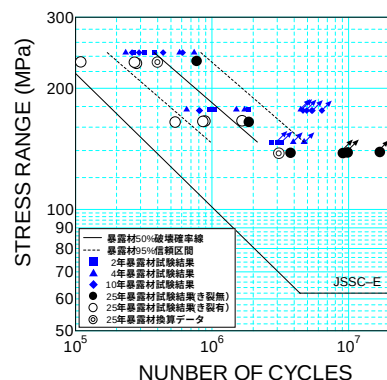


Fig.3 暴露材試験結果との比較

2,4,10 年大気暴露材の試験結果との比較と、暴露材の 50%破壊確率線、95%信頼区間を **Fig.3** に示す。き裂の発生していた試験体はグラフの短寿命側にプロットされ、き裂のなかった試験体は過去の暴露材試験結果の 95%信頼区間の中の長寿命側にプロットされた。よって、き裂が発生していない 25 年大気暴露材は 2, 4, 10 年大気暴露材と比べて疲労強度の低下はみられず、ほぼ同等であると考えられる。

4. 溶接止端形状の測定

大気暴露による止端形状の変化を把握するため、溶接止端形状を測定した。測定方法は、薬品によってさび層を除去した後、止端部をシリコン印象材で型取り、それを 1mm 程度の薄片に分割し、スキャナーで読み取る事により止端半径 ρ と止端角 θ を測定した。過去のデータとの比較を **Fig.4** に示す。図中の下 2 つの測定結果が文教地区で大気暴露を行った試験体であり、それ以外は工業地区で暴露したものである。暴露材は無暴露材に比べて、いずれも ρ が大きくなっている事がわかる。工業地区で 25 年大気暴露した試験体の ρ の下限値は約 1mm であり、10 年大気暴露材と比べてほぼ同等となっている。 θ は、工業地区で 25 年大気暴露した試験体の平均値、95%信頼区間ともに無暴露材とほぼ同等であり、文教地区で 25 年大気暴露した試験体は 10 年暴露材に近い。 θ に関しては、試験体製作時の溶接形状に依存し、大気暴露により大きく変化しないものと思われる。

5. 腐食厚さおよび腐食ピット深さの測定

長期間の大気暴露によって腐食がどの程度進行しているかを調べるため、腐食厚さと腐食ピット深さの測定を行った。測定方法は、研削盤を用いて表面から約 0.03mm ずつ削り、鋼材が全体に広がるまでを腐食厚さとした。さらに研削し、ピットが無くなるまでを腐食ピット深さとした。測定には精度 1/1000mm のダイヤルゲージを用いて 3 カ所測定し、その平均値を研削深さとした。測定は、工業地区で暴露した耐候性鋼（SMA490）と普通鋼（SM490）、文教地区で暴露した耐候性鋼の各上下面、計 6 種類について行った。腐食ピット深さの測定結果を **Fig.5** に示す。最も深かったものは SM490 の下面で 0.815mm である。上面よりも下面の腐食ピットの方が深く、工業地区暴露に比べ文教地区暴露の方が腐食量は少ない。10 年大気暴露材の測定結果と比較すると、どの結果も 10 年暴露材より腐食ピットは深くなっている。

6. 結論

1) 暴露前の繰返し载荷によって疲労き裂が発生していた試験体の疲労寿命は、き裂の大きいものを除けば 2,4,10 年暴露材とほぼ同等である。

2) 疲労き裂が生じていない試験体の疲労寿命は 2,4,10 年暴露材とほぼ同等であり、疲労寿命の低下はみられない。無暴露材と比較すると、疲労寿命の向上がみられた。

3) 工業地区と文教地区で 25 年間大気暴露した試験体の ρ は、工業地区で 10 年間大気暴露したものとほぼ同等である。また、 θ は製作時の溶接形状に依存し、大気暴露によってあまり変化しないと考えられる。

4) 腐食ピットは耐候性鋼、普通鋼ともに 10 年大気暴露材と比べて深くなっているが、腐食ピットの深さは耐候性鋼に比べ普通鋼の方が深く、上面よりも下面の方が深い。文教地区で大気暴露を行った試験体は工業地区よりも腐食の進行が遅い。

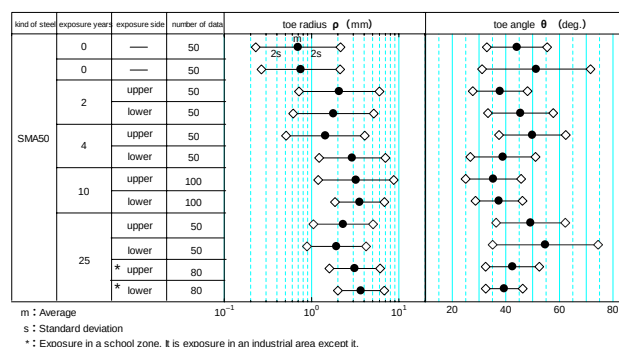


Fig.4 止端形状測定結果と過去のデータの比較

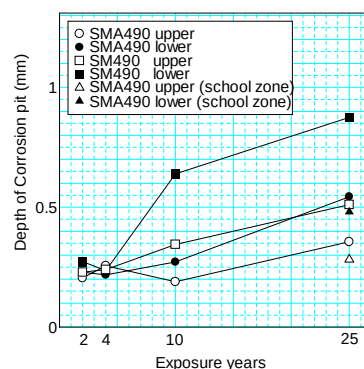


Fig.5 腐食ピット深さ測定結果

参考文献 1) 近藤明雅・山田健太郎・菊池洋一：10 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，1983.9