

大気暴露した耐海水性鋼の疲労強度について

広島工業大学 正員 村中 昭典 広島工業大学 正員 皆田 理
三菱重工業（株）正員 池田 宗弘 菱明技研（株） 正員 梶本 勝也

1. はじめに

近年、鋼構造物の腐食対策を目的として耐海水性鋼材が開発されている。一般に耐海水性鋼材と呼ばれる鋼材は構造用鋼の特徴である機械的性質、加工性、溶接性に比べて海水に対する耐食性を付加したいわゆる耐海水性低合金鋼のことである。耐海水性鋼材を用いた構造物の長期にわたる安全性、信頼性を確保するためには、腐食環境下での腐食進展挙動や疲労挙動を明確にしておく必要がある。著者らは既に1年間大気暴露した耐海水性鋼の腐食進展挙動や疲労挙動について報告している¹⁾。本研究は、さらに3年間大気暴露を継続して得られた耐海水性孔あき鋼板、及び溶接継手の疲労挙動を確認するために実施した疲労試験結果の報告である。

2. 実験概要

使用鋼材は耐海水性鋼材として、A、B材の2種類、及び一般構造用鋼材（SS400）である。表-1、及び2に使用した耐海水性鋼材とSS400材の機械的性質、並びに化学成分を示す。表-2に示すように、耐海水性鋼材はSS400材に比して耐食性を増すためにAl、Ni、Cr、Cu等の元素を含有しているのが特徴である。図-1は疲労試験に用いた供試体の形状、及び寸法を示す。大気暴露試験供試体は約14ヶ月間（1年暴露と略称）と約40ヶ月間（3年暴露と略称）海上に設置された渡橋下面で暴露したものである。溶接継手供試体についてはリブ付き側が下向き（海面側）と上向き（非海面側）の2方向になるように暴露した。疲労試験は周波数8Hzの完全片振引張試験で実施した。

3. 疲労試験結果、及び考察

3.1 孔あき鋼板 図-2に孔あき鋼板の疲労試験結果を示す。縦軸の作用応力は公称応力で算出したものである。同図より、1年暴露材の試験結果ではSS400材と耐海水性鋼A材はばらつきを考慮すると無腐食材とほぼ同等程度の疲労強度を有している。これに対して耐海水性鋼B材の試験結果では200万回疲労強度は無腐食材に比して約30%程度低下している。これはB材の材料強度が高いために、腐食による表面不整の影響を強く受けたことによるものと考えられる。また、3年暴露材の試験結果

表-1 使用鋼材の機械的性質

鋼種	降伏点 σ_y (MPa)	引張強さ σ_B (MPa)	伸び El. (%)
SS400	288	432	44
耐海水性鋼 A材	384	489	46
耐海水性鋼 B材	439	578	23

表-2 使用鋼材の化学成分（%）

鋼種	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Al
SS400	0.14	0.15	0.70	0.017	0.014				
耐海水性鋼 A材	0.08	0.25	1.12	1.120	0.004	0.03	0.13	0.64	0.46
耐海水性鋼 B材	0.10	0.81	0.79	0.790	0.030	0.18			

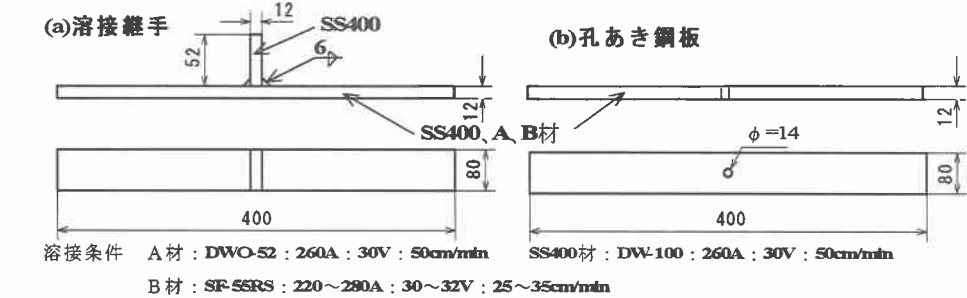


図-1 供試体の形状、及び寸法

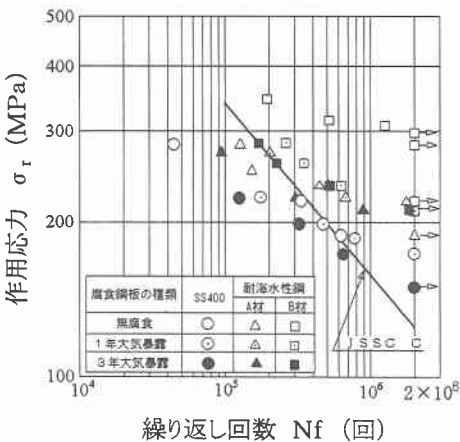


図-2 S-N関係（孔あき鋼板）

では、SS400 材は 1 年暴露材の試験結果に比して若干低い疲労強度となっているのに対し、耐海水性鋼 A、B 材においては 1 年暴露材の試験結果とほぼ同等程度の疲労強度となっている。3 年暴露後の耐海水性孔あき鋼板の 200 万回疲労強度は A、B 材ともに JSSC 疲労設計基準 C 等級を上回る。

3. 2 溶接継手 図-3 に溶接継手 (SS400) の疲労試験結果を示す。同図より、実環境暴露後の疲労強度は大幅に上昇している。実環境暴露後の止端半径は無腐食継手に比して増加しており、溶接止端部の応力集中率の低下が疲労寿命の向上に対して寄与しているものと考えられる。暴露期間の影響は 1 年暴露に比して 3 年暴露において若干疲労強度低下傾向が見られるがほぼ同等と見なせる。なお、暴露方向による疲労強度への影響は見られない。

図-4 に溶接継手 (耐海水性 A 材) の疲労試験結果を示す。同図より、実環境暴露後の疲労強度は大幅に上昇している。これは SS400 材を用いた溶接継手の場合と同様に止端半径の増大によるものと考えられる。しかしながら、3 年暴露において下向きに暴露した継手の疲労強度は上向きに暴露した継手の疲労強度に比して低下する。一方、溶接継手 (耐海水性 B 材) の疲労試験結果 (図-5) では暴露年数と共に疲労強度は低下傾向を示す。また、暴露方向による疲労強度の影響については、耐海水性鋼 A 材とは逆に上向きに暴露した継手において低下傾向が見られる。このように、暴露方向によって継手の疲労挙動が相違する要因は、溶接止端部近傍の腐食状態に起因するものと推定される。よって、今後溶接止端部近傍の腐食挙動を詳細に調査し、検討する必要がある。なお、本試験の範囲において、腐食前後の耐海水性鋼溶接継手の 200 万回疲労強度は両材ともに JSSC 疲労設計基準 D 等級を上回る。

4. まとめ 耐海水性鋼を用いた孔あき鋼板と溶接継手の疲労強度に及ぼす腐食の影響を確認するために一連の疲労試験を実施した。本研究の範囲において以下のような結論が得られた。

- (1) 3 年大気暴露した孔あき鋼板の疲労強度は SS400 材において 1 年暴露後の疲労強度に比して若干低下する。これに対して、3 年暴露後の耐海水性孔あき鋼板は A、B 材ともに 1 年暴露後のそれとほぼ同等であった。また、JSSC 疲労設計基準の C 等級を上回る。
- (2) 耐海水性鋼 A、B 材を用いた溶接継手の 3 年暴露後の疲労強度は 1 年暴露したそれらに対して若干低下の傾向を示した。しかしながら、本試験の範囲において、腐食前後の耐海水性鋼溶接継手の 200 万回疲労強度は両材ともに JSSC 疲労設計基準 D 等級を上回る。

最後に、本試験を実施するにあたり多大なご協力をいただいた新日鐵 (株) 及び NKK (株) の両社、並びに関係各位に対し、ここに記して感謝の意を表します。

【参考文献】 1) 村中昭典、黒岩大也、皆田理：耐海水性鋼材の腐食疲労強度について、第 52 回土木学会中国支部研究発表会発表概要集、I-1, pp.1~2、平成 12 年。

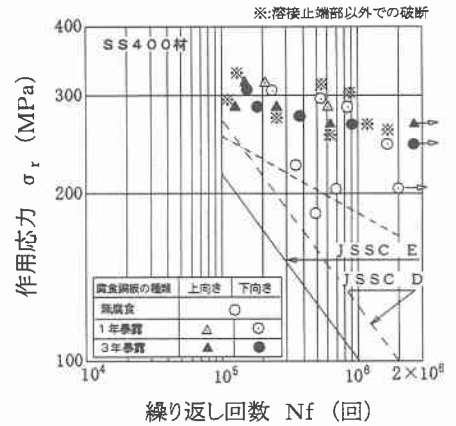


図-3 S-N 関係 (SS400)

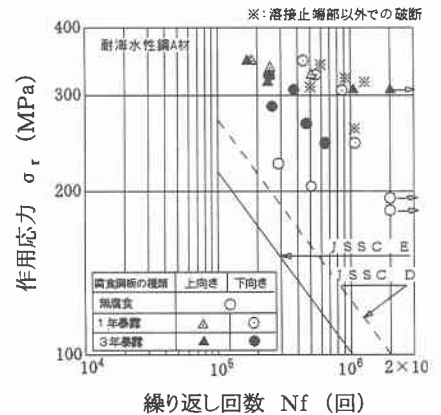


図-4 S-N 関係 (耐海水性 A 材)

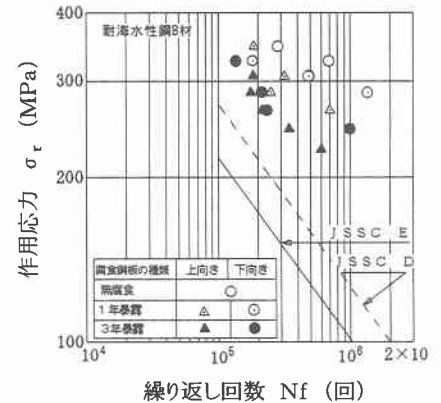


図-5 S-N 関係 (耐海水性 B 材)