

耐海水性鋼材の腐食疲労強度について

広島工業大学 正員 村中 昭典
 三菱重工業 (株) 正員 黒岩 大也
 広島工業大学 正員 皆田 理

1. はじめに

土木構造物はその設置場所や構造部位の環境条件が多岐にわたる。特に海洋鋼構造物や海に隣接した鋼構造物の稼働する環境は厳しいものであり、腐食の影響は、それら鋼構造物の安全性確保の観点から無視できない問題である。そのため、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。そこで本研究は、実環境下と腐食促進試験とによって腐食させた耐海水性鋼板、並びに溶接継手の疲労試験を実施し、その疲労挙動についての基礎的資料を得たものである。

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

を含有しているが特徴である。図

-1 に供試体の形状、及び寸法を

示す。実環境暴露試験供試体は約 14 ヶ月間渡橋下面

で暴露したものである。促進腐食試験供試体は JIS Z

2371 に規定する装置を用いて連続塩水噴霧を 500 時

間実施した。疲労試験は周波数 8 Hz の完全片振引張

試験で実施した。

3. 実験結果

3. 1 腐食量及び表面粗さ測定 表-3 に腐食促進試験と実環境暴露試験での腐食減量の測定結果を示す。同表より、実環境暴露試験結果では耐海水性鋼材の方が SS400 材に比して若干ではあるが小さい。腐食促進試験では耐海水性鋼材の方が SS400 材に比して約 8~20% 小さい。これより、耐海水性鋼材の耐食性の効果は腐食期間が長くなるに伴って顕著に現れてくるものと推定される。腐食促進試験と実環境暴露試験を比較すると腐食促進試験の腐食減量は実環境暴露試験に比して約 1.8~2.2 倍程度大きく、実環境の 2 年以上に相当するものと考えられる。表-4 に腐食鋼板の表面粗さ測定結果を示す。最大粗さは両試験とも耐海水性鋼材に比して SS400 材が大きい。図示していないが表面粗さ曲線を見ると SS400 材は凹

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			

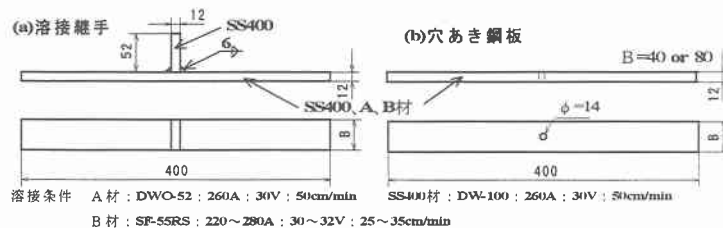


図-1 供試体の形状、及び寸法

表-3 暴露試験片の腐食減量

鋼種	腐食促進試験 (g/m ²)	実環境暴露試験 (g/m ²)
耐海水性鋼 A材	590	329
耐海水性鋼 B材	674	315
SS400	734	339

凸の激しい腐食形態であり、耐海水性鋼材は鋼板面が平均的に腐食する均一腐食する状態となっている。

3. 2 疲労試験結果

図-2に孔あき鋼板の疲労試験結果を示す。縦軸の作用応力は腐食を考慮した実断面積より算出したものである。同図より、SS400材と耐海水性鋼A材は両腐食試験による腐食材とも無腐食材に比してほぼ同等程度かまたは若干高い疲労強度を有している。これに対して耐海水性鋼B材は両腐食試験による腐食材とも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材の孔あけ加工精度がA材に比して高く、また孔部周辺を面取りしているため、孔部の応力集中率が小さいことと材料の降伏点が高いことによって腐食の影響を受けていない無腐食材の疲労強度が高くなっていることによるものと考えられる。200万回疲労強度をみると、腐食前後の耐海水性鋼はA、B材ともにJSSC疲労設計基準のC等級を上回る。図-3に溶接継手の疲労試験結果を示す。促進試験によって腐食されたSS400材、及び耐海水性鋼A、B材の疲労強度は無腐食材に比して若干低下の傾向を示している。この原因は腐食促進試験の場合、溶接部止端部に塩水が溜まり、溶接止端部に沿って深い孔食が発生し溶接止端部全面より亀裂が発生、進展して破断に至ることによるものである。一方、実環境暴露試験後のB材の疲労強度が長寿命域では無腐食材のそれと同等であるのに対してSS400材と耐海水性鋼A材の実環境暴露試験後の疲労強度は大幅に上昇している。表-5は止端半径測定結果を示したものである。SS400材及びA材の実環境暴露試験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。なお、200万回疲労強度は腐食前後の耐海水性鋼材は両材ともにJSSCの疲労設計基準D等級を上回る。

4. まとめ

耐海水性鋼材の暴露試験と疲労試験を実施した結果、本研究の範囲において以下のような結論が得られた。

- (1) 腐食促進試験より、耐海水性鋼材の腐食量はSS400材の腐食量の約85%程度であった。
- (2) 腐食した孔あき鋼板SS400材、及び耐海水性鋼材の疲労強度は無腐食の孔あき鋼板SS400材の疲労強度と同等またはそれ以上となる。
- (3) 実環境で暴露したSS400材、及びA材の溶接継手疲労強度は無腐食材のそれらに対して上昇した。またB材についてはほぼ同等であった。

本実験は短期間の暴露試験によって得られた耐海水性孔あき鋼材、及び溶接継手の疲労強度特性について報告したものであるが、実環境暴露試験は継続して実施しており、今後、それらについて報告する予定である。最後に、試験体をご提供いただいた新日鐵(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。

表-4 鋼板表面粗さ測定結果

	無腐食			腐食(腐食促進試験)			腐食(実環境暴露試験)		
	SS400	耐海水性鋼		SS400	耐海水性鋼		SS400	耐海水性鋼	
		A材	B材		A材	B材		A材	B材
Ra (μm)	6.4	6.3	7.8	7.3	6.7	8.9	8.3	8.3	7.4
Rmax (μm)	123.9	115.9	121.2	202.3	184.3	192.3	181.1	128.1	136.6
Rz (μm)	88.9	83.4	89.4	127.0	118.0	146.3	132.5	105.4	97.0

Ra: 中心線平均粗さ、Rmax: 最大高さ、Rz: 十点平均粗さ

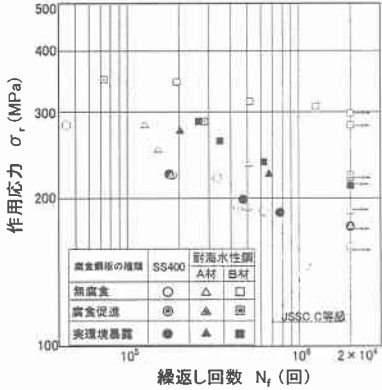


図-2 S-N関係(孔あき鋼板)

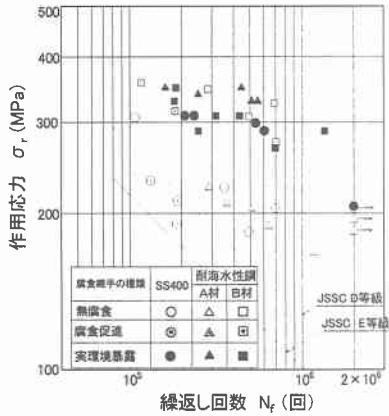


図-3 S-N関係(溶接継手)

表-5 溶接部止端半径測定結果 (mm)

腐食継手の種類	SS400	耐海水性鋼	
		A材	B材
無腐食	1.78	1.68	2.95
腐食促進試験	1.48	0.79	2.82
実環境暴露試験	2.33	2.02	2.46