

広島工業大学 正員 皆田 理
 神戸大学 正員 西村 昭
 阪神高速道路公団 正員 江見 晋

1. まえがき 全天候下における構造物は、各種環境下で、海塩粒子、降下ばいじんなど腐食促進因子を含有する降水、または結露によるぬれと乾燥との腐食条件の変動のもとで繰返し応力を受けている。したがって、鋼構造物の耐疲労性状をみる場合、腐食環境下における疲労挙動を把握しておくことは、極めて重要と考えられる。ここでは、鋼橋で一般に用いられるガセット継手を取り挙げ、疲労設計、及び維持、管理のための資料を得ることを目的とし、腐食環境、並びにそれらの変動下における疲労強度を把握するために行なった疲労試験結果を報告する。

2. 供試体、及び試験要項 供試体の形状、寸法は図-1に示す通りである。母板鋼種は、海洋構造物に多く用いられるSM50A、及びHT80の2種類である。ガセット鋼板は50キロ鋼で母板に手溶接で取り付けた。疲労試験開始時の供試体の状態は、無腐食材、及び腐食促進試験によって得た腐食材の2種類で、それらについて空中疲労、腐食疲労(3% NaCl 溶液中浸漬)、及び間欠疲労の各試験を行なった。なお間欠疲労試験はHT80供試体のみについてDryとWetとの継続時間比Aを0.7として実施した。疲労試験は下限荷重1t(≒1kgf/mm²)、繰返し速度毎分600回とする部分片振荷重で行なった。表-1、及び2に使用した鋼板の化学成分、及び機械的性質を示す。

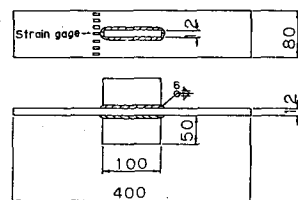


図-1 供試体

表-1 化学成分(%)

鋼 種	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	V	B	Ti	Al
	×100			×1000		×100			×1000	×10000	×1000		
SM50A	15	34	132	20	7	—	—	—	—	—	—	—	—
HT 80	14	26	98	13	7	6	17	17	25	38	9	3	47

表-2 機械的性質

鋼 種	降 伏 点 (kgf/mm ²)	引 張 強 さ (kgf/mm ²)	伸 び (%)
SM50A	42	58	29
HT 80	78.8	85.0	25

3. 試験結果、及び考察 図-2は、疲労試験実施前に両鋼種の腐食前後の継手5体について図-1に示す位置の残留応力を測定し、各測点の平均値を図示したものである。同図からわかるように腐食材では、残留応力の減少が認められる。無腐食材の継手に対する腐食材の引張最大残留応力の低下率はSM50A及びHT80継手でそれぞれ約6%、及び11%であった。空中疲労におけるガセット継手の疲労強度が、腐食材で上昇し、その要因が溶接止端半径の増大に起因していることは山田・村山らによって指摘されている。本試験結果においても腐食材の空中疲労強度は、無腐食材に比して上昇することが確認された。このことから腐食材の疲労強度の上昇には、溶接止端半径の増大に加えて、残留応力の減少も寄与していると考えられる。図-3(a)、(b)は疲労試験によって得たS-N曲線である。同図から、腐食環境下における疲労強度は、空中疲労強度に比して明らかに低下する。空中疲労試験データのデータがS-N曲線のまわりで大きなばらつきを示しているのに対して、腐食疲労の場合、そのばらつきは極めて小さく、大部分の実験点はS-N曲線上に位置する。環境によるこのばらつきの差は、空中疲労では、継手の溶接止端形状によって生ずる応力集中の差異が疲労寿命に影響を及ぼした結果と考えられる。これに対し、腐食疲労では、止端形状による応力集中の影響より、繰返し荷重下で局部電池の動きによって鋼板表面すべり帯に生ずる腐食坑からの疲労フラックの発生、進展が疲労寿命を決定する

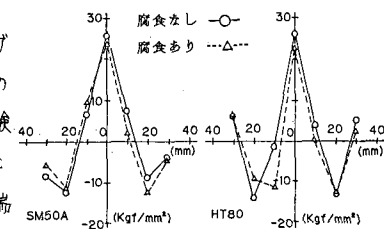


図-2 腐食前後の残留応力分布

主要因となるためと考えられる。これはSEMによるフラクトグラフィからも認められる。すなわち、空中疲労では、溶接部周辺のサブクラックは認められず、疲労破面はストライエーション支配となっている。一方腐食疲労では、溶接部周辺にサブクラックが多数発生し、破面は粒界割れ支配の破面状態となっている。図中破線で示した前腐食を有する腐食疲労試験結果も、空中疲労に比して腐食環境下での疲労強度は低下する。ことにHT80継手の低下は顕著なものとなり、疲労強度は、SM50Aに比して約20%低下する。この結果から、腐食環境下における腐食Pitの存在は、鋼板強度が高いものほど影響が大きいものと予想される。

次に塩水中における無腐食材と腐食材の疲労強度を比較した場合、無腐食材は、腐食材に比して低下する。腐食環境下で繰返し荷重を受けた無腐食材が多数の非常に鋭いサブクラックが生ずるが、腐食材では比較的なみを帯びた少数のサブクラックしか生じない。このことから腐食環境中において溶接形状による応力集中の影響が小さいならば、両継手の疲労強度は、発生する疲労クラック形状の相違と、残留応力の大きさによって影響を受けるものと考えられる。図-4は、腐食疲労と空中疲労とを交互に繰返す間欠疲労試験結果を示したものである。間欠疲労試験結果は空中疲労(Dry)と腐食疲労(Wet)との中間に位置し、Wetへ繰返し数が多くなるほど腐食疲労S-N_f線に近づくことが、予想される。図中破線のS-N_f線はマイナー則が成立すると仮定して得た中村らの間欠疲労推定S-N_f線である。推定S-N_f線はガセット継手に対しても試験結果とはば一致する。

4. まとめ 本試験ではガセット継手の腐食疲労強度、及び間欠疲労強度について検討した。実構造物では年間を通して降水、結露によるぬれの期間が長く D_{wet}/D_{total} の比が非常に小さい地域も存在する。この場合、設計上の疲労強度は、腐食疲労強度を基準としておくことが、妥当と考えられる。なおAASHTO, CATEGORY Dの疲労許容応力度は、腐食疲労強度に対してもなお1.0以上の安全率を有している。

参考文献

- ①山田健太郎、村山長ほか：大気暴露された無塗装の耐便性鋼及び普通鋼溶接継手の耐水強さ、土木学会論文報告集、第337号、pp67~74、1983、9。
- ②H. Arnold: Wechselfestigkeit. metallischer Werkstoffe, J. Springer, 1934。
- ③中村宏・田中真一：機械の疲労寿命算出法、pp159~162 昭和47年5月。
- ④AASHTO: Standard Specifications for Highway Bridges, Twelfth Edition, 1977。

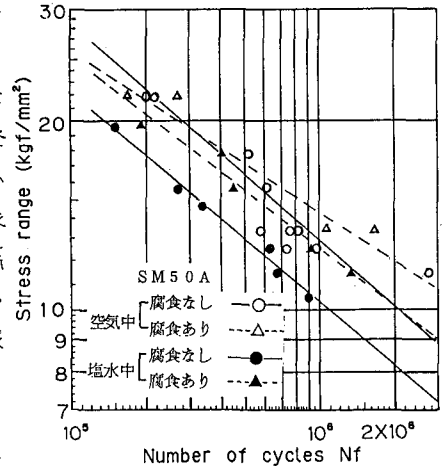


図-3 (a) S-N_f線図

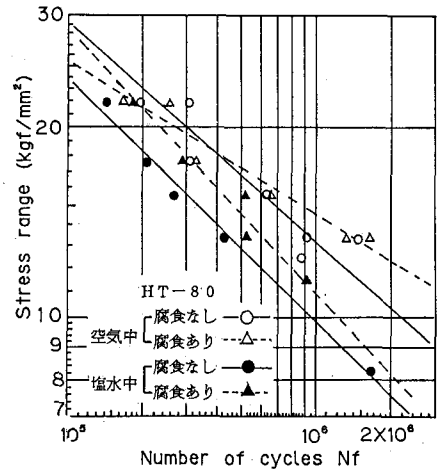


図-3 (b) S-N_f線図

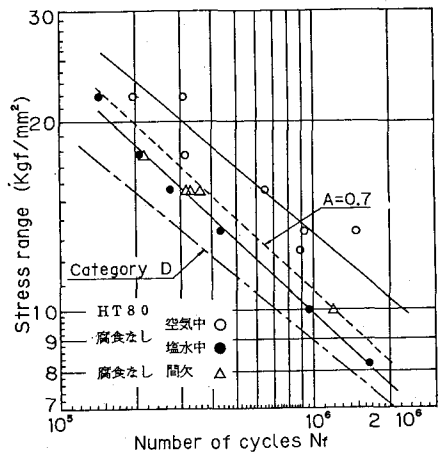


図-4 Category D (AASHTO)との比較