

(446) 寒冷地環境下における高張力鋼の腐食疲労き裂進展挙動

三菱重工業(株)広研, 江原隆一郎, 長研, 紀博徳, 中野庄善
新日本製鉄(株)製品技研, 石黒隆義, 半沢貢, 横田彦二郎

1. 緒言; 近時, 海洋構造物, 建設機械及び天然ガス輸送設備等の寒冷地用製品用材料として高張力鋼を使用する機会が増大しつつある。なかでも, 海洋構造物は極寒において強風, 波浪及び流水等の厳しい動的荷重を受けるため, その安全性確保のためには使用鋼材の疲労強度を十分把握しておくことが必要である。特に, 溶接継手に関しては微小な溶接欠陥から進展した疲労き裂から脆性破壊の生ずる可能性が多い。そこで, 本研究においては 60 kg/mm^2 及び 80 kg/mm^2 級高張力鋼の母材及び溶接継手の低温 (-60°C) 大気及び低温 (4°C) 海水中での疲労き裂進展挙動について調査した。

2. 実験方法; 供試材は板厚 25 mm の HT60 (Welten 60, $\sigma_y = 55 \text{ kg/mm}^2$, $\sigma_B = 66 \text{ kg/mm}^2$) 及び HT80 (Welten 80, $\sigma_y = 78 \text{ kg/mm}^2$, $\sigma_B = 83 \text{ kg/mm}^2$) で, サブマージアーク溶接後板厚 10 mm , 板巾 100 mm , 長さ 800 mm の平板試験片を切出した。中央切欠は直径 2 mm の丸穴の両側に巾 0.2 mm , 先端の半径 0.1 mm のカットを放電加工により導入し, 作製した。 -60°C の大気中での実験は, 40 Ton 電気油圧疲労試験機により, $R(\sigma_{\min}/\sigma_{\max}) = 0.1, 0.4, 0.7$, 繰返し速度 $0.16, 1.6, 16.7 \text{ Hz}$ で実施した。 4°C 海水中での実験は, 15 Ton 電気油圧疲労試験機により, $R = 0.1, 0.4$, 繰返し速度 $0.16, 1.6, 5 \text{ Hz}$ で実施した。海水環境は市販のアクアマリン(ハ洲薬品(株)製)から作製した人工海水とし, 直列に並べた2個の冷凍庫を通すことにより 4°C に調節した。疲労き裂長さは大気中での実験ではクラック・ゲージ, 海水中での実験では読取顕微鏡により測定した。なお, 疲労試験後の破面は SEM をて詳細に観察した。

3. 実験結果; (1) 大気中における HT60 及び HT80 の -60°C での疲労き裂進展速度 (da/dN) は室温での da/dN の約 $1/2 \sim 1/3$ である。 HT60 では母材に比べ熱影響部の da/dN が大となるが, HT80 では母材と溶接部の da/dN と相違は認められない。また, da/dN におよぼす応力比 R 及び繰返し速度の影響は -60°C においても室温の場合と同様に認められない。(2) 4°C 人工海水中における HT80 の腐食疲労き裂進展速度 (da/dN)_{CF} は大気中に比較し最大4倍早くなる。(da/dN)_{CF} は試験速度が遅くなるほど, 応力比が大となるほど早くなる(図1)。また, 熱影響部に比較し母材の (da/dN)_{CF} が早くなる。大気中に対し, 最もき裂進展が促進される臨界の応力拡大係数の範囲 (ΔK_c) とき裂進展速度 (da/dN)_c と繰返し速度との間には良い対応関係がある。(3) -60°C の大気中での母材の疲労破面は室温の場合と同様で, 低 ΔK 領域ではマルテンサイト・ラスク沿った組織依存の粒内破面を呈し, ΔK が大になると水でストライエイションが支配的な破面を呈する。また, 粒界破面もところどころ認められた。溶接金属の疲労破面にはストライエイションが支配的に現れたが, 直径約 $1 \mu\text{m}$ 以下の微小なキヤビティも観察された。熱影響部の疲労破面においてストライエイションが支配的に認められたが, HT80 の場合にはへき面破面が認められた。(4) HT80 の腐食疲労破面の起点部には腐食ピット及び複数のスチキ裂が認められた。進展部の破面は熱影響部, 母材ともに粒内破面が支配的だが, 母材の破面にはところどころ粒界破面が認められた。

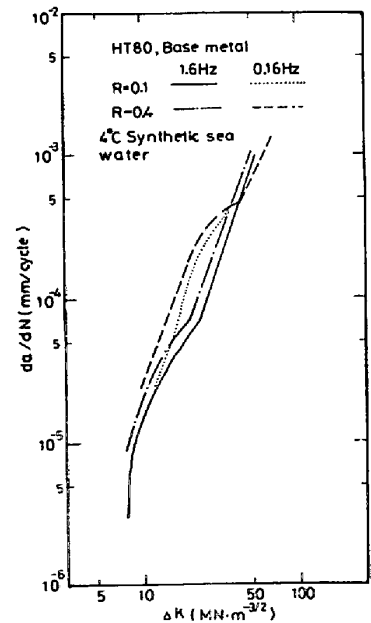


図1. 腐食疲労き裂進展速度におよぼす応力比の影響 (HT80母材, 4°C 人工海水)