

孔食を有する鋼板の疲労寿命低下に関する検討

神戸製鋼所 正会員 ○河本 恭平, 山田 岳史
 港湾空港技術研究所 正会員 岩波 光保

1. まえがき

飛来塩分を受ける海浜環境に曝される溶接構造物では、腐食減肉後の疲労トラブルが生じるケースがある⁽¹⁾。腐食後の疲労寿命の評価については、一様減肉は断面性能を小さく見積もれば対応できるが、局部減肉により応力集中が生じる場合の評価方法は必ずしも明らかでない。応力集中源を有する鉄鋼材料の疲労評価法としては、応力集中源となる欠陥寸法から疲労限度を見積もるための $\sqrt{\text{area}}$ パラメータモデルを用いた方法⁽²⁾が知られている程度であり、こと溶接継手の疲労寿命については評価法が確立していないのが現状である。

本検討では、海浜環境で腐食劣化を受けて孔食が発生した場合について、その疲労寿命の低下を見積もることを目的とした。溶接構造物では溶接部での損傷が支配的であることから、母材に加えて溶接継手での特性を主な評価対象とする。疲労試験による寿命低下量の把握に加えて、鋼材表面の凹凸形状に着目し、その形状を計測することによって寿命低下割合との関係付けを行う。

2. 供試体、試験方法

海浜環境において曝露試験を行うことによって鋼板の腐食劣化を促進させ、鋼板表面の凹凸形状の測定を行い、さらにその鋼板から試験片を加工して疲労試験を行った。供試材は溶接構造用圧延鋼材 SM490A（板厚6mm）であり、表面は黒皮を有したままの状態である。試験片は母材と突合せ溶接継手であり、図1にそれらの形状を示す。曝露用の試験片と、後述する疲労試験片の形状を併せて示した。

曝露試験は、実海水を定期的に噴霧する曝露場を有する港湾空港技術研究所（横須賀市）において行った。試験片は、端部に設けた孔にビニル被覆線を通して鉛直に吊り下げた状態で設置しており、曝露期間中は2回／日の頻度で海水の噴霧を受ける。曝露期間は約1, 2, 4, 12ヶ月の4条件である。曝露後の試験片には表面に錆の層が生じたため、クエン酸水素二アンモニウム水溶液に浸漬させて錆を除去した。錆を除いた後の試験片の表面には、曝露期間によらず最大で直径1mm オーダーの孔食が生じていた。

曝露試験の後、図1に示した疲労試験片の形状に機械加工を行った。その後、各試験片を対象として、重量計測を通じた板厚減少推移の調査、レーザ計測による表面凹凸性状の調査、疲労試験を実施した。

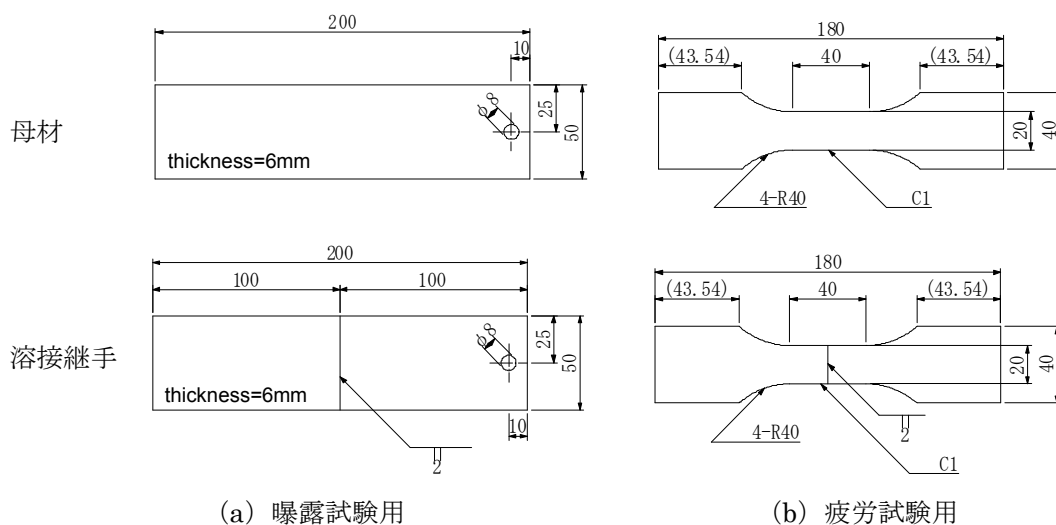


図1 試験片形状（単位：mm）

キーワード 局部腐食、疲労寿命、溶接継手、止端形状、応力集中

連絡先 〒651-2271 神戸市西区高塚台 1-5-5 (株)神戸製鋼所 技術開発本部 機械研究所 TEL 078-992-5641

3. 試験結果

図2に疲労試験の結果を示す。(a)が母材試験片、(b)が突合せ溶接試験片の結果である。表1には板厚減少の推移を示す。曝露開始から1ヶ月で0.4mm、12ヶ月で1.3mm減肉した。疲労試験の結果整理には、一様減肉による板厚減少を考慮して、公称応力に各試験片の実断面積で計算した応力の値を用いた。母材試験片では、曝露による寿命低下が認められた。1, 2, 4ヶ月ではほぼ同じ疲労寿命であり(非腐食材比70%減)、12ヶ月ではさらに寿命が低下した(非腐食材比90%減)。一方、溶接継手では、曝露なし、2, 12ヶ月の別に問わず疲労寿命は同等であった。なお、曝露12ヶ月の母材と溶接継手では寿命の差異はほぼ無い。

図3には、曝露後の表面凹凸のラインプロファイルを示す。(a)の母材では、曝露なしと比較して、曝露後では表面粗さが発達した。1~4ヶ月では表面粗さは同程度であり、12ヶ月のみ粗さがさらに大きい。図2(a)の寿命低下を応力集中の観点から説明できる結果である。一方、(b)の溶接継手では、曝露後では溶接止端の形状は滑らかになっている。溶接肉盛部が腐食されることによって、疲労損傷の起点である止端部の応力集中が緩和されることが、寿命低下が生じなかった原因と考えられる。

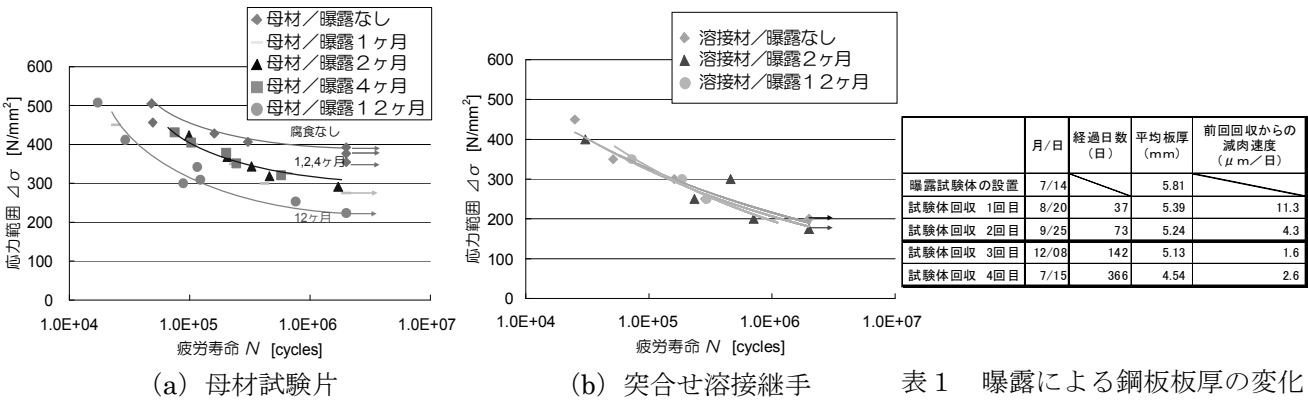


図2 疲労試験の結果

表1 曝露による鋼板板厚の変化
(全ての母材試験片の平均値)

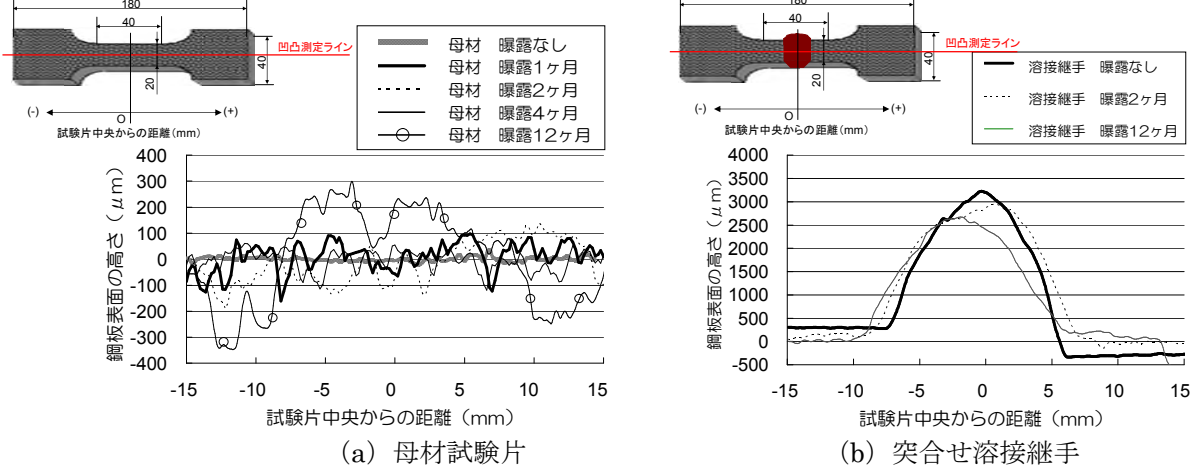


図3 表面凹凸のラインプロファイル

4. まとめ

飛来塩分を受ける海浜環境に曝され、孔食を生じる場合の疲労特性を調査した。母材は、板厚減少量が比較的小さい時点から、孔食の発達に応じて疲労寿命が低下した。一方で溶接継手では、腐食によって止端形状が滑らかになり、本検討の範囲では寿命が低下しなかった。溶接構造物の疲労強度評価においては、通常は溶接継手部の強度特性に着目するが、孔食を形成した場合には母材部で疲労破壊が生ずる可能性があると考えられる。

参考文献

(1) たとえば 村中昭典ら：腐食鋼板の表面性状と残存耐荷力，構造工学論文集，Vol.44A，pp.1063-1071，1998。
(2) たとえば 村上敬宜：金属疲労 微小欠陥と介在物の影響，pp.54-72，養賢堂，1993。