

11. マイクロカプセル入り塗料を用いた疲労き裂の検出方法に関する基礎的研究

庄司 啓明

1. 目的 鋼構造部材から発生した表面の疲労き裂の検出方法として、磁粉探傷試験 (MT)、渦流探傷試験 (ECT) や超音波探傷試験 (UT) などの非破壊検査が一般的に用いられている。これらに対して、疲労き裂の検査がより簡便で、より検出精度が高いと考えられる方法の1つにマイクロカプセル入りき裂検出用塗料 (以下、MCP) がある。MCP はき裂検出用の染料が入った粒径約 $100\ \mu\text{m}$ のマイクロカプセルを混入した塗料である。MCP による疲労き裂の検出原理を図1に示す。疲労き裂が発生すると、その極近傍に位置するカプセルが割れて染料が表面で発色することで、き裂を目視確認できる。

本研究では MCP の実構造物への適用性を検討するため、MCP を塗布した鋼板や2種類の溶接継手のモデル試験体の疲労試験を行なった。

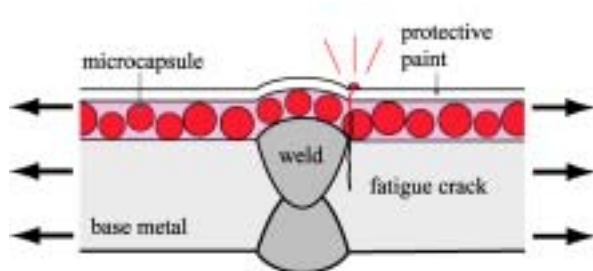


図-1 マイクロカプセル入り塗料の概念図

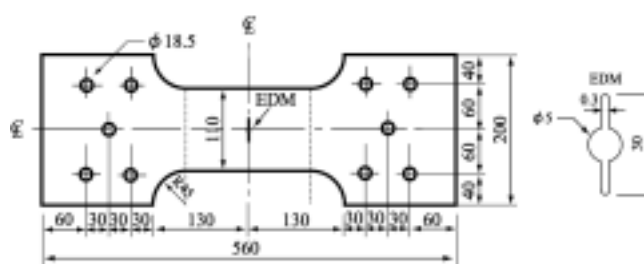
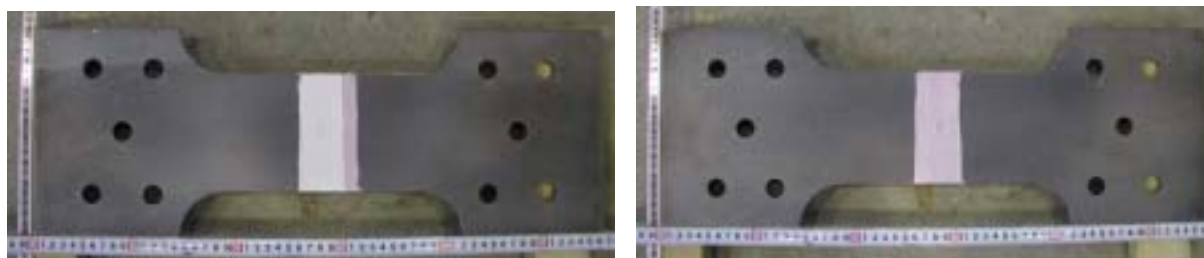


図-2 EDM 試験体

2. 内容

2.1 試験方法および計測方法 試験体には MCP の基本的な発色性能や構造部材への適用性を検討するために、EDM により中央に人工き裂を導入した鋼板試験体 (以下、EDM 試験体) および、溶接試験体 (十字すみ肉溶接継手、面外ガセット溶接継手) を用いた。試験体の形状・寸法を図2に示す。なお、構造部材の塗装や腐食による劣化についても検討するため、腐食の有無、塗装の有無、塗装劣化の有無なども試験体のパラメータとした。また、MCP の塗膜厚さが発色精度に及ぼす影響を検討するため、MCP1 層塗り (膜厚: $100\ \mu\text{m}$) だけでなく、それに保護層を加えたもの (膜厚 (下塗り): $100\ \mu\text{m}$, (上塗り): $60\ \mu\text{m}$)、また、MCP2 層塗り (膜厚 (下塗り): $100\ \mu\text{m}$, (上塗り): $120\ \mu\text{m}$) とそれに保護層を加えたもの (膜厚 (下塗り): $100\ \mu\text{m}$, (中塗り): $130\ \mu\text{m}$, (上塗り): $100\ \mu\text{m}$) の計4種類の検討を行った。MCP を塗布した EDM 試験体を図-3に示す。



(a) 保護層付き

(b) 保護層無し

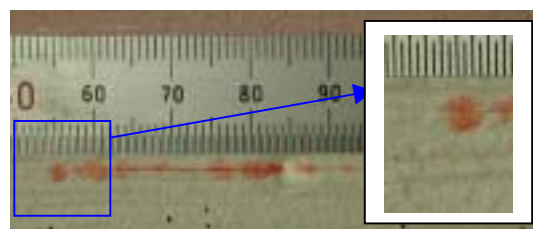
図-3 MCP を塗布した EDM 試験体

疲労試験には動的能力 200kN の電気油圧サーボ式材料試験機を用いた。EDM 試験体については、応力比を 0.1 とし、応力範囲を 80MPa (最大荷重: 88kN , 最小荷重: 8.8kN) とした。疲労試験後に MCP による疲労き裂の検出長さを実際のき裂長さと比較するため、ビーチマーク試験を行なった。MCP によ

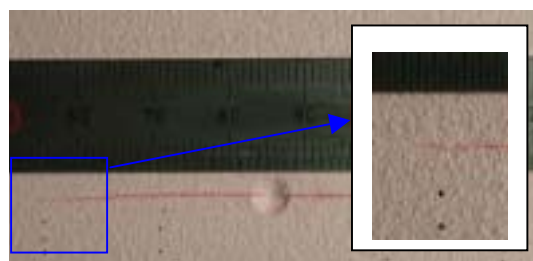
るき裂の発色長さは、約 300 万画素のデジタル画像の pixel 数から測定した。なお、最小読取り精度は、0.02 mm 程度とした。

2.2 測定結果 MCP の発色状況を図-4 に示す。保護層付きの方は発色先端まで目視で簡単に確認できるのに対し、保護層無しの場合は、先端部分の発色が、目視では塗料の色と判別が難しい結果となった。

各塗布条件別の測定結果を図 5 に示す。青色は試験体に向かって EDM の左側、赤色は右側のデータを表している。MCP1 層塗りと、その保護層付きに関しては、最大検出誤差はそれぞれ 0.70, 3.00mm となった。MCP2 層塗りとその保護層付きの最大検出誤差は、それぞれ 5.00, 7.45 mm となった。MCP の塗膜厚が検出精度に及ぼす影響は大きく、塗膜厚が大きくなるにしたがって検出精度が低くなっている。また、保護層を設けた場合、き裂が 10mm 以下と小さな場合に検出できない可能性が考えられる。

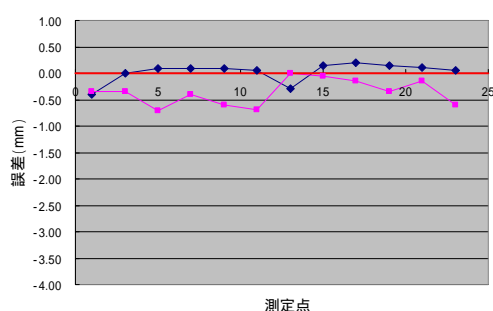


(a) 保護層付き

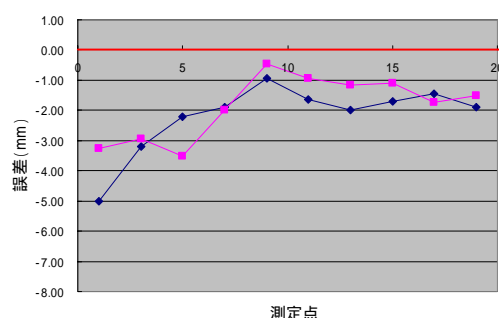


(b) 保護層無し

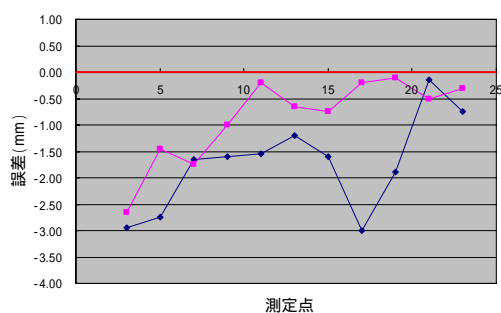
図-4 発色状況



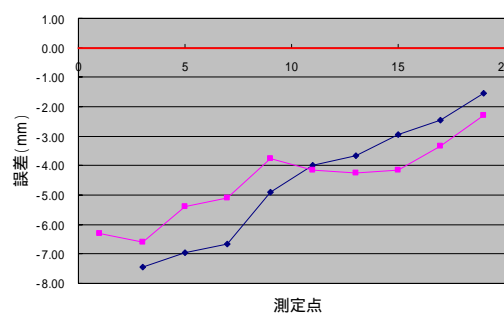
(a) MCP1 層



(c) MCP2 層



(b) MCP1 層+保護層



(d) MCP2 層+保護層

図-5 測定結果

3. 結論

MCP1 層塗りの場合は 1mm 以内の誤差でき裂検出ができる。しかし、MCP 塗膜厚が大きくなるに連れて検出精度が悪くなること、保護層付きだと小さなき裂を見逃してしまう可能性が考えられる。

今後の課題として、構造部材の塗装や腐食による劣化についての検討や、溶接部におけるき裂検出精度の検討をする必要がある。

参考文献 1) 高橋一比古, 牛嶋通雄: き裂検出用塗料と表面 S H 波による溶接止端部疲労き裂の検出, 非破壊検査, 第 54 巻, 9 号, pp.503-508, 2005.9., 2) 高橋一比古, 高田篤志, 小野口富夫, 秋山繁, 古谷典子, 内田光彦, 牛嶋通雄: 疲労き裂検出用塗料の試作と性能評価, TECHNOMARINE 日本造船学会誌, 第 871 号, pp.70-73, 2003.1., 3) 土木学会: 鋼橋における劣化現象と損傷の評価, 土木学会, pp.75-85, 1996.10.