

FSM による疲労亀裂進展のモニタリング

大阪大学大学院	学生員	○奥 健太郎
大阪大学接合科学研究所	正会員	金 裕哲
(株)アトラス		有田 圭介
フリーランサー	正会員	堀川 浩甫

1. はじめに

電位差法を応用した FSM(Field Signature Method)¹⁾は、鋼構造物に生じる腐食や亀裂を非破壊的に検出すると共に、それらの進展を監視する技術である。FSM は、原子力発電所や各種プラントにおける配管および压力容器の腐食や応力腐食割れ等の検出に適用されている。著者らは、車輻荷重作用下における疲労亀裂の進展を FSM によりモニタリングすることを考え、大型疲労試験体を用いて橋梁部材に生じた疲労亀裂の進展に対し、その有要性を検証した。

2. 実験方法

試験体は、複数の疲労亀裂が内在しているUリブを有する桁である²⁾。試験体の概略図を図-1に示す。実験は荷重振幅を490kN（応力比0.1以下）とした3点曲げにより行い、Uリブ溶接部より発生している亀裂の進展に対して、FSM によるモニタリングを試みた。

測定箇所およびその模式図を図-2、図-3に示す。

FSM では、モニタリングエリア（疲労亀裂近傍）に多数のピンを格子状に配置し、その部分に直流パルス電流(120A)を印加し、ピン間（電極対：pair）に生じるわずかな電位差を定期的に測定する。亀裂が進展すると、ピン間の電位差に変化が生じ、この変化量から亀裂の発生および進展量を求める。また、ピン間に生じる電位差は非常に微弱であるため、温度や電流の揺らぎによる影響を受ける。これを補正するために照合対（対象部材とは別の鋼板に設置したピン）間の電位差との比較を行う。実際の解析には電場指紋係数FCを用いる。時間*i*における電極対Aの電場指紋係数 FC_{Ai} は次式によって求めることができる。

$$FC_{Ai} = (Bs/As \times Ai/Bi - 1) \times 1000(\text{ppt})$$

ここに、 As ：モニタリング開始時の電極対Aの電位差

Bs ：モニタリング開始時の照合対の電位差

Ai ：時間*i*における電極対Aの電位差

Bi ：時間*i*における照合対の電位差

なお、亀裂先端に貼付したクラックゲージ(0.1mm 間隔)より、亀裂の進展を確認すると同時に疲労試験機を停止、あるいは試験機稼動中において、図-3に示す9pairに対し、電位差を測定した。

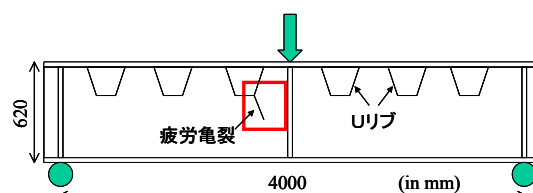


図-1 疲労試験体

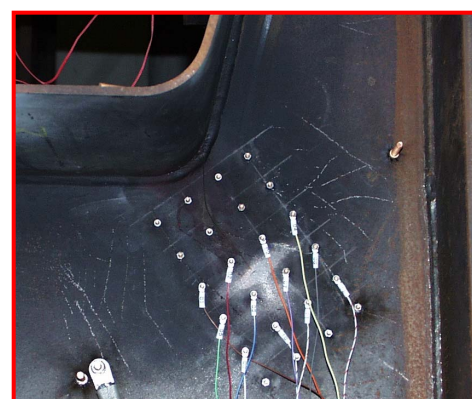


図-2 疲労亀裂モニタリング箇所

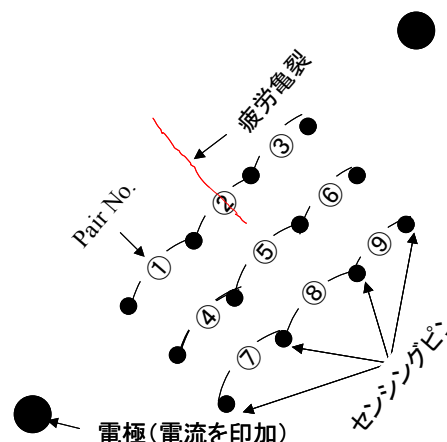


図-3 測定箇所模式図

キーワード モニタリング, 疲労亀裂進展, FSM, 電位差法, 非破壊検査, 橋梁

連絡先 〒567-0047 大阪府茨木市美穂ヶ丘 11-1 大阪大学接合科学研究所 TEL 06-6879-8647

3. 疲労亀裂進展のモニタリング

図－4に亀裂進展量に対する各 pair の電場指紋係数 FC（静的荷重時 0kN）を示す。亀裂が進展すると各 pair の FC 値に変化が生じていることがわかる。中でも大きく変動しているのが pair 2（亀裂が生じていた電極対）および pair 5（亀裂進行方向にある電極対）である。

いずれにせよ、FC 値を測定し、この相関関係を用いることにより、疲労亀裂の進展量を推定し得ることが確認された。

4. 各種因子の検討

（1）車輻荷重の大きさが FC 値に及ぼす影響

試験体に載荷する荷重の大きさを変えて、電圧分布を測定した。図－5に亀裂進展量に対する pair 1, 2, 5 の電場指紋係数 FC（静的荷重時 0kN および 196kN）を示す。載荷荷重が大きく異なっても、測定される FC 値にほとんど差がないことがわかる。これは、測定時の車輻荷重の大きさに無関係に、FC 値が測定できることを意味し、現場における FSM を用いた疲労亀裂進展のモニタリングに何ら支障がないことになる。

（2）振動の影響

FSM で得られる電位差は非常に微弱であるため、被測定体が振動することによる電流の揺らぎの影響を受ける可能性がある。この影響を明らかにするため、疲労試験機を停止せず（約 1Hz で稼動中）、電圧分布を連続的に 40 回測定した。クラックゲージによると、この間に 0.1mm 以上亀裂は進展していない。

図－6および図－7に pair 1, 3 および pair 2, 5, 8 の疲労試験稼動中の電場指紋係数 FC（9 項移動平均値）を示す。pair 1, 3 では電流の揺らぎの影響で FC 値はばらついていく（図－6）が、pair 2, 5, 8 ではばらつきはほとんど見られない（図－7）。また、pair 2, 5, 8 の試験機稼動中の FC 値は、試験機停止時の FC 値（実線）とほとんど変わらない。以上より、亀裂が存在している電極対（pair 2）の FC 値および亀裂進行方向にある電極対（pair 5 および pair 8）の FC 値は振動の影響を受けないことがわかった。すなわち、橋梁部材が振動下にあっても、疲労亀裂の進展が精度よく推定できると考えられる。

4. まとめ

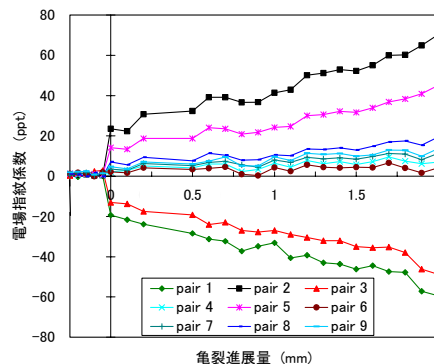
大型試験体を用いて行った一連の実験により、FSM を用いて橋梁部材に生じている疲労亀裂進展を活荷重作用下においてモニタリングできることが検証された。

謝辞

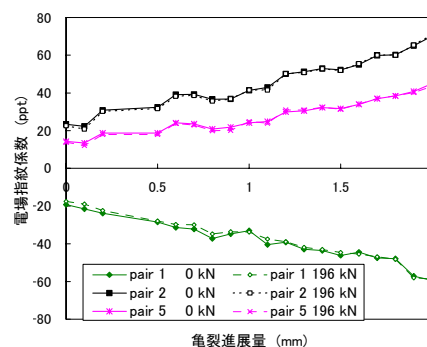
本研究は（財）日本溶接技術センターおよび（財）千葉市産業振興財団の御協力により実施したものである。ここに謝意を表します。

参考文献

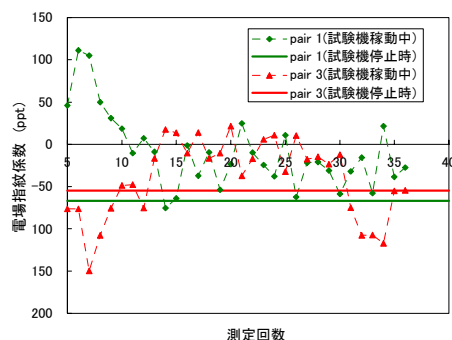
- 1) R. D. Strømmen, H. Horn and K. R. Wold : FSM - a unique method for monitoring corrosion, pitting, erosion and cracking, NACE Corrosion paper no. 7, 1992.
- 2) 堀川浩甫：橋梁鋼床版におけるデッキプレート、トラフリブ、横桁三者会合部の疲労特性，溶接構造シンポ'93.



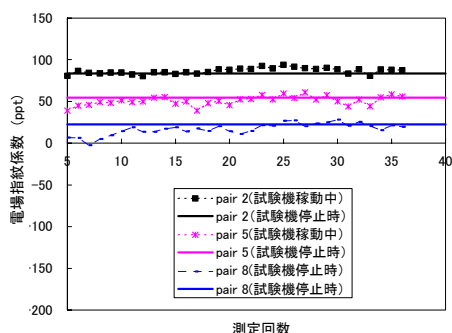
図－4 亀裂進展量と FC 値



図－5 荷重と FC 値



図－6 振動の影響－1



図－7 振動の影響－2