

広域加熱・局所冷却による熱応力を用いた閉じたき裂の高選択性映像化

High-Selectivity Imaging of Closed Cracks Using Thermal Stress Induced by Global Preheating and Local Cooling (GPLC)

東北大工 °小原 良和, 高橋 恒二, 山中 一司

Tohoku Univ., °Yoshikazu Ohara, Koji Takahashi, Kazushi Yamanaka

E-mail: ohara@material.tohoku.ac.jp

【目的】閉じたき裂を選択的に映像化するため、我々は荷重差分法 (load difference phased array: LDPA) を提案した[1]。これは異なる荷重におけるフェーズドアレイ像の差分を取る方法であり、油圧制御試験機による荷重負荷を用いた基礎実験で有効性が実証された。しかし、試験機は大型で重いため、実機への適用は困難である。一方、冷却スプレーを用いた熱応力負荷による 3 点曲げと同様の原理のき裂開口法が提案された[2]。しかし、熱応力は冷媒の温度に依存するため、有機系の高融点冷媒では強く閉じたき裂を開くことができない。そこで広域加熱(global preheating; GP)と局所冷却(local cooling; LC)を組み合わせた GPLC 法を提案し、より高いき裂開口能力を実証する。

【原理】GPLC 法概念図を図 1 に示す。き裂に作用する引張熱応力は試料表面とき裂部の温度差 ΔT に依存する。ここで、線形温度変化を仮定すると、熱応力は、 $\sigma = \alpha E \Delta T / \{2(1-\nu)\} \cdots (1)$ と表される[3]。ここで、 α は線膨張率、 E はヤング率、 ν はポアソン比である。 ΔT が増加すると σ は増加する。本手法では、 ΔT を増加させるため、試験片を広域加熱した後、表面を冷却スプレーで局所冷却することで、き裂により大きな引張熱応力を作用させる。これにより、スプレー法[2]では困難だった強く閉じたき裂を開くことができる。

【実験】線形フェーズドアレイ (linear phased array: PA) を用いて、熱応力負荷 (広域加熱温度 50℃) に伴う閉じた疲労き裂の変化をモニタリングした。局所冷却前、き裂は映像化されなかった (図 2(a))。これは、き裂が閉じていることを示している。一方、局所冷却開始後、き裂は明瞭に映像化され、最大き裂深さは冷却開始後 4 s で 11.3 mm だった (図 2(b))。これは、実際のき裂深さと一致した。また、最大深さが観察された時間 (4 s) も伝熱解析の結果と一致した。そこで GPLC の有用性が示された。更に LDPA[1]を適用した結果、き裂の選択性が 25.5dB 向上した。以上より、GPLC と LDPA の併用が、強く閉じたき裂の選択的映像化に有効であることを実証した。

【文献】[1]Y. Ohara, S. Horinouchi, M. Hashimoto, Y. Shintaku, K. Yamanaka: Ultrasonics, 51 (2011) 661. [2]P. B. Nagy, G. Blaho: Rev. Prog. QNDE, 14 (1995) 1979. [3]S. P. Timoshenko, J. N. Goodier: Theory of elasticity (McGraw-Hill), (1951) 403.

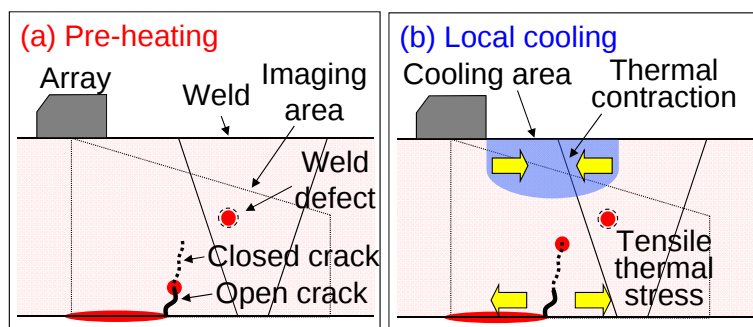


図 1 広域加熱・局所冷却 GPLC を用いたき裂開口法

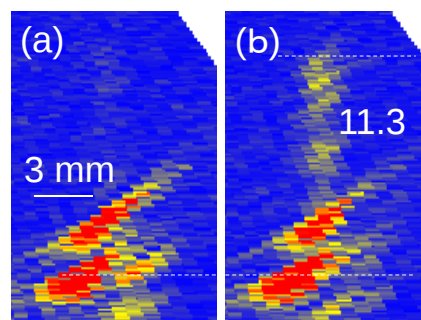


図 2 熱応力負荷前後の PA 像