

第 I 部門

高感度磁気非破壊検査による溶接未溶着の検出に関する基礎的検討

大阪大学工学部

大阪大学大学院工学研究科

岡山大学大学院ヘルスシステム統合科学研究科

岡山大学大学院ヘルスシステム統合科学研究科

学生員 宮本 陽平

正会員 廣畑 幹人

塚田 啓二

林 実

1. はじめに

鋼橋の製作では、一般的な接合方法として溶接接合が使用される。溶接部にはブローホールや未溶着など様々な初期欠陥が存在し、品質保証のため非破壊検査が行われている。また、落橋防止装置などの溶接部において、設計図面上は完全溶込みの指示があるのに対し、実際には部分溶込みとなっており未溶着部が内在している事例が報告されている。既設の多数の落橋防止装置の溶接部について、非破壊検査を実施する必要があることが社会的問題となっている¹⁾。

これに対し本研究では、磁気探傷検査法的一种である漏洩磁束探傷検査法に着目した。漏洩磁束探傷検査法は、コイルを用い対象に交流磁場を印加、磁化させきずから発生する漏洩磁束を検出して探傷する方法である。従来の検査法では対象を磁気飽和させるため大型な装置が必要となる。そこで、現在、既設構造物への適用を考え、磁気飽和させないことで装置を小型化する開発が進んでいる^{2) 3)}。この方式では、小信号化とともに、磁束を内部まで浸透させるために低周波磁場を用いる必要があることから、小信号、低周波に安定した感度を持つ磁気センサを搭載した検査装置を利用する。本研究ではこの装置を用いて溶接部の未溶着を検出できるか否かを検討するため、一連の基礎的実験を実施した。

2. 実験供試体および実験方法

実験供試体の形状および寸法を図-1 に示す。CO₂ 半自動溶接により、厚さ 25 mm の SM400B 材を用いて T 形断面を形成した。母材の厚さに対する未溶着長さの割合である未溶着率が 0%, 60%, 100% の 3 種類の供試体を作成するため、開先角度を変化させ多層溶接を行った。

磁束の流れおよび測定プローブの構造を図-2 に示す。本実験では、測定プローブを縦板と下板の側面に接触、固定し、交流磁場を未溶着部を通過させ、縦板と下板に沿う 2 面の MR センサ (Sensor 1 および Sensor 2) で受信した。印加電流は 100 mA、周波数は 1~10 Hz まで 1 Hz ずつ変化させ計測を行った。

3. 実験結果および考察

観測された信号を複素数に拡張し、信号強度と位相ずれを含む項を取り出し複素数平面にプロットする。各測定条件の 1 Hz の結果でオフセットした状態で、各周波数のプロットと原点との距離を信号強度とし、これを結果の評価指標とする。

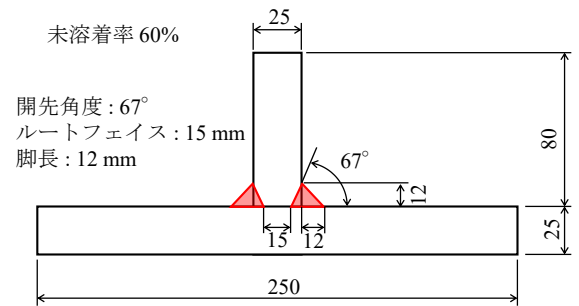


図-1 実験供試体(例：未溶着率 60%)

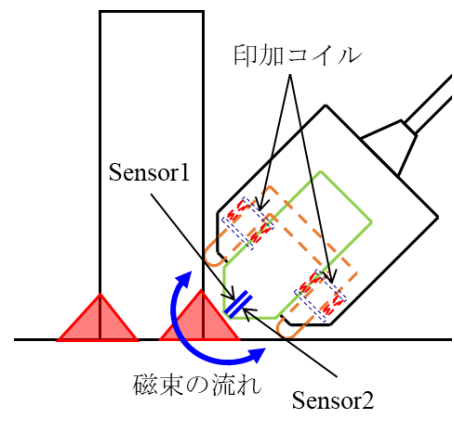


図-2 磁束の流れおよび測定プローブの構造

各未溶着率について、横軸に印加周波数、縦軸に信号強度をプロットしたものを図-3、図-4に示す。未溶着率 0%の信号強度は、Sensor 1 に比べ Sensor 2 の方が大きい傾向にある。これは、未溶着率が 0%の場合、縦板側では磁束が内部まで浸透するため、縦板に近い Sensor 1 では検出される漏洩磁束が小さくなり、一方、下板側では磁束が鋼板表面に集中するため、Sensor 2 で検出される漏洩磁束が大きくなったと推察される(図-5(a))。

未溶着率 60%, 100%の場合、信号強度は Sensor 2 に比べ Sensor 1 の方が大きい傾向にある。これは、未溶着率 0%では内部まで浸透していた縦板側の磁束が、未溶着部の存在のため、表面に集中したためと考えられる(図-5(b))。未溶着の大きさと信号強度の大小関係には特定の傾向は見られなかったが、本計測条件の範囲では、2つのセンサの信号強度と信号パターンの比較から、未溶着の有無を検出できる可能性があるといえる。

4. まとめ

開発段階にある高感度磁気センサを搭載した検査装置を利用して、溶接部の未溶着の検出可否を検討するための基礎的実験を行った。本測定条件の範囲では、2つのセンサの信号強度と信号パターンの比較から、未溶着の有無を検出できる可能性があるといえる。

謝辞

本研究の一部は、国土交通省新道路技術会議平成 31 年度および令和 2 年度「道路施策の質の向上に資する技術研究開発」の助成を受けて実施した(研究代表者：塚田啓二)。記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 国土交通省 落橋防止装置等の溶接不良に関する有識者委員会：落橋防止装置等の溶接不良に関する有識者委員会 中間報告書，2015。
- 2) K. Tsukada, M. Yoshioka, Y. Kawasaki, and T. Kiwa : Detection of back-side pit on a ferrous plate by magnetic flux leakage method with analyzing magnetic field vector, NDT E Int., Vol. 43, pp. 323-328, Jun. 2010.
- 3) K. Tsukada et al., : Detection of inner cracks in thick steel plates using unsaturated AC magnetic flux leakage testing with a magnetic resistance gradiometer, IEEE Trans. Magn., Vol. 53, No. 11, Nov. 2017, Art. no. 2501305.

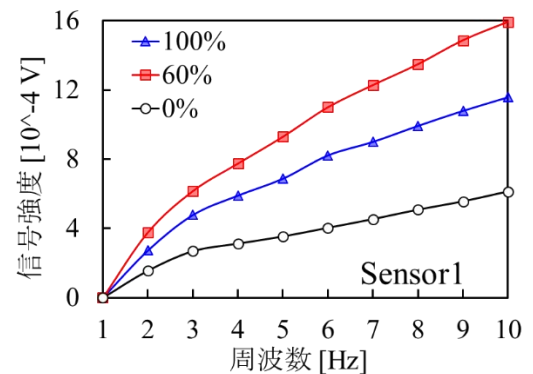


図-3 信号強度(Sensor 1)

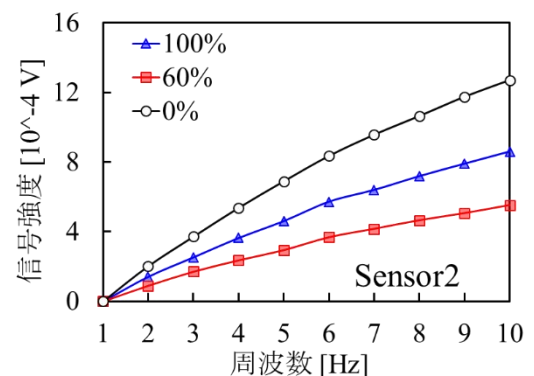


図-4 信号強度(Sensor 2)

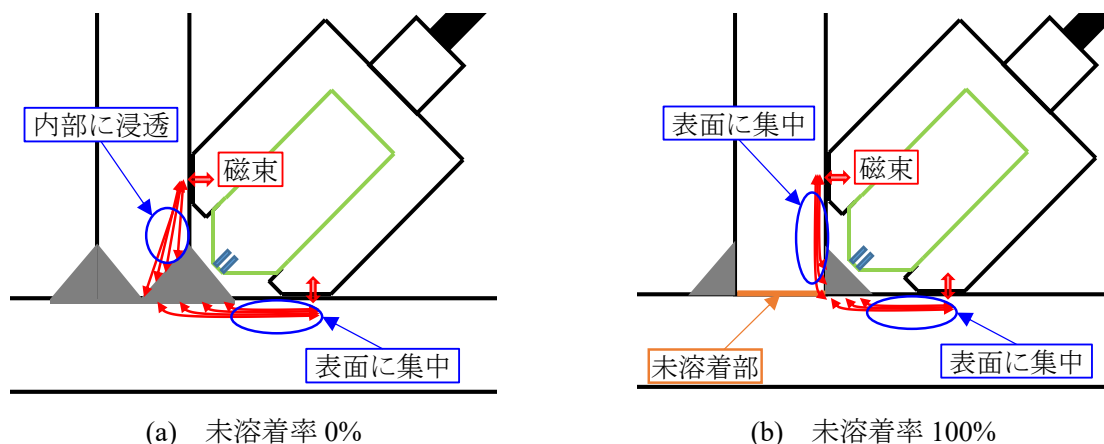


図-5 磁束の流れ