

機械学習を用いた電磁波による内部欠陥状況の推定に関する研究

法政大学 学生会員 ○山本 陽向  
法政大学 正会員 溝渕 利明  
東海大学 尾関 智子  
法政大学 学生会員 佐野 俊介

1. 研究背景・目的

現在の日本では、鉄筋コンクリート構造物の老朽化や、技術者の不足・高齢化が問題となっていることから、熟練技術者でなくとも定量的に鉄筋コンクリート構造物を点検できる手法が求められている．そこで、本研究では、比較的簡便に鉄筋探査や内部空洞探査が可能な電磁波レーダに着目し、電磁波と機械学習を用いて、コンクリート内部の初期ひび割れ等の微細な欠陥を推定することを試みた．

2. 研究概要

2.1 供試体

本研究では、840x250x220mm、鉄筋かぶり 70mm の供試体を作製した．供試体の概要を図-1 に示す．供試体は、図-1 で示すように D16 の鉄筋を 3 本埋設し、鉄筋間にひずみ計を 1 個ずつ埋設した．それぞれの鉄筋には、電流を流すための導線を接続するとともに、鉄筋に沿って熱電対を設置した．本検討では、鉄筋の腐食膨張によって発生するひび割れを再現するために、直接電流による電食を行った．実験では、電食開始前に 3 回、電食中に 8 回電磁波レーダによる計測を行った．計測は、図-2 に示す 11 本の側線で行い、電食中は 1 週間ごとに行った．本実験では、最終計測を行った後に内部のひび割れ分布を確認するため、コンクリートカッターで供試体を切断し、マイクロスコープで観察した．

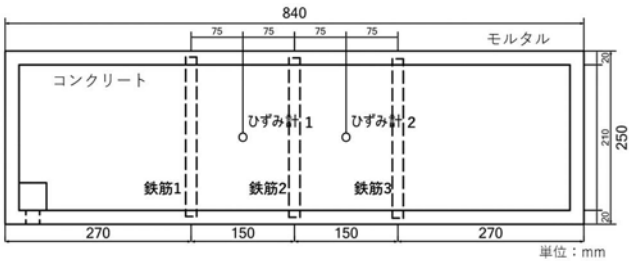


図-1 供試体概要図

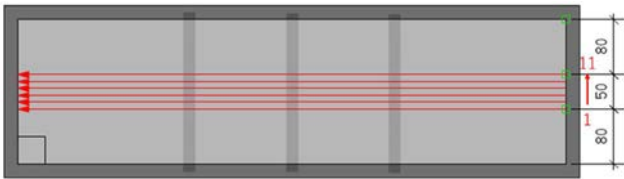


図-2 計測側線

2.2 機械学習

電磁波レーダで計測を行った後、3 層の畳み込み層を持つ CNN による教師あり学習を行った．また、電磁波レーダの計測画像から鉄筋部分のみを切り出した画像を作成し、CNN に入力した．

3. 実験結果および考察

3.1 電食実験の結果

電食実験中においては、実際の内部ひび割れの進行を目視で確認することができないことから、ひずみ計の値から内部ひび割れ状況を推定した．図-3 に供試体に埋設したひずみ計で計測したひずみ及び積算電流値を示す．図-3 から、電食開始から約 6 日でひずみが上昇しており、この時点で内部ひび割れが発生したと思われる．また、それ以降も積算電流値の上昇に伴いひずみが上昇しており、内部ひび割れが進展して

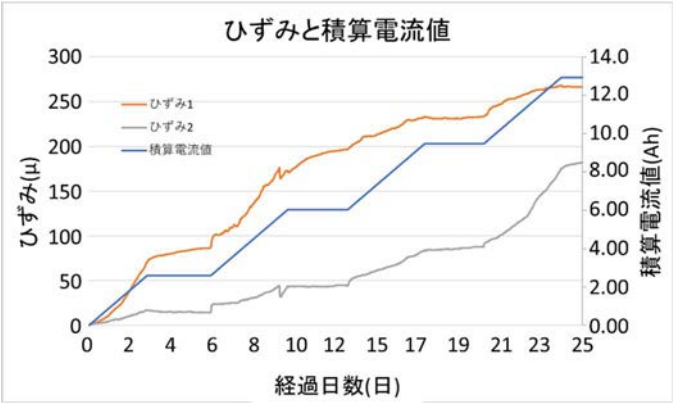


図-3 ひずみと積算電流値

キーワード 電磁波レーダ、機械学習、内部ひび割れ、欠陥判定  
連絡先 〒231-0848 神奈川県横浜市中区鷺山 58-16 TEL 080-6618-5446

いると推察される。

3.2 内部ひび割れ分布

電食終了後にコンクリートカッターで供試体を切断し、マイクロスコープで内部ひび割れの分布を確認した。内部ひび割れ分布を図-4 に示す。図-4 から、鉄筋 1 周辺は内部ひび割れがなく、鉄筋 2 と鉄筋 3 周辺において最大で幅 1mm の内部ひび割れを確認した。

3.3 判定結果

CNN による判定には、電食前のデータを「健全」、電食開始から 45 日後の最終計測日のデータを「欠陥」とし、学習に使用した。また、図-4 から鉄筋 1 周辺はひび割れが確認できなかったため、「欠陥」データから鉄筋 1 の画像を除いた。さらに、教師データの偏りをなくすために「健全」データからも鉄筋 1 の画像を除き、それぞれ 220 枚で学習を行った。また、テストデータには電食開始から 3 日後、10 日後、38 日後のデータを使用した。判定結果を図-5 に示す。それぞれの判定結果において、緑色が健全、赤色が欠陥と判定している。また、鉄筋の間の数値はひずみ計の数値を示している。

図-5 から、3 日後のデータでは全体的に健全と判定しているが、ひび割れが発生したと推測される 6 日以降となる 10 日後のデータでは、鉄筋 2 と鉄筋 3 の判定結果が欠陥へと移行する結果となった。このことから、本手法は微細な内部ひび割れが生じていると思われる段階において欠陥判定できる可能性を見出したといえる。また、ひずみの上昇に伴い欠陥と判定した部分が多くなっており、38 日後の判定結果と内部ひび割れ分布を比較すると、内部ひび割れが確認できなかった鉄筋 1 周辺では、比較的健全寄りに判定していて、内部ひび割れが多く発生していた鉄筋 2 と鉄筋 3 周辺でも欠陥へと移行する判定結果となった。また、鉄筋 1 周辺の判定結果が欠陥へと移行したのは、電食による腐食生成物を欠陥と判定したことや、微細なひび割れについても欠陥の可能性があると判定したものと思われる。以上のことから、CNN によってある程度内部ひび割れの判定を行うことの可能性を見出したと考えられる。

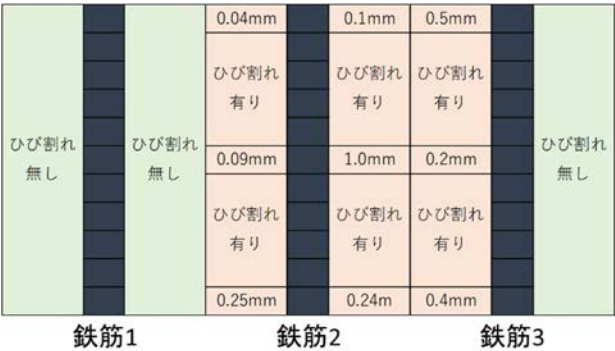


図-4 内部ひび割れ分布

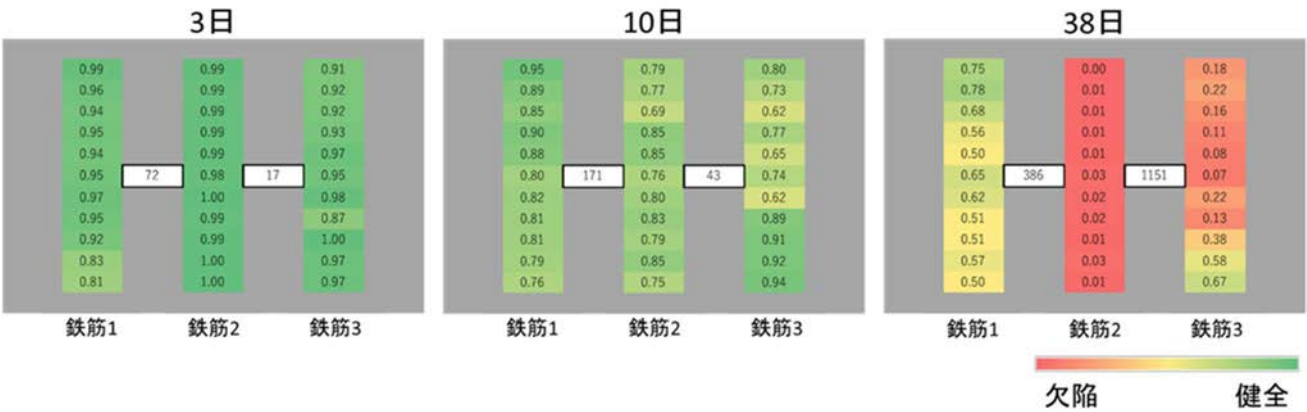


図-5 判定結果

4. 結論

本研究では、電食実験により内部ひび割れを再現し、電磁波レーダによる計測を行い、計測データを CNN に学習させ欠陥の判定を行い、実際の内部ひび割れ分布との比較を行った。その結果、微細なひび割れを判定できる可能性を見出したといえる。

5. 参考文献

1) 多田祐希, 三浦泰人, 中村光: 電磁波レーダを用いた鉄筋腐食に伴う内部ひび割れの検出に関する基礎的研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.39, No.1, 2017