

立命館大学理工学部	学生員	○北川 雅樹
立命館大学大学院理工学研究科	学生員	権納 拓央
立命館大学理工学部	正会員	川崎 佑磨
立命館大学理工学部	フェロー会員	伊津野和行

1. 研究背景・目的

塩害によるRC部材の劣化進行過程は、潜伏期、進展期、加速期、劣化期に分類されている。それぞれの期間において、劣化現象が構造物の性能に与える影響が異なるので、各期間を定量的に判断することが必要とされている。本研究は、進展期である鉄筋腐食時期と、加速期であるコンクリートの腐食ひび割れ時期において、検出される弾性波の相違を、AE法を用いて、定量的に評価することを試みた。

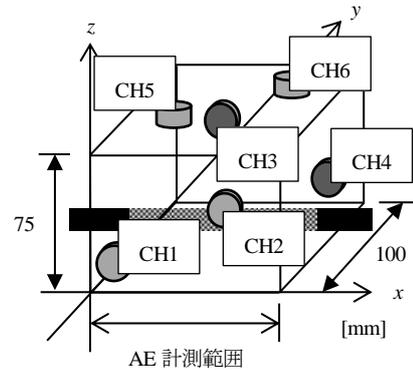


図-2 AE センサ設置位置

2. 実験概要

本実験で使用したRC供試体を図-1に示す。かぶりは20mmとした。鉄筋はx軸0mmから100mmを腐食範囲とし、AE計測を行った。AE計測範囲を除く、鉄筋部分は防食を施した。AEセンサの設置位置を、図-2に示す。なお、鉄筋の両端にセンサを2個設置した。その理由は、鉄筋両端に設置したAEセンサで1次元位置標定を行い、防食範囲で発生したAE現象の影響を考慮するためである。また、鉄筋腐食時において、腐食が発生する材料である鉄筋を介した音を検出でき、減衰の少ない波形が得られるためである。RC供試体は、3%NaCl水溶液に浸漬乾燥を繰り返すことで塩害を促進させた。実験中は、AEモニタリングを継続的に行った。また、1週間毎に自然電位計測と鉄筋のはつり出しを定期的に行う事で腐食進展の確認を行った。

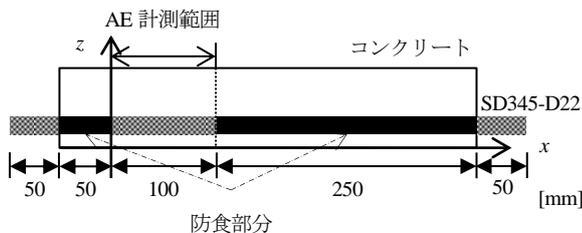


図-1 供試体の概要

3. 計測結果

浸漬乾燥0~49日目の期間において、コンクリート中に設置したAEセンサで3次元位置標定を行った。AE計測範囲に検出された累積ヒット数と自然電位計測値を図-3に示す。

0~28日目でAEヒット数が増加し、28~35日目でAEヒット数が停滞した後、35~42日目で急増する結果となった。既往の研究から、0~28日目のAEヒット数の増加は、酸素と水が供給され、鉄筋表面の腐食が起因となっていると考えられる。また、28~35日目のAEヒット数の停滞は、鉄筋表面に腐食生成物が形成されることによって酸素の供給が抑制され、腐食速度が遅くなったことが起因と考えられる。そして、35~42日目のAEヒット数の急増は、再び腐食速度が速くなり、鉄筋内部に腐食が進行したことが起因と考えられる。鉄筋内部に腐食が進行し始めた時期に、コンクリート腐食ひび割れが発生することが報告されている。

以上の計測結果から、0~35日目を進展期である鉄筋腐食時期、35~49日目を加速期であるコンクリート腐食ひび割れ時期と判断した。以下で、両者の比較を行う。

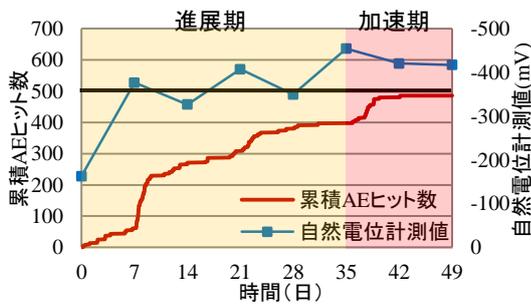


図-3 計測結果から割出した劣化進行過程

4. 劣化進行過程の早期評価法に向けた実験結果

4.1 AE パラメータ解析結果

0～35 日目と、35～49 日目における平均周波数とその割合を図-4 に示す。0～35 日目は、60kHz で卓越することが確認できた。35～49 日目は、60kHz～80kHz で高い割合を示した。以上から、0～35 日目の鉄筋腐食時期において、鉄筋表面に腐食生成物が形成される際、本供試体では60kHz 付近の平均周波数を有する波が多く放出されたと考えられる。

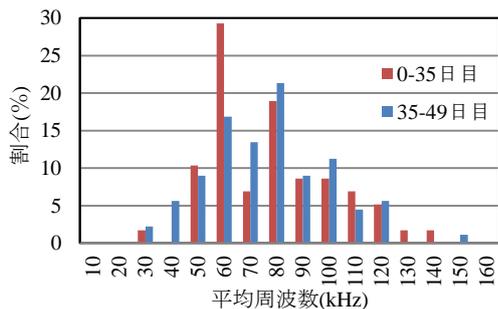


図-4 平均周波数と割合

4.2 波形解析結果

鉄筋腐食時期とされる13日目、コンクリート腐食ひび割れ時期とされる38日目に検出されたAEイベントで波形解析を行った。CH3における正規化フーリエ振幅を図-5と図-6に示す。鉄筋に設置しているCH7における正規化フーリエ振幅を図-7と図-8に示す。

センサ毎に両者を比較すると、13日目は50kHz付近の卓越が顕著に確認できる。38日目は50kHz付近の卓越も確認できるが、13日目に比べて150kHz付近の卓越が確認できる。鉄筋腐食時期において、AE波の減衰が少ない鉄筋両端に設置しているCH7で、50kHz付近の卓越が顕著に確認できた。

以上より、コンクリート腐食ひび割れ時期において、50kHzと150kHzの両方で卓越した理由として、コンクリートひび割れは鉄筋表面の腐食生成物の膨張が起因とな

るので、腐食生成物の形成で放出する周波数と、コンクリート腐食ひび割れで放出する周波数の波が混合したと考えられる。

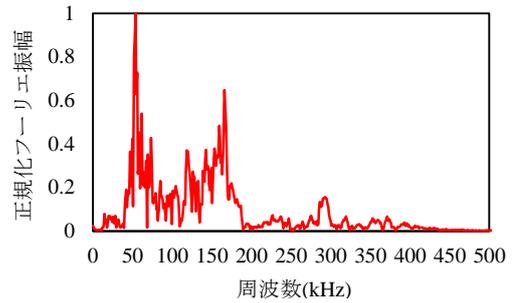


図-5 CH3 : 13日目の正規化フーリエ振幅

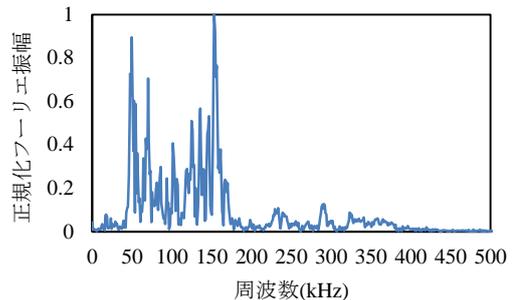


図-6 CH3 : 38日目の正規化フーリエ振幅

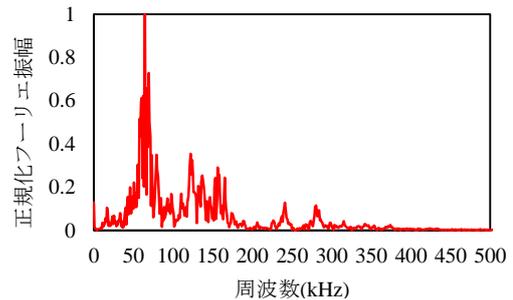


図-7 CH7 : 13日目の正規化フーリエ振幅

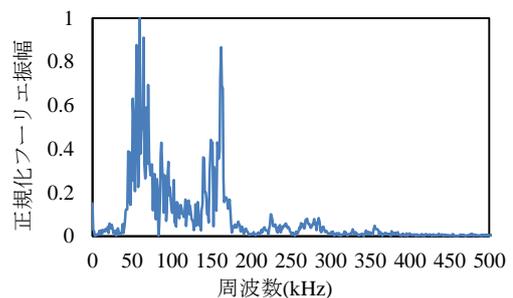


図-8 CH7 : 38日目の正規化フーリエ振幅

5. 結論

本供試体では、鉄筋腐食時期を平均周波数の割合によって判断することができた。また、鉄筋腐食時期とコンクリート腐食ひび割れ時期の相違を、正規化フーリエ振幅によって判断することができた。本手法を応用することにより、鉄筋腐食の進展を早期に評価することができると考えられる。