腐食鉄筋の引抜き試験に伴う AE 発生挙動に関する研究

名古屋大学大学院　学生会員　○河邉　亮太
名古屋大学大学院　正会員　国枝　稔
名古屋大学大学院　正会員　上田　尚史
名古屋大学大学院　正会員　中村　光

1. はじめに

鉄筋腐食したコンクリート構造物のモニタリング技術の確立に向けて，AE(アコースティック・エミッション)法の適用を試みる．本研究では，まず，コンクリートと鉄筋の付着劣化の検出限界を確認することを目的とし，コンクリートに埋め込まれた健全な鉄筋と腐食した鉄筋に対し，鉄筋の引抜き試験を行い，鉄筋の腐食程度が引抜きに伴う AE 発生挙動に与える影響について検討を行った．なお，その際，従来ではセンサをコンクリート表面に貼付することが一般的であったのに対し，鉄筋にもセンサを貼付することで [1]，鉄筋近傍で発生する AE を直接評価する方法を考案した．

2. 実験方法

実験の概要を**図-1** に示す．供試体は D19 の異形鉄筋(ねじ節)を 300mm×300mm×190mm のコンクリートブロックに配置したものであり，端部の影響を除くため両端に塩ビパイプと油粘土を用いて非定着領域を設けた．

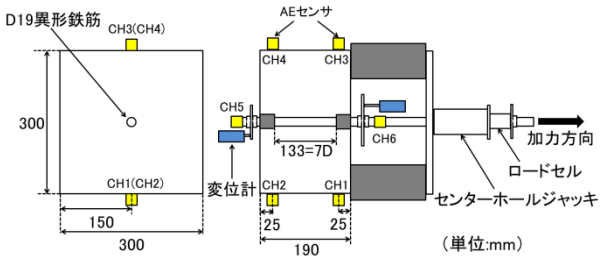

図-1　鉄筋引抜き試験概要

供試体は健全な鉄筋を用いたものと腐食した鉄筋を用いたものを用意し，後者については電食によって腐食させた鉄筋を用いた．電流は 0.865mA/cm^2 で一定となるように制御し，腐食程度の制御は通電時間を変更することで調節した．なお腐食程度は 3 段階とし，いずれも表面ひび割れが発生しない範囲とした．

AE センサは共振周波数 150kHz のものを使用し，検出された AE 信号はプリアンプ 40dB，メインアンプ 20dB で増幅させ，しきい値は 45dB とした．また，周辺雑音を除去するため，20kHz-400kHz のバンドパスフィルタを使用した．**図-1** に示すように鉄筋には 2 個のセンサを，コンクリートには 4 個のセンサを貼付して計測を行った．載荷はセンターホールジャッキで行い，ロードセルにより荷重を計測した．また鉄筋の自由端側と載荷端側に変位計を設置してそれぞれの抜け出し量を計測した．なお載荷は 10kN ごとに載荷，除荷を繰り返す漸増載荷とした．

3. 実験結果

鉄筋引抜き試験における最大荷重，破壊状態，及び試験後に取り出した鉄筋の試験区間における質量減少率を**表-1** に示す．

表-1　鉄筋引抜き試験結果

供試体名称	最大荷重 [kN]	破壊状態	質量減少率 [%]
No. 1	91. 5	鉄筋の引抜け	0. 00
No. 2	97. 8	割裂破壊	0. 50
No. 3	90. 3	割裂破壊	1. 23
No. 4	100. 6	割裂破壊	2. 23

鉄筋引抜き試験に伴う AE 発生位置の推移を**図-2** に示す．図は 50kN 以下の低荷重領域において，10kN ごとの漸増載荷における載荷-除荷の 1 サイクルにおいて発生した AE の鉄筋軸方向の各位置での位置評定回数(イベント数)の推

キーワード　AE 法，鉄筋腐食，片引き試験，周波数
連絡先　〒464-8603　愛知県名古屋市千種区不老町工学部 9 号館 526　TEL052-789-4484

移を示しており，腐食程度が小さいときは AE 発生位置が載荷端側に集中しているのに対し，腐食が進行するにつれて AE 発生位置が鉄筋全域に分布することがわかった．

図-3 にコンクリートに貼付されたセンサによって検出された，荷重の増加に伴う弾性波の周波数平均の推移を示す．これより荷重の増加に伴って発生する AE の周波数が上昇する傾向にあることがわかった．これは荷重の増加に伴って高周波数を伴う微小破壊が進行したためであると推察される．またその上昇率は腐食が進行するにつれて鈍化することがわかった．これは腐食の進行に伴って摩擦による低周波数の AE が多く検出されるためであると推察される．図-4 に鉄筋に貼付されたセンサによって検出された，荷重の増加に伴う弾性波の周波数平均の推移を示す．これより荷重の増加に伴う周波数の上昇，及び腐食の進行による周波数の上昇率の鈍化が，コンクリートにセンサを貼付した場合に比べてより明確となった．

4. 結論

鉄筋の引抜き試験において，腐食率が小さい場合，高荷重レベルにおいて周波数の大きい AE が発生するが，腐食率の増加に伴いその傾向が少なくなることが明らかとなった．また鉄筋の腐食による AE の挙動を評価する際はコンクリート表面でなく鉄筋にセンサを直接貼付した場合の方が感度よく行うことが可能であった．

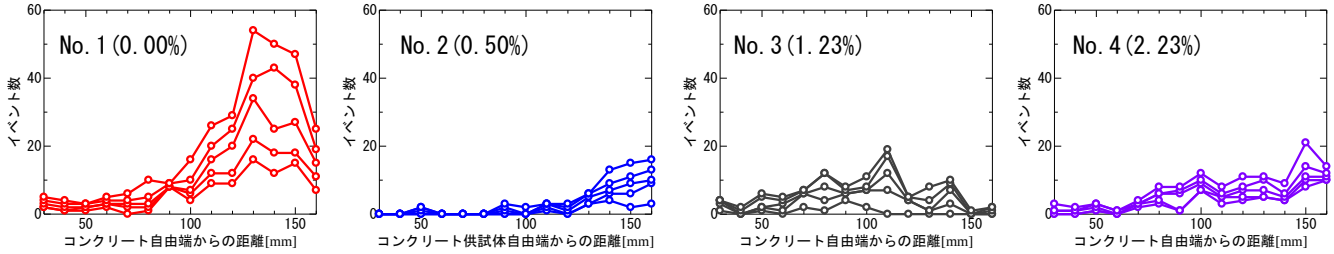

図-2　10kN ごとの鉄筋位置における AE イベント発生回数(50kN まで)

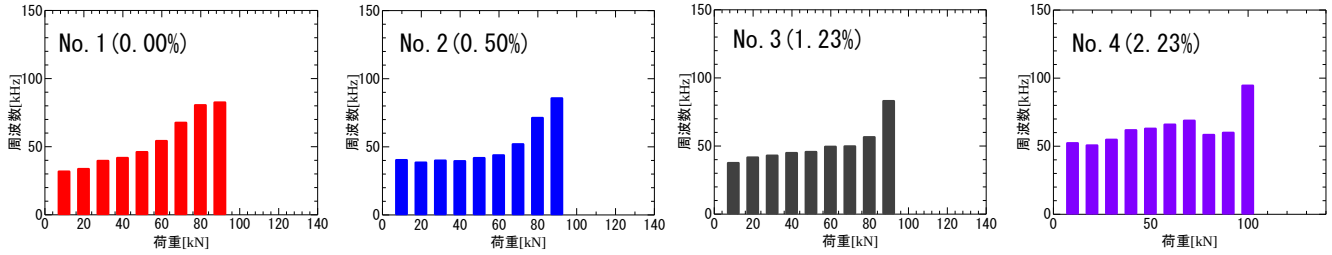

図-3　荷重の増加に伴う周波数平均の推移

(コンクリートに貼付したセンサにて検出)

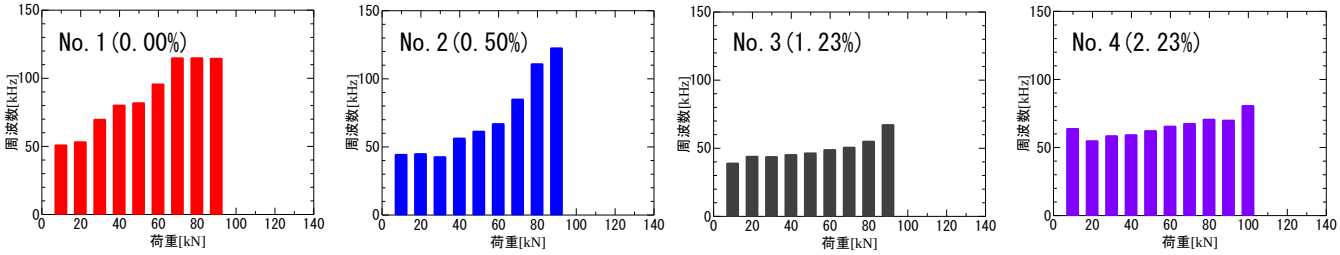

図-4　荷重の増加に伴う周波数平均の推移

(鉄筋に貼付したセンサにて検出)

謝辞

本研究の一部は，名古屋高速道路公社「平成 23 年度コンクリート構造物の予防保全技術に関する研究」として実施した．ここに記して謝意を表す．

参考文献

1) M. Kunieda, N. Okude, T. Shiotani and H. Nakamura: Flexural Failure Behavior of RC Beams with Rebar Corrosion and Damage Evaluation by Acoustic Emission, Progress in Acoustic Emission XIV, pp.325-332, 2008