

## V-599

電気化学的特性およびA E特性に基づく鉄筋コンクリート梁の  
非破壊評価法に関する実験的検討

日本セメント(株) ○正会員 堂園昭人

運輸省港湾技術研究所 正会員 福手 勤 正会員 濱田秀則

## 1. はじめに

港湾構造物の鉄筋コンクリートは、塩分の浸透等により内部鉄筋が腐食することがある。このような腐食を生じると耐力低下等を引き起こすことがある。そのため、非破壊式の劣化調査法によって内部鉄筋の腐食状況ならびにコンクリートの劣化状況を調査して、適切なメンテナンスをする必要がある。

本研究では、内部鉄筋を腐食させた梁供試体を用いて、電気化学的特性(分極抵抗)およびA E(アノスティック・エミジョン)特性を把握し、それぞれの試験方法の適用範囲を把握して両者を組合わせて非破壊調査法として用いる可能性について検討した。

## 2. 実験概要

使用材料およびコンクリートの配合を表-1に示す。また、図-1に供試体の概要を示す。供試体の鉄筋部分に腐食電流を流し(電食)、表-2に示す理論量の錆を発生させた。その後供試体の鉄筋直上で交流インピーダンス法により分極抵抗を測定した後、曲げ試験を実施した。曲げ試験は3等分2点载荷とし、曲げ試験中にA Eの測定を行った。A E測定は、150kHz共振型センサーを供試体1側面に2個ずつ合計4個取り付けて行った。センサーの測定条件は増幅率60dB、しきい値25dBとした。载荷は19.6、39.2、58.8、68.6kNの各荷重まで载荷した時点で一度除荷し、最終的に破壊させた。

表-1 使用材料およびコンクリートの配合

|      |      |                                                           |     |                         |     |     |     |      |             |        |                                 |
|------|------|-----------------------------------------------------------|-----|-------------------------|-----|-----|-----|------|-------------|--------|---------------------------------|
| 使用材料 | セメント | 早強ポルトランドセメント<br>(比重 3.13、ブリーフ比表面積 4200cm <sup>2</sup> /g) |     |                         |     |     |     |      |             |        |                                 |
|      | 細骨材  | 鬼怒川産川砂 (比重 2.61、FM 2.80) .                                |     |                         |     |     |     |      |             |        |                                 |
|      | 粗骨材  | 鬼怒川産砕石 (比重 2.64、FM 6.84)                                  |     |                         |     |     |     |      |             |        |                                 |
|      | 混和剤  | アルキルカルボン酸化合物                                              |     |                         |     |     |     |      |             |        |                                 |
|      |      |                                                           |     |                         |     |     |     |      |             |        |                                 |
| W/C  | s/a  | SL                                                        | air | 単位量(kg/m <sup>3</sup> ) |     |     |     |      | 7ヶ月性状、28日強度 |        |                                 |
| (%)  | (%)  | (cm)                                                      | (%) | セメント                    | 水   | 細骨材 | 粗骨材 | AE剤  | SL(cm)      | air(%) | $\sigma$ 28(N/mm <sup>2</sup> ) |
| 65   | 48   | 8±2.5                                                     | 4±1 | 246                     | 160 | 994 | 997 | 0.98 | 8.0         | 4.3    | 24.8                            |

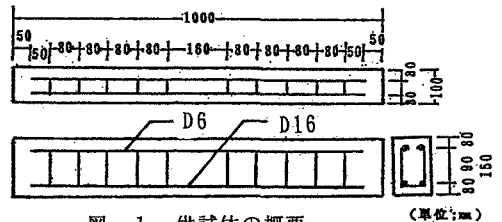


図-1 供試体の概要

表-2 各供試体の通電時間  
および理論発錆量

| 供試体No. | 通電時間(h) | 総電荷量(Coulomb) | 発錆量(g) |
|--------|---------|---------------|--------|
| A      | 0       | 0             | 0      |
| B      | 51      | 285146        | 32.4   |
| C      | 100     | 554400        | 160.2  |
| D      | 150     | 831600        | 240.3  |
| E      | 240     | 1330560       | 384.5  |

3. 実験結果および考察<sup>1)2)</sup>

腐食電流によって発生した錆によるコンクリート表面のひび割れ状況の一例を図-2に示す。ひび割れは主に主鉄筋およびスターラップに沿って発生した。また、試験終了後内部鉄筋をはつりだして発錆状況を確認したところ、供試体DおよびEは、鉄筋表面の約90%以上に錆が発生していた。また、供試体Cも鉄筋表面の約80%に錆が発生していた。しかし、顕著な断面減少は認められなかった。

表-3に供試体の最大荷重およびたわみ測定値より弾性理論に基づいて算出した曲げ剛性を示す。最大荷重は最も腐食した条件でも健全体の90%程度であった。しかし曲げ剛性は低下率が大きくなっており、鉄筋の断面欠損を伴う錆が発生した場合、更に曲げ剛性が低下して最大荷重も低下することが考えられる。

表-3 最大荷重および曲げ剛性

| 供試体No. | 最大荷重(kN)   | 曲げ剛性( $\times 10^4$ N·cm <sup>2</sup> ) |
|--------|------------|-----------------------------------------|
| A      | 89.9(100%) | 12.56(100%)                             |
| B      | 89.4( 99%) | 12.08( 96%)                             |
| C      | 86.3( 96%) | 11.21( 89%)                             |
| D      | 84.8( 94%) | 10.51( 83%)                             |
| E      | 80.9( 90%) | 9.26( 73%)                              |

( )内は供試体Aの測定値に対する比率

図-3に、理論発錆量と分極抵抗測定結果との関係を示す。これより分極抵抗は鉄筋腐食の進行とともに小さくなり、ある程度まで小さくなるとほとんど変化しなくなる傾向が見られた。分極抵抗の値が変化しない部分は、鉄筋の表面積の約80%以上が錆びた状態である。これより、測定範囲内の発錆面積が鉄筋表面の概ね80%以下の範囲であれば、分極抵抗により比較的良好に鉄筋の腐食の状態を把握できると思われる。

図-4に理論発錆量と曲げ試験時の累積イベント数の関係を示す。これより、鉄筋腐食の進行した条件ほど破壊時まで測定した時の累積イベント数が少なくなる傾向が見られた。これは、発錆に伴う膨張圧でコンクリート表面に発生したひび割れによるA E信号の遮断、減衰が考えられる。また、図-5に各繰り返し荷重で発生するイベントのうち、振幅が大きいもの(今回は、用いた測定装置の最大測定可能範囲の80%以上の振幅を持つイベント)のイベント数の測定結果を示す。これより、載荷荷重が19.6kNの場合、多少傾向から外れる計測値があるものの鉄筋腐食が進行した条件ほどイベント数が少なくなる傾向が見られる。これは、電食により発生した微小ひび割れによるA E信号の遮断、減衰が一つの原因であり、それに加えて振幅の大きい波の発生が少ないものと考えられ、低い荷重レベルでのA E振幅を整理することで構造物の劣化状態を把握できる可能性があることを示していると考えられる。

また、以上の結果より分極抵抗とA E法を用いてRC構造物の劣化状況を把握する場合、分極抵抗により内部鉄筋の腐食の有無を把握し、A E法を応用することで、コンクリートの劣化等に関し更に細かな劣化箇所を把握することができると考えられ、合理的な非破壊検査および維持管理が行える可能性が見いだされた。

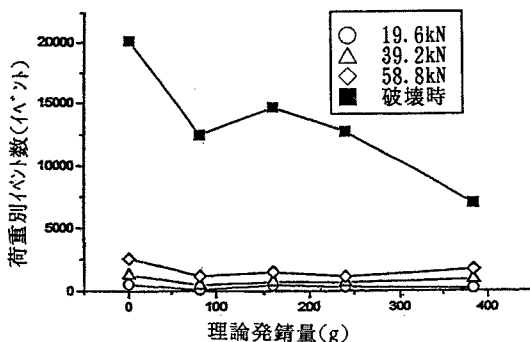


図-4 理論発錆量と累積イベント数との関係

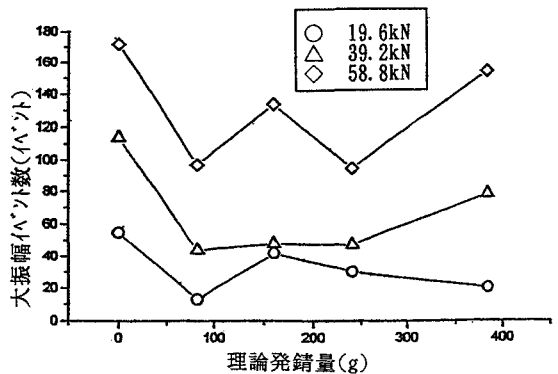


図-5 大振幅の計測結果

#### 4. 結論

鉄筋コンクリート梁を用いて、電気化学的特性とA E特性から内部鉄筋の腐食状況および耐力に及ぼす影響を把握し、これらの特性を非破壊調査方法として用いる可能性について検討した。その結果、測定範囲内の鉄筋表面の概ね80%に錆が発生するまでは、分極抵抗により劣化状況を相対的に判断でき、A E法を用いることで更に細かな劣化箇所の把握ができる可能性が見いだされた。

(参考文献)

- 1) 小林豊治、米澤敏男、出頭圭三 共著;鉄筋腐食の診断;森北出版
- 2) (社)日本非破壊検査協会 A E特別研究委員会 教育WG;アコースティック・エミッションⅠ、Ⅱ