

ハイブリッド非破壊試験法による鉄筋腐食評価の実用化

熊本大学 学生会員 ○小拂 智絵
 熊本大学 学生会員 川崎 佑磨
 熊本大学 学生会員 北浦 美涼
 熊本大学 フェロー会員 大津 政康

1. はじめに

近年、鉄筋コンクリート構造物の劣化被害が数多く報告されており、塩害による鉄筋腐食の劣化進行過程を早期に評価する非破壊検査法の開発が重要である。そこで、本研究では、塩害による環境条件を考慮した浸漬乾燥繰り返し実験を行った。実験中にはアコースティック・エミッション(AE)法¹⁾と電気化学的手法を併用し、鉄筋腐食による劣化進行過程を定量的に早期に評価できるハイブリッド非破壊試験法の可能性を検討した。

2. 実験概要

実験供試体は、図-1に示すように1000×570×75mmの板状で鉄筋はSD295-D13を使用し、かぶり厚は20mmとした。3本の鉄筋の内、鉄筋腐食における黒皮の影響を検証するため、打設前に鉄筋3の黒皮を鑿で削って剥がした。28日間水中養生後、3%NaCl水溶液に7日間浸漬後7日間乾燥させる繰り返し実験を行った。供試体には、AEセンサを2個取り付け、連続的にAE計測を行った。AE計測装置にはDiSP(PAC社製)を用い、周波数帯域は10kHz~2MHzとし、ゲインは60dB(プリアンプ40dB+メインアンプ20dB)、しきい値は40dBとして行った。AEセンサには共振周波数150kHzの特性を持つR-15を使用した。また、打設時に供試体の鉄筋表面に取り付けた埋め込みミニセンサ(日本建築総合試験所製)を使用して7日毎に自然電位および分極抵抗計測を行った。

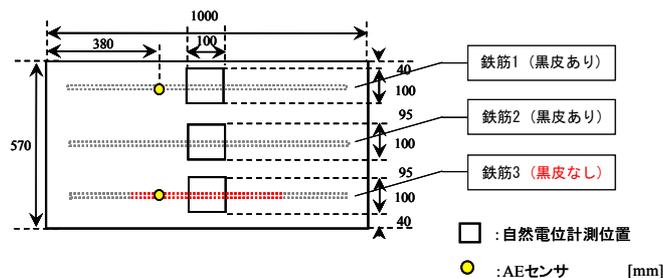


図-1 実験供試体

3. Ib -value 解析

AE振幅分布を **b** 値のようなパラメータを用いて数値的に表現する場合には、直線で近似されることが前提となる。AEの発生総数 **N** と最大振幅値 **a** の関係は式(1)で表現できる。

$$\log N = \alpha - b \log a \quad (1)$$

ここで、 α 、 b は定数

式(1)で、傾きは **$-b$** と負で表されることから、 **b** 値が小さいならば規模の大きな破壊現象が多く、逆に **b** 値が大きければ規模の小さな破壊現象が多く発生していることを示している。これより、AEでは振幅分布から分布の統計的諸量により **b** 値算出の振幅範囲を決定する「改良 **b** 値(Ib -value)」が提案されている²⁾。ここでは、式(1)のように、経時的に得られるAEデータをもとに算出した平均値 **μ** と標準偏差 **σ** を用いて決定することより、一意的に **Ib** 値が求められる。

$$Ib = \frac{\log_{10} N(w_1) - \log_{10} N(w_2)}{(\alpha_1 + \alpha_2)\sigma} \quad (2)$$

ここで、 $N(w_1)$: 振幅 **$\mu - \alpha_2\sigma$** 以上のAE累積数

$N(w_2)$: 振幅 **$\mu + \alpha_1\sigma$** 以上のAE累積数

$(\alpha_1 + \alpha_2)\sigma$: 振幅の範囲

4. 実験結果

かぶり位置での二次元塩化物イオン浸透予測のFEM解析による結果を誤差関数による一次元解析と比較して図-2に示す。いずれの結果でも49日目頃に「鉄筋の腐食開始時期」とされる **0.3kg/m^3** を超え、77日頃に「コンクリートの腐食ひび割れ開始時期」とされる **1.2kg/m^3** を超えることが分かる。供試体断面の深さ方向による塩化物イオン浸透状況を図-3に示す。この結果より、供試体側面からの浸透は、浸透深さ方向2cm程度であり、鉄筋位置においては、底面からの一次元的な浸透が支配的であることが明らかとなった。

キーワード 鉄筋腐食、アコースティック・エミッション、塩害、劣化進行過程、 Ib -value

連絡先 〒860-8555 熊本県熊本市黒髪2丁目39番1号 熊本大学 TEL 096-342-3542

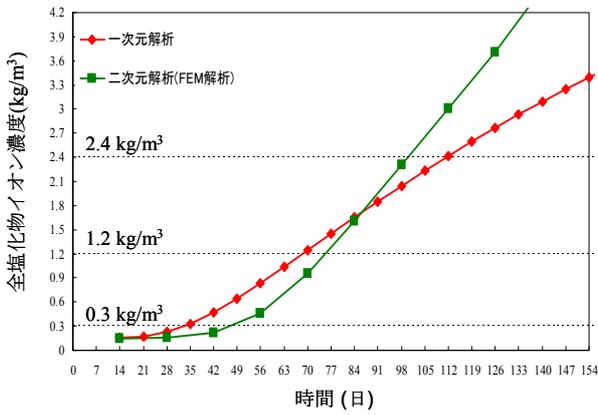


図-2 塩化物イオン浸透予測

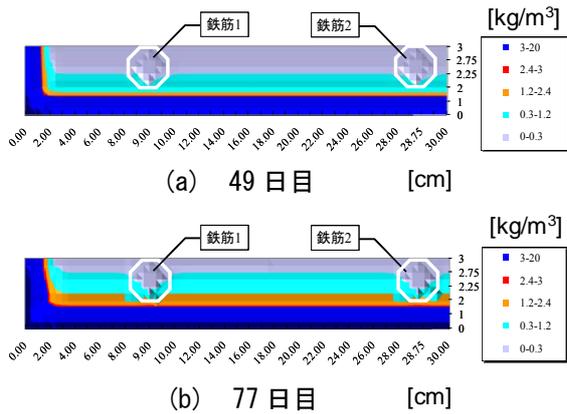


図-3 深さ方向による塩化物イオン浸透(FEM)

供試体Aに設置したAEセンサの1時間毎の累積AEヒット数と自然電位計測値の関係を図-4に示す。実験開始から21日目頃にAEヒット数の増加が確認され、その後AEヒット数は一時停滞するが、77日目に再度AEヒット数が増加し、105日目にAEヒット数の急激な増加が確認された。また、自然電位計測値は実験開始から-200mV程度で、2度目のAEヒット数の頻発が確認された77日目に急激に減少し、腐食評価基準の-350mVを下回った。これはASTM³⁾により規定される腐食評価基準において、90%以上の確率で腐食ありと評価される。累積AEヒット数と分極抵抗値の関係を図-5に示す。AEヒット数の急激な増加が確認された77日目に分極抵抗値は低下し始め、105日目では約44.kΩcm²となり、中から高程度の腐食速度で腐食が進行していることが確認された。これらのことより、AEヒット数の増加、自然電位計測値および分極抵抗値の減少が同時期で確認されており、両者を考慮することで、鉄筋腐食の発生時期を高精度で予測できる可能性が示された。

さらにIb-value解析の結果を図-6に示す。AEヒット数が再び検出され始めた56日目からIb-valueの減少が確認され、105日目には急激な上昇と減少が見ら

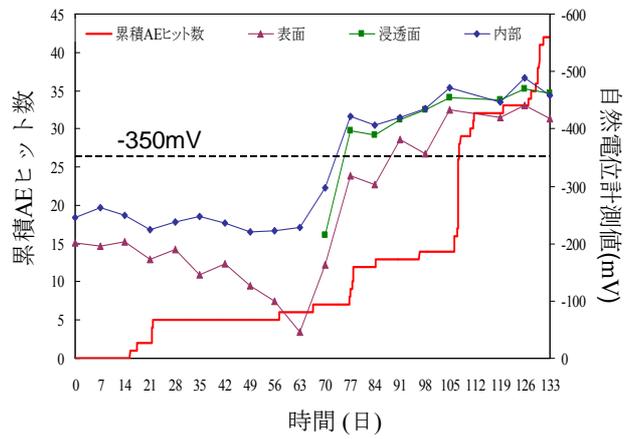


図-4 累積AEヒット数と自然電位計測値の関係

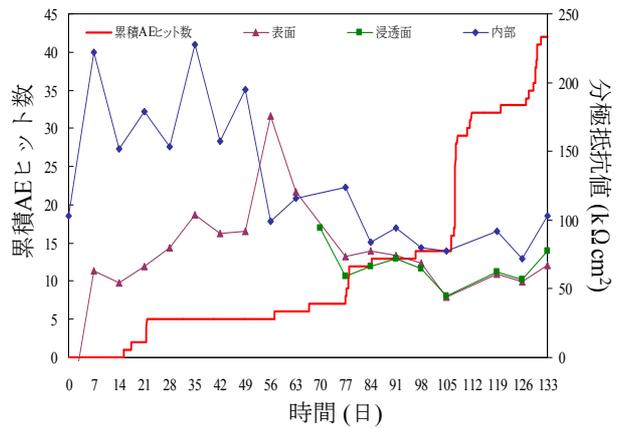


図-5 累積AEヒット数と分極抵抗値の関係

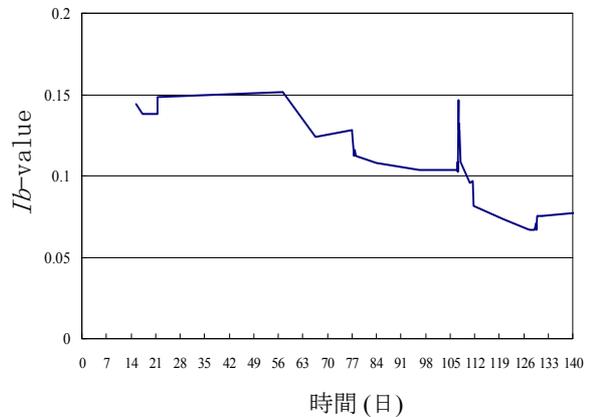


図-6 Ib-value

れる。したがって、この時期のAEの急増から小さなAE現象が大きなAE現象へ推移したと推測される。

5. 参考文献

- 1) 大津政康：アコースティック・エミッションの特性と理論(第2版),2005
- 2) 塩谷智基：地盤内破壊評価法へのアコースティック・エミッションの適用に関する研究,1998
- 3) ASTM C8767-91：Standard Test Method for Half-Cell Potential of Uncoated Reinforcing Steel in Concrete.