

## AE 法によるコンクリート中の鉄筋腐食過程の評価

熊本大学工学部 正会員 ○友田 祐一  
霧島市役所建設部 古川 智洋  
熊本大学自然科学研究科 正会員 大津 政康

### 1. はじめに

コンクリート構造物の塩害に対する維持管理には、鉄筋腐食の発錆時期を正確に評価できるモニタリング技術の開発が急務と考えられる。本研究では、塩害による鉄筋腐食を評価するためにアコースティック・エミッション(AE)法を適用した。浸せき乾燥繰り返し実験中に AE 計測を行い、鉄筋腐食における劣化の進行過程に関して実証的な検討を試みた。その結果、塩分浸透と AE 発生挙動を比較することにより、鉄筋腐食の発錆時期およびコンクリートの劣化進行過程について定量的モニタリングの可能性が確認された。

### 2. 実験概要

コンクリート配合表を表-1 に示す。供試体の練り混ぜ水には NaCl 水溶液を用い、初期の全 Cl<sup>-</sup>量が 0.3kg/m<sup>3</sup> 以下となるように作製した。この全 Cl<sup>-</sup>量 (0.3kg/m<sup>3</sup>) は、示方書<sup>1)</sup>に示された促進試験における鋼材腐食発生限界量 (0.3kg/m<sup>3</sup>～0.6kg/m<sup>3</sup>) を考慮した。実験に用いた鉄筋コンクリート供試体は、図-1 に示すような 250×300×100mm の板状のもので、鉄筋には SD295-D13 を使用し、かぶり厚を 20mm とした。供試体は 28 日標準水中養生後、底面以外にエポキシ樹脂を塗布し、塩分の浸透を底面だけに限定した。塩分濃度を測定するコアの採取、鉄筋のはつり出しを行うため、図-1 のような供試体を 4 個作製した。その後、3%NaCl 水溶液の入った水槽に供試体を 7 日間浸せきと、7 日間乾燥させる浸せき乾燥繰り返し実験を行った。実験中には、図-1 中に示す位置 (供試体上面) に AE センサを設置した後、連続的に AE 測定を行った。

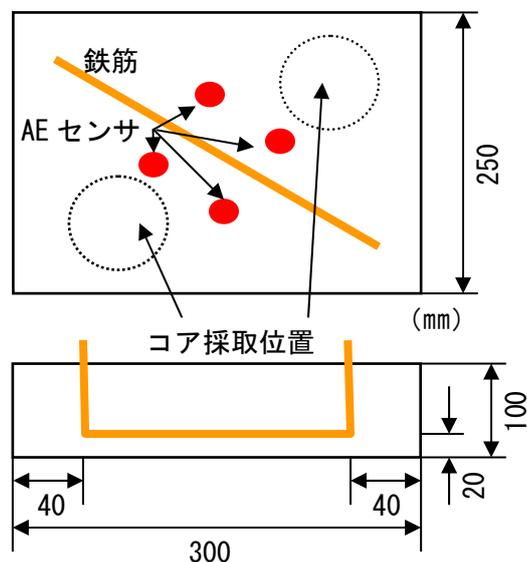


図-1 実験供試体

なお、しきい値は 40dB、AE センサは共振周波数 150kHz の特性を持つセンサを使用し、周波数帯域は 10kHz～300kHz、ゲインは 60dB (プリアンプ 40dB+メインアンプ 20dB) として行った。そして、腐食の発生が予測された時点でコアを採取し、浸透面から 5cm の深さまで 1cm 毎に切断粉碎し、硬化コンクリート中の全塩分と可溶性塩分量を、電位差滴定法により求めた。その塩分浸透試験の結果と AE 発生挙動を比較検討した。また、AE 発生位置標定の確認を行うために、AE イベントによる解析を行った。なお、4 個のセンサのうち 3 個以上にて検出した AE を 1 ヒットとした。

表-1 コンクリート配合表

Gmax (mm)	スランプ (cm)	W/C (%)	Air (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )				NaCl (kg)
					W	C	S	G	
20	8	55	5.8	42.7	175	318	746	1168	0.240

キーワード アコースティック・エミッション(AE)、腐食過程、モニタリング、位置標定

連絡先 〒860-8555 熊本市黒髪 2-39-1 国立大学法人熊本大学工学部技術部 TEL 096-342-3774

### 3. 実験結果

図-2 に実験中の塩分濃度と累積 AE ヒット数の関係を示す。実験開始後の14日目から21日にかけて、最初の AE 頻発期が確認できた（以降、第一時期）。その後、84日目に二度目の AE 頻発期が確認できた（以降第二時期）。70日目にコア供試体を採取し、塩分浸透試験を実施した。70日目において採取したコアから塩化物イオン量を測定した。さらに実験開始期に行った供試体の塩化物イオン濃度の初期値とから示方書<sup>1)</sup>の誤差関数による塩分浸透予測解析を行った。その結果も図-2 に示す。この結果から、第一時期において鋼材腐食限界量の全 Cl<sup>-</sup>量 (0.3kg/m<sup>3</sup>~0.6kg/m<sup>3</sup>) にほぼ一致し、第二時期においては示方書のコンクリートひびわれ開始期に当たると推測されている全 Cl<sup>-</sup>量 (1.2kg/m<sup>3</sup>~2.4kg/m<sup>3</sup>) の濃度範囲に一致していることが認められた。したがって、第一時期と考えられる14日目から21日にかけて鉄筋腐食が開始したと考えられる。なお、実験後に鉄筋をはつり出したところ、目視では鉄筋腐食は確認できなかった。第二時期では、錆が目視により確認できたことから、この時期より鉄筋腐食の速度が速くなり、コンクリート中にひび割れが発生していると考えられる。

なお、ここでの AE 発生挙動は既報<sup>2)</sup>の腐食発生モデルとよく一致している。

### 4. 位置標定

AE 発生位置の位置標定を行った結果を図-3、図-4 に示す。図-3 は3週目から8週目にかけての位置標定の結果であり、図-4 は9週目から12週目にかけての位置標定の結果を示す。図-3 から分かるように、AE 発生の第一時期以後の時期での AE の発生位置はセンサ付近のものがほとんどであり、鉄筋付近からは標定されていない。このような傾向は、第一時期以降の8週目まで同じであった。図-2 のように、14日目から21日目の間には AE のイベント数が多く、センサ位置に誤標定されるほどに標定困難な多くの AE ヒットが鉄筋の各所から発生したことが考えられる。AE 発生の第二時期に近づくとき、図-4 のように鉄筋中央付近から AE が発生している。このことから、第二時期において鉄筋腐食の膨張圧によりコンクリート中のひび割れ発生があったと考えられる。この時期においては鉄筋付近から AE の発生が標定されたことから、鉄筋腐食の位置を決定できる可能性が明らかとなったと考えられる。

### 参考文献

- 1) 土木学会：土木学会・コンクリート標準示方書「施工編」、2002年制定、2002
- 2) R.E.Melchers and C.Q.Li, ACI Materials Journal, Vol.103, No.1, pp.25-32, 2006

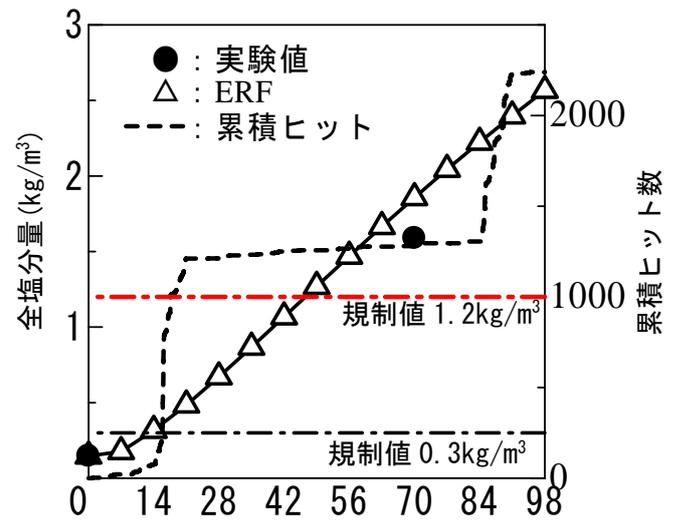


図-2 塩分濃度と AE ヒット数の関係

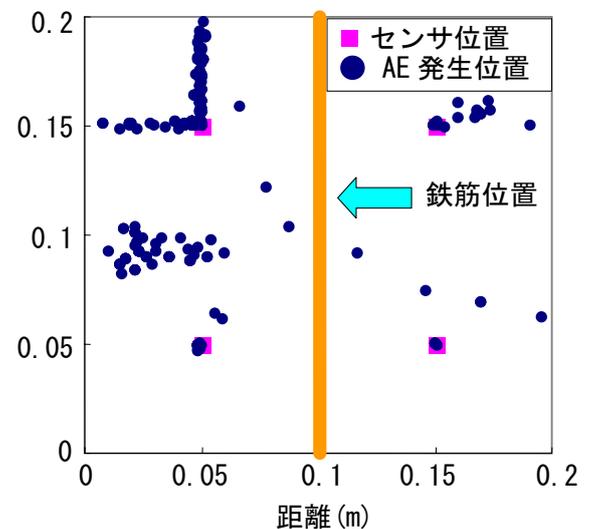


図-3 3~8週目の位置標定

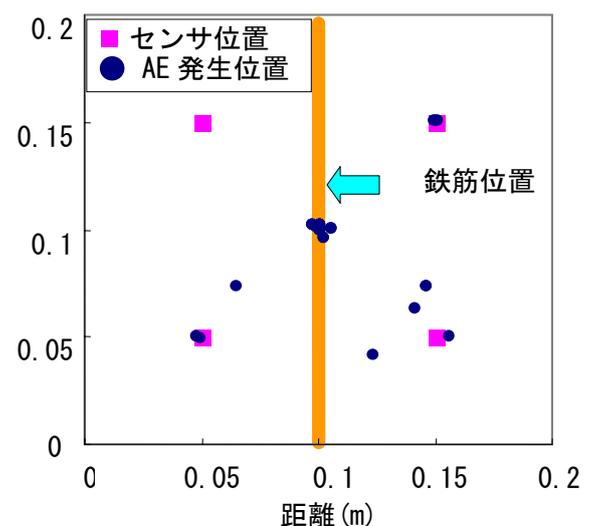


図-4 9~12週目の位置標定