

乾湿繰返し下の鉄筋コンクリート腐食モニタリング

○熊本大学工学部環境システム工学科 学生会員 川崎佑磨
 熊本大学大学院自然科学研究科 非会員 森香奈子
 熊本大学工学部技術部 正会員 友田祐一
 熊本大学大学院自然科学研究科 正会員 大津政康

1. はじめに

塩害を受けたコンクリート構造物の寿命予測を行うためには、コンクリート内部への塩分浸透による鉄筋腐食進行過程を定量的に評価する¹⁾ことが不可欠である。そこで本研究では、鉄筋コンクリート供試体の乾燥・浸漬繰返し実験中に AE 計測²⁾を行い、AE 発生挙動と供試体中の塩化物イオン濃度の比較をすることにより、鉄筋腐食のモニタリングを試みた。

2. 実験概要

実験供試体は、図 1 に示すように 400×100×75mm の角柱で、鉄筋には SD295-D13 を使用し、かぶり厚は 20mm とした。初期の状態でのコンクリート中の全塩分濃度は 0.175kg/m³ となった。コンクリートの配合は表 1 に示す。供試体にエポキシ樹脂を塗布して塩分浸透を供試体底面に限定した。また、腐食を鉄筋の中央 100mm に限定するため、中央 100mm 以外の鉄筋にエポキシ樹脂を塗布した。その後、供試体を 3%NaCl 水溶液に 7 日間浸漬した後 7 日間乾燥させる繰返し実験を行った。実験中には供試体の鉄筋近傍に AE センサを 6 個取付け、連続的に AE 計測を行った。

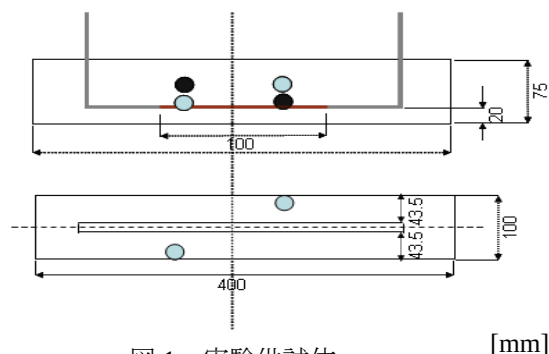


図 1 実験供試体

表 1 コンクリートの配合

Gmax	スランプ	W/C	Air	s/a	単位量(kg/m ³)				AE 減水剤	NaCl
(mm)	(cm)	(%)	(%)	(%)	W	C	S	G	(kg)	(kg)
10	16	55	2.9	44.6	187	340	751	1113	1.632	0.292

3. 誤差関数による塩分浸透予測解析

乾燥・浸漬繰返し実験は、塩分浸透の過程は複雑であるが、第一義的に拡散現象として解析した。拡散現象の解析には、表面塩分濃度を一定とする誤差関数式(1)を用いることにした。

$$C(x,t) = C_0 \left(1 - \operatorname{erf} \frac{x}{2\sqrt{Dt}} \right) \quad (1)$$

ここで、 $C(x,t)$ ：各実験における塩分濃度(kg/m³)

C_0 ：表面塩分濃度(kg/m³) D ：拡散係数(cm²/sec)

x ：浸透深さ(cm)

t ：実験期間(sec)

erf ：誤差関数

現実の塩分浸透では、表面塩分濃度を一定と見なすこと、及び実験的に決定することは困難とされている。そこで、見掛けの表面塩分濃度を C_1 として用いた。この場合、表面塩分濃度 C_1 は以下の式を用いた。

$$C_1 = \frac{C(x)}{1 - \operatorname{erf} \frac{x}{2\sqrt{Dt}}} \quad (2)$$

ここで、 $C(x)$ ：各実験における塩分濃度(kg/m³)

式(2)より求めた 0.5cm～1.5cm までの表面塩分濃度を平均して各期間における乾燥・浸漬繰返し実験の見掛けの表面塩分濃度 C_1 を推定した。なお、実験解析での拡散係数は、2002 年制定・土木学会・コンクリート標準示方書（施工編）¹⁾ に示されている回帰式より求めた。

4. 実験結果

図2に初期の塩分濃度からの塩分浸透予測を示す。図3に1週間ごとの累積AEヒット数とイベント数の関係を示す。図より4~5週目にAEが多く発生していることが分かる。このAEが頻発している時期が、塩害による劣化進行過程の潜伏期から進展期¹⁾に該当すると考えられる。6週目に供試体中から鉄筋のはつり出しおよびコアの採取を行った。供試体のコアから全塩分量を測定した結果、かぶり位置での全塩分量は 0.8125kg/m^3 であった。この結果および図2からも4~5週目頃のAE頻発時期において、土木学会コンクリート標準示方書(施工編)¹⁾に示された促進試験における鋼材腐食限界全塩分量 $0.3\sim 0.6\text{kg/m}^3$ を越えたと考えられる。図4は、はつり出した鉄筋の走査型電子顕微鏡(SEM)による鉄筋表面の画像を示している。この図から、鉄筋表面に通常形成されている黒皮が溶けて剥離しているのが確認された。図5~7は、8週目までに観測された位置標定できたAEイベントを示したものである。標定された大きなAE現象は多少鉄筋から離れた位置に同定された。今後、コンクリートの腐食ひび割れの同定も行って鉄筋発錆位置の同定可能性を検討する予定である。

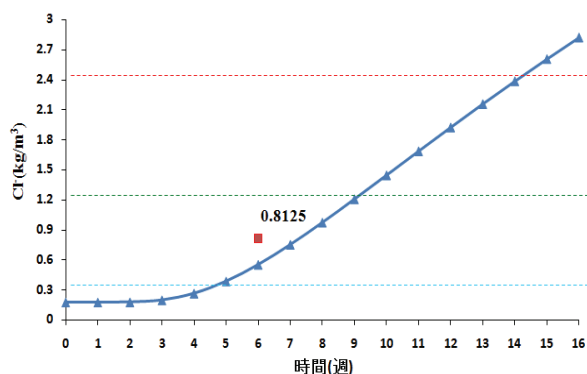


図2 塩分浸透予測

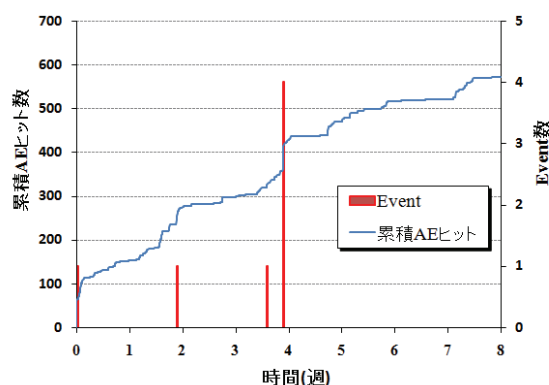


図3 AE発生頻度

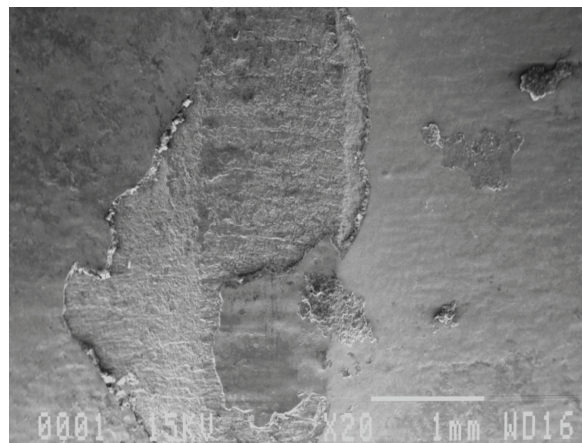


図4 鉄筋表面画像

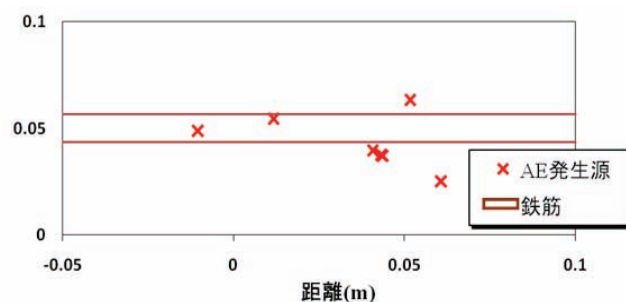


図5 供試体上面

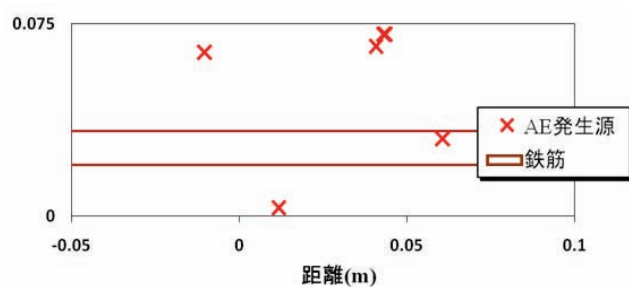


図6 供試体側面

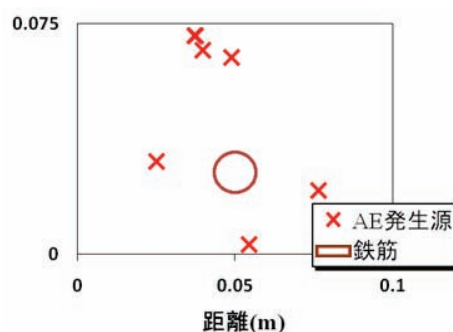


図7 供試体断面

5. 参考文献

- 1) 土木学会：2002年制定、コンクリート標準示方書「維持管理編」「施工編」、2002
- 2) 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