

鉄筋コンクリートの塩害に対する診断法の考察

熊本大学工学部 学生会員○下岡哲也

熊本大学工学部 正会員 友田祐一

熊本大学工学部 正会員 大津政康

1. はじめに

コンクリート構造物の塩害への対策について検討するために、塩分の浸透機構特性に関する基礎的研究を行っている¹⁾²⁾。コンクリート中への塩分浸透は、その周辺の環境やコンクリート自体の材料特性により大きく影響される。そこで、無筋および鉄筋コンクリートの2種類の供試体を作成し、浸せきと電気泳動を考慮した実験を行い、塩分浸透特性について解析的に検討した。そして、診断法の確立について考察を行った。

2. 実験概要

塩分浸透実験に用いた無筋供試体は、図-1のような10×10×20cmの角柱で、練混ぜ水として、3%塩水を使用した。コンクリートの配合表を表-1に示す。塩分拡散への水セメント比の影響を考察するために2種類の配合A,Bを用意した。28日水中養生後に10×10cmの一面を除きエポキシ樹脂を塗布し、3%塩水中に連続浸せき実験を行った。また、電気泳動の影響を考慮するために図-2のような塩分濃度0.045%塩水で配合Bによって作成した鉄筋コンクリート供試体(かぶり3cm)を同様に底面以外にエポキシ樹脂を塗布し、3%塩水中に浸せきさせ100mAの定電流を240時間通電させ、実験終了後コアを採取した。それらの供試体は、図-1のように浸透面から5cmの深さまで、1cm毎に切断、粉碎し、電位差滴定法³⁾によりコンクリート中の全塩分量を測定した。

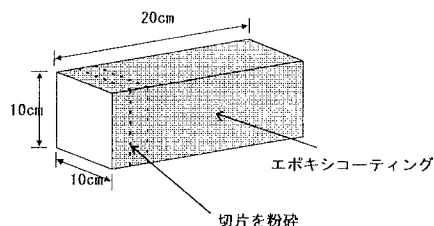


図-1 塩分浸透実験供試体

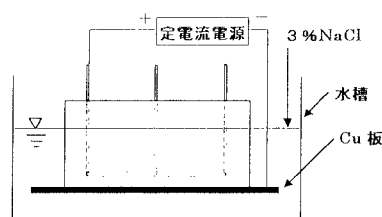


図-2 電食実験装置の概略図

3. 解析手法

(1) 拡散係数の決定法

昨年までの方法²⁾によって、実験結果から用いて次式より、拡散係数Dを求めた。

$$\frac{dC}{dt} = D(C_0 - C) \dots \dots \dots (1)$$

ここで、表面濃度 C_0 、深さ0.5cmの箇所の全塩分量Cとする。

次に示方書(案)の次式より拡散係数Dを求めることも試みた。

$$\text{Log}D = 11.5(W/C)^2 - 8.69(W/C) - 5.785 \dots \dots (2)$$

$$\text{Log}D = 4.5(W/C)^2 + 0.14(W/C) - 8.47 \dots \dots (3)$$

ここで、 W/C は水セメント比を表す。

(2) 塩分浸透予測

以上の拡散係数Dを用いて次式により塩分浸透予測解析を行った。

$$C = C_0 \left(1 - \text{erf} \frac{x}{2\sqrt{Dt}} \right) \dots \dots \dots (4)$$

また有限要素法により解析を行った。拡散係数Dは(1)式より求めた値を用い、対象としたモデルは、図-3のように供試体を1辺1cmの三角形要素に分割して、要素数400のモデル解析を実施した。

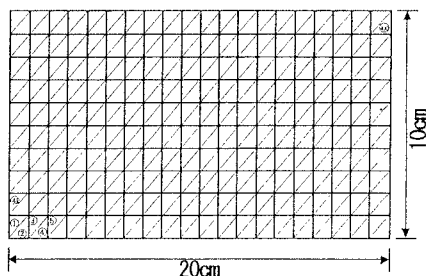


図-3 FEMモデルの要素分割図

表-1 コンクリートの配合

種類	最大粒径 (mm)	水セメント比 (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)				混和剤 (cc)	スランパ [®] (cm)	空気量 (%)
				W	C	S	G			
A	20	50	48	172	344	830	1021	104	4.8	6
B	20	55	47	170	308	809	1032	123	7.0	6.5

4. 結果及び考察

図-4 は式(2)、(3)およびW/Cを変えた供試体で式(1)求めた拡散係数を示したものである。図から見て分かるように示方書(案)の式から求められる拡散係数と実験値はよく一致している。つまり、拡散係数の決定は、W/Cからほぼ推定可能であることが分かる。

図-5 は、2年間連続浸せき実験結果と解析結果と比較したグラフである。解析方法としては式(1)に28日浸せき実験値を代入して得られた拡散係数Dと式(2)、式(3)より求めた拡散係数Dを式(4)に代入することにより濃度分布を求めた。また、式(1)より求めた拡散係数Dを用いる有限要素法においても濃度Cを求めた。なお、これらの解析では表層部2.5cmまでの塩分分布から逆解析によって表面濃度C₀を推定している。この図より、2年後の実験結果と予測解析結果はよく一致することがわかり、連続浸せきについては塩分浸透は、かなりの精度で予想できると考えられる。

昨年の成果²⁾より、連続浸せき実験の20倍の拡散係数で、240時間電食実験の解析を行った結果が図-6である。この結果に土木学会コンクリート標準示方書より求めた塩化物イオン含有量の規制値(0.042%)と比較してみるとかぶり3cmの所で許容塩化物量を超過しており実際の鉄筋にも240時間後には腐食が認められた。これより塩分の浸透による鉄筋腐食の照査及び診断法の手順が明らかになったと考えられる。

参考文献

- 1) 大津政康：塩害によるコンクリート劣化の早期検出と予測に関する解析的考察、コンクリート構造物のリハビリテーションに関するシンポジウム論文集、29-34、1998、10
- 2) 友田祐一、鎌田憲治、大津政康：コンクリート中への塩分浸透機構と予測に関する考察、土木学会54回年次学術講演会講演概要集、第5部、192-193、1999、9
- 3) 船戸巳和男：硬化コンクリート中に含まれる塩分分析法、日本セメント(株)、中央研究所共同実験資料、1984

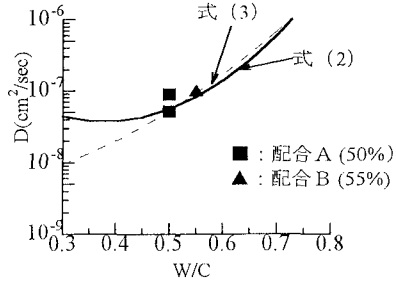


図-4 水セメント比と塩化物イオン拡散係数の関係

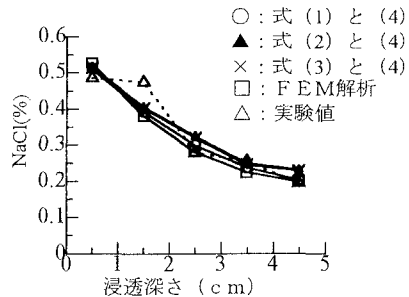


図-5 連続浸せき実験結果(2年間)

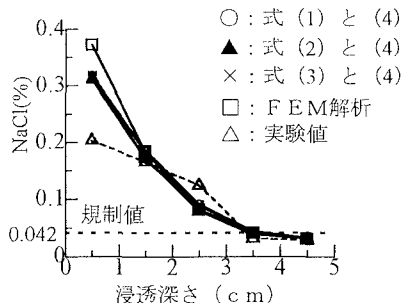


図-6 電食実験結果(240時間)