

非定常状態電気泳動試験の通電時間が拡散係数に与える影響

芝浦工業大学 学生会員 ○原沢 蓉子
 太平洋セメント(株) 正会員 細川 佳史
 芝浦工業大学 正会員 伊代田 岳史

1. 研究背景および目的

コンクリート構造物の塩害に対する照査において、フィックの拡散則に基づいて塩分浸透を予測し鋼材腐食の限界状態を評価するには、塩化物イオン拡散係数の把握が必要である。コンクリート標準示方書では、セメント種類、水セメント比による拡散係数の予測式が提示されている。また、実験によって拡散係数を算出する方法として、浸せき試験や電気泳動試験が挙げられる。拡散係数を算出するこれらの方法は、それぞれセメント種類に限られる、試験期間が長期に渡る、定常状態での試験であるといった特徴が挙げられる。一方、NORDTEST では NT BUILD 492 として、所定の時間通電し、非定常状態の電気泳動試験で拡散係数を算出する試験が規格化されている。従来の定常状態の電気泳動試験と比較すると、試験期間が短く、かつ省力化された試験方法である。国内でも非定常状態の電気泳動試験を用いて塩化物イオンの浸透速度より拡散係数を算出する方法¹⁾ (以下、土研法) が提案されている。

そこで本研究では、NT BUILD 492 および土研法の算出式を用いて、複数設定した各通電時間での拡散係数をセメント種類ごとに比較することで、より短時間での通電が拡散係数算出に適用可能か検討した。

2. 実験概要

2.1 試験体諸元

表-1 に示すように、配合は水セメント比、単位水量を一定とし、セメント種類を変化させた。コンクリートを $\phi 100 \times 200\text{mm}$ の円柱型枠に打込み、翌日に脱型を行い、材齢 28 日まで水中養生を行った。養生終了後、中央部の 100mm を二分割に切り出し、 $\phi 100 \times 50\text{mm}$ を試験体として使用した。その後、前処理として、各試験体に飽和水酸化カルシウム水溶液を用いて真空飽水処理を行った。

2.2 非定常状態電気泳動試験

実験装置図を図-1 に示す。電気泳動試験装置に試験体を設置した後、陽極側に NaOH 水溶液 (0.3N)、陰極側

に NaCl 水溶液 (3%) をそれぞれ注入した。30V の直流定電圧を 3, 6, 12, 18, 24, 36 時間通電した。試験体を電気泳動試験装置から取り出した後割裂し、割裂面に硝酸銀溶液 (0.1N) を噴霧した。白色に呈色した部分を塩化物イオン浸透深さとして測定した。

3. 実験結果および考察

3.1 実験結果

セメント種類ごとの各通電時間と塩化物イオン浸透深さの関係を図-3 に示す。セメント種類によらず、通電時間が長くなるほど、浸透深さが大きくなった。浸透深さは、L, FB, N, H, BA, BB, BC の順に大きい。N と H に関しては、どの通電時間においてもほぼ同程度となった。L と FB はそれぞれ 24 時間、36 時間までの通電を終了した時点で、割裂面の全体が白色に呈色したため、浸透深さはそれぞれ 12 時間、24 時間通電した試験体までを測定した。他のセメント種類では通電 36 時間の時点においても白色呈色部分が 50mm に達しなかった。

3.2 拡散係数の比較

3.2.1 拡散係数の算出方法

セメント種類ごとに NT BUILD 492 および土研法を用いて算出した拡散係数の比較を行った。以下に NT

表-1 コンクリートの示方配合

セメント種類	W/C(%)	s/a(%)	単位量(kg/m ³)							
			W	C	BFS	FA	S	G		
N	55	48	172	313	-	-	869	968		
BA				219	94	-	866	963		
BB				188	125	-	868	965		
BC				92	219	-	903	927		
H		50		313	-	-	869	967		
L				313	-	-	872	971		
FB				48	250	-	-	63	896	919

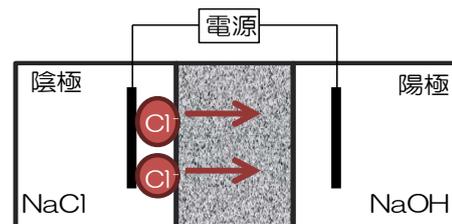


図-1 実験装置図

キーワード 非定常状態電気泳動試験, 通電時間, 拡散係数, セメント種類

連絡先 〒135-8548 東京都江東区豊洲 3-7-5 芝浦工業大学 TEL:03-5859-8356 E-mail:h09062@shibaura-it.ac.jp

BUILD 492 における拡散係数の算出式 (1) および土研法による算出式 (4) を示す。

$$D_{nssm} = \frac{RT}{zFE} \cdot \frac{X_d - \alpha\sqrt{X_d}}{t} \dots (1)$$

$$E = \frac{U - 2}{L} \dots (2)$$

$$\alpha = 2 \sqrt{\frac{RT}{zFE}} \cdot \operatorname{erf}^{-1} \left(1 - \frac{2C_d}{C_0} \right) \dots (3)$$

D_{nssm} : 拡散係数, R : 気体定数, T : 絶対温度, z : 価数,
 X_d : 浸透深さ, F : ファラデー定数, t : 試験時間,
 U : 印加電圧, C_d : 呈色部分での塩化物イオン濃度,
 L : 供試体厚さ, C_0 : 陰極側溶液の塩化物イオン濃度

$$D = k \cdot \frac{RT}{zF} \cdot \frac{L}{\Delta\phi} \dots (4)$$

k : 浸透速度, R : 気体定数, T : 絶対温度,
 L : 試験体厚さ, z : 価数, F : ファラデー定数,
 $\Delta\phi$: 印加電圧

3.2.2 セメント種類の影響

各算出式による拡散係数の比較を図-4 に示す。NT BUILD 492 より 24 時間通電した塩化物イオン浸透深さから算出した拡散係数と、通電時間 3-24 時間の浸透速度を用いて土研法から算出した拡散係数を、セメント種類ごとに比較した。NT BUILD 492 では、呈色部分における塩化物イオン濃度 $C_d=0.07N$ (以下, C_d) は、普通ポルトランドセメントの場合とされている。しかし、本研究では C_d を他のセメントにもあてはめて拡散係数を算出することで、それらのセメント種類の拡散係数算出に適用可能か検討した。L を除く全セメント種類で、(1) 式の 24 時間、(4) 式の 3-24 時間のそれぞれの拡散係数の差は、ほぼ同程度の値となった。したがって、一定電圧下で所定時間通電した試験体のうち、浸透深さ一点から算出した拡散係数と、複数点用いて浸透速度から算出した拡散係数に違いはあまりないといえる。また BA, BB, BC での拡散係数が小さいのは塩分固定化の影響と空隙構造の緻密化が考えられるが、今後検討が必要であるといえる。

3.2.3 通電時間の影響

NT BUILD 492 より、通電時間を変化させて算出した拡散係数を図-5 に示す。L および FB は試験中に塩化物イオンが試験体を通過したため、グラフから除いた。各セ

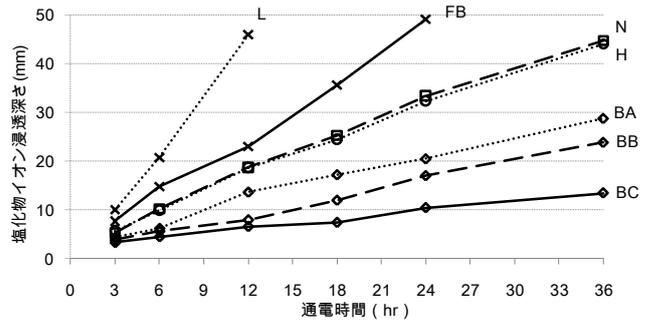


図-3 塩化物イオン浸透深さ

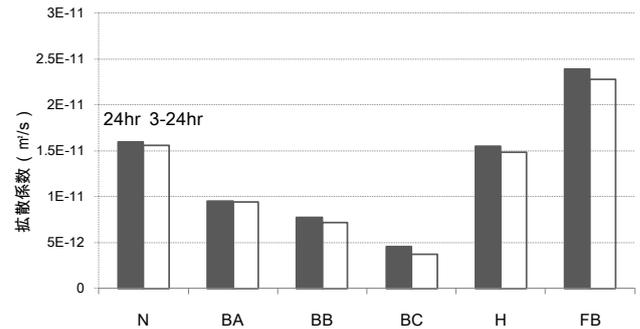


図-4 セメント種類ごとの拡散係数

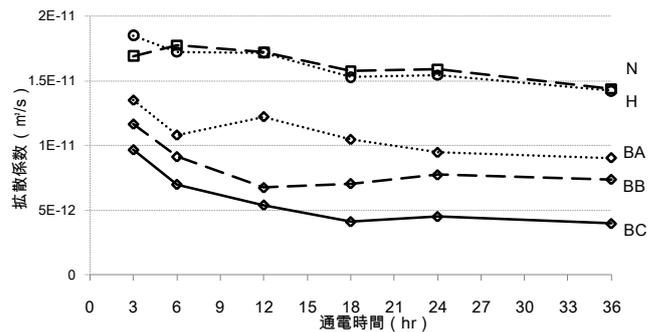


図-5 通電時間ごとの拡散係数

メントで通電時間が長くなるほど、拡散係数は小さくなった。図-3 よりいずれのセメントも浸透深さが一定で増加するのに対して、浸透深さから算出した拡散係数が時間により低下する現象については今後検討が必要である。

4. まとめ

- 1) セメント種類によらず NT BUILD 492 および土研法から算出した拡散係数に差はみられなかった。
- 2) NT BUILD 492 より、通電時間ごとに算出した拡散係数は、通電時間が長くなるほど低下する傾向がみられた。

参考文献

- 1) 渡辺豊, 河野広隆, 渡辺博志: コンクリートの急速塩分浸透性試験による塩化物イオン拡散係数の算定について; コンクリート工学年次論文集, Vol. 24, No. 1, pp. 663-668, 2002