

セメント種類が非定常状態電気泳動試験の拡散係数に与える影響

芝浦工業大学 工学部

○原沢蓉子

太平洋セメント(株) 中央研究所

細川佳史

芝浦工業大学 工学部

伊代田岳史

1. はじめに

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、拡散係数を算出するための予測式および試験方法が提示されている。実験から拡散係数を算出する方法としては、浸せき試験や電気泳動試験が挙げられる。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 492¹⁾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。また、国内においても、塩化物イオンの浸透速度より拡散係数を算出する方法²⁾(以下、土研法と記す)が提案されている。これらの方法は、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。

そこで本研究は、非定常状態で試験を行い、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算出することで、通電時間が拡散係数に及ぼす影響について把握し、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φ100×200mmの円柱型枠に打込み、翌日に脱型を行い、材齢28日まで水中養生した。養生終了後、中央部の100mmを二分割に切り出し、φ100×50mmを試験体として使用した。

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た。割裂面に硝酸銀溶液(0.1N)を噴霧し、白色に呈色した部

分を中央部から10mm間隔ごとに7点測定し、その平均値を塩化物イオン浸透深さとした。

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-2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。同一通電時

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
H				313	-	-	869	967
BA				219	94	-	866	963
BB		188		125	-	868	965	
BC		50		92	219	-	903	927
FB				250	-	63	896	919

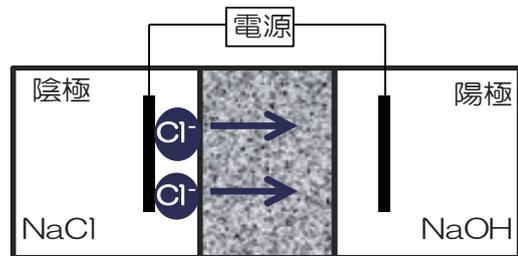


図-1 実験装置図

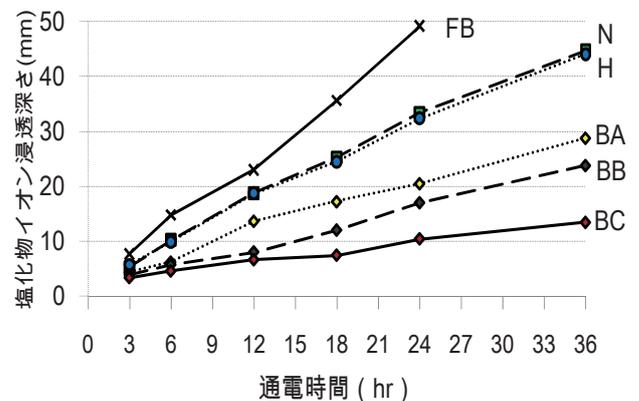


図-2 塩化物イオン浸透深さ

間では浸透深さは、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。FBは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24時間通電した試験体までを測定した。FBは水和進行が遅いため、28日水中養生後でも浸透深さが大きくなったと考えられる。他のセメントでは、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

(1) 拡散係数の算出方法

セメント種類ごとにNT BUILD 492式(1)および土研法式(2)から拡散係数を算出した。以下にそれぞれの拡散係数算出式を示す。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、N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した。

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

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,

$$D = k \cdot \frac{RT}{zF} \cdot \frac{L}{\Delta\phi} \quad (2)$$

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

(2) 拡散係数算出式の影響

各算出式による拡散係数の比較を図-3に示す。式(1)に24時間通電した時点の浸透深さを、式(2)に3から24時間の浸透速度をそれぞれ代入して算出した拡散係数を比較した。いずれのセメントにおいても、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。

(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-4に示す。FBは24時間までの拡散係数のみ算出した。各セ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。また、図-2より、いずれのセメントも浸透深さが増加する傾向があるのに対し、浸透深さから算出した拡散係数は通電時間が長くなるほど低下した。この現象については、通電時間経過ごとに浸透速度が遅くなるため、結果的に拡散係数は低下したと考えられる。電圧をかけていても、拡散係数が低下したのは、

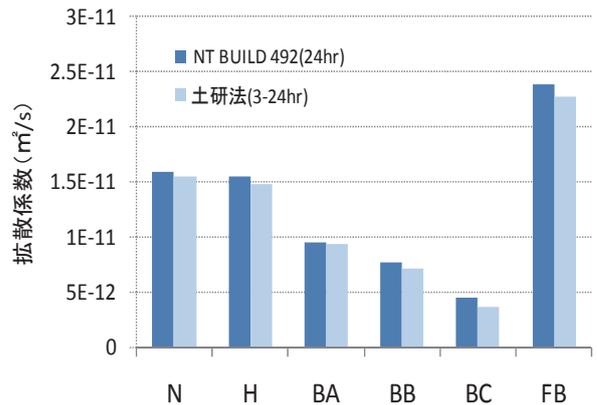


図-3 セメント種類ごとの各算出式による拡散係数

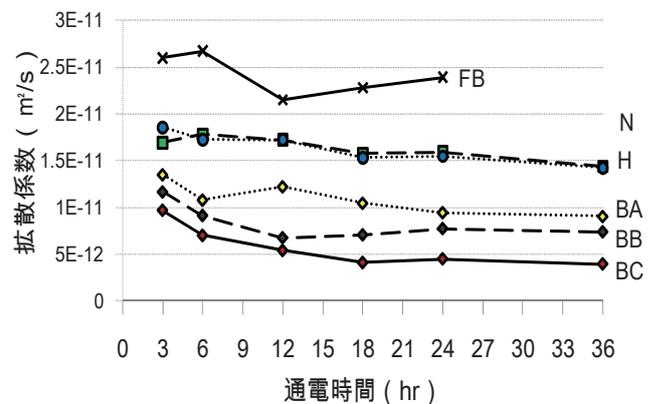


図-4 通電時間ごとの拡散係数

塩分固定化や空隙構造の緻密化が考えられるが、今後検討をする必要がある。

4. まとめ

- 1) セメント種類によらず、通電時間が長くなるほど塩化物イオン浸透深さは大きくなった。
- 2) 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あまりみられない。
- 3) NT BUILD 492 より、通電時間ごとに算出した拡散係数は、いずれのセメントにおいても通電時間が長くなるほど低下する傾向がみられた。試験中の塩分固定化や空隙構造の緻密化によるものと考えられるが、今後検討を要する。

【参考文献】

- 1) Nordtest NT BUILD 492, "Chloride Migration Coefficient from Non-steady State Migration Experiment", Nordtest, Finland(1999)
- 2) 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)