

# 混和材を用いたセグメントにおける 塩分浸透抑制効果の検討

本田 諭<sup>1</sup>・池本 宏文<sup>2</sup>・井口 重信<sup>3</sup>・清水 満<sup>4</sup>

<sup>1</sup>正会員 JR 東日本 構造技術センター（〒163-0231 東京都新宿区西新宿 2-6-1 新宿住友ビル 31 階）

E-mail: hondas@jreast.co.jp

<sup>2</sup>正会員 JR 東日本 東京工事事務所（〒151-8512 東京都渋谷区代々木 2-2-6）

E-mail: ikemoto@jreast.co.jp

<sup>3</sup>正会員 JR 東日本 東京工事事務所（〒151-8512 東京都渋谷区代々木 2-2-6）

E-mail: s-iguchi@jreast.co.jp

<sup>4</sup>正会員 JR 東日本コンサルタンツ（〒141-0033 東京都品川区西品川 1-1-1）

E-mail: m-shimizu@jrc.jregroup.co.jp

沿岸部や海底など地下水に塩分を含む地盤におけるシールドトンネルでは、トンネル内に漏水が発生すると RC セグメントの塩害が発生する懸念がある。シールドトンネルを新設する場合の塩害対策では、かぶりを大きく設定すること、鉄筋を被覆すること、コンクリートに混和材を用いて塩化物イオンの浸透をしにくくする対策が考えられる。このうち、混和材の使用に関して、フライアッシュや高炉スラグ等の混和材を用いたコンクリートでは、塩化物イオンの浸透が停滞する現象がみられることが報告されている。本稿は、シールドトンネルの RC セグメントのコンクリートに混和材を用いることで塩分浸透抑制効果を向上させることを目的として、セグメントの配合条件や養生条件の違いによる、塩化物イオンの浸透抑制性能の検証し、実構造物への適用の可能性を探ることを目的とする。

**Key Words:** shield tunnels, RCsegment, salt penetration, concrete composition, admixture

## 1. はじめに

海底や干潮河川近傍など地下水に塩分を含む地盤においてトンネル内に漏水が発生すると、覆工コンクリートに塩害が生じる懸念がある。コンクリート構造物の塩害対策では、かぶりを大きくすることが一般的な対策であるが、シールドトンネルの RC セグメントでは、部材厚が限られるため有効高さの減少や重量が増すこととなる。セグメントはプレキャスト部材であり製作では良好な品質管理が期待できるものの、一般的なセグメントコンクリートの配合では、設計耐用期間（100 年）において、主鉄筋位置の塩化物イオン濃度を腐食限界濃度（1.2kg/m<sup>3</sup>）以下に抑制するためには、かぶりを相当程度に大きくとる必要がある。また、セグメントにエポキシ等で被覆した鉄筋を使用する方法もあるが、セグメント製作費が増加することとなる。

一方、比較的安価な対策として、コンクリートにフライアッシュや高炉スラグ等の混和材を用いることが挙げられる。混和材を用いたコンクリートでは、塩化物イオ

ンの浸透が停滞する現象がみられることが報告されている。混和材を用いたコンクリートにおいて、塩化物イオンの浸透が抑制される性質については、Fick の拡散方程式において拡散係数  $D_a$  を小さくすることで一定程度考慮されているが、塩分浸透が停滞する現象までは再現されていない。

筆者らは、塩害の発生が懸念される環境下で新設するシールドトンネルの塩害対策として、コンクリートに混和材を用いることに着目した。これまでも RC セグメントに混和材を用いた事例はあるが、配合条件や養生条件による塩害対策としての効果を定量的に評価した事例は少ない。そこで、配合条件や養生条件による塩化物イオンの浸透への影響を確認するため、配合や養生条件を変更した供試体（テストピース）を長期間塩水に浸漬することで、塩化物イオンの浸透を再現し、それらの条件が塩化物イオンの浸透抑制性能に与える影響を検証した。本稿では、塩水浸漬の開始から約 5 年間経過した時点で測定した塩化物イオン濃度を基に浸透抑制性能を評価した結果について報告する。

## 2. 塩水浸漬試験の概要

炉スラグ微粉末を使用した。

### (1) 配合条件

各供試体の配合条件を表-1 に示す。コンクリートの配合は、一般的な RC セグメントを想定し、設計基準強度を  $48\text{N/mm}^2$  となるよう配合した。普通ポルトランドセメントによる配合（以下、OPC）を基準とし、OPC のセメント量の重量比で 50% を高炉スラグ微粉末に置換した配合（以下、B50）、75% を置換した配合（以下、B75）、50% を高炉スラグ微粉末かつ 10% をフライアッシュに置換した配合（B50+FA10）、30% をフライアッシュに置換した配合（以下、FA30）の五種類とした。また、使用する高炉スラグ微粉末は、ブレン値  $4,000\text{cm}^2/\text{g}$  を基本としたが、ブレン値の違いによる影響を確認するため、No.9 のみブレン値  $6,000\text{cm}^2/\text{g}$  の高

### (2) 養生条件

RC セグメント製作の流れを図-1 に示す。RC セグメント製作では、コンクリートの打設後に蒸気養生、水中養生および気中養生が行われる。養生期間の違いによる塩分浸透抑制効果への影響を確認するため、供試体の製作行程において養生条件を以下のとおり変更した（表-2）。

#### a) 蒸気養生の温度履歴

蒸気養生における温度履歴を図-2 に示す。セグメント製作工程を参考として  $50^\circ\text{C}$  に設定した Type-1 を基本とした。FA30 では、フライアッシュを混合したコンクリートの強度発現に対する養生温度の影響が不明であったため、蒸気養生の温度を  $65^\circ\text{C}$  とした Type-2 を設置し

表-1 コンクリート供試体の配合

| 配合       | W/P  | S/a  | 粉<br>体<br>量 | 空<br>気<br>量 | 表<br>面<br>水 | 単位量(kg/m³)   |                    |                            |                   |                          |                   |                   |                   |
|----------|------|------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------------|----------------------------|-------------------|--------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|          |      |      |             |             |             | 水<br>密度<br>1 | セメント<br>密度<br>3.16 | 高炉スラグ<br>微粉末<br>密度<br>2.89 | 膨張材<br>密度<br>2.93 | フライ<br>アッシュ<br>密度<br>2.2 | 細骨材<br>密度<br>2.72 | 粗骨材<br>密度<br>2.65 | 減水剤<br>密度<br>1.06 |
| OPC      | 42.4 | 40.0 | 330         | 2           | 0.0         | 140          | 297                | 0                          | 33                | 0                        | 799               | 1168              | 2.64              |
| B50      | 38.5 | 40.0 | 364         | 2           | 0.0         | 140          | 146                | 182                        | 36                | 0                        | 782               | 1142              | 2.08              |
| B75      | 33.0 | 40.0 | 424         | 2           | 0.0         | 140          | 64                 | 318                        | 42                | 0                        | 757               | 1106              | 2.12              |
| B50+FA10 | 34.1 | 40.0 | 410         | 2           | 0.0         | 140          | 123                | 205                        | 41                | 41                       | 759               | 1109              | 2.26              |
| FA30     | 32.4 | 40.0 | 432         | 2           | 1.39        | 140          | 268                | 0                          | 35                | 130                      | 745               | 1088              | 2.51              |

表-2 コンクリート供試体の養生条件

| 供試体<br>No. | 配合       | BFS<br>ブレン値 | 養生条件      |                          |           | 初期C濃度<br>$\text{Ci}$<br>( $\text{kg/m}^3$ ) | 工保塗装方法 | 塩水浸漬方法 |
|------------|----------|-------------|-----------|--------------------------|-----------|---------------------------------------------|--------|--------|
|            |          |             | 水中養生<br>日 | 水中温度<br>$^\circ\text{C}$ | 気中養生<br>日 |                                             |        |        |
| 1          | OPC      | -           | 7         | 15                       | 28日       | 0.432                                       | 側面のみ   | 片面浸漬   |
| 2          | B50      | 4000        | 7         | 15                       | 28日       | 0.341                                       | 側面のみ   | 片面浸漬   |
| 3          | B75      | 4000        | 7         | 15                       | 28日       | 0.298                                       | 側面のみ   | 片面浸漬   |
| 4          | B50+FA10 | 4000        | 7         | 15                       | 28日       | 0.338                                       | 側面のみ   | 片面浸漬   |
| 5          | OPC      | 4000        | 3         | 15                       | 28日       | 0.495                                       | 側面のみ   | 片面浸漬   |
| 6          | B50      | -           | 3         | 15                       | 28日       | 0.555                                       | 側面のみ   | 片面浸漬   |
| 7          | B75      | 4000        | 3         | 15                       | 28日       | 0.431                                       | 側面のみ   | 片面浸漬   |
| 8          | B50+FA10 | 4000        | 3         | 15                       | 28日       | 0.35                                        | 側面のみ   | 片面浸漬   |
| 9          | B75      | 6000        | 3         | 15                       | 28日       | 0.339                                       | 側面のみ   | 片面浸漬   |
| 10         | B75      | 4000        | 3         | 30                       | 28日       | 0.402                                       | 側面のみ   | 片面浸漬   |
| 11         | B75      | 4000        | 3         | 15                       | 28日       | 0.533                                       | 側面+上面  | 片面浸漬   |
| 12         | B75      | 4000        | 3         | 15                       | 28日       | 0.431                                       | 側面のみ   | 全浸漬    |
| 13         | OPC      | -           | 3         | 15                       | 3ヶ月       | 0.464                                       | 側面のみ   | 片面浸漬   |
| 14         | OPC      | -           | 3         | 15                       | 6ヶ月       | 0.646                                       | 側面のみ   | 片面浸漬   |
| 15         | B50      | 4000        | 3         | 15                       | 3ヶ月       | 0.421                                       | 側面のみ   | 片面浸漬   |
| 16         | B50      | 4000        | 3         | 15                       | 6ヶ月       | 0.699                                       | 側面のみ   | 片面浸漬   |
| 17         | B75      | 4000        | 3         | 15                       | 3ヶ月       | 0.417                                       | 側面のみ   | 片面浸漬   |
| 18         | B75      | 4000        | 3         | 15                       | 6ヶ月       | 0.648                                       | 側面のみ   | 片面浸漬   |
| 19         | B50+FA10 | 4000        | 3         | 15                       | 3ヶ月       | 0.349                                       | 側面のみ   | 片面浸漬   |
| 20         | B50+FA10 | 4000        | 3         | 15                       | 6ヶ月       | 0.606                                       | 側面のみ   | 片面浸漬   |
| 21         | FA30     | -           | 3         | 15                       | 28日       | 0.537                                       | 側面のみ   | 片面浸漬   |
| 22         | FA30     | -           | 3         | 15                       | 3ヶ月       | 0.8                                         | 側面のみ   | 片面浸漬   |
| 23         | FA30     | -           | 3         | 15                       | 6ヶ月       | 0.592                                       | 側面のみ   | 片面浸漬   |

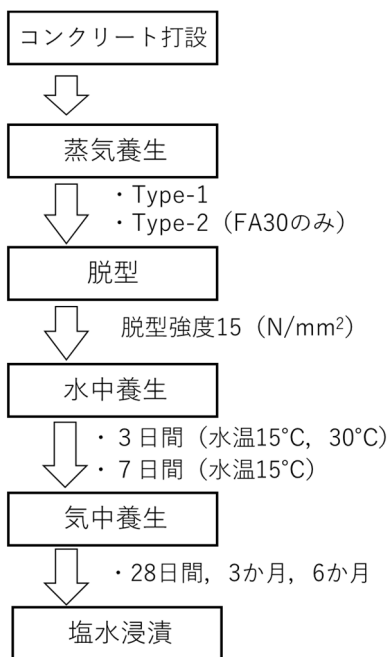


図-1 供試体の製作工程と養生条件

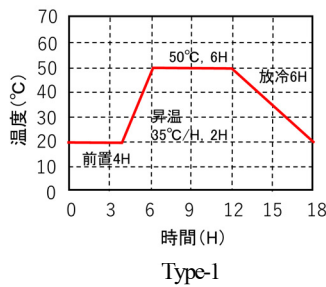


図-2 蒸気養生における温度管理

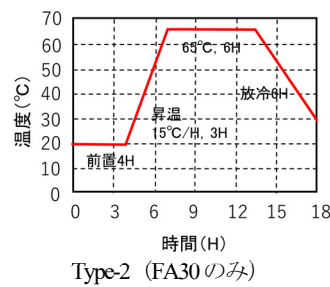


図-3 供試体の製作方法

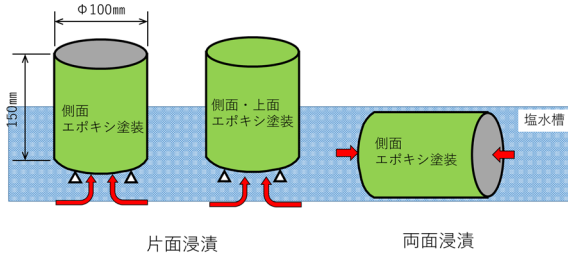


図-4 塩水浸漬方法

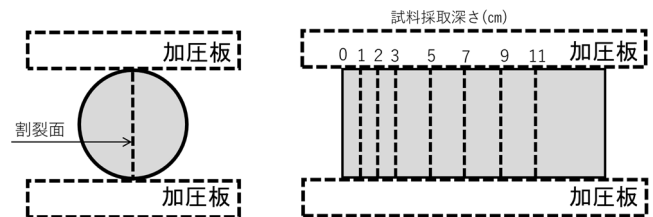


図-5 塩化物イオン濃度の測定位置

た。

#### b) 水中養生の期間および水温

セグメントに混和材を用いた事例では、水中養生の期間を7日間とした事例が多いが、養生期間を長くすることは製作費の増加につながる。そこで、水中養生期間および水温による影響を確認するため、水中養生期間を3日間と7日間、水中養生における水温の影響を確認するため水温15℃と30℃の比較を実施した。

#### c) 気中養生の期間

セグメントの製作工程では、水中養生の終了から出荷までの期間、ストックヤードにおいて保管される。その期間は、気中養生されているものと考えられることから、気中養生の期間と影響を確認するため、水中養生の終了から塩水への浸漬開始までの期間を28日間、3か月間、6か月間とした3ケースの供試体を製作した。

### (3) 塩水浸漬試験

作成する試験体は、直径100mm、高さ200mmの円柱供試体である。設定した養生を終えた試験体は、両端25mmを切断除去し(図-3)、浸漬面以外にエポキシ樹脂を塗布した。浸漬面は、片側の端面であるため側面にエポキシ樹脂を塗布することを基本としたが、浸漬方法の違いによる影響を確認するためNo.22は側面と上面にエポキシ樹脂を塗布した。塩水浸漬は、室温20℃の環境下で濃度10%の塩水に一定期間浸漬した。浸漬方法は、下半分が塩水に浸かるように浸漬したが、No.23のみ側面のみエポキシ樹脂を塗布し試験体が全て塩水に浸かるように浸漬した(図-4)。浸漬開始から28日、3か月、6か月、9か月、約1年、約2年、約3年および約5年が経過した時点で、各試験ケース体のテストピースを1本ずつ塩水から引上げ、塩化物イオンの測定を実施した。各試

験体を圧縮試験機により縦方向に割裂し、割裂面にドリルで削孔して試料を採取した。試料の採取位置は、試験体の塩水浸漬面から0、10、20、30、50、70、90、110mmの位置とし、採取したコンクリート粉を蛍光X線装置にかけて塩化物イオン量を測定した。なお、浸漬面から0mmにおける測定データは、供試体の表面に残留した塩分等により測定の信頼性が低いため評価では除外している。また、文献4では、測定した塩化物イオン濃度が0.9kg/m<sup>3</sup>以下の場合(以下、下限値という。)には、塩化物イオン濃度がほとんど浸透していないものとして扱っていることから、深さ方向の測定値が全て下限値を下回る場合には、拡散係数の算定を行わないこととした。

## 3. 試験結果

### 3.1 拡散方程式

コンクリート内部における塩化物イオンの浸透現象は、Fickの第二法則に基づく拡散方程式(以下、拡散方程式という。)で表現することが一般的である(式(1))。

$$C(x, t) = C_i + C_0 \left[ 1 - \operatorname{erf} \frac{x}{2\sqrt{D \cdot t}} \right] \quad (1)$$

ここで、

$C(x, t)$  : 全塩化物イオン濃度 (kg/m<sup>3</sup>)

$C_i$  : 初期含有全塩化物イオン濃度 (kg/m<sup>3</sup>)

$C_0$  : 表面塩化物イオン濃度 (kg/m<sup>3</sup>)

$D$  : コンクリートの見かけの拡散係数 (mm<sup>2</sup>/年)

$x$  : 浸漬面からの深さ (cm)

$t$  : 時間 (年)

$\operatorname{erf}$  : 誤差関数

表面塩化物イオン濃度 ( $C_0$ ) および見掛けの拡散係数 (D) は、供試体の深度毎の塩化物イオン濃度の分布に対して、拡散方程式による推定値との差が最小となるよう推定した。しかしながら、図-11 に示すように塩化物イオン濃度が表面付近のみで若干上昇し、内部の塩化物イオン濃度は変化していない場合には、見掛けの拡散係数の推定値が過大に算定されてしまう問題がある。この場合には、コンクリート中の塩分浸透について、拡散係数が正確に評価できていないと考えられ、比較的浸漬期間の短い場合に生じている。

### 3.2 塩水物イオン濃度の分布

配合条件の違いによる塩化物イオン濃度の浸透状態を比較するため、各配合における水中養生3日、気中養生28日の供試体における塩化物イオン濃度の測定結果を図-6に示す。参考として、塩水浸漬期間28日、1年および5年における測定値を拡散方程式により近似した曲線を合わせて示した。OPCでは、浸漬期間が長くなるにつれて供試体内部の塩化物イオン濃度が高くなる傾向が確認できる。一方、B50、B75、B50+FA10およびFA30についてもOPCと同様に浸漬面に測定値から塩化物イオン濃度の上昇が見られるものの、供試体の内部では明確

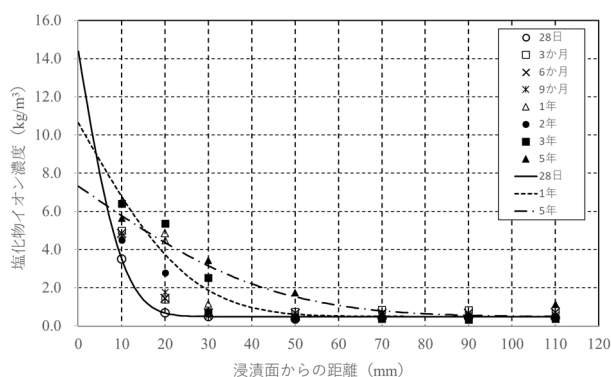


図-6 塩化物イオン濃度の測定結果No.5 (OPC)

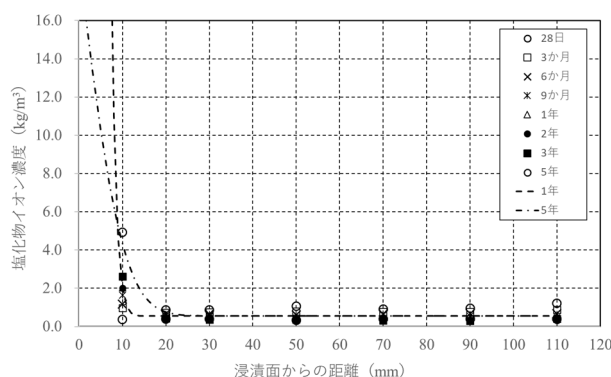


図-7 塩化物イオン濃度の測定結果No.6 (B50)

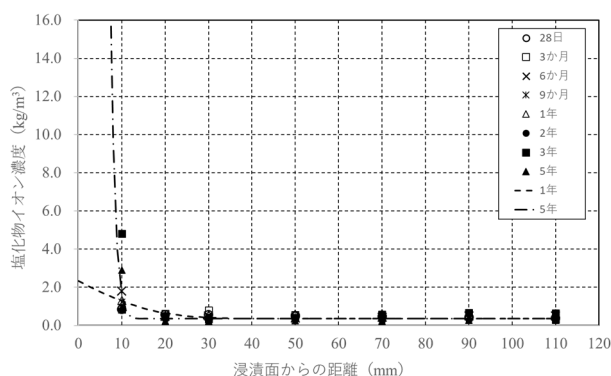


図-8 塩化物イオン濃度の測定結果No.7 (B50+FA10)

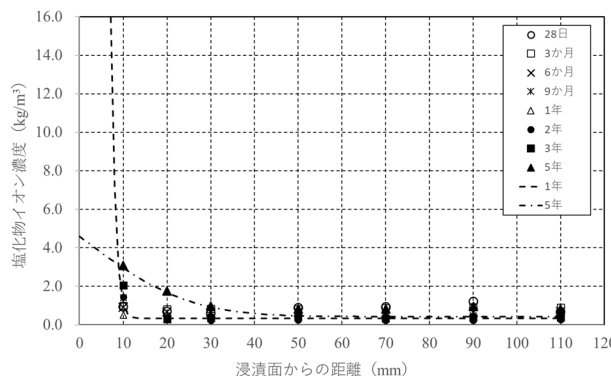


図-9 塩化物イオン濃度の測定結果No.8 (B75)

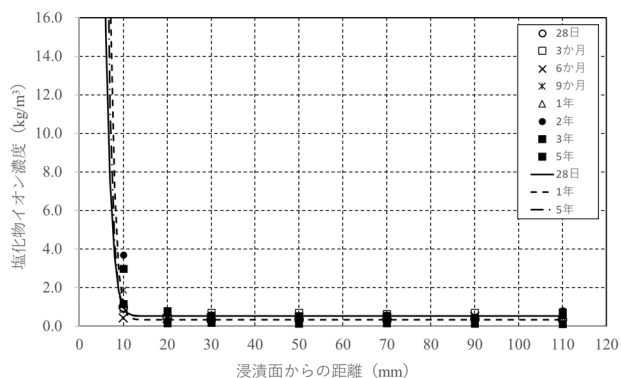


図-10 塩化物イオン濃度の測定結果No.21 (FA30)

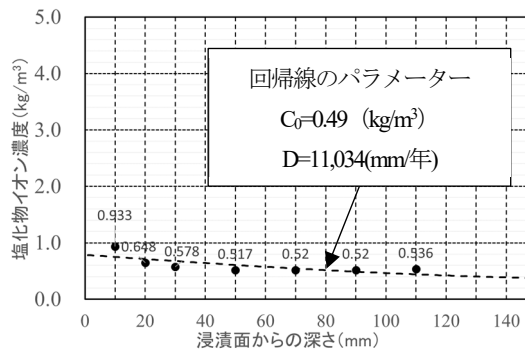


図-11 拡散係数が過大に算出される例 (No.3, 浸漬期間6か月)

な変化が見られなかった。このことから、混和材を用いたコンクリートにおける塩化物イオンの浸透抑制効果を確認できた。

### 3.3 養生条件による拡散係数への影響

図-12～19 に塩水浸漬期間と見掛けの拡散係数の推定値との関係を示す。配合条件、水中養生期間、気中養生期間、高炉スラグ微粉末のブレン値、水中養生の水温および塩水浸漬方法の違いによる拡散係数の経時変化を比較した。

#### (1) 水中養生期間の影響

図-12 は、OPC において水中養生日数を 7 日 (No.1) と 3 日 (No.5,13,14) を比較したものである。OPC では、水中養生期間が 7 日の供試体は、3 日の供試体より拡散係数が小さくなっている。一方、図-13～16 では B50、B75、B50+FA10 および FA30 の拡散係数の変化を示しているが、水中養生期間の違いによる拡散係数の影響には、大きな差は見られなかった。また、いずれの配合でも塩水浸漬

期間が長くなると差が見られなくなった。既往の研究においても、高炉スラグ微粉末を配合したコンクリートは、OPC よりも養生の影響を顕著に受けないことが報告されており、この結果からもその傾向が確認できる。

#### (2) 気中養生期間の影響

各配合条件における気中養生期間の影響を確認する。

図-12～16 において、水中養生を 3 日間実施し、その後の気中養生を 28 日、3 か月、6 か月間実施した供試体について見掛けの拡散係数を比較した結果、気中養生期間による影響は確認できなかった。

#### (3) 高炉スラグのブレン値の影響

図-17 に B75 において使用する高炉スラグ微粉末のブレン値を  $4,000(\text{cm}^2/\text{g})$  (No.7) と  $6,000(\text{cm}^2/\text{g})$  (No.9) とした場合の見掛けの拡散係数と塩水浸漬期間の関係を示す。なお、No.7 と No.9 は、養生条件や配合条件は同一である。塩水浸漬期間が短い時期では、若干の差があるものの、浸漬期間が長くなるにつれ高炉スラグのブレー

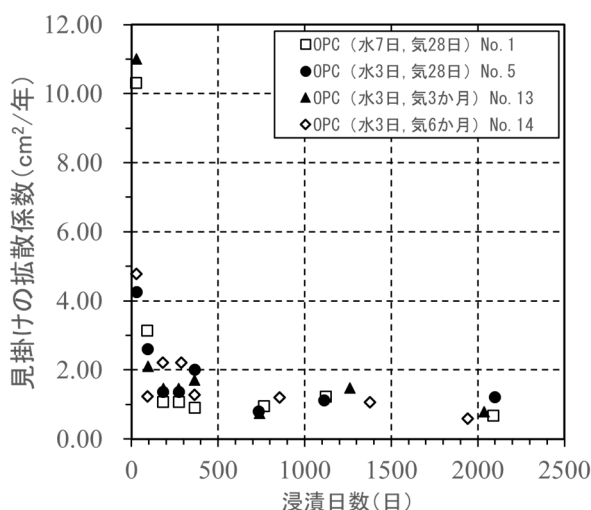


図-12 見掛けの拡散係数の浸漬日数による変化 (OPC)

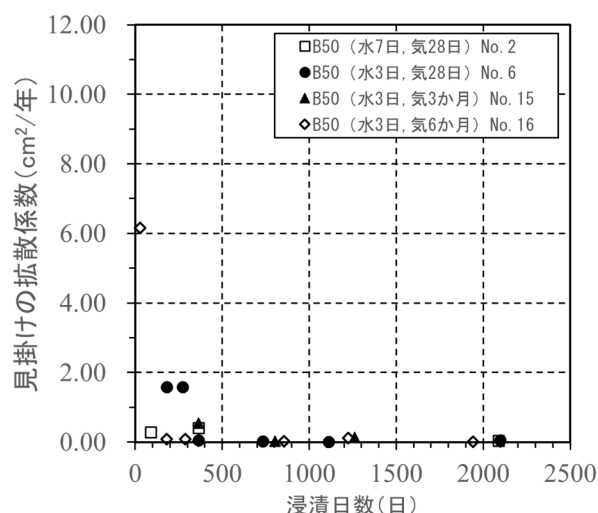


図-13 見掛けの拡散係数の浸漬日数による変化 (B50)

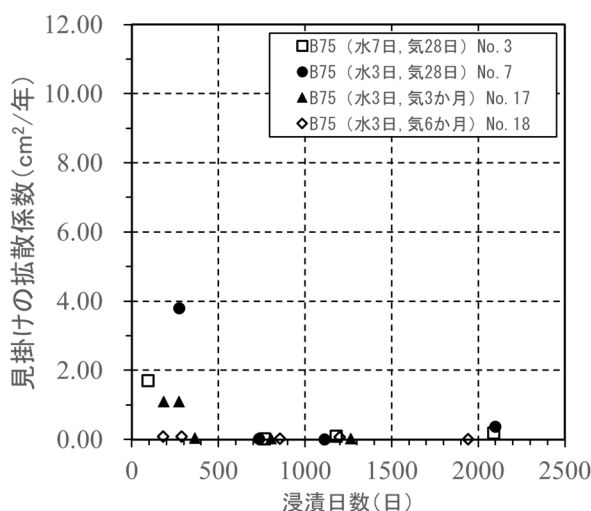


図-14 見掛けの拡散係数の浸漬日数による変化 (B75)

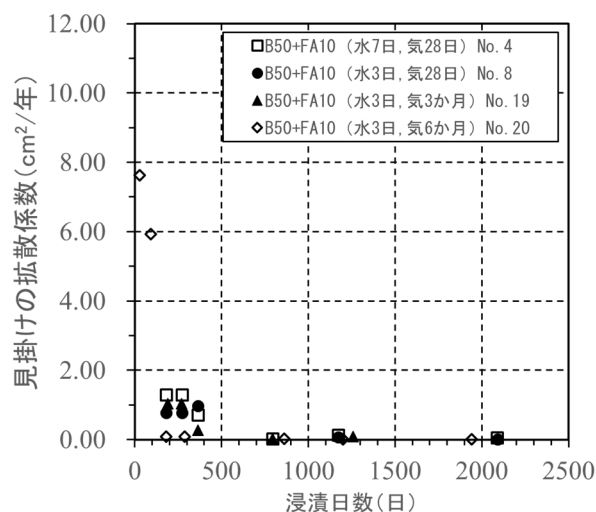


図-15 見掛けの拡散係数の浸漬日数による変化 (B50+FA10)

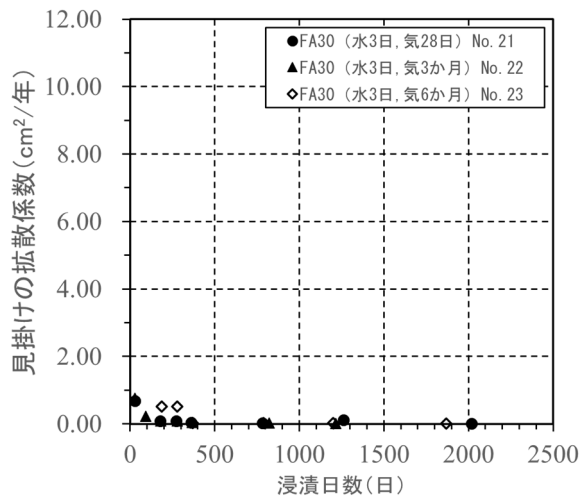


図-16 見掛けの拡散係数の浸漬日数による変化 (FA30)

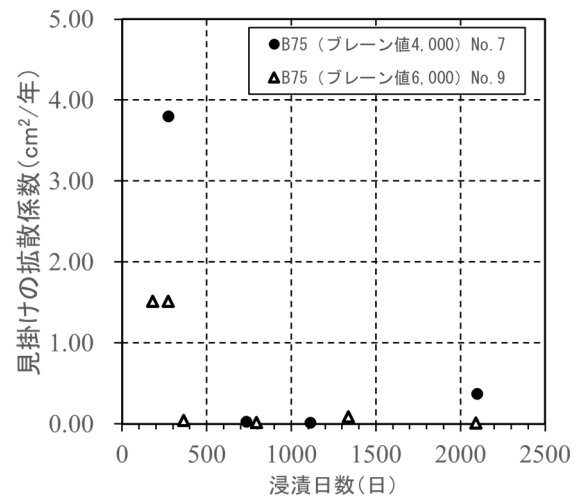


図-17 ブレーン値による影響 (B75)

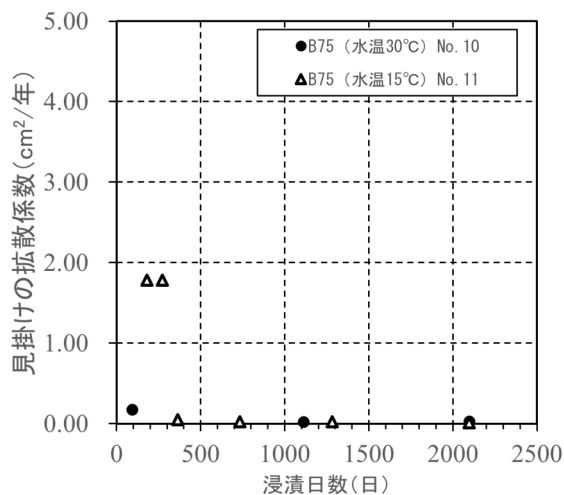


図-18 水中養生における水温の影響 (B75)

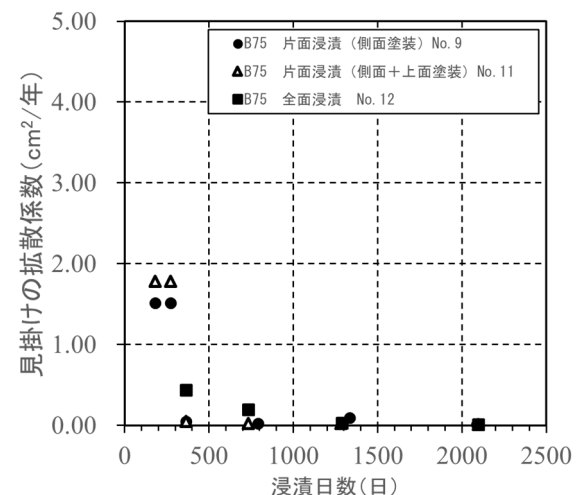


図-19 塩水浸漬条件による影響 (B75)

ン値の違いによる塩分浸透抑制効果への影響は見られなくなった。

#### (4) 水中養生における水温の影響

図-18 に B75 において水中養生の水温の影響を確認するため、水温 30℃ (No.10) と 15℃ (No.11) の見掛けの拡散係数の変化を比較した。水温の違いによる影響は、確認できなかった。

#### (5) 塩水浸漬方法の影響

図-19 に塩水浸漬方法を片面浸漬とした No.9 (側面のみエポキシ塗装), No.11 (側面および上面をエポキシ塗装) および全面浸漬とした No.12 について見掛けの拡散係数の算出を比較した結果を示す、その結果、浸漬方法の違いによる見掛けの拡散係数の影響は見られなかった。

### 3.4 見かけの拡散係数の経時変化

見かけの拡散係数は、浸漬時間とともに減少し、ゼロに漸近していく傾向が見られた。そこで、見かけの拡散

係数を浸漬時間 ( $t$ ) の累乗に比例すると仮定した式(2)により近似した結果を表-3 に示す。

$$D(t) = a \cdot t^b \quad (2)$$

ここで、

$D(t)$ : 時間依存性を考慮した見かけの拡散係数( $\text{cm}^2/\text{年}$ )

$a, b$ : 係数

その結果、概ね決定係数  $R^2$  が 0.6 以上となり、ある程度の相関関係があることを示している。

### 3.5 かぶりに関する考察

実験結果を基にセグメントコンクリートに必要なかぶりを推定した。計算では、設計耐用年数を 100 年とし、表-3 に示す時間依存性を考慮した拡散係数を用い、式(1)により最外縁の鉄筋表面位置における塩化物イオン濃度が腐食限界濃度 1.2 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) 以下となるかぶり量 (以下、必要かぶり量という。) を算定した。表面塩化物イオン濃度 ( $C_0$ ) は、全供試体で測定した表面塩化物



表-3 時間依存性を考慮した見かけの拡散係数

| No. | 配合       | $Dd(t) = at^b$ |        | 決定係数 $R^2$ |
|-----|----------|----------------|--------|------------|
|     |          | 係数a            | 係数b    |            |
| 1   | OPC      | 115.980        | -0.531 | 0.7545     |
| 2   | B50      | 29.147         | -0.446 | 0.6633     |
| 3   | B75      | 19.823         | -0.863 | 0.9646     |
| 4   | B50+FA10 | 22.409         | -0.670 | 0.9119     |
| 5   | OPC      | 204.228        | -0.503 | 0.7772     |
| 6   | B50      | 26.771         | -0.432 | 0.8168     |
| 7   | B75      | 23.639         | -0.545 | 0.8328     |
| 8   | B50+FA10 | 30.596         | -0.537 | 0.6271     |
| 9   | FA30     | 18.287         | -0.764 | 0.9477     |
| 10  | OPC      | 20.739         | -0.816 | 0.9617     |
| 11  | OPC      | 18.644         | -0.898 | 0.9858     |
| 12  | B50      | 27.704         | -0.694 | 0.9085     |
| 13  | B50      | 153.100        | -0.713 | 0.7476     |
| 14  | B50      | 231.473        | -0.600 | 0.4395     |
| 15  | B50      | 25.148         | -0.733 | 0.8527     |
| 16  | B50+FA10 | 31.283         | -0.686 | 0.8348     |
| 17  | B50+FA10 | 22.364         | -0.738 | 0.7828     |
| 18  | FA30     | 20.471         | -0.688 | 0.7626     |
| 19  | FA30     | 26.375         | -0.682 | 0.6473     |
| 20  | B75      | 18.478         | -0.859 | 0.9566     |
| 21  | B75      | 26.192         | -0.847 | 0.8838     |
| 22  | B75      | 27.377         | -0.525 | 0.7654     |
| 23  | B75      | 20.954         | -1.141 | 0.9853     |

イオン濃度のうち上限値と下限値を除いた平均値 ( $C_F=7.4\text{kg/m}^2$ ) を用いた。この値は、過去に実測したシーールドトンネルのセグメントコンクリートにおける表面塩化物イオンの中央値が  $5.2 (\text{kg/m}^3)$  であったことから、概ね妥当ものであると判断した。なお、今回は、配合条件による影響を比較することが目的であるが、実際の設計に用いるためには、深度化が必要であると考えている。

図-20 に配合毎に算出した必要かぶり量を示す。前述のとおり水中養生および気中養生の影響は小さいため、水中養生 3 日、気中養生 28 日のデータを比較した。混和材を用いたコンクリートとすることで、OPC に比べてかぶりを小さくすることが可能であると考えられる。また、RC セグメントにおけるかぶり量について、腐食性環境で 35 mm とする例が多いが、今回の結果では、OPC、B50 では設計耐用年数を 100 年とした場合には、かぶり不足となる可能性があることが分かった。ただし、この値は、トンネル内の漏水の状態や地下水の塩分濃度などによっても変化するため参考として今後深度化していきたい。

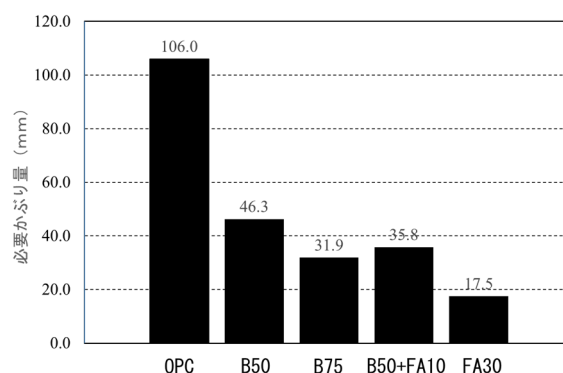


図-20 各配合毎に推定した必要かぶり量

#### 4. まとめ

本研究では、RCセグメントの塩害対策としてコンクリートに混和材を用いることを想定し、配合および養生条件による塩分浸透抑制効果への影響について、塩水浸漬試験により検証を行った。その結果、以下のことを確認した。

- (1) OPC に比べ、混和材を配合した高炉スラグ微粉末やフライアッシュを用いすることで、塩化物イオンの浸透を抑制できる。
- (2) 試験結果より Fick の拡散方程式で近似した見掛けの拡散係数は、浸漬日数とともに減少する傾向があることを確認した。
- (3) 塩化物イオンの浸透抑制効果に対して、混和材を用いたコンクリートでは養生条件による影響を受けないことを確認した。
- (4) 塩水浸漬試験の結果を基に必要なかぶり量への影響を検討した。

#### 参考文献

- 1) 土木学会：2012 年制定コンクリート標準示方書[設計編]，pp.148-157，2012
- 2) 高橋佑弥，井上翔，秋山仁志，岸利治：実構造物中のフライアッシュコンクリートへの塩分浸透性能と調査時材齢の影響に関する研究，コンクリート工学年次論文集，vol.32，No.1，2010
- 3) 大野直也，竹内幹人，小泉秀之，井口重信，内田雅人，本田諭：混和材を配合したコンクリートの塩分浸透特性の検討，SED No.49，2017.5
- 4) 鉄道総研：鉄道構造物等設計標準・同解説コンクリート構造物，p.507，2004

(2021. 8. 6 受付)

## IN THE SEGMENT USING ADMIXTURE EXAMINATION OF SOLT PENETRATION PERFORMANCE

Satoshi HONDA, Hirofumi IKEMOTO, Shigenobu IGUCHI and Mitsuru SHIMIZU

In shield tunnels in the ground where groundwater contains salt, such as coastal areas and the seabed, there is a concern that salt damage to the RC segment will occur if water leaks into the tunnel. As measures against salt damage when constructing a new shield tunnel, it is conceivable to set a large cover, cover the reinforcing bars, and use an admixture for concrete to make it difficult for chloride ions to permeate. Of these, regarding the use of admixtures, it has been reported that the permeation of chloride ions is stagnant in concrete using admixtures such as fly ash and blast furnace slag. The purpose of this paper is to improve the salt permeation performance by using an admixture for the concrete of the RC segment of the shield tunnel. The purpose is to explore the possibility of application to real structures.