

# 塩害暴露試験によるコンクリートの塩分浸透性の評価 — その2：高炉スラグ微粉末を用いたコンクリート —

谷口 秀明\*<sup>1</sup>・渡辺 博志\*<sup>2</sup>・手塚 正道\*<sup>3</sup>・藤田 学\*<sup>4</sup>

(独) 土木研究所と(社)プレストレスト・コンクリート建設業協会は、新潟の沿岸部において、PC橋を対象とする早強ポルトランドセメントを用いたコンクリートの塩害暴露試験を実施している。本報では、暴露している中で、水結合材比が30～55%の高炉スラグ微粉末6000を混和材として用いたコンクリートを対象した。暴露開始から約10年目までの暴露試験および比較用室内試験の結果より、この暴露環境下では中性化深さはコンクリート標準示方書の式で求めた値よりも小さいが、高炉スラグ微粉末の置換率を70%に増加させた場合や湿潤養生を行わない場合には中性化深さが若干大きくなること、暴露試験で求めた塩化物イオンの見掛けの拡散係数は高炉セメントに対するコンクリート標準示方書の式で求めた値よりも相当に小さく、高炉スラグ微粉末の使用により塩化物イオンの浸透抑制効果を期待できること、拡散係数には水結合材比および高炉スラグ微粉末の置換率以外に、湿潤養生が大きく影響を及ぼすこと等が確認された。

キーワード：高炉スラグ微粉末、暴露試験、塩分浸透性、中性化

## 1. はじめに

筆者らは、前報(その1)<sup>1)</sup>で述べたとおり、PC部材に使用されるコンクリートは比較的高い強度を有するため、塩害に対しても効果があることを確認している。しかし、飛来塩分や凍結防止剤により塩分の供給が相当に多い場合、従来よりも長期にわたって供用する場合等には、高強度化(水セメント比の低減)以外にもコンクリートの耐塩害性を高める方法を検討する必要がある。

高炉スラグ微粉末は、セメントにプレミックスした高炉セメントがわが国のセメント総生産量の25%程度を占める一般的なコンクリート用混和材である。近年はコンクリート構造物のLCC、LCAが重視される傾向にあり、これに相まって耐久性の向上や環境負荷の軽減などが強く望まれる。産業副産物でありながら、アルカリ骨材反応の抑制、塩化物イオンや酸素の浸透に対する抵抗性の付与などの優れた性能をもつ高炉スラグ微粉末の活用はその有効な手段の一つといえる。しかし、高炉スラグ微粉末が橋梁の上部構造、とくにPC部材に適用された事例は少ない。これは、養生条件の違いにより硬化コンクリートの品質に及ぼす影響が明確になっていないこと<sup>2)</sup>や、初期強度が小さいことによって作業効率が優先されるこれまでの建設に適さないことなどに起因するものと考えられる。

(独)土木研究所と(社)プレストレスト・コンクリート建設業協会では、軽量・高耐久化に関する共同研究委員会(平成12年度～平成14年度)を設置し、PC橋への適用を想定した、高炉スラグ微粉末を使用したコンクリート(以下、高炉スラグコンクリートと略す)に関するさまざまな

検討を行った。その取組みでは、早強ポルトランドセメントと高炉スラグ微粉末6000を使用したコンクリートの基礎性状を確認し、さらに実施工で重要な養生条件の影響について詳細な検討を行った<sup>3～5)</sup>。塩分浸透性の評価は試験室レベルでの確認のほか、実際の塩害環境下に置かれたコンクリートの耐塩性を把握する目的で、平成13年より新潟の沿岸部においてコンクリートの塩害暴露試験を開始した。

本報では、塩分浸透性に関する室内試験と、暴露開始から約10年目までの暴露試験の結果をもとに、高炉スラグコンクリートの塩分浸透性について述べる。なお、暴露環境条件に関しては、前報(その1)を参照いただきたい。

## 2. 試験方法

### 2.1 コンクリートの条件

コンクリートの使用材料および配合を、表-1に示す。使用材料および配合は、前報(その1)で示した高炉スラグ微粉末を使用しないコンクリートの条件を参考にして決めた。結合材は、初期強度の確保と汎用性を考慮し、早強ポルトランドセメントと高炉スラグ微粉末6000を用いた。表中の記号Hの配合は早強ポルトランドセメントのみ、記号BFの配合は高炉スラグ微粉末で置換したものを表す。水結合材比は、現場打ちPC橋で多用される設計基準強度40 N/mm<sup>2</sup>程度のコンクリートを想定して40%を基準とし、30、40および55%の3水準とした。また、高炉スラグ微粉末の置換率は50%を基準とし、水結合材比40%では、0、30および70%を加えた。単位水量は同一水結合材比では一定とし、細骨材率はすべて40%にした。また、

\*<sup>1</sup> Hideaki TANIGUCHI：(社)プレストレスト・コンクリート建設業協会

\*<sup>2</sup> Hiroshi WATANABE：(独)土木研究所

\*<sup>3</sup> Masamichi TEZUKA：(社)プレストレスト・コンクリート建設業協会

\*<sup>4</sup> Manabu FUJITA：(社)プレストレスト・コンクリート建設業協会

表 - 1 コンクリートの使用材料および配合

配合名	W/B (%)	s/a (%)	BF/B (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )					SP (B × Wt %)
				W	B		S	G	
					C	BF			
BF 1	30	40	50	150	250	250	671	1 023	1.5
BF 2	40		50	173	217	216	671	1 023	0.7
BF 3	55		50	196	178	178	674	1 026	0
H 2	40		0	173	433	0	678	1 036	0.7
BF 2-30			30		303	130	674	1 028	
BF 2-70			70		130	303	668	1 020	

W/B：水結合材比 ( $B = C + BF$ )，s/a：細骨材率，BF/B：高炉スラグ微粉末の置換率，W：水道水，C：早強ポルトランドセメント (3.14)，BF：高炉スラグ微粉末 6000 (2.88)，S：川砂 (2.58) と砕砂 (2.64) の同容積混合砂，G：硬質砂岩碎石 2005 (2.65)，SP：ポリカルボン酸系高性能 AE 減水剤 (消泡タイプ)，( ) の数値は密度，骨材の場合には表乾密度 (g/cm<sup>3</sup>) を表す。

高性能 AE 減水剤の使用量も同一水結合材比では同一とし、スランブは  $12 \pm 2.5$  cm (水結合材比が 40, 55 % の場合) および  $18 \pm 2.5$  cm (水結合材比が 30 % の場合) の範囲に入るように調整した。なお、AE 剤の使用量は表中に記載しないが、フレッシュコンクリートの空気量が  $4.0 \pm 0.5$  % になるように調整した。

## 2.2 暴露試験の方法

暴露した供試体は  $100 \times 100 \times 400$  mm の直方体であり、その正方形 ( $100 \times 100$  mm) の 2 面を試験面とし、他の長方形の 4 面には防食塗料を塗布した。

防食塗料を塗るまでのコンクリートの養生を、表 - 2 に示す。材齢が 28 日から 36 日までの間に、下塗 (1 層塗り)、中塗 (3 層塗り) および上塗 (2 層塗り) を行ったため、暴露試験場に供試体を設置した材齢は約 2 ヶ月となった。開始月は 4 月である。

表 - 2 養生方法

養生名	記号	養生方法	対象配合
室内気中養生 A	CA	試験室 (20℃, 60%) で材齢 3 日まで湿潤養生を行い、以降は材齢 28 日まで気中養生	H 2
室内気中養生 B	CB	試験室 (20℃, 60%) で材齢 5 日まで湿潤養生を行い、以降は材齢 28 日まで気中養生	BF シリーズ
室内気中養生 C	CC	試験室 (20℃, 60%) で湿潤養生を行わず、材齢 28 日まで気中養生	全配合
蒸気養生	CS	プレテンション PC 桁の製造ラインで図 - 1 に示す蒸気養生を行い、材齢 1 ~ 28 日までは気中養生 (20℃, 60%)	全配合

湿潤養生：散水して十分に濡らした養生マットを敷いた後、不透水性の樹脂シートで被覆した状態を指す。

供試体は前報 (その 1) とほぼ位置に設置し、その試験面も海側と小屋側の 2 面とした。ただし、供試体の上部に屋根は設けていない。

暴露を開始して 2 年目、5 年目 (正確には 5.3 年) および 10 年目 (正確には 10.7 年) に、中性化および塩分量の

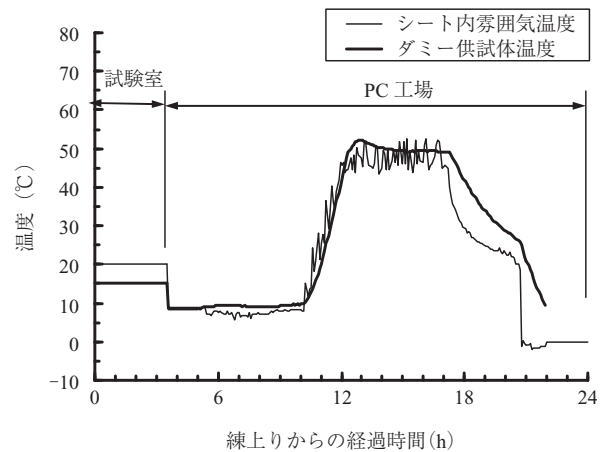


図 - 1 養生 CS の材齢 1 日までの温度履歴

測定を行った。中性化深さは、JIS A 1152「コンクリートの中性化深さの測定方法」に準じ、フェノールフタレイン 1 % エタノール溶液を噴霧して測定した。その後、コンクリート表面から 10 mm 単位の深さでスライスし、予想される塩化物イオンの浸透深さに応じて 3 ~ 8 層分の試料を採取した。試料は、コンクリート表面にもっとも近い層を第 1 層目、その後は深さ方向 10 mm ごとに第 2 層目、第 3 層目……と表現する。塩化物イオン濃度は、JCI-SC4「硬化コンクリート中に含まれる塩分の分析方法 (電位差滴定法)」に準拠し、電位差滴定法により測定した。試験結果は、コンクリート 1 m<sup>3</sup> 中の塩化物イオン含有量 (kg/m<sup>3</sup>) で表す。

暴露試験場には、鋼材を入れた試験体も暴露し、自然電位、分極抵抗、破壊後の鉄筋腐食状態等を確認しているが、本報では省略する。

## 2.3 比較用室内試験の方法

暴露試験の結果と比較するため、試験室において塩水浸漬試験と急速塩分透過性試験を実施した。試験対象は、表 - 1 に示す配合 BF 1, BF 2, BF 3 および H 2 とした。

塩水浸漬試験では、図 - 2 に示すように、側面をエポキシ樹脂で被覆した  $\phi 100 \times 200$  mm の円柱供試体を用いて、供試体の高さの 1/2 に相当する位置まで塩水 (塩分濃度 5 %) で浸漬させた。浸漬開始は、材齢 28 日まで各配合の供試体に対して所定の養生を行い、供試体側面の樹脂被覆を終えた材齢 1.5 ヶ月間である。浸漬期間 28 日、91

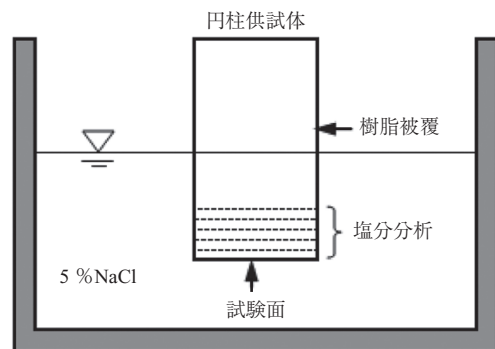


図 - 2 塩水浸漬試験

日および 365 日において、暴露試験と同じ方法で浸漬箇所  
の端部から 30 mm または 50 mm 箇所まで、厚さ 10 mm 単  
位で全塩化物イオン量を測定した。なお、それらの方法  
は、高強度コンクリートを対象とした塩水浸漬試験<sup>6)</sup>と  
同一である。

急速塩分透過性試験は、図 - 3 に示すように ASTM  
C1202 に準じて円盤状のコンクリート供試体を介して陽極  
側に 0.3 N-NaOH 水溶液を、陰極側には 3 % NaCl 水溶液  
を充填した試験装置を使用し、60 V の直流電圧を 6 時間  
印加するものである。すべての供試体を 1 度に試験できな  
いため、強度増進が小さくなった材齢 2 ヶ月前後に真空飽  
水処理を行った後、試験に供した。筆者らの一部は電流量  
を評価値にしてきた<sup>7)</sup>が、高炉スラグ微粉末の影響が明  
らかではないことから、本論文では通電終了後の供試体を  
割裂し、割裂面に 0.1 N 硝酸銀溶液を噴霧して塩分浸透深  
さを測定した。なお、この試験では、表 - 2 に示す養生  
以外に、標準水中養生（養生 CN）を追加した。

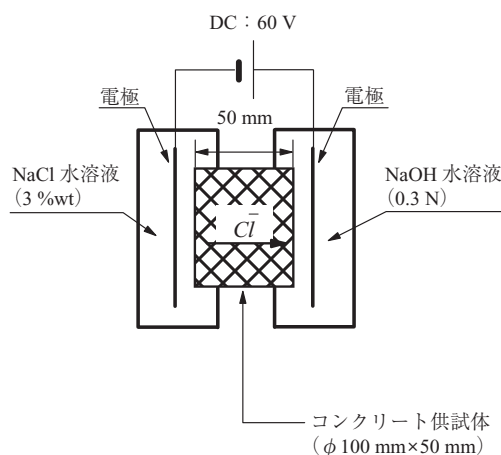


図 - 3 急速塩分透過性試験

### 3. 試験結果および考察

#### 3.1 中性化深さ

図 - 4 は、高炉スラグコンクリート（置換率 50 %）の  
暴露試験において、水結合材比が 40 % および 55 % のコン  
クリートの暴露期間と中性化深さの関係を示したものであ

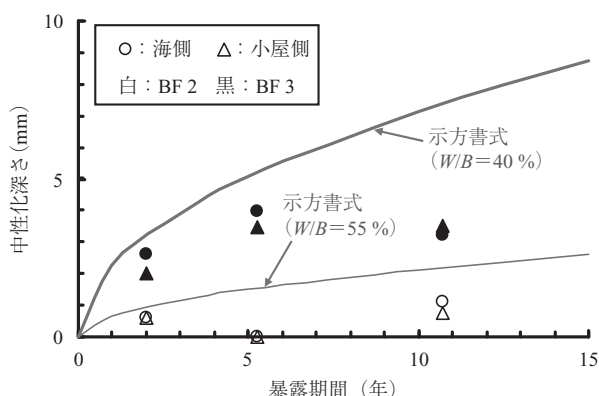


図 - 4 暴露期間と中性化深さの関係

る。図中には、コンクリート標準示方書【設計編】<sup>8)</sup>（以  
下、示方書<sup>8)</sup>と略す）に示される中性化速度係数の特性  
値を算定する式(1)を用いて計算した結果を曲線で示して  
いる。混和材の種類により定まる係数  $k$  は 0.7 とし、環境  
の影響は定かではないので係数  $R$  は 1.0 とした。

暴露開始から 10 年目までの中性化の進行は示方書式に  
比べて緩やかで、配合 BF 2, BF 3 の中性化深さは、いず  
れも示方書式よりも小さいことが分かる。

$$y = R(-3.57 + 9.0 W/B)\sqrt{t} \quad (1)$$

ここに、

$y$  : 中性化深さ (mm)

$R$  : 環境の影響を表す係数

乾燥しやすい環境 :  $R = 1.6$ , 乾燥しにくい環境 :  $R = 1.0$

$W/B$  : 有効水結合材比

$$= W/(C_p + k \cdot A_d)$$

$C_p$  : ボルトランドセメントの単位量

$A_d$  : 混和材の単位量

$k$  : 混和材の種類により定まる係数（高炉スラグ微粉  
末の場合には 0.7）

$t$  : 中性化期間 (年)

暴露 5 年目には、高炉スラグ微粉末の置換率と養生方法  
が異なる供試体の中性化深さを測定した。それらの関係を  
示したものが、図 - 5 および図 - 6 である。水結合材比  
はすべて 40 % である。中性化深さは平均値と最大値の双  
方を示した。図 - 5 に示すとおり、高炉スラグ微粉末の  
置換率は、50 % 以下では中性化の進行に影響を及ぼさな  
いが、70 % では若干影響を及ぼすことが分かる。また、  
図 - 6 に示すとおり、その置換率が 50 % であっても、養  
生 CC および養生 CS の場合には中性化が進行し、とくに  
養生 CC の中性化深さが大きく、養生方法が中性化深さに  
影響を及ぼすことが明らかである。すなわち、この結果  
は、高炉スラグ微粉末を使用する場合には中性化に対する  
抵抗性を高めるための湿潤養生が重要であることを示唆す  
るものである。蒸気養生（養生 CS）の場合にも、中性化  
に対する抵抗性を高めるうえでは、コンクリート標準示方  
書【施工編】<sup>9)</sup>の工場製品の章で述べているように蒸気養  
生後にも湿潤養生を行ったほうが良い可能性がある。

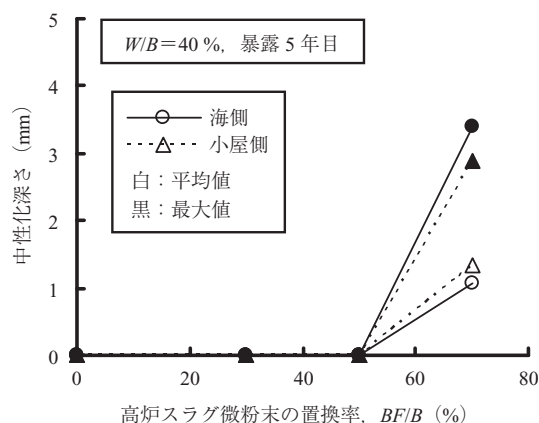


図 - 5 高炉スラグ微粉末の置換率と中性化深さの関係

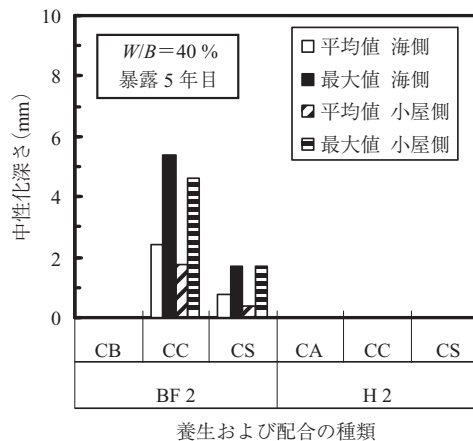


図 - 6 養生および配合の種類と中性化深さの関係

### 3.2 塩化物イオン濃度

#### (1) 塩化物イオン濃度分布

図 - 7 は、暴露開始から 10 年目の高炉スラグコンクリート（配合 BF 1, BF 2 および BF 3）における塩化物イオン濃度の深さ方向の分布を示している。図中には、前報（その 1）における供試体 No.1 ～ No.3 の 4 段目コア（S 4, W 4）の試験値もプロットした。また、示方書<sup>8)</sup>で示される鋼材腐食発生限界濃度  $1.2 \text{ kg/m}^3$  と国土交通省コンクリート橋の塩害に関する特定点検要領（案）に示される対策の要否の判定値  $2.5 \text{ kg/m}^3$  を示した。

水結合材比が小さいほど、鋼材腐食発生限界濃度  $1.2 \text{ kg/m}^3$  もしくは対策の要否の判定値  $2.5 \text{ kg/m}^3$  を達するかぶりが小さく、PC 部材で使用する高い強度域のコンクリートが耐塩分浸透性に優れることが分かる。また、高炉スラグ微粉末は、水結合材比に関わらず、コンクリート内部の塩化物イオンの浸透抑制効果が高いことが明白である。なお、配合 BF 3 の小屋側では、第 1 層目（5 mm 位置）の塩化物イオン濃度が第 2 層目（15 mm 位置）よりも小さくなっているが、これに関しては、前報（その 1）で述べたとおり、高炉スラグ微粉末を用いないコンクリートでも同様の傾向が確認されている。

#### (2) 表面塩化物イオン量と塩化物イオンの見掛けの拡散係数

得られた塩化物イオン濃度より表面塩化物イオン量と塩化物イオンの見掛けの拡散係数（以下、拡散係数と略す）を求めた。算出にあたっては、示方書<sup>8)</sup>に従い、式(2)に示す表面塩化物イオン量を一定とする Fick の拡散方程式を用いた。

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

ここに、

$C(x, t)$  : 深さ  $x$  (cm), 時刻  $t$  (年) における塩化物イオン濃度 ( $\text{kg/m}^3$ )

$C_0$  : 表面塩化物イオン量 ( $\text{kg/m}^3$ )

$D$  : 塩化物イオンの見掛けの拡散係数 ( $\text{cm}^2/\text{年}$ )

図 - 8 は、高炉スラグコンクリート（置換率 50 %）の表面塩化物イオン量と拡散係数の経年変化を示している。

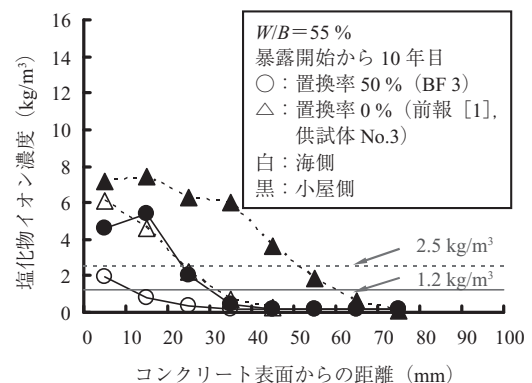
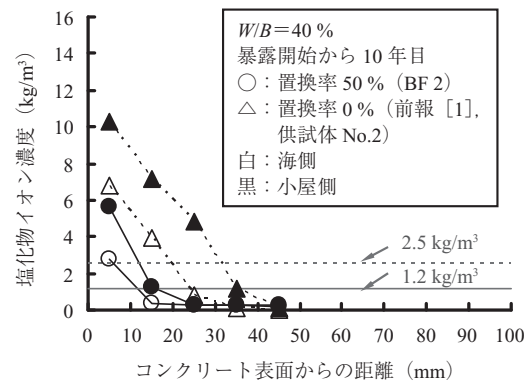
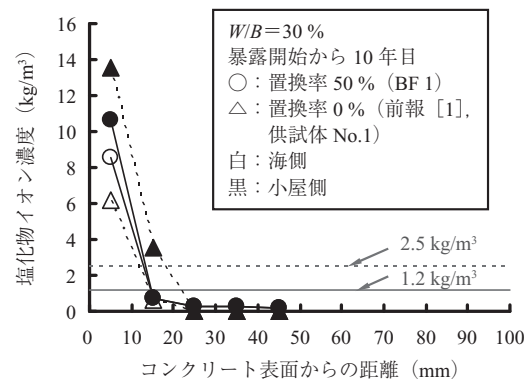
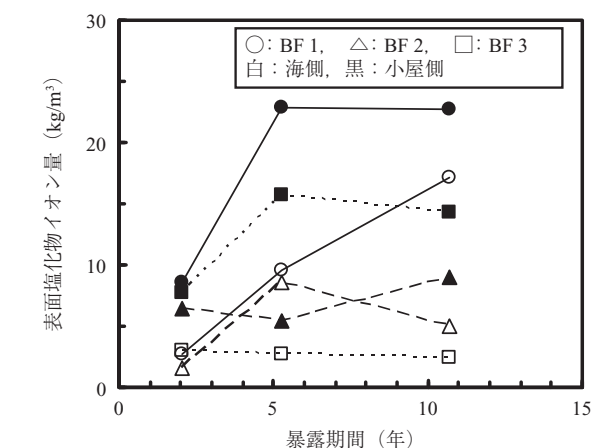


図 - 7 塩化物イオン濃度の深さ方向の分布（暴露開始から 10 年目の結果）

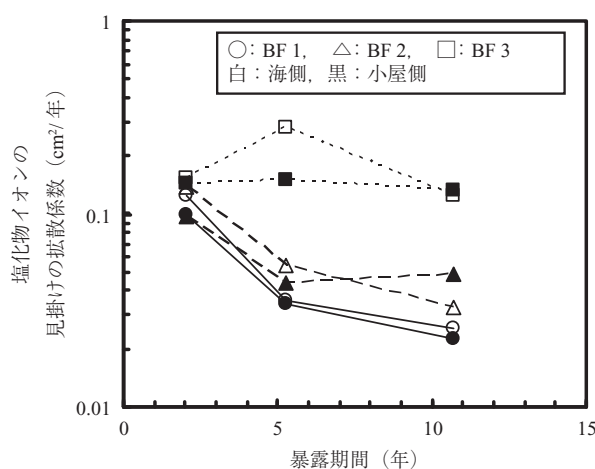
表面塩化物イオン量は、海側に比べて小屋側の方が大きな値を示すものが多い。また、配合 BF 1 および BF 3 の小屋側における表面塩化物イオン量は、暴露期間が 5 年目以降、ほぼ一定の値になっている。海側の表面塩化物イオン量は、配合 BF 1 のように暴露期間とともに増加する場合とそうでない場合がある。一方、拡散係数は、配合 BF 3 では、試験面、暴露期間に関わらず、ほぼ一定と見なせる。配合 BF 1 および BF 2 の拡散係数も、暴露期間 5 年から 10 年の間では大きくは変化していない。

図 - 9 は、コンクリートの塩水浸漬試験による表面塩化物イオン量と拡散係数の経年変化を示している。本論文における高炉スラグ微粉末を使用した配合 BF シリーズのほか、前報（その 1）の高炉スラグ微粉末を使用しない配合 No.1 ～ No.3 の試験値を示した。水結合材（セメント）





(a) 表面塩化物イオン量



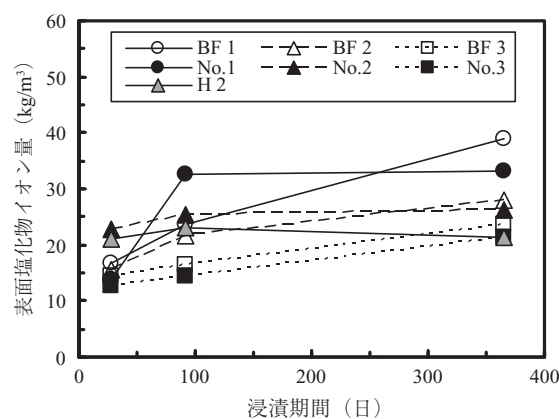
(b) 塩化物イオンの見掛けの拡散係数

図 - 8 暴露期間と表面塩化物イオン量および塩化物イオンの見掛けの拡散係数の関係

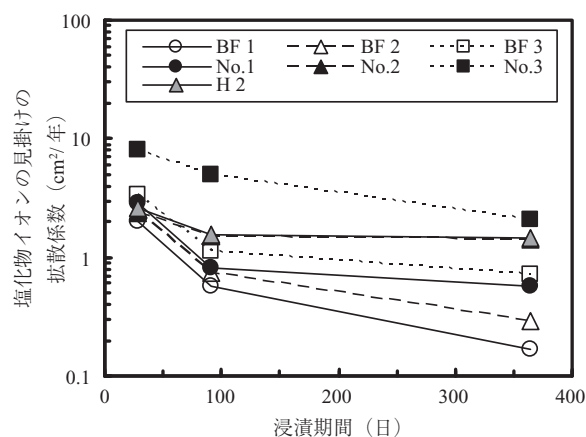
比は、配合 No.1 が 30 %、No.2 が 40 %、No.3 が 55 % であり、それぞれ、配合 BF 1、BF 2、BF 3 に対応するものである。また、本研究で実施した配合 H 2 は、配合 No.2 と同一の水セメント比であること等、試験条件をほぼ同一にして試験の再現性を確認することを目的としている。表面塩化物イオン量は、水結合材比が小さいほど、浸漬期間が長いほど、大きくなる。また、表面塩化物イオン量は、配合 BF 1 と配合 No.1 で若干の違いはあるが、高炉スラグ微粉末の有無に関係なく、同一の水結合材比では同程度の値である。一方、拡散係数は、表面塩化物イオン量の場合とは反対に、水結合材比が小さいほど、浸漬期間が長いほど、小さくなる傾向がある。ただし、図の縦軸を対数で表していることを考慮すれば、拡散係数は、配合 No.3 を除き、浸漬期間 91 日以降では大きな変化は認められない。

### (3) 水結合材比と塩化物イオンの見掛けの拡散係数の関係

水結合材比と塩化物イオンの見掛けの拡散係数の関係を、図 - 10 に示す。暴露試験では暴露期間が 10 年目、塩水浸漬試験では 1 年の試験値を用いた計算結果である。



(a) 表面塩化物イオン量



(b) 塩化物イオンの見掛けの拡散係数

図 - 9 浸漬期間と表面塩化物イオン量および塩化物イオンの見掛けの拡散係数の関係

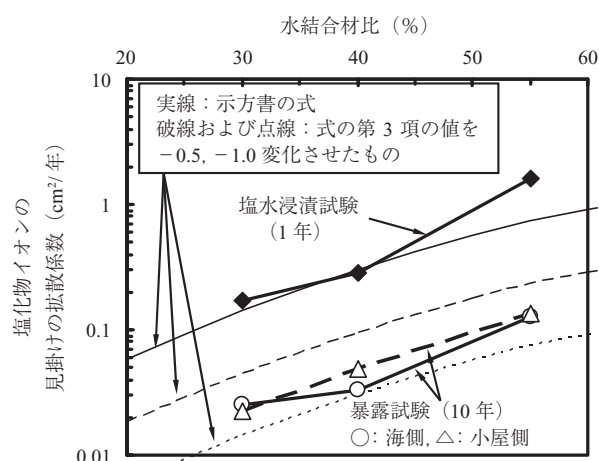


図 - 10 水結合材比と塩化物イオンの見掛けの拡散係数の関係

図中には、示方書<sup>8)</sup>における高炉セメントを使用したコンクリートの拡散係数の算定式(3)を併記した。式(3)中の水セメント比は水結合材比とした。また、参考として、式(3)の第3項の値を-0.5および-1.0変化させた線も図中に示している。

$$\log D = -3.0 \left( \frac{W}{C} \right)^2 + 5.4 \left( \frac{W}{C} \right) - 2.2 \quad (3)$$

ここに、

$D$ : 塩化物イオンの見掛けの拡散係数 ( $\text{cm}^2/\text{年}$ )

$W/C$ : 水セメント比

図 - 10 に示すとおり、高炉スラグコンクリート（置換率 50 %）の塩水浸漬試験で求めた拡散係数は、高炉セメントに対する示方書の式で求めた値と同等、もしくはやや大きい。しかし、暴露試験で求めた拡散係数はそれよりも相当小さく、同式の第 3 項を  $-0.5$  および  $-1.0$  変化させた 2 曲線の範囲に入る。高炉スラグコンクリートの拡散係数は、前報（その 1）で述べた高炉スラグ微粉末を含まないコンクリートの拡散係数と比較しても小さく、高炉スラグ微粉末の使用が耐塩分浸透性を高めるうえで有効であることが明らかになった。

#### (4) 高炉スラグ微粉末の置換率および養生方法が塩化物イオンの見掛けの拡散係数に及ぼす影響

図 - 11 は、暴露 5 年目に測定したコンクリートの塩分量をもとに、高炉スラグ微粉末の置換率と塩化物イオンの拡散係数の関係を示したものである。海側の結果では明確ではないが、小屋側の結果では高炉スラグ微粉末の置換率が大きいほど、拡散係数は小さくなる傾向が認められる。

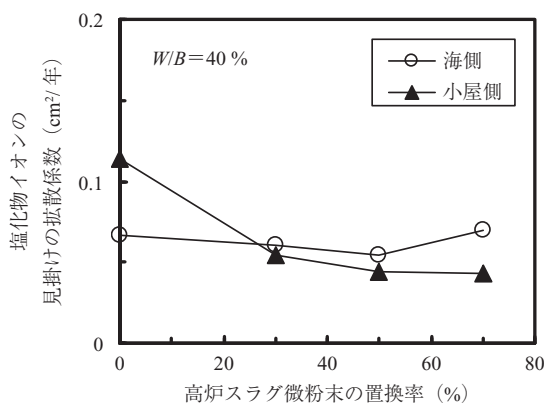


図 - 11 暴露試験による高炉スラグ微粉末の置換率と塩化物イオンの見掛けの拡散係数の関係

一方、図 - 12 および図 - 13 は室内試験の結果であり、前者は塩水浸漬試験における浸漬期間、配合および養生方法と塩化物イオンの拡散係数の関係を、後者は急速塩分透過性試験における高炉スラグ微粉末の置換率および養生方法と塩分浸透深さの関係を示したものである。

図 - 12 に示すとおり、高炉スラグ微粉末を含まない配合 H2 では、養生方法が拡散係数に及ぼす影響はほとんど認められないが、配合 BF2（置換率 50 %）ではいずれの浸漬期間においても養生方法が拡散係数に影響を及ぼしており、養生 CC、養生 CB、養生 CS の順で拡散係数が小さくなっている。一方、図 - 13 では、高炉スラグ微粉末の置換率が大きいほど、拡散係数は小さくなる傾向があるが、50 % を超えると、湿潤養生を行わない養生 CC および養生 CS では、かえって塩分浸透深さが大きくなること

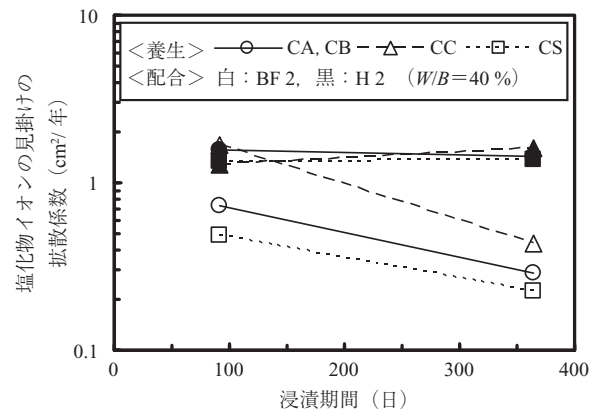


図 - 12 塩水浸漬試験における浸漬期間、配合および養生方法の違いが塩化物イオンの見掛けの拡散係数に及ぼす影響

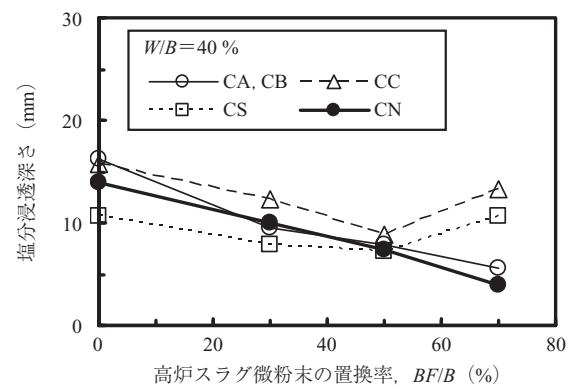


図 - 13 急速塩分透過性試験における高炉スラグ微粉末の置換率および養生方法の違いが塩分浸透深さに及ぼす影響

が分かる。また、養生 CN では、塩分浸透深さと高炉スラグ微粉末の置換率の関係が明確であるが、他の養生では、室内試験であっても両者の関係に若干のばらつきが認められる。

## 4. おわりに

高炉スラグ微粉末を用いたコンクリートの耐塩分浸透性を把握するため、暴露試験および室内試験を実施した結果、以下のことが明らかになった。

- (1) 本暴露環境下では、高炉スラグ微粉末の置換率が 50 % のコンクリートの中性化深さは示方書式よりも小さい。ただし、置換率を 70 % に増加させた場合や湿潤養生を行わない場合には、中性化深さは若干大きくなる傾向がある。
- (2)  $100 \times 100 \times 400 \text{ mm}$  の小型供試体を使用し、その上面に屋根を設けない条件で暴露しても、前報（その 1）と同様に、小屋側の表面塩化物イオン量は、海側に比べて大きい場合が多い。また、塩化物イオンの見掛けの拡散係数は、暴露期間 5 年から 10 年の間では大きくは変化しない。
- (3) 塩水浸漬試験において、表面塩化物イオン量は、水結

合材比が小さいほど、浸漬期間が長いほど、大きくなる。また、表面塩化物イオン量は、高炉スラグ微粉末の有無に関係なく、同一の水結合材比では同程度の値である。一方、塩化物イオンの見掛けの拡散係数は、水結合材比が小さいほど、浸漬期間が長いほど、小さくなる傾向があるが、浸漬期間 91 日以降では大きくは変化しない。

- (4) 塩水浸漬試験で求めた塩化物イオンの見掛けの拡散係数は、高炉セメントに対するコンクリート標準示方書の式で求めた値と同等かやや大きい、暴露試験で求めた拡散係数はそれよりも相当に小さく、同式の第 3 項を  $-0.5$  および  $-1.0$  変化させた 2 曲線の範囲に入る。すなわち、高炉スラグ微粉末の塩化物イオンの浸透抑制効果を期待できることが明白になった。
- (5) 高炉スラグ微粉末の置換率が大きいほど、拡散係数は小さくなる傾向がある。ただし、その効果には湿潤養生の有無が大きく影響を及ぼし、急速塩分透過性試験の結果では、その置換率が 50 % を超えるものに対しても湿潤養生を行わない場合、かえって塩分浸透深さが大きくなった。

なお、湿潤養生は、既報<sup>5~7)</sup>で述べているとおり、中性化および塩分浸透性のみならず、強度発現性やひび割れ抵抗性等の確保にも重要であり、それらを含めて総合的に判断して適切な期間行うことが重要である。

## 謝 辞

ご協力いただいた国土交通省信濃川下流工事事務所、同関屋出張所に感謝の意を表します。

## 参 考 文 献

- 1) 谷口秀明, 渡辺博志, 手塚正道, 藤田 学: 塩害暴露試験によるコンクリートの塩分浸透性の評価 - その 1: 高強度コンクリート-, プレストレストコンクリート (投稿中)
- 2) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説, コンクリート橋編, 2002
- 3) 田中良樹, 藤田 学, 河野広隆, 渡辺博志: 高強度コンクリートの塩分浸透抵抗性, コンクリート工学年次論文集, 23-2, pp.517-522, 2001.7
- 4) 渡辺博志, 河野広隆, 田中良樹, 渡辺 豊: コンクリートの急速塩分透過性試験の適用性, 土木技術資料, 44-1, pp.32-37, 2002
- 5) 谷口秀明, 渡辺博志, 田中良樹, 藤田学: 高炉スラグ微粉末を用いた PC 用コンクリートの特性, コンクリート年次論文集, Vol.24, No.1, pp.531-536, 2002
- 6) 谷口秀明, 藤田 学, 渡辺博志, 葛西康幸: 高炉スラグ微粉末を用いた PC 用コンクリートの収縮特性, 土木学会第 58 回年次学術講演会概要集, V-160, pp.319-320, 2003.9.
- 7) 谷口秀明, 渡辺博志, 中村英佑, 藤田 学: 高炉スラグコンクリートの収縮および収縮ひび割れに関する検討, 日本コンクリート工学会, 混和材を積極的に利用するコンクリートに関するシンポジウム論文集, pp.75-82, 2011.12
- 8) 土木学会: 2007 年制定コンクリート標準示方書【設計編】, 2008.3
- 9) 土木学会: 2007 年制定コンクリート標準示方書【施工編】, 2008.3

[2012 年 6 月 13 日受付]



図書案内

PC 技術規準シリーズ

# PC 斜張橋・エクストラドーズド橋設計施工規準

定 価 4,725 円／送料 500 円

会員特価 4,000 円／送料 500 円

社団法人 プレストレストコンクリート技術協会 編

技報堂出版