

異なる塩分濃度における浸漬試験での各種混和材の塩分固定化性能比較

伊代田岳史^{*1} 小宮山祐人^{*2}^{*1} 芝浦工業大学 工学部土木工学科(〒153-8548 東京都江東区豊洲 3-7-5)^{*2} 元芝浦工業大学 大学院工学研究科建設工学専攻(〒153-8548 東京都江東区豊洲 3-7-5)

要旨：各種混和材を用いることでコンクリートの塩分浸透挙動が大きく異なることは知られている。しかし、空隙構造の緻密化と塩分固定化のどちらが卓越するのか、またその浸透抑制効果のメカニズムについては定かではなく、さまざまな議論がなされている。本研究では各種混和材を用いたコンクリートによる非定常状態での電気泳動試験を実施し、塩分遮蔽性能を確認した。また、セメントペーストにより塩化物イオン浸透メカニズムを各深さ位置における塩分固定化物質の定量を行うことで明確にした。さらに、促進試験に用いられる高い塩分濃度による塩水浸漬試験が混和材を混入したセメントでも適用可能なのかを判断するために、固定化メカニズムについても検討した。

キーワード：混和材、非定常電気泳動試験、塩分固定化、モノサルフェート、クゼル氏塩、フリーデル氏塩、促進試験

1. はじめに

鉄筋コンクリートの劣化原因のうちで、深刻なもののひとつとして塩害がある。塩害は、コンクリート中の鉄筋位置での塩化物イオン量が腐食限界量を超えることで生じる現象である。塩化物イオンのコンクリート中への浸透は、材料由来によるコンクリート中に含まれる内在塩化物イオンと外部の環境から供給される外来塩化物イオンに分類される。内在塩化物イオンの場合には、使用材料による注意である程度緩和できる。一方、外来塩化物イオンの浸透は、供給される塩分濃度や硬化体の空隙構造などに依存する物理的な条件とセメント種類などによる硬化体の塩分吸着・固定化特性に依存する化学的な条件の二つに大きく左右されることが知られている。

従来から各種混和材を用いたセメントにおけるコンクリートの塩分浸透試験が数多く実施されており、混和材種類による違いの評価がなされてきた。よく利用されるコンクリート用混和材として例えば、高炉スラグ微粉末(BFS)、フライアッシュ(FA)、シリカフェーム(SF)と石灰石微粉末(LSP)が挙げられる。しかし、塩分浸漬はその塩分濃度を高く設定した促進試験が一般的であり、また長期間実施することで混和材などの水和促進¹⁾などの影響も懸念される。高濃度の浸漬試験は、普通ポルトランドセメントを用いた場合、塩化物イオン濃度の相違が等倍で促進されていると考えられるが、混和材の混入による影響は研究途上であり、等倍と評価できるか不明である。このような塩分浸透挙動では、物理的な条件と化学的な条件を分離できない。

化学的な条件である塩分固定化能力は、さまざまな混

和材を用いることで、大きく変化する²⁻⁴⁾との指摘がされている。このような混和材を用いた場合の固定化は、そのメカニズムが混和材ごとに異なることに加え、濃度の異なる塩化物イオンの浸透挙動は未解明な部分が多く、その整理には及んでいない。

そこで本研究においては、まず固定化性能を伴い短期間で浸透性能を評価できる手法を考慮して、各種の混和材を用いたセメント系材料においてコンクリートを作製し、非定常電気泳動試験を実施することで塩分遮蔽効果について確認した。つぎに塩化物イオン固定化に着目し、セメントペーストによる塩水浸漬試験を実施し、それぞれの混和材の固定化性能とその浸透メカニズムについて検討した。さらに塩分濃度の異なる溶液に浸漬することで生じる固定化能力を深さ位置ごとに比較した。これらにより、異なる塩分濃度での固定化を定量的に見ることができ、濃度を高くした試験方法が、混和材を用いた場合でも促進試験になるのかを議論できる。さらに、深さごとの固定化を把握することで塩分浸透メカニズムを混和材ごとに整理できる。これらの結果を総合的に判断すれば、材料選定に資する情報を提供できると考える。

2. 非定常電気泳動試験による塩分遮蔽効果の確認(コンクリートによる遮蔽性確認試験)

2.1 試験概要

普通ポルトランドセメントと各種混和材を置換した計7種類の試製セメントによるコンクリートの塩分遮蔽性能を確認するために、非定常電気泳動試験を実施した。用いた混和材は、高炉スラグ微粉末(BFS)、フラ

Table 1 Mix proportions for concrete test

	Replacement (%)	W/B (%)	Unit wight (kg/m ³)							Fresh property	
			W	OPC	BFS	FA	SF	S	G	Slump (cm)	Air (%)
OPC 30	0	30	168	560	—	—	—	755	859	7.0	5.6
BB 30	50			280	280	—	—	746	849	9.0	5.1
F10 30	10			504	—	56	—	764	850	12.5	3.5
F20 30	20			448	—	112	—	756	841	9.0	5.5
F30 30	30			392	—	168	—	748	831	9.0	3.0
S10 30	10			504	—	—	56	764	849	9.0	6.0
S20 30	20			448	—	—	112	755	839	9.0	5.5
OPC 50	0	50		336	—	—	—	843	959	11.0	3.6
BB 50	50			168	168	—	—	857	953	9.5	3.8
F10 50	10			302	—	34	—	858	954	10.5	5.7
F20 50	20			269	—	67	—	852	948	12.0	4.0
F30 50	30			235	—	100	—	857	942	12.0	3.0
S10 50	10			302	—	—	37	857	953	11.5	4.3
S20 50	20			268	—	—	67	852	947	12.5	5.4

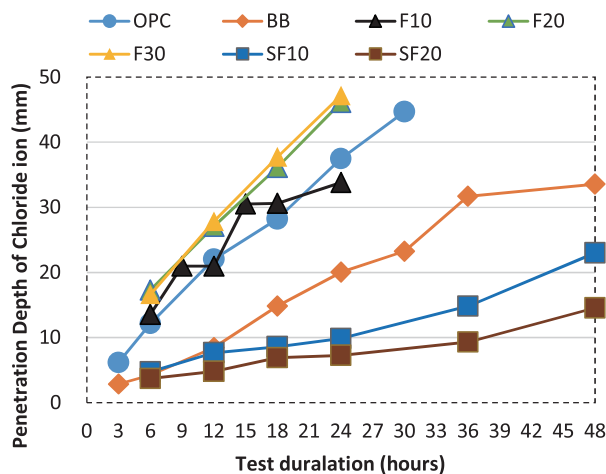


Fig. 1 Results for non-steady state electrophoretic test

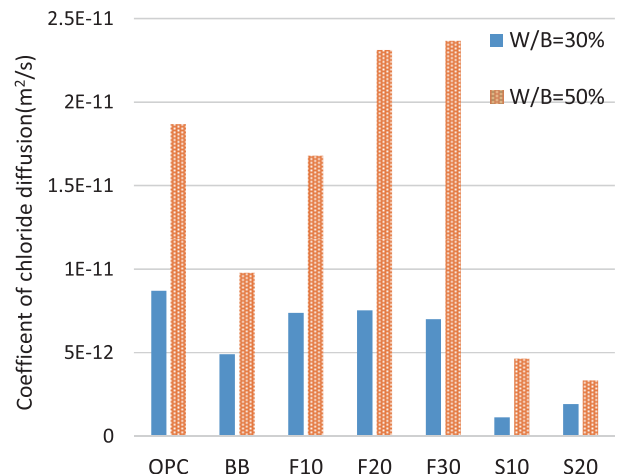


Fig. 2 Results of coefficient chloride diffusion

イアッシュ(FA)、シリカフェーム(SF)で、置換率は、BFSは50%、FAは10、20、30%、SFは10および20%とした。試製セメント種類とコンクリートの計画配合をTable 1に示す。なお、水セメント比は30および50%とした。試験体はφ100×200mmの円柱試験体を作製し、翌日脱型の後、内部の水分逸散および外部からの浸入因子を防止するために20℃の恒温室にて封緘養生を28日間行った。養生終了後の試験体を、中心より上下50mm厚さで2体切断し、非定常電気泳動試験に用いた。前処理として試験体は脱気した後、飽和水酸化カルシウム溶液にて飽水処理を行った。

非定常電気泳動試験は、従来の電気泳動セルを用いて印加電圧30Vとし通電時間をコントロールして試験体を取り出し、取り出した試験体の塩分浸透深さを計測することで塩分遮蔽性を評価するものである⁵⁾。取り出した試験体は割裂し、硝酸銀水溶液0.1Nを噴霧し白色に呈した深さを、試験体左右10mmずつを除いた7点を測

定し、計14点の平均値を塩化物イオン浸透深さとした。

2.2 非定常電気泳動試験結果

Fig. 1にW/B50%における各種セメントを用いたコンクリートの非定常電気泳動試験結果を示す。結果より、通電時間が長くなるほど浸透深さが大きくなることがわかる。また、OPCに比べFAを添加したものは同一通電時間における浸透深さは大きく、BBでは深さが半分程度となっており、SFを置換したものは、BBのさらに半分程度の浸透深さとなっており、高い遮蔽効果が認められる。W/B30%ではW/B50%と同様の傾向であるが、FAを添加したものでOPCよりも浸透深さが小さくなった。次に通電時間24時間の浸透深さからNT BUILD 492の式を用いて拡散係数を算出したものを比較した結果をFig. 2に示す。なお、拡散係数の算出は呈色域までの深さと通電時間との関係から拡散式にて算出したものであり、算出式と適用性の詳細の検討は文献⁵⁾で実施した。OPCと比べBBでは小

Table 2 Chemical component of the tested materials

	Chemical component (%)															Density (g/cm ³)	Fineness (cm ² /g)
	ig.loss	insol.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	Cl			
OPC	0.61	0.07	20.94	5.45	2.83	64.96	1.54	2.05	0.32	0.48	0.27	0.31	0.08	0.03	3.16	3,490	
BFS	0.17	—	34.05	14.65	0.32	43.15	5.94	—	0.26	0.28	0.57	0.01	0.33	—	2.91	4,280	
FA	1.67	—	55.25	30.23	4.53	2.32	0.93	0.38	0.89	0.45	1.87	0.14	0.03	—	2.25	3,900	
LSP	44.06	—	0.09	0.05	0.03	55.71	0.30	—	0.00	0.00	0.02	0.02	0.01	0.00	2.77	6,100	
SF	1.20	—	94.8	—	—	0.32	0.58	0.29	—	—	—	—	—	0.00	0.32	18,500	

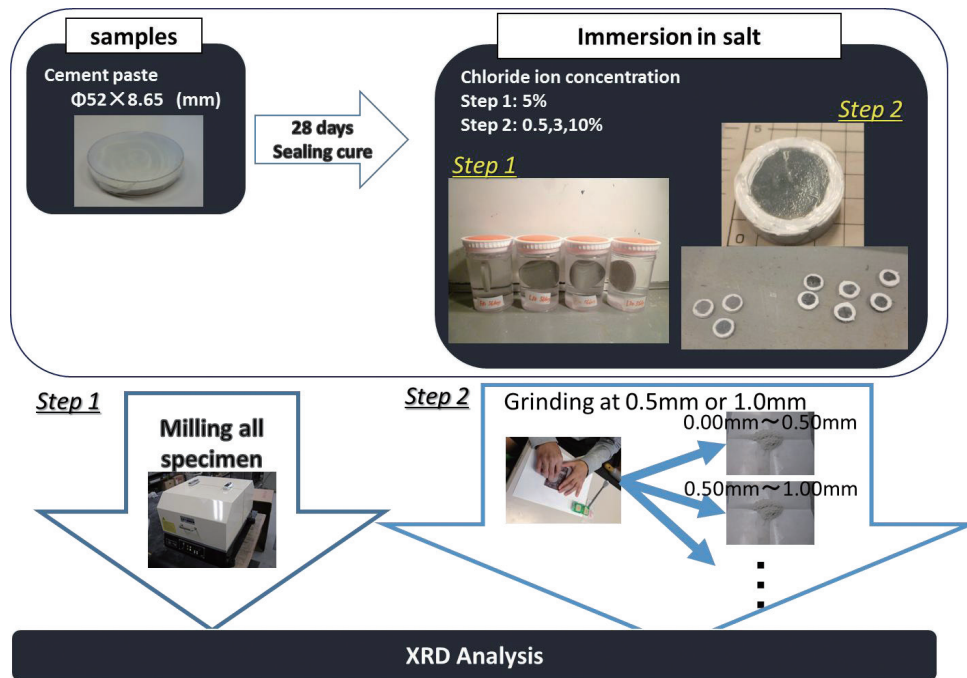


Fig. 3 Testing procedure

小さな拡散係数であり、FA を置換したものは同程度か若干大きくなっており、SF を置換したものは著しく小さな拡散係数となっていることがわかる。このように置換した混和材の種類により塩分遮蔽効果は大きく異なることがわかる。この効果は、塩化物イオンの固定化能力の違いと硬化体の緻密化によるものと考え、それぞれの混和材における塩分固定化能力の比較を行うこととした。

3. 塩分固定化性能比較試験(セメントペースト)

3.1 試験体概要

試験は混和材ごとの固定化性能把握と濃度の違いによる深さ方向への拡散・浸透を把握する二段階の試験を実施した。用いたセメントは Table 2 に示す増量材を排除した研究用の普通ポルトランドセメント(OPC)をベースとし、Step 1 では、各種混和材(BFS、FA、LSP および SF)を 20 % 置換したものをセメント材料として用意した。Step 2 ではこのうちの汎用セメントである普通ポルトランドセメント(OPC)と高炉セメント B 種相当(BB)および FA、SF を 10、20、30 % 添加したセメントを材料として用いた。これらを用いて W/B が

50 % としたセメントペーストを作製した。セメントペーストを Fig. 3 のような $\phi 52\text{mm}$ のプラスチックシャーレに成型してポリエチレンフィルムにより封緘状態として保存した。材齢 28 日まで養生後、Fig. 3 の手順で上面のポリエチレンフィルムを外して、Step 1 ではプラスチックシャーレから脱枠し、5 % 塩分濃度の塩水に全面から塩化物イオンが浸透するように設置した。設定した塩水浸漬期間経過後に試験体を塩水から取り出し、試験試料とした。一方、Step 2 においては、材齢 28 日の封緘養生後にプラスチックシャーレはそのままの状態にて、シャーレと試料の境界面を Fig. 3 のようにシーリングし、境界からの塩分浸透を抑制したのちに、表層一面から塩分浸透が可能としたうえで、各種塩分濃度(0.5、3.0、10 %)の溶液に浸漬させた。

3.2 固定化塩化物の分析

Step 1 においては塩分溶液に浸漬した試験体を浸漬材齢 1、3、5、7、28 日で取り出し、表層面での直接測定と試験体を全量粉砕して粉末 X 線回折装置による生成物質の分析を実施した。Step 2 では深さ位置での浸透程度を濃度ごとに調査するために、濃度ごとに Fig. 4

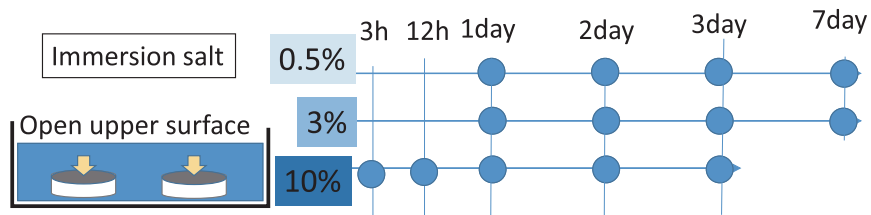


Fig. 4 Measurement method and measurement age in Step 2

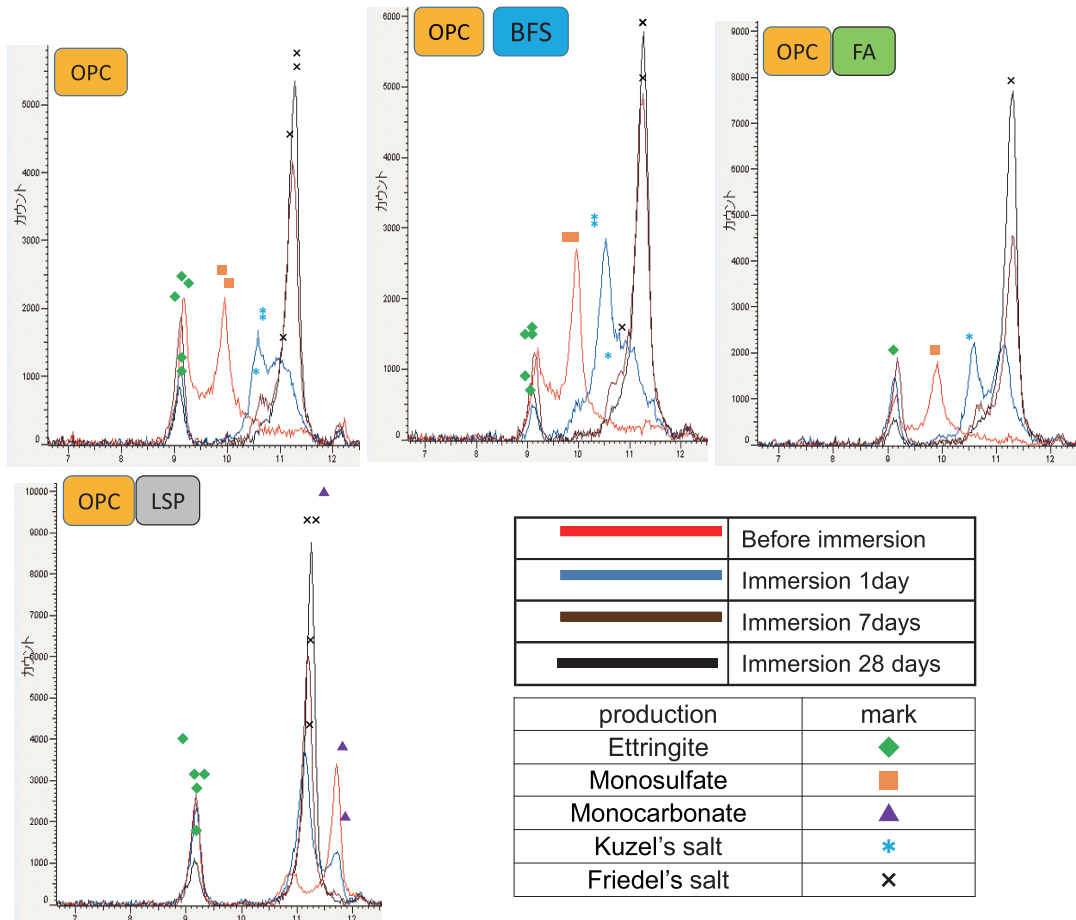


Fig. 5 XRD analysis results before and after chloride ion solution immersion for different admixtures

に示すような浸漬材齢を定めて Fig. 3 に示したように表面から 0.5mm または 1.0mm ごととなるように試験体を削り取り得られた粉末を XRD 用の試料とした。両 Step とも得られた試料を粉末 X 線回折装置にて、水和物(主としてエトインガイトとモノサルフェート、カーボネート系水和物)並びに塩化物イオンを取り込んで生成した物質(クゼル氏塩、フリーデル氏塩)を定量分析(例えば³⁾した。ここで定量には内部標準法を用いた。

4. 試験結果

4.1 各種混和材量の固定化性能比較 (Step 1)

Fig. 5 に OPC、BA、FA、LSP のそれぞれの塩水浸漬前と浸漬後の 1、7、28 日における生成物の相違を比較するべく測定した XRD の結果を示す。OPC 単味においては、浸漬前にモノサルフェートとエトリンガイト

が生成しており、浸漬直後(1 日)よりクゼル氏塩の生成が確認できる。さらに浸漬日数の経過とともにクゼル氏塩がフリーデル氏塩へと変化しており、長期(28 日)においては、エトリンガイトとフリーデル氏塩のみとなっていることが確認できる。次に BFS 添加ならびに FA 添加のものは、その生成量やその生成速度にさえ違いがあるものの、浸漬前はモノサルフェートとエトリンガイトが検出でき、浸漬によりクゼル氏塩の生成、さらにフリーデル氏塩の生成と変化し、最終的な 28 日浸漬材齢にはエトリンガイトとフリーデル氏塩のみとなる、OPC の塩化物イオン浸透挙動とその生成過程に相違がないことが確認できる。一方で LSP を添加した場合には浸漬前にはエトリンガイトとモノカーボネートの生成が確認でき、モノサルフェートは確認できない。また浸漬直後からフリーデル氏塩が生成され、クゼル氏塩の生

成は認められなかった。次に SF 添加においては紙面の関係で図は省略したが、LSP と異なりカーボネート系の水和物は確認できなかった。しかしながら、塩分浸漬後にはクゼル氏塩の生成が認められず、フリーデル氏塩が直接検出された。このように、LSP および SF を添加した系では OPC や BFS および FA を添加した系とは、塩化物イオン固定化のメカニズムが大きく異なることが確認できた。

本研究を踏まえたうえで、それぞれの混和材ごとに考えられる生成物フロー⁶⁻⁸⁾を Fig. 6 に示す。このように LSP の利用によりモノカーボネートの生成により、塩分固定化のメカニズムが異なることが想定できる。

4.2 深さ位置ごとの固定化性能比較 (Step 2)

各種混和材を用いたセメント種類ごとの塩分濃度 10 % に 12 時間浸漬した試料の表層から 1.0mm ごとに 6.0mm までの深さ位置で分析した結果を Fig. 7 に示す。なお同時に浸漬前の結果も比較のために示した。これより 4.1 で示したように、OPC、BB、FA ではクゼル氏塩とフリーデル氏塩が検出されているのに対し、SF を混和したものでは、クゼル氏塩は検出されず、フリーデル氏塩のみが生成していることがわかる。12 時間の浸漬により、OPC では表層から 6mm の最深層においてもクゼル氏塩が生成しており、フリーデル氏塩は 4mm 層までは多く生成している。一方、モノサルフェートは 4mm 層までは消失している。BB においては、クゼル氏塩、フリーデル氏塩は全体的に少なく、4mm 層ではモノサルフェートが多く残存していることがわかる。FA 混和では、最深層までクゼル氏塩、フリーデル氏塩が検出できる。一方で SF 混和では 3mm 層以深ではフリーデル氏塩の生成が認められていない。このように、

空隙構造の緻密さによる塩化物イオンの浸透抑制と同時に、その各層において固定化が同時に進行し、それぞれの混和材種類ごとに挙動が異なっていることがわかる。

次に Fig. 8 は、濃度 3 % の塩水に浸漬した試料のクゼル氏塩ならびにフリーデル氏塩の深さ位置ごとの定量結果の経時変化を示している。なお、ここでは代表して OPC および BB について 0.5mm ごとに分析した結果を示す。

まずクゼル氏塩に着目すると、OPC および BB のいずれにおいても、1 日目より 2 日目のほうが極表層面でのクゼル氏塩が多く生成し、その後、経時に伴い深い位

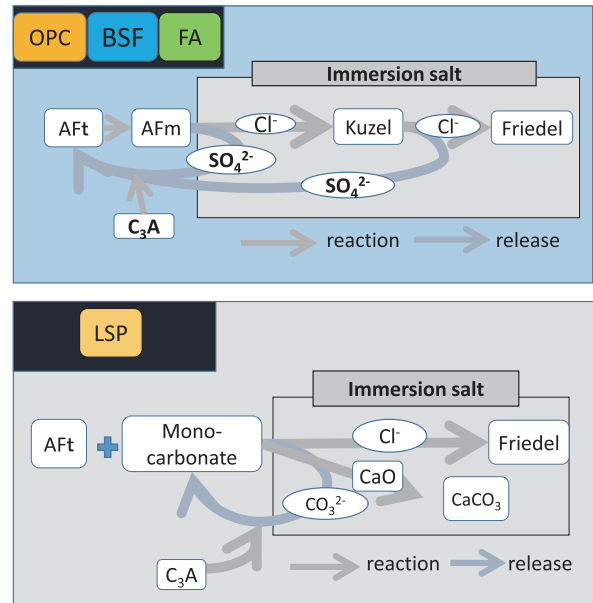


Fig. 6 Images of material flow for immersion in chloride ion solution

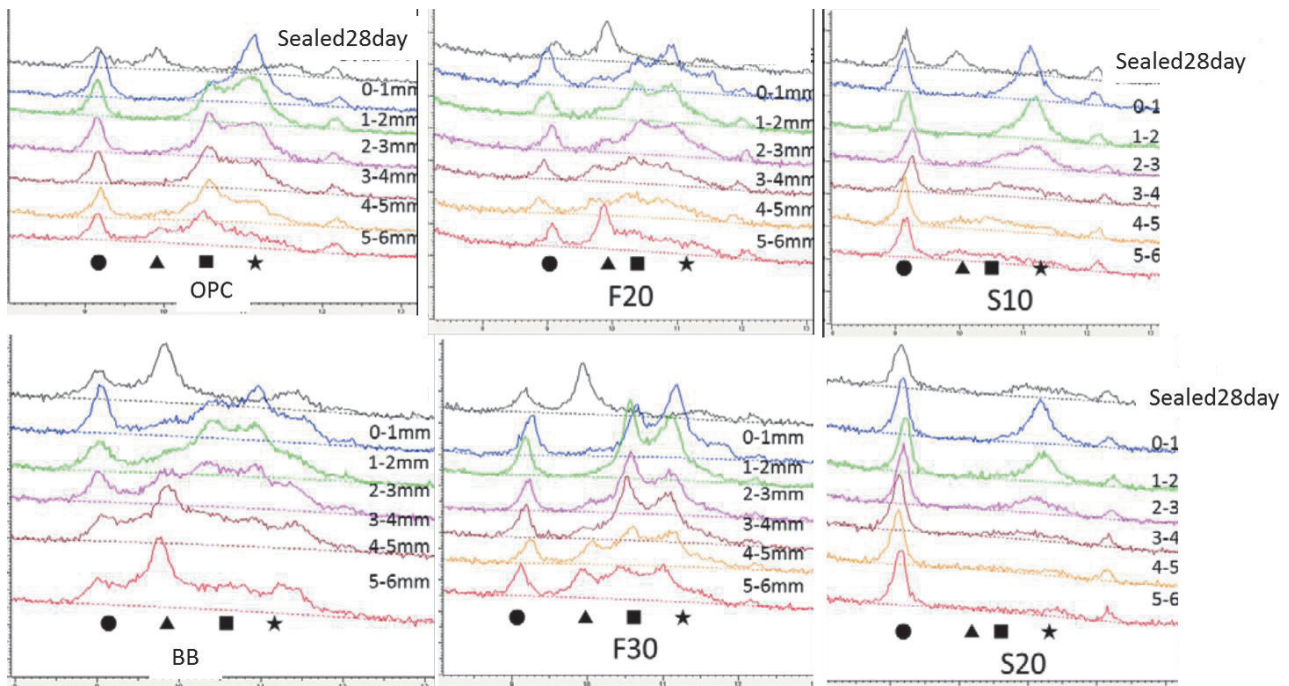


Fig. 7 Results of XRD analysis (● : Ettringite, ▲ : Monosulfate, ■ : Kuzel's salt, ★ : Friedel's salt)

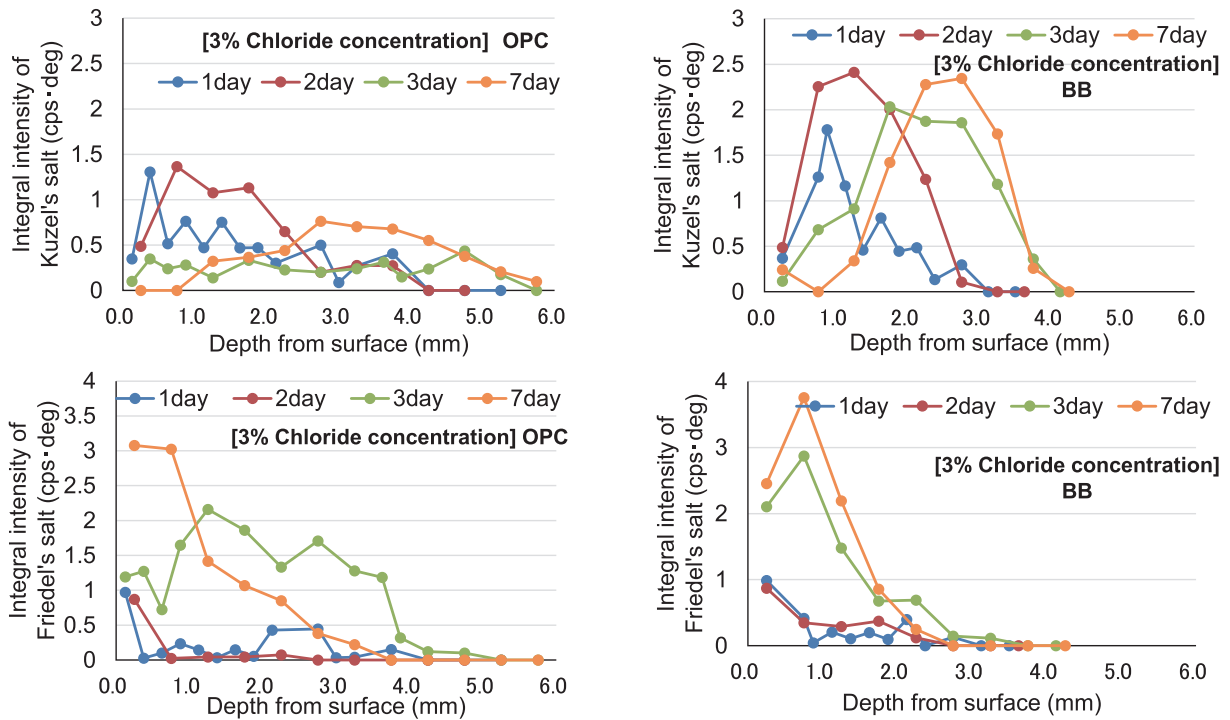


Fig. 8 Results of Kuzel's salt and Friedel's salt progress on different cement

置にピークが移動していることがわかる。さらに、もっとも深い位置でクゼル氏塩が検出できている位置を比較すると、OPCの方が深い位置にて検出されていることがわかる。このように、BFSが混和している方が、クゼル氏塩の生成量がOPCよりも多いが、表層で塩化物イオンを固定化し、遮蔽していることが分かる。

次にフリーデル氏塩の生成結果を比較する。OPCおよびBBのいずれにおいても、クゼル氏塩同様、時間の経過とともにフリーデル氏塩の生成が増加していることが分かる。さらに、経過とともに深い位置においても生成が確認できる。BBにおいては、生成位置は2mm程度であるが、OPCでは3.5mm程度まで検出されている。このことから塩分遮蔽効果はBBの方が高いことがわかる。

このように同一深さ位置で考えると、既往の研究³⁾のように塩化物イオンの浸透とともに、まずはクゼル氏塩が生成し、その後、フリーデル氏塩が変わることで塩分固定化が行われていると想像できる。BBがOPCに比較して塩分浸透深さが小さい理由は、空隙構造として緻密であり塩化物イオンの浸透が抑制されていることに加え、表層位置でクゼル氏塩またはフリーデル氏塩のような固定塩分が生成することで、塩化物イオンを奥まで浸透できないように働いていると想像できる。

なお、FAを混和した場合においてはBBと同様の傾向が認められ、SFを混和した場合には4.1で述べたようにクゼル氏塩の生成が認められず、フリーデル氏塩のみの生成が認められた。

4.3 塩分濃度相違による固定化性能比較(Step 2)

次に塩分濃度の相違によるクゼル氏塩、フリーデル

氏塩の生成過程と生成深さについて、OPC、BBおよびFA、SF混和のセメントで比較する。Fig. 9は塩水浸漬2日間における各塩分濃度下でのフリーデル氏塩の生成量(XRDの積分強度)を深さごとに表したものである。これより、濃度が高い場合、いずれのセメントでも深い位置でフリーデル氏塩が生成していることがわかる。また、表面における濃度も高くなっていることが分かる。しかし、BBにおいては、OPCと比較して表層近傍での濃度が高く、深い位置までの塩化物イオンの浸透が抑制されていることが分かる。このことから4.2で考察したことと同様、BBの方が塩化物イオン遮蔽性能が高いことが示された。一方、FA混和の結果は全体的に深い位置まで塩化物イオンが浸透し固定化されていることがわかる。SFを混和した場合においては、OPCとよく似た浸透性状であるといえる。このように混和材ごとに表層位置での固定塩化物が異なり、また緻密な空隙構造を形成する場合には、塩化物イオンの浸透自体が抑制されることで、その浸透メカニズムが大きく異なることが想定できる。このように緻密化と固定化の両者が複雑に起こることからメカニズム解明には更なる検討が必要であると考える。

ここで、OPCとBBに限定して、Fig. 9より検出されたフリーデル氏塩量の総和ならびにフリーデル氏塩が検出された最も深い位置をフリーデル氏塩生成深さとして、濃度ごとに比較すると、まず濃度が高いほどフリーデル氏塩量が多くなっていることがわかる。このことから供給される塩化物イオン量が多いほど生成量が多いといえる。また、OPCではBBと比べ深い位置まで塩化物イオンが供給されフリーデル氏塩が生成していること

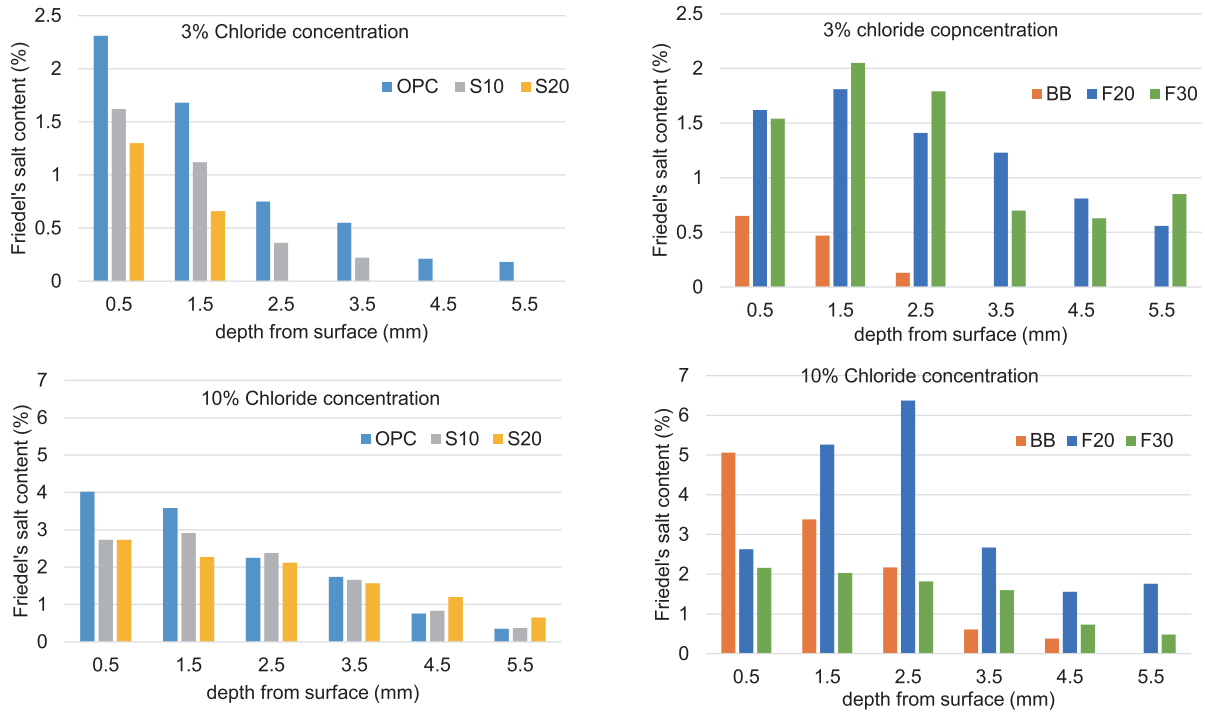


Fig. 9 Results for Friedel's salt progress for different chloride concentrations

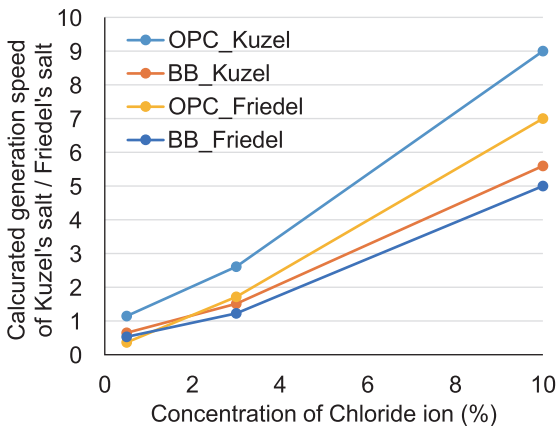


Fig. 10 Calculated generation speed

が認められる。このように OPC では、BB と比較して塩化物イオンが表層から深い位置まで浸透していき、固定化するために、総量としてのフリーデル氏塩量も多くなるが、塩化物イオンに対する遮蔽性能は高くないことが分かる。

次に塩分濃度とクゼル氏塩、フリーデル氏塩の生成に関する関係を見るために、それぞれの生成速度を算出し Fig. 10 に示した。なお、クゼル氏塩においては、クゼル氏塩が生成後にフリーデル氏塩へと変化してしまうことから、生成が確認できたもっとも深い位置における深さを生成位置とし、浸漬期間との関係からその傾きを生成速度とした。一方、フリーデル氏塩では検出したフリーデル氏塩量から生成速度を算出している。いずれの方法で算出した結果においても、濃度に対して直線的に増加していることが認められ、OPC に比べて BB の方が、

Table 3 Calculated accelerated ratio

	Concentration of Cl ⁻	
	0.50 %	10 %
OPC_Kuzel	0.44	3.45
BB_Kuzel	0.43	3.71
OPC_Friedel	0.22	4.07
BB_Friedel	0.43	4.07

・ Generation speed ratio of these phase by 3 % chloride ion concentration

浸透速度が遅いが、それぞれ低濃度での結果を高濃度でも再現できていると考えられる。その倍率を Table 3 に示すと、3 % に対して、0.5 % は約 0.43 倍、10 % は約 3.5~4.0 倍であり、OPC や BB を用いた場合には、実現象の起こる低濃度域の現象を高濃度による塩化物イオン浸漬により再現できると考えられる。そのため、促進試験として成立していると考ええる。しかしながら、他のセメントを用いた場合、特に LSP や SF を用いた場合での検証を加える必要があると考ええる。

5. まとめ

本研究で得られた結果を以下にまとめる。

- (1) 非定常電気泳動試験により、固定化を伴う空隙構造が経時的に変化する塩化物イオンの物理的浸透について議論ができた。
- (2) 各種混和材を用いた塩化物イオン固定化メカニズムの検討において、OPC や BB や FA を用いた場合と LSP、SF を混和した場合には塩化物イオン固定化メカニズムが異なることが把握できた。

- (3) OPC と BB での深さ位置における固定化メカニズムの検討において、BFS を用いることでより表層にて固定化生成物が多く生成することが分かった。
- (4) 塩分濃度を変化させた固定化メカニズムにおいて、濃度の変化分に応じて固定化が進むが、OPC でも BB でもメカニズムが同様であることが確認できた。

謝辞：

本研究は 2013 年度セメント協会研究奨励金の一部の成果であり、(一社)セメント協会に感謝いたします。また本研究は、元芝浦工業大学の田中貫一君の協力を得ました。さらに取りまとめに際しては、後藤誠史山口大学名誉教授および浅賀喜与志帝京科学大学名誉教授のご助言をいただきました。ここに感謝の意を記します。

参考文献：

- 1) 豊村恵理、青山和樹、伊代田岳史：塩分供給方法と養生条件の相違が塩分浸透に及ぼす影響、第 67 回土木学会年次学術講演会、V-090 (2012)
- 2) 宮崎泰ほか：海洋環境下に長期暴露した各種セメントを用いたコンクリートの物性と鉄筋腐食、セメント・コンクリート論文集、No. 65、pp. 326-333 (2011)
- 3) 宮原茂禎、丸山剛、石田哲也：モルタル中の固相塩化物イオンの定量方法の検討、コンクリート工学年次論文集、Vol. 28、No. 1、pp. 893-898 (2006)
- 4) 松崎晋一郎、豊村恵理、伊代田岳史：高炉セメントの塩化物イオン固定化特性に関する一検討、コンクリート工学年次論文集、Vol. 33、No. 1、pp. 797-802 (2011)
- 5) 伊代田岳史、原沢蓉子、亀山敬宏：非定常電気泳動試験を用いた高炉コンクリートの養生影響評価、セメント・コンクリート論文集、Vol. 68、pp. 275-282 (2014)
- 6) 井元晴丈、坂井悦郎、大門正機：石灰石フィラーセメントの水和反応解析、セメント・コンクリート論文集、No. 56、pp. 42-49 (2002)
- 7) 姜珍圭ほか：C₃A-セッコウ系水和反応に及ぼす分散剤の影響、セメント・コンクリート論文集、No. 53、pp. 71-77 (1999)
- 8) 小宮山祐人、田中貫一、伊代田岳史：塩分濃度の相違が生成物および塩分浸透深さに与える影響、コンクリート工学年次論文集、Vol. 36、No. 1、pp. 1000-1005 (2014)

COMPARISON OF SALT IMMOBILIZATION ON IMMERSION TEST IN DIFFERENT SALT CONCENTRATION OF VARIOUS ADMIXTURES

Takeshi IYODA*¹ and Yuto KOMIYAMA*²

*1 SHIBAURA INSTITUTE OF TECHNOLOGY, Dept. of Civil Engineering (3-7-5, Toyosu, Koto-ku, Tokyo 135-8548, Japan)

*2 Former SHIBAURA INSTITUTE OF TECHNOLOGY, Graduate school of Engineering and Science, Division of Architecture and Civil Engineering (3-7-5, Toyosu, Koto-ku, Tokyo 135-8548, Japan)

ABSTRACT : It is significantly different in use of various admixtures on chloride ion penetration behavior of concrete. However, the mechanism is not understood. In this study, we conducted the non-steady state electrophoresis test by concrete using various admixtures, it was confirmed salt penetration performance. And the salt penetration mechanism was clarified by performing the determination of salt immobilization at each depth position by cement paste. Furthermore, in order to salt immersion test due to high salt concentrations used for accelerated test to determine whether the applicable available in various kind of cement such as using various admixtures.

KEY WORDS : Admixtures of powder, Non-steady state electrophoretic test, Immobilization salt, Monosulfate, Kuzel's salt, Friedel's salt, Accelerated test