

シラン・シロキサン系浸透性吸水防止材を用いたコンクリート構造物の高耐久化技術の開発

Concrete Durability Enhancing Technique Using Mixed Silane and Siloxane Water Repellent Agent

林 大 介 坂 田 昇
横 関 康 祐 芦 澤 良 一

要 約

シラン・シロキサン系浸透性吸水防止材の性能について、他材料を含めた統一的な性能評価試験結果を基に考察した。また、プレキャスト部材への適用を目的として改良したシラン・シロキサン系浸透性吸水防止材の浸透性を室内試験によって確認した。本研究では、1) シラン・シロキサン系浸透性吸水防止材は他材料に比べて高い浸透性を有し、コンクリートに3~5mm程度の吸水防止層を形成することができる、2) シラン・シロキサン系浸透性吸水防止材は、表面撥水性が失われることがあるものの、高い透水抑制効果を有し、水蒸気を放出することができる、3) 既往のシラン・シロキサン系浸透性吸水防止材の改良により、低水セメント比のコンクリートを用い、かつ蒸気養生を行った表面が緻密なプレキャスト部材に2mm以上の吸水防止層を形成することができる、などの知見を得た。

目 次

- I. はじめに
- II. シラン・シロキサン系浸透性吸水防止材の性能評価
- III. 高浸透性吸水防止材の開発
- IV. まとめ

I. はじめに

近年、コンクリート構造物の高耐久化技術の必要性が認識されつつある。なかでも、簡易かつ低コストでコンクリートの劣化を抑制することができる浸透性吸水防止材が注目されており、学協会などにおいて検討が進められている^{1)~3)}。浸透性吸水防止材は、コンクリート表面に塗布することによって内部に浸透し、水の浸入を抑制する層を形成する材料である。著者らは、これまでにシラン・シロキサン系の浸透性吸水防止材を開発し、様々な試験を通じて耐久性向上効果を確認してきた^{4)~7)}。最近では、塩害と凍害の複合劣化抑制技術としての適用も検討されており、成果が得られつつある^{8)~9)}。しかし、浸透性吸水防止材として分類される製品は多岐にわたっており、その性能を統一的に評価した例が少ないため、確立された技術としての認知度が低く、広く普及しているとは言い難いのが現状である。本研究では、統一的な性能評価試験を実施した既往の研究成果³⁾を用いて、シラン・シロキサン系浸透性吸水防止材の性能に関する考察を行った。また、プレキャスト部材などの緻密なコンクリートを対象として新たに開発した高浸透性吸水防止材の浸透性について評価を行った。

II. シラン・シロキサン系浸透性吸水防止材の性能評価

1. 検討概要

浸透性吸水防止材は、その原料成

分によって、シリコン系、非シリコン系及び混合系に分類される¹⁾。著者らが開発したシラン・シロキサン系浸透性吸水防止材は、シリコン系に分類されるものである。シリコン系浸透性吸水防止材は、シリコンの疎水基がコンクリート表面及び細孔表面に並ぶことで吸水防止効果を発揮する材料であり、非シリコン系及び混合系と違って細孔を充填しないため、液体を透過せずに気体を透過するという特長を有する¹⁾。本検討では、浸透性吸水防止材について統一的な性能評価試験を実施した研究³⁾より、上塗材のないシリコン系に属する材料のみを取り上げて整理し、シラン・シロキサン系浸透性吸水防止材の各種性能を評価した。

2. 浸透性吸水防止材に関する統一的な性能評価試験³⁾の概要

(1) 使用材料

(a) コンクリート材料及び配合

コンクリート材料及び配合をTable 1及びTable 2に示す。

Table 1 使用材料
(Properties of Materials)

材料	記号	摘要
水	W	上水道水
セメント	C	普通ポルトランドセメント、密度: 3.16g/cm ³
細骨材	S	相模川系陸砂と千葉県市原産山砂を3:1に混合、密度: 2.58g/cm ³
粗骨材	G	厚木市飯山産碎石と津久井郡城山町小倉産碎石を6:4に混合、密度: 2.63g/cm ³
混和剤	Ad	AE減水剤

Table 2 コンクリート配合
(Mix Proportions of Concrete)

Gmax (mm)	スランプ (cm)	W/C (%)	空気量 (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)				混和剤(C×%)
					W	C	S	G	Ad
20	12±2.5	54.5	4.5±1.5	46.4	169	310	825	977	1.3

キーワード: コンクリート構造物, 耐久性向上,
シラン・シロキサン系浸透性吸水防止材,
プレキャスト部材

(b)浸透性吸水防止材

評価対象とした浸透性吸水防止材を Table 3 に示す。表中、コンクリートの内部に浸透して吸水防止効果を付与する主成分の分類として、本検討のシラン・シロキサン系 (SS)、シロキサン結合を持たないものをシラン系 (S)、シロキサン結合を持つものをシリコン系 (SL)、シロキサン結合を持たず、かつ水溶性があり、一般に水ガラス系と呼ばれているものをシリコネート系 (SN) とした。ここで、シラン・シロキサン系は、シロキサン結合を持たない分子とシロキサン結合を持つ分子を混合して使用しているものであり、上記分類では、シリコン系に属することになる。また、製品種類の分類では、溶媒として水を使用しているものを水系、有機溶剤を使用しているものを溶剤系、溶媒を使用しないものを無溶剤系とした。

(2) 試験方法

(a)供試体作製

供試体の寸法は 100×100×100mm とし、コンクリートの打込みから 7 日後に脱型して材齢 28 日まで水中養生を行った。その後、供試体の表面が十分に乾燥するように室内に静置してから浸透性吸水防止材の塗布を行った。本検討のシラン・シロキサン系浸透性吸水防止材の場合、標準塗布量である 200g/m² を塗布した。浸透性吸水防止材の塗布の対象面は、コンクリート打込みにおける側面の向かい合わせの 2 面とし、そのほかの 4 面にはエポキシ樹脂系の表面被覆を施した。

(b)試験方法

試験項目及び試験方法を Table 4 に示す。また、同表中の暴露場所の詳細を Table 5 に示す。ここで、統一的な性能評価試験では遮塩性と中性化抑制性に関する暴露試験及び促進試験を実施しているが、本検討では暴露試験の結果のみを活用した。遮塩性に関する促進試験結果を評価対象としない理由は、シラン・シロキサン系浸透性吸水防止材の適用外と考えている水圧を受ける浸漬条件であるためである。また、中性化抑制性に関する促進試験結果を評価対象としない理由は、浸透性吸水防止材を塗布したコンクリートの中性化の機構が未解明であり、現状では試験条件と実環境の相関が不明と考えられるためである。

3. 試験結果及び考察

(1) 外 観

浸透性吸水防止材を塗布しない供試体 (以下、ブランク) の初期の状態を基準色とした各供試体の初期及び暴露 1 年後における明度差を Fig.1 に示す。ここで、暴露 1 年後のつくば、朝霧、沖縄及び親不知における結果はほぼ同様の傾向を示したため、代表値としてつくばの値を示すこととし、図中には東京とつくばの結果を示した。同図より、本検討のシラン・シロキサン系浸透性吸水防止材の明度差は、初期値及び暴露 1 年後とも ±5 以内の範囲にあり、塗布によってコンクリートの外観

に変化を与えず、また 1 年経過時点まで、その外観を概ね保持できることが確認された。一方、シラン系及びシリコネート系の材料には、暴露 1 年後に +10 を超えるものもあり、表面を若干白色にする傾向があるものもあった。暴露場所の違いに着目すると、交通量の多い道路脇に位

Table 3 評価対象の浸透性吸水防止材 (Water Repellent Agents)

No.	記号 (※)	製品種類	主成分
1	1-水-SS	水系	本検討の シラン・ シロキサン系
2	2-水-SS		
3	3-水-SS		
4	4-水-S	水系	シラン系
5	5-水-S		
6	6-水-S		
7	7-溶-S	溶剤系	
8	8-溶-S		
9	9-溶-S		
10	10-溶-S		
11	11-水-SL	水系	シリコン系
12	12-無-SL	無溶剤系	
13	13-水-SN	水系	シリコネート系
14	14-水-SN		
15	15-水-SN		

※：記号は、「No.－製品種類－主成分」

Table 4 試験項目及び方法 (Testing Items and Methods)

項目	暴露場所	試験方法
外観	つくば、朝霧、沖縄、親不知、東京	初期及び暴露 1 年後の供試体の色彩測定及び目視観察
表面撥水性	つくば、朝霧、沖縄、親不知、東京	初期及び暴露 1 年後の供試体表面に水を噴霧し、目視によって定性的に評価
吸水防止層の深さ	沖縄、親不知、東京	初期及び暴露 1 年後の供試体を割裂して水に浸漬し、濡れ色にならない範囲を測定
透水性	つくば	初期及び暴露 1 年後の供試体を十分に乾燥させた後、塗布面に水深 250mm のロートを立て、24 時間後の透水量を測定
透湿性	朝霧	初期及び暴露 1 年後の供試体を十分に乾燥させた後、水に 7 日間浸漬し、塗布面以外の 5 面をシールして質量の経時変化を測定
遮塩性	沖縄	暴露 1 年後の供試体を表面より 10mm ごとに 30mm までスライスし、電位差滴定法によって塩化物イオン含有量を測定
中性化抑制性	親不知、東京	暴露 1 年後の供試体を割裂し、フェノールフタレイン溶液を噴霧して中性化深さを測定

Table 5 暴露場所の概要 (Fields of Exposure Test)

暴露場所	表記	年平均気温、湿度	環境条件などの詳細
建設材料研究施設 (茨城県つくば市)	つくば	18.4℃, 75%	比較的温暖な環境にある
朝霧環境材料観測施設 (静岡県朝霧高原)	朝霧	20.5℃, 68%	高原に位置し、朝晩の気温低下が大きい環境にある
沖縄建設材料耐久性研究施設 (沖縄県大宜味村)	沖縄	25.1℃, 76%	亜熱帯の沿岸部に位置し、飛来塩分の影響を受ける環境にある
北陸建設材料耐久性研究施設 (新潟県親不知)	親不知	17.0℃, 73%	冬期に強い季節風が吹く沿岸部に位置する
東京建設材料研究施設 (東京都品川区大井南)	東京	19.5℃, 64%	交通量が多い道路脇にあり、降雨の影響を受けない場所にある

置する東京に暴露した供試体の方がつくばよりも小さな値を示す傾向にあり、汚れを受けやすい環境にあることが伺える。

(2) 表面撥水性

表面撥水性の試験結果を Table 6 に示す。ここで、同表の調査結果は、供試体表面に水を噴霧した際の状態を定性的に評価したものであり、○は撥水している状態、△はやや撥水している状態、×は撥水していない状態を表している。同表より、本検討のシラン・シロキサン系浸透性吸水防止材は、初期に撥水性を示すものの、1 年経過時点において撥水性を示さないことがあった。これは、埃などの付着によるためである可能性が高いと考えられる。シラン・シロキサン系浸透性吸水防止材は、より深くまで浸透することを意図して調整されているため、表面に並ぶシリコン分子が少量となり、埃などが容易に付着したこともあり得る。いずれにせよ、浸透性吸水防止材の効果は、水の浸透を抑制することにあり、浸透深さや透水性試験の結果も踏まえた評価が必要と考えられる。ほかの分類では、シラン系の材料の水系のものが 1 年経過時点において撥水性を保持している傾向があり、シリコネート系の材料は初期から撥水性を示さない傾向があった。

(3) 吸水防止層の深さ

初期及び暴露 1 年後（沖縄、親不知及び東京）における吸水防止層の深さ測定結果を Fig.2 に示す。同図より、本検討のシラン・シロキサン系浸透性吸水防止材は、初期及び 1 年を経過した時点において概ね 3mm 程度の深さの吸水防止層を確保していることが確認された。シラン系材料は初期において概ね 2mm 以下であり、1 年経過時点において吸水防止層が小さくなっている傾向があった。また、シリコン系の材料では、No.11 の値が 1mm 以下であったのに対し、No.12 はシラン・シロキサン系材料と同程度の大きな値を示しており、同じ分類に属する材料でも大きな差異を生じる結果となった。シリコネート系では吸水防止層が確認されなかった。本検討のシラン・シロキサン系浸透性吸水防止材の吸水防止層がほかの材料よりも深くまで形成された理由として、シラン分子の分子構造が浸透性を向上させる上で適切であったことや、高分子の反応性ポリシロキサンによってシラン分子の揮発が抑制されたこと、シリコン分子の濃度が 80%程度と高濃度であることなどが考えられる。既往の研究¹⁰⁾によれば、シラン分子を単独で使用するシラン系の材料の場合、分子構造によって浸透深さや効果の持続性が異なってくることが示されており、本試験の結果からも、適切なシラン分子の選定や濃度調整の重要性が示唆される。また、供用年数 24 年の高架橋を対象として実施された暴露試験²⁾では、他材料の大部分の吸水防止層が 1mm 未満であったのに対し、本検討のシラン・シロキサン系浸透性吸水防止材は 5mm 程度まで層を形成し、最大で 18mm 程度まで浸透していることが確認された。本試験の結果と比較すると、吸水防止層の深さは塗布対象のコンクリートの影響を受けることが確認され、塗布対象面の適切な評価方法及び塗布対象面の状態に応じた施工方法について検討する必要があるものと考えられる。

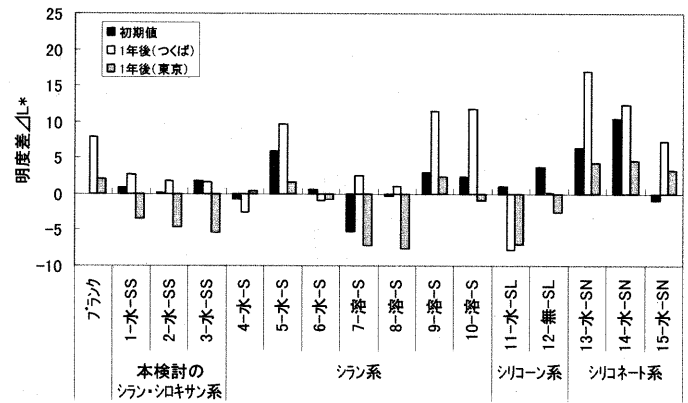


Fig.1 明度差の測定結果
(Measured Difference of Lightness)

Table 6 表面撥水性試験結果
(Result of Water-shedding Effect on Application Surface)

No.	記号	初期	暴露 1 年後				
			つくば	朝霧	沖縄	親不知	東京
1	1-水-SS	○	×	△	×	×	○
2	2-水-SS	○	×	△	×	×	○
3	3-水-SS	○	×	△	×	×	△
4	4-水-S	△	○	○	○	○	○
5	5-水-S	○	△	○	×	○	○
6	6-水-S	○	○	○	○	○	○
7	7-溶-S	○	×	△	△	○	×
8	8-溶-S	○	△	○	△	△	○
9	9-溶-S	○	△	×	×	△	○
10	10-溶-S	○	△	△	×	△	○
11	11-水-SL	○	△	○	○	○	○
12	12-無-SL	○	△	△	×	×	○
13	13-水-SN	×	×	△	×	×	×
14	14-水-SN	×	×	△	×	×	×
15	15-水-SN	△	×	△	×	×	×

※：○：撥水，△：やや撥水，×：撥水なし

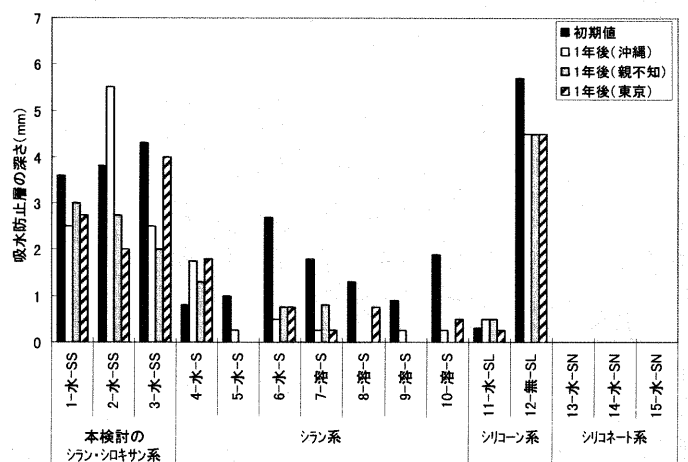


Fig.2 吸水防止層の深さ
(Measured Depth of Hydrophobic Layer)

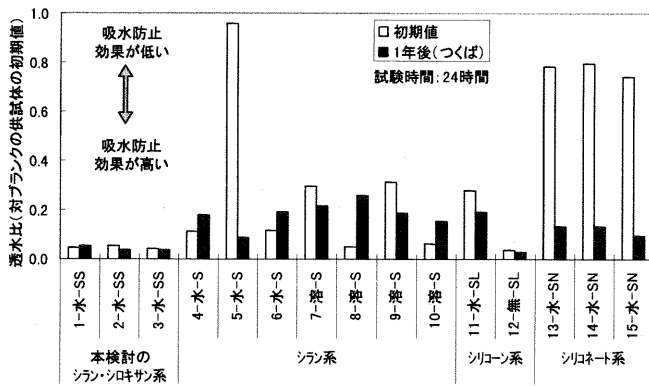


Fig.3 透水試験結果
(Result of Water Permeability Test)

(4) 透水性

初期及び暴露1年後(つくば)における透水試験結果を Fig.3 に示す。ここで、同図の値は、ブランク供試体の初期の透水量に対する各供試体の透水量の比を表している。同図より、本検討のシラン・シロキサン系浸透性吸水防止材は、ほかの材料がブランクの0.2程度の透水量であったのに対して、初期及び1年経過時点において0.05程度まで透水量を抑制することが確認された。これは、前述のとおり、深くまで吸水防止層が形成されたためであると考えられる。初期における透水比と吸水防止層の厚さの関係を Fig.4 に示す。同図より、吸水防止層が厚くなるに従って透水比が小さな値となる傾向が認められた。特に、吸水防止層を2mm以上形成させることで、透水量をブランクの0.1程度まで抑制できることが確認され、日本建築仕上材工業会規格¹⁾の浸透深さの規格である2mmは妥当な値と考えられる結果となった。

(5) 透湿性

初期及び暴露1年後(朝霧)における透湿性試験結果を Fig.5 に示す。ここで、同図の値は、ブランク供試体の初期の透過水蒸気量に対する各供試体の透過水蒸気量の比を示している。同図より、本検討のシラン・シロキサン系浸透性吸水防止材の値は0.6~0.8程度であり、1.0に近い値を示す材料もあるものの、概ねほかの材料と同程度と考えられる範囲にあった。前述のとおり、浸透性吸水防止材はコンクリートの細孔を充填しないため、水蒸気を透過する結果となったものと考えられる。前述の透水性試験の結果も踏まえると、本検討のシラン・シロキサン系浸透性吸水防止材は、外部からの水の浸透をほかの材料よりも抑制し、かつ水蒸気を放出する性能があり、アルカリ骨材反応や凍害、鉄筋腐食の抑制に有効と考えられる。

(6) 遮塩性

暴露1年後(沖縄)における塩化物イオン量測定結果を Fig.6 に示す。同図より、本検討のシラン・シロキサン系浸透性吸水防止材は、ブランクや他材料に比べて、塩化物イオンの浸透を抑制し、特に表面からの深さ10-20mmより深い範囲にはほとんど塩化物イオンが認められない結果となった。塩化物イオン浸透性は透水性と相関があるものと考えられることから、透水量を大きく低減することができるシラン・シロキサン系浸透性吸水防止材が塩化物イオンの浸透を抑制したことは妥当な結果と考えられる。

(7) 中性化抑制性

暴露1年後(東京)における中性化深さの測定結果を Fig.7 に示

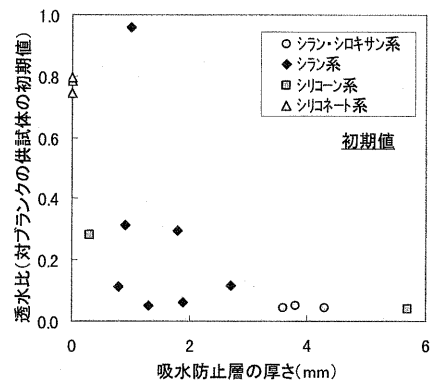


Fig.4 透水比と吸水防止層の厚さの関係
(Relationship between Water Permeability and Depth of Hydrophobic Layer)

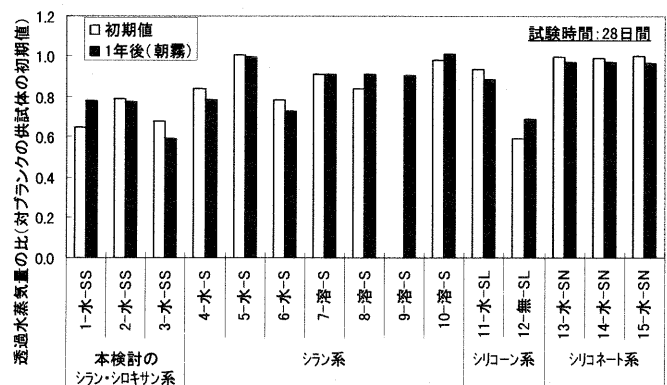


Fig.5 透湿性試験結果
(Results of Water Vapor Permeability Test)

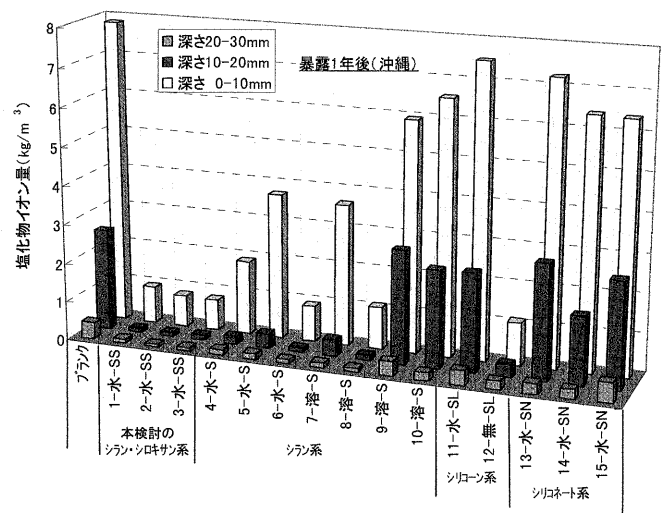


Fig.6 遮塩性試験結果
(Measured Chloride Ion Concentration)

す。同図より、浸透性吸水防止材は気体を透過する性質があるため、全ての供試体に中性化領域が認められた。本検討のシラン・シロキサン系浸透性吸水防止材は、大部分の材料と同程度の値を示し、親不知と東京の環境条件による差異は1mm未満であった。一般にコンクリートの中性化速度は湿度に依存され、親不知のような湿度の

高い環境条件の方が雨の影響を受けない東京よりも中性化速度が遅くなることが知られており¹²⁾、同様の傾向となったブランク供試体の試験結果は妥当と考えられる。浸透性吸水防止材を塗布したコンクリートの中性化深さは、親不知と東京の湿度の違いによらず同程度の値を示したが、これは、浸透性吸水防止材を塗布することによって外部からの水の浸透を抑制して水蒸気を放出するため、コンクリート中の水分量がほぼ一定値に抑制されたことによるものと推察される。今後、浸透性吸水防止材を塗布したコンクリートの中性化に及ぼす湿度の影響についてより詳細な検討が必要と考えられる。また、浸透性吸水防止材を塗布したコンクリートでは、中性化が進行することが明らかとなったため、浸透性吸水防止材による中性化環境下における鉄筋腐食抑制効果について検討することが必要と考えられる。

Ⅲ. 高浸透性吸水防止材の開発

1. 開発背景

浸透性吸水防止材の新たな適用先としてプレキャスト部材が検討されている¹³⁾。高架橋の壁高欄などに適用されるプレキャスト部材は、現場打設のコンクリート構造物に比べて高い耐久性を有する傾向にあるものの、かぶりが小さいことなどから長期耐久性について保証されたものではなく、経年劣化を生じる可能性もある。既往の研究¹⁴⁾によれば、コンクリート構造物の経年劣化には雨水などの影響が大きいことが明らかとなっている。また、耐久性の向上が求められる一方で、工場で製作されるため、コストや工程上の制約を受けることがある。こうした条件では、低コストで簡易に施工できる浸透性吸水防止材の適用が最適と考えられる。しかし、これまでに、水セメント比が50%前後の一般的なコンクリートに対しては、既往のシラン・シロキサン系浸透性吸水防止材が有効であることを確認している^{2)・5)}が、より水セメント比が低く、かつ蒸気養生されたコンクリートを対象とする場合には材料が浸透しない懸念があった。こうした背景より、新たにシラン分子とシロキサン分子のバランスなどを改良して高い浸透性を付与させた材料（以下、改良した材料）を開発し、室内試験によって浸透性を確認した。

2. 室内試験の概要

(1) 使用材料

使用材料及びコンクリート配合をTable 7及びTable 8にそれぞれ示す。

(2) 試験方法

水セメント比が38.8%のコンクリートを用いて220×220×100mmの供試体を各ケース2体ずつ作製し、それぞれ気中養生及び蒸気養生を行った。蒸気養生では、コンクリートの打込みから2時間前置きし、その後2時間かけて50℃まで温度を上昇させ、4時間温度を保持させた。養生後、気中に7日間静置してから型枠を脱型し、コンクリート打込み時の底面にあたる220×220mmの一面に浸透性吸水防止材を塗布した。塗布後、7日間の気中養生を行い、供試体を割裂して割裂面に水を噴霧し、濡れ色にならない範囲を吸水防止層として測定した。試験ケースをTable 9に示す。

3. 試験結果及び考察

試験結果をFig.8に示す。供試体の養生方法の違いに着目すると、気中養生の方が蒸気養生よりも深くまで吸水防止層が形成された。これは、蒸気養生によってコンクリートの表面が緻密になったことによるものと考えられ、塗布対象面の状態が吸水防止層の形成に影響を及ぼすことが確認される結果となった。また、蒸気養生を行った水セメント比が38.8%のコンクリートに対して既往のシラン・シロキサン系浸透性吸水防止材を塗布する場合、塗布量100g/m²及び200g/m²のいずれの場合でも、吸水防止層は1.5mm程度であり、塗布量を増やしても深くまで浸透しないことが示唆される結果となった。一方、改良した材料の場合、塗布量100g/m²及び200g/m²に対して、それぞれ2.5mm及び3.5mm程度の吸水防止層を確保することが確認された。部材の耐久性を確保するために必要な吸水防止層の深さは明確ではないが、前述の性能評価試験や日本建築仕上材工業会規格⁸⁾では2.0mm以上が目安となり、改良した材料を適用する場合には、塗布量100g/m²でもこの値を満足することが確認された。今後、実部材への適用を図る上では、費用対効果も考慮して最適な塗布方法を確立していくことが必要と考えられる。

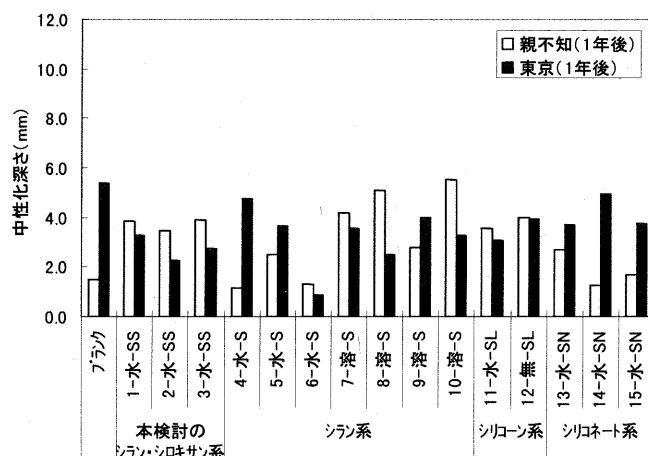


Fig.7 中性化試験結果
(Measured Carbonation Depth)

Table 7 使用材料
(Properties of Materials)

材料	記号	摘要
セメント	C	普通ポルトランドセメント,密度 3.16(g/cm ³)
細骨材	S	砕砂,密度 2.62(g/cm ³)
粗骨材	G	砕石, Gmax13mm,密度 2.64(g/cm ³)
混和剤	Ad1	高性能減水剤
	Ad2	AE 剤
浸透性吸水防止材	MR	シラン・シロキサン系 (既往の材料)
	HR	シラン・シロキサン系 (改良した高浸透性吸水防止材)

Table 8 コンクリート配合
(Mix Proportions of Concrete)

Gmax (mm)	スラング (cm)	W/C (%)	空気量 (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)				混和剤(C×%)	
					W	C	S	G	Ad1	Ad2
13	15±2.5	38.8	4.5±1.5	48.0	170	425	817	895	1.0	0.05

IV. まとめ

シラン・シロキサン系浸透性吸水防止材について検討を行った結果、以下の知見が得られた。

- 本検討のシラン・シロキサン系浸透性吸水防止材をコンクリートに塗布しても外観に変化はなく、1年経過時点においても同様の外観を保持している。
- 本検討のシラン・シロキサン系浸透性吸水防止材をコンクリートに塗布すると、初期には表面撥水性を示すものの、1年経過後には、埃の付着などの影響によって表面撥水性を示さないことがある。
- 本検討のシラン・シロキサン系浸透性吸水防止材を水セメント比が50%前後のコンクリートに塗布することにより、3～5mm程度の吸水防止層を形成し、1年経過時点においても消失しない。これは他材料に比べて大きな値である。この性能は、シリコン分子の分子構造や、反応性ポリシロキサンによる揮発抑制、80%の高いシリコン分子濃度などによって得られるものと考えられる。
- 本検討のシラン・シロキサン系浸透性吸水防止材を塗布することにより、塗布しない場合の0.05程度まで透水量を抑制することが可能であり、1年経過時点においても同様の性能を持続する。浸透性吸水防止材の透水性は吸水防止層の深さと相関があり、深くまで浸透する材料ほど透水を抑制する傾向がある。本研究では、一つの目安として、2mm以上の浸透深さを確保する必要があることが推察される結果となった。
- 浸透性吸水防止材を塗布したコンクリートは水蒸気を放出する性質を持ち、放出される水蒸気量は塗布しないコンクリートの0.6～1.0程度の範囲にある。
- 本検討のシラン・シロキサン系浸透性吸水防止材は、優れた遮塩性を示し、特に表面からの深さ10・20mmよりも深い範囲の塩化物イオン浸透抑制に有効である。
- 浸透性吸水防止材を塗布したコンクリートは、内部の水分が抑制されるため、湿度の条件によらず、ほぼ同程度に中性化が進行する。塗布しないコンクリートの中性化速度と比較すると、湿度の高い範囲では高く、湿度の低い範囲では低い傾向がある。
- 本検討のシラン・シロキサン系浸透性吸水防止材を改良することにより、蒸気養生を行った水セメント比38.8%のコンクリートに対して吸水防止層を形成させることが可能である。浸透深さの目安である2mm程度を得るためには100g/m²程度の塗布量が必要である。

参考文献

- 土木学会；コンクリートの表面被覆及び表面改質に関する技術の現状，2004.2.
- 松田芳範，細田暁，木野淳一，石橋忠良；撥水・浸透系防水塗膜材暴露試験評価（1年目）について，土木学会コンクリートの表面被覆及び表面改質に関するシンポジウム論文集，（2004.2），pp.37-44.
- 林大介，守屋進，杉田好春；各種浸透性コンクリート保護材の性能に関する実験的検討，土木学会コンクリートの表面被覆及び改質に関するシンポジウム論文集，（2004.2），pp.45-54.

Table 9 試験ケース

(Test Cases)

No.	塗布材料	塗布量	塗布前の表面水分率
1	MR	100g/m ²	4.7%
2	(既往)	200g/m ²	4.9%
3	HR	100g/m ²	4.8%
4	(改良)	200g/m ²	4.7%

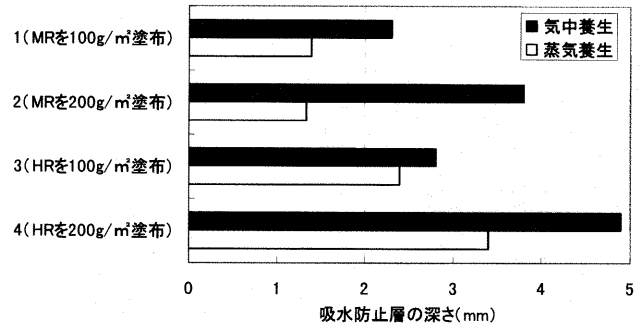


Fig.8 吸水防止層の深さ

(Measured Depth of Hydrophobic Layer)

- 林大介，坂田昇，三村俊幸，神澤弘；シラン・シロキサン系撥水材の開発，コンクリート工学年次論文集，Vol.22，No.1，（2000.6），pp.301-306.
- 林大介，坂田昇，三村俊幸，神澤弘；シラン・シロキサン系撥水材の施工性に関する一実験，コンクリート工学年次論文集，Vol.23，No.1，（2001.6），pp.415-420.
- 安田和弘，渡邊賢三，横関康祐，坂田昇；シラン・シロキサン系浸透性吸水防止材によるコンクリートの耐久性向上に関する検討，コンクリート工学年次論文集，Vol.24，No.1，（2002.6），pp.705-710.
- 安田和弘，坂田昇，林大介，三村俊幸，神澤弘；浸透性吸水防止材を塗布したコンクリートの海洋環境における暴露試験，第57回土木学会年次学術講演会，第V部門，（2002.10）.
- 遠藤裕丈，田口史雄，小尾稔，林大介，坂田昇；撥水剤を塗布したコンクリートのスケーリング抵抗性に関する基礎的研究，土木学会コンクリートの表面被覆及び改質に関するシンポジウム論文集，（2004.2），pp.19-22.
- 遠藤裕丈，田口史雄，林大介，坂田昇；浸透性吸水防止材を塗布したコンクリートのスケーリング特性，コンクリート工学年次大会，Vol.26，（2004.7）（投稿中）.
- 久保善司，玉井譲，服部篤史，宮川豊章；シラン含浸コンクリートの発水性能評価，材料，Vol.52，No.9，（2003.9）.
- 日本建築仕上工業会規格；NSK-004 浸透性吸水防止材，1991.
- 日本コンクリート工学協会；コンクリート診断技術'04，2004.
- 松田芳範，津吉毅，林大介，坂田昇；プレキャスト部材に対する浸透性吸水防止材の適用に関する実験的検討，第59回土木学会年次学術講演会，第V部門，（2004.11）（投稿中）.
- 石橋忠良，古谷時春，浜崎直行，鈴木博人；高架橋からのコンクリート片剥落に関する調査研究，土木学会論文集，No.711/V-56，（2002.8），pp.125-134.