

# 各種表面改質材料がコンクリートの耐久性向上に及ぼす影響

大岡 督尚\* 松沢 晃一\*

**要 約：** コンクリート構造物の耐久性向上の方法として、低水セメント比、高流動のコンクリートなどを用いて構造物全体を改質する方法、あるいは表面改質材料を用いてコンクリート表層を改質する方法がある。構造物全体を改質する方法は、構造物全体を緻密化するものであり、大幅なコストアップとなる。一方、コンクリート表層を改質する方法は、構造物全体を改質するより施工費用が少なく、躯体の状態に適した施工方法を選定でき、確実な施工が可能である。しかし、現在市販されている表面改質材料の性能は、各社独自の試験方法により評価されたものが多く、カタログから性能を比較することができず、使用目的に適した材料を選定するのが困難である。

以上の観点から、本研究では市販されている表面改質材料 9 種類について共通試験を行い、各種表面改質材料がコンクリートの耐久性向上に及ぼす影響について検討を行った。その結果、種類によりカタログに示されるような性能が得られないものがあることが確認された。

**キーワード：** 耐久性、表面改質材料、中性化、凍結融解、透水性

**目 次：** 1. はじめに  
2. 実験概要

3. 実験結果および考察  
4. まとめ

## 1. はじめに

近年、建築基準法の改正、住宅の品質確保の促進などに関する法律が制定され、各地で建築物に関する紛争が発生している。そのような紛争を防ぐためには、品質を確保できる施工技術を身につけ、構造体の耐久性を向上させる必要がある。

コンクリート構造物の耐久性向上の方法として、低水セメント比、高流動のコンクリートなどを用いて構造物全体を改質する方法、あるいは表面改質材料を用いてコンクリート表層を改質する方法がある。構造物全体を改質する方法は、コンクリート組織全体を緻密化するものであり、大幅なコストアップとなる。一方、コンクリート表層を改質する方法は、コンクリート表面に改質材料を施工し、塩分や炭酸ガスなどの外部からの劣化因子の侵入を防ぐものであり、構造物全体を改質するより施工費用が少なく、コスト的に有利である。また、躯体の状態に適した施工方法を選定できるため、確実な施工が可能である。しかし、現在市販されている表面改質材料の性能は、各社独自の試験方法により評価されたものが多く、カタログから性能を比較することができず、使用目的に適した材料を選定することが困難である。

以上の観点から、本研究では市販されている表面改質材料（浸透性表面改質材料、撥水剤、薄塗材など）9 種類について共通試験を行い、各種表面改質材料がコンクリートの耐久性向上に及ぼす影響について検討を行った。

## 2. 実験概要

### 2.1 表面改質材料の概要

表 1 に使用表面改質材料の主成分と、各メーカーのカタログに示されている主な効果を示す。使用した表面改質材料は、ケイ酸塩系 5 種類、シラン・シロキサン系 1 種類、シランフッ素水性 1 種類、シロキサン系 1 種類、ポリマーセメント 1 種類の合計 9 種類である。ケイ酸塩系、シラン・シロキサン系、シランフッ素水性、シロキサン系の表面改質材料は、主にコンクリート表面から内部に浸透することでコンクリート表面を改質し、劣化因子の侵入を抑制する浸透性表面改質材料であり、ポリマーセメントは、コンクリート表面に被覆することで劣化因子の侵入を抑制する薄塗材である。

各表面改質材料の希釈、施工量、施工回数などは材料によりそれぞれ異なるため、施工方法は各メーカーの標準施工方法に準じた。

表 1 使用表面改質材料の主成分と主な効果

No	主成分	主な効果		
		耐中性化	耐凍結融解	耐透水性
1	ケイ酸塩系	○	○	○
2	ケイ酸塩系	○		
3	ケイ酸塩系	○	○	○
4	シラン・シロキサン系	○	○	
5	シランフッ素水性			○
6	シロキサン系		○	○
7	ケイ酸塩系	○	○	○
8	ケイ酸塩系	○	○	○
9	ポリマーセメント	○		○

\* 建築エンジニアリング部 先端技術グループ

## 2.2 ベースコンクリートの作製方法

表2に使用材料、表3に計画調合を示す。水セメント比は65%とし、供試体作製は2回行った。練混ぜには容量100リットルのパン形強制練りミキサーを使用した。セメント、細骨材、粗骨材をミキサーに投入し120秒間、水および混和剤を加えて120秒間練混ぜを行った。打設後2日で脱型し、材齢1週まで標準養生を行い、その後、気中養生(温度20℃・湿度60%の恒温恒湿室養生)を行い、所定の材齢で試験を行った。表4にベースコンクリートの物性を示す。

## 2.3 試験項目

表5に試験項目一覧、表6に各表面改質材料の試験項目を示す。試験は促進中性化試験、凍結融解試験、透水試験の3項目とした。試験の詳細を以下に示す。

### (1) 促進中性化試験

促進中性化試験は、JIS A 1153 に準じた。供試体寸法は100×100×400mm 角柱供試体とし、供試体数は各表面改質材料につき1体とした。

促進中性化試験は2回行った。1回目(ベースコンクリート①)は6種類の浸透性表面改質材料について、2回目(ベースコンクリート②)は2種類の浸透性表面改質材料について新たに評価を行った。また、No.9(ポリマーセメント)について塗厚を変化させた供試体を作製し、施工厚の違いによる中性化抑制効果について検討を行った。

表面改質材料の施工材齢は、1回目は3週、2回目は6週である。表面改質材料施工後、材齢7週で測定面以外をシールした。なお、No.9の施工厚は1mm, 5mm, 10mm, 15mm, とした。

試験は材齢8週に開始した。中性化の促進条件は温度20℃, 相対湿度60%, 二酸化炭素濃度5%とした。中性化深さの測定はJIS A 1152 に準じ、試験開始から1週, 4週, 8週, 13週, 26週に行った。

### (2) 凍結融解試験

凍結融解試験は、JIS A 1148 に準じた。供試体寸法はφ100×200mm 円柱供試体(浸漬深さ200mm)とし、供試体数量は各表面改質材料につき2体とした。

表面改質材料の施工材齢は6週とした。なお、供試体隅角部は表面改質材料の十分な施工が困難となるため、材齢6週から7週までに供試体角面から上下面および側面に10mm程度被るようにシールした。また、試験開始前の測定条件を試験時と合せる(測定を表乾状態で行う)ために材齢7週から試験開始まで標準養生を行った。

試験は材齢8週に開始した。凍結融解の1サイクルは、供試体の中心部温度が5℃から-18℃に下がり、再び-18℃から5℃に上がるまでとした。

測定項目は、質量およびJIS A 1127 によるたわみ振動の一次共鳴振動数とした。測定は、試験開始前および凍結融解30サイクルごとに300サイクルまで行った。

表2 使用材料

材料	種類	記号	物性
セメント	普通ポルトランドセメント	C	密度 3.16g/cm <sup>3</sup>
粗骨材	津久井郡産硬質砂岩砕石	G	表乾密度 2.67g/cm <sup>3</sup> 吸水率 0.72%
細骨材	大井川水系産	S	表乾密度 2.57g/cm <sup>3</sup> 吸水率 2.07%
混和剤	AE 減水剤	Ad	リグニンスルホン酸系 密度 1.0g/cm <sup>3</sup>
	AE 剤	AE	アルキルエーテル系 密度 1.0g/cm <sup>3</sup>

表3 計画調合 (kg/m<sup>3</sup>)

記号	W/C (%)	S/a (%)	W	C	S	G	Ad (C×%)	AE (C×%)
①	65	47.5	180	277	839	963	0.25	0.006
②	65	47.5	180	277	839	963	0.25	0.003

表4 ベースコンクリートの物性

記号	フレッシュ時の物性		硬化後の物性 (材齢4週)		
	スランブ (cm)	空気量 (%)	圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	ヤング係数 (kN/mm <sup>2</sup> )	単位容積質量 (t/m <sup>3</sup> )
①	16.5	6.0	25.1	26.5	2.27
②	20.0	4.8	29.3	27.8	2.31

表5 試験項目一覧

試験項目	準拠基準	供試体寸法 (mm) および形状	供試体数量 (体)	試験開始材齢 (週)
促進中性化	JIS A 1153	100×100×400 角柱供試体	1	8
凍結融解	JIS A 1148	φ100×200 円柱供試体	2	8
透水	JSCE-K571-2004	φ100×200 円柱供試体	3	39

表6 各表面改質材料の試験項目

試験項目	促進中性化		凍結融解	透水
ベースコンクリート	①	②	②	②
No.0 (無塗布)	○	○	○	○
No.1 (ケイ酸塩系)	○	○	○	○
No.2 (ケイ酸塩系)	○	○	○	○
No.3 (ケイ酸塩系)	○	○	○	○
No.4 (シラン・シロキサン系)	○	○	○	○
No.5 (シランフッ素水性)	○	○	○	○
No.6 (シロキサン系)	○	○	○	○
No.7 (ケイ酸塩系)	○	○	○	○
No.8 (ケイ酸塩系)	○	○	○	○
No.9 (ポリマーセメント)	○	○	○	○

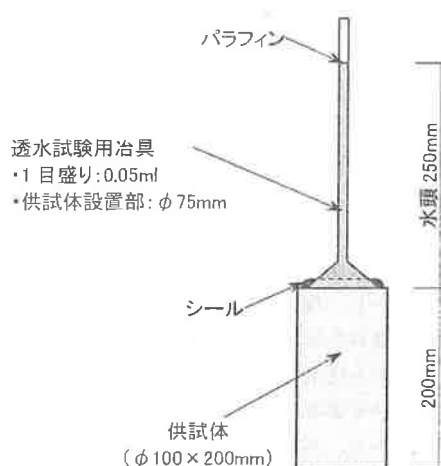


図1 透水試験概要

(3) 透水試験

透水試験は、JSCE-K571-2004 に準じた。供試体寸法はφ100×200mm 円柱供試体とし、供試体数量は各表面改質材料につき3体とした。

表面改質材料の施工材齢は34週とし、材齢37週で透水試験用治具(図1)を設置、供試体上面をシールした。

試験は材齢39週に開始し、試験開始後1時間、3時間、6時間、9時間、1日、2日、3日、7日の透水量を測定した。試験期間中は、透水量測定後に試験水を継ぎ足しながら試験を行った。

3. 実験結果および考察

(1) 促進中性化試験結果

図2および図3に促進中性化試験結果を示す。浸透性表面改質材料について比較すると、中性化深さがNo.0(無塗布)と変わらない、または、若干進行する結果となった。効果が見られたのがNo.8(ケイ酸塩系)で、中性化期間26週で4mm程度小さくなった。この差は実環境(大気中の二酸化炭素濃度0.03%に仮定)では、100年経過時でNo.0が39.1mmに対しNo.8が35.3mmとなり、10%程度の抑制効果となる。

ポリマーセメントの施工厚の違いについて比較すると、施工厚が厚くなるに従いベースコンクリートの中性化開始が遅れ、中性化開始後の中性化速度も遅延されることが確認された。ベースコンクリートの中性化速度係数と比較して、施工厚5mmで75%、施工厚10mmで53%、施工厚15mmで23%となった。

(2) 凍結融解試験結果

図4に凍結融解試験結果を示す。相対動弾性係数は、No.4(シラン・シロキサン系)、No.5(シランフッ素水性)、No.7(ケイ酸塩系)およびNo.8(ケイ酸塩系)が95%以上であり、No.4が98.6%と特に高かった。これは、シランの撥水効果により、水の浸透が押えられたためだと考えられる。また、ケイ酸塩系では、中性化に若干抑制効果があったNo.7および同等であったNo.8の相対動弾性係数が高かった。

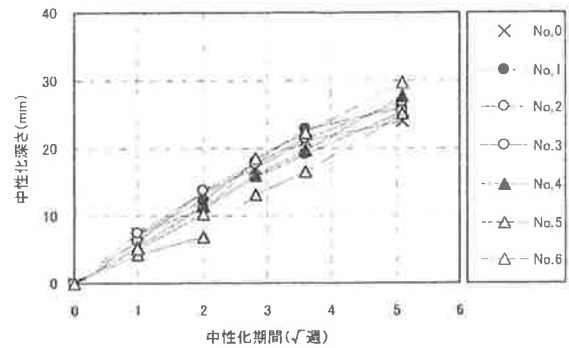
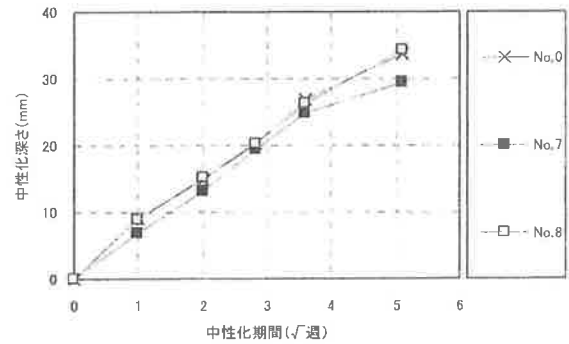
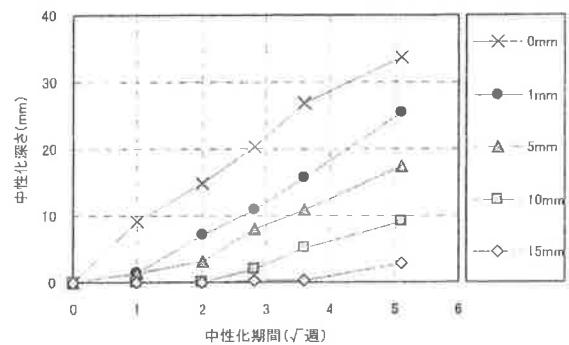


図2 促進中性化試験結果(1回目)

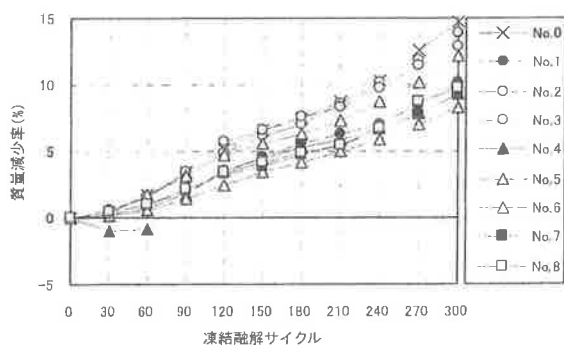


(a) 表面改質材料の違いによる試験結果

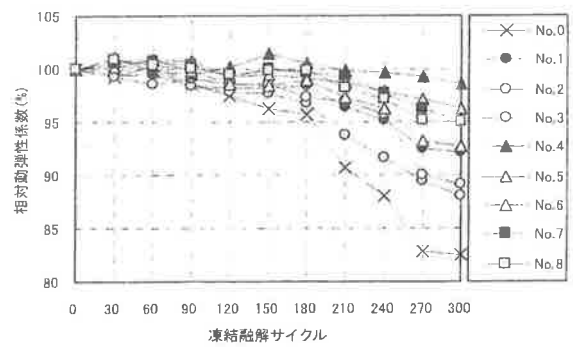


(b) ポリマーセメントの施工厚の違いによる試験結果

図3 促進中性化試験結果(2回目)



(a) 質量減少率



(b) 相対動弾性係数

図4 凍結融解試験結果

### (3) 透水試験結果

図5に透水試験結果、図6に透水期間7日における各表面改質材料施工供試体の供試体 No.0（無施工）の透水量に対する透水比（式1）を示す。最も透水比が小さかったのはNo.4（シラン・シロキサン系）で1.1%、次いでNo.3（ケイ酸塩系）であった。凍結融解試験のように表面改質材料の主成分の違いによる対透水性への効果の違いは見られなかった。原因として、シラン系のは水圧により効果に差がある、ケイ酸塩系のは施工材齢の違いにより表面改質材料が有効に作用するほどの遊離アルカリが存在していなかったことが考えられる。

$$\text{透水比}(\%) = \frac{\text{供試体の透水量}(ml)}{\text{No.0の透水量}(ml)} \times 100 \quad (1)$$

### 4. まとめ

市販されている表面改質材料（浸透性表面改質剤、撥水剤、薄塗材など）9種類について共通試験を行い、各種表面改質材料がコンクリートの耐久性向上に及ぼす影響について検討を行った結果、本研究の範囲内で以下のことが明らかとなった。

- (1) 中性化抑制に対する浸透性表面改質剤の顕著な効果は見られない。ポリマーセメントは施工厚が厚くなるに従い、ベースコンクリートの中性化開始時期が遅れ、中性化速度係数も小さくなる。
- (2) 凍結融解抵抗性は、試験を行った全ての表面改質材料施工供試体で無塗布供試体より優れていた。特に、シラン系のNo.4（シラン・シロキサン系）、No.5（シランフッ素水性）が高かった。

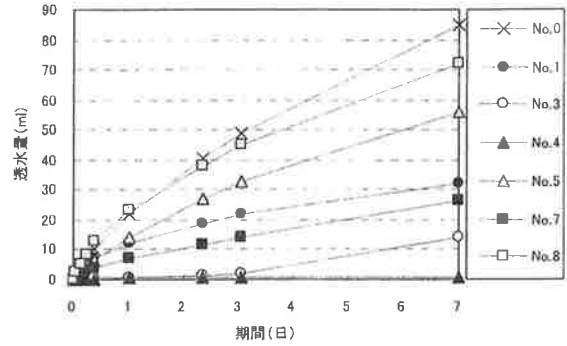


図5 透水試験結果

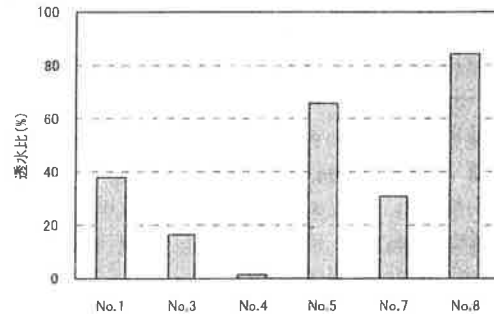


図6 透水比

- (3) 耐透水性は、試験を行った全ての表面改質材料施工供試体で無塗布供試体より優れていた。特に、No.3（ケイ酸塩系）、No.4（シラン・シロキサン系）は透水比20%以下と耐透水性能が高かった。

## INFLUENCE OF VARIOUS SURFACE IMPROVING MATERIALS ON DURABILITY PERFORMANCE OF CONCRETE

T.Oh-oka and K.Matsuzawa

There are chiefly two methods for durability improvement of concrete structure. One is improving the entire concrete structure using high-strength concrete and high-fluidity concrete, etc. Another is improving surface of concrete structure using surface improving materials. The former becomes a great cost improvement because of making of the entire structure exact. On the other hand, the latter becomes a cost reduction because of improving only as for a concrete surface, and certain construction is possible because of the post-construction. However, it is difficult to compare the performances from the catalog, and to select a suitable material for use, because the performance of a lot of materials being marketed now is evaluated by the method of examining an original each manufacturer.

From the above-mentioned viewpoint, nine kinds of marketed surface improving materials were examined together in this research, and the influence that various surface improving materials exerted on the durability performance of concrete was examined. As a result, it was confirmed that there are some from which a performance as shown in a catalog according to a kind is not obtained.