土研センター

撥水性を有する浸透性コンクリート保護材性能試験

柴田辰正* 五島孝行** 大田孝二***

1. はじめに

鉄筋コンクリート構造物の劣化現象は、塩害やアルカリ骨材反応など様々なものがあり、その対策がなされてきている。劣化現象のいくつかは、コンクリート表面からのある種の物質の浸透あるいは拡散に大きく関係し、特に表面からの水の浸透に大きく依存している。このため（独）土木研究所では、コンクリート表面を撥水性のある層に改質することに注目し、「コンクリート表面保護工の施工環境と耐久性に関する研究－浸透性コンクリート保護材の性能持続性の検証と性能評価方法の提案－（土木研究所資料第4186号）」[1)]を刊行した。

土木研究センターでは、当該資料に規定された「浸透性コンクリート保護材の性能基準（暫定案）」（以下、性能基準（暫定案）という。）に基づく性能試験を実施し、浸透性コンクリート保護材の性能の評価を行っている。

本報告は、浸透性コンクリート保護材の性能試験を実施するに当たり、試験方法および性能基準の妥当性を確認するために事前に実施した試験の結果をまとめたものである。

表-1 試験で使用した試料の概要

試料No.	系統	分類	主成分	副成分	有効成分量（%）	塗布量（g/m²）
1	無溶剤系	シラン系	シラン	－	100	200
2					100	200
3	水系	シラン・シロキサン系	シラン	シロキサン	80	200
4					20	140
5	無溶剤系				90	350

表-2 コンクリートの使用材料

材料	記号	種類・名称	生産者または産地	密度(g/cm³)
水	W	水道水	－	1.00
セメント	C	普通ポルトランドセメント	太平洋セメント	3.16
細骨材	S	山砂	静岡県掛川市	2.56
粗骨材	G	砕石 2005	茨城県桜川市	2.65
混和剤	Ad1	AE 減水剤標準型(Ⅰ種)	BASF ポゾリス	－
混和剤	Ad2	空気量調整剤	BASF ポゾリス	－

※骨材の密度は表乾密度を表す。

2. 浸透性コンクリート保護材とは

浸透性コンクリート保護材（以下、「浸透材」という。）とは、コンクリートの表面近傍に浸透して外観を損ねることなく、コンクリート表面部および表層部に撥水性を有するゾーンを形成し、水およびその溶解物質の浸透、拡散を防ぐように改質することで、コンクリート構造物の耐久性を向上させる材料である。浸透材は、シリコーン類とその他の類に分類される。さらに、シリコーン類は、シロキサン結合を持たないアルキルアルコキシシラン（ケイ素原子(Si)を1つだけもつ分子。化学式で示すとSiH_4。）などのシラン系とシロキサン結合を持つアルキルアルコキシシロキサンのシロキサン（シロキサン結合(Si-O-Si)を有するシリコーン化合物）系、およびそれらの混合系に分類される。これらに当てはまらない材料で浸透させることによって所要の性能を確保できるものは、その他の類に分類される。その他の類には、ふっ素やシラン系との混合物がある。

浸透材に求められる性能としては、①浸透材がコンクリート表面から浸透すること(浸透性)、②塗布後の外観を大きく変えないこと、③コンクリート表層部を撥水性に改質し、撥水層により劣化因子の侵入が抑制できること、④撥水層の性能が低下した場合、再塗布すれば性能が回復すること、等がある。

3. 試験を実施した浸透材の種類

今回、試験を実施した浸透材は、シリコーン類に分類されるものであり、表-1に示す5試料を用いた。単位面積当たりの塗布量は、140～350

Performance evaluation test of silane-type surface penetrants for concrete structure

g/m²である。浸透材の有効成分量は、メーカーによる値である。

表-3　コンクリートの配合

W/C (%)	細骨材率(%)	目標スランプ (cm)	目標空気量 (%)	単位量（kg/m³）				Ad1 (C×%)	Ad2 (C×%)
				W	C	S	G		
55.0	45.0	15	4.5	160	291	810	1024	1.0	0.004

4. コンクリート供試体

4.1 基材コンクリート

(1)使用材料および配合

供試体作成に使用した基材コンクリートは、一般的にレディーミクストコンクリートとして供給されているコンクリートに近いものとし、水セメント比(W/C)を55%とした。使用材料を表-2に、配合を表-3に示す。

(2)コンクリートの物性

フレッシュコンクリートのスランプ試験、空気量試験および温度測定は、それぞれ JIS A 1101、JIS A 1128 および JIS A 1156 に準拠して実施した。

コンクリートの圧縮強度試験は、JIS A 1108 に準拠して、φ100×200 mm 円柱供試体を用いて、水中養生（20℃）を行い、材齢 28 日で試験を実施した。

コンクリートの物性試験結果を表-4 に示す。

(3)基材コンクリートの養生および加工

基材コンクリートは100×100×400mm角柱型枠にコンクリートを打設後、材齢1日で脱型し、材齢7日まで水中養生(20℃)を行った。

表-4　コンクリートの物性

フレッシュ時			硬化後
スランプ (cm)	空気量 (%)	練上り温度 (℃)	圧縮強度(28 日) (N/mm²)
16.5	5.0	21	42.3

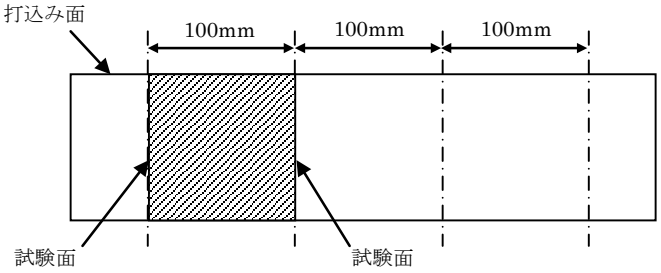

図-1　コンクリートの切断方法

表-5　試験項目および試験方法

試験項目	試験方法	供試体数
外観観察	色差計による浸透材塗布面の色差測定	各 4 体×1 面
質量変化率試験	28 日水中浸漬後の質量変化率を測定	各 4 体
浸透深さ試験	浸透材の浸透深さを割裂面で測定	各 1 体×2 面

4.2 コンクリート供試体の作成

コンクリート供試体は、基材コンクリート（100×100×400mm角柱）を水中養生後、図-1のようにコンクリートカッターで100×100×100mmの立方体に切断し、その後28日間、恒温恒湿槽（23℃、50%RH）内で気中養生を行ったものとした。なお、試験面（浸透材の塗布面）は、相対する切断面2面とした。供試体の数量は、1試料あたり4体とし、この他に浸透材無塗布の供試体を2体、シール面の遮水性を確認するため、全面をシール材で被覆した供試体を2体作製した。

4.3 エポキシ樹脂による被覆

気中養生終了後に、浸透材塗布面以外からの水の侵入を遮断するために、供試体の浸透材塗布面（切断面）以外の4面を溶剤系エポキシ樹脂塗料（シール材）で被覆した。

図-2　浸透材塗布状況

4.4 浸透材の塗布

エポキシ樹脂硬化後に、浸透材試料の塗布を行った（図-2）。試験面（切断面）を上面にして水平に配置し、試料を刷毛で塗布した。塗布量は各浸透材の仕様通りとした。塗布量の管理は、試験面ごとに、試料＋刷毛の質量減少量を0.01g単位で測定することにより行った。片面に浸透材を塗布し乾燥後、反転し、反対面にも同様に塗布した。塗布後14日間、温度20℃、相対湿度60%の養生室で保管した。

5. 試験項目および試験方法

今回の試験は、浸透材の①～③の性能を調べるため表-5に示す試験項目および試験方法について実施した。試験項目は、「浸透性コンクリート保護材の性能評価試験方法(案)」（以下、試験方法(案)という。）による。各試験の概要を以下に示す。

5.1 外観観察

外観観察は、目視および色差計による色差測定を実施した。色差測定は、色彩色差計を用いて、質量変化率試験前に各供試体の浸透材塗布面1面の中央部にて実施した。また、浸透材を塗布しない基準供試体は、100×100×100mm供試体を切り出した残りのコンクリート片で同一の養生を行ったものを用いた。

5.2 質量変化率試験

本試験は、撥水層の性能を水中浸漬前後の質量変化率で調べるものである。試験方法(案)に準拠して、20℃恒温室内に水槽を設置し、水道水中に浸漬した。同じ条件で無塗布および全面にシール材を塗布した供試体も浸漬した。なお、水は14 日ごとに交換した。供試体質量は水中浸漬の直前、および水から出した直後にペーパータオルで表面の水を充分に拭き取った後に測定した。

質量変化率は、浸漬日数 28 日の試験体質量を0.01g まで測定し、式(1)により算出する。

$$W = [(w_{28} - w_0) / w_0] \times 100 \qquad \text{式(1)}$$

ここで、W：浸漬日数 28 日後の質量変化率(%)

w_{28}：浸漬日数 28 日後の試験体の質量(g)

w_0：浸漬前の試験体の質量(g)

5.3 浸透深さ測定

浸透深さ試験は、質量変化率試験終了後に充分乾燥させた供試体を、試験面に直交するように割裂し、割裂面に墨汁を塗布して水洗した後、着色していない部分の深さを測定した。測定点の位置および測定方法はJIS A 1153「コンクリートの促進中性化試験方法」に準じた。

表-6　外観観察結果

No.	系統	測定値平均			色差	外観変化
		L*	a*	b*	ΔE^*_{ab}	
－	基準供試体	61.44	-0.70	3.36	－	－
1	無溶剤系	61.92	-0.95	4.39	1.16	特になし
2	無溶剤系	60.16	-0.77	3.94	1.41	〃
3	水系	62.38	-0.94	4.58	1.56	〃
4	水系	62.10	-0.90	3.85	0.85	〃
5	無溶剤系	61.32	-0.73	4.42	1.07	〃
参考	無塗布	63.00	-0.83	3.54	1.58	〃

表-7　質量変化率試験結果

No.	系統	質量変化率（%）					判定
		1	2	3	4	平均	
1	無溶剤系	0.291	0.419	0.333	0.284	0.33	不適合
2	無溶剤系	0.175	0.176	0.175	0.179	0.18	適合
3	水系	0.225	0.205	0.206	0.199	0.21	適合
4	水系	0.297	0.315	0.305	0.296	0.303	不適合
5	無溶剤系	0.156	0.154	0.167	0.153	0.16	適合
参考	無塗布	2.714	2.527	－	－	2.62	－

表-8　浸透深さ試験結果

No.	水準名	浸透深さ(平均)（mm）
1	無溶剤系	4.6
2	無溶剤系	3.5
3	水系	3.7
4	水系	3.0
5	無溶剤系	8.4

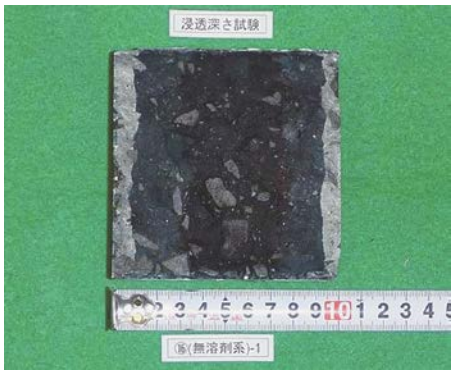

図-3　浸透深さの測定例（No.5）

6. 試験結果

6.1 外観観察

外観観察（色差）の結果を表-6に示す。なお、色差は一般に3以上で明らかな差があるとされる。本試験結果では、色差はすべて3以下（最大で1.58）であるため、今回試験を実施した浸透材5試料は塗布することによるコンクリート表面の外観変化はほとんどないといえる。

6.2 質量変化率試験

質量変化率の試験結果を表-7に示す。

浸透材の性能は、浸漬日数28日の質量変化率が、性能判定を行う試験体すべてで0.30%以下の場合、性能基準（暫定案）に適合しているとする。

この基準は、土木研究所資料において各種試験（長期暴露試験、塩化物イオン浸透試験等）を行った結果、水中浸漬126日で0.8%以下の場合所定の性能を満足できると判断された。さらに、性能基準（暫定案）では、126日で0.8%を満足するためには、試験を実施したすべての供試体の水中浸漬日数28日の質量変化率が0.3%以下となった場合、性能に適合していると判断されることによる。

試験結果によると試料No.2、3および5は性能に適合しているが、No.1およびNo.4は質量変化率が0.30%を超えているものがあり、暫定案に示す性能に適合していないと判断した。

なお、実際の性能試験では、質量変化率試験は5体実施し、試験体製作上のバラツキを考慮し、数値の最も大きいものおよび最も小さいものを除いた3体で評価し、その3体すべての質量変化率が0.30%以下の場合、性能に適合しているとする。

6.3 浸透深さ測定

浸透深さの測定結果を表-8に示す。図-3には、浸透深さの測定例の写真を示す。

試料No.1～4は、浸透深さが4mm前後であるが、No.5は8.4mmと他の試料に比べて約2倍の浸透深さが確認された。

なお、浸透深さは、浸透材の浸透の確認を行うものであり、浸透深さ量から直接性能を評価するものではない。

7. 性能判定委員会

本性能試験の性能判定委員会は、学識経験者（大学）、(独)土木研究所、発注機関および(一財)土木研究センターから委員を選任して構成する。

委員会では、試験報告書にて報告する事項について確認する。また、性能試験を満足すれば、全て良いということではなく、委員会で総合的に判断して、証明書を発行する。

8. まとめ

性能試験実施にあたり、事前試験を実施し、試験方法の確認を行った。その結果、「浸透性コンクリート保護材の性能基準（暫定案)」に従い、質量変化率0.30%以下を満足することは、非常に厳しい条件であることが分かった。

「撥水性を有する浸透性コンクリート保護材性能試験」は、当センターにて年に4回実施する計画であり、性能基準（暫定案）に適合した製品は、HP上で公開する予定としている。高速道路工事において同種の材料の試験結果の改ざんが報じられており、そのような材料との差別化を図るものとしたい。

最後に、土木工事への優れた材料を提供するためにも多くの浸透材メーカーに本性能試験よる証明を受けていただくことを希望します。

謝　辞

本試験を実施するに当たり、(独)土木研究所材料資源研究グループ（新材料）、アトミクス(株)および大同塗料(株)のご協力を得ました。ここに付記して謝意を表します。

参考文献

1) 独立行政法人土木研究所材料地盤研究グループ（新材料）：コンクリート表面保護工の施工環境と耐久性に関する研究－浸透性コンクリート保護材の性能持続性の検証と性能評価方法の提案－、土木研究所資料第4186号、平成23年1月

柴田辰正*

一般財団法人土木研究センター
企画・審査部コンクリート研究室　主任研究員
Tatsumasa SHIBATA

五島孝行**

一般財団法人土木研究センター
企画・審査部コンクリート研究室　次長
Takayuki GOTO

大田孝二***

一般財団法人土木研究センター
企画・審査部長兼コンクリート研究室長、工博
Dr. Koji OHTA