

## 都市高速道路の壁高欄に適した表面処理工法について

名古屋高速道路公社 正会員 ○伊藤 稔 正会員 鷺見 高典  
名古屋工業大学 学生会員 加藤 諄 正会員 吉田 亮

## 1. はじめに

名古屋の都市高速道路では、冬季に塩化物系の凍結防止剤を年間約  $800\text{g}/\text{m}^2$  散布しており、車道に近い壁高欄では、厳しい塩害環境により、かぶりコンクリートのはく離が発生している。劣化の進行を防ぐためには表面処理工法を施し劣化因子の侵入を抑制することが効果的と考えられるが、表面処理工法には表面被覆工法や表面含浸工法があり、使用する材料も含めると幾つかの選択肢が存在し、何れが適しているか明確ではない。本研究では都市高速道路の壁高欄に適した工法およびその材料を明らかにすることを目的に、既設壁高欄を用いた暴露試験を行い、各仕様による表層の物質移動抵抗性の差異および劣化の進行度合いの確認を行なった。

## 2. 調査概要

## 2.1 調査箇所とその調査位置について

調査の対象は非常駐車帯の壁高欄2箇所、I-I8.6 および I-O7.7 は2004年に供用している。使用されているコンクリートは JIS A5308 により、水セメント比 55%、設計基準強度  $24\text{N}/\text{mm}^2$  で普通ポルトランドセメントが用いられている。表面処理の施工範囲および試料採取位置を図-1に示す。各種表面処理は2017年に壁面部に連続して6m毎に施工されている。調査位置および試料採取位置は、凍結防止剤の散布方法から地覆の上方15cm、表面保護工の縁端から1m内側の範囲とした。本研究に用いた表面保護工の材料は3種類で、これらの概略の仕様を表-1に示す。

## 2.2 調査項目とその方法

コンクリート表層の物質移動抵抗性の差異および中性化あるいは塩害の進行状態を把握するために、表層透気試験、表面吸水試験、中性化深さ試験および塩化物イオン含有量調査を実施し、比較のために表面保護工の未施工範囲である打放し部でも同様の試験を行うものとした。また、設計図書にあるコンクリートが適用されているか確認するため、テストハンマー強度試験も併せて実施した。各試験方法を以下に示す。表層透気試験はスイス標準規格 SIA 262/1 Betonban-Ergänzende Festlegungen に、表面吸水試験は英国規格 British Standard 1881-5 Initial Surface Absorption Test に準拠し、各3測点の平均値を使用した。塩化物イオン含有量調査は JSCE-G573 に準拠し、試料はドリル削孔で得られた粉末を蛍光 X 線分析で測定した。中性化深さ試験は、前述の削孔において1孔3点測定し、計9点の平均値とした。テストハンマー強度試験は JSCE-G504 に準拠した。

キーワード：エポキシ樹脂塗装、けい酸塩系表面含浸材、シラン系表面含浸材、表面処理工法、表面改質

連絡先：〒453-0804 愛知県名古屋市中村区黄金通7丁目28-1 名古屋高速道路公社 メンテナンス事業部工事課 TEL 052-756-4705

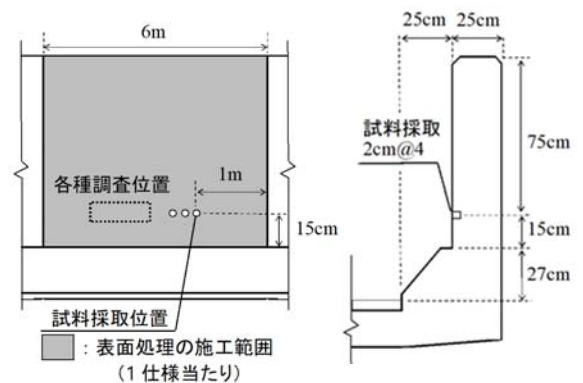


図-1 壁高欄と試料採取位置のイメージ

表-1 表面処理に用いた各種材料

分類	工法	塗布量	その他
エポキシ樹脂	表面被覆工法	$0.26\text{kg}/\text{m}^2$ (膜厚 $60\mu\text{m}$ )	プライマーを施工
けい酸塩系 (けい酸ナトリウム)	表面含浸工法	$0.20\text{kg}/\text{m}^2$	散水後に1回塗布
シラン系	表面含浸工法	$0.15\text{kg}/\text{m}^2$	散水せず1回塗布

表-2 テストハンマー強度、表層透気係数  
と表面吸水係数

(a) I-I8.6

調査結果	仕様	打放し	エポキシ樹脂	けい酸塩系	シラン系
テストハンマー強度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )		41.5	42.2	40.5	40.9
表層透気係数 ( $10^{-16}\text{m}^2$ )		0.4	0.1	0.3	11.7
表面吸水係数 ( $\text{g}/\text{hr}^{0.5}$ )		0.260	0.000	0.170	0.170

(b) I-O7.7

調査結果	仕様	打放し	エポキシ樹脂	けい酸塩系	シラン系
テストハンマー強度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )		40.4	39.0	34.9	35.5
表層透気係数 ( $10^{-16}\text{m}^2$ )		3.8	0.0	1.0	15.2
表面吸水係数 ( $\text{g}/\text{hr}^{0.5}$ )		0.210	0.000	0.190	0.190

表-3 中性化深さ、塩化物イオン含有量及び各定数の値

分類	表面処理の種類		初期値 (過去の調査)	打放し	エポキシ 樹脂塗装	けい酸塩系 表面含浸材	シラン系 表面含浸材
	試料採取深さと 塩化物イオン含有量： $C_1$ (kg/m <sup>3</sup> )	0~2 (cm) 2~4 (cm) 4~6 (cm) 6~8 (cm)					
I-18.6	竣工又は表面処理からの経過年数： $t$ (年)		12	15	3	3	3
	試料採取深さと 塩化物イオン含有量： $C_1$ (kg/m <sup>3</sup> )	0~2 (cm) 2~4 (cm) 4~6 (cm) 6~8 (cm)	1.564 0.852 0.600 (欠測)	1.445 2.522 0.903 0.823	2.000 1.046 0.656 0.561	1.345 1.480 0.692 0.553	1.839 1.437 0.755 0.593
	表面の塩化物イオン量： $C_0$ (kg/m <sup>3</sup> )		1.836	2.106	2.258	1.677	2.150
	見掛けの拡散係数： $D_{cr}$ (cm <sup>2</sup> /年)		0.993	2.921	0.822	1.859	1.227
	中性化深さ： $x$ (mm)		2.3	7.1	2.7	4.2	4.5
	中性化速度係数： $A$ (mm/年 <sup>0.5</sup> )		0.7	1.8	0.7	1.1	1.2
I-07.7	竣工又は表面処理からの経過年数： $t$ (年)		12	15	3	3	3
	試料採取深さと 塩化物イオン含有量： $C_1$ (kg/m <sup>3</sup> )	0~2 (cm) 2~4 (cm) 4~6 (cm) 6~8 (cm)	1.801 0.656 0.405 (欠測)	1.952 1.526 0.649 0.453	1.428 0.973 0.596 0.394	1.575 0.940 0.442 0.317	2.167 1.596 0.786 0.497
	表面の塩化物イオン量： $C_0$ (kg/m <sup>3</sup> )		2.365	2.383	1.647	1.891	2.603
	見掛けの拡散係数： $D_{cr}$ (cm <sup>2</sup> /年)		0.435	0.901	1.077	0.676	0.919
	中性化深さ： $x$ (mm)		2.6	8.6	6.2	6.3	8.2
	中性化速度係数： $A$ (mm/年 <sup>0.5</sup> )		0.8	2.2	1.6	1.6	2.1

### 3. 調査結果と考察

表-2 より、テストハンマー強度は設計基準強度 24N/mm<sup>2</sup> を超えており、調査箇所内において同程度のコンクリートであるとする。表層透気係数はエポキシ樹脂及びけい酸塩系が標準的な 0.1~1×10<sup>-16</sup>m<sup>2</sup> 程度であったが打放しよりも小さく、効果が発揮されていると考えられる。シラン系は撥水機能により含水率が少なく透気しやすい状態になったと考えられる。表面吸水係数はエポキシ樹脂で効果が発揮されている。けい酸塩系およびシラン系は僅かに効果が確認できるが打放しとの差は小さく、これは施工から経過年数が短いことが影響していると考えられる。

表-3 に塩化物イオン含有量と中性化深さの測定結果、コンクリート標準示方書の塩化物イオン拡散予測式から求めた見かけの拡散係数( $D_{cr}$  cm<sup>2</sup>/年)と表面の塩化物イオン濃度( $C_0$  kg/m<sup>3</sup>)および中性化速度式から求めた中性化速度係数( $A$  mm/年<sup>0.5</sup>)を示す。中性化については各表面保護において打放しよりも中性化深さ及び $A$  も小さいことから、中性化の進行を抑制しており、エポキシ樹脂とけい酸塩系の効果が良いと思われる。表-3 に示す初期値の  $C_0$  及び  $D_{cr}$  を用いた塩化物イオンの拡散予測を図-1 に示す。なお、図中のプロットは試料採取時点の値である。外部からの塩化物イオンの侵入を抑制し、濃度勾配による拡散が進行した場合、各深さの実測値が同程度に近づくことになる、また、表面部分の塩化物イオン濃度は下がって深い部分の濃度は上がるため、 $C_0$  が小さくなり  $D_{cr}$  は大きくなることが考えられる。I-18.6 では、けい酸塩系が、I-07.7 では、エポキシ樹脂がこの傾向にあり塩化物イオンの拡散を抑制しているものと考えられる。

### 4. 結論

都市高速道路の壁高欄に適した表面処理工法について次の結果が得られた。

- (1) 表面処理を施して短期間の場合、エポキシ樹脂による表面被覆工法が効果を発揮する傾向にある。
- (2) 表面処理を施すことで中性化の進行および塩化物イオンの拡散は抑制され、エポキシ樹脂による表面被覆工法とけい酸塩系の表面含浸工法がその効果を発揮する傾向にある。

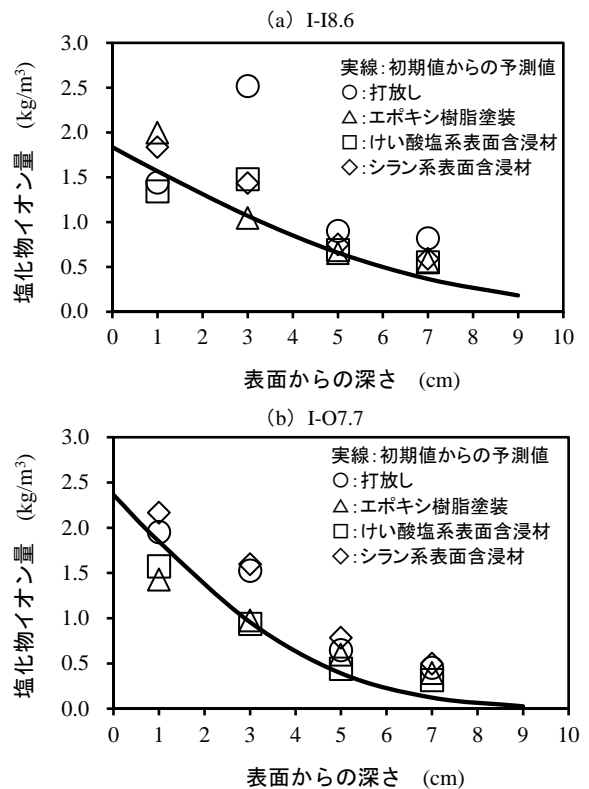


図-1 塩化物イオンの拡散予測