

シラン・シロキサン系表面含浸材を適用した劣化コンクリートの  
外観観察と電気化学的測定結果の経年変化（43ヶ月後）

大日本塗料株式会社 正会員 ○関 智行  
大日本塗料株式会社 正会員 田邊 康孝  
大日本塗料株式会社 正会員 宮下 剛

1. はじめに

中性化及び塩害を受けた既設コンクリート構造物を模擬したコンクリート供試体にシラン・シロキサン系表面含浸材を適用し、屋外暴露試験を行い、その耐久性の評価を目的とした。本稿では、屋外暴露 43 ヶ月目の外観観察及び電気化学的測定結果について報告する。

2. 試験概要

2-1. コンクリート供試体

コンクリート供試体は鉄筋コンクリートとし、寸法 300×100×100mm、長手方向中心部に異形棒鋼（D16mm）を一本配置したものをを用いた。また鉄筋の露出面 2 面へは無溶剤エポキシ樹脂系塗料を塗布し保護した（図 1）。コンクリートの配合は表 1 とし、脱型後 20±3℃環境下にて 28 日間気中養生したものを用いた。また供試体へは、既設コンクリート構造物を模擬し、0.0 ～2.4kg/m<sup>3</sup> の塩化物イオンを混入し、深さ 10mm の中性化を付与した。

適用材料はシラン・シロキサン系表面含浸材を 2 種類とし、また比較材料として鋼道路橋防食便覧<sup>1)</sup>の CC-B 塗装系に該当する表面被覆材、未塗布の 2 種類とした。

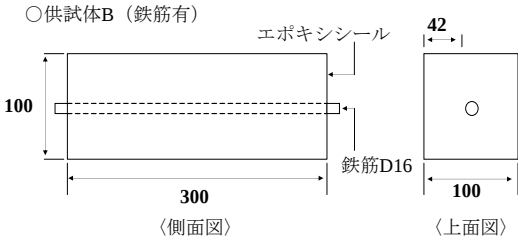


図 1 供試体の形状・寸法（単位：mm）

表1 供試体のコンクリート配合

| 水<br>セメント<br>比(%) | 細骨材<br>率(%) | 単 位 量 (kg/m <sup>3</sup> ) |          |         |         | 塩化物<br>イオン量<br>(kg/m <sup>3</sup> ) | スランブ<br>(cm) | 空気量<br>(%) | 28日<br>圧縮強度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) |
|-------------------|-------------|----------------------------|----------|---------|---------|-------------------------------------|--------------|------------|-------------------------------------|
|                   |             | 水                          | セメ<br>ント | 細<br>骨材 | 粗<br>骨材 |                                     |              |            |                                     |
| 60                | 47          | 162                        | 270      | 866     | 998     | 0.0                                 | 7.5          | 4.0        | 43.5                                |
|                   |             |                            |          |         |         | 1.2                                 | 8.0          | 4.8        | 42.8                                |
|                   |             |                            |          |         |         | 2.4                                 | 8.0          | 4.5        | 43.0                                |

2-2. 屋外暴露概要

暴露場所は沖縄県うるま市与那城伊計島とした。この暴露場は南端海岸沿い離岸距離 20m に位置しており、高温高湿度で海水飛沫を多く受ける極めて厳しい暴露環境である。屋外暴露は 2012 年 9 月より開始しており、本報告には 2016 年 4 月迄の暴露 43 ヶ月間の試験データを用いた。これまで暴露開始より 0、20、43 ヶ月にて試験データを収集している。

2-3. 評価項目

評価項目は、外観観察（主にひび割れの有無、幅）、鉄筋の電気化学的測定（鉄筋の自然電位）とした。ひび割れの幅はクラックゲージを用いて測定した。また自然電位については(株)四国総合研究所製 携帯型鉄筋腐食診断器 CM-V を用いて測定した。何れも実暴露環境下での鉄筋腐食抑制について把握すると共に、既に劣化しているコンクリートに対してシラン・シロキサン系表面含浸材を適用した際の鉄筋腐食の変化を把握するものである。

キーワード シラン・シロキサン系、表面含浸材、暴露、既設コンクリート、自然電位、ひび割れ  
連絡先 栃木県大田原市下石上 1382-12 大日本塗料株式会社 構造物塗料 TSG TEL.0287-29-1917

### 3. 試験結果

#### 3-1. 外観観察

暴露 43 ヶ月後の最大ひび割れ幅を表 2 に示す。塩化物イオンを混入していない供試体では何れも外観上の異状は認められなかった。劣化コンクリートを模擬した供試体（塩化物イオン量  $1.2, 2.4\text{kg/m}^3$  を混入）では、未塗布で  $0.3\sim 0.4\text{mm}$  のひび割れ（図 2）が認めたが、シラン・シロキサン系表面含浸材を適用した 2 種、表面被覆材（CC-B 塗装系）ではひび割れが認められなかった。

表2 外観観察  
(暴露43ヶ月経過後の最大ひび割れの幅)

| No.  | 塩化物イオン量 ( $\text{kg/m}^3$ ) |       |       |
|------|-----------------------------|-------|-------|
|      | 0.0                         | 1.2   | 2.4   |
| 含浸材A | —                           | —     | —     |
| 含浸材B | —                           | —     | —     |
| CC-B | —                           | —     | —     |
| 未塗布  | —                           | 0.3mm | 0.4mm |



図2 最大ひび割れ幅  
(左:未塗布( $1.2\text{kg/m}^3$ ), 右:未塗布 ( $2.4\text{kg/m}^3$ ))

#### 3-2. 鉄筋の電気科学的測定

自然電位の測定は、JSCE- E 601<sup>2)</sup>に基づき測定を行い、(国研) 土木研究所の定める基準<sup>3)</sup> (表 3) に基づき判定した。測定結果を図 3 に示す。43 ヶ月後、塩化物イオンを混入していない供試体及

び劣化コンクリートを模擬し塩化物イオン  $1.2\text{kg/m}^3$  混入した供試体では、シラン・シロキサン系表面含浸材を適用した 2 種で健全な状態であったが、未塗布の供試体は既に腐食領域であった。塩化物イオン  $2.4\text{kg/m}^3$  混入した供試体では、シラン・シロキサン系表面含浸材を適用した 2 種では軽微な腐食状態であるものの、未塗布では自然電位が大きく下がり、腐食が進行している状況が伺えた。

表3 判定基準

| No. | 自然電位 E (Mv : CSE)    | 鋼材の腐食しやすさ |
|-----|----------------------|-----------|
| ①   | $E > -150$           | なし        |
| ②   | $-150 \geq E > -250$ | 軽微        |
| ③   | $-250 \geq E > -350$ | やや大       |
| ④   | $-350 \geq E$        | 大         |

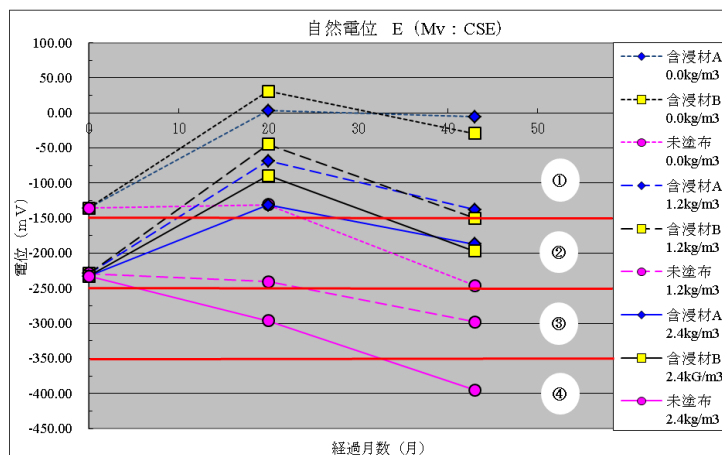


図3 自然電位

### 3. 纏め

- 1) 外観観察より、劣化コンクリートへシラン・シロキサン系表面含浸材を塗布することで、未塗布と比べ、ひび割れ発生の抑制が確認された。
- 2) 電気化学的測定より、劣化コンクリートに対してシラン・シロキサン系表面含浸材を適用することで、内部鉄筋の塩害環境における自然電位が未塗布と比べ何れの塩化物イオン量においても貴な状態へ変化することがわかった。
- 3) 1)2)のことより、43 ヶ月後の時点では中性化および塩害を受けたコンクリートに対しても、シラン・シロキサン系表面含浸材を塗布することにより、劣化を抑制し延命効果を期待できることが分かった。

### 参考文献

- 1) 公益社団法人 日本道路協会 鋼道路橋防食便覧 (2014 年)
- 2) 公益社団法人 土木学会 コンクリート標準示方書 基準編 (2013 年)
- 3) 独立行政法人 土木研究所 非破壊試験を用いた土木コンクリート構造物の健全度診断マニュアル (2003 年)