

コンクリート構造物の長寿命化への課題と取り組み

本州四国連絡橋公団	保全部	正会員	○津留和彦
本州四国連絡橋公団	保全部	正会員	帆足博明
本州四国連絡橋公団	保全部		齊藤哲男
本州四国連絡橋公団	保全部	正会員	杉本 健

1. はじめに

本州四国連絡道路の長大橋は、海峡部付近に位置し厳しい塩害環境に曝されている。長大橋の海上部には鋼構造物が使用され、計画的に塗装の塗替えを行うことで長期耐久性を確保している。

一方、アンカレイジ・橋脚・橋台・取付け高架橋にはコンクリート構造物が使用され、構造物の機能としての耐久性は環境に応じた鉄筋かぶりを確保することしか考慮されていない。

2. 本四連絡橋のコンクリート構造物の維持管理

コンクリート構造物は、平成13年度より通常の定期点検にコンクリート非破壊検査を導入し、コンクリートの劣化要因のうち塩害および中性化について現状を把握し、また調査結果から劣化予測を行い必要に応じ対策を講じる予防保全を行っている。

本四連絡橋は、供用開始からの経過年数が5～25年と比較的短いため大きな補修工事には至っていないが、長寿命化を目指し、劣化予測結果に基づく予防保全のための対策を劣化の初期段階（潜伏期または進展期）に実施することとしている。



写真-1 表面被覆工の樹脂系塗装施工例

劣化初期の対策は、コンクリート内への塩分浸入防止・中性化防止を主目的とした場合、ライフサイクルコスト（LCC）の面から表面被覆工が最も経済的であるが、樹脂系の被覆材は、バインダーである有機質の紫外線劣化等から耐久性は10～15年程度と想定され、このサイクルで定期的な塗替えが必要となる。過去の施工事例から塗装のはがれ等も発生している。

本四連絡橋は、200年以上に渡り健全性を維持することを目指しており、約410万 m^3 という膨大なコンクリート構造物の定期的な塗替えは、維持管理費に大きなウェイトを占めることから、樹脂系塗装に代わる長期的な耐久性を持ち、より経済的な表面被覆材の採用が重要課題となっている。

3. 含浸系材料塗布によるコンクリート構造物劣化対策工

上述から樹脂系塗装に代わる被覆材として、主材に紫外線劣化がほとんど生じず長期耐久性が期待される無機質（シリケート、シロキサン他）を使用した含浸系材料塗布の適用性の検討を行うこととした。

既存資料から含浸系材料は、含浸深さが190mmにも達する材料、コンクリート内のカルシウムや未水和のセメント成分と結合してクラックを修復する等様々な機能を持たせたものが存在し、それぞれ論文等で浸透メカニズム・効果の室内試験結果等が報告されている。

しかし、本四連絡橋のような「厳しい塩害環境下」におけるその有効性は確認されていないため、多くの種類の中から机上検討により4種類の材料を選定し、長期耐久性・中性化速度・塩化物イオン拡散係数の変化について実橋暴露試験（平成15年10月試験開始）を行い、追跡調査を実施することとした。

4. 暴露試験概要

①試験場所

調査の容易さ、海水の飛散状況等から下津井瀬戸大橋3P基礎前面とした。当該箇所は、写真-2に示す

キーワード コンクリート、含浸材、塩害、中性化、長寿命化

連絡先 〒651-0088 神戸市中央区小野柄通4-1-22 本州四国連絡橋公団保全部 TEL078-291-1093

とおり満潮時には波浪による飛散塩分の影響を直接受ける塩害環境下である。

なお、基礎コンクリートの示方配合を表－1に示す。

②暴露試験材料

暴露試験を行う材料は、使用される主材をグループ毎に分け、使用実績・論文等から表－2に示す4種類を選択した。

なお、比較試験として従来からコンクリート表面被覆材として使用してきた樹脂系塗装（表－3参照）も当試験に加えることとし、合計5種類をそれぞれ2㎡程度、現地に施工した。

表－1 基礎コンクリートの示方配合

材令 91 日における圧縮強度 (kg/cm ²)	W/C (%)	S/a (%)	空気量 (%)	単位セメント量 (kg)	粗骨材の最大寸法 (mm)	セメントの種類
240	54.3	38.0	4±1	280	40	高炉セメントB種

表－2 試験塗布材料

No.	主成分	特 徴	塗布方法	塗布回数
1	シラン系・シリキサン系の2成分	・高い撥水効果 ・効成分量80% ・浸透粒子定着型 ・化学的反応は少ない	スプレー ローラー	1回
2	シリケート系 (= シリカ)	・2mmまでのクラックを自己補修 ・含浸深さ約190mm ・施工材料は親水性 ・内在水酸化ナトリウムと反応しガラス体生成	スプレー ローラー	2回
3	微細シリカ	・クラックを自己補修 ・含浸深さ数+cm ・長期に亘り効果を持続 ・空隙内に結晶を生成	刷毛 スプレー ローラー	4回
4	シリケート系 (= シリカ)	・空隙内にガラス体を生成 ・内在水酸化ナトリウムと反応しガラス体生成 ・上記3材料に比較し反応が早く、 表面下3～5mmに層を生成 ・クラックは事前に補修(注入)が必要	刷毛 スプレー ローラー	2回



写真－2 下津井瀬戸大橋3P 試験位置（□内）

表－3 樹脂系の塗装仕様（比較用）

	素地調整	プライマー	パ テ	中 塗	上 塗
補修塗装	異物除去	エポキシ樹脂 プライマー 0.10 (kg/㎡)	エポキシ 樹脂パテ 0.50 (kg/㎡)	柔軟型エポキシ 樹脂塗料 0.35 (kg/㎡)	柔軟型ふっ素樹 脂塗料 0.12 (kg/㎡)

③調査項目および頻度

調査項目は以下のとおりとしている。

- ・中性化深さ・・・フェノールフタレイン法
- ・全塩分・・・φ50mmのコアを採取し、深さ20mm毎に全塩分量を測定
- ・含浸深さ・・・採取したコアに散水し撥水状況を確認（遮水効果の確認）

調査頻度は、施工前、施工後1年・3年・5年・10年を予定している。なお、含浸深さについては、撥水機能を持たない材料も含まれているため、透水試験、E P M A（X線マイクロアナライザー）またはS E M（走査型電子顕微鏡）による確認を計画している。

5. 今後の方針

今後は、含浸系材料を塗布した場合の中性化速度係数および塩化物イオンの拡散係数を把握し、その効果と耐久性を確認し、L C Cを含めコンクリートの劣化防止対策の表面被覆材として採用の可否を検討する。その結果、含浸系の有効性が確認できれば、コンクリート構造物の劣化予測精度の向上と再塗布時期の延伸により維持管理コスト縮減に大きく寄与するものと考えられる。