

補修を施した鉄筋コンクリートの内陸暴露 10 年における塩分の移動と防食効果

東京大学生産技術研究所 正会員 ○星野富夫 西松建設（株） 正会員 椎名貴快
飛島建設（株）正会員 榎島 修 東京大学生産技術研究所 正会員 岸 利治
日本化成（株） 正会員 伊藤 学

1. はじめに

内陸の環境下でも融氷塩などの散布で塩害劣化を生じているコンクリート構造物が多く認められる．これらの構造物において，補修後比較的早期に再劣化に至る事例も報告されている．このような再劣化の進行は，補修材料の性能だけではなく，補修時の構造物の損傷度，補修方法や施工の適切さなどに大きく左右されると考えられるが，その原因やメカニズムについてはほとんど解明されていない．本報告では，補修仕様の異なる試験体を用いて 10 年間内陸の環境下に暴露し，化学分析や EPMA 分析などにより塩化物イオンの浸透と移動現象を考察し，それらの性状を明らかにしようとしたものである．

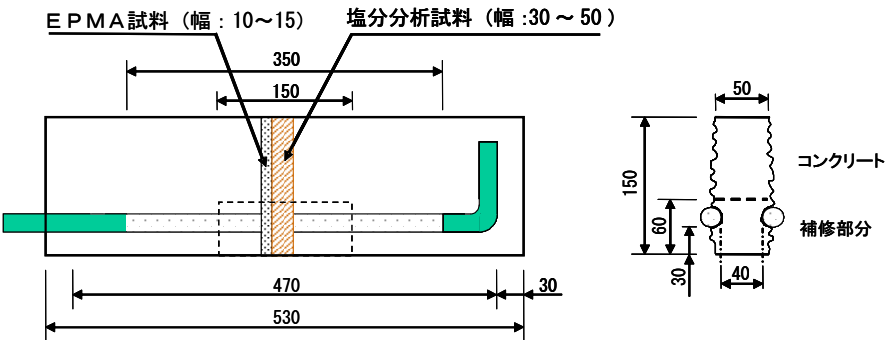
2. 実験概要

試験体は，図－1 に示すような 150×150×530mm の矩形梁を用い，鉄筋のかぶりが 30mm となるように 2 本配置した．なお，曲げ加工部や端部からの腐食を防止するためにエポキシ樹脂を鉄筋の両端に塗布した．コンクリートは，粗骨材最大寸法 20mm，水セメント比 65%，材令 28 日圧縮強度 34.3N/mm² のものであり，練混ぜ時に塩化物イオン量が 2.4kg/m³ となるように塩化カルシウム溶液を混和した．

断面修復の方法は，表－1 に示したメーカー 9 社の仕様であり，各社で断面修復部の鉄筋の錆びを除去し，鉄筋防錆処理，プライマー処理，断面修復を行った．表面被覆は，実際の道路床板を模して，上面のみを開放し，残りの 5 面に対して実施した．

これらの試験体は，千葉市稲毛区にある東京大学生産技術研究所千葉実験所構内で暴露したものである．

塩分分析試料は，図－1 に示すような試験体を切り出し，深さ方向に 1cm ピッチに切断した試料を粉碎して，JCI-SC5 により全塩分量を測定した．また，EPMA 分析のために，塩分分



図－1 試験体の形状と分析試料の採取位置ならびに寸法 (単位：mm)

表－1 暴露試験体の補修仕様

仕様	鉄筋防錆処理	断面修復部プライマー	断面修復材	表面被覆材
1	EVA系PCP(亜硝酸リチウム系防錆材添加)	アクリル系Em	PCM(SBR系)	アクリル樹脂
2	SBR系PCP(塩化物イオン吸着材添加)	けい酸塩系表面含浸材/亜硝酸カルシウム系塗布型防錆材	PCM(SBR系，亜硝酸カルシウム系防錆材添加)	柔軟型PCM
3	SBR系PCP(塩化物イオン吸着材添加)	VeoVa系PCP	PCM(VeoVa系)	ウレタン樹脂
4	アクリル系PCP(亜硝酸リチウム系防錆材添加)	水性エポキシ樹脂系	PCM(SBR系)	柔軟型エポキシ樹脂
5	エポキシ樹脂	エポキシ樹脂	軽量エポキシ樹脂M	柔軟型エポキシ樹脂
6	酢ビVeoVa系PCP(亜硝酸リチウム系防錆材添加)	亜硝酸リチウム系塗布型防錆材/アクリル系Em	PCM(SBR系，防錆材添加)	柔軟型PCM
7	錆転換塗料(フェノール変性アルキッド樹脂)	ケイフッ化物系浸透性固化材	PCM(アクリル系)	柔軟型PCM
8	フタル酸系樹脂(防錆材添加)	SBR系PCP	PCM(SBR系)	クロロブレンゴム
9	アクリル系PCP(亜硝酸リチウム系防錆材添加)	亜硝酸リチウム系塗布型防錆材/アクリル系PCP(亜硝酸リチウム系防錆材添加)	PCM(VeoVa系)	柔軟型アクリルウレタン

注) PCP；ポリマーセメントペースト PCM；ポリマーセメントモルタル Em；エマルジョン

キーワード コンクリート梁，劣化，断面修復，内陸暴露，EPMA，塩分

連絡先 〒153-8505 東京都目黒区駒場 4－6－1 TEL:03-5452-6098ex58082 FAX:03-5452-6395

析用試料の切り出し位置に隣接する試料を切り出し、コンクリートと断面修復部界面から 20 mm 程度上部のコンクリート部分で切断して 2 枚の試

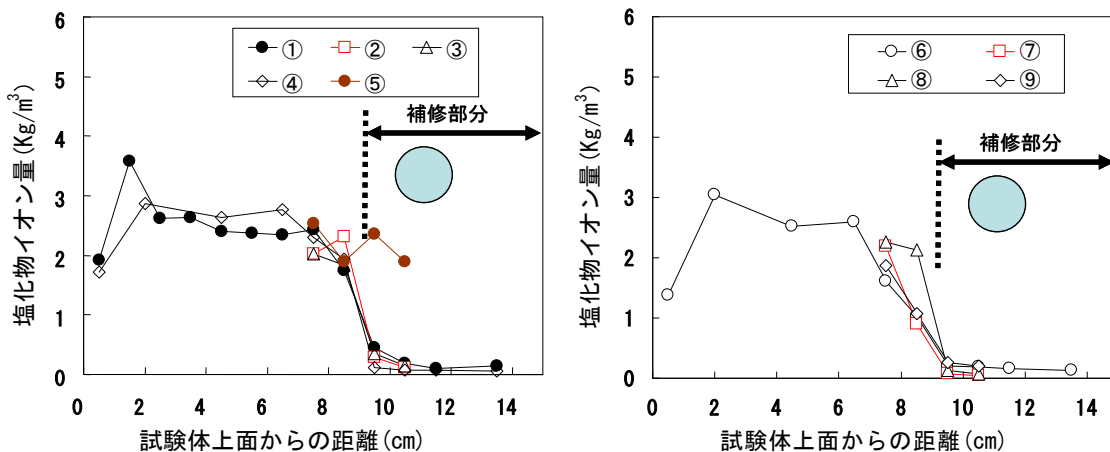


図-2 コンクリート梁中の塩分分布(内陸暴露10年)

料を分析したが、補修界面の拡大分析も行った。

3. 実験結果および考察

図-2は、コンクリート梁中の塩分分布を示したものである。内陸暴露10年では曝されているコンクリート表面の塩分は減少している。この現象は、風雨による溶出よりも炭酸化によるイオン解離・拡散と思われる。補修界面では、何れの試験体でも補修界面のコンクリート側の塩分が減少し、補修材側に移動している。補修材の種類によって補修材部分への塩化物イオンの移動が若干異なる傾向が認められるが、何れの場合にも鉄筋位置(1cm)までは腐食の発生限界量の塩分は到達していない傾向が認められる。仕様5の試験体では、鉄筋に腐食は生じていないものの多くの塩分が認められる。この仕様は、補修材としてエポキシ樹脂を使用していることから塩分の分析方法に問題がある可能性がある。これらの何れの試験体から取り出した鉄筋の腐食状態は、補修界面では若干認められるが補修材中では認められなかった。

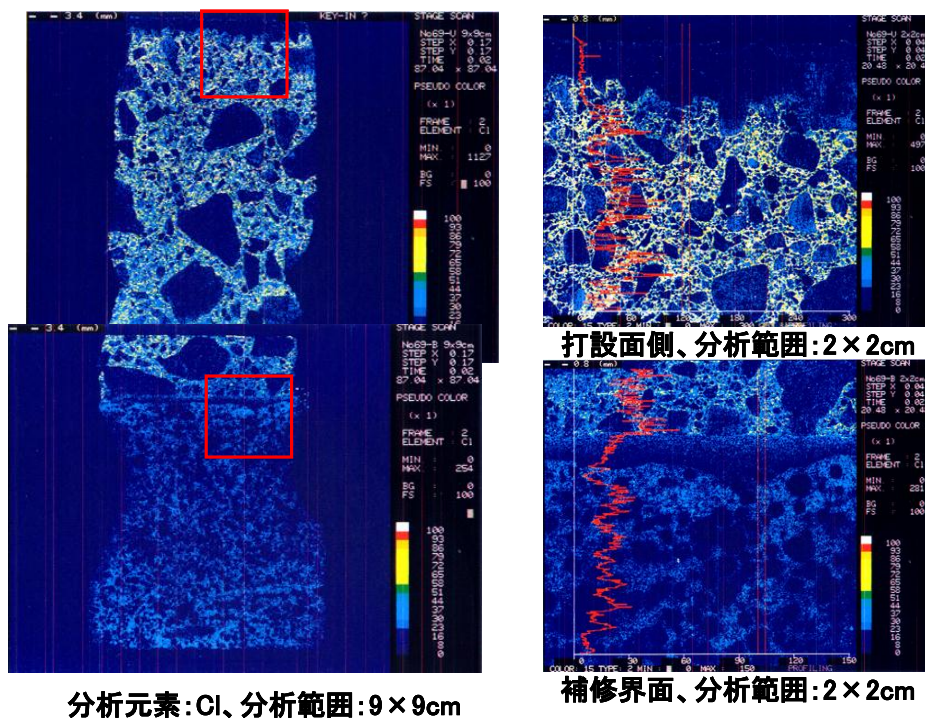
補修界面付近での塩分濃度の微妙な変化を観察するために、これらの試験体の塩素の分布状態をEPMAによる分析から調べた一例を写真-1に示す。この写真は、No.6の試験体について分析したものであり、左側の写真は、コンクリート梁の打設面が解放されている試験体を上下で分析した2枚のEPMA写真を合成したものである。また、右側の写真は、打設面と補修界面の部分を拡大分析(2cm×2cm)した写真である。この拡大分析では、補修界面のプライマー内に塩素の滞留が認められ、プライマーによる遮塩効果を示しているものと推察される。

4. おわりに

補修に使われるポリマーセメントモルタルの見掛けの拡散係数は、コンクリートの約1/10程度であり、各仕様による場合にも暴露10年程度は十分にその性能が維持¹⁾されることが塩分の分析結果からも明らかとなった。

【参考文献】

1) 渡部, 松林, 岸, 酒井: 各種仕様で断面修復した鉄筋コンクリートの補修効果に関する長期暴露実験, コンクリート工学年次大会, 2013(投稿中)



分析元素: Cl、分析範囲: 9×9cm

補修界面、分析範囲: 2×2cm

写真-1 EPMA 分析による検討(分析元素: Cl)