

V-97 ポリマーセメントモルタルライニングの 塩化物遮蔽性能

東京大学生産技術研究所 正会員 星野 富夫
東京大学生産技術研究所 正会員 小林 一輔
東京大学生産技術研究所 正会員 白木 亮司

1. はしがき

海水飛沫に曝されるようなコンクリート構造物の防食方法としては、一般に第2種防食を必要とする場合が多い。本文では第2種防食の一つとしてポリマーセメントモルタルによるライニングを取り上げ、海洋飛沫帯における5年間にわたる暴露実験を通じてその塩化物遮へい性能を確認した結果を取りまとめたものである。

2. 海洋暴露試験の概要

2. 1 コンクリートの使用材料と配合及び供試体の作製

セメントは普通ポルトランドセメント、細骨材は川砂(砂岩)、粗骨材は碎石(砂岩)を用いて、コンクリートの水セメント比は60%とした。供試体は10×10×120cmの矩形梁の内部に長さ110cm、公称径10mmの異型鉄筋(SD35)を2本埋め込んだもので、暴露試験は図-1に示すようにコンクリート梁2本を1組として曲げ載荷状態で行った。暴露した場所は、静岡県伊豆半島の東海岸に設置した暴露試験場であって、供試体は最高潮位から50cm程度上部に固定した。この場所は満潮時には波に洗われ、干潮時にも海水飛沫を浴びる環境である。

2. 2 ポリマーセメントモルタルのライニング

ポリマーディスパーションはアクリル樹脂エマルジョン(固形分:48%)を主成分とするものでポリマーセメント比は25%、水セメント比は32%である。骨材は珪砂と珪石粉を用い、強化材として3%のガラス繊維を混入している。ライニングは図-2(a)に示すように3層に分けて行い、全体の厚みを約1.0mmとした。なお、ライニングは腐食電位を測定するためにコンクリートの打設面のみ開放状態とし、この面を除いた5面に施した。

3. 塩化物の分析方法

塩化物の分析は、化学分析とEPMAによる面分析によって行った。化学分析はJCI規準案「硬化コンクリート中に含まれる塩分の分析方法」に規定されている電位差滴定によって全塩素量を測定した。EPMAによる面分析は供試体の全断面における塩素の分布と、ポリマーセメントモルタルライニング層における塩素の分布を調べた。前者の場合は図-2(b)に示すような位置から、厚さ約10mmの試料を切り出し表面研磨の後、炭素蒸着を行い面分析に供した。後者の場合は図-2(a)に示すような位置から試料を切り出し、分析に供した。

4. 実験結果と考察

写真-1はEPMAによる面分析の結果であって供試体断面における塩素の分布状況を示したものである。画面で白く見える部分は相対的に元素濃度が高く、暗色になるほど元素濃度が低くなる。下方において塩素濃度が高くなっている部分はライニングを行っていない為に塩化物が浸透したものである。この写真から

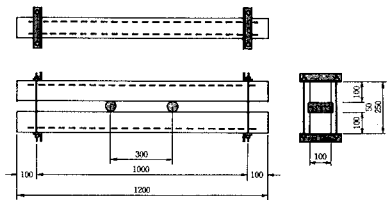


図-1 暴露供試体の概観 (mm)

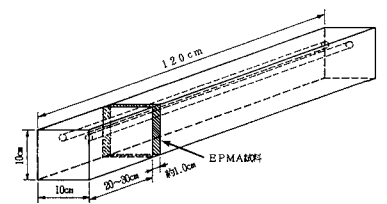


図-2(b) コンクリート梁よりのEPMA試料の切り出し

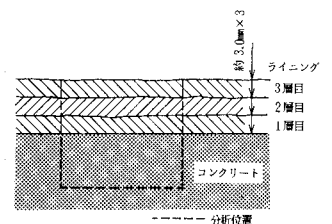


図-2(a) ライニングの概観とEPMAの分析位置

明らかなことは、ポリマーセメントモルタルのライニング層が塩化物のコンクリート内部への浸透を完全に遮へいしていることである。

写真-2はライニング層部分における塩素の分布状況を示したものであって、この写真を見ると塩素濃度はライニングの最上部の層（図-2(a)における3層目）において最も高く、中間（図-2(a)における2層目）では濃度が下層部に向かって低下し、最下層部（図-2(a)における1層目）の表面付近において完全にバックグラウンドのレベル、即ち塩素の浸透が無い状態になっている。このような塩素の分布状態は化学分析による塩素の浸透状況を示した図-3と対応している。これらの結果はポリマーセメントモルタルのライニングを3回に分けて層状に施工した事と密接に関係していることを示している。即ち、塩化物の浸透は殆ど最上層部に留まっており、中間層に僅か浸透しているが、最下層部の表面で完全に遮断されているのである。それでは、何故に塩素の浸透がこのようなライニングの層状構造によって支配されるのであろうか？。これを解く鍵を示しているのが写真-3である。この写真は写真-2と同じ部分における炭素の分布状況を示したものであるが、各層の境界部分とくに中間層と最下層の境界の元素濃度が高いことがわかる。炭素濃度が高いということは、この部分に緻密なポリマーフィルムが形成されていることを示しており、これが塩化物を効果的に遮へいしていると考えられる。このようなポリマーフィルムが形成される機構に関しては、ポリマーセメントモルタルの硬化機構と各層の施工において1つの層を施工してから次の層を施工する時間との関係が重要な要因となる。今回のライニングでは、まず最下層部を施工してから18時間湿空中に保存した後中間層を施工し、その後24時間湿空中に保存してから最上層部を施工している。一般にポリマーセメントモルタルにおいては、薄層に施工すると表面からの水分の蒸発にともないポリマーディスページョンの微粒子が表層部に集まり、緻密なポリマーフィルムを形成しやすいと言われている。写真-3に見られるポリマーフィルムの層は以上のような機構によって生じたものと考えられる。尚、写真-4は参考のために、全く防食を行わない供試体断面における塩素の分布状況を示したものであるが、かなり内部まで塩化物が浸透していることがわかる。

写真-1 供試体断面における塩素の分布状態

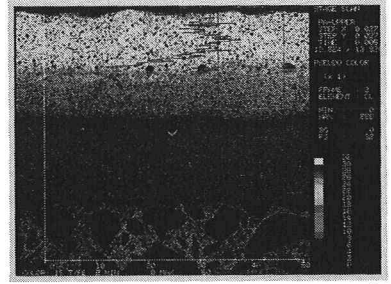
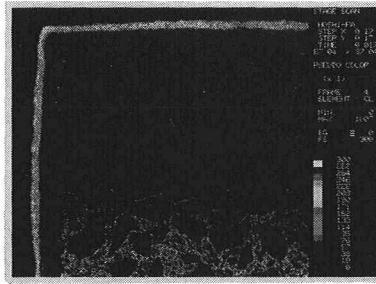


写真-2 ポリマーセメントモルタルライニング層における塩素の分布状態

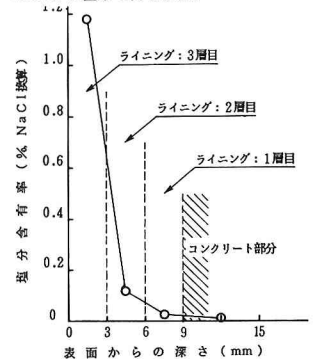


図-3 ポリマーセメントモルタルライニングの塩化物遮断効果（海洋暴露5年）

この部分に緻密なポリマーフィルムが形成されていることを示しており、これが塩化物を効果的に遮へいしていると考えられる。このようなポリマーフィルムが形成される機構に関しては、ポリマーセメントモルタルの硬化機構と各層の施工において1つの層を施工してから次の層を施工する時間との関係が重要な要因となる。今回のライニングでは、まず最下層部を施工してから18時間湿空中に保存した後中間層を施工し、その後24時間湿空中に保存してから最上層部を施工している。一般にポリマーセメントモルタルにおいては、薄層に施工すると表面からの水分の蒸発にともないポリマーディスページョンの微粒子が表層部に集まり、緻密なポリマーフィルムを形成しやすいと言われている。写真-3に見られるポリマーフィルムの層は以上のような機構によって生じたものと考えられる。尚、写真-4は参考のために、全く防食を行わない供試体断面における塩素の分布状況を示したものであるが、かなり内部まで塩化物が浸透していることがわかる。

5. まとめ

これまであまり明確でなかったポリマーセメントモルタルの塩化物遮へい効果を確認するとともに、遮へい機構について明らかにした。最後に、遮へい機構について貴重なご意見を頂いた日本大学工学部の大浜嘉彦教授に厚く御礼申し上げるとともに、ポリマーセメントモルタルライニングの素材ならびに施工について協力を頂いた恒和化学工業（株）に謝意を表する次第である。

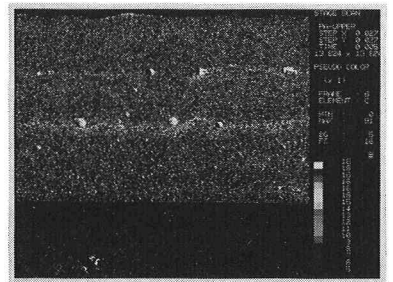


写真-3 ポリマーセメントモルタルライニング層における炭素の分布状態

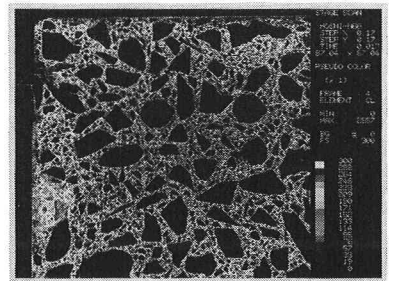


写真-4 無防食供試体断面における塩素の分布状態