

105. 塗布工法によるコンクリート用無機系防錆剤の浸透性

大分大学 平居孝之
 熊本大学 村上 聖
 大分構造・保全計画事務所 甲斐武久

1. 目的

筆者らは塩分を含んだ鉄筋コンクリート構造物における鉄筋の腐食を抑制する方法として、コンクリートの表面に防錆剤を塗布し内部に拡散させる工法に注目している。この工法によって鉄筋の腐食を抑制するには、塗布された防錆剤が内部の鉄筋の位置までコンクリートに浸透し、腐食抑制に有効な濃度を維持することが必要である。ここでは既設の鉄筋コンクリートの壁面に防錆剤を塗布し、防錆剤がコンクリート中へ浸透していく過程を経時的に試験して調べることを目的とする。

2. 方法

2.1 試験対象

大分県にある高校の鉄筋コンクリート製プールの北北西に面する高さ約1.5mのコンクリート打放しの側壁面を使って試験した。コンクリート打設から試験開始までの経過年数は約13年である。試験対象のコンクリートの表面は、きれつや気泡のない平滑な箇所を選んでおり、外見は良好な状態を保っている。試験の開始時のコンクリートの表層がよく乾燥した状態で、シュミットハンマーにより測定した円柱供試体換算の圧縮強度は、平均で282kgf/cm²である。

図1 試料の塩分含有量

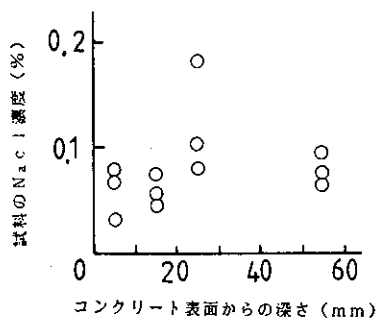


表1 材料 (いずれもO社市販品)

材料	主成分
防錆剤 (塗布用)	亜硝酸カルシューム
防錆ペースト (表面被覆用)	普通ポルトランドセメント、合成ゴムラテックス、亜硝酸カルシューム
アルカリ性付与剤 (塗布用)	ケイ酸アルカリ

コンクリートのコアを抜いて測定した中性化深さは平均で約17mmであり、またコアを微粉砕した試料で分析した塩分の含有量は図1である。コンクリートの表面から深さ30mm程度に塩分含有のピークが見られ、全体的には0.1%前後の濃度の塩分が含まれている。これは0.3%をこえる塩分含有率の海砂をそのまま使用したコンクリートと考えられる。

2.2 材料とその仕様

使用した材料を表1に示す。防錆剤はコンクリートへの浸透性が良好な製品を使用した。

防錆剤の塗布工法の仕様は表2である。防錆剤の塗布に先だって素地コンクリートにアルカリ性を付与する工程、また防錆剤を含んだ防錆ペーストで表面を保護被覆する工程を組み合わせた4種類である。これらの仕様を記号 EFGH で表す。

2.3 施工

試験対象のコンクリート壁面を水平方向に90×100cmごとの区間に割り付け、乾いた布で表面を強くこすって付着物を取り除いた後に水洗いを行い、翌日表2の仕様で施工した。素地コンクリートにアルカリ性を付与する場合は、アルカリ性付与剤を塗布した後5時間置いて防錆剤を塗布した。両者の塗布量を図2に示す。防錆ペーストで表面を保護被覆する場合は、防錆ペーストを厚さ

表2 仕様

種類	仕様
E	アルカリ性付与剤塗布+防錆剤塗布
F	アルカリ性付与剤塗布+防錆剤塗布+防錆ペースト塗り
G	防錆剤塗布
H	防錆剤塗布+防錆ペースト塗り

図2 各仕様の塗布量

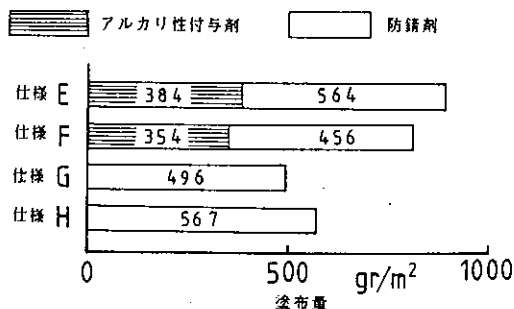


図3 コンクリートコアのカット状況

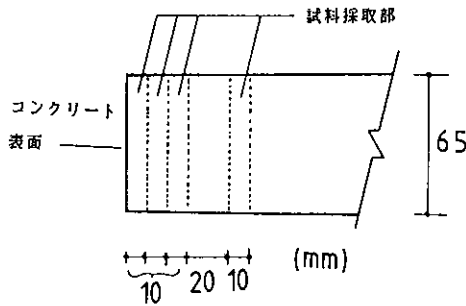
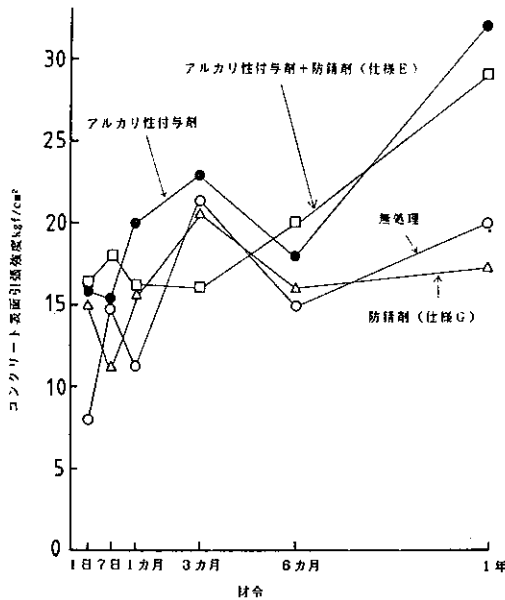


図4 コンクリートの表面引張強度



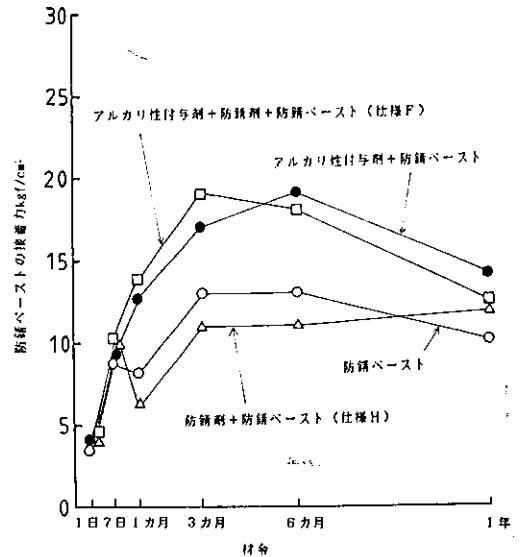
が合計で1.5~2.0mmになるようにコテを用いて2回塗り付けた。

2.4 試験

防錆剤を施工した日を基準にして、材令7日、1ヵ月、3ヵ月、6ヵ月、1年で、4種類の仕様ごとに直径65mmのコンクリートコアを2本ずつ抜き、図3のようにカットし149 μ mのフルイに通るように微粉砕して試料を調製した。試料はそれぞれのコアについて、コンクリートの表面から厚さ1cmごとの3つの層と深さ5~6cmの層の4種類である。防錆剤の含有率を調べるため、防錆剤の主成分の亜硝酸イオンNO₂⁻をナフテルアミン吸光光度法により定量分析した。

また、アルカリ性付与剤と防錆剤を塗布したときのコンクリートの表面状態の変化と、防錆ペーストを塗り付けたときの防錆ペーストの接着強度を調べるために、1辺4cmの正方形の平面をもつ鋼製治具を2液混合型のエポキシ樹脂接着剤でコンクリートの表面に付け、この治具を引き剥がす方法で表面引張強度を測定した。試験に

図5 防錆ペーストの接着強度



は建研式接着強度試験機を用いた。前述の防錆剤の含有率を調べるための試験と同じ材令で試験し、また、施工翌日の材令1日においても試験した。

3. 結果と考察

3.1 表面強度

図4は防錆ペーストを塗り付けない仕様におけるコンクリートの表面引張強度の測定値であり、それぞれ3個の値の平均で表している。図4には、かなりのばらつきが見られる。これは、雨の降らない日に試験を行ったが試験日前の降雨のため材令によってコンクリートの表面の含水率が異なっていること、また試験対象となったコンクリート打ち放しの壁面は、コンクリートの打設から13年が経過していることなどが原因と考えられる。

表面無処理の場合は、材令1日の表面引張強度が他と比べてかなり小さい値になっている。これはコンクリートの表面から付着物を十分に取り除かなかったからではないかと思われる。7日以後の材令では表面引張強度の測定直前にコンクリートの表面を乾いた布で入念にふいて清掃しており、これらの測定値から無処理の表面引張強度は15~20kgf/cm²であると推定される。

防錆剤だけを塗布した仕様Gの場合は、無処理の場合と似た表面引張強度であり、アルカリ性付与剤を塗布した後に防錆剤を塗布した仕様Eの場合は、無処理の場合と比べて表面引張強度がやや大きな傾向にある。図4にはアルカリ性付与剤だけを塗布した場合も載せており、表面無処理の場合に比べて表面引張強度が大きいという傾向が出ている。

図5は防錆ペーストを塗り付ける仕様の場合の表面引張強度の試験結果を、防錆ペーストの接着強度として表したものである。それぞれ3個の測定値の平均である。防錆ペーストは表1に示したような成分をもち、主とし

図6 試料の分析結果 (仕様E)

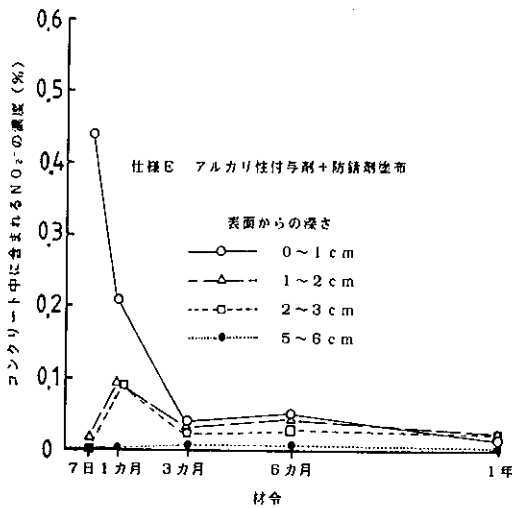


図8 試料の分析結果 (仕様G)

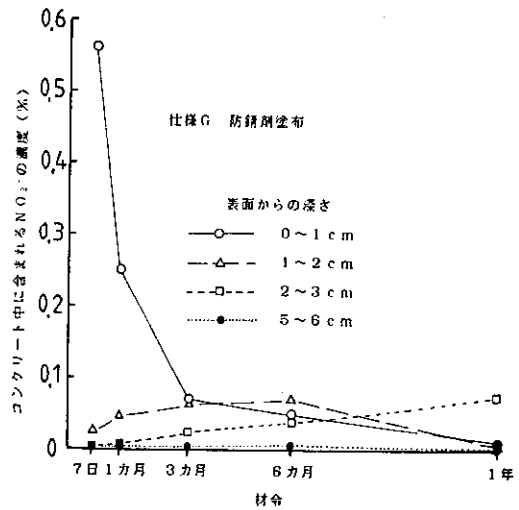


図7 試料の分析結果 (仕様F)

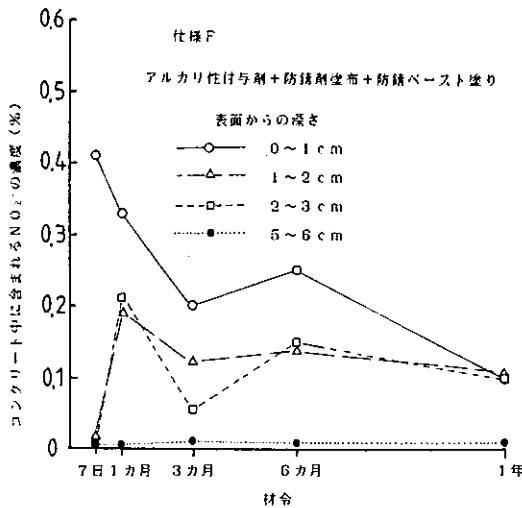
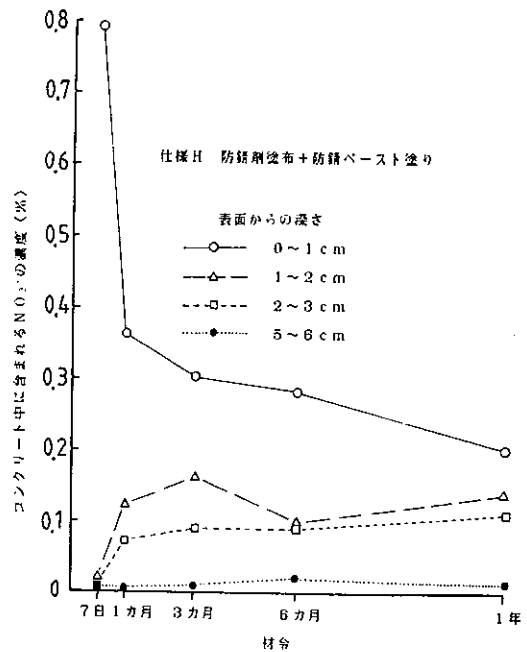


図9 試料の分析結果 (仕様H)



て普通ポルトランドセメントの水和硬化によって強度が発現するので、材令の初期は強度が弱く、いずれも防錆ペーストの所で破断する。材令が大きくなると防錆ペーストそのものの強度は増加するが、接着強度はコンクリートの表面の強度に影響され、ほとんどのものがコンクリートの表面で破断している。材令が大きい場合は、アルカリ性付与剤を塗布したものの接着強度が大きく、先の図4と同じ傾向であり、アルカリ性付与剤によってコンクリートの表面強度が増加していることが分かる。このことを確かめるため、図5には無処理の表面に防錆ペーストを塗り付けたものと、アルカリ性付与剤を塗布して防錆ペーストを塗り付けたものを載せており、やはり後者の強度が大きい。

3.2 防錆剤の濃度

図6~9は表2に示した4種類の仕様について、採取

されたコンクリートコアから調整された試料の分析結果を、 NO_2^- イオンの濃度を縦軸に材令を横軸にして、試料の表面からの深さごとに表したものである。表面から深さ0~1cmものは、防錆剤塗布の直後はきわめて高濃度であり、その後材令が大きくなるにつれて防錆剤の濃度は減少していく。表面から深さ1~2と2~3cmのものは、材令と共に防錆剤の濃度が増加していく。表面から深さ5~6cmのものは、材令が大きくなるにつれてわずかではあるが防錆剤の濃度が増加する。これよりコンクリートの表面に塗布された防錆剤は、拡散して

コンクリートの内部に浸透していくことが分かる。

図6と図8は防錆剤を塗布した後に防錆ペーストを塗りつけていない場合であり、材令が大きくなると全体的に防錆剤の濃度が小さくなっている。これはコンクリートの表面に塗布された防錆剤が、コンクリートの表面から外部に散逸しているからである。

図7と図9は防錆剤を塗布した後に防錆ペーストを表面に塗り付けた場合である。この場合は材令が大きくなっても防錆剤の濃度は全体的に高い値に保たれており、コンクリートの表面から外部に散逸する防錆剤の量が少ない。このことはアルカリ性付与剤を先にコンクリートの表面に塗布した場合もそうでない場合も同じである。防錆剤の塗布後に防錆ペーストで表面を被覆する方法は、コンクリートの表面からの防錆剤の散逸を少なくし、内部に浸透した防錆剤の濃度が低下するのを防ぐのに有効である。

防錆ペーストで表面処理をしたFとHの仕様では、図7と図9に示されるように、材令1カ月のときすでにコンクリートの表面から1~3cmの深さまで、かなりの濃度で防錆剤が浸透している。この場合の防錆剤の濃度は、 NO_2^- イオンの濃度で表して0.05~0.2%である。その後材令が大きくなったときのコンクリートの表面から1~3cmの深さにおける防錆剤の濃度は、 NO_2^- イオンの濃度で表して0.1%前後の似た値を保っている。またコンクリートの表面から5~6cmの深さでは、材令が小さい間は防錆剤の濃度は低い、材令が大きくなると、イオン NO_2^- の濃度で表して0.01%前後の

濃度になっている。

なお、防錆剤を塗布していない無処理の場合の NO_2^- イオンの濃度の試験結果は、いずれの材令でも百分率で表して小数点以下3桁まで0である。

4. まとめ

コンクリートの表面に塗布された防錆剤は、内部に浸透していき、また表面から外部に散逸する。防錆剤が表面から散逸するのを防ぐには、防錆ペーストを塗り付ける方法が有効である。この方法によると、コンクリートの内部に浸透した防錆剤は、コンクリートの表面から数センチメートルの深さまでの部分でかなりの濃度になっており、材令1年までの試験期間では高い濃度を保っている。その濃度を NO_2^- イオンの濃度で表すと、0.05~0.2%である。これは鉄筋の腐食を抑制するのに必要な防錆剤の濃度より大きい。コンクリートの表面に防錆剤を塗布する工法は、塩分を含有している既存の鉄筋コンクリートの耐久性改善に有効かつ強力な方法と考えられる。

なお、防錆剤を塗布する前のコンクリートの表面にアルカリ性付与剤を塗布すると、経年劣化してしたコンクリートの表面強度を向上できる。

文 献

- 1) 森永 繁, 成田一徳, 野宮勝久, コンクリートの中性化および鉄筋の発錆に関する研究, そのII, 日本建築学会大会学術講演要録集 p.443~444, 1977年10月
- 2) 小俣一夫, 産材の基礎知識, 工文社 1985年