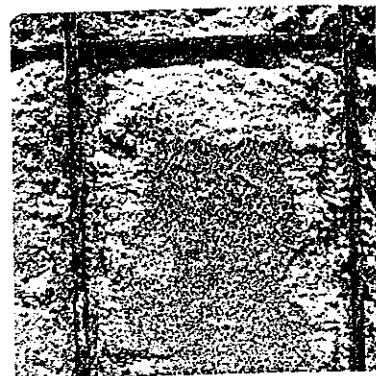


コンクリート用塗布型浸透性防錆剤の浸透性と防錆効果について



平居 孝之*
伊部 博**

1. はじめに

最近、コンクリート構造物の早期劣化が問題となっている。この原因としては主に次の2つが挙げられている。

(1)中性化問題……ポンプ打設や骨材等材料の品質悪化によるコンクリートの単位水量増加と、大気中の炭酸ガス濃度の増加(年当たり1.5ppmの増加傾向)により中性化が進められている。

(2)塩害問題……海砂や混和剤中の塩分のようなコンクリート材料中に導入される塩分の問題と、海水滴や海塩粒子によって外部から導入される塩害とがある。特に塩害による劣化損傷は著しく、新設、補修時にける種々の対策が急がれている。

現状では、この補修対策としては、塩分などの有害要因を遮断する表面被覆工法が一般に行われているが、この工法では、内部にとり残されている塩分の作用を完全に抑制することはできないはずである。

そこで、この塩分の作用を抑制する方法として、コン

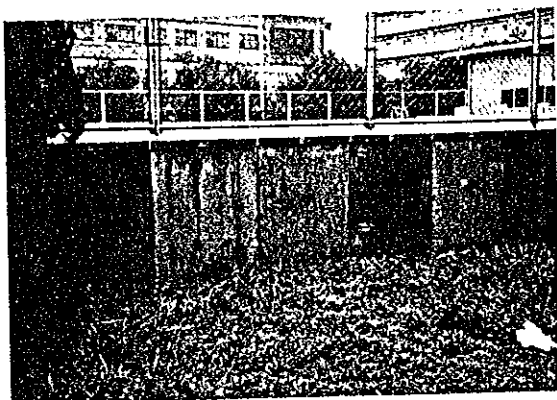


写真1 試験を実施した高校のプール側壁面

*ひらい たかゆき/大分大学 建築学科 教授
**いべ ひろし/小野田 リフレッシュ事業本部兼技術
部長代理

クリート用塗布型浸透性防錆剤の実用化(小野田デソルト・リフリート工法、特許出願中)がすでに昭和59年より試みられ、その実績も年々急増してきている。

本資料は、その防錆剤のコンクリートへの浸透性と、浸透した有効成分量とそれに対応できる塩分含有量との関係ならびに供試体による促進試験による防錆効果について、筆者らが発表した第40回セメント技術大会(昭61.5月)の講演要旨集より抜粋して記載するものである。

2. 研究内容と結果

2.1 防錆剤の浸透性に関する現場実験

2.1.1 目的

経年劣化したコンクリートの表面に防錆剤を塗布し、内部の鉄筋の腐食を抑制する方法は、塗布された防錆剤が内部の鉄筋の位置まで所定の濃度以上でコンクリートに浸透することが必要である。ここでは防錆剤を塗布したときのコンクリート中への浸透性を経時的に調べることを目的とする。

2.1.2 方法

2.1.2.1 試験対象および材料とその仕様

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1.5mのコンクリート打放しの側壁面を試験対象とした。試験開始時において建設後13年を経過している。表1の材料を使用した。防錆剤は(株)小野田の「小野田デソルト」を、またアルカリ付与剤は同社の「小野田RF-100」を使用した。防錆剤の塗布工法の仕様は、防錆剤の塗布に先だて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表2に示す種類である。

2.1.2.2 施工

試験対象のコンクリート側壁面を水平方向に90×10

表1 材料(いずれも小野田社品)

材 料	主 成 分
防錆剤(塗布用)	亜硝酸カルシウム
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 亜硝酸カルシウム
アルカリ性付与剤(塗布用)	ケイ酸アルカリ

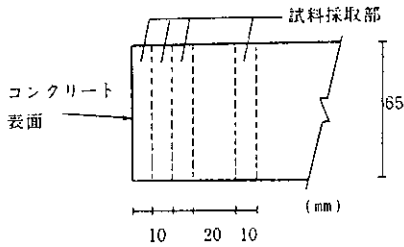


図1

表2 仕 様

種類	仕 様 () は塗布量 gr/m^2
E	アルカリ性付与剤塗布(384)+防錆剤塗布(504)
F	アルカリ性付与剤塗布(354)+防錆剤塗布(456)+防錆ペースト塗り
G	防錆剤塗布(496)
H	防錆剤塗布(567)+防錆ペースト塗り

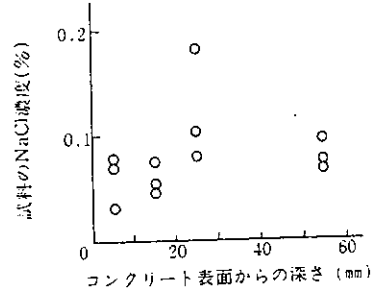


図2

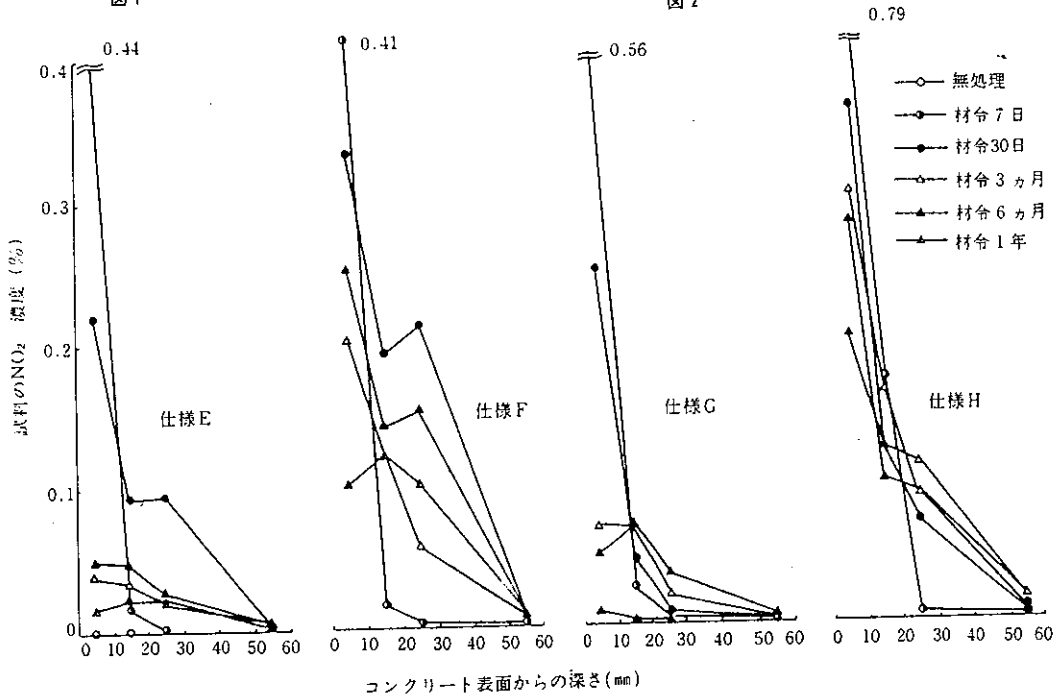


図3

cmごとの区間に割り付け、ワイヤーブラシでケレンして直ちに水洗いを行い、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 m^2 当たりで表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。

2.1.2.3 試験

材令7日、30日、3カ月、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1のよ

うにカットし149 μm の篩に通るように微粉碎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。防錆剤の含有率を評価するためその主成分の亜硝酸イオン NO_2^- をナフチルアミン吸光光度法により定量分析した。また試料に含まれる塩分についても定量分析を行った。

2.1.3 結果と考察

図2は試料の塩分の濃度の分析結果である。コンクリートの表面から深さ30mm程度にピークが見られ、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。

図3は試料のNO₂⁻イオンの濃度の分析結果である。防錆剤は施工後すみやかに拡散してコンクリートに浸透していき、同時にコンクリートの表面から散逸している。防錆ペーストで表面処理を行うとコンクリートの表面からの防錆剤の散逸が少なくなり、コンクリートの表面における防錆剤の濃度低下がおさえられている。このことはアルカリ性付与剤を先に塗布した場合も、そうでない場合も同じである。防錆ペーストで表面処理をしたFと

Hの仕様では、材令30日においてすでにコンクリートの表面から数cmの深さまでNO₂⁻イオンの濃度が0.1%前後以上に達している。防錆剤がコンクリートにすみやかに浸透していることから、その濃度を適切に調節することにより中性化が進行し、塩分含有率の高いコンクリートにおいても鉄筋の腐食を抑制することができる。

2.2 防錆剤の防錆効果に関する実験

2.2.1 目的

劣化したコンクリートの表面に防錆剤を塗布し、内部の鉄筋の腐食を抑制する方法では、鉄筋の位置までコン

表3

水溶液のNaCl濃度 (%)	防錆剤をNO ₂ ⁻ イオンに換算した濃度 (%)
3.30	0.39
1.65	0.33
0.83	0.27
0.61	0.23
0.41	0.17
0.31	0.13

表4 単位水量170kg/m³細骨材700kg/m³のコンクリート1m³について

塩素イオンの量 (A) (gr)	(A)を混練水中のNaClの濃度に換算すると(%)	(A)を細骨材のNaClの含有率に換算すると(%)	腐食抑制に必要なコンクリート中のNO ₂ ⁻ イオンの濃度(%)
3400	3.30	0.48	0.029
1700	1.65	0.24	0.024
850	0.83	0.12	0.020
630	0.61	0.09	0.017
425	0.41	0.06	0.013
320	0.31	0.04	0.010

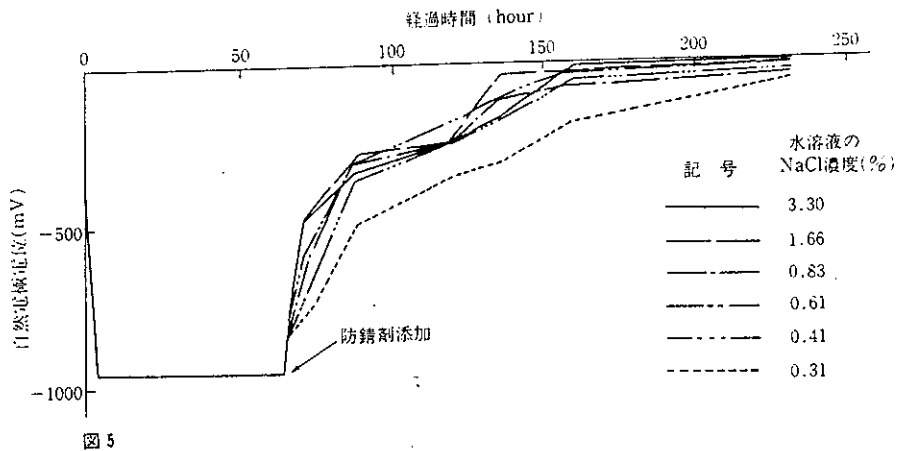


図5

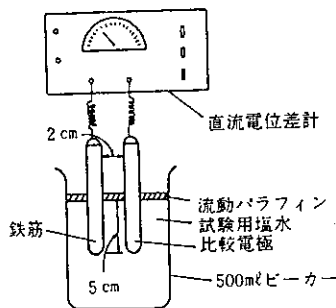


図4 試験装置

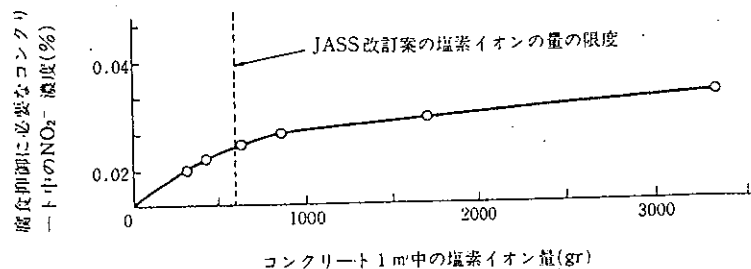


図6

クリート中を浸透した防錆剤が十分な防錆効果をもつことが必要である。このことを鉄筋の腐食を抑制するのに必要な防錆剤の濃度を試験して検討することを目的とする。

2.2.2 方法

2.2.2.1 材料

防錆剤はコンクリートに対する浸透性の良好な小野田製「小野田デソルト」を使用した。

2.2.2.2 試験

海水と同じ主成分で塩素イオンを $NaCl$ に換算した濃度が3.3%、1.65%、0.83%、0.61%、0.41%、0.31%となる6種類の水溶液に、表面をみがいた鉄筋を3日間浸漬して腐食を生じさせ、鉄筋の腐食により自然電極電位（以後電位という）が卑になっている状態の試験体を用意した。電位の測定はJIS A 6205鉄筋の塩水浸漬試験方法に準じて行った。試験装置を図4に示す。この状態から試験体の電位が卑から貴の方向に向かって変化しても電位が再び卑の方向に向かっていなければ、滴定に要した量を鉄筋の腐食を抑制するのに必要な量とした。

なお滴定に要した量を一度に加えた場合を試験し、鉄筋の腐食が抑制されることを確認した。

2.2.3 結果と考察

図5は腐食抑制に必要な量の防錆剤を加えたときの電位の変化の測定結果である。防錆剤を加えると電位はすみやかに卑から貴の方向に変化する。表3は6種類の塩分濃度の水溶液に対して、鉄筋の腐食を抑制するのに必要な防錆剤の量を亜硝酸イオン NO_2^- に換算した濃度である。塩分濃度が高くなると腐食抑制に必要な NO_2^- の量は増加する傾向にあるが、塩分濃度が高くなるのに対して必要な NO_2^- の増加量は少量である。

表4は表3の試験結果にもとづいて、コンクリートに含まれる塩分に対し必要な NO_2^- の量を求めたものである。水溶液で試験したときの鉄筋の腐食抑制に必要な NO_2^- の量で、硬化したコンクリート中の鉄筋の腐食抑制に効果があると仮定している。試験で用いた6種類の濃度の塩分を含む混練水を使ったコンクリートを想定し、コンクリート1m³に含まれる塩素イオンの量、同じ量の塩分が細骨材に含まれている場合の細骨材の塩分含有率、内部の鉄筋の腐食を抑制するために必要なコンクリートに含有すべき NO_2^- の濃度である。図6はコンクリート1m³に含まれる塩素イオンの量と、鉄筋の腐食を抑制するために必要なコンクリートに含有すべき NO_2^- の濃度

表5 モルタル配合表(質量比)

セメント	砂	水	スランパ* (mm)
25	75	22.8	35

*……JIS A11734 ポリマーセメントモルタルのスランパ試験方法による。

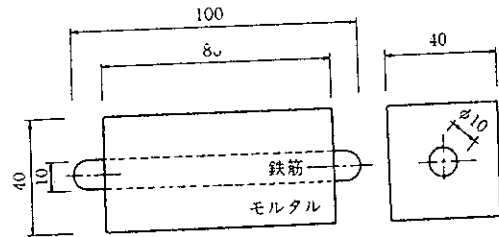


図7 供試体の形状

表6 供試体の処理方法

仕様	処理方法
1	無処理
2	防錆剤塗布
3	防錆剤浸せき(3時間)
4	アルカリ付与剤塗布後、防錆剤塗布
5	アルカリ付与剤浸せき後、防錆剤浸せき(各3時間)

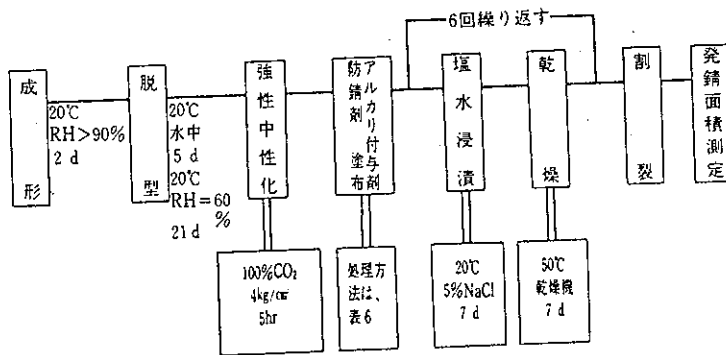


図8 試験方法のチャート図

との関係である。JASS改訂後の塩素イオン量の限度の数倍までの塩分を含むコンクリートにおいて、防錆に必要な防錆剤の量は亜硝酸イオン NO_2^- の濃度が0.02%前後となる。なお、この値は中性化したコンクリートを前提にしている。中性化していない場合はより少量で効果があると考えられる。

既設の鉄筋コンクリートの壁面にこの防錆剤を塗布してコンクリートに浸透させる試験によれば、適切な施工方法によって塗布された防錆剤は、施工後短時間でコンクリート中によく浸透していき、中性化が問題となる表面から数cmの深さまで0.02%より十分大きな亜硝酸イオン NO_2^- の濃度になっており、防錆剤の塗布工法により鉄筋の腐食抑制が期待できる。

2.3 防錆剤の防錆効果に関する促進実験

2.3.1. 目的

本研究は、コンクリート用塗布型浸透性防錆剤の防錆効果確認のため、中性化と塩害の両作用を受ける条件を促進試験に組み入れ、実験的に行ったものである。

2.3.2. 方法

2.3.2.1 供試体

供試体は、表5に示す配合のモルタルを用い、図7の形状に成形した。なお、使用した鉄筋はJIS A 6205(鉄筋コンクリート用防錆剤)に規定する $\phi 10 \times 100\text{mm}$ のもので、鉄筋の両端の角は丸め、研磨紙#240で研磨後、ベンゼン・エチルアルコール等容積混合溶液で洗浄し、そ

の後両端部10mmにエポキシ樹脂を塗布硬化させたものを使用した。

2.3.2.2 促進試験

促進試験は、図8に示す方法で行った。

2.3.3 結果及び考察

防錆剤、アルカリ付与剤の塗布量および試験結果は、表7、および表8、写真2～6に示すとおりであり、この結果より次のような効果確認ができた。ただし、写真中の小野田デソルト、小野田RF-100は、それぞれ防錆剤、アルカリ付与剤の商品名である。

- 強制中性化後においては、鉄筋の発錆はみられなかった。これは、加圧による短期促進のため水、酸素の出入りが少なかったためと考察される。
- 防錆剤ならびにアルカリ付与剤の処理の有無によって発錆面積が異なることがわかった。
- 防錆剤単味よりもアルカリ付与剤を併用した方が、防錆効果が大きい。
- データ記載はないが、アルカリ付与剤単味処理の場合は、無処理と大差なく防錆効果は認められなかった。
- 防錆剤単味ならびにアルカリ付与剤との併用においてその処理量は大きいほど防錆効果も大きくなっている

3. おわりに

コンクリート中に含まれた塩分は、できることなら除去することが望まれるが、今のところ実用化に至る方法

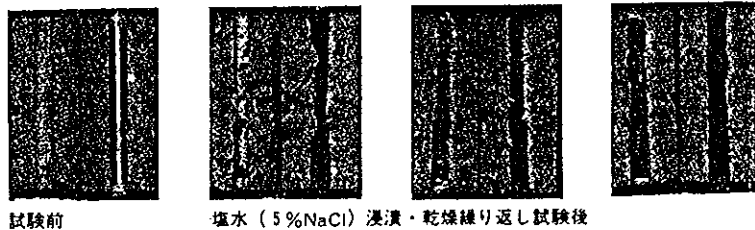
表7 アルカリ付与剤及び防錆剤の塗布量

仕様	処 理 方 法	塗 布 量(g/m)	
		アルカリ付与剤	防 錆 剤
1	無処理	—	—
2	防錆剤塗布	—	416
3	防錆剤浸せき(3時間)	—	2164
4	アルカリ付与剤塗布後、防錆剤塗布	408	428
5	アルカリ付与剤浸せき後、防錆剤浸せき(各3時間)	838	2093

表8 鉄筋の発生面積及び防錆率

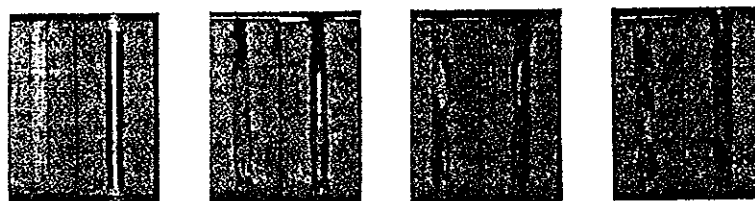
仕様	処 理 方 法	発生面積(cm)	防 錆 率(%) [*]
1	無処理	25.1	—
2	防錆剤塗布	20.2	20
3	防錆剤浸せき(3時間)	7.8	69
4	アルカリ付与剤塗布後、防錆剤塗布	14.6	42
5	アルカリ付与剤浸せき後、防錆剤浸せき(各3時間)	4.5	82

注) *防錆率(%) = $\frac{\text{無処理の発生面積} - \text{各処理の発生面積}}{\text{無処理の発生面積}} \times 100$



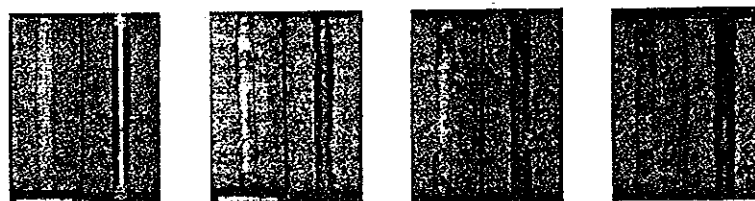
試験前 塩水 (5%NaCl) 浸漬・乾燥繰り返し試験後

写真2 試験後の発錆状況 (無処理)



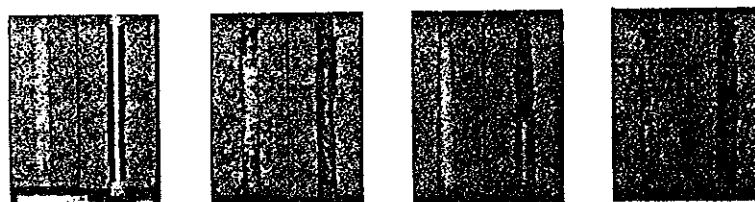
試験前 塩水 (5%NaCl) 浸漬・乾燥繰り返し試験後

写真3 試験後の発錆状況 (小野田デソルト処理 (塗布))



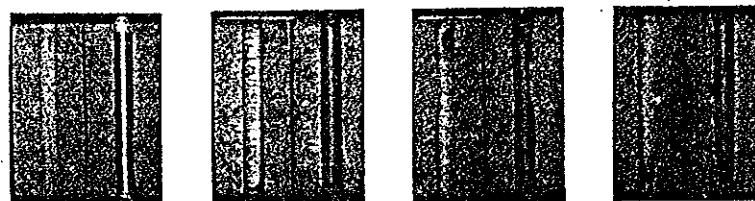
試験前 塩水 (5%NaCl) 浸漬・乾燥繰り返し試験後

写真4 試験後の発錆状況 (小野田デソルト処理 (浸漬))



試験前 塩水 (5%NaCl) 浸漬・乾燥繰り返し試験後

写真5 試験後の発錆状況 (小野田デソルト・小野田 RF-100処理 (塗布))



試験前 塩水 (5%NaCl) 浸漬・乾燥繰り返し試験後

写真6 試験後の発錆状況 (小野田デソルト・小野田 RF-100処理 (浸漬))

は見当たらない。防水性の高い仕上塗材で今後の塩分侵入を防止することもできるが、コンクリート中の水分を完全に無くすことは不可能で、酸素の供給も内側から断つことはできない。したがって内部の取り残された塩分の作用を抑制するには、塩素イオンが存在していても鉄筋を保護するような防錆環境を与える必要がある。本研

究は、この防錆環境を改善する防錆剤の効果を確認するために実施したものであるが、この種の改修材料は世界的に見ても初めての材料であり、今後さらに種々の角度からの研究も必要と思われる。

なお、本研究で使用した材料・工法は米国においてすでに特許が成立しており、世界に先がける工法といえる。