

報 告

[1092] 表面被覆材および浸透性吸水防止材による鉄筋コンクリート造の塩害防止抑制効果に関する一実験

正会員○天沼邦一 (エヌエムビー)

正会員 梶田佳寛 (建設省建築研究所)

根本 徹 (エヌエムビー)

瀬上光男 (エヌエムビー)

1. はじめに

海岸付近に建つ鉄筋コンクリート造建物に見られる塩化物の浸透による劣化に対して、コンクリート表面に被覆材を塗布する表面被覆工法が採用されており、その表面被覆材としては、モルタルや塗装材料が一般的に使用されている。これらの外部からの塩化物の浸透による塩害の場合は、塩化物が溶液の状態で浸透することから、表面被覆材として浸透性吸水防止材の使用が考えられる。本報告は、表面被覆材として、厚付け仕上材4種、塗膜防水材2種および表面処理材として浸透性吸水防止材5種の合計11種類を選定し、鉄筋を埋め込んだコンクリート供試体を海岸地区に暴露した。これらの供試体について、コンクリート中の塩化物の分布状態および鉄筋の腐食状態の測定を行い、その結果からそれぞれの材料による腐食抑制および防止効果を把握しようとするものである。

なお、本実験は、静岡県伊豆半島にある写真-1に示す海洋飛沫帯暴露実験場において昭和63年10月より暴露を開始し、5年間の計画で実施している。今回の報告は、材令1.5年(シリーズⅠ)および2年(シリーズⅡ)の結果である。



表-1 表面被覆材および浸透性吸水防止材の種類

シリーズ No	分類	材料の種類	主成分	材料記号	使用量	特徴
シリーズⅠ	浸透性 吸水防止材	有機溶剤系	アクリル	A	150 g/m ²	透明・造膜型
			アクリルシリコン	B	150 g/m ²	半造膜型
			アルキルアルコキシシラン	C	400 g/m ²	非造膜型
		エマルジョン系	アルキルアルコキシシラン	D	300 g/m ²	非造膜型
				E	300 g/m ²	非造膜型
	塗膜防水材	ウレタン樹脂		F	厚さ1mm	壓根防水材
シリーズⅡ	無塗布	塩化物量測定用コンクリート(モニター供試体)		対比-1	—	W/C=65%
	厚付け仕上材	セメント系	樹脂繊維、セメント、膨張材	G	厚さ20mm	無収縮材 W/C=32%
		ポリマーセメント系	アクリル樹脂系	H	厚さ20mm	下地調整材 P/C=5%
			ポリプロピオン酸樹脂系	I	厚さ10mm	S/C=3 P/C=10%
		左官用普通モルタル		J	厚さ20mm	S/C=3 W/C=50%
	塗膜防水材	ポリマーセメント系	アクリル樹脂系	K	厚さ1.5mm	外壁防水材 P/C=35%
	無塗布	比較用供試体		対比-2	—	W/C=65%

2. 実験方法

2. 1 表面被覆材および浸透性吸水防止材の種類

使用した材料の種類は、表面被覆材として、施工厚さが10から20mmの厚付け仕上材4種、塗膜厚さが1mm程度の塗膜防水材2種ならびに表面処理材として、浸透性吸水防止材5種の合計11種類である。これらの材料の概要を表-1に示す。

2. 2 供試体

(1) コンクリート

供試体の作製に使用したコンクリートの配合および品質を表-2に示す。打設2日後に脱型し、材令7日まで20℃湿布養生を行い、以後材令14日まで気乾養生を行った。

(2) 鉄筋とのかぶり厚さ

埋め込んだ鉄筋は、黒皮付きφ13mmの丸鋼（電炉品）を長さ220mmに切断したものであり、一本ずつ質量を測定した。かぶり厚さは、図-1に示すように15および30mmの2水準とした。

(3) 形状および寸法

供試体は、図-1に示す150×150×250mmの角柱に、2種類のかぶり厚さとなるように鉄筋を埋め込み作製した。各材料を塗布する試験面は、150×250mmの側面2面とし、その1面にはコンクリート打設時に真ちゅう板を用いて、鉄筋位置までスリット状の幅0.3および0.7mmの2種類の模擬クラックを設定した。この模擬クラックは、表面被覆材の施工時にすでに存在している欠陥部分を想定したものである。

表-2 コンクリートの配合および品質

粗骨材 の最大 寸法 (mm)	水セメ ント比 W/C (%)	細骨材 率 s/a (%)	単 位 量 (kg/m³)					スランブ (cm)	空気量 (%)	練り上 がり温度 (℃)	圧 縮 強 度 (kgf/cm²)	
			水	セメ ント	細骨材	粗骨材	混和剤				7日	28日
20	65	48	185	285	869	940	0.028	18.5	4.3	21.0	191	308

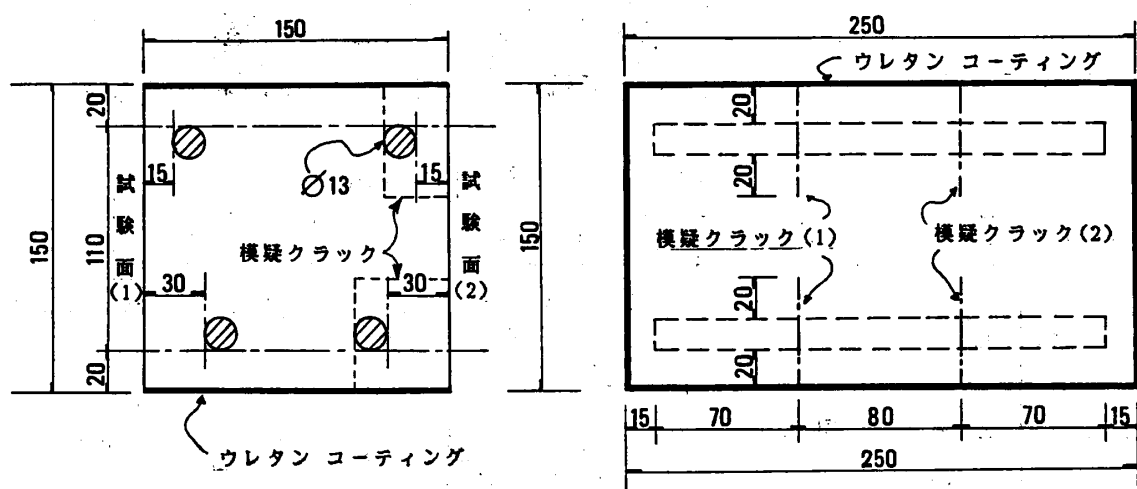


図-1 供試体の形状および寸法 (単位: mm)

模擬クラック (1) 幅0.3-0.2mm
(2) 幅0.7-0.6mm

(4) モニター供試体

暴露中の鉄筋を埋め込んだ供試体の塩化物の浸透状態を把握するために、同一配合のコンクリートにより $100 \times 100 \times 400$ mmのモニター供試体（無塗布）を作製し、同一の暴露を行い、約6カ月毎に塩化物の分布状態を測定した。

2. 3塩化物の測定

(1) 試料の採取

暴露供試体の塩化物量の測定に用いる試料は、中央部から深さ方向に $\phi 50$ mm、長さ $190 \sim 150$ mmのコアを抜取り、仕上材のあるものは、それを含めて 10 mm間隔で円板状にスライスした。また、モニター供試体は、 $100 \times 100 \times 100$ mmにカットし、深さ方向に対して 10 mm間隔でスライスした試料を採取した。（図-2参照）

(2) 塩化物の分析

スライスした試料は、絶乾状態にしてクラッシャーおよび振動ミルにより $149 \mu\text{m}$ 以下に粉砕し、硝酸で溶解してから電位差滴定法により塩化物の分析を行った。

2. 4鉄筋の腐食測定

(1) 発錆面積率の測定

発錆面積率は、供試体から取り出した鉄筋の発錆部分をトレーシングペーパーに写し取り、ビデオパターンアナライザーにより、全表面積に対する発錆部分の面積率を算出した。

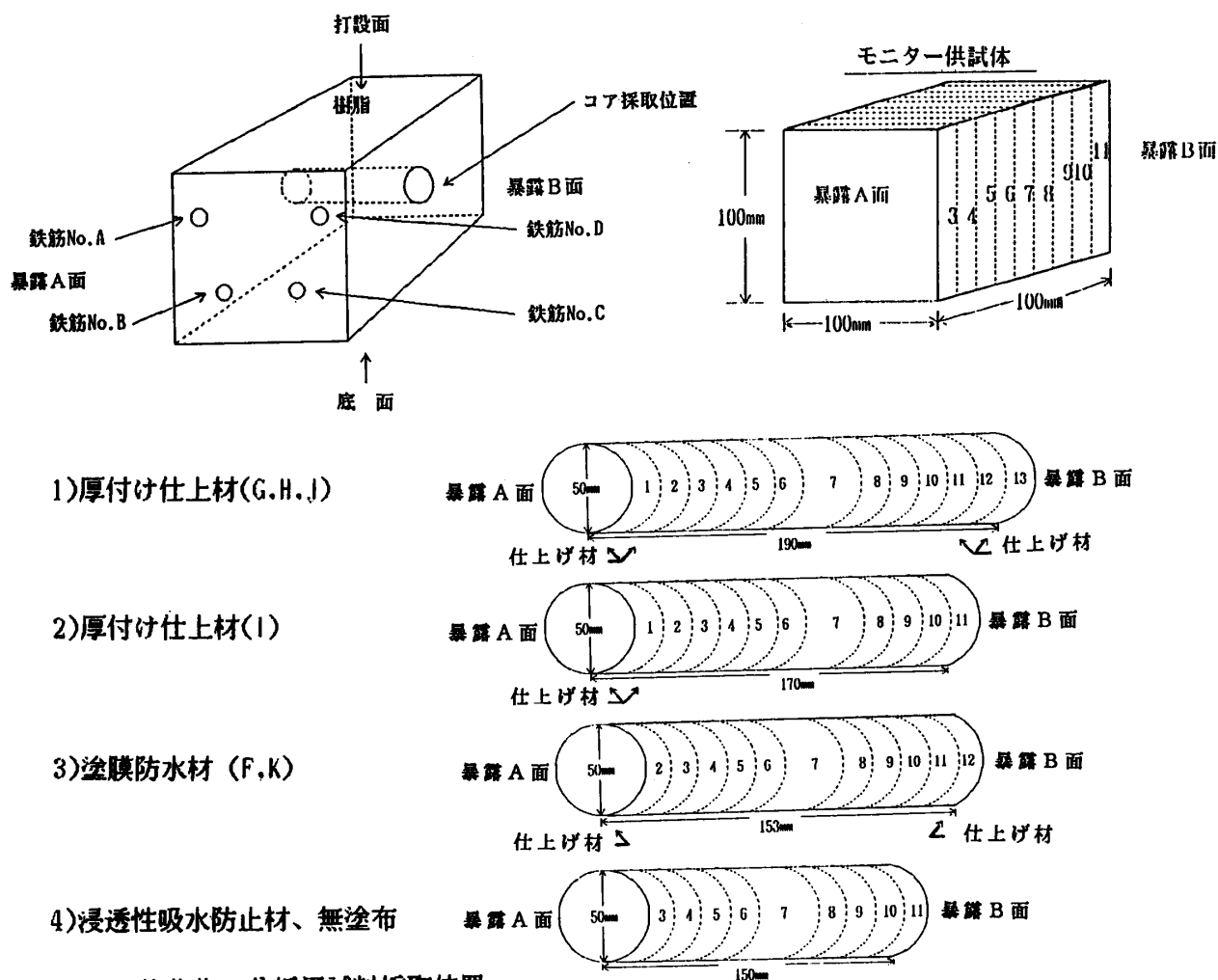


図-2 塩化物の分析用試料採取位置

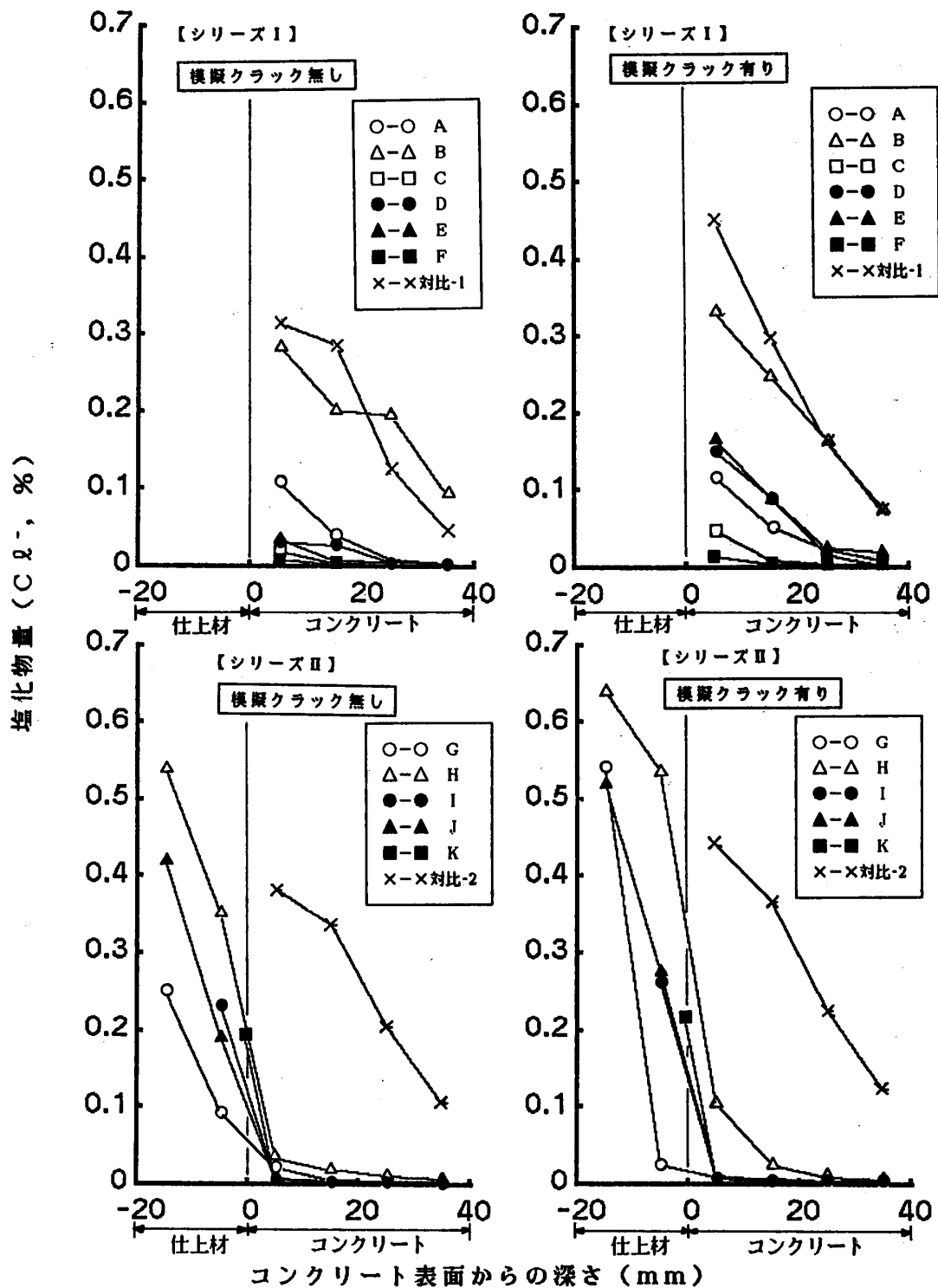


図-3 塩化物の分布図

(2) 質量減少率の測定

質量減少率は、供試体から取り出した鉄筋をクエン酸2アンモニウム水溶液により錆落としを行い、その質量を測定し、埋め込み前の質量に対する腐食により減少した質量の割合を算出した。

なお、取り出した鉄筋は、目視観察および写真記録を行った。

3. 結果および考察

3. 1 塩化物の浸透状況

供試体中の塩化物の分布を図-3に示す。浸透性吸水防止材（シリーズI）はB材を除くと、

無塗布のモニター供試体の塩化物の分布に比べて浸透が抑制されていることがわかる。浸透性吸水防止材の中でも、シラン系のC、D、E材の抑制効果大きい。コンクリート表面からの深さ15mmの部分では、模擬クラックの無い面から浸透した塩化物量は、模擬クラックの有る場合の約50%程度となっており、模擬クラックの有無の影響がみられる。この影響は、深さ30mm程度の部分にもみられる。塗膜防水材Fは、良好な抑制効果が認められ、模擬クラックの影響もみられない。

表面被覆材（シリーズⅡ）では、コンクリート内部への塩化物の浸透は、模擬クラックの有無にかかわらずほとんどみられず、厚付け仕上材の部分が高い塩化物量の値を示している。厚付け仕上材の種類による抑制効果は、現材令では大きな差はみられないが、仕上材部分の塩化物の分布に差があることより、今後の結果に影響をおよぼす可能性がある。また、参考として行った付着性試験の結果は、材料の種類による差がみられ、厚付け仕上材G、Iおよび塗膜防水材K材が付着強度12～20kgf/cm²であり、H、J材は、コア採取時に剥がれたため試験不能であった。

これらのことより、塩化物の浸透は、厚付け仕上材、塗膜材はもとより浸透性吸水防止材による抑制が可能である。模擬クラックのある場合は、厚付け仕上材や塗膜材による表面被覆が効果的であるが、浸透性吸水防止材のように物理的にクラックを埋めない材料についても抑制効果が認められる。

3. 2鉄筋の腐食状況

埋め込んだ鉄筋の腐食状況は、腐食による発錆面積率および質量減少率の間に図-4に示すような高い相関性が認められることから、ここでは質量減少率について述べる。また、図-5に示した質量減少率と塩化物量の関係についても相関関係にあることがわかる。各材料を塗布した供試体のかぶり厚さ15および30mmの鉄筋の質量減少率を図-6に示す。浸透性吸水防止材は、塩化物の浸透状況と同様に模擬クラックの有無による影響がみられる。B材を除くと、模擬クラックが無い場合は、かぶり厚さ15mmの鉄筋に若干の腐食がみられるものの、腐食は非常に少ない。これに比べクラックがある場合は、質量減少が大きくなり、また必ずしも、かぶり厚さの大きい鉄筋の質量減少が小さいとは言えない。クラックの有無による腐食の分布は、クラックのある場合、その部分から広がっているのに対して、クラックの無い場合、表面全体に広がった状態

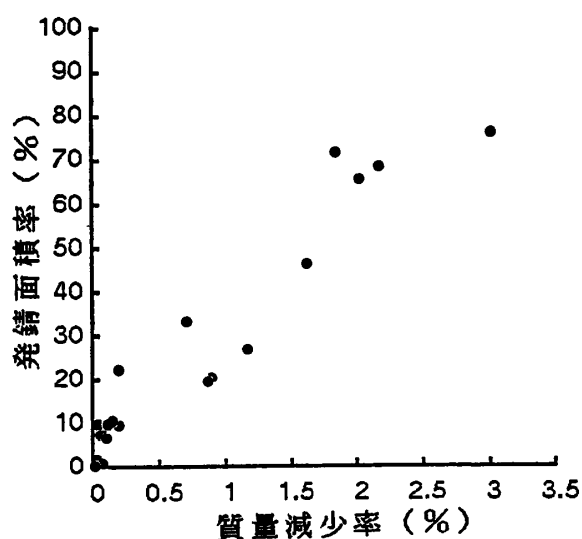


図-4 発錆面積率と
質量減少率の関係

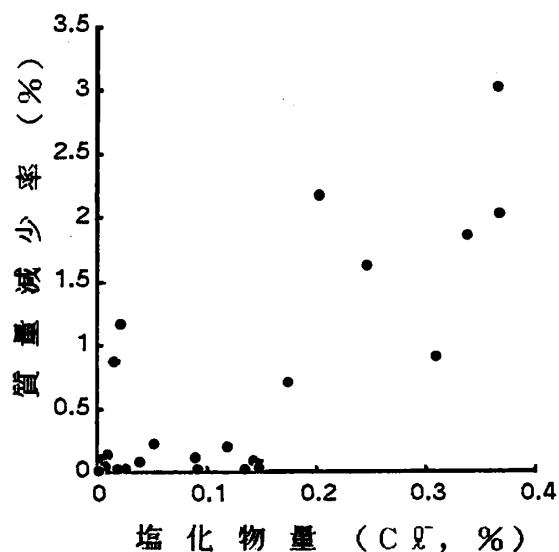


図-5 質量減少率と
塩化物量の関係

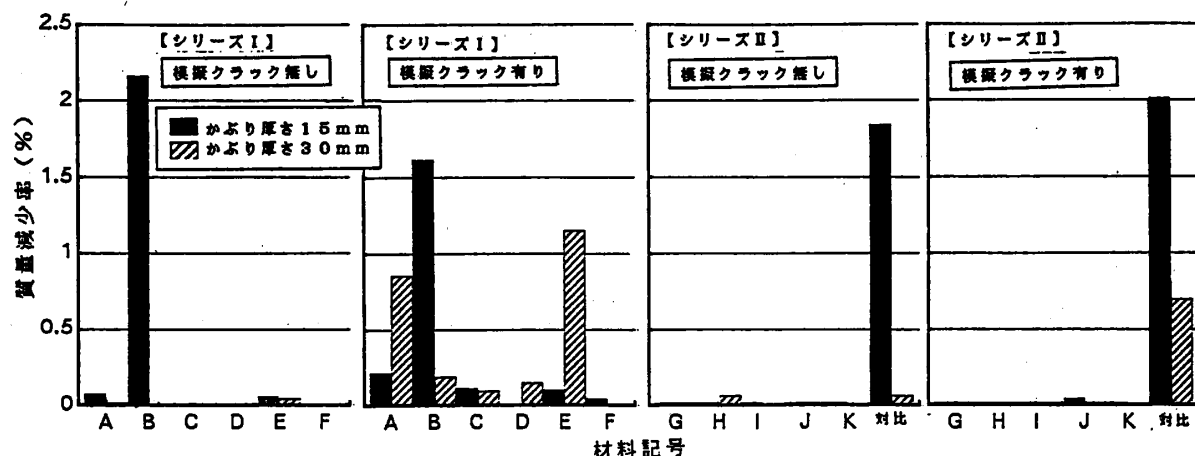


図-6 材料別の質量減少率

であった。B材においては、腐食によるものと考えられる鉄筋に沿ったクラックが発生しており、模擬クラックの無い面に最初に発生することが確認された。

厚付け仕上材は、いずれの材料でも模擬クラックの有無にかかわらず、鉄筋の腐食はほとんどみられない。無塗布の比較用供試体は、かぶり厚さ15mmでは模擬クラックの有無および幅の違いにかかわらず腐食が進んでおり、かぶり厚さ30mmでは、模擬クラック有無による影響がみられ、クラック無しの方が腐食量は少ない。

模擬クラック幅の影響は、0.7mmの方が0.3mmに比べ錆汁の発生は早い、目視による腐食状態は、0.3mmの方が大きいものもあり差はなかった。これは、本実験の模擬クラックが、スリット状に入れたものであり、実際の構造物に発生するクラックと形状が異なるためと考えられる。

4. まとめ

表面被覆材の塩化物の浸透防止抑制効果を把握するために、鉄筋を埋め込んだ供試体による海岸地区に暴露した。材令1.5年および2年までの結果をまとめると以下の通りである。

- (1)厚付け仕上材においては、模擬クラックの有無にかかわらず、塩化物のコンクリート中への浸透を抑制し、鉄筋の腐食はほとんどみられなかった。
- (2)浸透性吸水防止材による塩化物の浸透抑制効果は、材料の種類により異なり、シラン系のものでは模擬クラックの影響を受けるもののその効果が認められる。
- (3)鉄筋の腐食は、模擬クラックの影響を受けており、腐食の進行が模擬クラックの部分から進行していることがわかった。
- (4)埋め込んだ鉄筋の腐食による発錆面積率と質量減少率の関係は、高い相関性が認められた。

また、塩化物量と質量減少率の関係についても、相関関係にあることが確認された。

謝辞 本実験を行うにあたり、東京大学生産技術研究所の魚本健人助教授ならびに星野富夫技官の御指導および御援助をいただきましたことに心から感謝の意を表する次第です。

- 参考文献 1)樹田、安田、友沢、阿部、田中、原：RC造建築物における鉄筋腐食速度に及ぼすコンクリート中の塩化物量の影響、日本建築学会構造系論文報告集、第383号、昭和63年1月
- 2)樹田、安田、花米、松林：塩分環境下におけるコンクリート中の鉄筋腐食速度に関する一実験、コンクリート工学年次論文報告集12-1、1990年
- 3)星野、小林：コンクリート用浸透剤の塩化物遮蔽効果、コンクリート工学年次論文報告集12-1、1990年
- 4)浜田、原茂、大郎：コンクリートの各種打継目の耐海水性に関する材令10年試験、コンクリート工学年次論文報告集9-1、1987年