

ISSN 0386—5878
土木研究所資料 第2047号

土木研究所資料

コンクリート橋の塩害対策に関する暴露試験調査(Ⅱ)

昭和 59 年 2 月

建設省土木研究所
建設省東北地方建設局

Copyright © 1984 by P.W.R.I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director of P.W.R.I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複写は土木研究所長の承認を得ずしてこれを行なってはならない。

目 次

まえがき	1
1. 調査概要	2
1-1 調査目的	2
1-2 調 査	2
2. 供 試 体	4
2-1 供試体の種類	4
2-2 供試体の塗装工程	8
3. 調査場所及び時期	9
3-1 調査場所	9
3-2 設置方法	9
3-3 調査時期	12
4. シリーズ I 定期調査（昭和58年秋）	13
4-1 外観調査	13
4-2 色調変化調査	16
4-3 光沢調査	17
4-4 付着力調査	20
4-5 付着塩分調査	22
4-6 シリーズ I 定期調査結果のまとめ	25
5. シリーズ I 解体調査結果（昭和58年秋）	28
5-1 付着力調査	28
5-2 塩分調査	32
5-3 表面含水率調査	36
5-4 表面P H調査	39
5-5 塗膜厚調査	40
5-6 シリーズ I 解体調査のまとめ	41
6. シリーズ II 定期調査（昭和58年春と秋）	44
6-1 外観調査	44
6-2 色調変化調査	48
6-3 光沢調査	49

6-4 付着力調査	52
6-5 塩分調査	54
6-6 シリーズ II 定期調査のまとめ	61
7. シリーズ II 解体調査（昭和58年春）	64
7-1 外観調査	64
7-2 色調変化調査	67
7-3 光沢調査	68
7-4 付着力調査	69
7-5 塩分調査	72
7-6 自然電位分布調査	75
7-7 表面含水率調査	88
7-8 表面PH調査	89
7-9 塗膜厚調査	96
7-10 かぶり	92
7-11 鋼材腐食調査	95
7-12 シリーズ II 解体調査のまとめ	99
8. 昭和58年度調査のまとめ	102
8-1 シリーズ I 調査結果のまとめ	102
8-2 シリーズ II 調査結果のまとめ	102
あとがき	105

まえがき

東北地方日本海側では、海水や潮風の影響を受けて、海岸付近に架設されたプレストレストコンクリート橋の内部鋼材が腐食し、周囲のコンクリートを剝落させる、いわゆる塩害が生じており、これに関する早急な対策が求められている。

東北地方建設局では、この問題に当初より積極的に対処し、補修と合わせて実橋調査なども行なってきた。また、土木研究所もこれに対して協力を行なってきた。

今回補修工法についてさらに検討を加えるため、実橋での試験補修を進める一方、多数の供試体を製作して、実環境で暴露調査をすることになり、土木研究所、東北地方建設局酒田工事事務所、東北技術事務所が互に協力し合って供試体の製作および調査、維持管理を行うこととした。

なお、本報告は土木研究所資料第1851号コンクリート橋の塩害対策に関する暴露試験調査 (I) (昭和57年度刊) の続報となるものである。

本調査を実施するに当たっての主たる関係者は下記のとおりである。

建設省土木研究所

蒔 田 実 (地質化学部長)
村 上 己 里 (構造橋梁部長)
池 田 道 政 (企画部 橋梁計画官)
山 内 幸 裕 (企画部 前橋梁計画官)
小 林 茂 敏 (コンクリート研究室 室長)
丹 野 弘 (" 研究員)
森 芳 徳 (化学研究室 室長)
片 脇 清 士 (" 主任研究員)
守 屋 進 (" 技官)
佐 伯 彰 一 (橋梁研究室 室長)

東北地方建設局酒田工事事務所

黒 木 正 輝 (事務所長)
辻 靖 三 (前事務所長)
畑 中 哲 (副所長)
中 原 正 (道路管理課長)
武 田 弘 衛 (同係長)
五十嵐 完 爾 (鶴岡国道維持出張所長)

東北地方建設局東北技術事務所

磯 部 金 治 (事務所長)
黒 木 正 輝 (前事務所長)
高 橋 馨 (同副所長)
藤 原 正 (材料試験課長)
古 川 毅 (前材料試験課長)
三 浦 晃 (同係長)
加 藤 忠 夫 (前同係長)

1. 調査概要

1-1 調査目的

本調査は国道7号に架設されているプレストレスコンクリート橋梁の鉄筋が発錆し、コンクリートが剝落し腐食が増大しているため、その補修工法検討の一環として行っているものである。

1-2 調 査

暴露用コンクリート供試体を製作し、昭和57年8月から海岸飛沫帯（東北地建酒田工事事務所管内の日本海沿岸）に設置した。

供試体の暴露期間は当面5年間とし、この間、春秋の定期調査および隔年ごとの解体調査を継続する計画である。

昭和58年度においては鉄筋腐食の状況を早期に調査する必要があったので、春季調査ではシリーズⅡのみについて調査し、秋季調査では、シリーズⅠの定期調査および解体調査と、シリーズⅡの定期調査を実施した。

(1) 調査の種別

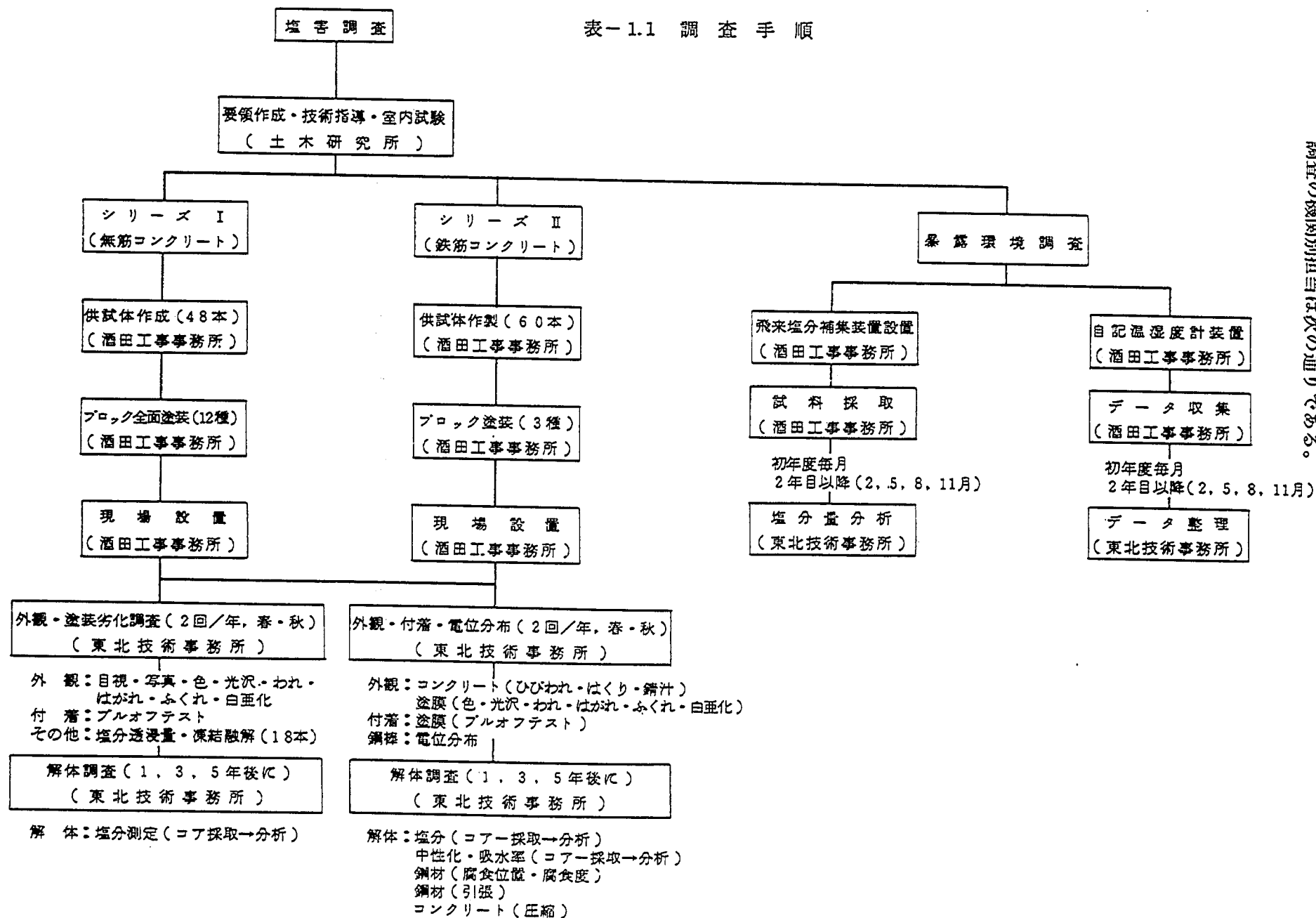
1) シリーズⅠ

みぞ型の無筋コンクリートブロックに各種塗装を実施し、耐久性塩分透過防止能力にすぐれた塗装を選定する。

2) シリーズⅡ

角柱の鉄筋コンクリートで多量の塩分を含むコンクリート中での鉄筋の腐食挙動を調査すると同時に各種の防食工法の鉄筋腐食の抑制効果について調査する。

表-1.1 調査手順



(2) 担 当

調査の機関別担当は次の通りである。

2) シリーズⅡ

表 1.4 春季・秋季定期調査

調 査 項 目	調 査 項 目
外 観 調 査	劣化の状態を塗膜については、ワレ、フクレ、ハガレ、白亜化を評価し、無塗装については、錆汁、ヒビワレ、ハクリについて評価する。
色調変化調査	標準見本板と比較して、塗膜の変色程度を評価する。
光 沢 調 査	60度鏡面光沢度を測定して、塗膜の光沢保持性能を評価する。
付着力調査	20mmφ のスペシナンを使用し、塗膜のコンクリートに対する付着力を測定する。
塩 分 調 査	コンクリートに対する塩分の透過浸入度及び表面への付着量を測定する。

表 1.5 解体調査

調 査 項 目	調 査 内 容
外 観 調 査	劣化の状態を塗膜については、ワレ、フクレ、ハガレ、白亜化を評価し、無塗装については、錆汁、ヒビワレ、ハクリについて評価する。
色調変化調査	標準見本板と比較して、塗膜の変色程度を評価する。
光 沢 調 査	60度鏡面光沢度を測定して、塗膜の光沢保持性能を評価する。
付着力調査	100mmφ のスペシメンを使用し、塗膜のコンクリートに対する付着力を測定する。
塩 分 調 査	コンクリートに対する塩分の透過浸入度を測定する。
電位分布調査	コンクリート中の鉄筋の腐食状態を非破壊で調査するため電位分布を測定する。
含水率調査	塗膜を除去した直後のコンクリート表面の含水率を調査する。
P H 調 査	塗膜を除去した直後のコンクリート表面の P H を調査する。
塗膜厚調査	コンクリート表面より塗膜をはがし、実塗膜厚を調査する。
か ぶ り 査	解体前に非破壊鉄筋検査機で測定し、コンクリートをはつた後にノギスにて純かぶり厚さを測定する。

2. 供 試 体

2-1 供試体の種類

(1) シリーズⅠ

シリーズⅠの供試体は無筋コンクリートでその塗装仕様は表-2.1の通りである。

表-2.1 シリーズIの供試体

供試体番号	塗 装 系	膜厚(μ)	特 徴	暴露期間 (年)
100-3-1 -3-2 -3-3	塗装なし	—	無塗装比較用	1 3 5
101-1 -2 -3	アクリル系溶剤型	100	コンクリート一般用 安価	1 3 5
102-1 -2 -3	エポキシ系エマルジョン型	1000	耐水, 耐薬品 物理性能 (湿面施工性)	1 3 5
103-1 -2 -3	エポキシ系溶剤型	200		1 3 5
104-1 -2 -3	エポキシ系無溶剤型	500		1 3 5
105-1 -2 -3	エポキシ系湿面用	1000		1 3 5
106-1 -2 -3	弾性系ポリブタジエン無溶剤型	1000		1 3 5
107-1 -2 -3	弾性系アクリルエマルジョン型	500	ひびわれ 追従型	1 3 5
108-1 -2 -3	弾性系ウレタン溶剤型	200		1 3 5
109-1 -2 -3	ガラスフレーク系エポキシ-1	1000	水, Cl ⁻ 透過抑制	1 3 5
110-1 -2 -3	ガラスフレーク系ビニルエステル-1	1000		1 3 5
111-1 -2 -3	表 ガラスフレーク系エポキシ-2	1000	水, Cl ⁻ 透過抑制	1 3 5
	裏 タールエポキシ系	200	耐水, 耐薬品, 経済性	
112-1 -2 -3	表 ガラスフレーク系ビニルエステル-2	1000	水, Cl ⁻ 透過抑制	1 3 5
	裏 タールエポキシ系	200	耐水, 耐薬品, 経済性	

(2) シリーズⅡ

供試体の特徴および暴露期間を表に供試体形状を図 に示す通りである。

表-2.2 シリーズⅡの供試体

供試体番号	供 試 体 の 特 徴				暴露期間 (年)
	かぶり (cm)	初期塩分量 (kg/cm ³)	コンクリートの表面処理	塗装鉄筋使用	
201-1 -2 -3 -4	2.5	0	塗装なし		1 3 5 長期
202-3 -4			エポキシ系溶剤型 (200 μ)		5 長期
203-3 -4			塗装なし	塗装鉄筋使用	5 長期
204-2 -3					3 5
205-2 -3		10	エポキシ系溶剤型 (200 μ)		3 5
206-2 -3			エポキシ系 (ガラスローピング補強用) (2,000 μ)		3 5
207-1 -2 -3 -4			塗装なし		1 3 5 長期
208-1 -2 -3 -4					1 3 5 長期
209-1 -2 -3 -4		30	エポキシ系 (ガラスローピング補強用) (2,000 μ)		1 3 5 長期
210-1 -2 -3 -4			ポリブダジエン系 (ガラス繊維補強用) (1,000 μ)		1 3 5 長期
211-1 -2 -3 -4			塗装なし	塗装鉄筋使用	1 3 5 長期
212-3 -4					5 長期
213-2 -3	5.0	0	塗装なし		3 5
214-1 -2 -3 -4		10			1 3 5 長期
215-3 -4		30			5 長期
216-2 -3 -5	7.5	0			3 5 5
217-1 -2 -3 -4 -5	7.5	10			1 3 5 長期
218-5-1 -5-2 -5-3 -5-4	無 筋	30			5 5 5 5
219-1 -2 -3 -4	2.5	0			1 3 5 長期

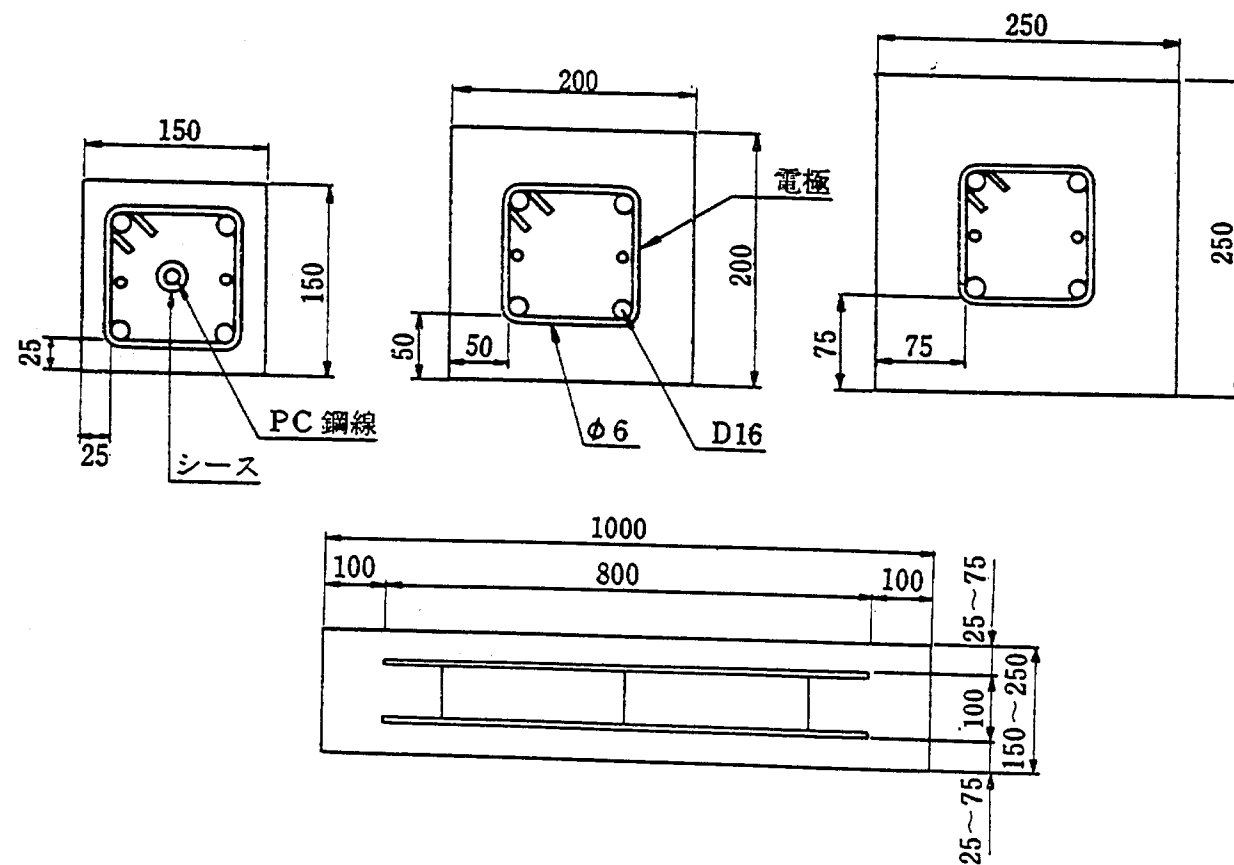


図-2.1 シリーズⅡの供試体形状

表-2.3 塗装工程

区分	供試体 No.	塗 装 系	目 標 膜 厚	下地 処理	素地 調 査	素地 調 整	第 1 層	第 2 層	第 3 層	第 4 層
シ リ ー ズ 1	101	アクリル系 (溶剤型)	100 μ	サン ダー 仕 上 げ	アクリルプライマー 0.13 kg/ m^2	エポキシ・パテ 0.30	上 塗 0.26	上 塗 0.26	上 塗 0.26	
	102	エポキシ系 (エマルジョン型)	1000 μ		エポキシプライマー 0.15	—	上 塗 1.0	上 塗 0.80		
	103	エポキシ系 (溶剤型)	200 μ		エポキシプライマー 0.10	エポキシ・パテ 0.30	中 塗 0.26	中 塗 0.26	ウレタン上塗 0.12	
	104	エポキシ系 (無溶剤型)	500 μ		エポキシプライマー 0.15	エポキシ・パテ 0.40	上 塗 0.25	上 塗 0.25	アクリルウレタン上塗 0.15	アクリルウレタン上塗 0.15
	105	エポキシ系 (湿面用)	1000 μ		エポキシプライマー 0.12	エポキシ・パテ 0.25	上 塗 1.4			
	106	弾 性 系 (ポリブタジェン無溶剤型)	1000 μ		エポキシプライマー 0.15	エポキシ・パテ 0.40	上 塗 0.80	上 塗 0.70	アクリルウレタン上塗 0.15	アクリルウレタン上塗 0.15
	107	弾 性 系 (マクリルエマルジョン型)	500 μ		エポキシプライマー 0.10	エポキシ・パテ 0.07	中 塗 0.40	中 塗 0.60	上 塗 0.30	
	108	弾 性 系 (ウレタン溶剤型)	200 μ		エポキシプライマー 0.08	エポキシ・パテ 0.30	上 塗 0.17	上 塗 0.18	上 塗 0.18	
	109	ガラスフレーク系 (エポキシ-1)	1000 μ		エポキシプライマー 0.10	エポキシ・パテ 0.30	上 塗 0.78	上 塗 0.80	ウレタン上塗 0.12	
	110	ガラスフレーク系 (ビニルエステル-1)	1000 μ		エポキシプライマー 0.15	エポキシ・パテ 0.40	上 塗 0.50	上 塗 0.50	上 塗 0.50	アクリルウレタン上塗 0.15 $\times$ 2
	111	ガラスフレーク系 (エポキシ-2)	1000 μ		エポキシプライマー 0.15	エポキシ・パテ 0.40	上 塗 0.80	上 塗 0.70		
	112	ガラスフレーク系 (ビニルエステル-2)	1000 μ		エポキシプライマー 0.15	エポキシ・パテ 0.10	上 塗 1.2	上 塗 1.0		
シ リ ー ズ 2	111,112 の裏面	タールエポキシ系 (タールエポキシ)	200 μ		エポキシプライマー 0.15	エポキシ・パテ 0.30	上 塗 0.19	上 塗 0.19	上 塗 0.19	
	202,205 208	エポキシ系 (溶剤型)	200 μ		エポキシプライマー 0.10	エポキシ・パテ 0.30	中 塗 0.26	中 塗 0.26	ウレタン上塗 0.12	
	206 209	エポキシ系 (ガラスロービング補強用)	2000 μ		エポキシプライマー 0.15	エポキシ・パテ 0.40	下 塗(ガラスロービング)上 塗 1.0	上 塗(ガラスロービング)上 塗 0.60+0.40	上 塗 0.60+0.40	アクリルウレタン上塗 0.15 $\times$ 2
	210	ポリブタジェン系 (ガラス繊維補強用)	1000 μ		エポキシプライマー 0.15	エポキシ・パテ 0.40	上 塗(ガラス繊維)上 塗 0.80	上 塗 0.70	アクリルウレタン上塗 0.15	アクリルウレタン上塗 0.15

3. 調査場所及び調査時期

3-1 調査場所

(1) シリーズⅠ（無筋コンクリート供試体）

山形県西田川郡温海町国道7号温福陸橋付近

(2) シリーズⅡ（鉄筋コンクリート供試体）

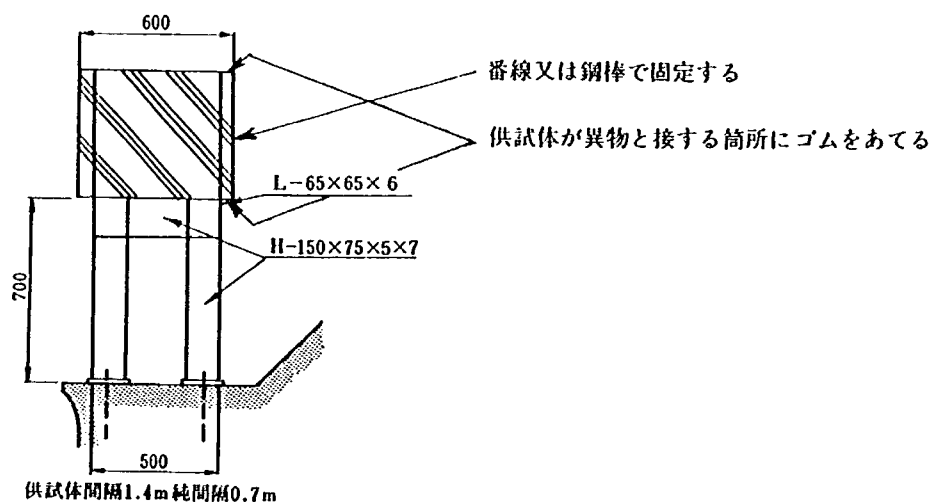
1) 定期調査 山形県西田川郡温海町国道7号暮坪陸橋付近

2) 解体調査 宮城県多賀城市桜木3丁目6-1建設省東北技術事務所内

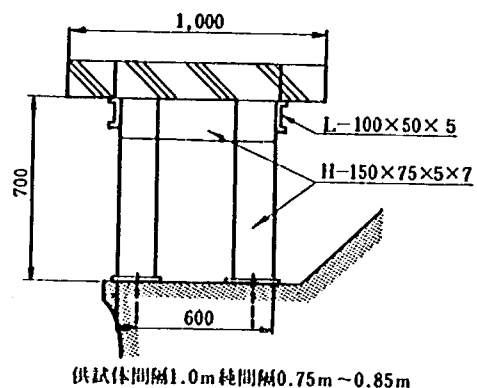
3-2 設置方法

(1) 設置位置と設置方法

シリーズⅠ



シリーズⅡ



図－3.1 供試体の設置方法

① シリーズⅠ

112-3 ☐
 112-2 ☐
 112-1 ☐
 111-3 ☐
 111-2 ☐
 111-1 ☐
 110-3 ☐
 110-2 ☐
 110-1 ☐
 109-3 ☐
 109-2 ☐
 109-1 ☐
 108-3 ☐
 108-2 ☐
 108-1 ☐
 107-3 ☐
 107-2 ☐
 107-1 ☐
 106-3 ☐
 106-2 ☐
 106-1 ☐
 105-3 ☐
 105-2 ☐
 105-1 ☐
 104-3 ☐
 104-2 ☐
 104-1 ☐
 103-3 ☐
 103-2 ☐
 103-1 ☐
 102-3 ☐
 102-2 ☐
 102-1 ☐
 101-3 ☐
 101-2 ☐
 101-1 ☐
 100-3-3 ☐
 100-3-2 ☐
 100-3-1 ☐

海

鶴岡
↑

② シリーズⅡ

218-5-4 ☐
 218-5-3 ☐
 218-5-2 ☐
 214-1 ☐
 211-1 ☐
 218-5-1 ☐
 219-4 ☐
 217-1 ☐
 219-3 ☐
 214-2 ☐
 213-2 ☐
 211-2 ☐
 210-2 ☐
 217-2 ☐
 216-2 ☐
 217-3 ☐
 215-3 ☐
 214-3 ☐
 213-3 ☐
 212-3 ☐
 211-3 ☐
 215-3 ☐
 219-2 ☐
 219-1 ☐
 217-4 ☐
 215-4 ☐
 214-4 ☐
 212-4 ☐
 211-4 ☐
 210-4 ☐
 209-4 ☐
 208-4 ☐
 207-4 ☐
 203-4 ☐
 202-4 ☐
 201-4 ☐
 210-3 ☐
 209-3 ☐
 208-3 ☐
 207-3 ☐
 206-3 ☐
 205-3 ☐
 204-3 ☐
 203-3 ☐
 202-3 ☐
 201-3 ☐
 209-2 ☐
 208-2 ☐
 207-2 ☐
 206-2 ☐
 205-2 ☐
 204-2 ☐
 201-2 ☐
 210-1 ☐
 209-1 ☐
 208-1 ☐
 207-1 ☐
 201-1 ☐
 217-5 ☐
 216-5 ☐

海

新潟
↓

図-3.2 供試体設置図

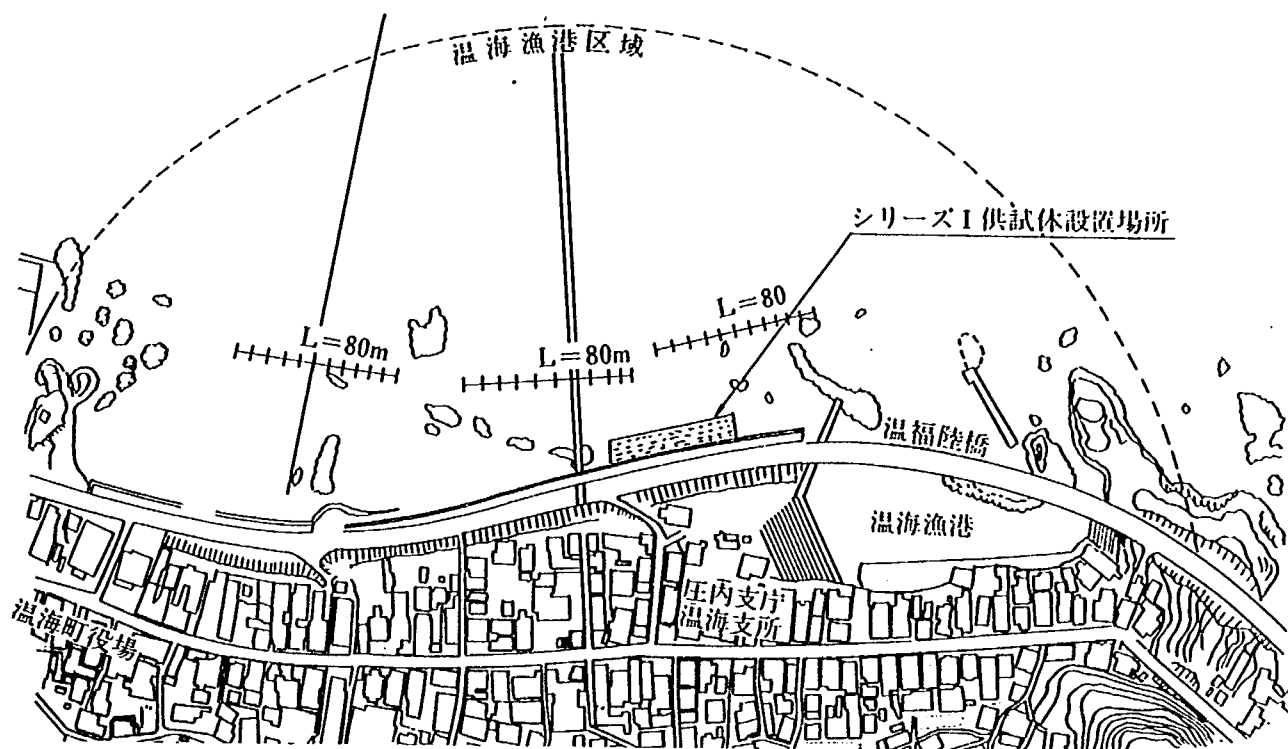


図-3.3 供試体(シリーズⅠ)設置場所(温福陸橋付近)

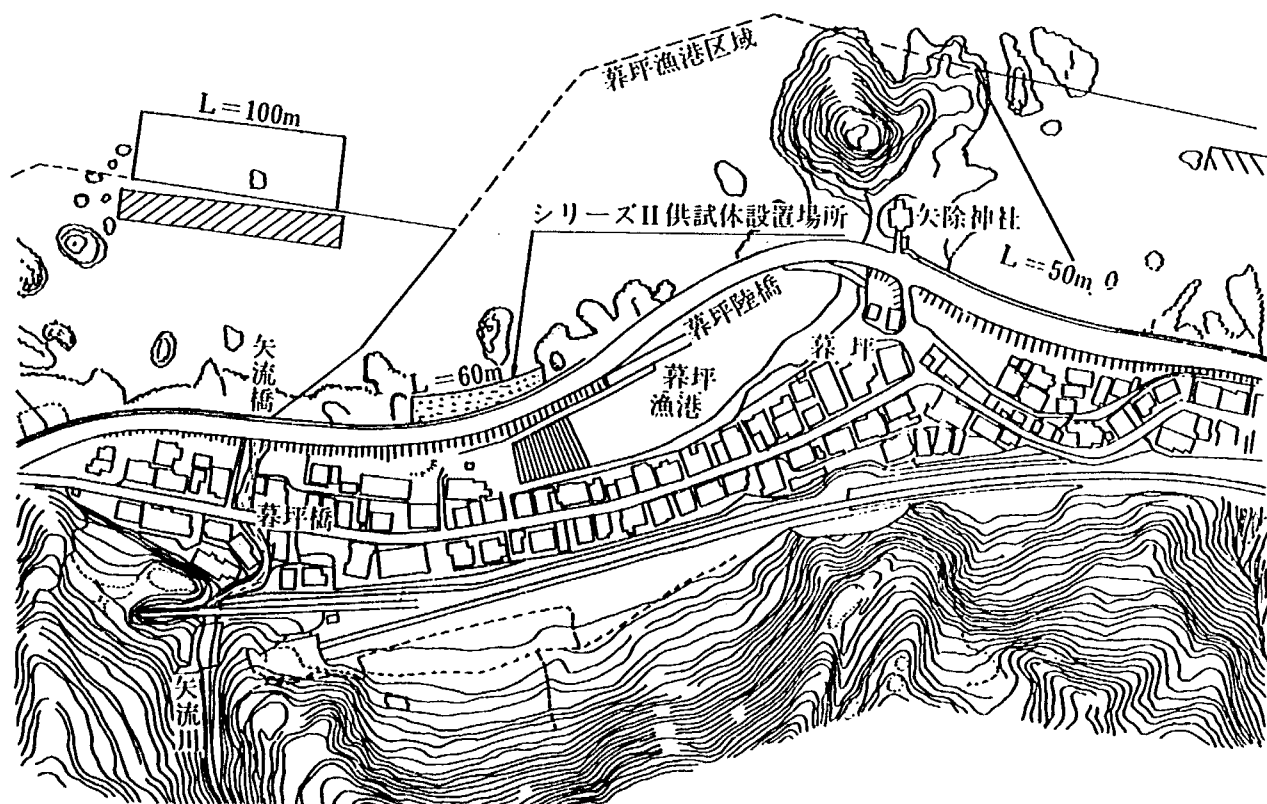


図-3.4 供試体(シリーズⅡ)設置場所(暮坪陸橋付近)

3-3 調査時期

(1) 供試体の設置

昭和57年 8 月 12 日

(2) 第 1 回目初期値の調査

昭和57年 8 月 18 日～ 8 月 25 日

(3) 第 2 回目秋の調査

昭和57年10月 25 日～10月 30 日

(4) 第 3 回目暴露 1 年後春季定期調査（シリーズⅡのみ）

昭和58年 5 月 7 日～ 5 月 11 日

(5) 第 3 回目暴露 1 年後解体調査（シリーズⅡのみ）

昭和58年 5 月 12 日～ 5 月 14 日

(6) 第 4 回目暴露 1 年後秋期定期調査（シリーズⅠ，Ⅱ）

昭和58年10月 3 日～10月 6 日

(7) 第 4 回目暴露 1 年後解体調査（シリーズⅠのみ）

昭和58年10月 6 日～10月 8 日

4. シリーズ定期調査（昭和58年秋）

みぞ型の無筋コンクリートブロックに塗装した塗膜の耐久性と塩分透過防止能力の調査が目的である。

本研究における塗装の目的は鉄筋コンクリートの保護である。塗膜が保護機能を長期間にわたって発揮するためには、塩分、酸素、水等の外界からの腐食因子を遮断する性能を持ち、かつコンクリート面に十分に付着し長期間塗膜自身が劣化してはならない。塗膜の耐久性を調べる方法として、われ、ふくれ、はがれ、チョーキング、色調、光沢の塗膜外観の変化と付着力の変化を追跡調査する方法を採用した。塗膜が劣化した場合、どの現象が先行するかは塗膜の種類により異なる。塗膜の耐久性を判断するには、これらの現象を総合的に見る必要がある。

われ：塗膜が劣化して弾性を失ない、コンクリートまたは塗膜自身の温度変化により生じる応力に耐えられなくてわれる。われが発生すると腐食因子の遮断効果が低下する。

ふくれ：塗膜が塗装直後で硬化不十分なため本来の強度に達していない場合、あるいは劣化した場合、塗膜の弱い部分にコンクリート表面の水が集まるかまたは温度差に起因する浸透圧により外部から水が浸透し塗膜が押し上げられてふくれる。

ふくれ部分の面積が大きいまたは小さくても塗膜が破れている場合、腐食因子の遮断効果が低下する。

はがれ：塗膜とコンクリート間、または塗膜層間の付着力が低下すると、コンクリートまたは塗膜自身の温度変化により生じる応力により浮き上がり破れてはがれる。

塗膜がはがれると腐食因子の遮断効果が低下する。

チョーキング：紫外線により塗膜中の樹脂が劣化して離脱し易い粉状になる。表面から塗膜内部へ進行し、塗膜厚が減少するので腐食因子の遮断効果が低下する。

色調と光沢：塗装の目的には下地の保護の他に美粧がある。美粧の場合、色調の変化や光沢の低下が問題となる。色調や光沢の変化は、光や有害ガスなどによる塗膜の化学的变化に起因する場合が多いので、塗膜の耐久性に影響する。

付着力：塗膜の付着力が低下すると、ふくれ、はがれ、浮き上がりの原因となる。当然保護機能は低下する。付着力の低下はコンクリートからのアルカリ性物質や水あるいは外部から塗膜を浸透した水などが原因で起る。

塗膜の塩分透過防止能力については暴露供試体の解体時に得られる浸透塩分量測定値とにより判定される。

4-1 外観調査

4-1-1 調査方法

(1) 塗装供試体

表－ 4.1 塗装供試体の調査内容

項 目	現 象	評 価	評 価 基 準
わ れ	塗膜表面にわれが出ている現象	肉眼で観察し形状、大きさにより評価する。 位置寸法を図に記録する。	塗膜の評価基準（日本塗料検査協会）
ふ く れ	塗膜が押し上げられてふくれ出ている現象	肉眼で観察し大きさ、密度により評価する。	
は が れ	塗膜が下地または塗膜間からはがれている現象	肉眼で観察し形状、大きさにより評価する。 位置、寸法を図に記録する。	
チョーキング	塗膜の表面が変化して離脱し易い粉状になる現象	指先で塗膜をこすり塗膜の離脱粉末の付着程度を調べる。	大・中・小なしの4段階に分類する。
外 観		写真記録をとる。	

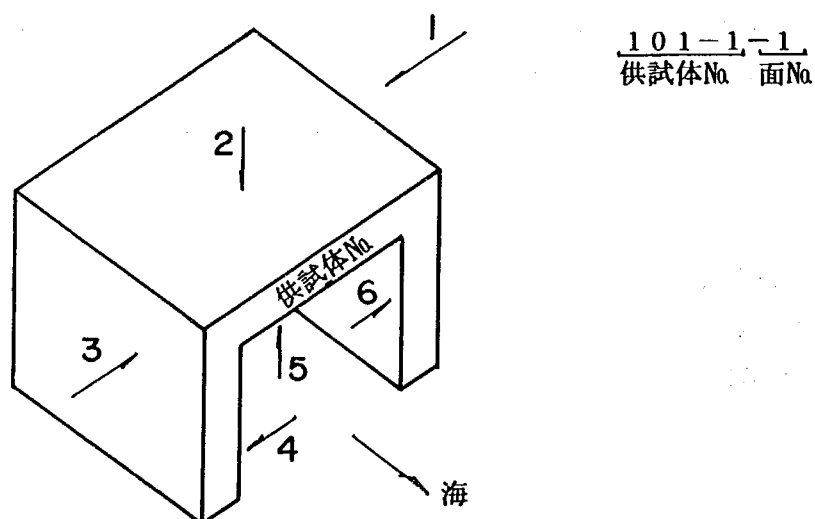
(2) 無塗装供試体

表－ 4.2 無塗装供試体の調査内容

項 目	現 象	評 価
ひ び わ れ	コンクリート表面にひびわれが出ている現象	クラックスケールを使用してひびわれ幅を測定する。 位置、ひびわれ幅を図に記録する。
は く り	コンクリート表面がはがれている現象	はくりした部分をトレーシングペーパーに写しプランイメーターで面積を求める。 位置、面積を図に記録する。
外 観		写真記録をとる。

(3) 調査位置

図の6面とする。



図－ 4.1 調査位置

4-1-2 調査結果と考察

(1) 塗装供試体

1) われ

塗膜のわれは 106 (弾性系ポリブタジエン無溶剤型) に発生した。これは塗膜表面が変化したためである。

2) ふくれ, チョーキング

表-4.3 塗装供試体の外観 (ふくれとチョーキング)

供試体 No	塗 装 系		膜 厚 (μ)	ふ くれ		チョーキング	
				外 面	内 面	外 面	内 面
101	アクリル系	溶 剤 型	100	8VS~8L	8VS~8S	なし	なし
102	エポキシ系	エマルジョン型	1,000	10	10	小	小
103	//	溶 剤 型	200	8L以下 ~8L	8L以下 ~8L	なし	なし
104	//	無 溶 剤 型	500	10	10	なし	なし
105	//	湿 面 用	1,000	10	10	小	小
106	弾 性 系	ポリブタジエン無溶剤型	1,000	8-VS	8-VS	なし	なし
107	//	アクリルエマルジョン型	500	10	10	なし	なし
108	//	ウレタン溶剤型	200	8M以下 8L以下	8M以下	中	中
109	ガラスフレーク系	エポキシ-1	1,000	10	10	なし	なし
110	//	ビニルエステル-1	1,000	10	10	なし	なし
111	ガラスフレーク系	エポキシ-2	1,000	10	—	中	—
	タールエポキシ系	タールエポキシ	200	—	10	—	小
112	ガラスフレーク系	ビニルエステル-2	1,000	10	—	なし	—
	タールエポキシ系	タールエポキシ	200	—	8L以下~4VL	—	小

ふくれ：膜厚の小さい塗装系 (101, 103, 108 およびタールエポキシ) と最もやわらかい塗装系 (106) で発生した。

タールエポキシで差があるのは下に塗装したエポキシ系パテの膜厚に影響されたためと思われる。

チョーキング：耐候性の良い上塗りを使用していないエポキシ系 (102, 105, 111) と弾性系ウレタン溶剤型に発生した。

1) はがれ

塗膜のはがれはまだ発生していない。

(2) 無塗装供試体

1) ひびわれ

いずれも内面のコーナー部に沿って暴露初期に発生したものである。

2) はくり

いずれもかどかけ又は何かが当たった為に生じたものであり、暴露初期に発生したものである。

4-2 色調変化調査

4-2-1 調査方法

(1) 調査手順

- 1) 塗装供試体について調査する。
- 2) 調査塗膜面を水道水に浸したガーゼにて水洗する。
- 3) 調査面が乾燥後、肉眼にて標準色と比較し色調の変化を調べる。
- 4) 評価は大, 中, 小なしの4段階で行なう。
- 5) 写真記録をとる。

(2) 調査位置

図に示す通り、各面2点ずつで供試体一体につき12点である。

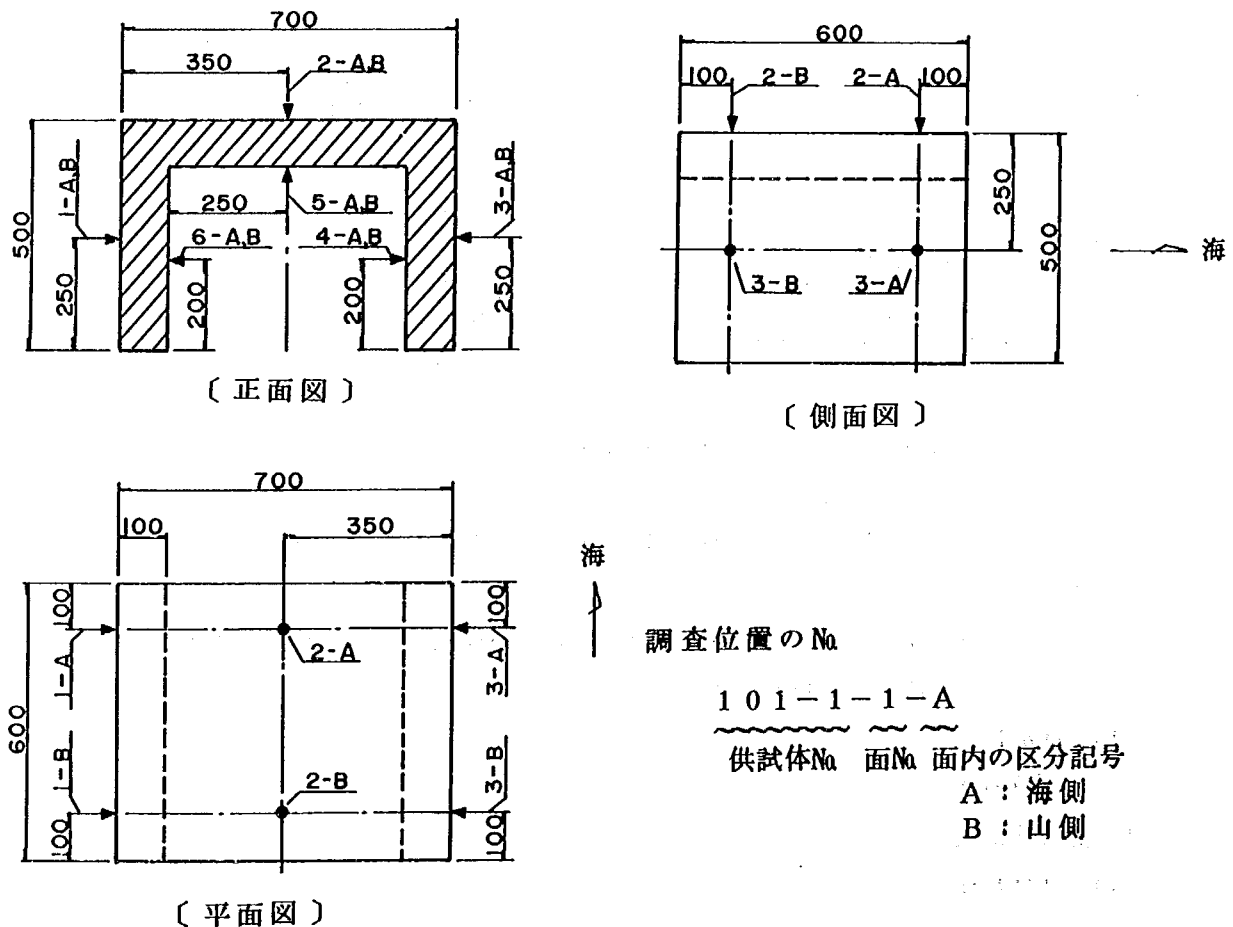


図-4.2 色調変化の調査位置

4-2-2 調査結果と考察

調査結果をまとめると次の様になる。

表- 4.2 色調変化調査結果

No	塗	装	系	外 面	内 面
101	アクリル系	溶 剤 型		小	小
102	エポキシ系	エマルジョン型		中	小
103	//	溶 剤 型		な し	な し
104	//	無溶剤型		な し	な し
105	//	湿 面 用		中	小
106	弾 性 系	ポリブタジエン無溶剤型		小	小
107	//	アクリルエマルジョン型		な し	な し
108	//	ウレタン溶剤型		大	大
109	ガラスフレーク系	エポキシ-1		な し	な し
110	//	ビニルエステル-1		小	小
111	//	エポキシ-2		大	—
112	//	ビニルエステル-2		大	—
113 *	タールエポキシ系	タールエポキシ		—	中

* 111, 112 の内面用

変化の大きい108, 111, 112は暴露開始から初期調査までの2週間で変色した。塗膜の色調変化は、アクリル樹脂系およびウレタン樹脂系の屋外耐候性の優れた上塗りを持つ101, 103, 104, 106, 107, 109, 110において小さかった。又、同一供試体では紫外線を多く受ける外面の方が内面よりも色調変化は大きいと言える。

4-3 光沢調査

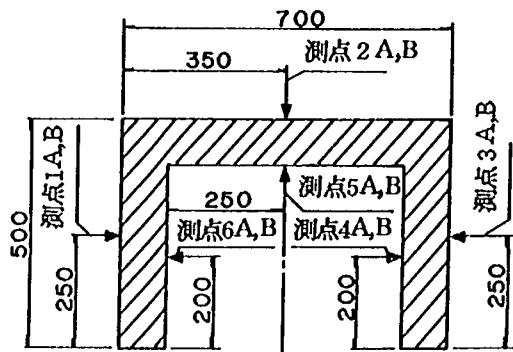
4-3-1 調査方法

携帯用光沢計で60度鏡面光沢度を測定した。

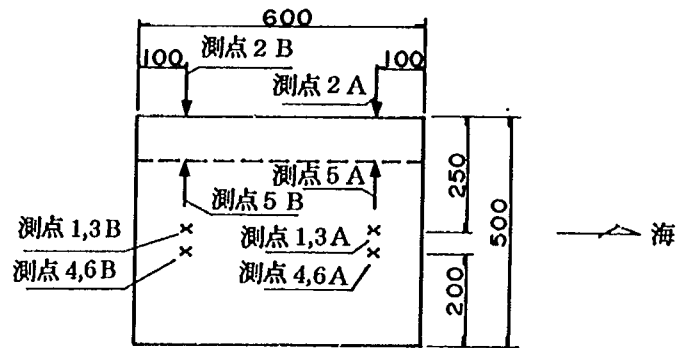
(1) 測定手順

- 1) 測定塗膜面を水道水に浸したガーゼにて水洗する。
- 2) 測定面が乾燥後、携帯用光沢計にて60度鏡面光沢度を測定する。

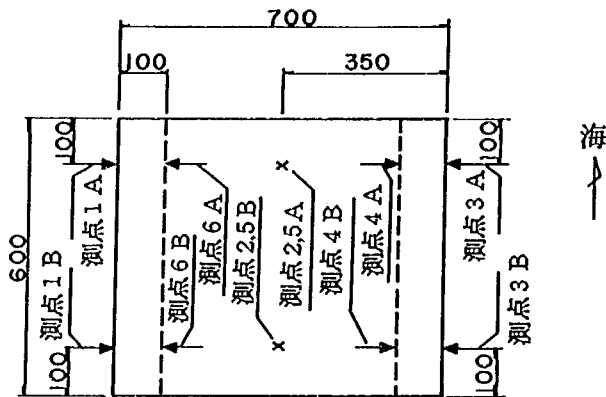
(2) 測定位置



(正面図)



(側面図)



(平面図)

測定位置のNa

1 0 1 - 1 - 1 - A

~~~~~  
供試体Na 面Na 面内の区分記号

A : 海側

B : 山側

図- 4.3 光沢調査位置

- 1) 上図の様に各測定面 2 箇所ずつ測定し、1 箇所について 3 点測定した値を平均してその測点の光沢度とした。
- 2) 測定点数は供試体 1 体につき 12 点である。

#### 4-3-2 光沢調査結果と考察

- ① 初期と 1 年後の秋季測定結果を比較すると供試体 Na 108 (弾性系ウレタン溶剤系) は、光沢の低下は認められたがその他の供試体は大きな変化がなかった。
- ② 外側と内側の光沢度の差は供試体 Na 108 で認められるが、他の供試体では大きな差はなかった。
- ③ 1 年後の秋季を比較すると 0 年より 1 年後の測定値が高い値を示した。この原因は測定期、天候、および表面の水洗条件等により測定値のバラツキと考えられ次回の検討を要する。

#### 4-3-2 調査結果と考察

1年後の調査結果をまとめると下表のようになる。

表-4.5 光沢調査結果

| 供試体番号 | 塗 装 系                                 | 測 定<br>時 期 | 外 側 ( 1, 2, 3 面 ) |     |     | 内 側 ( 4, 5, 6 面 ) |     |     |
|-------|---------------------------------------|------------|-------------------|-----|-----|-------------------|-----|-----|
|       |                                       |            | 最低値               | 最高値 | 平 均 | 最低値               | 最高値 | 平 均 |
| 101   | アクリル系溶剤型                              | 初 期        | 47                | 87  | 74  | 42                | 81  | 67  |
|       |                                       | 0 年秋       | 23                | 59  | 43  | 25                | 72  | 47  |
|       |                                       | 1 年秋       | 35                | 59  | 48  | 50                | 76  | 63  |
| 102   | エポキシ系エマルション型                          | 初 期        | 1                 | 1   | 1   | 1                 | 1   | 1   |
|       |                                       | 0 年秋       | 1                 | 2   | 1   | 1                 | 2   | 2   |
|       |                                       | 1 年秋       | 1                 | 1   | 1   | 1                 | 1   | 1   |
| 103   | エポキシ系溶剤型                              | 初 期        | 48                | 69  | 59  | 52                | 74  | 62  |
|       |                                       | 0 年秋       | 17                | 37  | 27  | 20                | 73  | 34  |
|       |                                       | 1 年秋       | 43                | 71  | 60  | 56                | 72  | 64  |
| 104   | エポキシ系無溶剤型                             | 初 期        | 56                | 81  | 69  | 37                | 78  | 62  |
|       |                                       | 0 年秋       | 28                | 68  | 44  | 20                | 56  | 39  |
|       |                                       | 1 年秋       | 30                | 69  | 57  | 62                | 78  | 67  |
| 105   | エポキシ系湿面用                              | 初 期        | 6                 | 15  | 10  | 8                 | 16  | 13  |
|       |                                       | 0 年秋       | 2                 | 9   | 4   | 4                 | 9   | 7   |
|       |                                       | 1 年秋       | 1                 | 1   | 1   | 4                 | 13  | 7   |
| 106   | 弾性系ポリブタジエン無溶剤型                        | 初 期        | 63                | 73  | 72  | 52                | 79  | 69  |
|       |                                       | 0 年秋       | 28                | 69  | 50  | 37                | 79  | 56  |
|       |                                       | 1 年秋       | 47                | 79  | 64  | 58                | 82  | 73  |
| 107   | 弾性系アクリルエマルション型                        | 初 期        | 3                 | 4   | 3   | 3                 | 5   | 4   |
|       |                                       | 0 年秋       | 2                 | 3   | 2   | 2                 | 3   | 3   |
|       |                                       | 1 年秋       | 4                 | 5   | 4   | 2                 | 4   | 3   |
| 108   | 弾性系ウレタン溶剤型                            | 初 期        | 31                | 41  | 37  | 31                | 41  | 37  |
|       |                                       | 0 年秋       | 2                 | 26  | 13  | 23                | 27  | 29  |
|       |                                       | 1 年秋       | 1                 | 3   | 2   | 8                 | 44  | 25  |
| 109   | ガラスフレーク系エポキシ-1                        | 初 期        | 38                | 54  | 46  | 22                | 54  | 41  |
|       |                                       | 0 年秋       | 27                | 40  | 33  | 13                | 37  | 28  |
|       |                                       | 1 年秋       | 27                | 41  | 35  | 18                | 39  | 30  |
| 110   | ガラスフレーク系<br>ビニルエステル-1                 | 初 期        | 11                | 38  | 24  | 9                 | 38  | 20  |
|       |                                       | 0 年秋       | 11                | 26  | 18  | 9                 | 30  | 18  |
|       |                                       | 1 年秋       | 17                | 36  | 24  | 22                | 29  | 26  |
| 111   | 外：ガラスフレーク系エポキシ-2<br>内：タールエポキシ系        | 初 期        | 4                 | 7   | 6   | 6                 | 14  | 8   |
|       |                                       | 0 年秋       | 2                 | 5   | 3   | 3                 | 8   | 6   |
|       |                                       | 1 年秋       | 1                 | 2   | 1   | 1                 | 6   | 3   |
| 112   | 外：ガラスフレーク系<br>ビニルエステル-2<br>内：タールエポキシ系 | 初 期        | 3                 | 5   | 4   | 7                 | 13  | 10  |
|       |                                       | 0 年秋       | 2                 | 3   | 3   | 3                 | 10  | 6   |
|       |                                       | 1 年秋       | 4                 | 6   | 5   | 1                 | 2   | 2   |

#### 4-4 付着力調査

##### 4-4-1 調査方法

###### (1) 測定手順

- 1) 供試体の塗装面の付着力測定個所を、回転式カッター等を用いて塗膜上より供試体素材面に達する20mm φの穴を切り込む。
- 2) 測定塗膜面をサンドペーパーにて平滑に研磨する。
- 3) 研磨後、脱脂したアルミニウムスペシメン(20mm φ)に、エポキシ系接着剤を塗付し測定塗膜面にはり合せる。
- 4) スペシメン接着後24時間放置し、アドヒージョンテスターを用いてスペシメンを垂直に引張ってはく離する。

###### (2) 測定位置

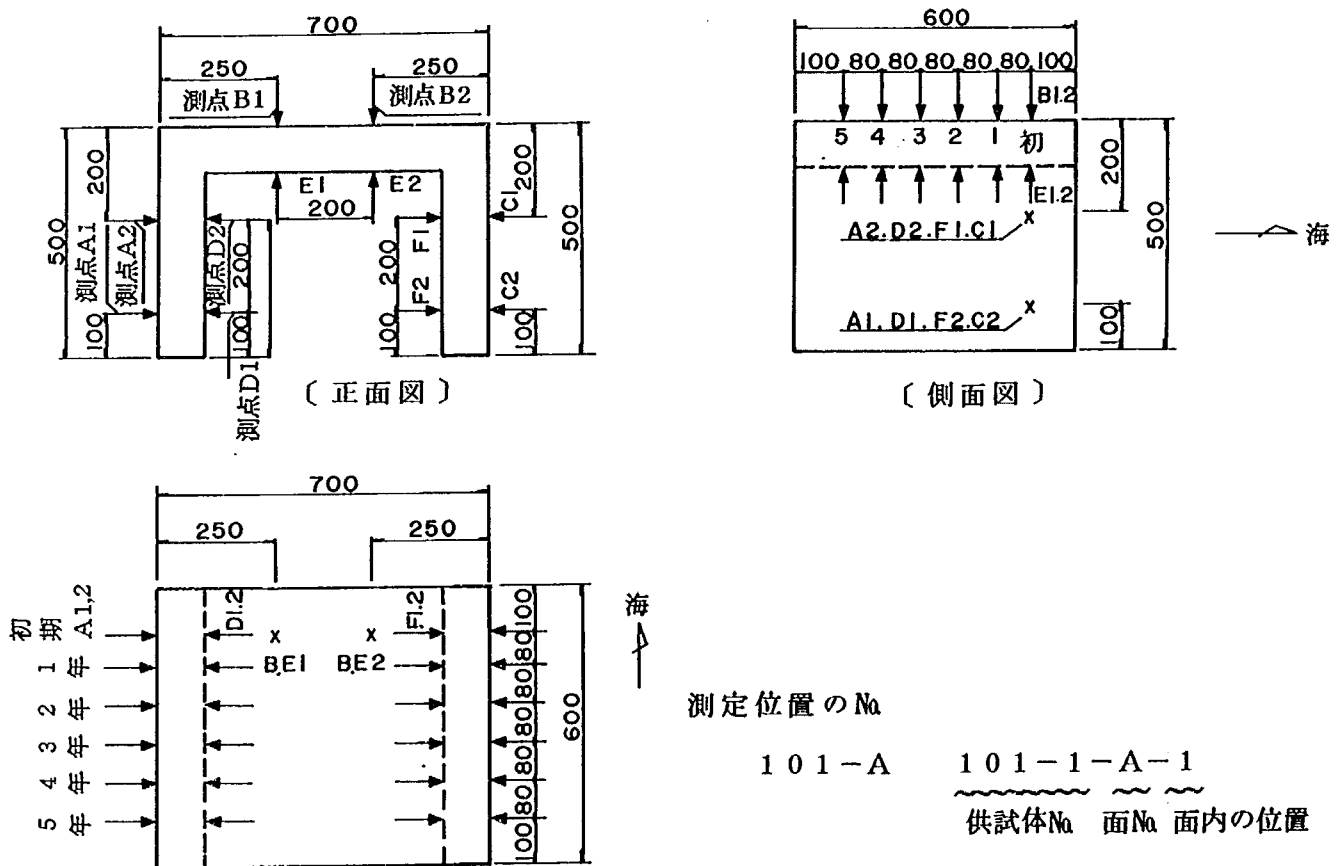


図-4.4 付着力調査位置

###### (3) 評価方法

- 1) 付着力 (kg/cm<sup>2</sup>) を測定しはく離状況をスチッチ及び写真撮影する。

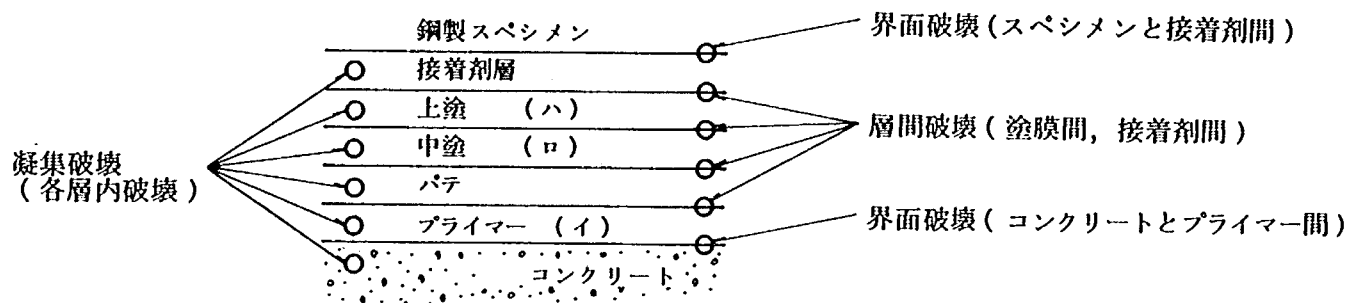


図-4.5 破壊状況の凡例

#### 4-4-2 付着力調査結果と考察

初期および1年後の調査結果をまとめると表-4.6のようになる。

表-4.6 付着力調査結果

(単位 kg/cm)

| 供試体番号 | 塗 装 系                               | 測 定 時 期 | 外 側 (B1 面) |                                          | 内 側 (E1 面) |                                                |
|-------|-------------------------------------|---------|------------|------------------------------------------|------------|------------------------------------------------|
|       |                                     |         | 測定値        | は く り 状 況                                | 測定値        | は く り 状 況                                      |
| 101-3 | アクリル系溶剤型                            | 初期      | 10         | コンクリート凝集100%                             | 15         | コンクリート凝集100%                                   |
|       |                                     | 1 年     | 10         | "                                        | 10         | "                                              |
| 102-3 | エポキシ系エマルジョン型                        | 初期      | 10         | コンクリート凝集90%<br>界面(コンク/下)                 | 10         | "                                              |
|       |                                     | 1 年     | 10         | コンクリート凝集100%                             | 15         | "                                              |
| 103-3 | エポキシ系溶剤型                            | 初期      | 15         | "                                        | 15         | "                                              |
|       |                                     | 1 年     | 10         | "                                        | 20         | コンクリート凝集60%<br>界面(プライマー/パテ)40%                 |
| 104-3 | エポキシ系無溶剤型                           | 初期      | 10         | "                                        | 10         | コンクリート凝集100%                                   |
|       |                                     | 1 年     | 10         | コンクリート凝集15%<br>界面(プライマー/パテ)5%            | 10         | コンクリート凝集60%<br>界面(プライマー/コンク)40%                |
| 105-3 | エポキシ系湿面用                            | 初期      | 10         | コンクリート凝集100%                             | 10         | コンクリート凝集100%                                   |
|       |                                     | 1 年     | 5          | "                                        | 5          | "                                              |
| 106-3 | 弾性系ポリブタジエン無溶剤型                      | 初期      | 10         | コンクリート凝集30%<br>界面(中/下)30%<br>(コンク/プライマー) | 60         | 中塗凝集30%<br>界面(中/上)70%                          |
|       |                                     | 1 年     | 10         | コンクリート凝集10%<br>界面(プライマー/パテ)80%           | 30         | コンクリート凝集70%<br>界面(プライマー/上塗)10%                 |
| 107-3 | 弾性系アクリルエマルジョン型                      | 初期      | 15         | 下塗凝集90%<br>界面(下/接)10%                    | 10         | 接○材凝集70%<br>下塗凝集30%                            |
|       |                                     | 1 年     | 10         | コンクリート凝集100%                             | 10         | 上塗凝集90%<br>コンクリート凝集10%                         |
| 108-3 | 弾性系ウレタン溶剤型                          | 初期      | 15         | "                                        | 20         | コンクリート凝集100%                                   |
|       |                                     | 1 年     | 15         | "                                        | 25         | "                                              |
| 109-3 | ガラスフレーク系エポキシ-1                      | 初期      | 15         | "                                        | 15         | コンクリート凝集90%<br>界面(コンク/プライマー)10%                |
|       |                                     | 1 年     | 10         | "                                        | 15         | コンクリート凝集100%                                   |
| 110-3 | ガラスフレーク系ビニルエステル-1                   | 初期      | 10         | "                                        | 20         | コンクリート凝集50%<br>界面(プライマー/下)5%<br>(コンク/プライマー)30% |
|       |                                     | 1 年     | 10         | "                                        | 20         | コンクリート凝集100%                                   |
| 111-3 | 外, ガラスフレークエポキシ-2<br>内, タールエポキシ系     | 初期      | 10         | "                                        | 15         | コンクリート凝集70%<br>界面(コンク/プライマー)30%                |
|       |                                     | 1 年     | 10         | "                                        | 20         | コンクリート凝集30%<br>タールエポ凝集70%                      |
| 112-3 | 外, ガラスフレーク系ビニルエステル-2<br>内, タールエポキシ系 | 初期      | 5          | "                                        | 10         | 界面(コンク/プライマー)100%                              |
|       |                                     | 1 年     | 5          | "                                        | 15         | コンクリート凝集5%<br>タールエポ凝集                          |

今回の付着力調査では全般的に10～15 kg/cm<sup>2</sup>で塗装系により大差なく、初期結果と同様、はくり状況はコンクリート素材内部で生じる場合、コンクリートと塗膜の間、および塗膜内部で生じる場合の3つに大別できる。

- (1) 1年後の付着力は初期結果と比較して大巾な低下はなく同程度の付着力を示している。特に塗装系 105 エポキシ系湿面用、112 外側のガラスフレーク系ビニルエステルの付着力は他と比較して初期結果同様やゝ低い数値を示した。又外側と内側を比較した場合内側の数値は高い値を示している。この原因は外面は打設面であるためコンクリートの強度が低いと推定される。
- (2) 今回の測定箇所を一供試体につき表面および裏面の2ヶとした理由は、初期測定結果で測定箇所によるバラツキがないことから測定数を減らした。
- (3) はくり状況を塗装系別に分類すると次のようになる。

㊦ コンクリート素材の凝集破壊する塗装系

101, 102, 105, 108, 109, 110, 111 および 112 の内側

㊧ 塗膜間（界面）ではくりする塗装系

106

㊨ コンクリートと塗膜間（界面）ではくりする塗装系

104, 111 および 112 の外側

#### 4-5 付着塩分調査

##### 4-5-1 調査方法

###### (1) 測定手順

- 1) 付着塩分の採取面積は、供試体表面全体とする。各表面の面積は下に示す。

| 面 No | 面積 (m <sup>2</sup> )    | 面 No | 面積 (m <sup>2</sup> )    |
|------|-------------------------|------|-------------------------|
| 1    | $0.5 \times 0.6 = 0.3$  | 4    | $0.4 \times 0.6 = 0.24$ |
| 2    | $0.6 \times 0.7 = 0.42$ | 5    | $0.5 \times 0.6 = 0.3$  |
| 3    | $0.5 \times 0.6 = 0.3$  | 6    | $0.4 \times 0.6 = 0.24$ |

- 2) イオン交換水約60mlをビーカーに入れ、ビニール手袋をしてガーゼをひたし、ビーカー内のイオン交換水を含ませる。
- 3) このガーゼで測定面をていねいにぬぐう。このとき、測定面から出たり、水をたらしたりしないように注意する。ぬぐう方向は90度ずつ交差させ、この操作を3回行なう。
- 4) ガーゼを広口ポリビンに移す。最後にイオン交換水約20mlで手袋を洗い、洗浄液は広口ポリビンに加える。
- 5) イオン交換水の量はほぼ200 mlとなるようにする。広口ビン内の水はガーゼと共にNo.2のろ紙でろ過し、ろ液量を測る。
- 6) ろ液中の塩分量は、自動電位差滴定装置（塩素イオン選択性指示電極、及び比較電極）を用いて測定する。
- 7) 滴定終了後、電位差の記録より電位の一次微分が最大となったときを終点とし、それまでの滴下量を滴定量とする。

8) ろ液中の塩分量(A) [mg] は(1)式より算出され, 付着塩分量(C) [mg/m<sup>2</sup>]は2式より算出される。

$$A \text{ [mg]} = V \text{ [ℓ]} \times \text{ppm [mg/ℓ]} \quad (1)$$

ここで,  $\text{ppm} = (v_1 - B_L) \times N \times f \times \text{EQW} \div S \times (V_1/V_2) \times 1,000,000$

$v_1$ : 滴定量 (ml),  $B_L$ : 空試験時の滴定量=0 (ml)

$N$ : 滴定量 (硝酸銀) の濃度 = 0.005  $f$ : 滴定液の力価

EQW: NaCl のグラム当量 = 58.4428  $S$ : 秤取試料量 (ml)

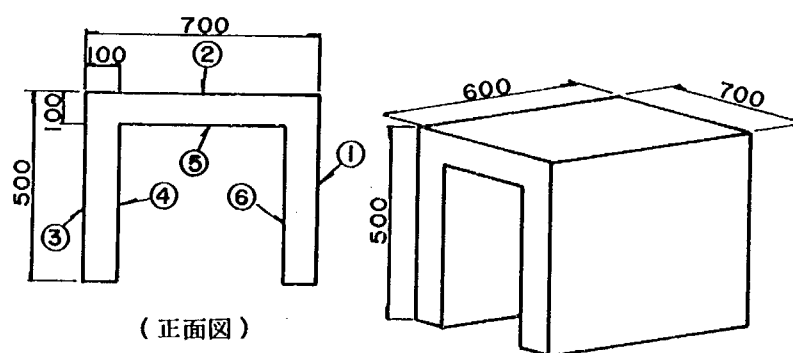
$V_1/V_2$ : 希釈比率=1,  $V=V_1$ : ろ液量=0.20 (ℓ)

$$C \text{ [mg/m}^2\text{]} = A \div B$$

ここで,  $B$ : 測定面積 (m<sup>2</sup>, 面No)

(2)

## (2) 測定供試体と測定位置



| 供試体No   | 測定面No    | 供試体No | 測定面No    |
|---------|----------|-------|----------|
| 100-3-3 | (1)~(6)  | 107-3 | (2), (5) |
| 101-3   | (1)~(6)  | 108-3 | (2), (5) |
| 102-3   | (1)~(6)  | 109-3 | (2), (5) |
| 103-3   | (2), (5) | 110-3 | (2), (5) |
| 104-3   | (2), (5) | 111-3 | (2), (5) |
| 105-3   | (1)~(6)  | 112-3 | (2), (5) |
| 106-3   | (2), (5) |       |          |

図-4.6 付着塩分の調査位置

## 4-5-2 調査結果

付着塩分調査結果を表-4.6に示す。

表- 4.6 付着塩分の調査結果

[mg/m<sup>2</sup>]

| 供 試 体 №                    | 面 № | 0.2年 | 1 年                            | 2 年 | 3 年 | 4 年 | 5 年 |
|----------------------------|-----|------|--------------------------------|-----|-----|-----|-----|
| 100-3-3<br>無塗装供試体          | 1   | 990  | 6 <sup>*</sup> 7 <sup>**</sup> |     |     |     |     |
|                            | 2   | 300  | 4 4                            |     |     |     |     |
|                            | 3   | 1090 | 6 6                            |     |     |     |     |
|                            | 4   | 1610 | 14 24                          |     |     |     |     |
|                            | 5   | 1480 | 46 25                          |     |     |     |     |
|                            | 6   | 1240 | 49 28                          |     |     |     |     |
| 101-3<br>アクリル系溶剤型          | 1   |      | 30                             |     |     |     |     |
|                            | 2   |      | 23                             |     |     |     |     |
|                            | 3   |      | 40                             |     |     |     |     |
|                            | 4   |      | 299                            |     |     |     |     |
|                            | 5   |      | 840                            |     |     |     |     |
|                            | 6   |      | 470                            |     |     |     |     |
| 102-3<br>エポキシエマルジョン型       | 1   |      | 14                             |     |     |     |     |
|                            | 2   |      | 12                             |     |     |     |     |
|                            | 3   |      | 70                             |     |     |     |     |
|                            | 4   |      | 280                            |     |     |     |     |
|                            | 5   |      | 336                            |     |     |     |     |
|                            | 6   |      | 278                            |     |     |     |     |
| 103-3<br>エポキシ型溶剤型          | 2   |      | 33                             |     |     |     |     |
|                            | 5   |      | 867                            |     |     |     |     |
| 104-3<br>エポキシ系無溶剤型         | 2   |      | 33                             |     |     |     |     |
|                            | 5   |      | 443                            |     |     |     |     |
| 105-3<br>エポキシ系湿面用          | 1   |      | 25                             |     |     |     |     |
|                            | 2   |      | 23                             |     |     |     |     |
|                            | 3   |      | 74                             |     |     |     |     |
|                            | 4   |      | 469                            |     |     |     |     |
|                            | 5   |      | 326                            |     |     |     |     |
|                            | 6   |      | 267                            |     |     |     |     |
| 106-3<br>弾性系ポリブタジエン        | 2   |      | 39                             |     |     |     |     |
|                            | 5   |      | 368                            |     |     |     |     |
| 107-3<br>弾性系アクリルエマルジョン型    | 2   |      | 27                             |     |     |     |     |
|                            | 5   |      | 287                            |     |     |     |     |
| 108-3<br>弾性系ウレタン溶剤型        | 2   |      | 41                             |     |     |     |     |
|                            | 5   |      | 232                            |     |     |     |     |
| 109-3<br>ガラスフレーク系エポキシ-1    | 2   |      | 70                             |     |     |     |     |
|                            | 5   |      | 239                            |     |     |     |     |
| 110-3<br>ガラスフレーク系ビニルエステル-1 | 2   |      | 8                              |     |     |     |     |
|                            | 5   |      | 175                            |     |     |     |     |
| 111-3 (注)                  | 2   |      | 26                             |     |     |     |     |
|                            | 5   |      | 122                            |     |     |     |     |
| 112-3 (注)                  | 2   |      | 12                             |     |     |     |     |
|                            | 5   |      | 60                             |     |     |     |     |

\*. 1回目; \*\*. 更にその後2回目採取

(注) №100-3-3の0.2年値は塩素イオン検知管法による。空欄は未測定

111-3-2: ガラスフレーク系エポキシ-2, 112-3-2: ガラスフレーク系ビニルエステル-2

111-3-5: タールエポキシ系タールエポキシ, 112-3-5: タールエポキシ系タールエポキシ

#### 4-5-3 調査結果の考察

今回の調査結果より、イ). 無塗装供試体における付着塩分の採取回数で、1回目と2回目とに差が認められたのは5面と6面であるが、2回目でも1回目の値の50%以上の塩分が採取されるため、無塗装面での拭き取り回数は、今後の検討課題となろう。ロ). 塩分の付着分布傾向は、無塗装又は塗装供試体の別にかぎらず表面(1~3面)より裏面(4~6面)に多量に付着していることが認められた。ハ). 各種塗装系による塗膜面の平滑度に帰因するような塩分付着量の変化は、顕著に認められない。ニ). №107から№112へかけて、付着塩分量が他の供試体より低い値を示している原因は、不明であり、今後の調査においても観測を継続する必要があると考える。ホ). 無塗装供試体における0.2年と1年との違いは、調査時の天候の影響によるものと考えられ、又表面の塩分量が低いのは降雨等によって洗い流されたことによるものと考えられる。

#### 4-6 シリーズI 定期調査結果のまとめ

変化のあった項目をまとめると表-4.7のようになる。

表- 4.7. シリーズ I 定期調査結果 (昭和58年秋)

| No  | 塗 装 系               | 外 観 |   |    |      |   |    |             |   |    | 色 調 |   |    | 光 沢 |    |    | 付着力<br>kg/cm <sup>2</sup> |     | 付着塩分<br>mg/m <sup>2</sup> |     |
|-----|---------------------|-----|---|----|------|---|----|-------------|---|----|-----|---|----|-----|----|----|---------------------------|-----|---------------------------|-----|
|     |                     | わ れ |   |    | ふ くれ |   |    | チ ョ ー キ ン グ |   |    |     |   |    |     |    |    |                           |     |                           |     |
|     |                     | 0 年 |   | 1年 | 0 年  |   | 1年 | 0 年         |   | 1年 | 0 年 |   | 1年 | 0 年 |    | 1年 | 初期                        | 1 年 | 表                         | 裏   |
|     |                     | 初期  | 秋 | 秋  | 初期   | 秋 | 秋  | 初期          | 秋 | 秋  | 初期  | 秋 | 秋  | 初期  | 秋  | 秋  |                           |     |                           |     |
| 101 | アクリル系溶剤型            | ○   | ○ | ○  | △    | △ | △  | ○           | ○ | ○  | ○   | ○ | ○  | 71  | 45 | 65 | 13                        | 10  | 31                        | 536 |
| 102 | エポキシ系エマルジョン型        | ○   | ○ | ○  | ○    | △ | ○  | △           | △ | △  | ○   | ○ | △  | 1   | 2  | —  | 17                        | 13  | 32                        | 298 |
| 103 | 〃 溶 剤 型             | ○   | ○ | ○  | △    | △ | △  | ○           | ○ | ○  | ○   | ○ | ○  | 61  | 29 | 63 | 18                        | 15  | 33                        | 867 |
| 104 | 〃 無 溶 剤 型           | ○   | ○ | ○  | ○    | ○ | ○  | ○           | ○ | ○  | ○   | ○ | ○  | 66  | 42 | 63 | 13                        | 10  | 33                        | 443 |
| 105 | 〃 湿 面 用             | ○   | ○ | ○  | ○    | ○ | ○  | ○           | ○ | △  | ○   | ○ | △  | 12  | 6  | —  | 10                        | 5   | 41                        | 354 |
| 106 | 弾性系ポリブタジェン無溶剤型      | ○   | ○ | △  | ○    | △ | △  | ○           | ○ | ○  | ○   | ○ | ○  | 71  | 53 | 69 | 17                        | 20  | 39                        | 368 |
| 107 | 〃 アクリルエマルジョン型       | ○   | ○ | ○  | ○    | ○ | ○  | ○           | ○ | ○  | ○   | ○ | ○  | 4   | 3  | —  | 10                        | 10  | 27                        | 287 |
| 108 | 〃 ウレタン溶剤型           | ○   | ○ | ○  | ○    | ○ | △  | ○           | ○ | △  | ×   | × | ×  | 37  | 21 | 13 | 18                        | 20  | 41                        | 222 |
| 109 | ガラスフレーク系エポキシ-1      | ○   | ○ | ○  | ○    | ○ | ○  | ○           | ○ | ○  | ○   | ○ | ○  | 44  | 31 | 41 | 17                        | 13  | 70                        | 239 |
| 110 | 〃 ビニルエステル-1         | ○   | ○ | ○  | ○    | ○ | ○  | ○           | ○ | ○  | ○   | ○ | ○  | 22  | 14 | 22 | 14                        | 15  | 8                         | 175 |
| 111 | 表 ガラスフレーク系エポキシ-2    | ○   | ○ | ○  | ○    | ○ | ○  | ○           | ○ | △  | ×   | × | ×  | 6   | 3  | —  | 12                        | 10  | 26                        | —   |
|     | 裏 タールエポキシ系タールエポキシ   | ○   | ○ | ○  | ○    | ○ | ○  | ○           | ○ | △  | ○   | ○ | △  | 8   | 6  | —  | 12                        | 20  | —                         | 122 |
| 112 | 表 ガラスエポキシ系ビニルエステル-2 | ○   | ○ | ○  | ○    | ○ | ○  | ○           | ○ | ○  | △   | △ | ×  | 4   | 3  | —  | 6                         | 5   | 12                        | —   |
|     | 裏 タールエポキシ系タールエポキシ   | ○   | ○ | ○  | △    | △ | △  | ○           | ○ | △  | ○   | ○ | △  | 10  | 6  | —  | 18                        | 15  | —                         | 60  |

注; ○変化なし, △変化が中程度, ×変化が大きい

1) 外観調査

1年目の調査結果で一部の塗膜にはわれが発生するなどの塗膜の劣化が始まった。ふくれについては膜厚の小さい塗装系および軟質系で認められた。チョーキングは耐候性の良い上塗を塗装していない塗装系（102, 105, 108）で発生している。

2) 色調変化は耐候性の良い上塗塗料を塗装した101, 103, 106, 107, 109, 110の塗装系は少なかった。

3) 光沢については今回の測定値は初期値と比べると108以外は変化は少なかった。

4) 付着力

付着力については初期値と比べて変化は少なく、はくり状況にも変化は見られなかった。

5) 塩 分

塗膜に付着した塩分は供試体の表面に少なく裏面に多い結果が得られた。

今回の1年目での定期調査結果、コンクリート面に於ける塗膜の耐久性という点から見ると、106（ポリブタジエン系）はわれが発生し、問題があると思われる。また、塗膜厚の小さい塗装系はふくれが発生しやすい傾向が認められコンクリート面用塗装系には一定水準以上の膜厚が必要であると思われる。

## 5. シリーズ I 解体調査(昭和58年秋)

定期調査で得られた結果を確認するため、暴露供試体を解体し、下記の調査を行なった。

- (1) 付着力；測定精度の向上のため、測定面積を従来の $\phi 20\text{mm}$ より $\phi 100\text{mm}$ に拡大して調査した。
- (2) 塩分；コア塩分量を測定し、塗膜の遮塩性を調べることにした。
- (3) 表面含水率及びpH；塗膜除去後の含水率及びpHを測定した塗膜下のコンクリートの状況を調べることにした。
- (4) 塗膜厚；実塗膜厚を測定し、目標値との差を調べた。

### 5-1 付着力調査

#### 5-1-1 調査方法

##### (1) 測定手順

- 1) 供試体の塗装面の付着力測定個所を、回転式カッター（コアドリル）等を用いて塗膜上よりコンクリート面に達する $\phi 100\text{mm}$ の溝を切り込む。このとき、水を使用しない。
- 2) 測定塗膜面をサンドペーパーにて平滑に研磨し、ウェスにて研磨粉を除去する。
- 3) 研磨後、脱脂したボルト付き鋼製円盤（ $\phi 100\text{mm}$ ）及び測定塗膜面にエポキシ系接着剤を塗布し、鋼製円盤（スペシメン）を貼付する。
- 4) 接着後24時間放置し、垂直引張試験器を用いてスペシメンを引張って、破壊時又は最大の引張力を測定する。

##### (2) 測定位置

供試体No.101-1～112-1の供試体の各面（面No.1～6）の中央部を測定位置とする。測定点数は計72点となる。

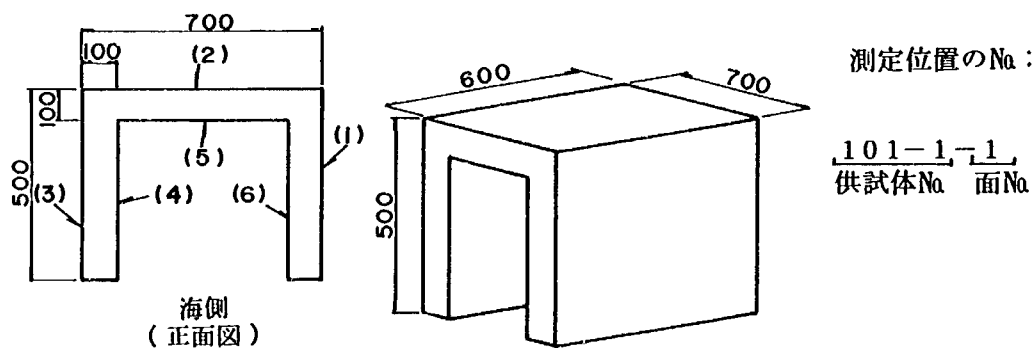


図- 5.1 付着力の測定位置

##### (3) 評価方法

測定した引張力（kg）を接着面積（ $78.5\text{cm}^2$ ）で除した数値を付着力（ $\text{kg}/\text{cm}^2$ ）とし、接着破壊状況をスケッチ及び写真記録する。

## 5-1-2 調査結果

表 - 5.1 付着力測定結果

| 供試体No   | 測定項目                         | 測 定 面 No                              |                              |                              |                                       |                                       |                                         |
|---------|------------------------------|---------------------------------------|------------------------------|------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------|
|         |                              | 1                                     | 2                            | 3                            | 4                                     | 5                                     | 6                                       |
| 101 - 1 | 付着力<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | 16                                    | 10                           | 15                           | 18                                    | 17                                    | 17                                      |
|         | 破壊状況                         | コンクリート<br>凝集破壊<br>100 %               | コンクリート<br>凝集破壊<br>100 %      | コンクリート<br>凝集破壊<br>100 %      | コンクリート<br>凝集破壊<br>100 %               | プライマー<br>凝集破壊15%<br>コンクリート<br>凝集破壊85% | コンクリート<br>凝集破壊<br>100 %                 |
| 102 - 1 | 付着力<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | 14                                    | 13                           | 15                           | 17                                    | 19                                    | 16                                      |
|         | 破壊状況                         | コンクリート<br>凝集破壊<br>100 %               | コンクリート<br>凝集破壊<br>100 %      | コンクリート<br>凝集破壊<br>100 %      | コンクリート<br>凝集破壊<br>100 %               | コンクリート<br>凝集破壊<br>100 %               | 中塗凝集破壊<br>10%<br>コンクリート<br>90%          |
| 103 - 1 | 付着力<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | 15                                    | 12                           | 14                           | 13                                    | 15                                    | 15                                      |
|         | 破壊状況                         | コンクリート<br>凝集破壊<br>100 %               | コンクリート<br>凝集破壊<br>100 %      | コンクリート<br>凝集破壊<br>100 %      | コンクリート<br>凝集破壊<br>100 %               | コンクリート<br>凝集破壊<br>100 %               | コンクリート<br>凝集破壊<br>100 %                 |
| 104 - 1 | 付着力<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | 13                                    | 10                           | 14                           | 13                                    | 15                                    | 13                                      |
|         | 破壊状況                         | プライマー<br>凝集破壊25%<br>コンクリート<br>凝集破壊75% | コンクリート<br>凝集破壊<br>100 %      | コンクリート<br>凝集破壊<br>100 %      | コンクリート<br>凝集破壊50%<br>プライマー<br>凝集破壊50% | コンクリート<br>凝集破壊<br>100 %               | プライマー<br>凝集破壊30%<br>コンクリート<br>凝集 70%    |
| 105 - 1 | 付着力<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | 19                                    | 17                           | 19                           | 20                                    | 19                                    | 22                                      |
|         | 破壊状況                         | コンクリート<br>凝集破壊<br>100 %               | コンクリート<br>凝集破壊<br>100 %      | コンクリート<br>凝集破壊<br>100 %      | コンクリート<br>凝集破壊<br>100 %               | コンクリート<br>凝集破壊<br>100 %               | コンクリート<br>凝集破壊<br>100 %                 |
| 106 - 1 | 付着力<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | 19                                    | 13                           | 17                           | 17                                    | 18                                    | 17                                      |
|         | 破壊状況                         | (f) 60%<br>(g) 40%                    | コンクリート<br>凝集破壊70%<br>(f) 30% | コンクリート<br>凝集破壊40%<br>(g) 5 % | (f) 10%<br>(g) 90%                    | コンクリート<br>凝集破壊25%<br>(g) 75%          | コンクリート<br>凝集破壊20%<br>(f) 30%<br>(g) 50% |
| 107 - 1 | 付着力<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | 17                                    | 22                           | 18                           | 20                                    | 13                                    | 17                                      |
|         | 破壊状況                         | コンクリート<br>凝集破壊<br>100 %               | コンクリート<br>凝集破壊<br>100 %      | コンクリート<br>凝集破壊85%<br>(g) 15% | コンクリート<br>凝集破壊10%<br>(g) 90%          | コンクリート<br>凝集破壊55%<br>(g) 45%          | コンクリート<br>凝集破壊30%<br>(g) 70%            |

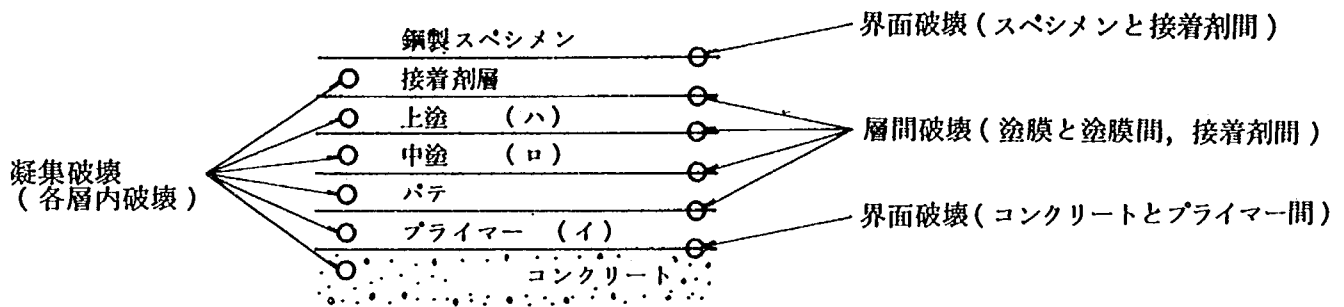
(f) プライマー凝集破壊 (g) 中塗凝集破壊 (h) 上塗凝集破壊

| 供試体No        | 測定項目                         | 測 定 面 No                         |                              |                                  |                              |                              |                              |
|--------------|------------------------------|----------------------------------|------------------------------|----------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
|              |                              | 1                                | 2                            | 3                                | 4                            | 5                            | 6                            |
| 108-1        | 付着力<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | 17                               | 15                           | 13                               | 19                           | 14                           | 19                           |
|              | 破壊状況                         | コンクリート<br>凝集破壊<br>100%           | コンクリート<br>凝集破壊<br>100%       | コンクリート<br>凝集破壊<br>100%           | コンクリート<br>凝集破壊<br>100%       | (イ) 40%<br>コンクリート<br>凝集破壊60% | コンクリート<br>凝集破壊<br>100%       |
| 109-1        | 付着力<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | 18                               | 23                           | 18                               | 20                           | 22                           | 25                           |
|              | 破壊状況                         | コンクリート<br>凝集破壊<br>100%           | コンクリート<br>凝集破壊<br>100%       | コンクリート<br>凝集破壊80%<br>(イ) 20%     | コンクリート<br>凝集破壊<br>100%       | (イ) 30%<br>コンクリート<br>凝集破壊70% | コンクリート<br>凝集破壊<br>100%       |
| 110-1        | 付着力<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | 19                               | 19                           | 19                               | 17                           | 19                           | 18                           |
|              | 破壊状況                         | コンクリート<br>凝集破壊<br>100%           | コンクリート<br>凝集破壊80%<br>(イ) 20% | (イ) 15%<br>コンクリート<br>凝集破壊85%     | コンクリート<br>凝集破壊<br>100%       | コンクリート<br>凝集破壊<br>100%       | コンクリート<br>凝集破壊<br>100%       |
| 111-1<br>(表) | 付着力<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | 14                               | 14                           | 15                               | —                            | —                            | —                            |
|              | 破壊状況                         | コンクリート<br>凝集破壊<br>100%           | コンクリート<br>凝集破壊<br>100%       | コンクリート<br>凝集破壊<br>100%           |                              |                              |                              |
| 112-1<br>(表) | 付着力<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | 5                                | 2                            | 5                                | —                            | —                            | —                            |
|              | 破壊状況                         | コンクリート<br>/プライマー<br>界面破壊<br>100% | プライマー<br>/中塗<br>界面破壊<br>100% | コンクリート<br>/プライマー<br>界面破壊<br>100% |                              |                              |                              |
| 111-1<br>(裏) | 付着力<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | —                                | —                            | —                                | 15                           | 14                           | 13                           |
|              | 破壊状況                         |                                  |                              |                                  | コンクリート<br>凝集破壊<br>100%       | コンクリート<br>凝集破壊90%<br>(イ) 10% | コンクリート<br>凝集破壊90%<br>(イ) 10% |
| 112-1<br>(裏) | 付着力<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | —                                | —                            | —                                | 15                           | 18                           | 17                           |
|              | 破壊状況                         |                                  |                              |                                  | コンクリート<br>凝集破壊85%<br>(イ) 15% | コンクリート<br>凝集破壊50%<br>(イ) 50% | コンクリート<br>凝集破壊80%<br>(イ) 20% |

(イ) プライマー凝集破壊 (ロ) 中塗凝集破壊 (ハ) 上塗凝集破壊 (ニ) 接着層陥部

表-5.2 付着力測定結果

| 供試体No | 塗 装 系                 | 表側 (No 1 面~No 3 面) |                                                          | 裏側 (No 4 面~No 6 面) |                                                  |
|-------|-----------------------|--------------------|----------------------------------------------------------|--------------------|--------------------------------------------------|
|       |                       | 付着力                | 破 壊 状 況                                                  | 付着力                | 破 壊 状 況                                          |
| 101-1 | アクリル系溶剤型              | 14                 | コンクリート層凝集破壊 100 %                                        | 17                 | コンクリート層凝集破壊 95%<br>(f) プライマー凝集破壊 5 %             |
| 102-1 | エポキシ系エマルション系          | 14                 | コンクリート層凝集破壊 100 %                                        | 17                 | コンクリート層凝集破壊 97%<br>(d) 中塗層凝集破壊 3 %               |
| 103-1 | エポキシ系溶剤型              | 14                 | コンクリート層凝集破壊 100 %                                        | 14                 | コンクリート層凝集破壊 100 %                                |
| 104-1 | エポキシ系無溶剤型             | 12                 | コンクリート層凝集破壊 92%<br>(f) プライマー層凝集破壊 8 %                    | 14                 | コンクリート層凝集破壊 73%<br>(f) プライマー層 27%                |
| 105-1 | エポキシ系湿面用              | 18                 | コンクリート層凝集破壊 100 %                                        | 20                 | コンクリート層凝集破壊 100 %                                |
| 106-1 | 弾性系ポリブタジエン<br>無溶剤型    | 16                 | コンクリート層凝集破壊 37%<br>(f) プライマー層 30%<br>(d) 中塗層 15% (c) 18% | 17                 | コンクリート層凝集破壊 32%<br>(f) プライマー層 13%<br>55%         |
| 107-1 | 弾性系<br>アクリルエマルション型    | 19                 | コンクリート層凝集破壊 95%<br>(d) 中塗層凝集破壊 5 %                       | 17                 | コンクリート層凝集破壊 32%<br>(d) 中塗層 68%                   |
| 108-1 | 弾性系ウレタン溶剤型            | 15                 | コンクリート層凝集破壊 100 %                                        | 17                 | コンクリート層凝集破壊 87%<br>(f) プライマー層 13%                |
| 109-1 | ガラスフレーク系<br>エポキシ-1    | 20                 | コンクリート層凝集破壊 100 %                                        | 22                 | コンクリート層凝集破壊 90%<br>(f) プライマー層 10%                |
| 110-1 | ガラスフレーク系<br>ビニルエステル-1 | 19                 | コンクリート層凝集破壊 88%<br>(f) プライマー層 12%                        | 18                 | コンクリート層凝集破壊 100 %                                |
| 111-1 | ガラスフレーク系<br>エポキシ-2    | 14                 | コンクリート層凝集破壊 100 層                                        | —                  | —                                                |
|       | タールエポキシ系              | —                  | —                                                        | 14                 | コンクリート層凝集破壊 93%<br>(f) プライマー層 3 %<br>(d) 中塗層 4 % |
| 112-1 | ガラスフレーク系<br>ビニルエステル-2 | 4                  | コンクリートとプライマー間の<br>界面破壊 100 %                             | —                  | —                                                |
|       | タールエポキシ系              | —                  | —                                                        | 17                 | コンクリート層凝集破壊 72%<br>(d) 中塗層凝集破壊 28%               |



図－ 5. 2 破壊状況の凡例

### 5-1-3 調査結果の考察

今回の調査結果をまとめると次表のようになる。

供試体Na 112－1の表側の付着力が小さく、破壊状況も界面破壊のため、塗装系としての層間密着性に問題があるように思われる。他の塗装系については、付着力が12～22 (kg/cm<sup>2</sup>)の範囲にあり、コンクリート層の凝集破壊の比率が高い。Na 106－1, Na 107－1においては、その破壊は中塗層で、すなわち弾性膜の凝集破壊の比率が高く良好な弾性を示している。

## 5-2 塩分調査 (コンクリートコア塩分調査)

### 5-2-1 調査方法

#### (1) 測定手順

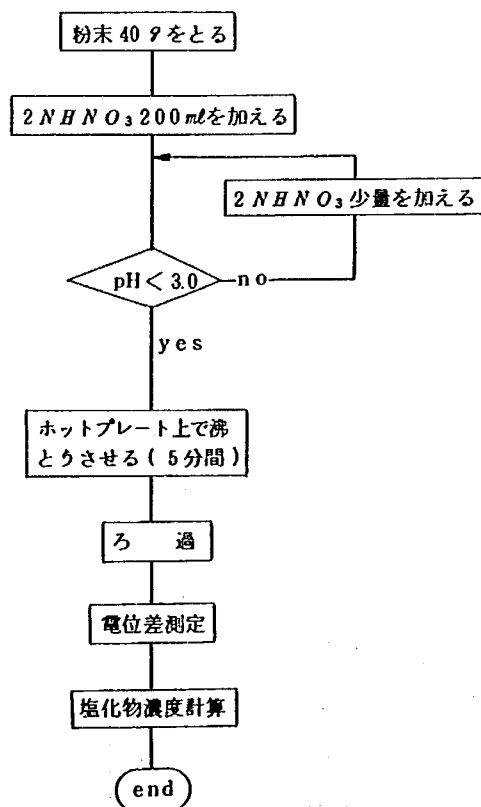
- 1) コアボーリングマシン (コア採取カッター) を用いてφ50×100mmのコンクリートコアを採取する。
- 2) このコアを長さ方向に約20mmピッチで切断 (コンクリートカッター使用) し、粗粉碎器及び細粉碎器を用いて粉碎粒径が0.15mm以下になるまで微粉碎する。
- 3) この粉末を次頁に示すフローチャートに従って処理する。電位差測定には自動電位差滴定装置 (塩素イオン選択性電極及び比較電極) を用いる。
- 4) 滴定終了後、電位差の記録より電位の一次微分が最大となったときを終点とし、それまでの滴下量を滴定量とする。
- 5) このときの塩分量 (mg) は、 $1.461 \times 10^{-2} \times f \times v_1 \times V$  ( $f$ : 滴定液の力価,  $v_1$ : 滴定量,  $V$ : 溶液量) の式より算出される。
- 6) 塩化物濃度は、塩分 (NaCl) 重量に換算して、④コンクリートに対する重量濃度百分率 (重量%) 及び⑥コンクリートの単位体積当りの重量 (kg/m<sup>3</sup>) として表わす。

#### (2) 測定供試体と測定位置

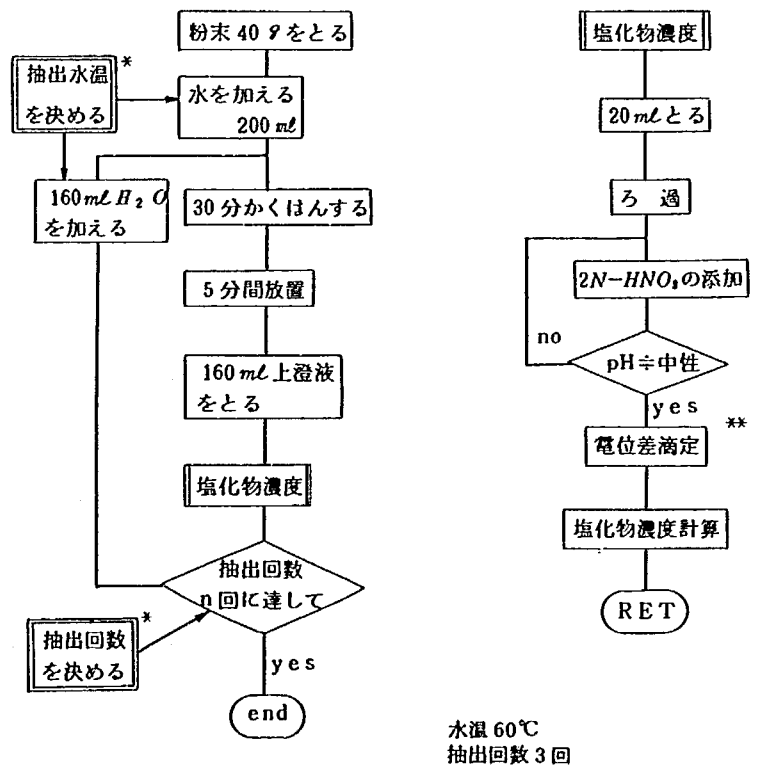
表 - 5. 3 コンクリートコア採取位置

| 供試体No       | 採取方向  | 供試体No   | 採取方向  | 供試体No   | 採取方向  |
|-------------|-------|---------|-------|---------|-------|
| 100 - 3 - 1 | ③ → ④ | 103 - 1 | ② → ⑤ | 108 - 1 | ② → ⑤ |
|             | ② → ⑤ | 104 - 1 | ② → ⑤ | 109 - 1 | ② → ⑤ |
|             | ① → ⑥ | 105 - 1 | ② → ⑤ | 110 - 1 | ② → ⑤ |
| 101 - 1     | ② → ⑤ | 106 - 1 | ② → ⑤ | 111 - 1 | ② → ⑤ |
| 102 - 1     | ② → ⑤ | 107 - 1 | ② → ⑤ | 112 - 1 | ② → ⑤ |

(1) 全塩分分析



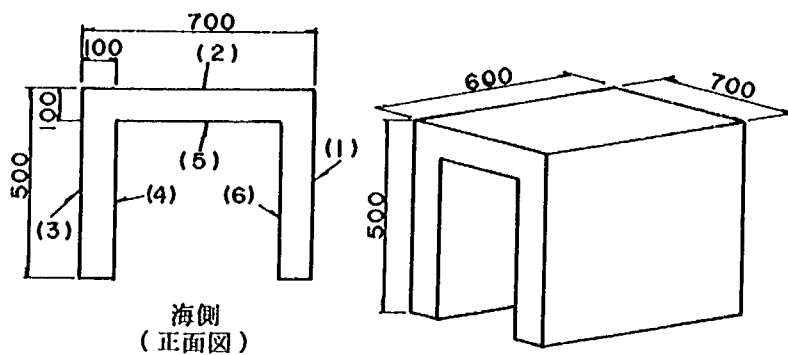
(2) 可溶性塩分分析



\* コンクリートを取りまく環境を勘案して抽出水温と水抽出回数を決める。

\*\* 電位差滴定法による滴定点の決定には 1 次微分の最大となる滴定値とする。

図 - 5. 3 コンクリート中塩分の測定手順



前表に示す供試体について各面の中央部を測定位置とする。コア採取本数は計15本となる。

図－5.4 コンクリートコアの採取位置

#### 5-2-2 調査結果

##### (1) 全塩分分析,

供試体Na 100－3－1，単位体積重量は 2.313 (kg/m<sup>3</sup>) である。

表－5.4 全塩分分析結果

| コア<br>採取<br>位置と方向 | 暴露年数<br>塩化物濃度<br>試料番号 | 0 年     |                      | 1 年     |                      |
|-------------------|-----------------------|---------|----------------------|---------|----------------------|
|                   |                       | (wt. %) | (kg/m <sup>3</sup> ) | (wt. %) | (kg/m <sup>3</sup> ) |
| 100－3－1           | ③ 1                   | 0.02    | 0.54                 | 0.27    | 6.25                 |
|                   | 2                     | 0.02    | 0.54                 | 0.01    | 0.23                 |
|                   | 3                     | 0.02    | 0.54                 | 0.01    | 0.23                 |
|                   | ④ 4                   | 0.02    | 0.54                 | 0.21    | 4.86                 |
| 100－3－1           | ② 1                   | 0.02    | 0.54                 | 0.19    | 4.39                 |
|                   | 2                     | 0.03    | 0.64                 | 0.01    | 0.23                 |
|                   | 3                     | 0.02    | 0.54                 | 0.02    | 0.46                 |
|                   | ⑤ 4                   | 0.02    | 0.54                 | 0.23    | 5.32                 |
| 103－3－1           | ① 1                   | 0.02    | 0.54                 | 0.12    | 2.78                 |
|                   | 2                     | 0.02    | 0.54                 | 0.03    | 0.69                 |
|                   | 3                     | 0.02    | 0.54                 | 0.01    | 0.23                 |
|                   | ⑥ 4                   | 0.02    | 0.54                 | 0.26    | 6.01                 |

供試体Na 101 ~ 112

単位体積重量 2,313 (kg/m<sup>3</sup>)

| コア採取位置と方向<br>供試体Na 試料番号<br>塩化物濃度 |                      | ② → ⑤ |   |         |         |
|----------------------------------|----------------------|-------|---|---------|---------|
|                                  |                      | 1     | 2 | 3       | 4       |
| 101 - 1                          | (wt. %)              | 0     | 0 | 0       | 0       |
|                                  | (kg/m <sup>3</sup> ) | 0     | 0 | 0       | 0       |
| 102 - 1                          | (wt. %)              | 0     | 0 | 0       | 0       |
|                                  | (kg/m <sup>3</sup> ) | 0     | 0 | 0       | 0       |
| 103 - 1                          | (wt. %)              | 0     | 0 | 0       | 0       |
|                                  | (kg/m <sup>3</sup> ) | 0     | 0 | 0       | 0       |
| 104 - 1                          | (wt. %)              | 0     | 0 | 0       | 0       |
|                                  | (kg/m <sup>3</sup> ) | 0     | 0 | 0       | 0       |
| 105 - 1                          | (wt. %)              | 0     | 0 | 0       | 0       |
|                                  | (kg/m <sup>3</sup> ) | 0     | 0 | 0       | 0       |
| 106 - 1                          | (wt. %)              | 0.01  | 0 | (0.005) | (0.004) |
|                                  | (kg/m <sup>3</sup> ) | 0.23  | 0 | 0.12    | 0.09    |
| 107 - 1                          | (wt. %)              | 0     | 0 | 0       | 0       |
|                                  | (kg/m <sup>3</sup> ) | 0     | 0 | 0       | 0       |
| 108 - 1                          | (wt. %)              | 0     | 0 | 0       | 0       |
|                                  | (kg/m <sup>3</sup> ) | 0     | 0 | 0       | 0       |
| 109 - 1                          | (wt. %)              | 0     | 0 | 0       | 0       |
|                                  | (kg/m <sup>3</sup> ) | 0     | 0 | 0       | 0       |
| 110 - 1                          | (wt. %)              | 0     | 0 | 0       | 0       |
|                                  | (kg/m <sup>3</sup> ) | 0     | 0 | 0       | 0       |
| 111 - 1                          | (wt. %)              | 0     | 0 | 0       | 0       |
|                                  | (kg/m <sup>3</sup> ) | 0     | 0 | 0       | 0       |
| 112 - 1                          | (wt. %)              | 0     | 0 | 0       | 0.01    |
|                                  | (kg/m <sup>3</sup> ) | 0     | 0 | 0       | 0.23    |

### 5-2-3 調査結果の考察

イ). 今回の調査結果の内, 無塗装供試体の暴露による全塩分量の変化を下図に示す。

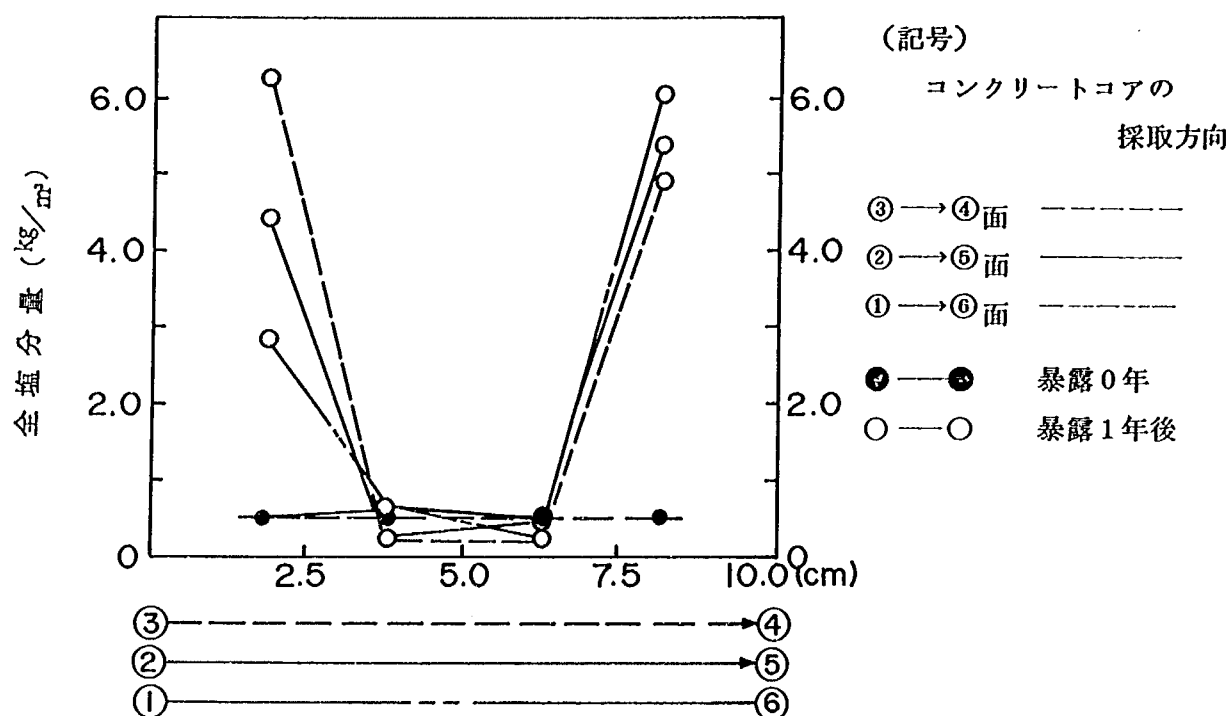


図- 5.5 無塗装供試体中の塩分量の変化

コンクリート中の全塩分量は, 暴露1年後にして最大  $6 \text{ kg/m}^2$  を越え, 塩分の浸透が確認された。また, 供試体の表側においてNa 3面, 裏側においてはNa 6面の表層部が最大の全塩分量を示した。ロ). 可溶性塩分も同様の傾向を示している。ハ). 塗装による塩分遮断効果は十分に認められるが, 塗装系間の塩分遮断性能については, 明確な差が認められない。今後の追跡調査が必要と考える。

### 5-3 表面含水率調査

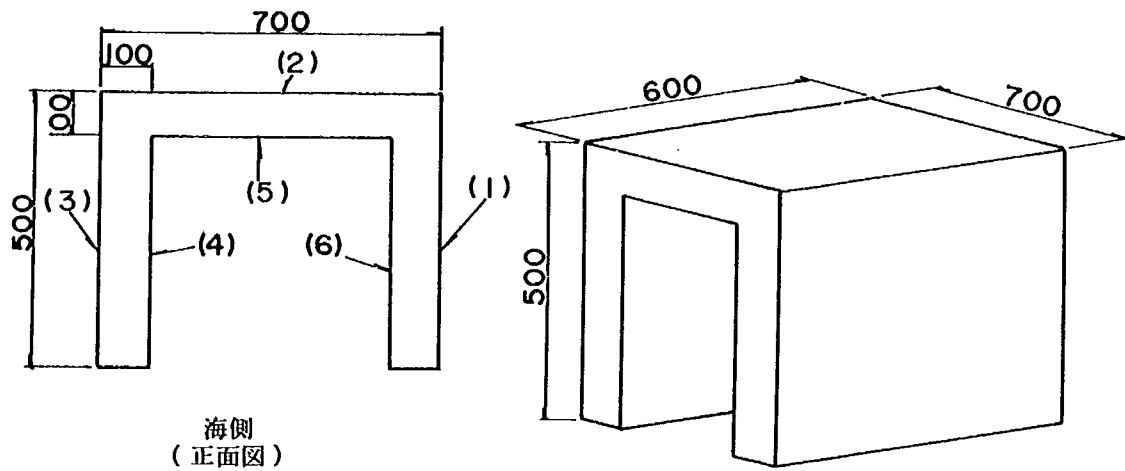
#### 5-3-1 調査方法

##### (1) 測定手順

- 1) 測定位置の塗膜を除去する。この位置は付着力調査(5-1)を実施した位置である。
- 2) 付着力調査後, 直ちに, 高周波モルタル水分計を用いて塗膜下コンクリートの表面含水率を測定する。
- 3) 測定面は, 平滑な面とする。

(2) 測定位置

供試体No 101 - 1 ~ 112 - 1 の供試体の各面（面No 1 ~ 6 の中央部を測定点数は計72点となる。



測定位置のNo :

101 - 1 - 1

供試体No 面No

図 - 5. 6 表面含水率測定位置

## 5-3-2 調査結果

表 - 5.6 含水率測定結果

| 供試体No   | 測定面No | 含水率 (%)       | 供試体No   | 測定面No | 含水率 (%) |
|---------|-------|---------------|---------|-------|---------|
| 101 - 1 | 1     | 6.1           | 109 - 1 | 1     | 7.9     |
|         | 2     | 6.8           |         | 2     | 6.4     |
|         | 3     | 6.9           |         | 3     | 7.6     |
|         | 4     | 8.9           |         | 4     | 8.6     |
|         | 5     | 7.5           |         | 5     | 9.7     |
|         | 6     | 6.6           |         | 6     | 9.0     |
| 102 - 1 | 1     | 7.3           | 110 - 1 | 1     | 9.6     |
|         | 2     | 6.8           |         | 2     | 7.5     |
|         | 3     | 6.1           |         | 3     | 9.6     |
|         | 4     | 7.6           |         | 4     | 9.8     |
|         | 5     | 5.8           |         | 5     | 10以上    |
|         | 6     | 7.4           |         | 6     | 9.7     |
| 103 - 1 | 1     | 6.3           | 111 - 1 | 1     | 9.6     |
|         | 2     | 8.0           |         | 2     | 9.7     |
|         | 3     | 8.2           |         | 3     | 9.6     |
|         | 4     | 6.3           |         | 4     | 9.0     |
|         | 5     | 6.3           |         | 5     | 9.7     |
|         | 6     | 7.1           |         | 6     | 10以上    |
| 104 - 1 | 1     | 10以上          | 112 - 1 | 1     | 10以上    |
|         | 2     | 8.6           |         | 2     | 10以上    |
|         | 3     | 9.2           |         | 3     | 10以上    |
|         | 4     | 10以上          |         | 4     | 7.3     |
|         | 5     | 5.8           |         | 5     | 8.8     |
|         | 6     | 9.8           |         | 6     | 7.8     |
| 105 - 1 | 1     | 7.3           |         |       |         |
|         | 2     | 8.9           |         |       |         |
|         | 3     | 6.0           |         |       |         |
|         | 4     | 7.2           |         |       |         |
|         | 5     | 7.2           |         |       |         |
|         | 6     | 7.9           |         |       |         |
| 106 - 1 | 1     | 10以上          |         |       |         |
|         | 2     | 9.5           |         |       |         |
|         | 3     | 残膜のため<br>測定不能 |         |       |         |
|         | 4     |               |         |       |         |
|         | 5     |               |         |       |         |
|         | 6     |               |         |       |         |
| 107 - 1 | 1     | 7.2           |         |       |         |
|         | 2     | 4.6           |         |       |         |
|         | 3     | 7.2           |         |       |         |
|         | 4     | 9.7           |         |       |         |
|         | 5     | 7.2           |         |       |         |
|         | 6     | 9.5           |         |       |         |
| 108 - 1 | 1     | 6.4           |         |       |         |
|         | 2     | 5.5           |         |       |         |
|         | 3     | 6.6           |         |       |         |
|         | 4     | 9.4           |         |       |         |
|         | 5     | 9.1           |         |       |         |
|         | 6     | 9.7           |         |       |         |

### 5-3-3 調査結果の考察

今回の調査結果より、測定値のバラツキと共に塗膜の除去方法、測定面凹凸度に検討を要する点が多く、塗膜外観や水分遮断性能を表面含水率の変化から考察するのは不可能と考えられる。よって、今後の調査において、測定面は、付着力調査後の破壊面とせずにディスクサンダー等を用いた塗膜除去面について行なうのが測定精度の向上につながると考える。調査に使用している高周波モルタル水分計は表面から30mmまでの内部水分測定が可能であるため、塗膜除去時の表面水分低下の影響を受けにくいと考えられる。

供試体製作時（昭和57年3月末）に測定した含水率が10%以上であったことを付記する。

## 5-4 表面pH調査

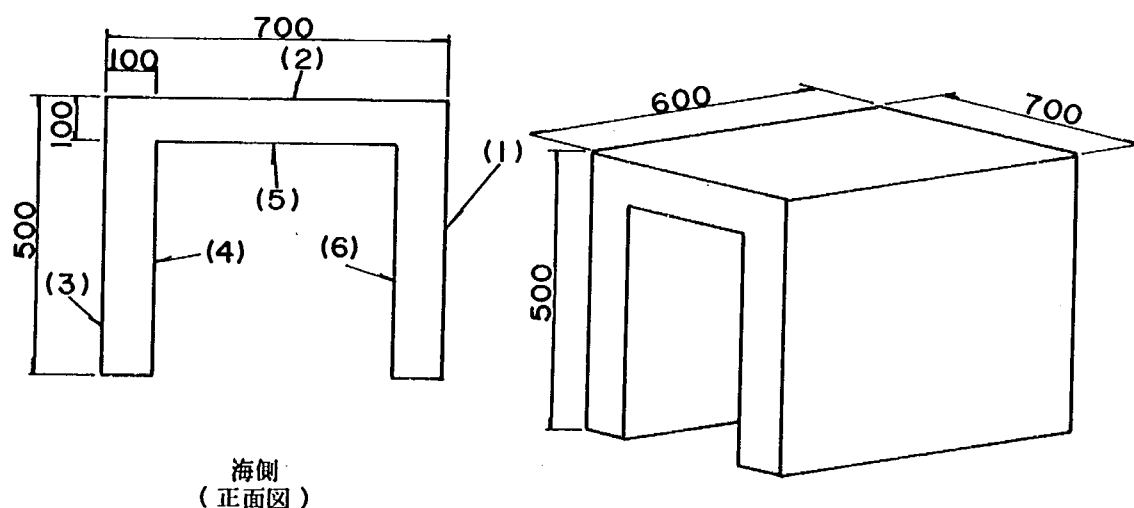
### 5-4-1 調査方法

#### (1) 測定手順

- 1) 測定位置の塗膜を除去する。この除去位置は、付着力調査（5-1）を実施した位置である。
- 2) 表面含水率（5-3）調査後、測定面にイオン交換水で浸した脱脂綿を置き、約3分間放置する。
- 3) pH試験紙を脱脂綿にあて、塗膜下コンクリートのpH値を測定する。

#### (2) 測定位置

供試体No 101 - 1 ~ 112 - 1 の供試体の各面（面No 1 ~ 6）の中央部を測定位置とする。測定点数は計72点となる。



測定位置のNo:

101 - 1 - 1

供試体No 面No

表 - 5. 7 表面pH 測定位置

#### 5-4-2 調査結果と考察

全供試体共に、塗膜下のコンクリート表面のpHは12を示し、コンクリート中のpHが通常12.5であることから、暴露1年後においても、コンクリートは中性化せずに、健全なアルカリ度を保持している。

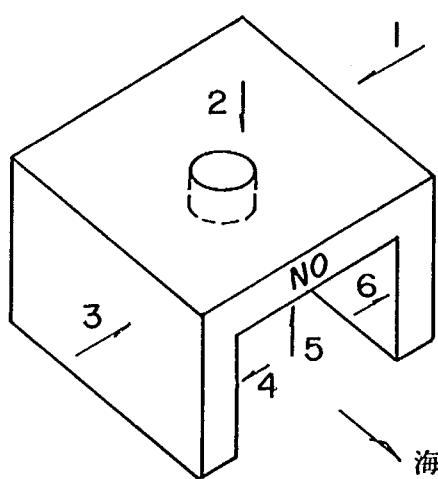
今回の調査は最終解体時に実施し、塗膜外観とアルカリ度について考察するのが望ましいと考える。

#### 5-5 塗膜厚の調査

##### 5-5-1 調査方法

コアカッターで供試体から、直径10cmの試料を採取し、塗膜厚を測定した。

##### (1) 試料の採取位置

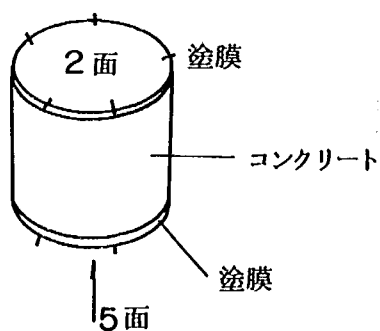


2面の中央部

2面から5面へ垂直に直径10cmの円柱形試料を切り抜いた。

図- 5.8 塗膜厚測定試料の採取結果

##### (2) 膜厚の測定方法



断面をディスクサンダーおよびサンドペーパーで磨く。

各面5点を、目盛のついた拡大鏡（50倍）で測定した。

図- 5.9 膜厚の測定

### 5-5-2 塗膜厚測定結果

表－ 5.7 塗膜厚測定結果

| 供試体No | 測定面 | 標準膜厚( $\mu$ ) | 塗 膜 厚 測 定 値 ( $\mu$ ) |      |      |      |      |      |
|-------|-----|---------------|-----------------------|------|------|------|------|------|
|       |     |               | ①                     | ②    | ③    | ④    | ⑤    | 平 均  |
| 101－1 | 2   | 100           | 180                   | 200  | 190  | 200  | 200  | 194  |
|       | 5   |               | 160                   | 160  | 140  | 140  | 140  | 148  |
| 102－1 | 2   | 1000          | 720                   | 800  | 800  | 800  | 800  | 784  |
|       | 5   |               | 1500                  | 1600 | 1550 | 1650 | 1500 | 1560 |
| 103－1 | 2   | 200           | 220                   | 260  | 250  | 240  | 240  | 242  |
|       | 5   |               | 260                   | 260  | 250  | 250  | 240  | 252  |
| 104－1 | 2   | 500           | 900                   | 900  | 1200 | 800  | 780  | 916  |
|       | 5   |               | 760                   | 900  | 800  | 800  | 800  | 812  |
| 105－1 | 2   | 1000          | 800                   | 1000 | 800  | 1000 | 900  | 900  |
|       | 5   |               | 700                   | 800  | 600  | 600  | 800  | 700  |
| 106－1 | 2   | 1000          | 1700                  | 1500 | 1300 | 1300 | 1500 | 1460 |
|       | 5   |               | 1900                  | 1300 | 1300 | 1700 | 1700 | 1580 |
| 107－1 | 2   | 500           | 500                   | 600  | 600  | 580  | 540  | 564  |
|       | 5   |               | 600                   | 580  | 600  | 600  | 600  | 596  |
| 108－1 | 2   | 200           | 240                   | 250  | 250  | 250  | 200  | 238  |
|       | 5   |               | 220                   | 215  | 215  | 220  | 220  | 218  |
| 109－1 | 2   | 1000          | 1000                  | 1100 | 1000 | 1000 | 1100 | 1040 |
|       | 5   |               | 800                   | 1000 | 1400 | 1400 | 1000 | 1120 |
| 110－1 | 2   | 1000          | 1000                  | 1400 | 1200 | 1400 | 1400 | 1280 |
|       | 5   |               | 800                   | 800  | 1000 | 1400 | 1400 | 1080 |
| 111－1 | 2   | 1000          | 1200                  | 1400 | 1350 | 1100 | 1200 | 1250 |
|       | 5   | 200           | 600                   | 300  | 600  | 580  | 600  | 536  |
| 112－1 | 2   | 1000          | 1000                  | 1100 | 1000 | 1000 | 1000 | 1020 |
|       | 5   | 200           | 200                   | 200  | 200  | 200  | 200  | 200  |

### 5-5-3 調査結果の考察

いずれの塗装系も中塗り・上塗りは目標膜厚に近い膜厚であった。コンクリート表面に巣穴が多かった供試体については、エポキシ系パテを使用して全面充填したため、その分だけ塗膜厚は目標膜厚より厚くなった。

### 5-6 シリーズⅠ解体調査のまとめ

変化のあった項目をまとめてると表－5.8のようになる。

表-5.8 シリーズI解体調査結果(昭和58年秋)

| No. | 塗 装 系                | 外 観 |   |     |       |   |     |             |   |     | 色 調 |   |     | 光 沢 |    |     | 付 着 力<br>kg/cm <sup>2</sup> |              | 含 有 塩 分<br>kg/m <sup>2</sup> |           |
|-----|----------------------|-----|---|-----|-------|---|-----|-------------|---|-----|-----|---|-----|-----|----|-----|-----------------------------|--------------|------------------------------|-----------|
|     |                      | わ れ |   |     | ふ く れ |   |     | チ ョ ー キ ン グ |   |     | 0 年 |   |     | 1 年 |    |     | 初 期<br>φ 20                 | 1 年<br>φ 100 | 全 塩 分                        | 可 溶 性 塩 分 |
|     |                      | 0 年 |   | 1 年 | 0 年   |   | 1 年 | 0 年         |   | 1 年 | 0 年 |   | 1 年 | 0 年 |    | 1 年 |                             |              |                              |           |
|     |                      | 初期  | 秋 | 秋   | 初期    | 秋 | 秋   | 初期          | 秋 | 秋   | 初期  | 秋 | 秋   | 初期  | 秋  | 秋   |                             |              |                              |           |
| 101 | アクリル系溶剤型             | ○   | ○ | ○   | △     | △ | △   | ○           | ○ | ○   | ○   | ○ | ○   | 71  | 45 | 56  | 13                          | 16           | 0                            |           |
| 102 | エポキシ系エマルジョン型         | ○   | ○ | ○   | ○     | △ | ○   | △           | △ | △   | ○   | ○ | △   | 1   | 2  | 1   | 17                          | 16           | 0                            |           |
| 103 | 〃 溶剤型                | ○   | ○ | ○   | △     | △ | △   | ○           | ○ | ○   | ○   | ○ | ○   | 61  | 29 | 62  | 18                          | 14           | 0                            |           |
| 104 | 〃 無溶剤型               | ○   | ○ | ○   | ○     | ○ | ○   | ○           | ○ | ○   | ○   | ○ | ○   | 66  | 42 | 62  | 13                          | 13           | 0                            |           |
| 105 | 〃 湿面用                | ○   | ○ | ○   | ○     | ○ | ○   | ○           | ○ | △   | ○   | ○ | △   | 12  | 6  | 4   | 10                          | 18           | 0                            |           |
| 106 | 弾性系ポリブタジエン無溶剤型       | ○   | ○ | △   | ○     | △ | △   | ○           | ○ | ○   | ○   | ○ | ○   | 71  | 53 | 69  | 17                          | 17           | 0                            |           |
| 107 | 〃 アクリルエマルジョン型        | ○   | ○ | ○   | ○     | ○ | ○   | ○           | ○ | ○   | ○   | ○ | ○   | 4   | 3  | 4   | 10                          | 18           | 0                            |           |
| 108 | 〃 ウレタン溶剤型            | ○   | ○ | ○   | ○     | ○ | △   | ○           | ○ | △   | ×   | × | ×   | 37  | 21 | 14  | 18                          | 16           | 0                            |           |
| 109 | ガラスフレーク系エポキシ-1       | ○   | ○ | ○   | ○     | ○ | ○   | ○           | ○ | ○   | ○   | ○ | ○   | 44  | 31 | 33  | 17                          | 21           | 0                            |           |
| 110 | 〃 ビニルエステル-1          | ○   | ○ | ○   | ○     | ○ | ○   | ○           | ○ | ○   | ○   | ○ | ○   | 22  | 18 | 25  | 14                          | 19           | 0                            |           |
| 111 | 表 〃 エポキシ-2           | ○   | ○ | ○   | ○     | ○ | ○   | ○           | ○ | △   | ×   | × | ×   | 6   | 3  | 1   | 12                          | 14           | 0                            |           |
|     | 裏 タールエポキシ系 タールエポキシ   | ○   | ○ | ○   | ○     | ○ | ○   | ○           | ○ | △   | ○   | ○ | △   | 8   | 6  | 3   | 12                          | 14           | 0                            |           |
| 112 | 表 ガラスフレーク系 ビニルエステル-2 | ○   | ○ | ○   | ○     | ○ | ○   | ○           | ○ | ○   | △   | △ | ×   | 4   | 3  | 5   | 6                           | 4            | 0                            |           |
|     | 裏 タールエポキシ系 タールエポキシ   | ○   | ○ | ○   | △     | △ | △   | ○           | ○ | △   | ○   | ○ | △   | 10  | 6  | 2   | 18                          | 17           | 0                            |           |

注: ○ 変化なし, △ 変化が中程度, × 変化が大きい

(1) 外観調査

1年目の調査結果で、塗膜にわれが発生し、劣化が始った。ふくれについては膜厚の小さい塗装系および軟質系で認められた。チョーキングは耐候性の良い上塗を塗装していない塗装系（Na 102, 105, 108）で発生している。

(2) 色調変化は、耐候性の多い上塗を塗装したNa 101, 103, 106, 107, 109, 110の塗装系では少なかった。

(3) 光沢については、今回の測定値は初期値と比べると、Na 108以外は変化は少なかった。

(4) 付着力

付着力については初期値と比べて変化は少なく、破壊状況にも変化はみられなかった。スペシメンの直径をφ20mmからφ100mmへ大きくすることにより、バラツキの低減が図られ、破壊状況の判定が容易になった。

(5) 塩分

塗膜による塩分遮断効果は十分に認められた。無塗装供試体の表面部において最大6 kg/m<sup>2</sup>を超える全塩分量が測定され、1年間での塩分浸透が確認された。

(6) 表面含水率及びpH測定

表面含水率のデータにバラツキがみられ、塗膜外観のふくれと含水率との関係があるかどうかの知見が得られにくいため、調査方法の改善が必要と考える。コンクリートの表面pHは12を示し、健全な状態のアルカリ度を示している。

(7) 塗膜厚

いずれの塗装系も中塗、上塗は目標に近い膜厚であった。コンクリート表面の巣穴が多かった供試体については、エポキシ系パテを使用して全面充填したため、その分だけ塗膜厚は目標膜厚より厚くなった。

以上のことから イ). 塩分の浸透状況は、全塩分と可溶性塩分について測定されているが、塗膜を透過してきた塩分量を確定するには今後の追跡調査に待たなければならないと考える。ロ). 外観調査において塗膜の耐久性に問題がみられるNa 106（ポリブタジエン系）は、付着力調査、塩分調査等においては他の塗装系に比べて問題がみられず、現時点では、塗膜表層部の劣化と考えられる。ハ) Na 111とNa 112の裏部に塗装しているタールエポキシ系の塗膜のふくれは、Na 112のみに認められたが、塗膜厚調査の結果から、ふくれの発生は巣穴の充填に用いたエポキシパテの膜厚がNa 111に比べて小さいためと考えられる。

このように、コンクリート面用塗装系には一定水準以上の膜厚が必要であると考えられる。

## 6. シリーズⅡ定期調査 昭和58年度（春と秋）

多量の塩分を含むコンクリート中の鉄筋の腐食状況と各種防食工法（外面塗装、かぶりの厚さ、鉄筋の塗装）による鉄筋の防食効果の調査が目的である。

コンクリートの鉄筋は通常、コンクリートの高アルカリ度により鉄筋表面に安定な保護皮膜を形成し、腐食することはないが、塩分、水、酸素の腐食因子が侵入すると保護皮膜が破壊され、鉄筋は腐食するようになる。鉄筋は腐食すると膨張し、周囲のコンクリートにひびわれを起こし、はくりを生じさせ、遂にはコンクリートを破壊する。

暴露供試体の中、塗装供試体については塗膜の耐久性と保護効果を調べるため、塗膜のわれ、ふくれ、はがれ、チョーキング、変色、光沢および付着力の調査を行なった。

無塗装供試体については鉄筋腐食の状況を外部から判断する方法として鉄筋腐食に起因するコンクリート面のひびわれ、はくり、さび汁の発生と進行を追跡調査する方法を採用した。

さらに暴露環境調査として塩分調査（付着塩分とコア塩分）を行なった。

### 6-1 外観調査

#### 6-1-1 調査方法

##### (1) 塗装供試体

表 6.1 塗装供試体の外観調査

| 項 目    | 現 象                    | 評 価                                   | 評価基準               |
|--------|------------------------|---------------------------------------|--------------------|
| わ れ    | 塗膜表面にわれが出ている現象         | 肉眼で観察し形状、大きさにより評価する。<br>位置、寸法を図に記録する。 | 塗膜の評価基準（日本塗料検査協会）  |
| ふ く れ  | 塗膜が押し上げられてふくれている現象     | 肉眼で観察し大きさ、密度により評価する。                  |                    |
| は が れ  | 塗膜が下地または塗膜間からはがれている現象  | 肉眼で観察し形状、大きさにより評価する。<br>位置、寸法を図に記録する。 |                    |
| チョーキング | 塗膜の表面が変化して離脱し易い粉状になる現象 | 指先で塗膜をこすり塗膜の離脱粉末の付着程度を調べる。            | 大・中・小・なしの4段階に分類する。 |
| 外 観    |                        | 写真記録をとる。                              |                    |

(2) 無塗装供試体

表 6.2 無塗装供試体の外観調査

| 項 目  | 現 象                       | 評 価                                                   |
|------|---------------------------|-------------------------------------------------------|
| ひびわれ | コンクリート表面にひびわれが出ている現象      | クラックスケールを使用してひびわれ幅を測定する。<br>位置、ひびわれ幅を図に記録する。          |
| はくり  | コンクリート表面がはがれている現象         | はくりした部分をトレーシングペーパーに写しプラニメーターで面積を求める。<br>位置、面積を図に記録する。 |
| さび汁  | コンクリート表面に内部からさび汁が流出している現象 | 色の強弱と状況を記録する。<br>無筋の供試体は対象外とする。                       |
| 外 観  |                           | 写真記録をとる                                               |

(3) 調査位置

図の 6 面とする。但しコードのついている面は対象外とする。

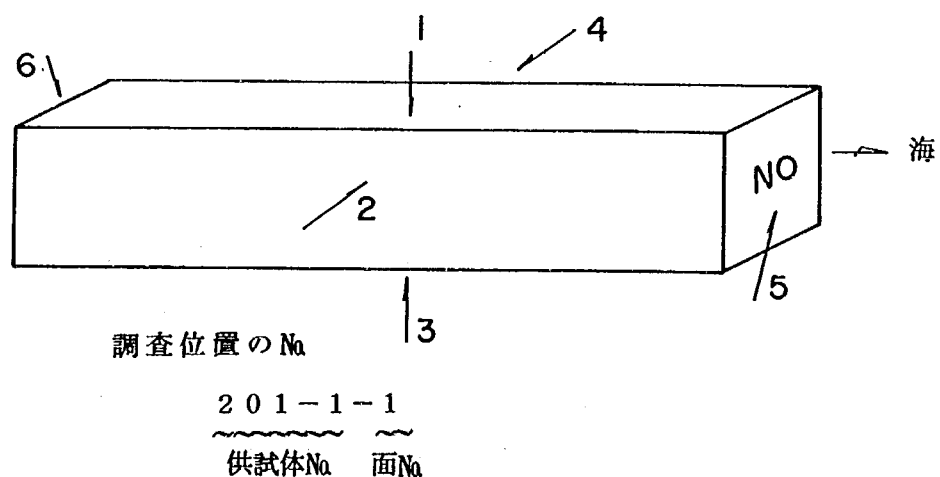


図 6.1 調 査 位 置

## 6-1-2 調査結果と考察

### (1) 塗装供試体

塗膜の外観の調査で認められた変化は次の通りである。

表 6.3 塗装供試体外観調査結果

| 供試体<br>No | かぶり<br>(cm) | 初 期<br>塩分量<br>(kg/m <sup>3</sup> ) | 塗 装 系                | 膜 厚<br>(μ) | わ れ            |                | ふ く れ           |                  |
|-----------|-------------|------------------------------------|----------------------|------------|----------------|----------------|-----------------|------------------|
|           |             |                                    |                      |            | 春              | 秋              | 春               | 秋                |
| 202       | 2.5         | 0                                  | エポキシ系<br>溶 剤 型       | 200        | な し            | な し            | 3面に発生<br>8M~6VL | 3面に発生<br>8L~6VL  |
| 205       | 2.5         | 10                                 | //                   | 200        | な し            | な し            | 全面に発生<br>6VL    | 全面に発生<br>6VL     |
| 206       | 2.5         | 10                                 | エポキシ系<br>ガラスローピング補強用 | 2,000      | な し            | な し            | な し             | な し              |
| 208       | 2.5         | 30                                 | エポキシ系<br>溶 剤 型       | 200        | 線状われ<br>幅0.2以下 | 線状われ<br>幅0.2以上 | 全面に発生<br>6VL    | 全面に発生<br>4VL     |
| 209       | 2.5         | 30                                 | エポキシ系<br>ガラスローピング補強用 | 2,000      | な し            | な し            | な し             | な し              |
| 210       | 2.5         | 30                                 | ポリブタジエン系<br>ガラス繊維補強用 | 1,000      | 小さい鳥足<br>状われ少  | 小さい鳥足<br>状われ多  | 全面に発生<br>8L~6VL | 全面に発生<br>8VL~6VL |

今年度の調査で新たに塗膜のわれが発生し、ふくれも一部の供試体で増加した。われとふくれが発生した供試体および供試体面は春季と秋季とで同じであったが、われの幅およびふくれの大きさと密度は秋季の方が拡大した。

初期塩分量：30 kg/m<sup>3</sup>の供試体で塗膜のわれが発生し、ふくれは初期塩分量の増加につれて形が大きく、数も多くなった。

塗装系：供試体 208 の塗膜のわれは鉄筋腐食に起因するコンクリートのひびわれによる線状われであり、ひびわれ追従できなかったために発生した。

供試体 210 の塗膜のわれは塗膜表面から生じた小さい鳥足状われであり、塗膜表面の変化が原因である。

最も膜厚の大きいガラスローピング補強用は初期塩分量 30 kg/m<sup>3</sup>でも塗膜の変化は認められなかった。

(2) 無塗装供試体

コンクリートの外観の調査で認められた変化は次の通りである。

表 6.4 無塗装供試体の外観調査結果

| 供試体<br>No | かぶり<br>(cm) | 初 期<br>塩分量<br>(kg/m <sup>3</sup> ) | 塗 装<br>鉄筋<br>の有無 | ひ び わ れ |             | は く り           |                 | さ び 汁           |                 |
|-----------|-------------|------------------------------------|------------------|---------|-------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|           |             |                                    |                  | 春       | 秋           | 春               | 秋               | 春               | 秋               |
| 201       | 2.5         | 0                                  |                  | な し     | な し         | か ど か け         | か ど か け         | もらいさび           | もらいさび           |
| 203       | 2.5         | 0                                  | 有                | な し     | な し         | か ど か け         | か ど か け         | もらいさび           | な し             |
| 204       | 2.5         | 10                                 |                  | 一部に発生   | 一部に発生       | な し             | な し             | もらいさび           | な し             |
| 207       | 2.5         | 30                                 |                  | 全面に発生   | 全面に発生       | ひびわれ<br>からの脱落   | ひびわれ<br>からの脱落   | ひびわれから<br>さび汁発生 | ひびわれから<br>さび汁発生 |
| 211       | 2.5         | 30                                 | 有                | 全面に発生   | 全面に発生       | か ど か け         | か ど か け         | もらいさび           | な し             |
| 212       | 5.0         | 0                                  |                  | な し     | な し         | な し             | 当 り 傷           | な し             | な し             |
| 213       | 5.0         | 10                                 |                  | な し     | ごく<br>一部に発生 | な し             | な し             | な し             | な し             |
| 214       | 5.0         | 30                                 |                  | 全面に発生   | 全面に発生       | 一部ひびわれ<br>からの脱落 | ひびわれ<br>からの脱落   | な し             | ひびわれから          |
| 215       | 7.5         | 0                                  |                  | な し     | な し         | か ど か け         | か ど か け         | もらいさび           | な し             |
| 216       | 7.5         | 10                                 |                  | な し     | 一部に発生       | わ ど か け         | か ど か け         | な し             | な し             |
| 217       | 7.5         | 30                                 |                  | 全面に発生   | 全面に発生       | か ど か け         | 一部ひびわれ<br>からの脱落 | な し             | な し             |
| 218       | —           | 0                                  | —                | な し     | な し         | か ど か け         | か ど か け         | —               | —               |
| *219      | 2.5         | 0                                  |                  | な し     | な し         | か ど か け         | か ど か け         | スパーサー<br>よる点さび  | スパーサーに<br>よる点さび |

\*無筋コンクリート

今年度の調査時に新たに初期塩分量 30kg/m<sup>3</sup> の供試体に加え、10kg/m<sup>3</sup> の供試体にもひびわれが認められた。また、ひびわれからはくりやさび汁が、かぶりの大きい供試体にも見られるようになった。この傾向は春季より秋期においてさらに顕著になった。

かぶり：かぶり厚の影響はかなり認められる。かぶり厚が大きくなると、ひびわれ幅が小さくなり、ひびわれからはくりやさび汁の発生が遅くなる。

初期塩分量：初期塩分量の影響は最も顕著である。30kg/m<sup>3</sup> の場合、かぶり厚に関係なくひびわれが発生している。塗装鉄筋の場合も同様である。又、ひびわれからはくりは春季にはかぶり厚 5cm の供試体に認められ、秋季には 7cm の供試体まで拡大した。秋季にはひびわれからのさび汁がかぶり厚 5cm の供試体に認められるようになった。

鉄筋の塗装：初期塩分量  $30\text{ kg/m}^2$  の供試体にひびわれが発生しているが、無塗装鉄筋の場合に比べて明らかに防食効果が認められる。

## 6-2 色調変化調査

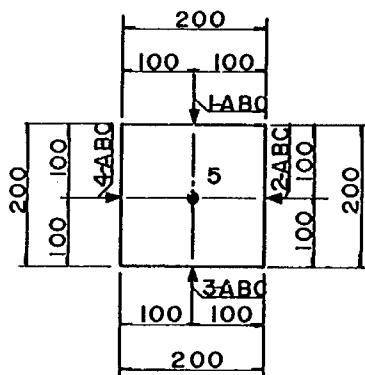
### 6-2-1 調査方法

#### (1) 調査手順

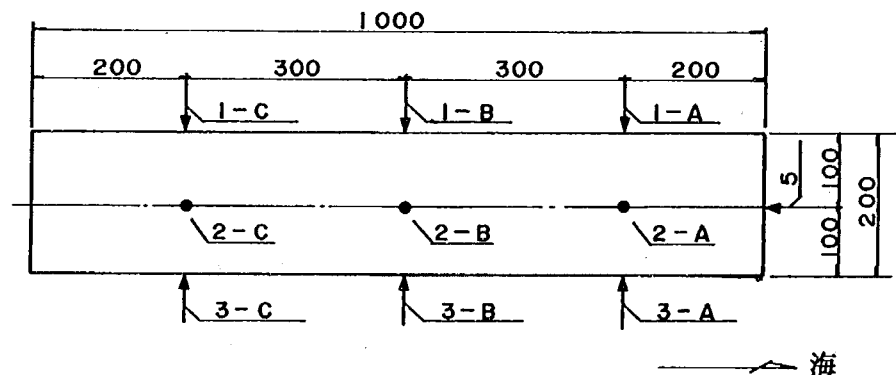
- 1) 塗装供試体について調査する。
- 2 調査塗膜面を水道水に浸したガーゼにて水洗する。
- 3 調査面が乾燥後、肉眼にて標準色と比較し色調の変化を調べる。
- 4 評価は大・中・小・なしの4段階で行なう。
- 5 写真記録をとる。

#### (2) 調査位置

図に示す通り、1～4面は各3点ずつ、供試体1体につき12点である。



〔正面図〕



〔側面図〕

調査位置のNa

2-2-3-1-A

~~~~~  
供試体Na 面Na 面内の区分記号
A : 海側
B : 中央
C : 山側

図-6.2 色調変化の調査位置

6-2-2 調査結果と考察

塗膜の色調変化はまだ発生していない。

6-3 光沢調査

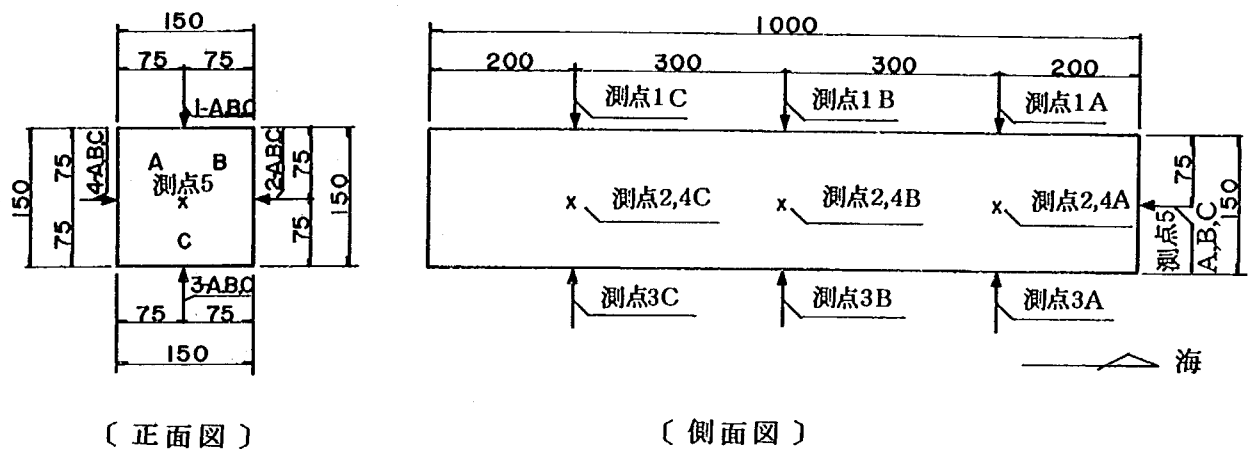
6-3-1 調査方法

携帯用光度計で 60 度鏡面光沢度を測定した。

(1) 測定手順

- 1) 測定塗装面を水道水に浸したガーゼにて水洗する。
- 2) 測定面が乾燥後、携帯用光沢計にて 60 度鏡面光沢度を測定する。

(2) 測定位置



図－ 6.3 光沢調査の測定位置

- 1) 上図の様に 1～4 の測定面については各 3 箇所測定し、5 面についても 3 箇所測定した。
また 1 箇所について 3 点測定した値を平均して、その測点の光沢度とした。

測定印置のNa

202 - 3 - 1 - A

供試体Na, 面Na, 面内の区分記号

A : 海側

B : 中央

C : 山側

6-3-2 調査結果と考察

(1) 各供試体別の光度変化について

表－6.5 光沢測定結果

供試体 No	塗 装 系	測 定 時 期 初期 塩分量(kg/m ²)	最 低 値				最 高 値				平 均 値				光沢残存率(%)			
			0 年		1 年		0 年		1 年		0 年		1 年		0 年		1 年	
			初	秋	春	秋	初	秋	春	秋	初	秋	春	秋	初	秋	春	秋
202-3	エポキシ系溶剤型	0	35	28	10	45	77	70	61	82	60	54	35	62	／	90	58	103
202-4			42	31	11	46	83	74	50	78	70	53	30	60	／	76	43	86
205-2		10	49	45	20	47	78	76	51	75	62	58	35	63	／	74	56	102
205-3			50	44	17	43	80	66	59	85	67	56	33	66	／	84	49	99
208-2		30	40	32	16	28	76	64	59	59	62	51	33	48	／	82	43	77
208-3			50	34	15	30	78	62	64	59	62	53	42	56	／	85	68	90
208-4			49	39	17	32	83	69	51	68	70	55	34	48	／	79	49	69
206-2	エポキシ系 ガラスロービング補強用	10	6	6	4	7	40	45	23	71	13	11	10	24	／	85	77	184
206-3			5	4	3	3	35	43	32	60	14	13	11	17	／	93	79	121
209-2		30	5	4	4	5	29	38	15	38	14	10	7	16	／	71	50	114
209-3			4	4	3	3	10	9	15	22	7	6	6	8	／	86	86	114
209-4			3	2	3	3	34	23	40	55	9	6	8	11	／	67	89	122
210-2	ポリブタジエン系 ガラス繊維補強用	30	16	10	5	21	83	76	28	57	43	25	17	35	／	58	40	81
210-3			13	9	9	10	54	54	51	57	36	17	20	30	／	47	56	83
210-4			21	12	10	19	68	35	35	54	38	22	19	36	／	58	50	95

上表より1年目の春季調査結果と同様、同一塗装系での供試体間の光沢変化は比較的少ないと考える。

(2) 測定面変による光沢変化について

表－6.7 光沢測定結果

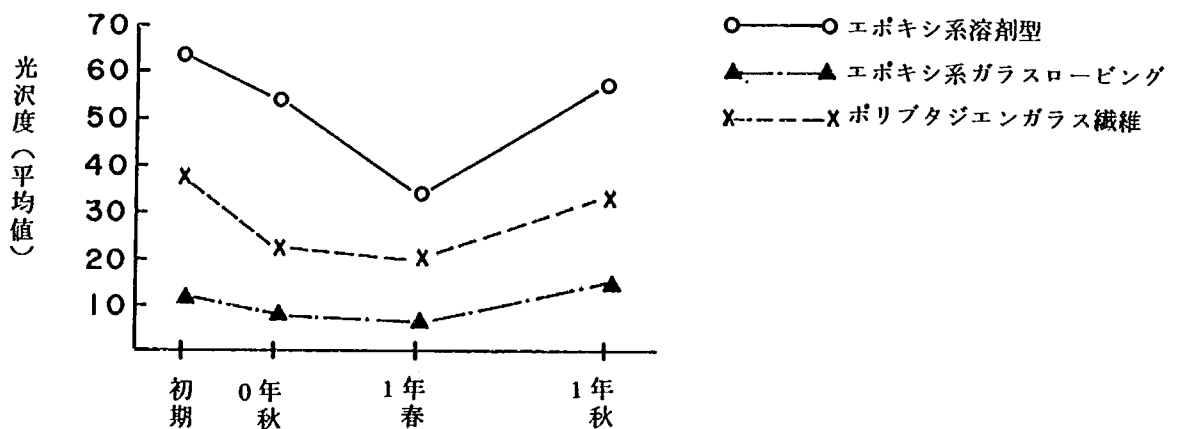
供試 体No	塗 装 系	測定時期		最 低 値					最 高 値					平 均 値					光沢残存率(%)				
				1面	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
202 205 208	エ エポキシ系 溶 剤 型	0 年	初期	35	50	42	40	47	81	83	83	76	68	63	70	66	61	56	—	—	—	—	—
			秋	45	34	31	28	46	74	70	76	67	64	59	54	52	53	53	94	77	79	87	94
		1 年	春	19	22	10	10	14	59	60	64	46	51	36	41	32	32	27	57	59	49	53	48
			秋	33	30	45	28	38	71	82	80	85	68	56	60	60	59	52	89	86	91	96	93
206 209	エポキシ系 ガラスロービング 補 強 用	0 年	初期	3	4	4	6	9	29	20	27	22	40	10	8	8	12	26	—	—	—	—	—
			秋	3	2	3	3	9	19	14	10	32	45	8	7	6	7	28	80	89	75	58	108
		1 年	春	3	3	3	3	7	13	19	12	13	40	6	6	5	6	18	60	75	63	50	69
			秋	3	4	3	4	6	24	48	29	25	71	10	13	8	10	35	100	163	100	83	135
210	ポリブタジエン系 ガラス繊維補強用	0 年	初期	21	16	13	16	39	58	55	56	65	83	41	35	28	46	62	—	—	—	—	—
			秋	10	9	11	10	35	24	30	34	32	75	19	19	18	21	55	46	54	64	46	89
		1 年	春	9	10	5	10	17	30	59	21	33	51	22	20	13	17	30	54	57	46	37	48
			秋	14	19	10	19	34	46	42	42	54	57	28	30	26	36	50	68	86	93	78	80

測定面別による光沢度は特に大きな変化は認められない。

(3) 塗装系別の光沢変化について

表一 6.8 光沢測定結果

供試体番号	塗 装 系	測定時間		最低値	最高値	平均値	光沢残存率(%)
202 205 208	エポキシ系溶剤型	0年	初期	35	83	64	／
			秋	28	76	54	84
		1年	春	10	64	33	52
			秋	28	85	58	90
206 209	エポキシ系 ガラスローピング補強用	0年	初期	3	40	11	／
			秋	2	45	9	82
		1年	春	3	40	8	73
			秋	3	71	15	100
210	ポリブタジエン系 ガラス繊維補強用	0年	初期	13	83	39	／
			秋	9	76	22	56
		1年	春	5	59	20	51
			秋	10	57	34	87



(暴露期間と光沢度(平均値)の変化)

表一 6.4 光沢の変化

- 1) 塗膜系別による比較ではエポキシ溶剤型は光沢値が高く、次いで供試体№ 210, 206, 209 の順となっている。供試体№ 210, 206, 209 はいずれも塗膜表面の凹凸が大きく、光沢度測定値のバラツキが大きい。
- 2) 1年秋季の測定値は1年春季に比べて高い値を示したことは、測定器、天候、および表面の水洗条件等により測定値のバラツキと考えられ、次回の検討を要する。

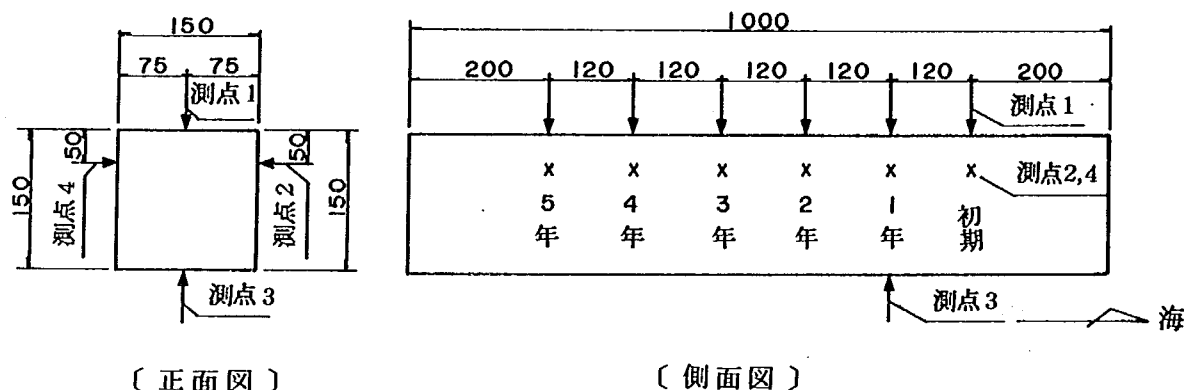
6-4 付着力調査

6-4-1 調査方法

(1) 測定手順

- 1) 供試体の塗装面の付着力測定個所を、回転式カッター等を用いて塗膜上より供試体素材面に達する 20mmφ の穴を切り込む。
- 2) 測定塗膜面をサンドペーパーにて平滑に研磨する。
- 3) 研磨後、脱脂したアルミニウムスペシメン (20mmφ) に、エポキシ系接着剤を塗付し測定塗膜面にはり合せる。
- 4) スペシメン接着後24時間放置し、アドヒージョンテスターを用いてスペシメンを垂直に引張ってはく離する。

(2) 測定位置



測定位置のNa

202 - 3 - 1

供試体Na 面Na

図ー 6.5 付着力の測定位置

(3) 評価方法

- 1) 付着力 (kg/cm²) を測定し、はく離状況をスケッチ及び、写真撮影する。

6-4-2 調査結果と考察

今回までの調査結果をまとめると下表のようになる。

表一 6.9 付着力の測定結果

供試 体No	含 有 塩分量	塗 装 系	測定 時期	最定値 (kg/cm ²)	最高値 (kg/cm ²)	平均値 (kg/cm ²)	は くり 状 況
202	kg/m ² 0	エポキシ系溶剤型	初期	10	15	13	コンクリート凝集破壊 100 %
			1 年	15	20	18	コンクリート凝集破壊 95 % プライマー/パテ層間はくり 5 %
205	10		初期	10	20	15	コンクリート凝集破壊 90 % コンクリート/プライマー界面破壊 10 %
			1 年	20	20	20	コンクリート凝集破壊 100 %
208	30		初期	10	10	10	コンクリート凝集破壊 100 %
			1 年	15	15	15	コンクリート凝集破壊 100 %
206	10	エポキシ系 ガラスローピング 補強用	初期	10	10	10	コンクリート/プライマー界面破壊 55 % ローピング内凝集破壊 33 % コンクリート凝集破壊 12 %
			1 年	10	10	10	コンクリート/プライマー界面破壊 73 % コンクリート凝集破壊 27 %
209	30		初期	5	5	5	コンクリート凝集破壊 77 % コンクリート/プライマー界面破壊 23 %
			1 年	10	20	15	コンクリート凝集破壊 85 % コンクリート/プライマー界面破壊 15 %
210	30	ポリブタジエン系 ガラス繊維補強用	初期	10	10	10	塗膜ガラス繊維層凝集破壊 100 %
			1 年	10	15	13	スペシメン/接着層界面破壊 50 % プライマー/下塗層間はくり 40 % コンクリート凝集破壊 5 % 下塗凝集破壊 5 %

- (1) 暴露1年後の付着力は初期値と比べて全体的にやや増加傾向を示した。これは、はく離状況から見て、コンクリートの品質の不均一によるバラツキと考えられる。
- (2) コンクリート中の含有塩分量の影響は付着力およびはく離状況から見て、付着力との関係は少ないものと考えられる。
- (3) 塗装系間の差はエポキシ系ではガラスローピング補強したものが溶剤型に比べて付着力がやや低い。又、供試体No 210 ポリブタジエン系では、暴露1年後でも塗膜の柔軟性を保持しており伸びが大きくテストの測定限界をこえていた。

- (4) 測定位置の差（初期値は上面及び両側面，1年後は上面及び下面）は付着力及びはく離状況から見て比較的少ないものと思われる。

6-5 付着塩分調査

6-5-1 付着塩分調査

(1) 調査方法

1) 測定手順

- ① 付着塩分の採取面積は，供試体表面全体とし，各表面（面No 1～4）の面積は， $0.15 \times 1.0 \text{ m}$ である。
- ② イオン交換水約 60 ml をビーカーに入れ，ビニール手袋をしてガーゼをひたし，ビーカー内のイオン交換水を含ませる。
- ③ このガーゼで測定面をていねいにぬぐう。このとき，測定面から出たり，水でぬらしたりしないように注意する。
- ④ ガーゼを広口ポリビンに移す。最後に，イオン交換水約 20 ml で手袋を洗い，洗液は広口ポリビンに加える。
- ⑤ イオン交換水の量はほぼ 200 ml となるようにする。広口ビン内の水は，ガーゼと共に No 2 のろ紙でろ過し，ろ液量を測る。
- ⑥ ろ液中の塩分量は，自動電位差滴定装置（イオン選択性，及び比較電極）を用いて測定する。
- ⑦ 滴定終了後，電位差の記録より電位の一次微分が最大となったときを終点とし，それまでの滴下量を滴定量とする。
- ⑧ ろ液中の塩分量 (A) [mg] は(1)式より算出され，付着塩分 (B) [mg/m²] は(2)式より算出される。

$$A[\text{mg}] = V[\ell] \times \text{ppm} [\text{mg}/\ell] \quad (1)$$

ここで， $\text{ppm} = (v_1 - B_L) \times N \times f \times \text{EQW} \div S (V_1/V_1) \times 1,000,000$

v_1 : 滴定量 (ml)， B_L : 空試験時の滴定量 = D (ml)

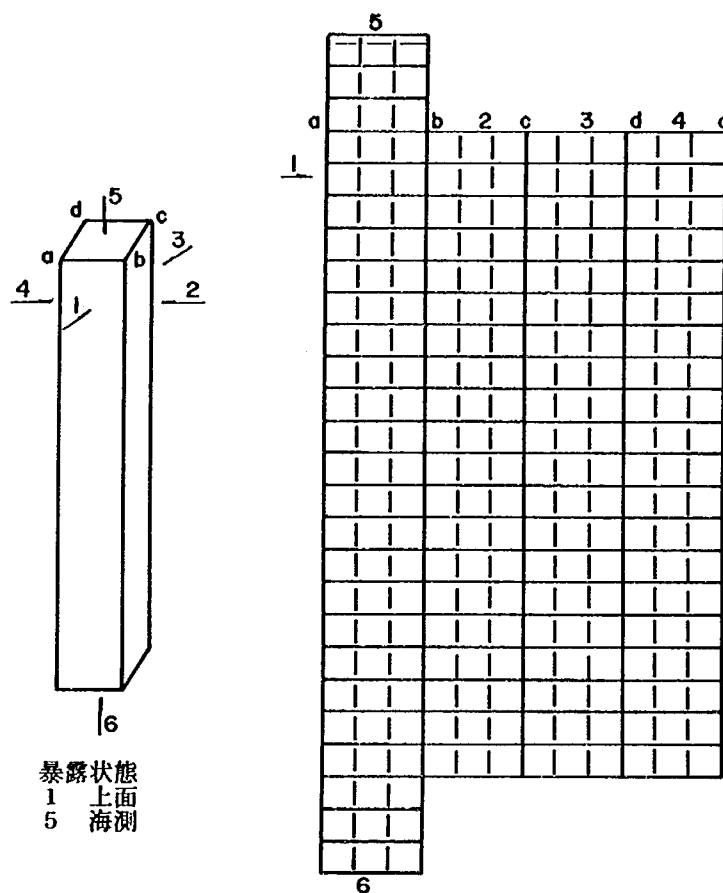
N : 滴定液（硝酸銀）の濃度 = 0.005， f : 滴定液の力価

EQW : NaCl のグラム当量 = 58.4428...， S = 秤取試料量 (ml)

V_1/V_2 : 希釈倍率 = 1， $V = V_1$: ろ液量 = 0.20 (ℓ)

$$(B) [\text{mg}/\text{m}^2] = \frac{A}{0.15 \times 1.00} = \frac{A}{0.15}$$

2) 測定供試体と測定位置

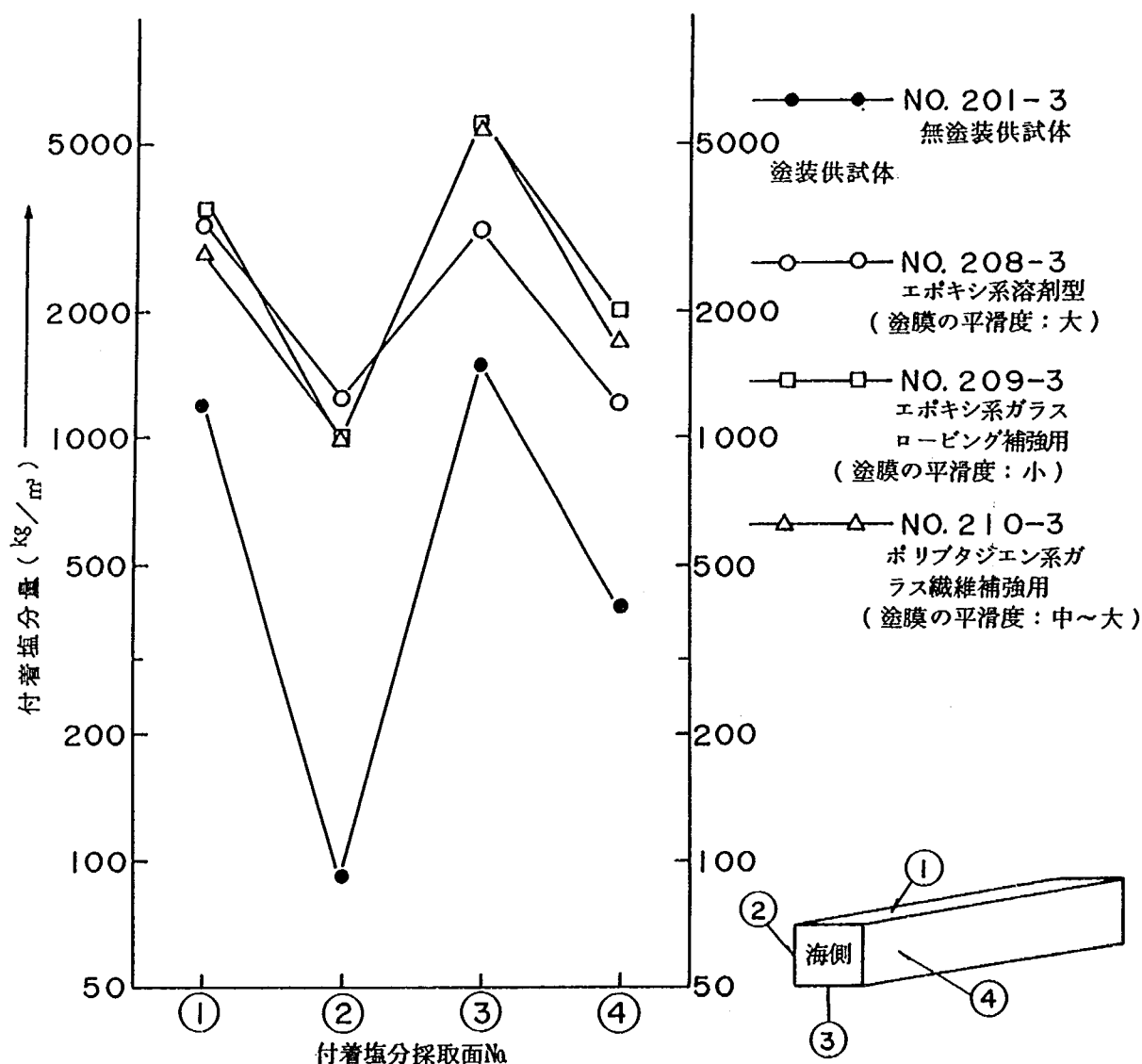


供試体No	測定位置
201-3	1～4面
202-3	1及び3面
205-3	1及び3面
206-3	1及び3面
208-3	1～4面
209-3	1～4面
210-3	1～4面

図－6.6 付着塩分の測定位置

(2) 調査結果と考察

今回の調査結果を下图に示す。



図－6.7 付着塩分の測定結果

イ) 無塗装供試体は塗装供試体に比べて付着塩分量が少ないが、付着塩分の採取効率が塗膜面と比較して低いためと考えられる。

ロ) 塗装供試体において塗面の平滑度の大きな供試体は付着塩分が少なく、平滑度の小さな供試体は大きいというような傾向がみられた。

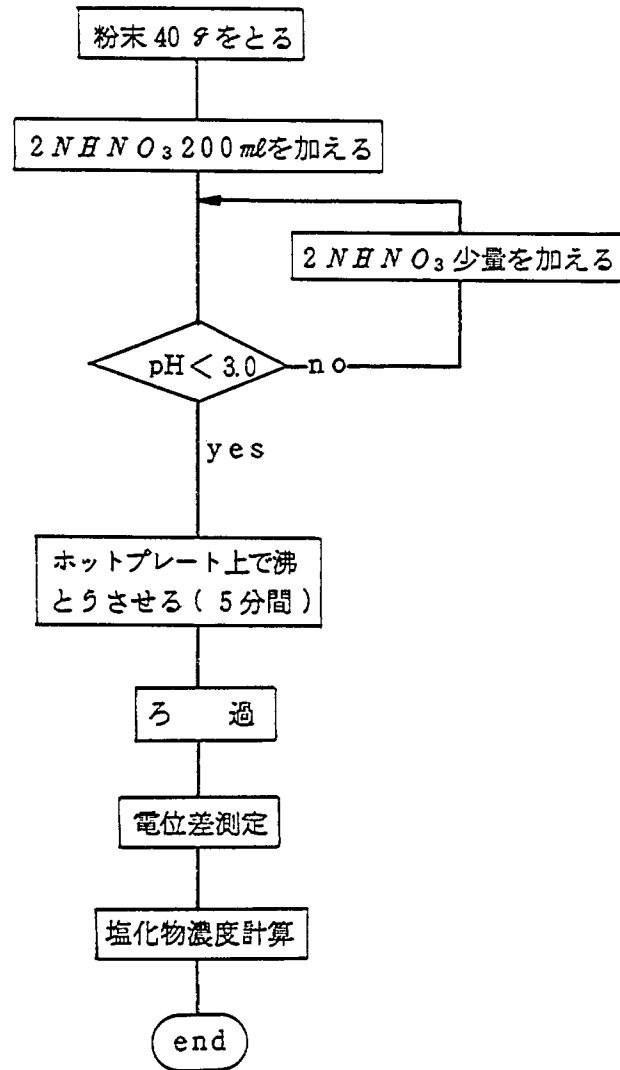
ハ) 付着塩分量は採取面により異なり、①面と③面に多く②面と④面に少ない傾向がみられた。

6-5-2 コア塩分調査

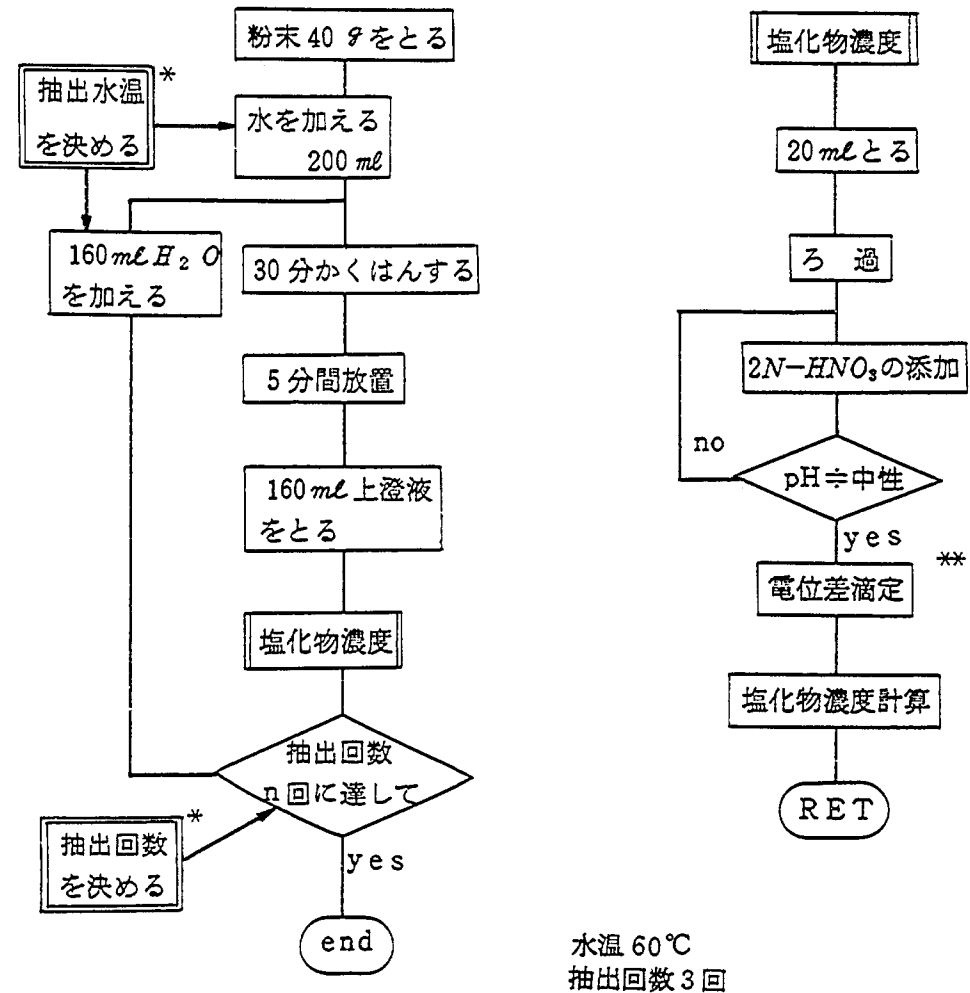
(1) 調査方法

1) 測定手順

(1) 全塩分分析



(2) 可溶性塩分分析



* コンクリートを取りまく環境を勘案して抽出水温と水抽出回数を決める。

** 電位差滴定法による滴定点の決定には 1 次微分の最大となる滴定値とする。

図-6.8 コンクリート中の塩分の測定手順

コアボーリングマシンを用いてφ50×250mmのコンクリートコアを採取する。この時にコアの採取位置を記録する。

2) このコアを長手方向に約20mmピッチで切断し、粗粉碎器及び細粉碎器を用いて粉碎度が0.15mm以下になるまで微粉碎する。

3) この粉末を次頁に示すフローチャートに従って処理する。電位差測定に自動電位差滴定装置(塩素イオン選択性電極及び、比較電極)を用いる。

4) 滴定終了後、電位差の記録より、電位の一次微分が最大となったときを終点とし、それまでの滴下量を滴定量とする。

5) このときの塩分量(mg)は、 $1,461 \times 10^{-2} \times f \times v_1 \times V$ の式より算出される。

6) 塩化物濃度は、塩分(NaCl)重量に換算され、コンクリートに対する重量濃度百分率(%)及び単位体積当りの重量(kg/m³)として表わす。

(2) 調査結果と考察

図-6.9に、暴露による全塩分量の変化を、初期塩分量及びコンクリートコアの採取方向についてまとめた。図-6.10に、全塩分量と可溶性塩分の関係を、初期塩分量及びコンクリートコアの採取方向についてまとめた。

これらより、イ) 暴露1年後では、初期塩分量が30kg/m³の供試体の1,2,4面の表面部において塩分量が減少したが、初期塩分量が0,10kg/m³の供試体の全表面部において塩分量が増加した。ロ) 内部の塩分量にバラツキがみられ、初期塩分量が30kg/m³の供試体において顕著である。

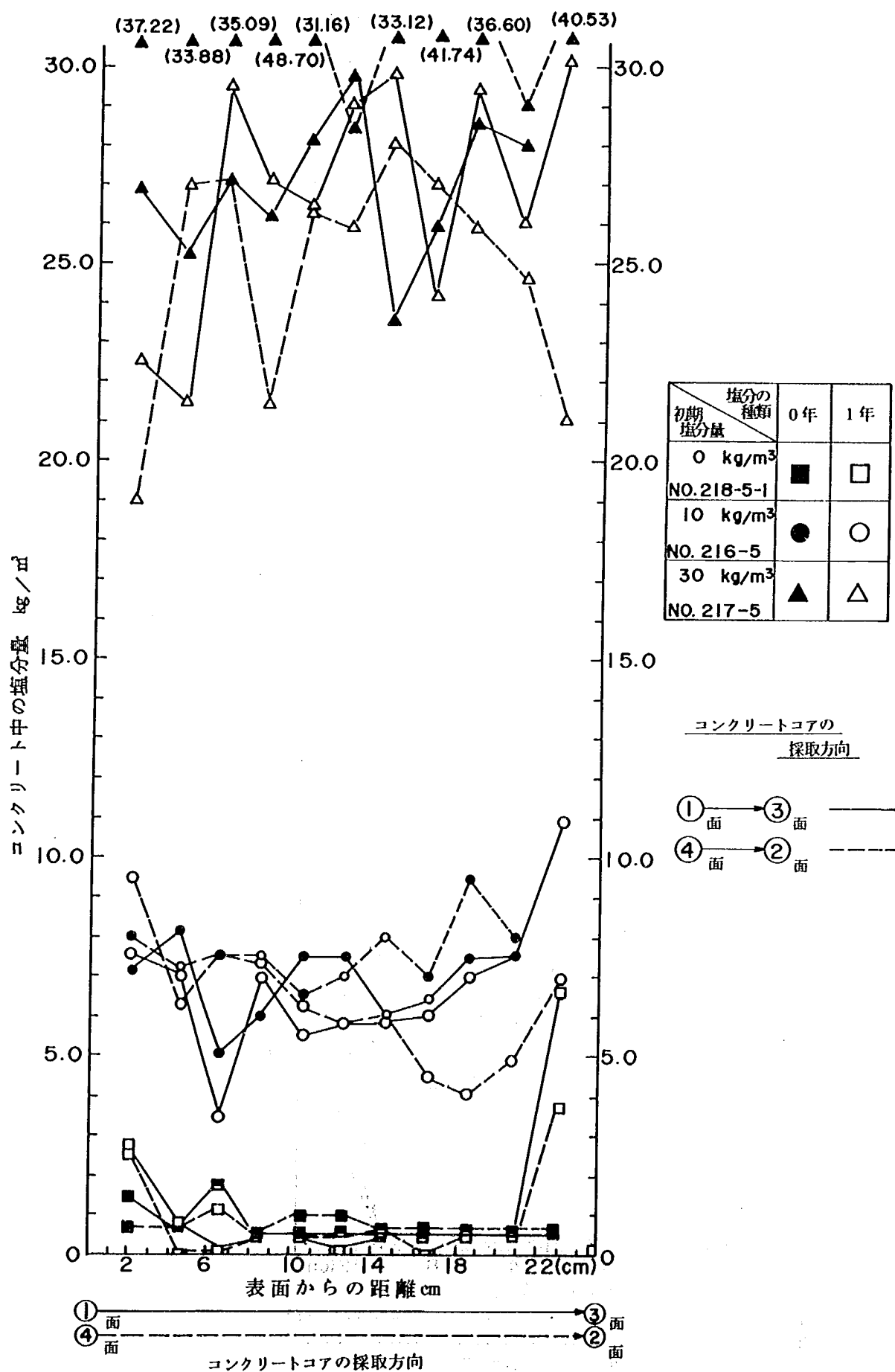


図-6.9 コンクリート中塩分の測定結果

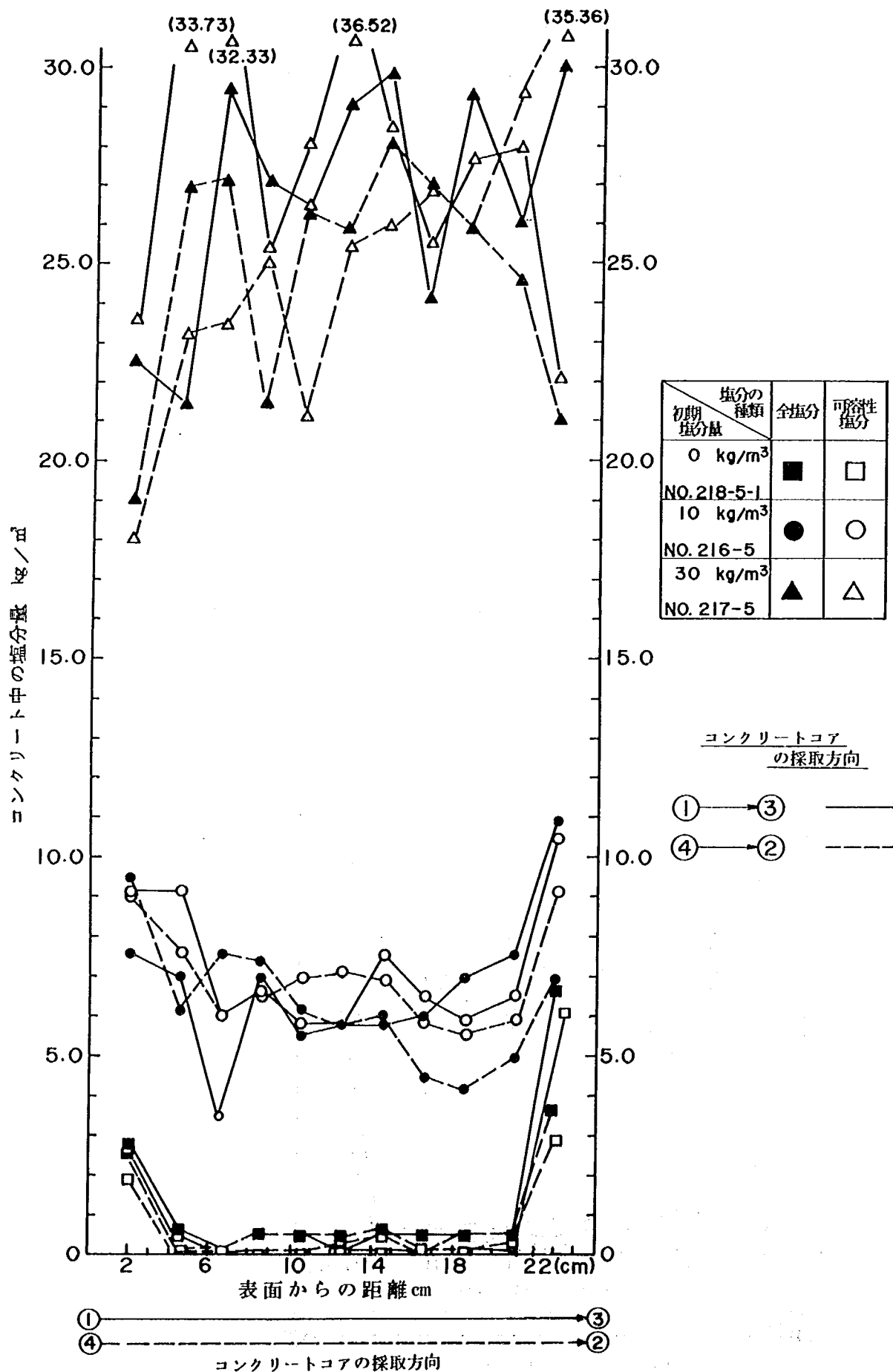


図-6.10 コンクリート中塩分の測定結果

6-5-3 塩分調査結果の考察

付着塩分調査結果と、コア塩分調査結果より、供試体の第3面において塩分付着量が多く、これによる塩分浸透が、初期塩分量0及び10 kg/m²の供試体の表面部における、全塩分量と可溶性塩分量の増加という現象から認められた。

6-6 シリーズⅡ定期調査のまとめ

(1) 塗装供試体

変化のあった項目をまとめると下表のようになる。

表一 6.10 シリーズⅡ定期調査のまとめ（昭和58年）

No	塗 装 系	初 期 塩分量 (kg/m ²)	外 観								光 沢				付着力 kg/cm ²		付着塩分 mg/m ²	
			わ れ				ふ く れ											
			0 年		1 年		0 年		1 年		0 年		1 年		0年	1年	1 年春	
			初期	秋	春	秋	初期	秋	春	秋	初期	秋	春	秋	初期	春	1 面	3 面
202	エポキシ系溶剤型	0	○	○	○	○	△	△	△	△	65	53	33	61	13	18	1877	3596
205	エポキシ系溶剤型	10	○	○	○	○	△	△	△	△	65	57	34	64	15	20	2712	3014
206	エポキシ系 ガラスローピング補強用		○	○	○	○	○	○	○	○	14	12	10	21	10	10	2164	6962
208	エポキシ系溶剤型	30	○	○	△	△	△	△	△	△	65	53	36	51	10	15	3271	3097
209	エポキシ系 ガラスローピング補強用		○	○	○	○	○	○	○	○	10	12	7	12	5	15	3506	5735
210	ポリブタジエン系 ガラス繊維補強用		○	○	△	△	△	△	△	△	39	21	19	34	10	13	2796	5495

（かぶりは2.5 cm、鉄筋は無塗装鉄筋）

注：○ 異状なし △ 軽度のわれ、ふくれが認められる。

× われ、ふくれが著しく、保護機能に問題がある。

1) 外 観

今年度の調査で新たに塗膜のわれが発生し、ふくれも一部の供試体で増加した。供試体No 208の塗膜のわれは鉄筋腐食に起因する線状われであり、ひびわれ追従できなかったために発生した。

供試体No 210の塗膜のわれは塗膜表面から生じた小さい鳥足状われであり、塗膜表面の変化が原因である。

2) 色調変化

色調の変化は認められない。

3) 光 沢

今年度の調査では光沢値は春季より秋季の方が高い値を示した。この変動原因については次年度の検討を要する。

4) 付 着 力

暴露1ケ年で付着力はやや増加傾向を示しているが、測定誤差範囲内であり、暴露による塗膜の付着劣化がほとんどなかったものと考えられる。

5) 塩 分

付着塩分は供試体の下面に多く蓄積されている。

以上の通り初期塩分量の多い供試体Na 208で鋼材の腐食に起因する塗膜のわれが認められた。この原因はコンクリートのひびわれに対する追従性が不足していると考えられ、防食機能の一つとしてひびわれ追従性が不可欠であることを示している。

(2) 無塗装供試体

変化のあった項目をまとめると下表のようになる。

表— 6.11 シリーズ定期調査のまとめ（昭和58年）

Na	かぶり (cm)	初 期 塩分量 (kg/m ²)	鉄 筋 塗装の 有 無	外 観											
				ひびわれ				は く り				さ び 汁			
				0 年		1 年		0 年		1 年		0 年		1 年	
				初期	秋	春	秋	初期	秋	春	秋	初期	秋	春	秋
201	2.5	0		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
203			有	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
204		10		○	○	△	△	○	○	○	○	○	○	○	○
207		30		×	×	×	×	○	△	×	×	△	△	×	×
211			有	○	△	△	×	○	○	○	○	○	○	○	○
212	5.0	0		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
213		10		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
214		30		△	×	×	×	○	○	△	×	○	○	○	×
215	7.5	0		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
216		10		○	○	○	△	○	○	○	○	○	○	○	○
217		30		○	△	×	×	○	○	○	△	○	○	○	○
218		0		○	○	○	○	○	○	○	○	—	—	—	—
219*	2.5	0	スペーサー 有	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	×	×

注：ひびわれ

○ なし～ごく一部に発生

△ ひびわれ幅0.2mm以下

×

はくり

○ なし又はかどかけ

△ 一部ひびわれからの脱落

×

さび汁

○ なし又はもらいさび

△ 点さび

×

今年度の調査において新たに初期塩分量 30 kg/m^3 の供試体に加え 10 kg/m^3 の供試体にもひびわれが認められた。また、ひびわれからのはくりやさび汁がかぶりの大きい供試体にも認められるようになった。塗装鉄筋を用いた供試体にもひびわれの進行が認められた。

7. シリーズⅡ解体調査（昭和58年春）

定期調査で得られた結果を確認するため、暴露供試体を解体し、調査を行なった。

塗装供試体については新たに次の項目を追加した。

- (1) 付着力；測定精度の向上のため、測定面積を従来のφ20mmよりφ100mmに拡大した。
- (2) 塩分；塗膜上の付着塩分量を測定し、コンクリート表面の付着量との差を明確にすることにした。
- (3) 電位分布；塗膜除去前後の電位分布を測定し、コンクリート中の鉄筋の腐食状況を非破壊で調査すると共に塗膜の影響を調べることにした。
- (4) 表面含水率及びpH
塗膜除去後の含水率及びpHを測定し塗膜下のコンクリートの状況を調べることにした。
- (5) 塗膜厚及びかぶり；実塗膜厚を測定し、目標値との差を調べた。
かぶりの非破壊的測定方法の確立のため、パコメーターの精度を調べることにした。

7-1 外観調査

7-1-1 調査方法

(1) 塗装供試体

表－7.1 外観調査内容

項 目	現 象	評 価	評 価 基 準
わ れ	塗膜表面にわれが出ている現象	肉眼で観察し形状、大きさにより評価する。 位置、寸法を図に記録する。	塗膜の評価基準（日本塗料検査協会）
ふ く れ	塗膜が押し上げられてふくれている現象	肉眼で観察し大きさ、密度により評価する。	
は が れ	塗膜が下地または塗膜間からはがれている現象	肉眼で観察し形状、大きさにより評価する。 位置、寸法を図に記録する。	
チョーキング	塗膜の表面が変化して離脱し易い粉状になる現象	指先で塗膜をこすり塗膜の離脱粉末の付着程度を調べる。	大・中・小・なしの4段階に分類する。
外 観		写真記録をとる。	

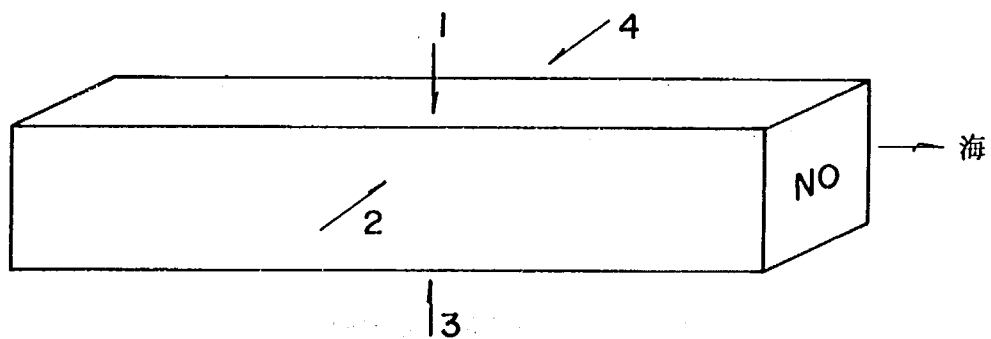
(2) 無塗装供試体

表－ 7. 2 外観調査内容

項 目	現 象	評 価
ひ び わ れ	コンクリート表面にひびわれが出ている現象	クラックスケールを使用してひびわれ幅を測定する。 位置、ひびわれ幅を図に記録する。
は く り	コンクリート表面がはがれている現象	はくりした部分をトレーシングペーパーに写しプランイメーターで面積を求める。 位置、面積を図に記録する。
さ び 汁	コンクリート表面に内部からさび汁が流出している現象	色の強弱と状況を記録する。 無筋の供試体は対象外とする。
外 観		写真記録をとる。

(3) 調査位置

図の 5 面とする。但しコードのついている面は対象外とする。



調査位置のNo

201－1－1

供試体No 面No

図－ 7. 1 外観調査位置

7-1-2 調査結果と考察

(1) 塗装供試体

塗膜の外観の調査で認められた変化は次の通りである。

表－ 7. 3 外観調査結果

供試体No	かぶり (cm)	初期塩分量 (kg/m ²)	塗 装 系	膜 厚 (μ)	わ れ	ふくれ
208－1	2.5	30	エポキシ系溶剤型	200	線状われ	全面に発生
209－1	2.5	30	エポキシ系 ガラスローピング補強用	2,000	な し	な し
210－1	2.5	30	ポリブタジエン系 ガラス繊維補強用	1,000	小さい 鳥足状われ	全面に発生

初期塩分量：今回の解体用塗装供試体は初期塩分量が30kg/m²のものであり、エポキシ系溶剤型とポリブタジエン系ガラス繊維補強用に塗膜のわれとふくれが認められるものの、無塗装供試体に比して、その外観変化は軽微である。

塗装系間の比較：塗膜のわれの中、エポキシ系溶剤型の場合は当初から予期していた通りの、コンクリートのひびわれの追従性不足によるものであり、ポリブタジエン系ガラス繊維補強用の場合は塗膜表面の劣化（初期段階）によるものである。

塗装時のコンクリートの若令に起因する塗膜のふくれはエポキシ系溶剤型の方が多かった。いずれの場合も塗膜の耐久性を損なう程のものではない。なお、ふくれの発生はコンクリートと塗膜との界面で起っている。膜厚の大きいエポキシ系ガラスローピング補強用には変化はなかった。

(2) 無塗装供試体

コンクリートの外観の調査で認められた変化は次の通りである。

表－ 7. 4 外観調査結果

供試体No	かぶり (cm)	初期塩分量 (kg/m ²)	鉄筋塗装 の有 無	ひびわれ	は く り	さ び 汁
201－1	2.5	0		な し	な し	(もらいさび)
207－1	2.5	30		全面に発生	ひびわれからの脱落	ひびわれからさび汁発生
211－1	2.5	30	有	一部に発生	(かどかけ)	な し
214－1	5.0	30		全面に発生	(かどかけ)	な し
217－1	7.5	30		全面に発生	(かどかけ)	な し
219－1	2.5	0		な し	(かどかけ)	スぺーサによる点さび

かぶり：かぶり厚の影響はかなり認められる。かぶり厚が大きくなると、ひびわれ幅が小さくなり、ひびわれからのほくりやさび汁の発生が認められなくなる。

初期塩分量：初期塩分量の影響は最も顕著である 30 kg/m^3 の場合、かぶりに関係なくひびわれが発生している。かぶりが 25cm の供試体にはひびわれからのほくりとさび汁の発生が認められ、鉄筋腐食がかなり進行していることを示している。

鉄筋の塗装：コンクリート面に一部ひびわれが発生しているが、無塗装鉄筋の場合に比べて明らかに防食効果が認められる。

7-2 色調変化調査

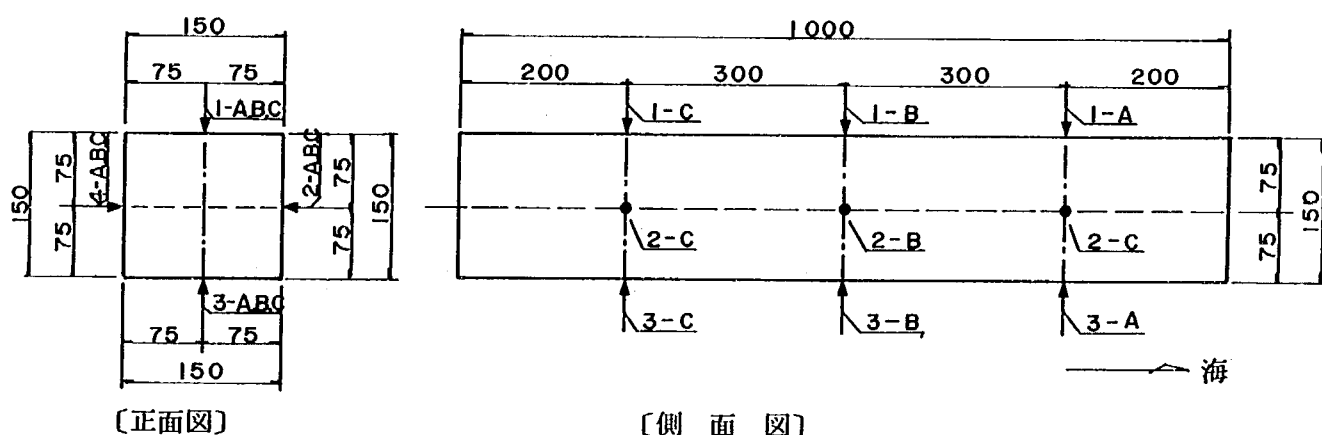
7-2-1 調査方法

(1) 調査手順

- 1) 塗装供試体について調査する。
- 2) 調査塗膜面を水道水に浸したガーゼにて水洗する。
- 3) 調査面が乾燥後、肉眼にて標準色と比較し色調の変化を調べる。
- 4) 写真記録をとる。1面と2面とし、外観写真と共通とする。この外、明らかに変色している面をとる。

(2) 調査位置

図に示す通り、1～4面について各3点ずつ、5面が1点で供試体につき13点である。



調査位置のNo

202-3-1-A

供試体No 面No 面内の区分記号

A：海側

B：中央

C：山側

図-7.2 色調変化測定位置

7-2-2 調査結果との考察

塗膜の色調変化は認められなかった。

7-3 光沢調査

7-3-1 調査方法

携帯用光沢計で60度鏡面光沢度を測定した。

(1) 測定手順

- 1) 測定塗膜面を水道水に浸したガーゼにて水洗する。
- 2) 測定面が乾燥後、携帯用光沢計にて60度鏡面光沢度を測定する。

(2) 測定位置

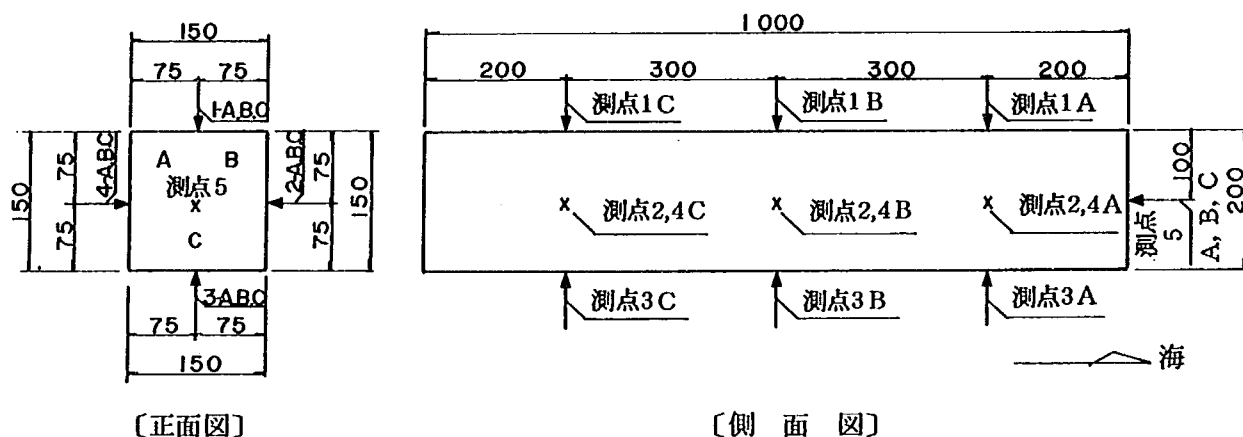


図 - 7.3 光沢調査測定位置

- 1) 上図の様に1～4の測定面については各3箇所測定し、5面についても3箇所測定した。
また1箇所について3点測定した値を平均して、その測点の光沢度とした。

測定位置のNa

208-1-1-A

供試体No 面No 面内の区分記号

A : 海 側
B : 中 央
C : 山 側

7-3-2 調査結果と考察

1) 今回解体分3本の光沢変化について

表-7.5 光沢調査結果

供試体No	塗 装 系	測定時期 含有塩分量 (kg/m ²)	最低値			最高値			平均値			光沢残存率		
			0 年		1年	0 年		1年	0 年		1年	0 年		1年
			初期	秋	春	初期	秋	春	初期	秋	春	初期	秋	春
208-1	エポキシ系溶剤型	30	47	44	10	73	70	37	62	55	26	-	89	92
209-1	エポキシ系 ガラスローピング補強用		4	3	3	19	10	13	7	5	5	-	71	71
210-1	ポリブタジエン ガラス繊維補強用		20	11	10	65	55	59	40	24	26	-	60	65

3塗装系共、上塗として光沢保持力の優れたウレタン塗装を使用しているが、暴露1年目でエポキシ系溶剤型及び、ポリブタジエン系は初期値より半減しており、塗膜の表面変化が始まったと考えられる。しかし塗膜の耐久性を損なうものではない。

なお、エポキシ系ガラスローピング補強用は表面の凹凸が大きく測定値が初期から低い値となっているための光沢低下度合の判定は困難となっている。

7-4 付着力調査

7-4-1 調査方法

(1) 測定手順

- 1) 供試体の塗装面の付着力測定個所を、回転式カッター等を用いて塗装上より供試体素材面に達するφ100mmの溝を切込む。
- 2) 測定塗装面をサンドペーパーにて平滑に研磨する。
- 3) 研磨後、脱脂したボルト付き鋼製円盤（φ100mm）及び測定塗膜面にエポキシ系接着剤を塗布し、鋼製円盤（スペシメン）を貼付する。
- 4) 接着後24時間放置し、垂直引張試験器を用いて鋼製円盤を引張って、破壊時又は最大の引張力を測定する。

(2) 測定位置

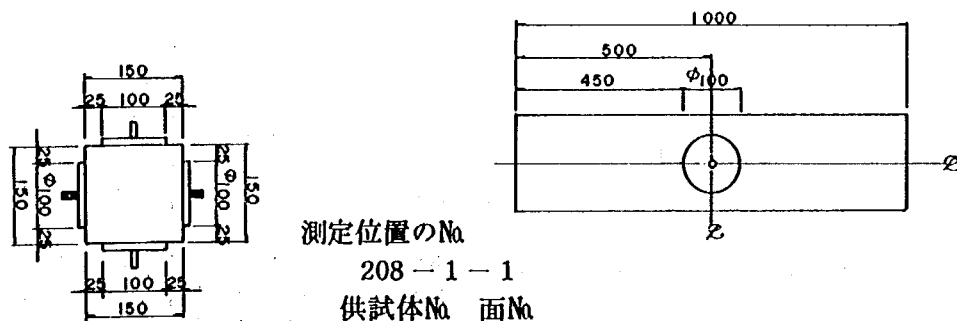


図 7.4 付着力測定位置

(3) 評価方法

垂直引張力 (kg) を測定し、これを接着面積 (78.5 cm²) で除した数値を付着力 (kg/cm²) とし、接着破壊状況をスケッチ及び写真撮影する。

7-4-2 調査結果

表 - 7.6 付着力測定結果

供試体No	ス ペ シメン	測定項目				
			1	2	3	4
208 - 1	φ 20*	付 着 力 (kg/cm ²)	1 5	—	1 5	—
		破壊状況 破壊状況	コンクリート 凝集破壊 100 %	—	コンクリート 凝集破壊 100 %	—
208 - 1	φ 100	付 着 力 (kg/cm ²)	1 5	1 4	1 4	1 4
		破壊状況	コンクリート 凝集破壊 100 %	コンクリート 凝集破壊 100 %	コンクリート 凝集破壊 100 %	コンクリート 凝集破壊 100 %
209 - 3	φ 20*	付 着 力 (kg/cm ²)	1 0	—	2 0	—
		破壊状況	コンクリート 凝集破壊 100 %	—	コンクリート 凝集破壊70% コンクリート 30%	
209 - 1	φ 100	付 着 力 (kg/cm ²)	1 3	1 2	1 4	9
		破壊状況	コンクリート 凝集破壊50% コンクリート /プライマー 50%	コンクリート 凝集破壊40% コンクリート /プライマー 60%	コンクリート 凝集破壊 100 %	コンクリート /プライマー 間 100 %
209 - 3	φ 20*	付 着 力 (kg/cm ²)	1 0	—	1 5	—
		破壊状況	スベシメン 10% プライマー 80% コンクリート 凝集破壊10%		スベシメン/ 接着分 100 %	
210 - 1	φ 100	付 力 (kg/cm ²)	9	1 0	7	7
		破壊状況	ポリブタジエ ン凝集破壊 50% コンクリート 凝集破壊50%	ポリブタジエ ン凝集破壊 80% コンクリート 凝集破壊20%	コンクリート /プライマー 間 100 %	コンクリート /プライマー 間 100 %

* 6-4-2の結果を併記したものである。

7-4-3 調査結果の考察

今回の調査結果と 4-4-2 及び 5-4-2 とをまとめると下表のようになる。

表 - 7.7 付着力調査結果

塗 装 系	供試体No	ス ペ シ メ ン	最 低 値 (kg/cm ²)	最 高 値 (kg/cm ²)	平 均 値 (kg/cm ²)	破 壊 状 況
エポキシ系 溶 剤 型	208-1	φ 100 N=4	1.4	1.5	1.4	コンクリート凝集破壊 100%
	208-3	φ 20 N=2	1.5	1.5	1.5	コンクリート凝集破壊 100%
エポキシ系 ガラスロー ピング補強 用	209-1	φ 100 N=4	9	1.3	1.2	コンクリート凝集破壊 46% コンクリート/プライマー 54%
	209-3	φ 20 N=2	1.0	2.0	1.5	コンクリート凝集破壊 85% コンクリート/プライマー 15%
ポリブタジ エン系ガラ ス繊維補強 用	210-1	φ 100 N=4	7	1.0	8	ポリブタジエン凝集破壊 33% コンクリート/プライマー 48% コンクリート凝集破壊 19%
	210-3	φ 20 N=2	1.0	1.5	1.3	スペシメン/接着剤 50% ポリブタジエン/凝集破壊 5% コンクリート凝集破壊 5% プライマー/下塗 40%

表に示された最低値、最高値、平均値及び破壊状況からは2種類のスペシメンによる有意差は認められない。

しかしながら、本供試体は最大粒径25mmの粗骨材を用いていること、鋼板のような平滑で均一な表面を有していないコンクリートであることから、JIS 1132（コンクリートの強度試験用供試体の作り方）に準拠したφ100mmのスペシメンを使用することが適切であると考えられる。

今後も、解体時においてφ100mmのスペシメンを用いた付着力調査を継続し、データの蓄積を図ることとしたい。

なお、塗装系間における付着力、破壊状況は、4-4-3と同様の傾向を示していると考えられる。

7-5 コア塩分調査

7-5-1 調査方法

(1) 測定手順

- 1) コアボーリングマシンを用いて $\phi 50 \times 250$ mm のコンクリートコアを採取する。この時にコアの採取位置を記録する。
- 2) このコアを長さ方向に約20mmピッチで切断し、粗粉碎器及び細粉碎器を用いて粉碎度が0.15 mm以下になるまで微粉碎する。
- 3) この粉末を次頁に示すフローチャートに従って処理する。電位差測定に自動電位差滴定装置を用いる。
- 4) 滴定終了後、電位差の記録より電位の一次微分が最大となったときを終点とし、それまでの滴下量を滴定量とする。
- 5) このときの塩分量 (mg) は、 $1,461 \times 10^{-2} \times f \times v_1 \times V$ の式より算出される。
- 6) 塩化物濃度は、塩分 (NaCl) 重量に換算され、コンクリートに対する重量濃度百分率 (%) 及び単位体積当りの重量 (kg/m³) として表わす。

7-5-2 調査結果と考察

イ). 塗装供試体 (Na 208, 209, 210) はすべて初期塩分量が 30 kg/m³ 添加されているが、可溶性塩分の方が全塩分よりも高い数値を示している (図-7.6)。ロ). 塩分の分布状態は、内部において高いか又は表面部、内部とも同じ数値の平坦な状態にある。ハ). 無塗装供試体の初期塩分が 0 kg/m³ のものには、塩分の浸透が特に Na 3 面に認められ、また初期塩分が 30 kg/m³ のものには表面 (Na 1, 2, 4 面) からの溶出と思われる塩分量の低下が認められる (図-7.7)。ニ). 初期塩分量が 30 kg/m³ で、かぶり厚の異なる供試体 Na 207, 211 (2.5 cm), Na 214 (5.0 cm), Na 217 (7.5 cm) においても同様の傾向が認められる。

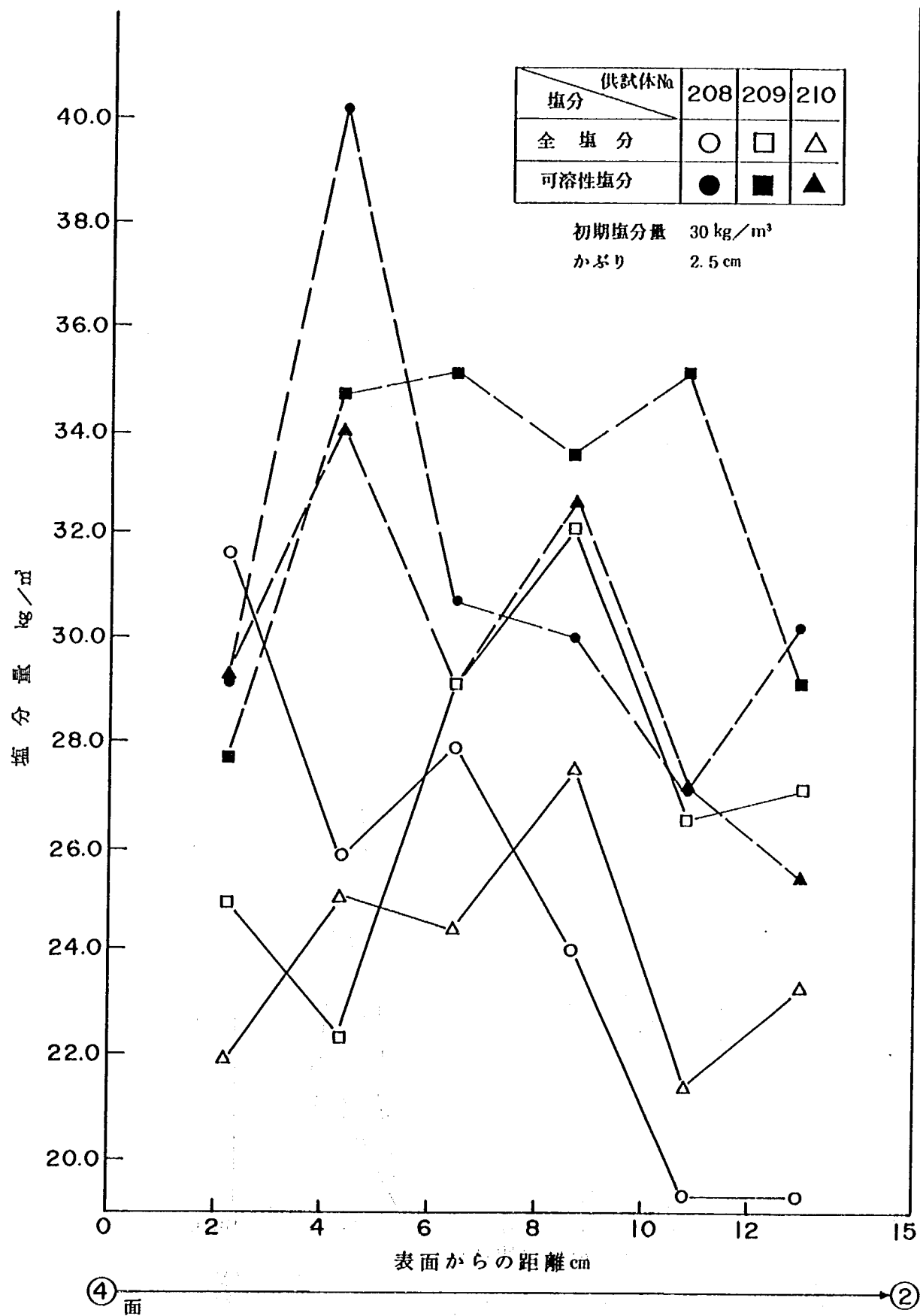


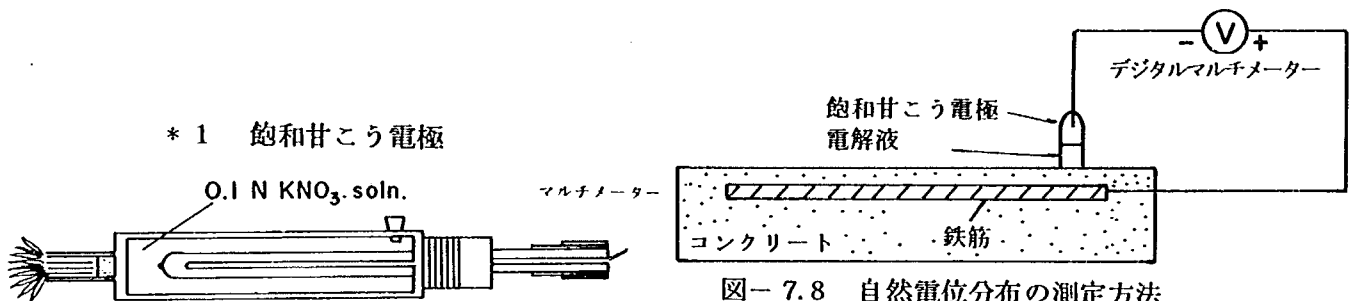
図 7.6 コンクリート中の塩分量

7-6 自然電位分布調査

7-6-1 調査方法

(1) 測定手順

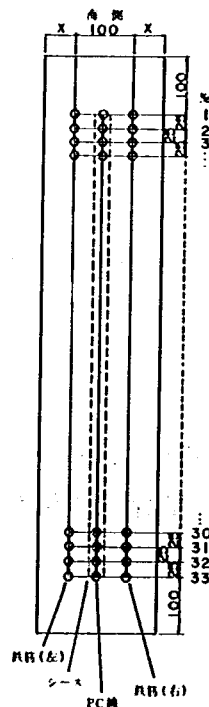
- 1) コンクリート表面に水を散布した後、測定位置図に従って軟質塩ビ製測定位置板を設置する。
- 2) 測定位置板は、供試体寸法に適合する三種類（A，B，C）を用いる。
- 3) デジタルマルチメーター（ミニマルチメーター）の（－）側に飽和甘こう電極^{*1}を、（＋）側にコード芯の色別に従って鉄筋又はP C線、シースからのコードを接続する。
- 4) 25mm間隔でφ14mmの穴が開いている測定位置板に従って飽和甘こう電極を走査し、各測定点において最大30秒後のデジタルマルチメーターの指示（mV）を記録する。



- 5) 塗装供試体は塗膜除去後も測定する。

(2) 測定位置

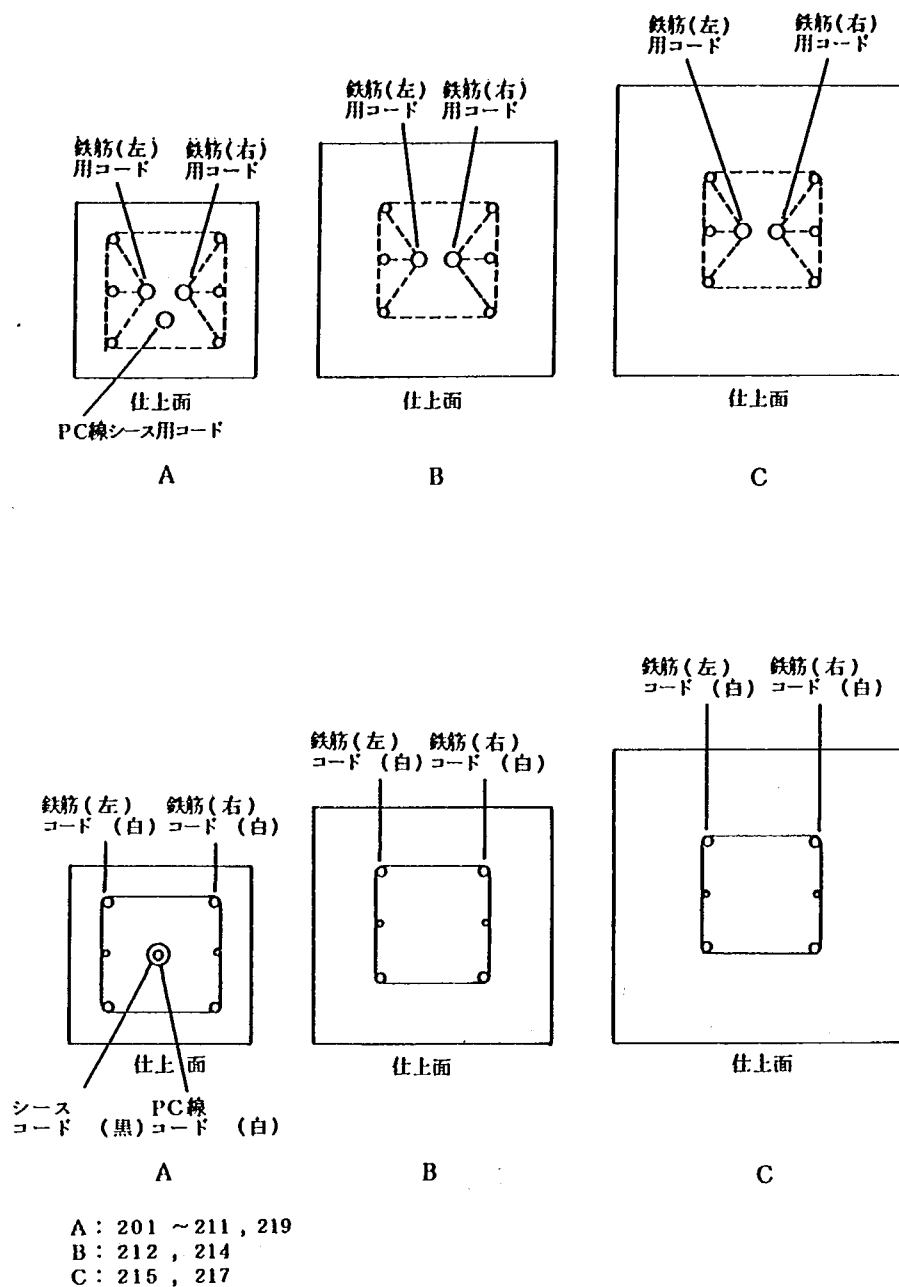
- 1) 下図のように、測定点は海側（第5面側）から100mmの鉄筋、またはP C線、シース上の点をNa 1とし、25mm間隔でNa33までの33点となる。



x はかぶりに準ずる。

x (mm)	供試体Na
25	201 ~ 211, 219
50	212, 214
75	215, 217

図- 7.9 自然電位分布の測定位置



図－ 7.10 自然電位分布用供試体

7-6-2 調査結果考察

測定結果を図示すると図－ 7.11～図－ 7.18 になる。各プロットは奇数番号の測定点の電位置で、変化の大きい部分については、偶数番号の値もプロットした。

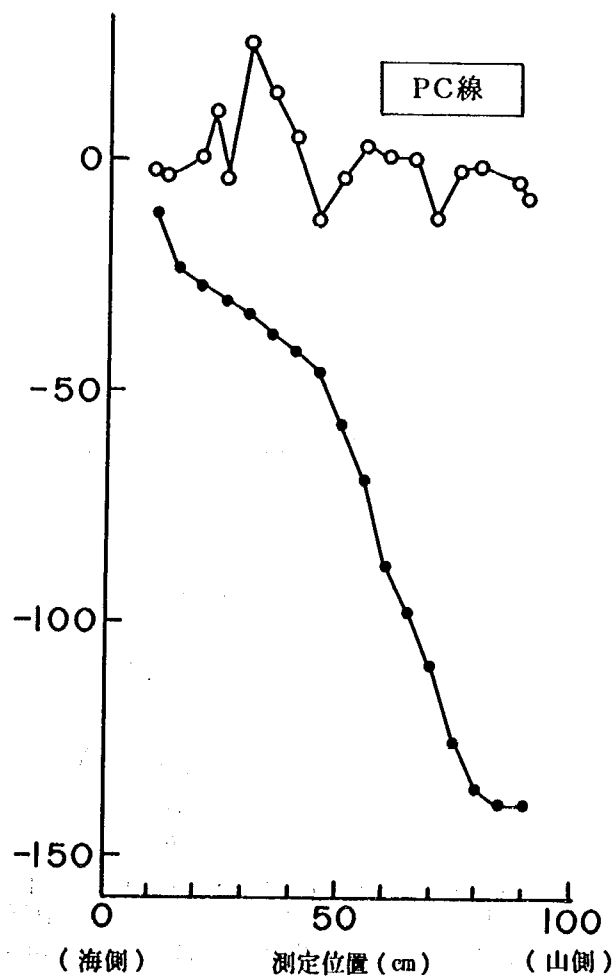
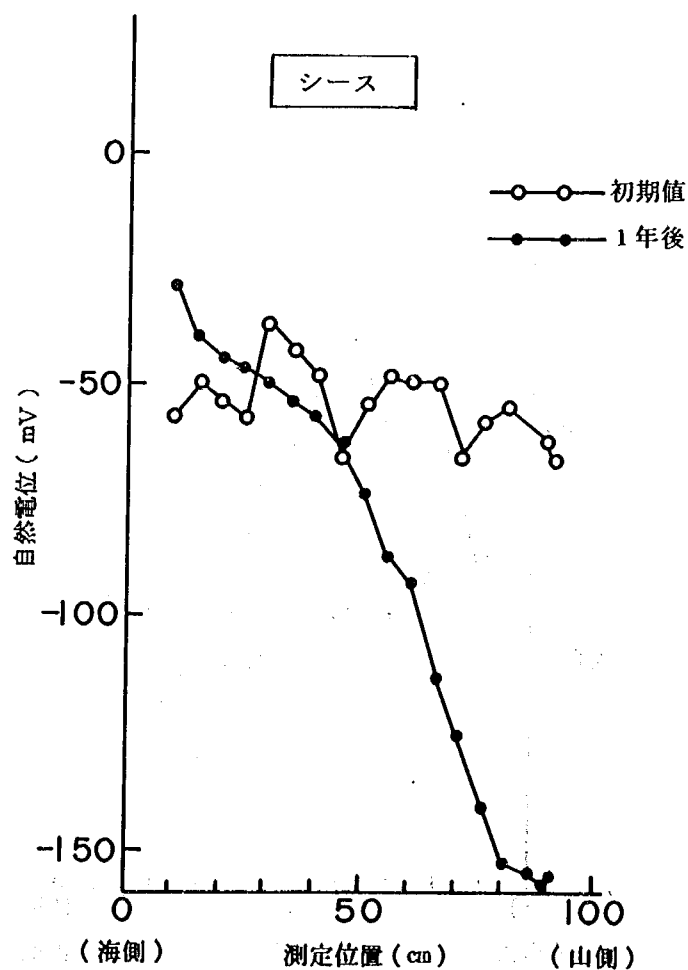
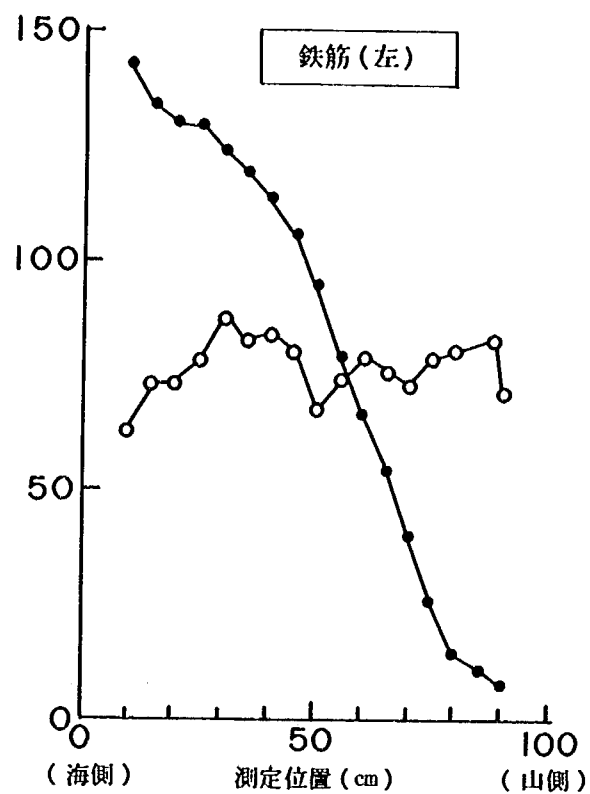
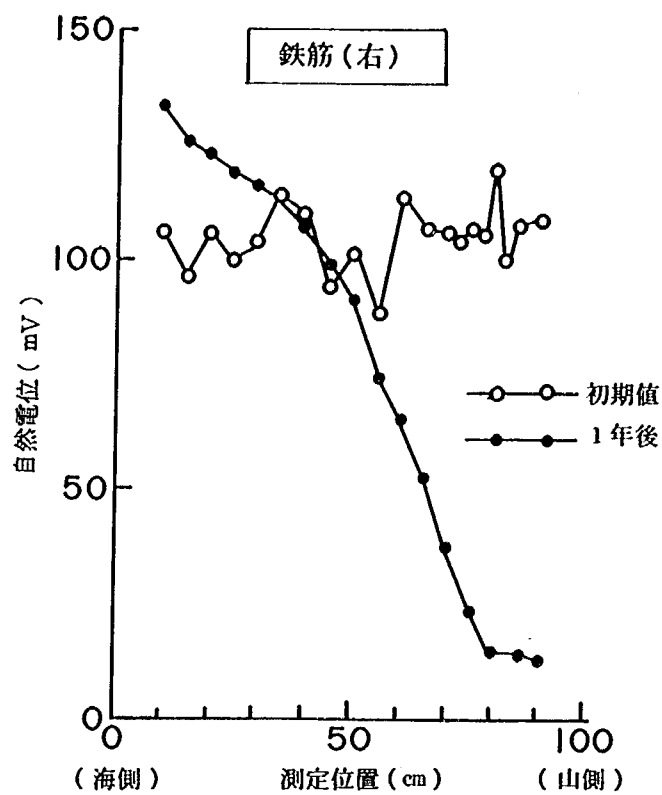


図-7.11 自然電位分布測定結果 (No. 201)

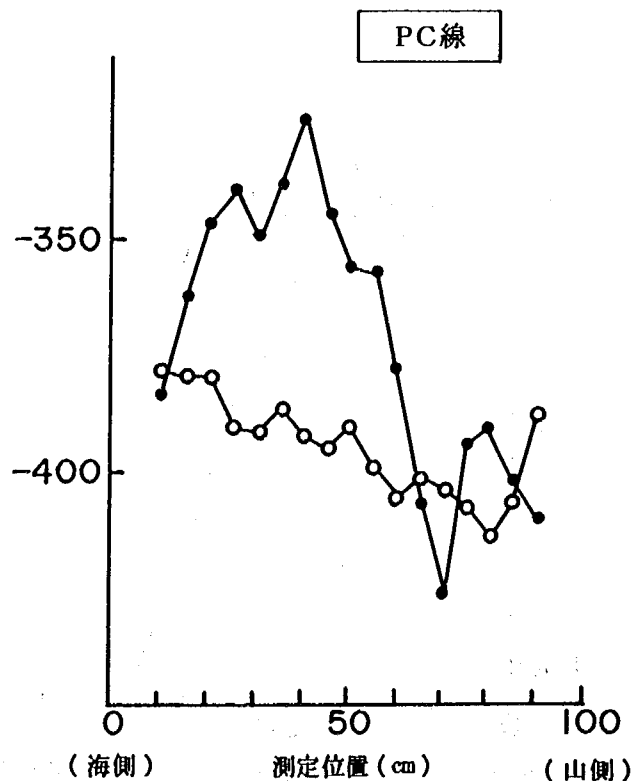
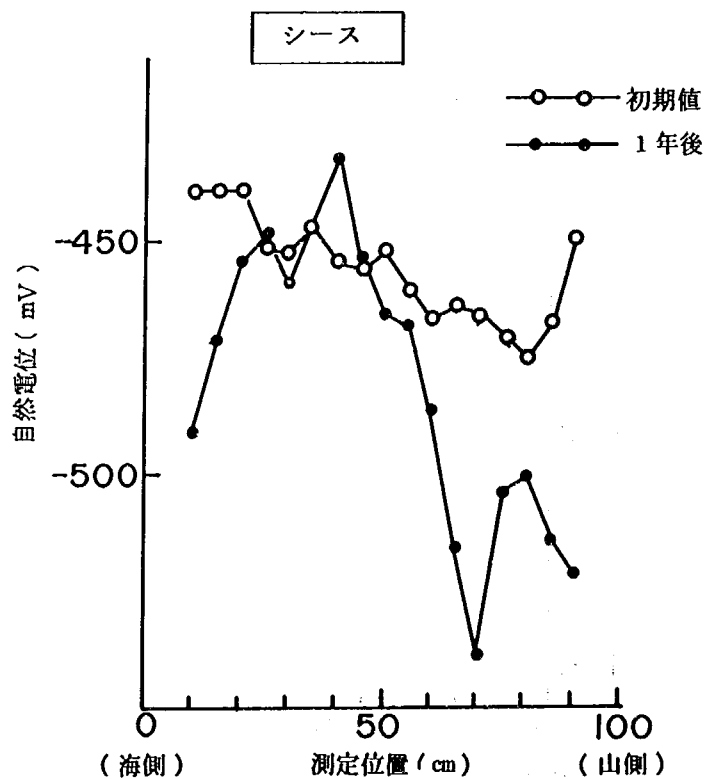
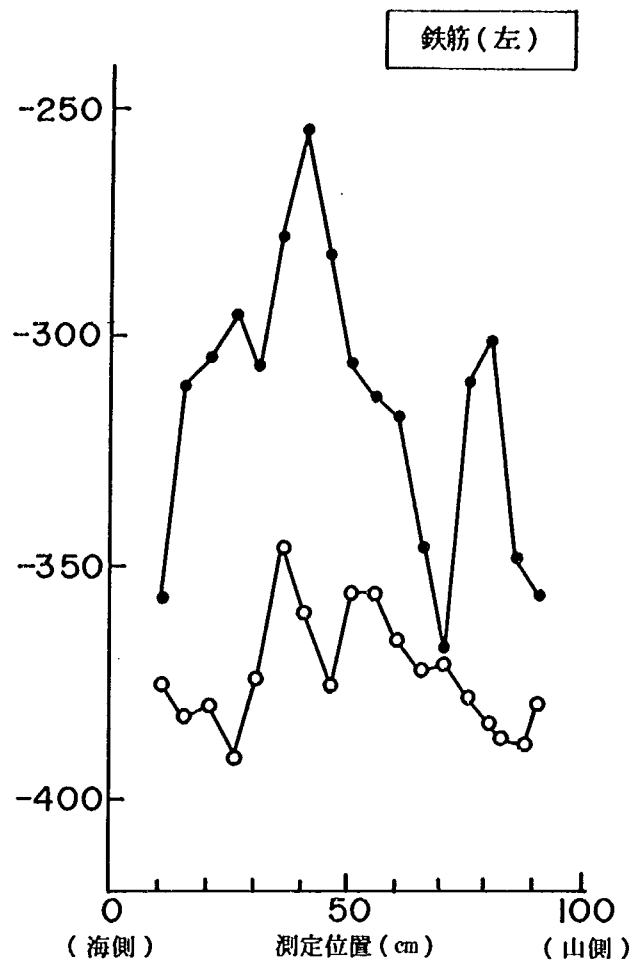
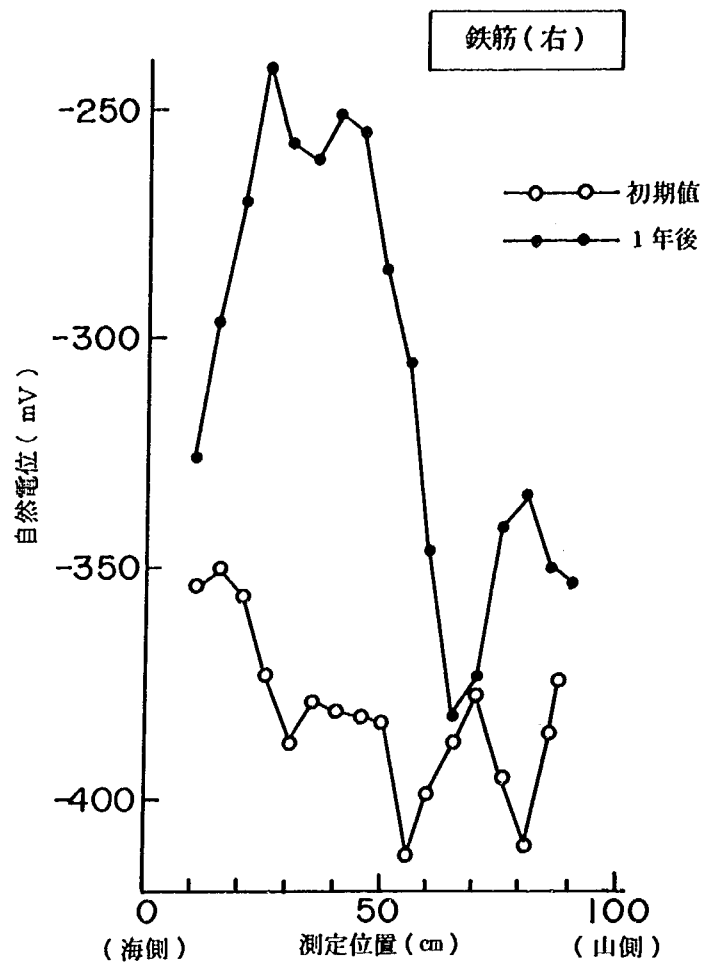


図-7.12 自然電位分布測定結果 (No 207)

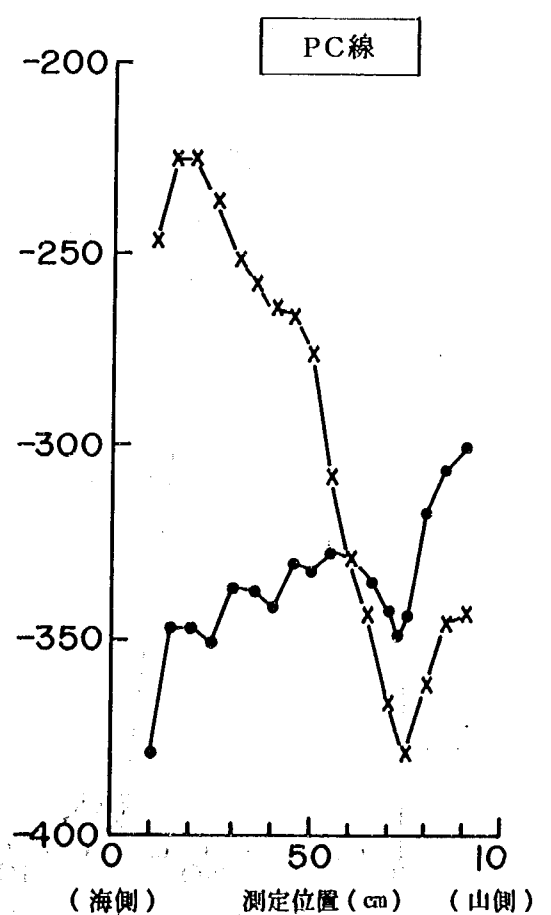
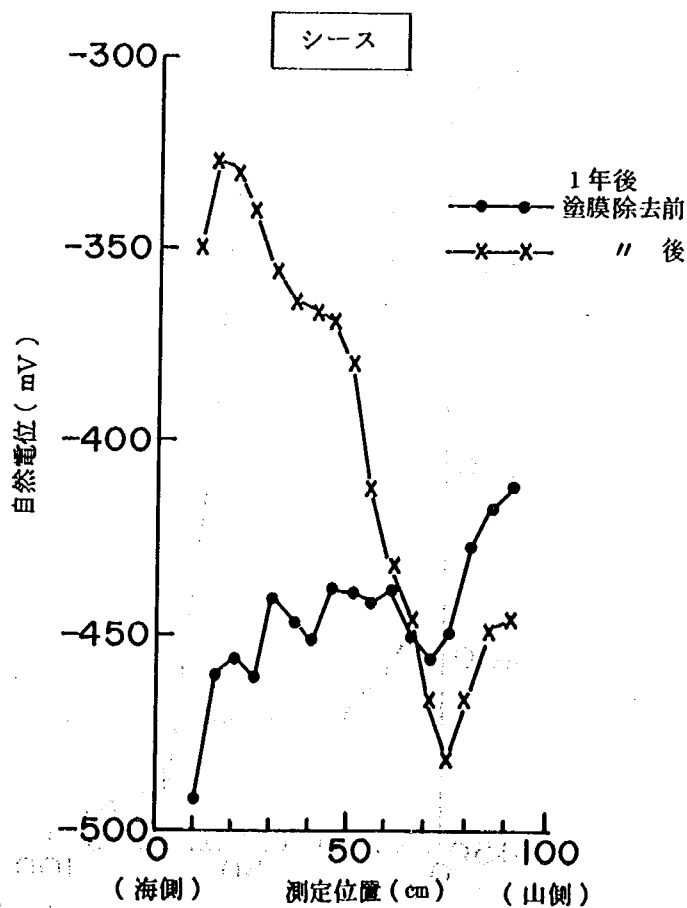
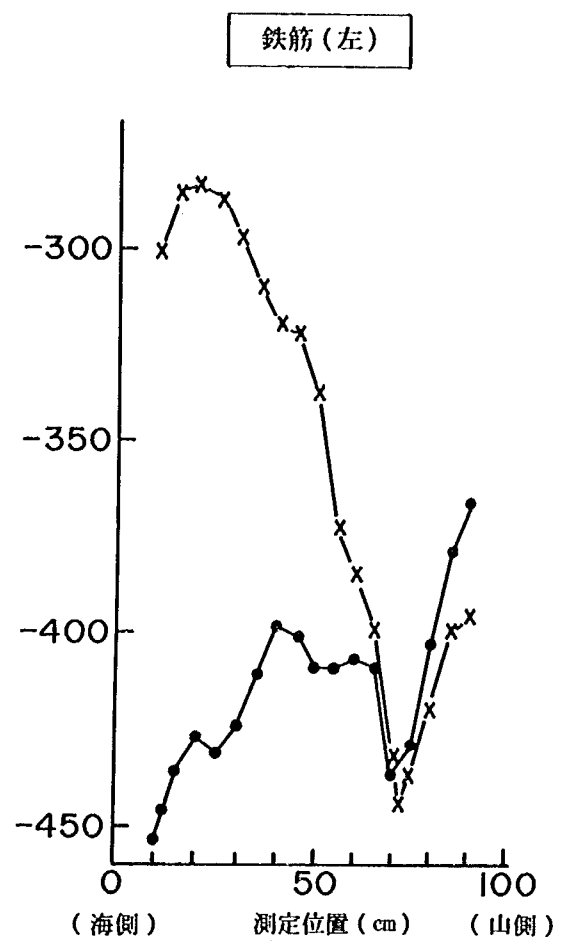
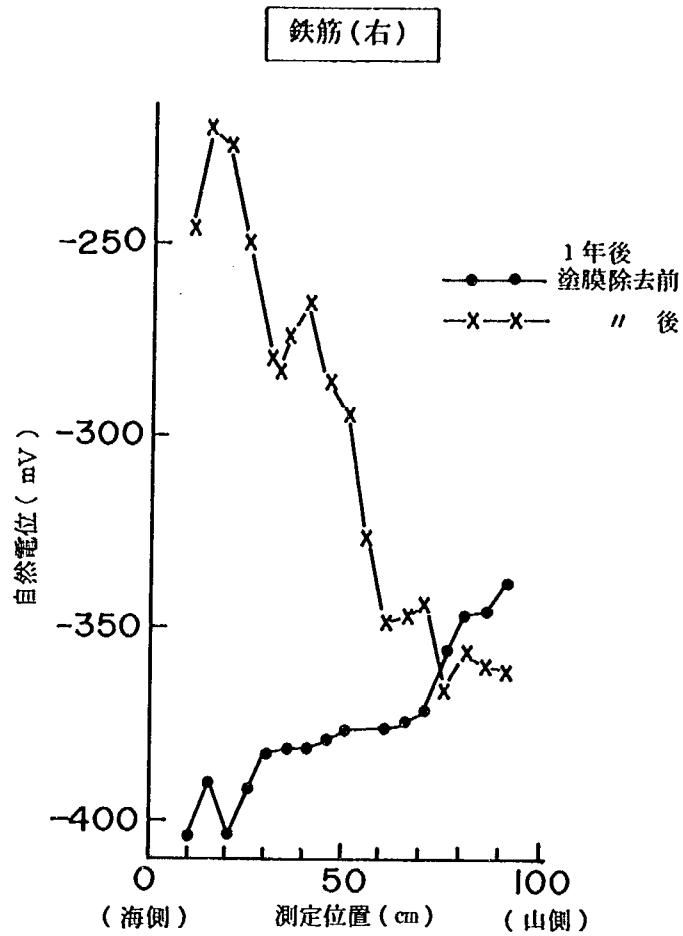


図-7.13 自然電位分布測定結果 (No.208)

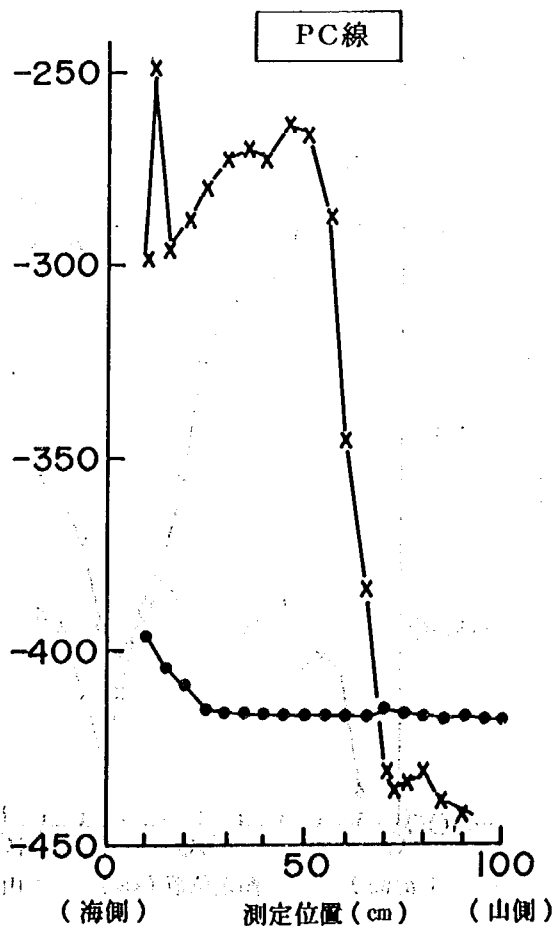
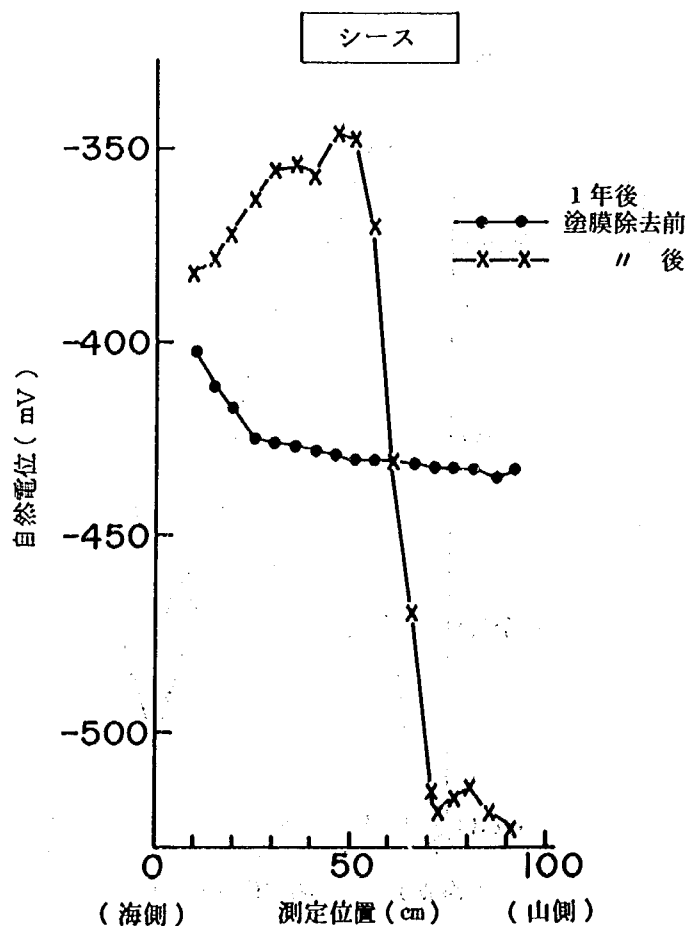
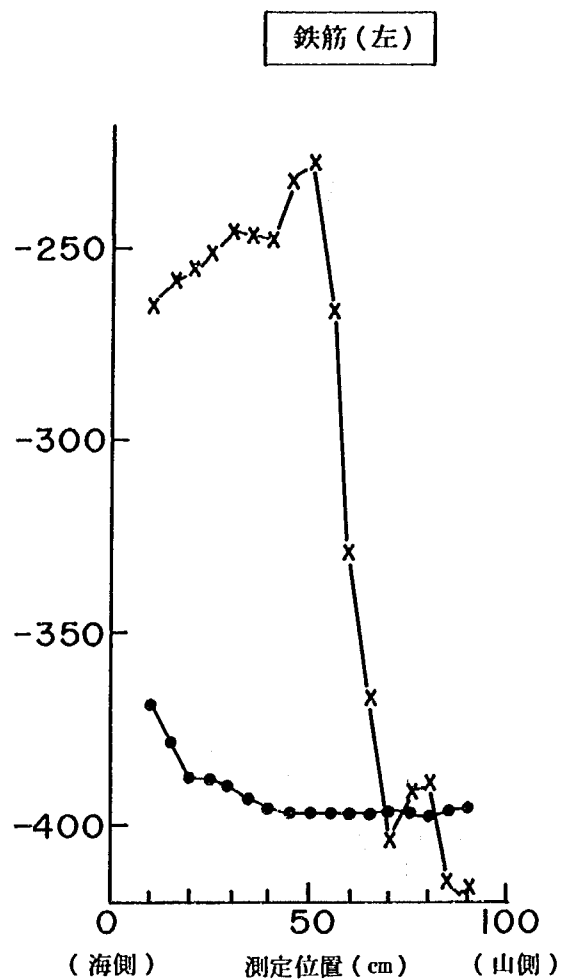
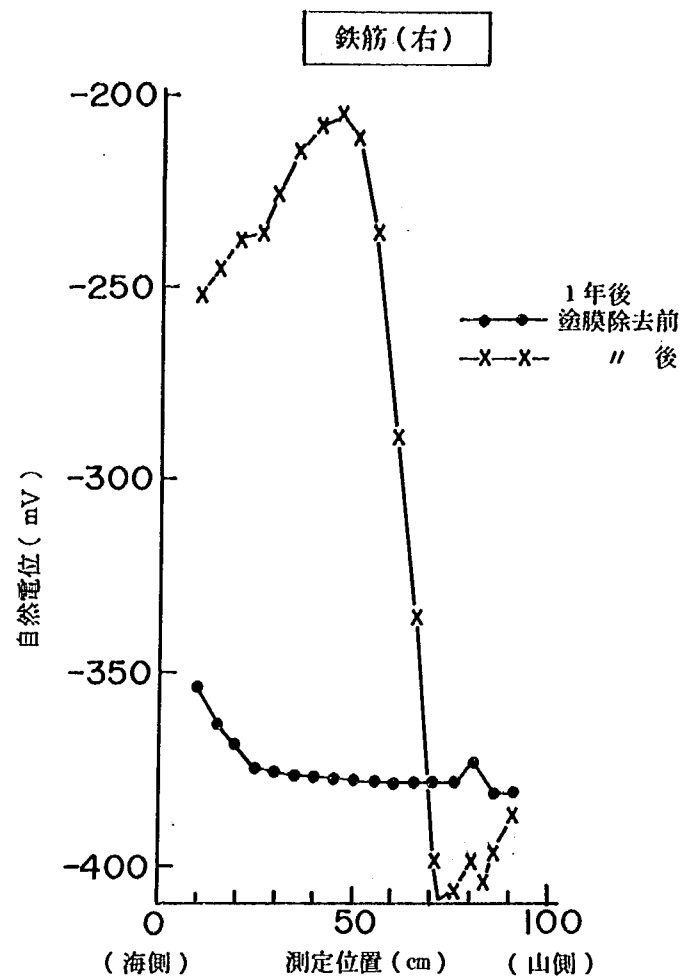


図-7.14 自然電位分布測定結果 (No. 209)

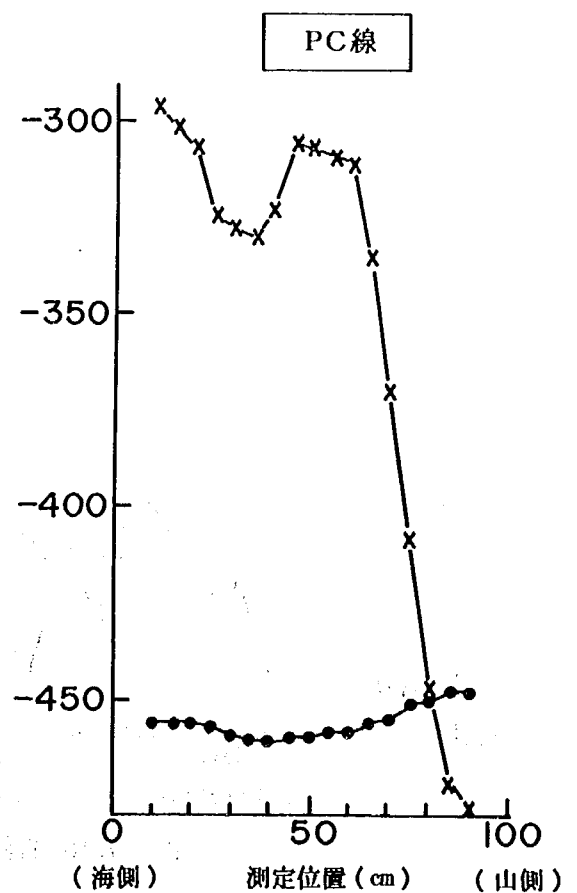
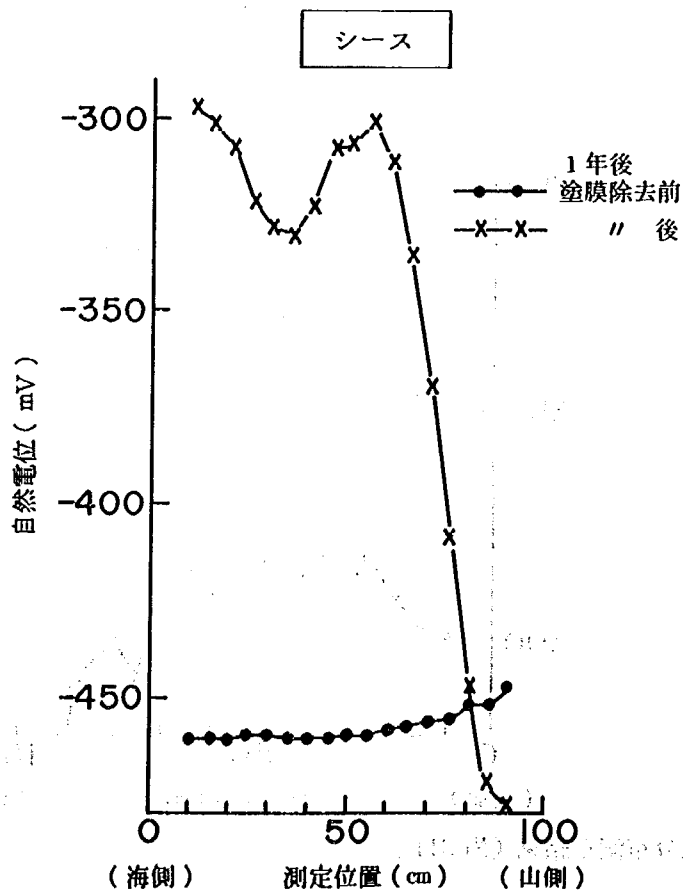
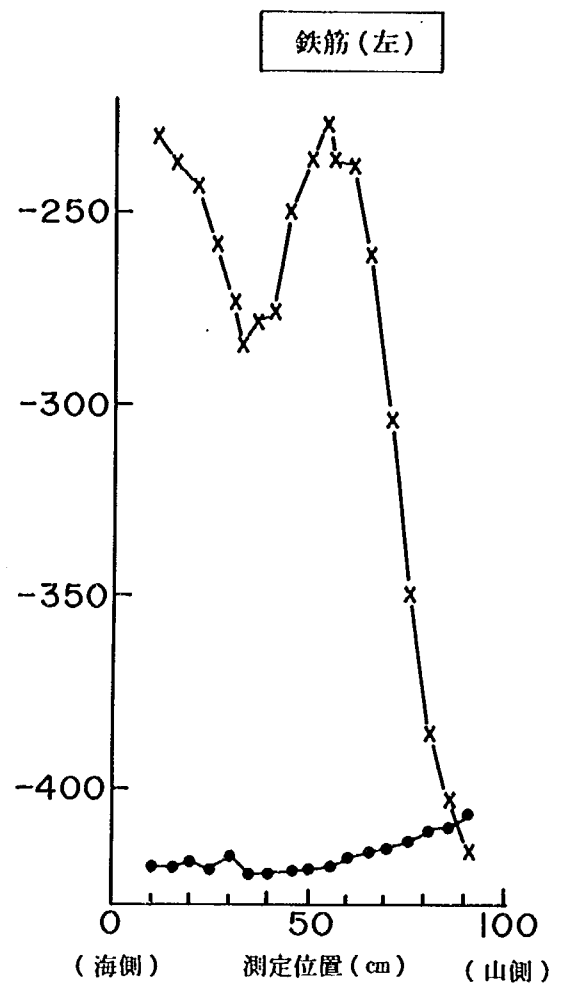
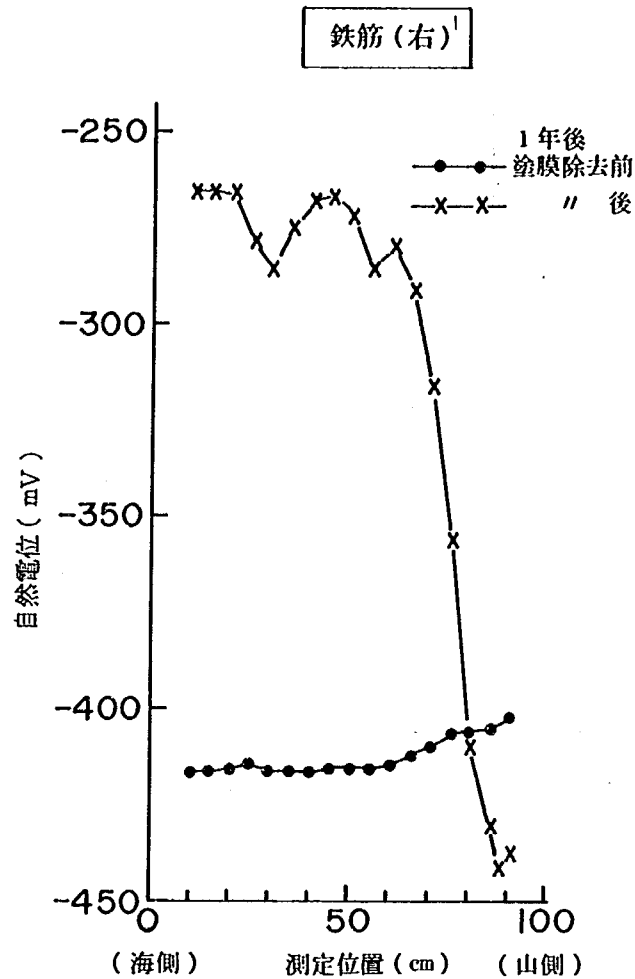


図-7.15 自然電位分布測定結果 (No 210)

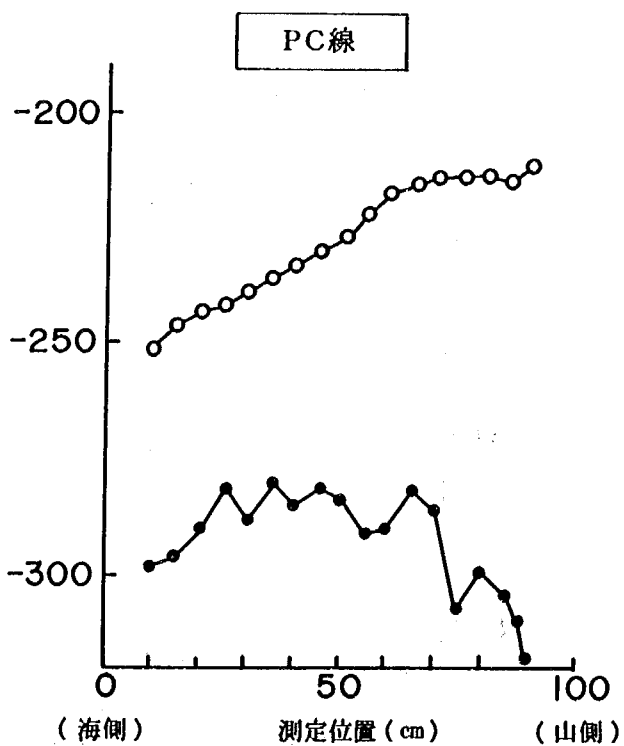
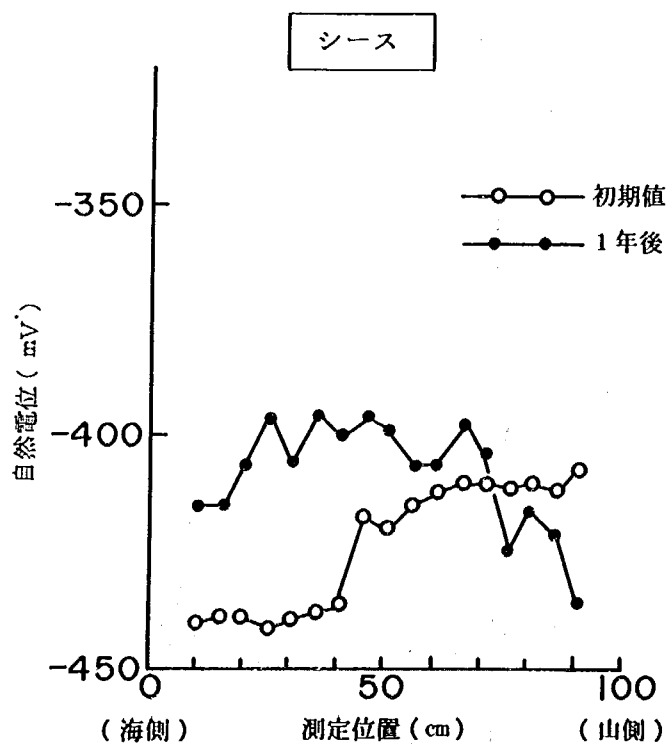
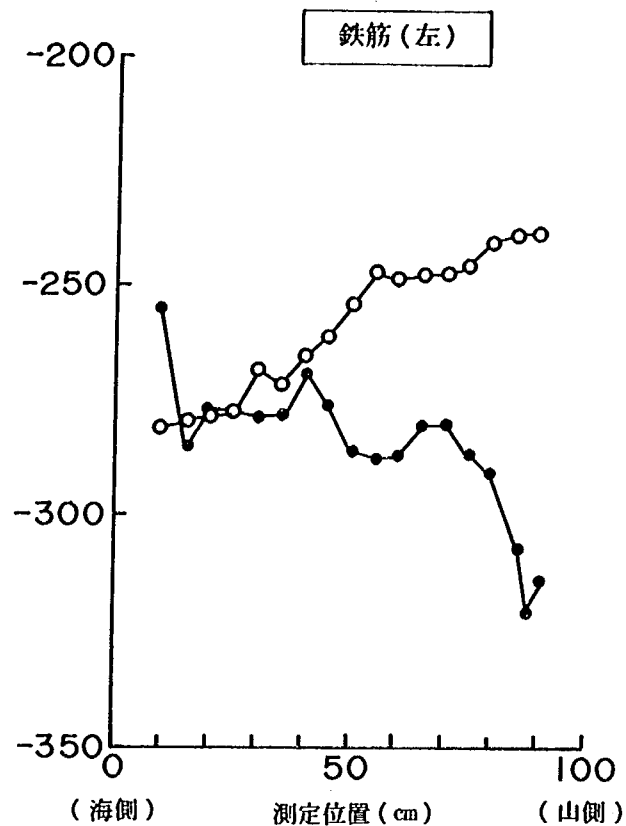
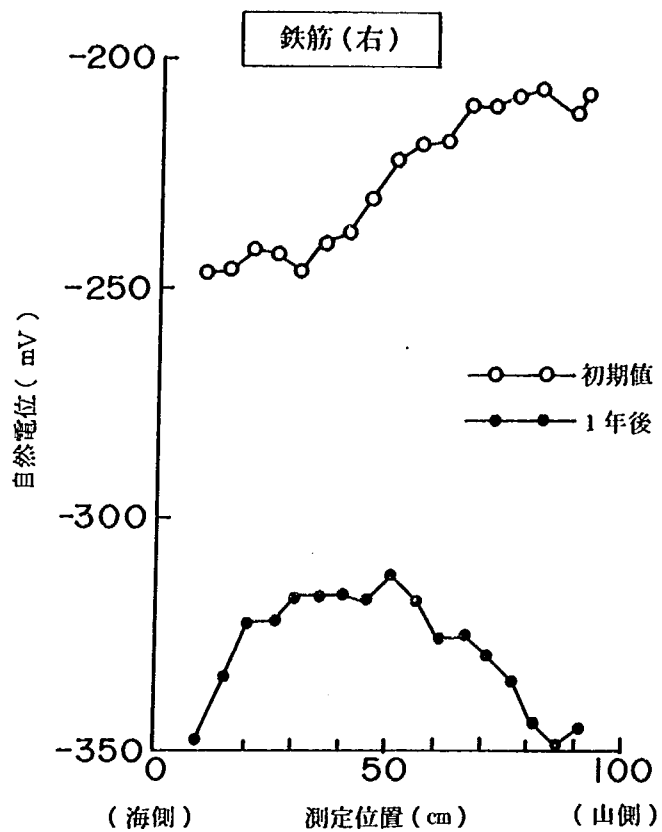
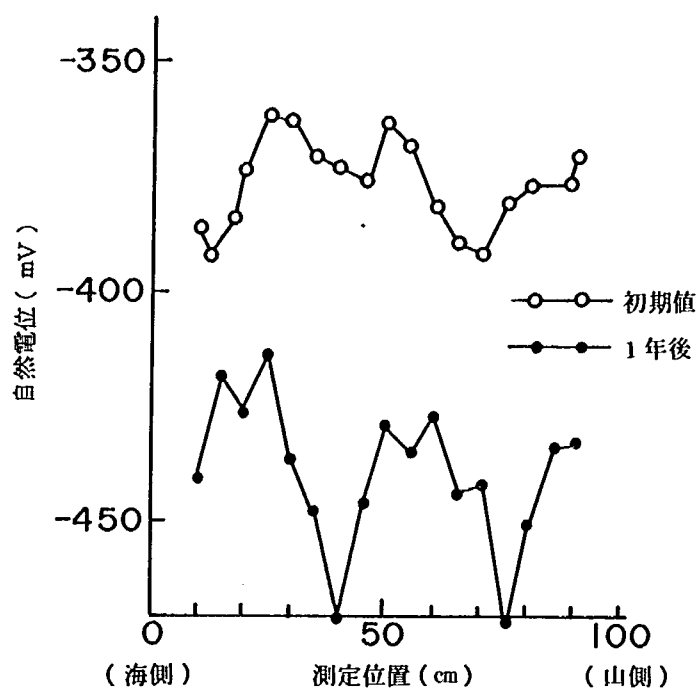
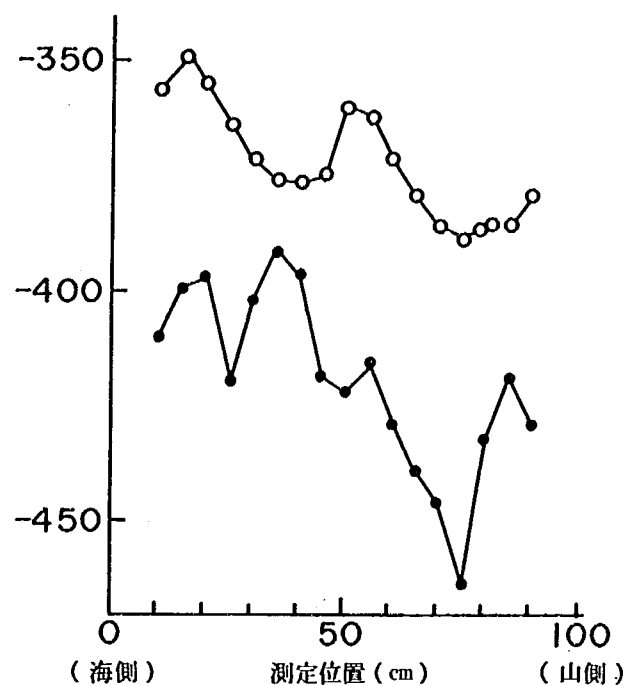


図-7.16 自然電位分布測定結果 (No.211)

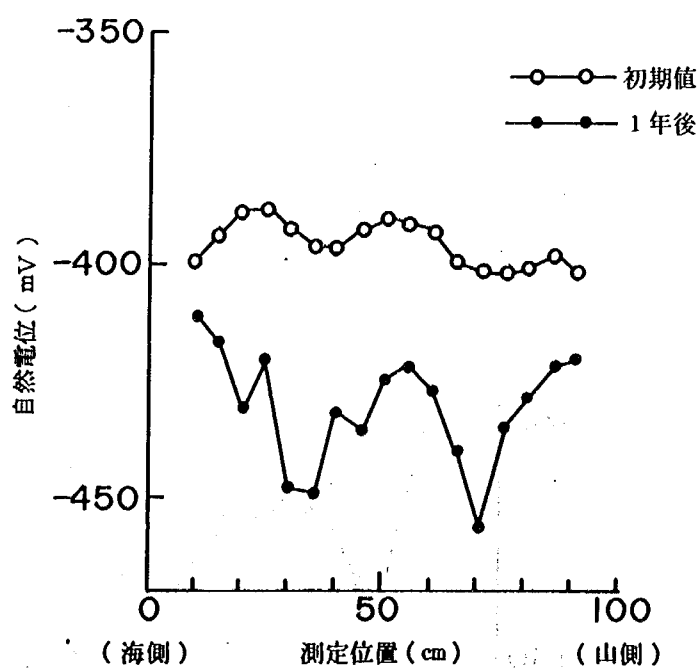
鉄筋(右)



鉄筋(左)



鉄筋(右)



鉄筋(左)

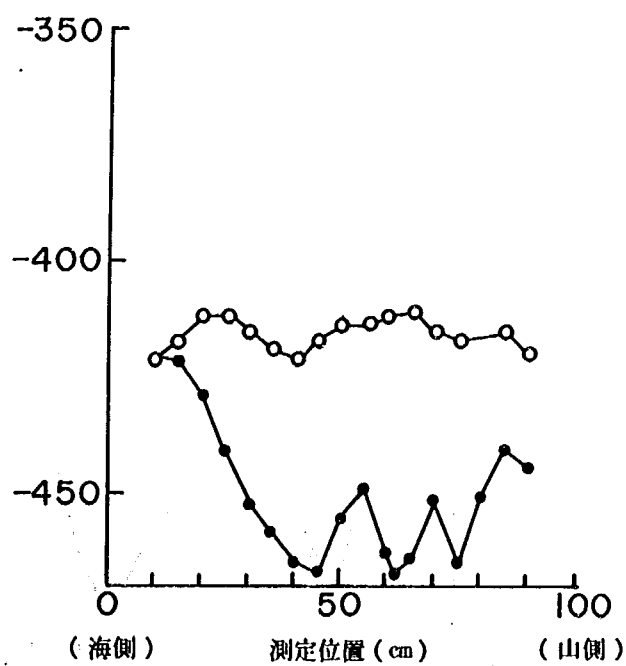


図-7.17 自然電位分布測定結果 (No. 214)

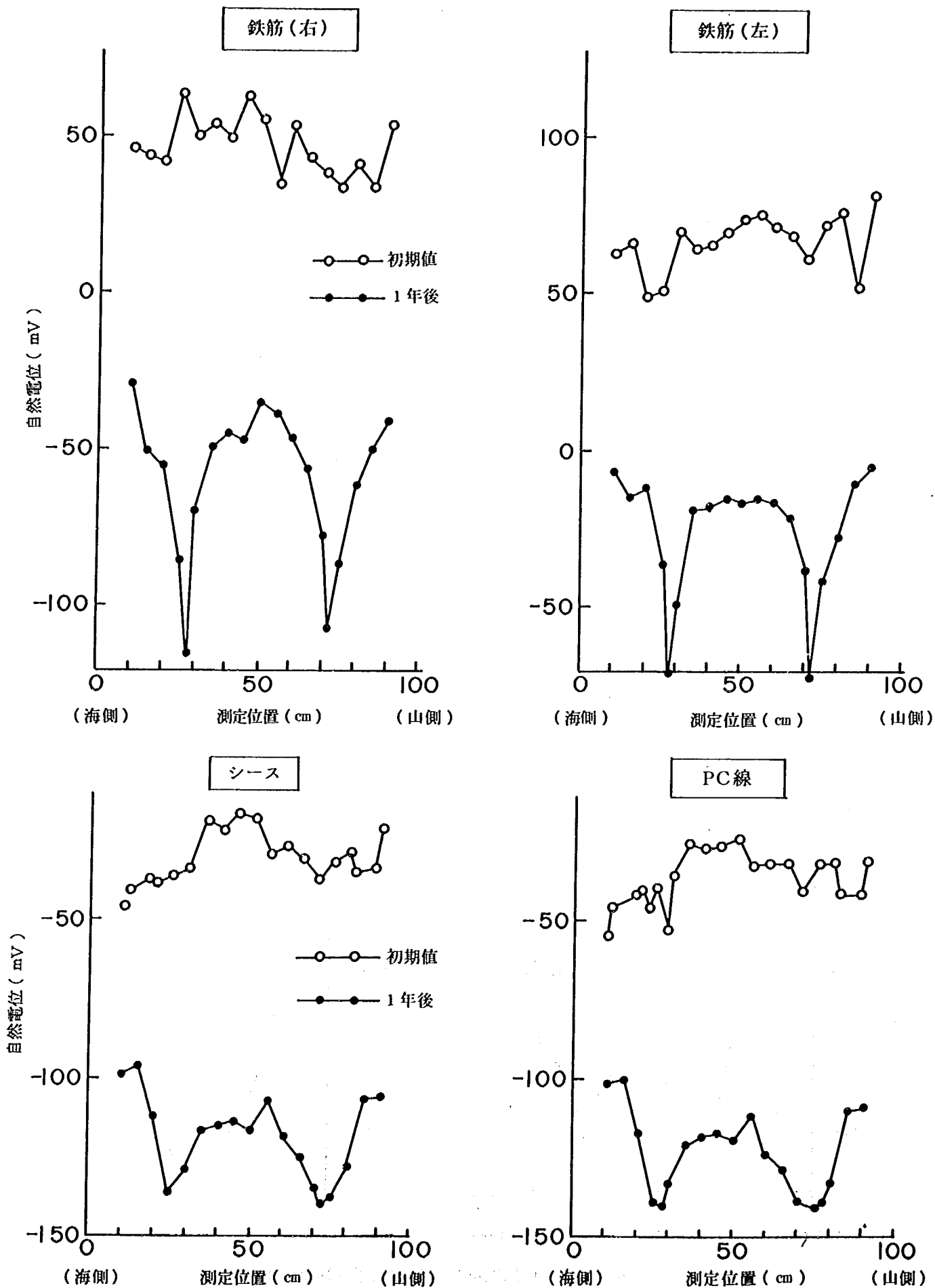


図- 7.18 自然電位分布測定結果 (No 219)

7-6-3 調査結果の考察

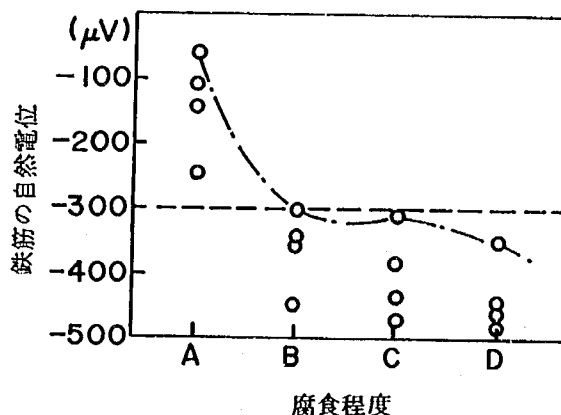
本年度までの調査結果をまとめると、表-7.8の一覧表のようになる。

(1) 無塗装供試体

初期塩分量が0 (kg/m³) の供試体については、鉄筋の腐食は生じていないと考えられる*が、初期塩分量30 (kg/m³) で無塗装鉄筋の供試体において、鉄筋が腐食していると考えられる。初期塩分量30 (kg/m³) で、塗装鉄筋の供試体においては、鉄筋に異常がなくシーが腐食していると考えられる。解体用の供試体について、暴露期間による変化は現在のところ認められない。

(2) 塗装供試体

塗装供試体3種類共に、1年間の暴露によって鉄筋、シー、PC線に腐食を生じていると考えられる。塗膜の有無によって自然電位分布は全く異なり、また塗装系によっても、塗膜の有無による分布挙動が異なっている。すなわち、Na 209 (エポキシ系ガラスローピング補強用) とNa 210 (ポリブタジエン系ガラス繊維補強用) において、塗膜除去前は平坦な分布を示しているが、除去後は上下に変動の大きい分布を示している。これに対してNa 208 (エポキシ系溶剤型) の塗膜除去前は平坦な分布を示していない。これらの挙動については塗膜の電気抵抗 (電気伝導度) 等が要因として考えられるが今後の研究課題であろう。



* 片脇 守屋：コンクリート中の鉄筋の腐食に関する電気化学的計測。
土木技術資料 18-10 ('76)

A：腐食なし。

B：表面的な腐食。

腐食は著しい { C：腐食がみられるが断面欠損は小さい。
D：断面欠損も大きい。

図-7.19 自然電位と腐食程度との関係

(3) 自然電位と鉄筋の腐食

解体供試体の鉄筋 (右) 及び (左) について、腐食域の自然電位分布と外観観察によるさびの判定を表-7.7にまとめると以下の知見が得られた。

- 1) 自然電位分布とさびの判定との間に明確な相関関係が認められる。
- 2) 塗装系間のさび発生に明確な差は見られず、無塗装供試体のかぶり厚効果 (Na 217 の 7.5 cm に比して 1/3 の 2.5 cm) よりも塗装による防錆効果は大と考えられる。
- 3) 塗装鉄筋加工時に注意を要する。端部の錆は切断加工後のタッチアップ塗料の剝離によるものと考えられる。

表-7.8 自然電位分布調査一覧表 (単位: mV)

供試体No	かぶり (cm)	塩分量 (kg/m ²)	コンクリートの表面処理	鉄筋の処理	暴露 期間 (年)	測定位置					
						鉄筋(右)		鉄筋(左)		シース	
						最小値	最大値	最小値	最大値	最小値	最大値
201-4	2.5	0	なし	なし	0	89	120	62	89	-69	-38
201-1	2.5	0	なし	なし	1	12	134	7	142	-159	-29
207-4	2.5	30	なし	なし	0	-412	-350	-399	-346	-474	-437
207-1	2.5	30	なし	なし	1	-386	-241	-368	-254	-539	-432
208-4	2.5	30	エポキシ系溶剤型	なし	0	(-8)	測定不能	-166	測定不能	-83	測定不能
208-1	2.5	30	塗膜除去	なし	1	-404	-338	-453	-367	-492	-411
208-1	2.5	30	塗膜除去	なし	1	-367	-218	-443	-282	-482	-327
209-4	2.5	30	エポキシ系	なし	0	-149	-4	-135	0	-169	-1
209-1	2.5	30	ガラスロービング補強用	なし	1	-381	-353	-398	-369	-434	-402
209-1	2.5	30	塗膜除去	なし	1	-410	-204	-419	-226	-524	-345
210-4	2.5	30	ポリブタジエン系	なし	0	-185	-1	-185	0	-192	0
210-1	2.5	30	ガラス繊維補強用	なし	1	-417	-402	-422	-406	-461	-448
210-1	2.5	30	塗膜除去	なし	1	-441	-263	-416	-227	-478	-297
211-4	2.5	30	なし	塗装	0	-247	-207	-281	-235	-442	-408
211-1	2.5	30	なし	塗装	1	-350	-312	-322	-254	-436	-393
214-4	5.0	30	なし	なし	0	-392	-361	-389	-349	-	-
214-1	5.0	30	なし	なし	1	-471	-413	-463	-391	-	-
217-4	7.5	30	なし	なし	0	-401	-389	-421	-411	-	-
217-1	7.5	30	なし	なし	1	-459	-409	-468	-403	-	-
219-4	2.5	0	なし	なし	0	-103	72	49	82	-49	-15
219-1	2.5	0	なし	スベ-サー	1	-116	-28	-73	-5	-140	-96
			なし	スベ-サー							
			なし	スベ-サー							

備考

表-7.7 自然電位分布率

供試体No	かぶり (cm)	初期塩分量 (kg/㎡)	コンクリートの表面処理	塗膜 除去 前後	電位分布率 ^{*1} (%)			さびの 判定 ^{*2}
					mV (B) - 300以上	mV (C) ~-400	mV (D) - 400以下	
201	2.5	0	無	-	100	0	0	◎
207	2.5	30	無	-	36.4	63.6	0	××
208	2.5	30	エポキシ系溶剤型	前	0	53.0	47.0	○
				後	37.9	51.5	10.6	
209	2.5	30	エポキシ系 ガラスロービング補強用	前	0	100	0	○
				後	60.6	27.3	12.1	
210	2.5	30	ポリブタジエン系 ガラス繊維補強用	前	0	0	100	○
				後	71.2	16.7	12.1	
211	2.5	30	無	-	45.5	54.5	0	◎
214	5.0	30	無	-	0	10.6	89.4	×
217	7.5	30	無	-	0	0	100	△
219	2.5	0	無	-	100	0	0	◎

^{*1} 電位分析率 (%) = (各 (B), (C), (D) 域の点数/測定総点数) × 100,

◎ : ○ : △ : × : ××

^{*2} さびなし, さび小, さび中, さび大, さび著しい。

7-7 表面含水率調査

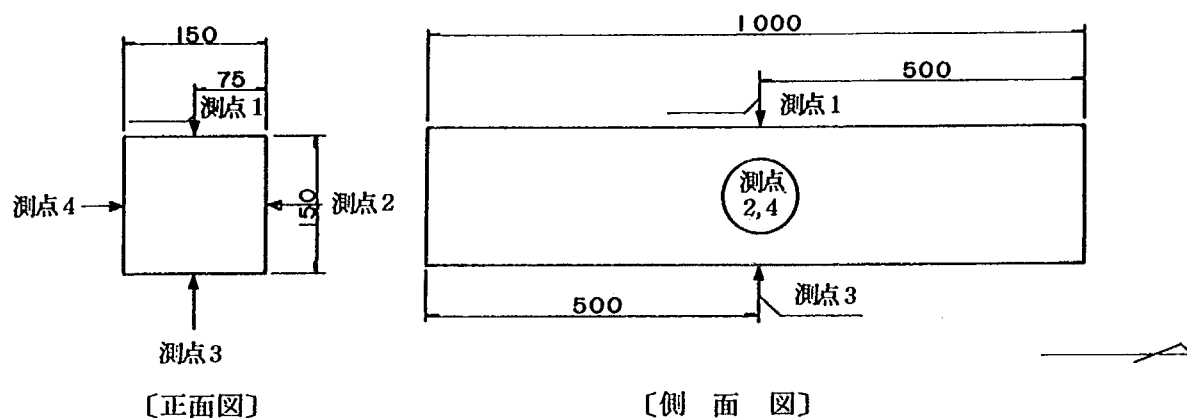
7-7-1 調査方法

モルタル水分計にて塗膜下のコンクリート表面の含水率を測定した。

(1) 測定手順

- 1) 測定塗膜面を除去する。 $\phi 100 \text{ mm}$ での付着力調査を利用して塗膜を引張り除去後、直ちに測定する。

(2) 測定位置



測定位置のNa

208 - 1 - 1

供試体Na 面Na

図 - 7. 20 表面含水率の測定位置

7-7-2 調査結果

表 - 7. 10 含水率測定結果

供試体Na	測定位置	含水率 (%)
208 - 1	1	6.8
	2	6.8
	3	8.0
	4	5.5
209 - 1	1	測定不能
	2	
	3	
	4	
210 - 1	1	測定不能
	2	
	3	
	4	

7-7-3 調査結果の考察

- (1) 供試体Na 209 - 1 (エポキシ系ガラスローピング補強用) 及び 210 - 1 (ポリブタジエン系ガラス繊維補強用) は、測定面に塗膜が残存しているため測定不能であった。
- (2) 表面含水率の測定は付着力を測定した面を利用して測定したので測定面の塗膜の残存および凹凸により測定値のバラツキが大きい。表面含水率の測定に用いる高周波モルタル水分計は表面から30mmまでの内部水分測定が可能であるため、塗膜除去時の表面水分の低下の影響を受けにくいと考えられる。従って、測定面に付着力調査面をディスクサンダー等を用いて塗膜除去し更に平滑した面も測定することにより、測定精度の向上につながると考える。

7-8 表面pH調査

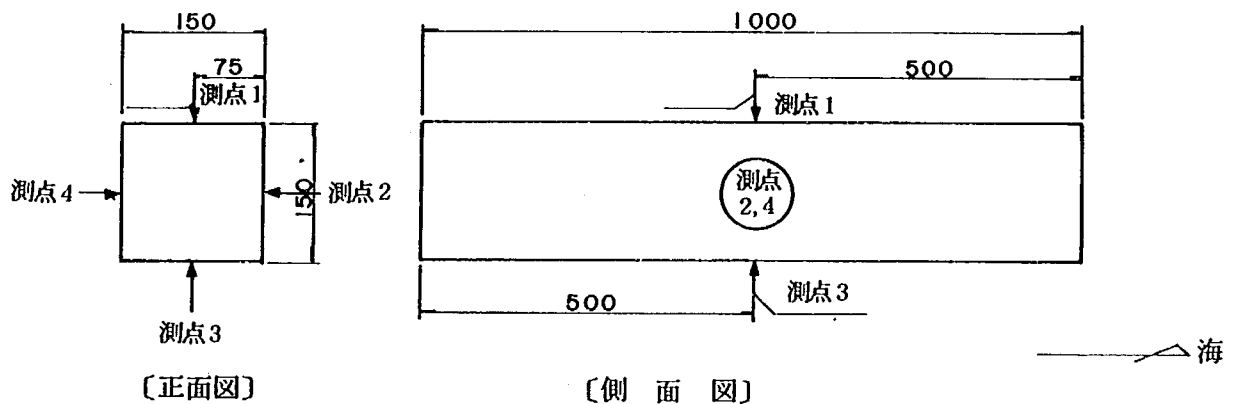
7-8-1 調査方法

pH試験紙にて塗膜下のコンクリート表面のpHを測定した。

(1) 測定手順

- 1) 測定塗膜面を除去する。 $\phi 100$ mmでの付着力調査を利用して含水率測定後、pHを測定する。
- 2) 測定面に蒸留水で湿した脱脂綿を置き、約3分間放置する。
- 3) pH試験紙を脱脂綿にあてpH値を測定する。

(2) 測定位置



測定位置のNa

208 - 1 - 1
供試体Na 面Na

図 - 7.21 表面pHの測定位置

7-8-2 調査結果

表－ 7. 11 調査結果

供試体No	測定位置	※ pH
208－1	1	11 以上
	2	〃
	3	〃
	4	〃
209－1	1	11 以上
	2	〃
	3	〃
	4	〃
210－1	1	11 以上
	2	〃
	3	〃
	4	〃

※ pH試験紙の測定範囲
(pH 1 ～11)

7-8-3 調査結果の考察

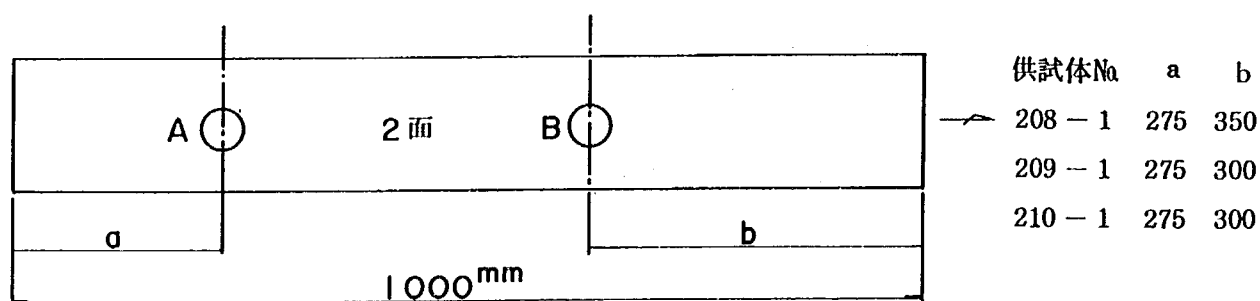
供試体 3 本共塗膜下のコンクリート表面のpHは11以上を示し、コンクリート中のpHが通常12.5であることから考えて、暴露 9 ヶ月後においてもコンクリート表面はアルカリ度を保持している。即ち、コンクリートの中性化防止機能を十分に発揮しているものと考えられる。

7-9 塗膜厚の調査

7-9-1 調査方法

コアカッターで供試体から厚さ 2 cm、直径 5 cmの試料を切りとり、塗膜厚を測定した。

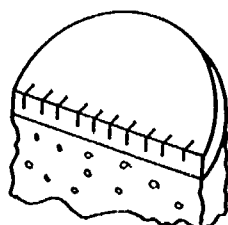
(1) 試料の採取位置



図－ 7. 22 塗膜厚の測定位置

(1) 膜厚の測定方法

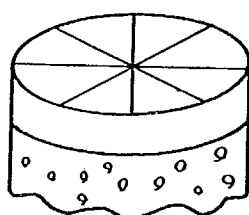
1) 供試体Na 208 - 1, 210 - 1



半分に割り、断面をサンドペーパーで磨く。5 mm 間隔で9点測定した。

目盛りのついた拡大鏡（50倍）で測定した。

2) 供試体Na 209 - 1



8点をノギスで測定した。

図- 7.23 膜厚の測定方法

7-9-2 調査結果

表 7.12 塗膜厚の測定結果

供試体No	塗 装 系	目標膜厚 (μ)	塗膜厚の実測値 (μ)						平 均
			A			B			
208 - 1	エポキシ系溶剤型	200	600	620	520	840	800	680	665
			620	500	600	760	800	800	
			1,000	700	480	560	580	440	
209 - 1	エポキシ系 ガラスロービング補強用	2,000	6,300	6,600	6,300	4,800	5,200	6,000	5,700
			6,000	5,600	6,300	5,200	5,200	5,300	
			6,400	6,300		5,100	4,900		
210 - 1	ポリブタジエン ガラス繊維補強用	1,000	1,400	1,400	1,400	1,500	1,500	1,500	1,450
			1,400	1,300	1,400	1,500	1,400	1,400	
			1,300	1,400	1,400	1,500	1,400	1,500	

7-9-3 調査結果の考察

三塗装系共に目標膜厚より大幅に上まわった塗膜厚であった。又、バラツキもかなり大きかった。

これは、コンクリート表面に巣穴が多かったため、エポキシ系パテを使用して全面充填したことと、Na 209-1についてはガラスローピング施工の特殊性に起因すると思われる。

7-10 かぶりの調査

7-10-1 調査方法

供試体のかぶりを次の2つの方法により調査した。

(1) パコメーターによる調査

非破壊的測定法としての測定精度を評価する。

調査位置 各面4点ずつ、供試体1体につき16点測定する。

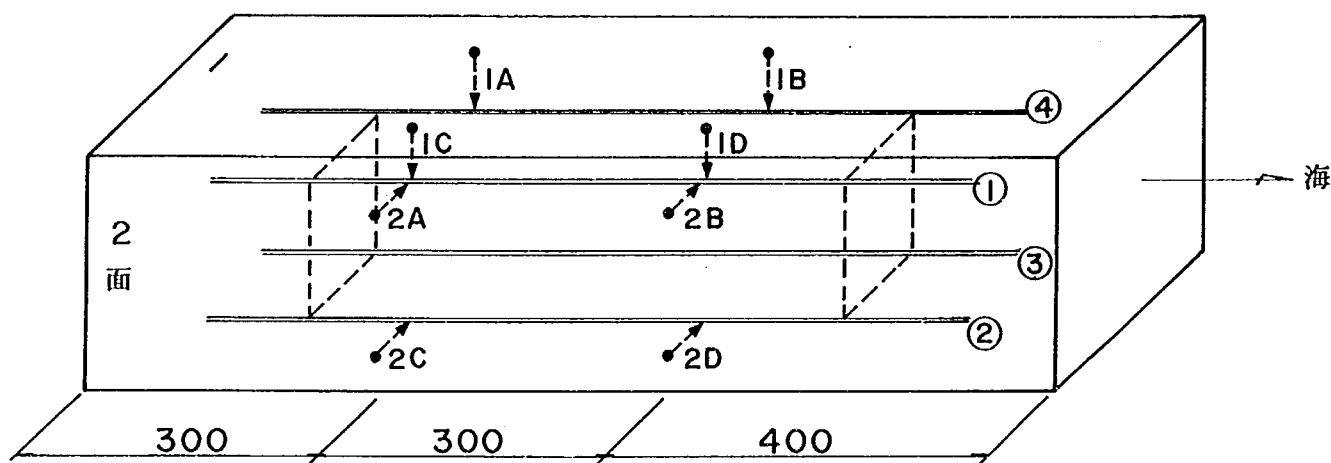


図-7.24 かぶりの測定位置

(2) 解体による調査

コンクリートを除いて鉄筋を露出させ、かぶりを実測する。

調査位置 各鉄筋の上側および側面からのかぶりを測定する。

鉄筋の端から10cm間隔で測定する。

測定点は鉄筋1本につき18点、供試体1体につき72点である。

7-10-2 調査結果

表-7.13 かぶりの測定結果

供試体No	かぶり (cm)	塗 膜		鉄 筋		C 点		A 点		D 点		B 点	
		塗 装 系	膜 厚 μ	塗 装 の有無	No	実 測	パコメ ーター	実 測	パコメ ーター	実 測	パコメ ーター	実 測	パコメ ーター
201-1	2.5				①	2.5	2.6	2.5	2.6	2.2	2.3	2.5	2.6
					②	2.4	2.6	3.1	3.4	2.3	2.4	3.3	3.5
					③	3.2	3.3	3.0	3.1	3.0	3.1	3.1	3.2
					④	2.9	2.9	2.2	2.8	3.0	2.9	2.3	2.7
207-1	2.5				①	2.6	2.6	2.9	3.0	2.4	2.5	2.9	3.0
					②	2.9	3.1	3.6	3.8	3.1	3.2	3.3	3.5
					③	3.2	3.2	2.6	2.6	3.6	3.4	2.5	2.5
					④	2.7	2.7	2.7	2.9	2.8	2.7	2.5	2.7
208-1	2.5	エポキシ系 溶 剤 型	200		①	2.7	2.7	3.1	3.2	2.7	2.8	2.8	2.9
					②	3.1	3.2	2.9	2.8	2.9	2.9	3.0	3.1
					③	3.4	3.5	2.7	2.7	3.4	3.5	2.9	3.1
					④	2.6	2.7	2.7	2.8	2.8	2.9	2.8	2.8
209-1	2.5	エポキシ系 ガラスローピ ング補強用	2,000		①	3.1	3.4	2.6	2.9	3.1	3.7	2.2	2.7
					②	2.9	3.3	3.3	3.8	2.4	2.9	3.3	3.8
					③	4.2	4.5	3.1	3.3	3.8	4.2	3.5	3.8
					④	2.8	3.6	2.9	3.4	3.2	3.9	3.0	3.4
210-1	2.5	エポキシ系 ガラス繊維 補 強 用	1,000		①	3.1	3.4	2.8	3.0	3.2	3.4	2.6	2.8
					②	2.9	3.1	2.4	2.5	2.7	2.7	2.6	2.6
					③	2.6	2.6	2.6	2.8	2.6	2.5	3.0	3.1
					④	2.7	2.8	3.1	3.5	2.9	3.0	2.9	3.2
211-1	2.5			有	①	2.7	2.7	3.8	3.7	2.6	2.4	3.3	3.2
					②	3.5	3.8	3.1	3.1	3.5	3.5	2.8	2.9
					③	2.9	3.1	1.6	1.6	3.1	3.3	1.9	1.9
					④	1.9	1.7	2.9	2.7	2.2	2.1	2.5	2.4
214-1	5.0				①	5.3	5.3	5.3	5.5	5.2	5.2	5.2	5.2
					②	5.1	5.4	5.4	5.5	5.2	5.5	5.3	5.4
					③	5.9	5.5	5.4	5.4	5.7	5.7	5.3	5.0
					④	4.9	5.0	5.2	5.5	5.1	5.1	5.2	5.3
217.-1	7.5				①	7.9	不可	7.9	不可	7.4	不可	7.5	不可
					②	7.4	不可	7.9	不可	7.1	不可	7.9	不可
					③	7.8	不可	7.7	不可	8.0	不可	7.9	不可
					④	7.5	不可	7.5	不可	7.8	不可	7.5	不可
219-1	2.9				①	2.6	2.4	2.5	2.5	2.4	2.3	2.5	2.6
					②	2.7	2.8	3.3	3.4	2.5	2.6	3.4	3.5
					③	3.5	3.6	3.2	3.0	3.4	3.6	3.2	3.0
					④	3.2	3.2	2.5	2.3	3.1	3.2	2.7	2.5

注：膜厚は実測値

単位：cm

7-10-3 調査結果の考察

(1) かぶり厚

供試体の解体途中におけるかぶり厚の実測結果によると、かぶり厚はかなりばらついているが、鉄筋の位置が計画より大幅に異なる程ではなかった。又、コンクリートのひびわれ位置とかぶり厚との関係は明確ではない。

(2) パコメーターによる測定

- 1) パコメーター値と実測値との相関性は以下の通り十分に認められる。従って非破壊測定法として実用性がある。

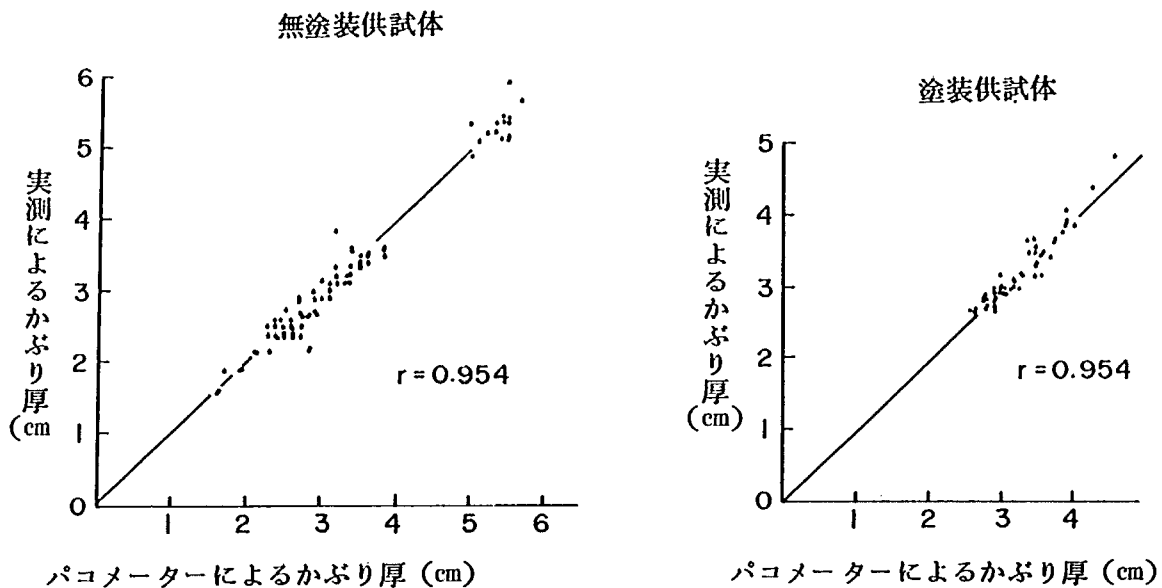


図- 7.25 かぶり厚測定結果 (パコメーター)

無塗装供試体：パコメーター値は実測値よりやや大きくなる傾向がある。その差は2～3 mmである。

塗装供試体：塗膜の実測膜厚をかぶり厚の実測値に加えてパコメーター値と比較した。この場合、パコメーター値は実測値よりもやや小さくなった。

無塗装供試体の場合と逆になったのは、塗膜厚の測定点数が少ないためと、塗膜厚の実際値を把握できなかったためと思われる。

2) パコメーターの測定限界

かぶり厚7.5 cmの測定が出来なかった点から見て、パコメーターの測定限界はかぶり厚5.5 cm程度と思われる。

3) その他

パコメーターの2種類のプローブの測定値の間に差が認められた。すなわち、かぶり厚5.5 cmの供試体で大プローブの値は小プローブの値より2 mm小さかった。

7-11 鋼材腐食調査

(1) 調査方法

コンクリートをはつた後、内部鋼材の腐食長さと腐食程度を鉄筋およびシースの1本ごとに測定した。(測定日：昭和58年6月14日)

鉄筋の腐食度を下図によって4段階に区分する。

腐食度	A	B	C	腐食なし
腐食状態	断面欠損の明らかな著しい腐食	浅い孔食など断面欠損の軽微な腐食	ごく表面的な腐食	腐食を認めず

次に鉄筋の腐食度、A、B、Cに相当する部分の長さを求め、腐食長さを次式で計算する。

$$(\text{腐食長さ率}) = \frac{\ell_A + \ell_B + \ell_C}{L_0} \times 100 (\%)$$

ここに L_0 : 鉄筋の全長

ℓ_A, ℓ_B, ℓ_C : 腐食性A, B, Cに相等する腐食長さ

P C鋼材が腐食している場合にも鉄筋と同様の測定を行なう。

(2) 調査結果と考察

鉄筋毎の腐食長さと腐食長さ比を表-7.24に、これらをまとめて鉄筋の腐食長さ比を図-7.26に示した。供試体201は全面腐食を生じたので腐食長さ比は100%として、これに比べ各腐食長さを図および表に記入したものである。

表-7.24 鉄筋の腐食面積

① 供試体No 214-1

W/C 50%, かぶり (2.5, 5.0, 7.5 (cm))

初期塩分 30 kg/m³, コンクリート表面処理 (なし, エポキシ,
ガラスローピング, ガラス繊維)

腐食度 鉄筋No	なし	A	B	C	対象外
1. (cm)	38	13.2	10.9		7.9
(%)	54.3	18.9	15.6		11.3
2. (cm)	16.5	16	26.9		10.6
(%)	23.6	22.9	38.4		15.1
3. (cm)	14.3	9.6	33.5		12.6
(%)	20.4	13.7	47.9		18
4. (cm)	31.7	16.4	14.2		7.7
(%)	45.3	23.4	20.3		11
合計 (cm)	100.5	55.2	85.5		38.8
(%)	35.9	19.7	30.5		13.9

② 供試体№ 217 -- 1

W/C 50%, かぶり (2.5, 5.0, 7.5 (cm))

初期塩分 30 kg/m³, コンクリート表面処理 (なし, エポキシ,
ガラスローピング, ガラス繊維)

鉄筋No	腐食度	なし	A	B	C	対象外
1.	(cm)	28.3	10	23.6		8.1
	(%)	40.4	14.3	33.7		11.6
2.	(cm)	0.8		55.5	6	7.7
	(%)	1.1		79.3	8.6	11
3.	(cm)	24.8	19.8	17.8		7.6
	(%)	35.4	28.3	25.4		10.9
4.	(cm)	14.6	13.3	31.2		10.9
	(%)	20.9	19	44.6		15.6
合計	(cm)	68.5	43.1	128.1	6	34.3
	(%)	24.5	15.4	12.3	2.1	12.3

③ 供試体№ 208 -- 1

W/C 50%, かぶり (2.5, 5.0, 7.5 (cm))

初期塩分 30 kg/m³, コンクリート表面処理 (なし, エポキシ
ガラスローピング, ガラス繊維)

鉄筋No	腐食度	なし	A	B	C	対象外
1.	(cm)	24.7	6.8	29		9.5
	(%)	35.3	9.7	41.4		13.6
2.	(cm)	18.7	32.6	14.2		4.5
	(%)	26.7	46.6	20.3		6.4
3.	(cm)	25	21.9	18.1		5
	(%)	35.7	31.3	25.9		7.1
4.	(cm)	31.1	17.9	21		
	(%)	44.4	25.6	30		
合計	(cm)	99.5	79.2	82.3		19.0
	(%)	35.5	28.3	29.4		6.8

④ 供試体No 209 - 1

W/C 50%, かぶり (2.5, 5.0, 7.5 (cm))

初期塩分 30 kg/m³, コンクリート表面処理 (なし, エポキシ,
ガラスローピング, ガラス繊維)

鉄筋No	腐食度	なし	A	B	C	対象外
1.	(cm)	50	7.5	4.3		8.2
	(%)	71.4	10.7	6.1		11.7
2.	(cm)	51.5	11			7.5
	(%)	73.6	15.7			10.7
3.	(cm)	46.7	17.2			6.1
	(%)	66.7	24.6			8.7
4.	(cm)	50.5	13.3			6.2
	(%)	72.1	19			8.9
合計	(cm)	198.7	49	4.3		28.0
	(%)	71	17.5	1.5		10.0

⑤ 供試体No 210 - 1

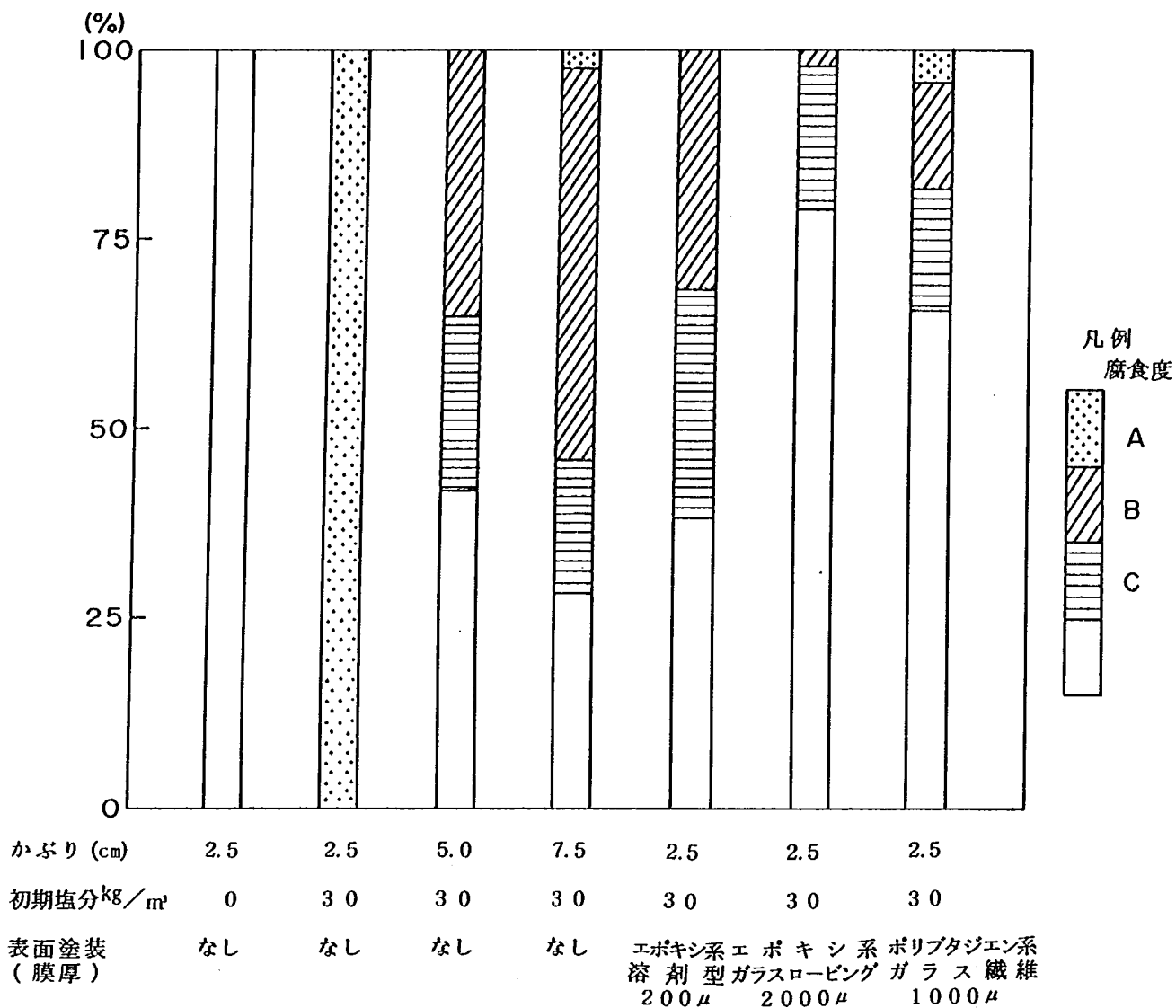
W/C 50%, かぶり (2.5, 5.0, 7.5 (cm))

初期塩分 30 kg/m³, コンクリート表面処理 (なし, エポキシ,
ガラスローピング, ガラス繊維)

鉄筋No	腐食度	なし	A	B	C	対象外
1.	(cm)	54.7		9.1		6.2
	(%)	78.1		13		8.9
2.	(cm)	30	22.4		10.7	6.9
	(%)	42.9	32		15.3	9.9
3.	(cm)	42.7	10.8	11.2		5.3
	(%)	61	15.4	16		7.6
4.	(cm)	39.2	7.7	15.1		8
	(%)	56	11	21.6		11.4
合計	(cm)	146.3	40.9	35.4	10.7	26.4
	(%)	52.3	14.6	12.6	3.8	9.4

注) ○対象外は, 鉄筋7.7 切断部およびスターラップ固定用ビニールテープを巻いた所, をさす。

○鉄筋は長さ80cmあったが, 両端5cmづつは他の要因による腐食もありうるとして対象外としたため, 結果的に測定長さは70cmとなった。



腐食度	A	B	C	腐食なし
腐食状態	断面欠損の明らかな著しい腐食	浅い孔食など断面欠損の軽微な腐食	ごく表面的な腐食	腐食を認めず

図 - 7.26 鉄筋の腐食調査結果

1) 無塗装供試体

かぶりが 2.5 cm (201) の場合は鉄筋が全面に腐食し、コンクリートのひびわれにそって腐食度 C の腐食部分が長く観察される。かぶりが 5 cm, 7.5 cm となると、腐食度はほぼ A, B のみであり、また、腐食長さも小さくなる。

かぶりの効果があるようであるが、かぶりが 5.0 cm (214), 7.5 (217) であっても腐食はまだ進行中であると考えられる。けれども、これが当初から含まれていたコンクリート中の酸素によるものであるのか、それとも通気性がかぶりが大きくともあるのかの分別が現地点ではできないため、かぶりの腐食抑制に対する効果については今後の調査をまって確認することにした。

なお、コンクリート下に塩分を含む場合、P C 鋼材を保護するシースには腐食が観察された。シースの腐食に対する抵抗性はないようである。

塩分を含まないコンクリート供試体では、かぶりが 2.5 cm の場合に鉄筋や鋼材の腐食はみあたらなかった。

鋼材を腐食させるのに必要な塩分量が暴露 8 ヶ月では内部へ到達していないためである。

2) 塗装供試体

塗装供試体 (208, 209, 210) の腐食長さは、同じ 2.5 cm のかぶりの無塗装供試体 (201) に較べて小さく、また腐食程度も小さく、塗装の効果があることを示している。

塗装供試体では、かぶり 5 cm あるいは 7.5 cm の無塗装供試体の腐食長さと同等に低下している。塗装によってかぶりを 5.0 cm 以上実質的に増やしたとみなすことができる。

腐食抑制効果は、膜厚の大きいもの程大きい。ポリブタジエン系 (ガラス繊維補強) に腐食食度 C がみられることから、単に膜厚を大きくすることだけではなく、塗装材料の透気性等材料性能についての検討も必要である。

(3) 塗装鉄筋

塗装鉄筋には腐食は観察されなかった。

7-12 シリーズ II 解体調査のまとめ

(1) 各種防食工法の比較

調査結果をまとめると表 7.15 の通りとなる。

表- 7.15 シリーズⅡ解体調査結果のまとめ（昭和58年）

供 試 体 の 内 容				外 観					塗 装 供 試 体			電位に	目視に
No	かぶり (cm)	初 期 塩 分 量 (kg/m ²)	塗 装 系	塗装供試体		無 塗 装 供 試 体			色 調	光 沢	付着力	による発 錆判定	による発 錆判定
				わ れ	ふくれ	ひ び わ れ	はくり	さび汁					
201	2.5	0	—	—	—	○	○	○	—	—	—	なし	◎
207	"	30	—	—	—	×	×	×	—	—	—	あり	××
208	"	"	エポキシ型 溶剤型	○	△	⊗	—	⊗	○	33	14	あり	○
209	"	"	エポキシ系ガラス ロービング補強用	○	○	—	—	—	○	8	12	あり	○
210	"	"	ポリブタジエン系ガ ラス繊維補強用	△	△	—	—	⊗	○	20	8	あり	○
211	"	"	(塗装鉄筋)	—	—	△	○	○	—	—	—	なし	◎
214	5.0	"	—	—	—	×	△	○	—	—	—	あり	×
217	7.5	"	—	—	—	×	○	○	—	—	—	あり	△
219	2.5	0	(金属 スペーサー)	—	—	○	○	×	—	—	—	なし	◎
備 考				*1								*2	*3

*1 ○; 異常なし △; 軽度の異常 ×; 著しい異常

*2 なし; $-400\text{ mV} <$ あり; $-400\text{ mV} >$

*3 ◎; 錆なし ○; 錆小 △; 錆中 ×; 錆大 ××; 錆著しい

()はコンクリートの異常による塗膜外観に生じた変化を示す。

なお、210のさび汁は暴露時の塗膜損傷のため生じた変化である。

腐食性の厳しい東北地方日本海沿岸における暴露試験によってコンクリート供試体中の鋼材腐食および防食効果について次の点が明らかとなった。

- 1) 初期塩分含有量が大きいコンクリート中では鉄筋は短期間で腐食した。かぶり 2.5 cm の供試体の鉄筋腐食は著しく、ひびわれだけでなくコンクリートのはく離も生じている。かぶり厚さについては、厚さが増加すると、防食効果はあるが、初期塩分量 30 kg/m^3 の場合、その効果は十分ではない。
- 2) かぶり 2.5 cm の供試体表面に塗装を施したものは、かぶり 7.5 cm の供試体の鉄筋腐食と同様であった。

コンクリート表面に塗装を施すと、腐食抑制効果とあわせてひびわれ発生を抑制する効果もあることが確かめられた。塗装によって、実質かぶりを増やすことができたためと考えられる。

- 3) 塗装系の種類によって腐食抑制効果が異なり、今回の調査では膜厚が大きい程効果が大きい傾向にある。膜厚の薄い種類でも室内材料試験では、通気や通水にすぐれた遮断能力をもっていることがわかっており、暴露試験結果とのちがいは、施工条件等が絡んでいるものと考えられるが、今後の調査が必要である。
- 4) 金属スプレー（アクリル塗装）に発錆が認められ、使用を避けた方がよいと思われる。
- 5) 初期塩分量 0 の場合は、かぶり 2.5 cm で発錆は認められず、1 年間の暴露ではまだ変化していないと言える。

(2) 表面含水率および pH

- 1) 表面含水率の測定は付着力を測定した面を利用して測定したので測定面の塗膜の残存および凹凸により、測定値のバラツキが大きい。

今回の測定値 10% 以下は次回の測定を待って判断した方がよいと思われる。

- 2) 塗膜下のコンクリート表面の pH は 11 以上を示し、コンクリート中の pH が通常 12.5 であることから考えて暴露 1 年後においてもコンクリート表面はアルカリ度を保持している。

(3) 塗膜厚とかぶり

- 1) 塗膜厚は目標膜厚よりかなり上まわったが、パテの使用や施工上の特殊性によるものであった。
- 2) かぶり測定における非破壊測定器（パコメーター）は、かぶり厚 5 cm までは実測値とよく一致しており、有効な測定方法と考えられる。

(4) 塩分量

- 1) 塗装供試体では、塗膜によって塩分浸透及び塩分溶出が遮断されていると考えられる。
- 2) 無塗装供試体の初期塩分量が 0 kg/m^3 のものでは、下面である Na 3 面に塩分の浸透が認められた。初期塩分量が 30 kg/m^3 のものでは表面（Na 1, 2, 4 面）からの溶出と思われる塩分量の低下が認められた。これらの現象は降雨等の影響によるものと考えられる。

8. 調査結果のまとめ

8-1 シリーズⅠ調査結果のまとめ

本年度の定期調査と解体調査の結果をまとめると表－8.1の一覧表のようになる。これらより、以下の知見が得られた。

- (1) コンクリート面における塗膜の耐久性に影響を及ぼすと思われる変化は、供試体№106の塗膜表面に生じた微細なわれであるが、これは、コンクリート面の保護能力に影響するまでには至っていない。
- (2) 無塗装の供試体と比較した場合、塗装供試体は含有塩分量調査結果から見て、塩分の侵入を十分に遮断している。
従って、現時点では、一部を除いて塗装系間に差は認められない。

8-2 シリーズⅡ調査結果のまとめ

本年度の定期調査と解体調査の結果をまとめると、表－8.2の一覧表のようになる。

- (1) 各種防食工法の効果の比較を行なうと下記の順になる。
 - 1) 塗装鉄筋の使用
 - 2) コンクリートの外面塗装
 - 3) かぶり厚の増大
- (2) 初期塩分量 30 kg/m³の場合は、
かぶり厚を大きくしても0.2mm以上のひびわれおよびひびわれからのほくりが生じた。コンクリートの外面に塗装した塗装系の中、エポキシ溶剤型でコンクリートのひびわれに伴う塗膜のわれが生じ、かつさび汁の流出が認められた。
塗装鉄筋を使用した場合にもひびわれが発生した。これは、コンクリート中の塩分が30 kg/m³の如く、多量に存在すると、コンクリート自身が乾燥収縮によりひびわれを生じやすくなり、耐久性を損なう原因となっていると考えられる。
- (3) 初期塩分量が10 kg/m³の場合でもかぶり厚に関係なくひびわれが発生し始めた。

表-8.1 シリーズIの調査結果のまとめ(昭和58年)

供試体No.	塗 装 系	目標膜厚 (μ)	外 観						色調	光沢	付着力kg/cm ²		塗膜厚 (μ)		塩 分				総合 評価	
			われ	ふくれ	はがれ	チョーキング	ひびわれ	はくり			ϕ 20	ϕ 100	表	裏	付着量mg/m ²		含有量kg/m ²			
															表	裏	全塩分	可溶性塩分		
100	—							△	○							4	46	0.23 ~ 6.25		
101	アクリル系溶剤型	100	○	△	○	○				○	56 ~65	10	16	194	148	31	536	0		○
102	エポキシ系エマルション型	1000	○	○	○	△				△	1	13	16	784	1560	32	298	0		○
103	“ 溶 剤 型	200	○	△	○	○				○	62 ~63	15	14	242	252	33	867	0		○
104	“ 無 溶 剤 型	500	○	○	○	○				○	62 ~63	10	13	916	812	33	443	0		○
105	“ 湿 面 用	1000	○	○	○	△				△	4	5	18	900	700	41	354	0		△
106	弾性系ポリブタジエン 無溶剤型	1000	△	△	○	○				○	69	20	17	1460	1580	39	368	0 ~ 0.23		○
107	“ アクリル エマルション型	500	○	○	○	○				○	4	10	18	564	596	27	287	0		○
108	“ ウレタン溶剤型	200	○	△	○	△				×	13 ~14	20	16	238	218	41	222	0		○
109	ガラスフレーク系エポキシ — 1	1000	○	○	○	○				○	33 ~41	13	21	1040	1120	70	237	0		○
110	“ ビニル — 1	1000	○	○	○	○				○	22 ~25	15	19	1280	1080	8	175	0		○
111	表	“ エポキシ — 2	1000	○	○	○	△			×	1	10	14	1250		26		0		○
	裏	タールエポキシ系	200	○	○	○	△			△	3	20	14		536		122	0		○
112	表	ガラスフレーク系 ビニルエステル— 2	1000	○	○	○	○			×	5	5	4	1020		12		0		○
	裏	タールエポキシ系	200	○	△	○	△			△	2	15	17		200		60	0 ~ 0.13		○

※1

※1 ○ 変化なし, △ 変化が中程度, × 変化が大きい

表-8.2 シリーズⅡの調査結果のまとめ(昭和58年)

供 試 体 No	か ぶ り mm	初 期 塩 分 kg/m ²	鉄 筋 塗 装 の 有 無	塗 装 系	目 標 膜 厚 μ	外 観						塗 装 供 試 体			塗 膜 厚	塩 分				電 位 に よ る 発 錆 判 定	目 視 に よ る 発 錆 判 定	総 合 評 価		
						塗 装			無 塗 装			色	光	付 着 力kg/cm ²		付 着 量mg/m ²		含 有 量kg/m ²						
						わ れ	ふ く れ	は が れ	チ ョ ー キ ン グ	ひ び わ れ	は く り			さ び 計		φ20	φ100	1 面	3 面				全	可 溶 性
201	2.5	0		――						○	○	○		6			665						◎	○
202				エポキシ系溶剤型	200	○	△	○	○				○	61				1877	3596	0～ 11.48				○
203			有	――						○	○	○											○	
204		10		――					△	○	○												△	
205				エポキシ系溶剤型	200	○	△	○	○				○	64				2712	3014				○	
206				エポキシ系ガラスローピング補強用	2000	○	○	○	○				○	21				2164	6962				○	
207				――						×	×	×							2.56～ 25.82		有	×	×	
208		30		エポキシ系溶剤型	200	△	△	○	○	⊗		⊗	○	51	15	14	665	3271	3097	19.3～ 31.63		有	○	△
209				エポキシ系ガラスローピング補強用	2000	○	○	○	○				○	12	15	12	5700	3506	5735	22.33～ 32.10		有	○	○
210				ポリブタジエン(ガラス繊維補強用)	1000	△	△	○	○			⊗	○	34	13	8	1450	2796	5495	21.40～ 27.45		有	○	△
211	有		――						×	○	○							16.05～ 26.98		無	◎	△		
212	5.0	0		――						○	○	○										○		
213		10		――						△	○	○										△		
214		30		――							×	×	×					11.40～ 33.26		有	×	×		
215	7.5	0		――						○	○	○										○		
216		10		――						△	○	○						3.46～ 10.84				△		
217		30		――							×	△	○					16.28～ 33.49		有	△	×		
218	―	0		――						○	○	○						0.23～ 6.66				○		
219	2.5	0	金属 スペーサー	――						○	○	×						0～ 6.89		無	◎	○		
備 考					※1																※2	※3	※4	

※1 ○:異常なし △:軽度の異常 ×:著しい異常

※2 なし:-400mV< あり:-400mV>

※3 ◎:錆なし ○:錆 小 △:錆 中 ×:錆 大 ××:錆著しい

※4 ○:耐久性あり △:耐久性に問題ある ×:長期耐久性が期待できない

空欄は対象外

あ と が き

本調査は昭和59年度以降も継続する予定である。

ところで、本調査の遂行にあたっては下記の方々の方ならぬ調査努力を得て行いえたものである。
厚く謝意を表する次第である（敬称略，50音順）。

井 上 勇 一	（日本ペイント株式会社）
乾 勝 雄	（ショーボンド建設株式会社）
土 門 勝 司	（ショーボンド建設株式会社）
橋 本 定 明	（関西ペイント株式会社）
高 橋 権 衛	（日本ペイント株式会社）
福 島 稔	（日本ペイント株式会社）
藤 沢 弘	（関西ペイント株式会社）
安 井 正 宏	（日本ペイント株式会社）
山 本 耕 三	（ショーボンド建設株式会社）

鋼材腐食調査は、土木研究所コンクリート研究室、河野広隆氏、丹野 弘氏、化学研究室 守屋進氏が調査手法の改良を含めて熱心に遂行したものであることを特記しておきたい。

コンクリート橋の塩害対策に
関する暴露試験調査(II)

I S S N 0 3 8 6 - 5 8 7 8
土木研究所資料第 2047 号
昭和59年 2 月 (1984)

片 脇 清 士

キーワード; コンクリート構造物, 塩害, 補修, 暴露

要 旨

塩害をうけたコンクリート橋の塩害対策を確立するために,
東北地方建設局と土木研究所が共同して行っている暴露試
験について1年めまでの調査結果をとりまとめたもので
ある。

○

郵便はかき

3 0 5 - □ □

40円切手
をはって
下さい。

茨城県筑波郡豊里町大字旭一番地
建設省土木研究所地質化学部
化学研究室 御中

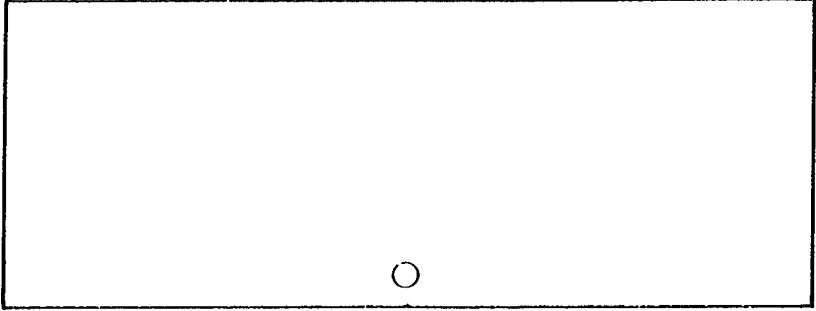
No. _____

No. _____

配布先氏名

配布先住所

○



土木研究所資料第2047号 部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住 所)

氏 名 ⑩