

I S S N 0 3 8 6 — 5 8 7 8

土木研究所資料 第1851号

マイクロフィルム 第 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(I)

昭 和 5 7 年 7 月

建設省土木研究所
建設省東北地方建設局

Copyright © 1982 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。

概 要

海岸付近に設置されたコンクリート橋が塩害を受け、内部の鋼材が腐食し損傷を受ける事例が増加している。この対策を検討するために、現地の海岸でコンクリート供試体を長期にわたって暴露し、その耐久性を調査することになった。本資料はこの暴露実験の調査計画や調査の内容、実験の初期条件などを記録したものである。

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剥落させる、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。

目 次

まえがき

1. 調査の概要	1
1.1 調査目的	1
1.2 調査手順	1
1.3 塗装材料に関する調査の概要（シリーズⅠ）	1
1.4 コンクリート中の鋼材の腐食に関する調査の概要（シリーズⅡ）	4
2. 供試体の製作と設置	7
2.1 供試体の材料	7
2.2 供試体の製作	15
2.2.1 コンクリート供試体の製作	15
2.2.2 コンクリート供試体の塗装	21
2.3 供試体の設置	35
3. 調査	37
3.1 調査日程	37
3.2 調査方法	40
4. 今後の調査方針	42
4.1 調査結果のとりまとめ方	42
4.2 今後の調査の進め方	43
付属資料〔調査要領〕	45

1. 調査概要

1.1. 調査目的

本調査は国道7号に架設してある、プレストレストコンクリート橋梁の鉄筋の発錆によるコンクリートの剥落・腐食に対処するため、補修工法検討の一環として行なうものである。調査はシリーズⅠ、Ⅱに分けられる。

シリーズⅠ：耐久性、塩分透過防止能力にすぐれた塗料を選定することを目的とする。

シリーズⅡ：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ことを目的とする。

1.2. 調査手順

暴露用供試体を製作し、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。

調査の分担と主な調査項目を表-1-1に示す。

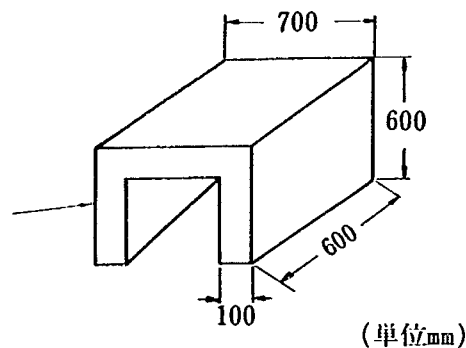
1.3. 塗装材料に関する調査の概要（シリーズⅠ）

(1) 供試体の形状

みぞ型のコンクリートブロック

表面処理-サンダー仕上げ

供試体数 39 体



(2) 塗 装 ブロック全面塗装

塗装の種類：13 種類

塗装種類：表-1-2

1) 塗膜の酸素、塩素イオン、水の透過阻止性から見て、塗装により十分な保護効果を得ることができると考えられる。

2) 塗装の目的はコンクリートと鉄筋の保護とし、コンクリートの剥落防止などの補強については配慮していない。

3) 材料は、通常の塗装工法で施工できるものとし、施工回数は現場施工の場合のことも考えて3～4回と少なくした。

4) 保護効果の他に、塗膜の弾性や湿面への塗装面への塗装性などの機能を持つ仕様を加えた。

5) 材料は、鋼構造物やコンクリート構造物の塗装に実績のあるものとし、多くの種類の樹脂を選定すると共にイオンの透過阻心に効果の大きいガラスフレーク配合品も加えた。

(3) 調 査

1) 年2回（春と秋）に外観および塗膜の劣化調査

塗膜外観 われ、ふくれ、はがれ、色、白亜化、光沢

付着力 プルオフテスト（春のみ）

2) 1, 3, 5年後に解体調査

解 体 塩 分 量 測 定

3) 環 境 調 査

飛来塩分量 土研法およびJ I S法(ガーゼ法)の併用

塩害調査

表-1-1 調査手順

要領作成・技術指導・室内試験
(土木研究所)

シリーズ I
(無筋コンクリート)

供試体作成(48本)
(酒田工事事務所)

ブロック全面塗装(12種)
(酒田工事事務所)

現場建設
(酒田工事事務所)

外観・塗装劣化調査(2回/年, 春・秋)
(東北技術事務所)

外 観: 目視・写真・色・光沢・われ・はがれ・ふくれ・白亜化
付 着: プルオフテスト
その他: 塩分飛沫量・凍結融解(18本)

解体調査(1, 3, 5年後に)
(東北技術事務所)

解 体: 塩分測定(コア採取→分析)

シリーズ II
(鉄筋コンクリート)

供試体作製(60本)
(酒田工事事務所)

ブロック塗装(3種)
(酒田工事事務所)

現場設置
(酒田工事事務所)

外観・付着・電位分布(2回/年, 春・秋)
(東北技術事務所)

外観: コンクリート(ひびわれ・はくり・錆汁)
塗膜(色・光沢・われ・はがれ・ふくれ・白亜化)
付着: 塗膜(プルオフテスト)
鋼棒: 電位分布

解体調査(1, 3, 5年後に)
(東北技術事務所)

解 体: 塩分(コア採取→分析)
中性化・吸水率(コア採取→分析)
鋼材(腐食位置・腐食度)
鋼材(引張)
コンクリート(圧縮)

暴露環境調査

飛来塩分補集装置設置
(酒田工事事務所)

試料採取
(酒田工事事務所)

初年度毎月
2年目以降(2, 5, 8, 11月)

塩分量分析
(東北技術事務所)

自記温湿度計装置
(酒田工事事務所)

データ収集
(酒田工事事務所)

初年度毎月
2年目以降(2, 5, 8, 11月)

データ整理
(東北技術事務所)

表-1-2 塗 装 種 類

№	塗 装 系	膜厚 (μ)	特 徴
01	アクリル系 溶 剤 型	100	コンクリート一般, 安価
02	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)
03	エポキシ系 溶 剤 型	200	
04	エポキシ系 無 溶 剤 型	500	
05	エポキシ系 湿 面 用	1000	
06	弾 性 系 ポリブタジエン無溶剤型	1000	
07	弾 性 系 アクリルエマルジョン型	500	ひびわれ追従型
08	弾 性 系 ウレタン溶剤型	200	
09	ガラスフレック系 エポキシ-1	1000	
10	ガラスフレック系 ビニルエステル-1	1000	水, Cl^- 透過抑制
11	ガラスフレック系 エポキシ-2	1000	
12	ガラスフレック系 ビニルエステル-2	1000	
* 13	タールエポキシ系 タールエポキシ	200	耐水, 耐薬品, 経湾性, 色調制限あり

* 11, 12 の裏面用

1.4. コンクリート中の鋼材の腐食に関する調査の概要 (シリーズⅡ)

(1) 供 試 体

供試体の種類は表-1-3, 形状, 寸法は図-1-1のとおりである。

(2) 調 査

1) 年 2 回に外観調査, 電気化学的測定

外 観 調 査	コンクリート	さび汁, ひびわれ, はくりなど (春と秋)
	塗 膜	われ, ふくれ, はかれ, 色, 光沢, 白亜化 (春と秋)
		付着力 (プルオフテスト) (春のみ)
	鋼 材	電位分布 (春のみ)

2) 1, 3, 5 年後に解体調査

なお, 電気化学的測定供試体は 5 年後も続ける。

解 体 調 査	コ ア 採 取	塩分測定
	コ ア 採 取	コンクリートの中性化, 吸水率, 圧縮強度
	解 体	かぶりの側定
		鋼材の腐食位置と腐食度, 鋼材の引張強度

表-1-3 供試体の種類(シリーズⅡ)

	供試体の特徴				補修用		新設用			暴露期間(年)				供試体番号			
	かぶり (cm)	初期塩分量 (Kg/m ²)	コンクリートの 表面処理	塗装鉄筋 使用の有無	コンクリート 表面処理	防食鉄筋	かぶり 標準	初期塩分		1	3	5	長期 (電気的 測定)	暴露期間(年)			
								促進1	促進2					1	2	5	長期
1	2.5	0	なし		基本	基本				○	○	○	○	201-1	201-2	201-3	201-4
2	"	"	エポキシ③		○	○	○					○	○			202-3	202-4
3	"	"	なし	有		○						○	○			203-3	203-4
4	2.5	10	なし		基本(促1)						○	○			204-2	204-3	
5	"	"	エポキシ③		○			○			○	○				205-3	
6	"	"	ガラスローピング②		○						○	○			206-2	206-3	
7	2.5	30	なし		基本(促2)	基本(促2)				○	○	○	○	207-1	207-2	207-3	207-4
8	"	"	エポキシ③		○			○		○	○	○	○	208-1	208-2	208-3	208-4
9	"	"	ガラスローピング②		○				○	○	○	○	○	209-1	209-2	209-3	209-4
10	"	"	ガラス繊維②		○					○	○	○	○	210-1	210-2	210-3	210-4
11	"	"	なし	有		○				○	○	○	○	211-1	211-2	211-3	211-4
12	5.0	0	なし				○					○	○			212-3	212-4
13	"	10	"					○			○	○			213-2	213-3	
14	"	30	"						○	○	○	○	○	214-1	214-2	214-3	214-4
15	7.5	0	なし				○					○	○			215-3	215-4
16	"	10	"					○				○			216-2	216-3.5	
17	"	30	"						○	○	○	○	○	217-1	217-2	217-3.5	217-4
18	∞ (無筋)	0	(断面 250×250 mm)							○	○	○				218-5-1, 2, 3, 4	
19	2.5	0	なし							○	○	○		219-1	219-2	219-3	219-4

凍結融解試験用供試体 (7.5×10×40 cm)

- 初期塩分量 (Kg/m²) : 0, 10, 30
- 供試体本数: 暴露用 3×3=9本, 凍結融解用 3×3=9本
- 暴露用供試体の番号
 - 初期塩分量 0 Kg/m².....220-1, 2, 3
 - 10 Kg/m².....221-1, 2, 3
 - 30 Kg/m².....222-1, 2, 3
- 暴露期間: 長期を予定

(注) 216-5, 217-5は無筋コンクリート

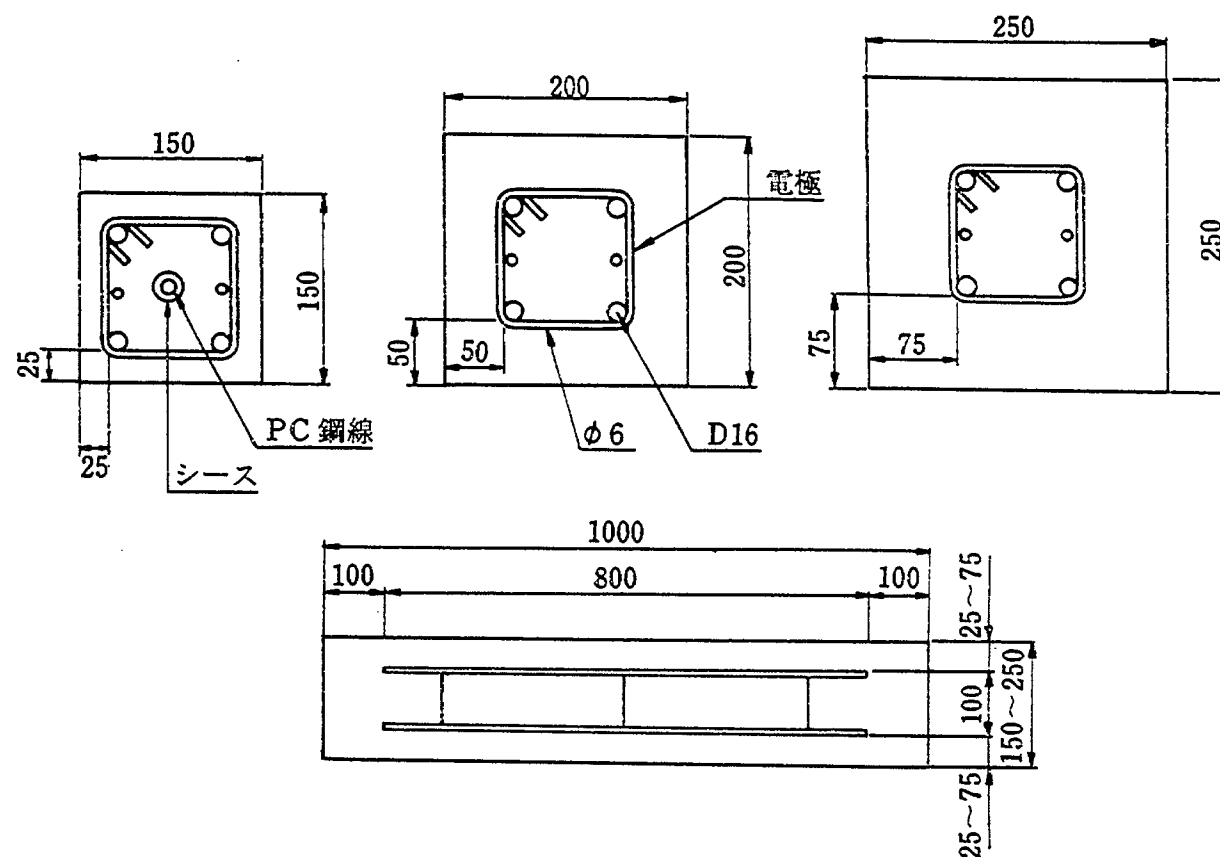


図-1-1 供試体寸法

2. 供試体の製作と設置

2.1 供試体の材料

(1) コンクリート

1) 材 料

セメント …………… 普通ポルトランドセメント
 粗 骨 材 …………… 25 ～ 5 mm 吸水率 1.7 % (赤川産)
 細 骨 材 …………… 粗粒率 3.05 吸水率 2.02 % (赤川産)
 細骨材中塩分含有量 0.003 % (57 年 2 月 20 日)
 水 …………… 地 下 水
 混和剤 (A E 剤)
 混和剤 (減水剤)
 塩 分 …………… 食塩 (シリーズⅡのみ使用)
 養 生 …………… 蒸気養生

2) 示 方 配 合

シリーズⅠ

示方配合表

G m a x (mm)	W / C (%)	C (Kg / m ³)	S (Kg / m ³)	G (Kg / m ³)	W (Kg / m ³)	減 水 剤 (Kg / m ³)	A E 剤 (Kg / m ³)
25	45	316	717	1136	142	1.896	0.19

シリーズⅡ

示方配合表

G m a x (mm)	W / C (%)	C (Kg / m ³)	S (Kg / m ³)	G (Kg / m ³)	W (Kg / m ³)	減 水 剤 (Kg / m ³)	A E 剤 (Kg / m ³)
20	50	310	874	955	155	1.860	0.186

3) 配合試験結果

スランプおよび空気量 (シリーズⅡ)

製造月日			
スランプ 空気量	3.16	3.17	3.18
スランプ (cm)	5.6	9.1	10.2
空 気 量 (%)	4.5	4.4	5.0

表-2-1 鉄筋の品質 (JIS G3112 SD30 D16)

ロット番号	納品明細				引張試験		曲げ試験	化学成分 (%)						
	径	長さ	本数	重量	降伏点	引張強さ	伸び	角度180°	C×100	Si×100	Mn×100	P×1000	S×1000	C+Mn/6 ×100
	mm	m	P	Kg	Kg/mm ² 30 max	Kg/mm ² 49-63	% 14 max	曲げ直径 4.0 D	max		max	max 50	max 50	max 50
1087	D16	4.5	1,400	9.828	35	56	24	G00D	0.26	0.10	0.61	0.036	0.025	
1085	D16	4.5	1,500	10.530	36	55	24	G00D	0.27	0.09	0.61	0.041	0.027	

表-2-2 PC鋼材の品質 (JIS G3536 SWPR 7A 7本より124mm PC鋼より線)

化学成分	鋼番	C (%)	Si (%)	Mn (%)	P (%)	S (%)	Cu (%)
規格	SWRS80B	0.78-0.83	0.12-0.32	0.60-0.90	0.025max	0.025max	0.20max
	M24686	0.81	0.27	0.73	0.018	0.011	0.01

規格	直径	引張荷重	0.2%永久伸び に対する荷重	伸び(%)	心線径と 側線径の差	ピッチ	単位重量	レラ セー ション	外観
	(mm)	(Kg)	(Kg)	(S=600mm)	(mm)	(倍)	(Kg/Km)	初荷重11,120Kg	
規格	12.4 +0.4 -0.2	16.300 以上	13.900 以上	3.5 以上	0.08 以上	12~16	7.29	(10時間) 3.0 %以下	
4326	12.50				0.20	14.1			良
4327	12.50	17.900	16.000	6.7	0.21-0.26	14.4	7.43	1.69	"

圧縮強度 (Kg/cm^2) (シリーズⅡ)

製造 月日	機冷 天	7 日	14 日	28 日	備 考
3.16	1	260	288	336	塩分量 0
	2	262	325	382	
	3	242	313	345	
	$\bar{X}$	253	309	354	
3.17	1	239	251	270	塩分量 $10 \text{ Kg}/\text{m}^3$
	2	204	238	288	
	3	239	247	289	
	$\bar{X}$	227	245	282	
3.18	1	218	214	239	塩分量 $30 \text{ Kg}/\text{m}^3$
	2	214	238	251	
	3	195	218	242	
	$\bar{X}$	209	223	244	
$\bar{\bar{X}}$		230	259	293	—

(2) 鉄筋 (シリーズⅡのみ)

1) 無塗装鉄筋

主鉄筋 SD30-D16 (表2-1)

組立筋 $\phi 6 \sim 9$

PC鋼線 7本より線, シース $\phi 26$ (表2-2)

2) 防食鉄筋

防食鉄筋としてエポキシ樹脂粉体塗装鉄筋を用いた。公称直径 19mm の異形鉄筋に, サンドブラスト下地処理後, 目標膜厚 150μ および 250μ の2種類の膜厚で粉体塗料を塗装したものである。

表-2-3 鉄筋の機械的性質

鉄筋の種類		降伏点 (Kg/mm^2)	引張強さ (Kg/mm^2)	伸び (%)
SD30-D19	フシ形状			
	横フシ	34.8	54.6	20
	斜フシ	38.5	59.4	21

表-2-4 塗料の組成と塗装方法

塗料の 種類	系 統	色 相	組 成 (%)				塗 装 法			
			主 剤	硬 化 剤	顔 料	その他		目標膜厚(μ)	プレヒート	アフタヒート
A	粉 体 エポキシ	ブラウン	エポキシ 樹 脂 (60.5)	酸無水物 (6.0)	着色顔料 (30.5)	添加物 (3.0)	静 電 スプレー 塗 装	150	180℃ 30分	240℃ 45分
								250	180℃ 30分	240℃ 45分

表-2-5 塗膜測定結果

塗料の 種類	硬 度		付 着 性	膜 厚 (μ)		ピンホール数 1m当り(平均)
	20℃	0℃		目 標	実 測	
A	H	2H	100/100	150	130~200	3~14(6.0)
				250	220~390	3~13(5.0)

(3) スペーサ及び電極(シリーズⅡのみ)

1) スペーサ モルタルのかけら(Na19を除く)

Na19は4足上筋用金属スペーサ(先端より5mm程度アクリル塗装)を使用。

2) 電 極 (ステンレス管 $\phi 6$ mmまたは鋼棒 $\phi 6$ mm)

なお、鉄筋組立は下記の手順により行う。

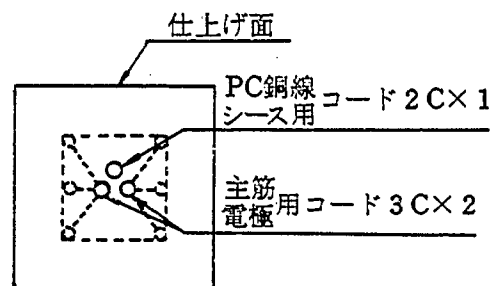
① 電極をコンクリート中に埋込む

② 電気測定用鉄筋(主鉄筋, シース, PC鋼線)電極にコードをハンダ付

③ 主鉄筋と組立筋の接触部はビニルチューブで絶縁する。

コード配置及びコードの芯色を図-2-1, 図-2-2にそれぞれ示す。

№ 201 ~ 211, 219



№ 212 ~ 217

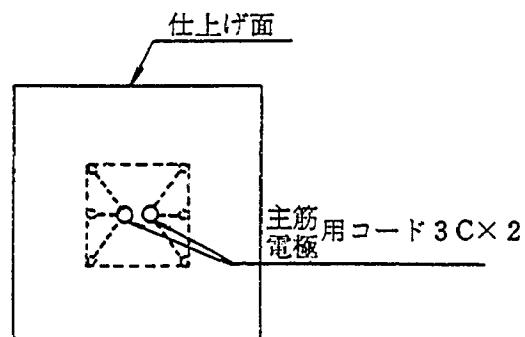
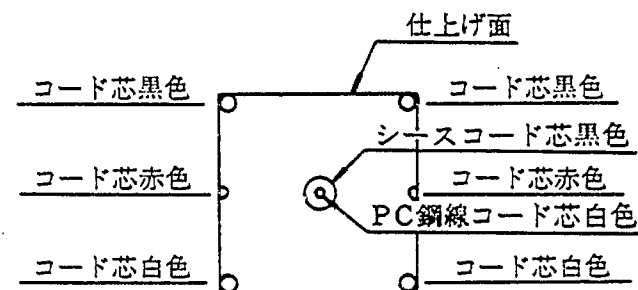


図-2-1 コード配置 (シリーズII)

№ 201 ~ 211, 219



№ 212 ~ 217

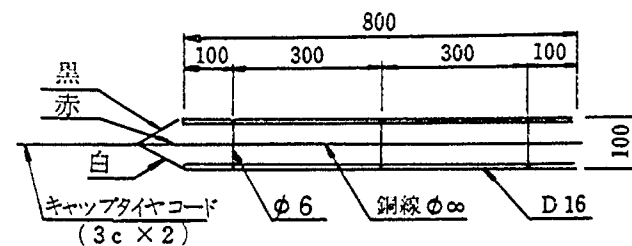
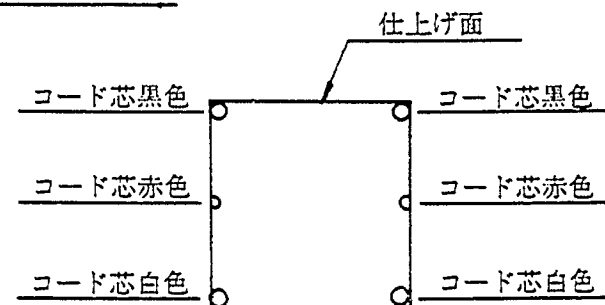


図-2-2 溶接コード芯色別 (シリーズII)

(4) 塗 装 材 料

塗装仕様は表-2-6 (シリーズⅠ), 表-2-7 (シリーズⅡ) を標準とした。

表-2-6-1 塗装仕様 (シリーズⅠ)

塗 装 系	工 程 ^x	使 用 材 料	使用量 (Kg/m ²)	膜 厚 (μ)	塗 装 方 法	特 徴
01 アクリル系 (溶剤型)	0	アクリルプライマー	0.10	100	ハ ケ	アクリルラッカー系 コンクリート外壁一般用 安 価
	0	エポキシパテ	0.30			
	1	アクリル上塗	0.20			
	(2)	アクリル上塗	0.20			
	(3)	アクリル上塗	0.20			
02 エポキシ系 (エマルジョン型)	0	エポキシプライマー	0.15	1000	ハ ケ	エポキシ樹脂エマルジョン 添加特殊セメントモルタル
	1	エポキシエマルジョン上塗	0.80			
	(2)	エポキシエマルジョン上塗	0.80			
03 エポキシ系 (溶剤型)	0	エポキシプライマー	0.10	100	ハ ケ	エポキシウレタン系 耐候性良好 標 準
	0	エポキシパテ	0.30			
	1	エポキシ中塗	0.25			
	(2)	エポキシ中塗	0.25			
	(3)	ウレタン上塗	0.25			
04 エポキシ系 (無溶剤型)	0	エポキシプライマー	0.15	500	ハ ケ	無溶剤型エポキシ系
	0	エポキシパテ	0.40			
	1	無溶剤型エポキシ上塗	0.25			
	2	無溶剤型エポキシ上塗	0.25			
	(3)	アクリルウレタン上塗	0.15			
	(4)	アクリルウレタン上塗	0.15			
05 エポキシ系 (湿面用)	0	エポキシプライマー	0.10	1000	ローラー	無溶剤型エポキシ系 湿面塗装適性あり 環境遮断型
	0	エポキシパテ	0.30			
	1	湿面用エポキシ上塗	1.0			
	(2)	湿面用エポキシ上塗	1.0			
06 弾性系 (ポリブタジエン 無溶剤型)	0	エポキシプライマー	0.15	100	ヘ ラ	無溶剤型ポリブタジエン系 塗膜の防水機能
	0	エポキシパテ	0.40			
	1	無溶剤型ポリブタジエン上塗	0.80			
	2	無溶剤型ポリブタジエン上塗	0.70			
	(3)	アクリルウレタン上塗	0.15			
	(4)	アクリルウレタン上塗	0.15			
07 弾性系 (アクリル エマルジョン型)	0	ビニルプライマー	0.10	500	ローラー	特殊弾性アクリルエマルジ ョン系 ひびわれ高追従型
	0	エポキシパテ	0.10			
	1	弾性アクリルエマルジョン中塗	0.50			
	(2)	弾性アクリルエマルジョン中塗	0.50			
	(3)	弾性アクリルエマルジョン上塗	0.30			

* 0および()は塗膜性能試験(室内試験)には含まない

* 0は素地調整

表-2-6-2 塗装仕様 (シリーズI)

塗 装 系	* 工 程	使 用 材 料	使用量 (Kg/m ²)	膜 厚 (μ)	塗 装 方 法	特 徴
08 弾性系 (ウレタン溶剤型)	0	湿気硬化ポリウレタンプライマー	0.10	200	ハ ケ	ポリウレタン系 ひびわれ追従型
	0	エポキシパテ	0.30			
	1	弾性ポリウレタン上塗	0.25			
	(2)	弾性ポリウレタン上塗	0.25			
	(3)	弾性ポリウレタン上塗	0.25			
09 ガラスフレーク系 (エポキシ-1)	0	エポキシプライマー	0.10	1000	コ テ	エポキシ系ガラスフレーク材料 環境遮断型(特にCL ⁻) エポキシ(又はウレタン)で着色 仕上げ可能
	0	エポキシパテ	0.30			
	1	ガラスフレークエポキシ上塗	0.90			
	(2)	ガラスフレークエポキシ上塗	0.90			
	(3)	ポリウレタン上塗	0.15			
10 ガラスフレーク系 (ビニルエステル -1)	0	エポキシプライマー	0.15	1000	ローラー	ガラスフレーク充填無溶剤型 ビニルエステル系
	0	エポキシパテ	0.40			
	1	ガラスフレーク充填ビニルエステル上塗	0.50			
	2	ガラスフレーク充填ビニルエステル上塗	0.50			
	3	ガラスフレーク充填ビニルエステル上塗	0.50			
	4	アクリルウレタン上塗	0.15			
	5	アクリルウレタン上塗	0.15			
11 ガラスフレーク系 (エポキシ-2)	0	エポキシプライマー	0.15	1000	ローラー	エポキシ系ガラスフレーク材料 環境遮断型(特にCL ⁻) エポキシ(又はウレタン)で着色 仕上げ可能
	0	エポキシパテ	0.40			
	1	ガラスフレークエポキシ上塗	0.80			
	2	ガラスフレークエポキシ上塗	0.70			
12 ガラスフレーク系 (ビニルエステル -2)	0	エポキシプライマー	0.10	1000	コ テ	ガラスフレーク充填無溶剤型 ビニルエステル系
	0	ビニルエステルパテ	0.10			
	1	ガラスフレーク充填ビニルエステル上塗	1.0			
	2	ガラスフレーク充填ビニルエステル上塗	1.0			
13 タールエポキシ系 (タールエポキシ)	0	エポキシプライマー	0.15	200	ハ ケ	タールエポキシ第1種
	0	エポキシパテ	0.30			
	1	タールエポキシ上塗	0.19			
	2	タールエポキシ上塗	0.19			
	3	タールエポキシ上塗	0.19			

表-2-7 塗装仕様(シリーズⅡ)

塗 装 系	* 工 程	使 用 材 料	使用量 (Kg/m ²)	膜厚(μ)	塗装方法	特 徴
㊦03 エポキシ系 (溶剤型)		(前 述)				
㊦21 エポキシ系 (ガラスローピング 補強用)	0	エポキシプライマー	0.15	2,000	ハケ	膜補強性 高物理性能エポキシ樹脂
	0	エポキシパテ	0.40		ヘラ	
	1	エポキシ下塗	1.0		ヘラ	
	2	ガラスローピング	—		—	
	3	エポキシ上塗(合浸型)	0.60		ヘラ	
	4	エポキシ上塗(〃)	0.40		ヘラ	
	5	ガラスローピング	—		—	
	6	エポキシ上塗(合浸型)	0.60		ヘラ	
	7	エポキシ上塗(〃)	0.40		ヘラ	
	(8)	アクリルウレタン上塗	0.15		ハケ	
	(9)	アクリルウレタン上塗	0.15		ハケ	
㊦22 ポリブタジエン系 (ガラス繊維 補強用)	0	エポキシプライマー	0.15	1,000	ハケ	ひびわれ追従型 剥落防止性
	0	エポキシパテ	0.40		ヘラ	
	1	弾性ポリブタジエン上塗	0.80		ヘラ	
	2	ガラス繊維	—		—	
	3	弾性ポリブタジエン上塗	0.70		ヘラ	
	(4)	アクリルウレタン上塗	0.15		ハケ	
	(5)	アクリルウレタン上塗	0.15		ハケ	

* 0および()は塗膜性能試験(室内試験)には含まない

* 0は素地調整

2.2 供試体の製作

2.2.1 コンクリート供試体の製作

コンクリート供試体の製作は、酒田市近郊のM社工場内にて昭和57年2月より3月にかけて行った。

作業時の温度を表-2-8に示す。また、養生後のコンクリート供試体のひびわれ発生状況を図-2-3, 2-4に示す。

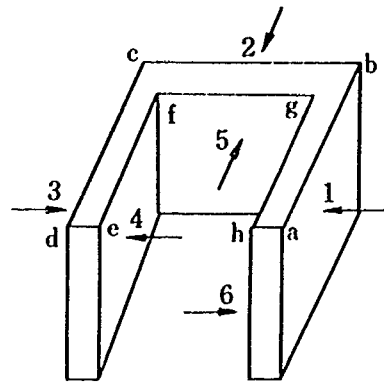
表-2-8 供試体製作時の温度

月 日	温 度(℃)
	-1.0
2. 26	1.5
	3.0
27	9.0
	4.0
3. 1	5.0
	3.0
2	5.5
	2.5
3	5.5
	3.0
4	8.5
	5.0
5	6.5
	4.0
6	6.0
	1.0
8	4.5
	3.0
9	4.0
	2.0
10	10.0
	4.0
11	12.0
	8.0
12	10.5
	6.0
13	12.0
	7.0
15	10.0
	10.0
16	12.0
	5.0
17	9.0
	3.5
18	7.5

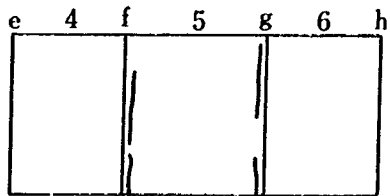
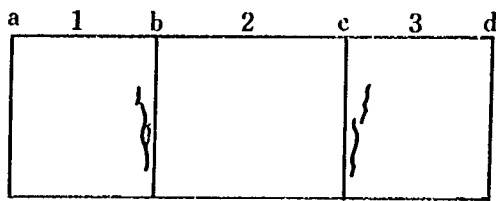
測定場所 試験室作業場内

測定時間 上段 AM8:00

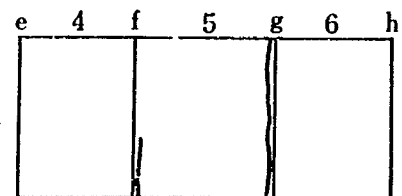
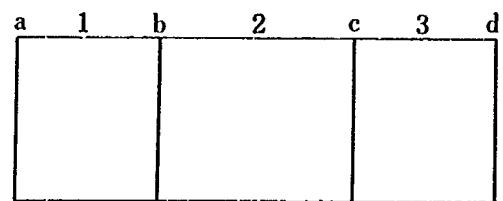
下段 PM1:00



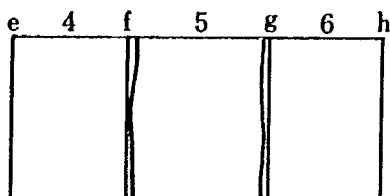
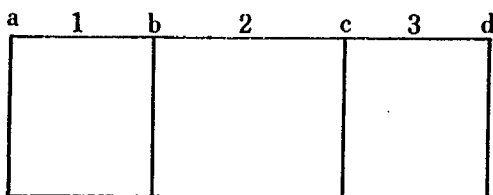
供試体No101-1



供試体No101-2



供試体No101-3



供試体No102-1

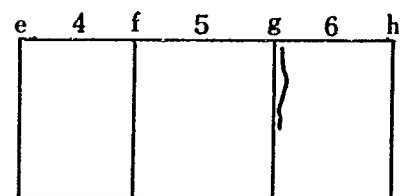
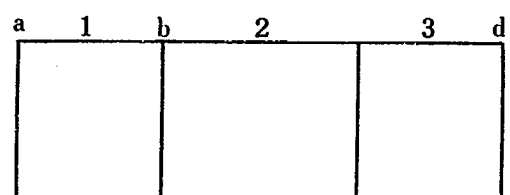
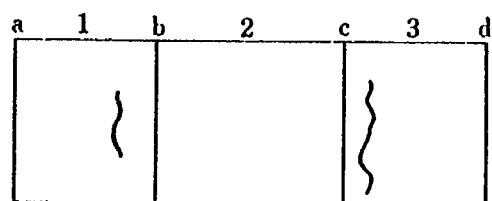
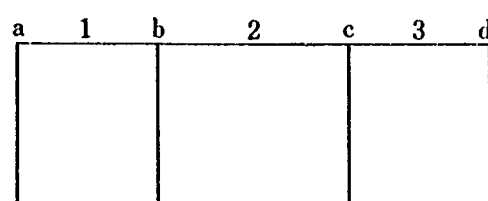


図-2-3-1 養生後のコンクリート供試体のひびわれ発生状況 (シリーズI)

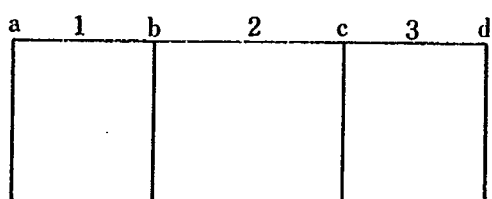
供試体No102-2



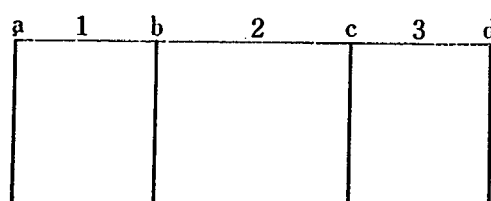
供試体No102-3



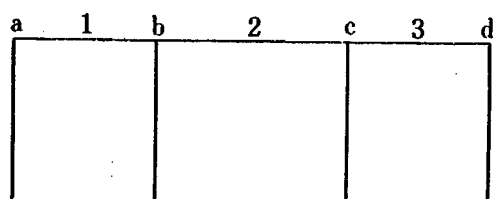
供試体No103-2



供試体No103-3



供試体No104-2



供試体No104-3

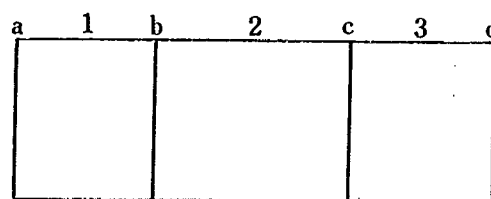
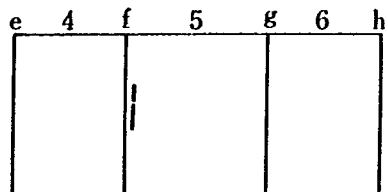
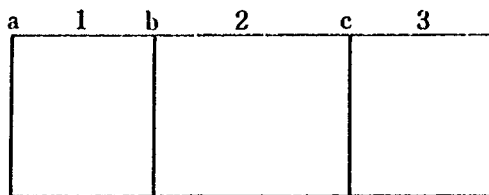
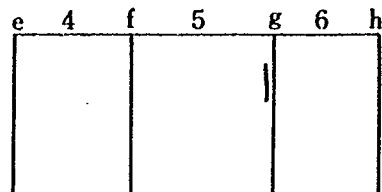
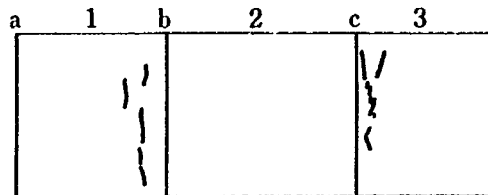


図-2-3-1 養生後のコンクリート供試体のひびわれ発生状況 (シリーズI)

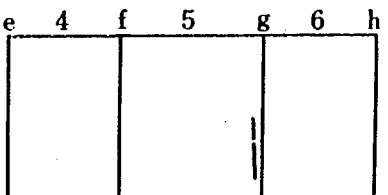
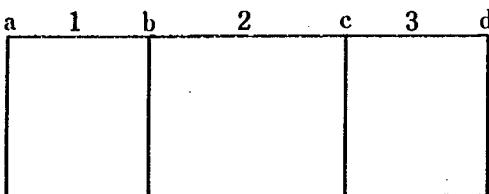
供試体No105-1



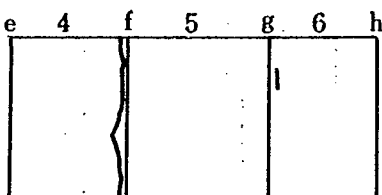
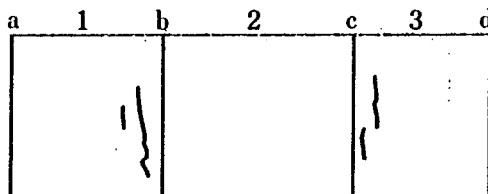
供試体No105-2



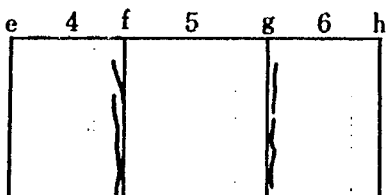
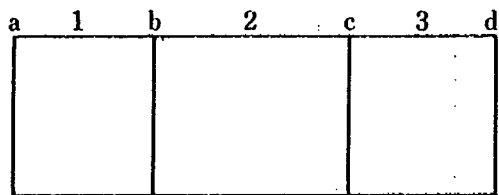
供試体No105-3



供試体No106-1



供試体No106-2



供試体No107-1

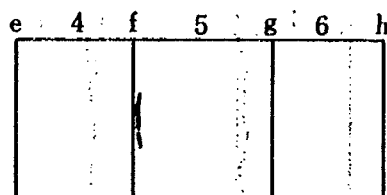
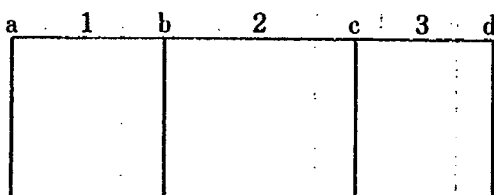
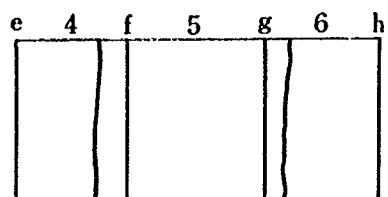
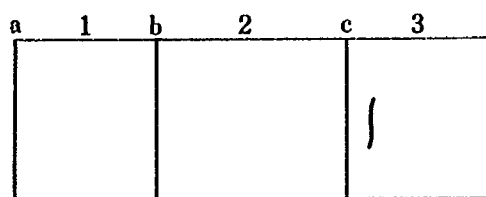
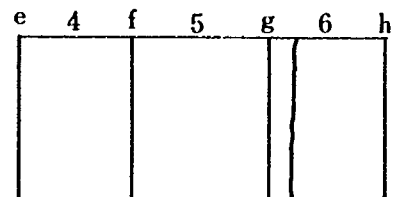
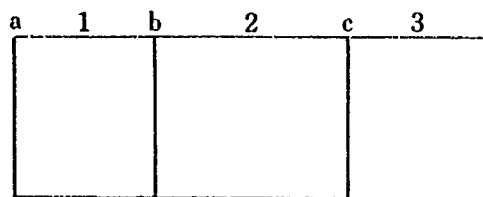


図-2-3-1 養生後のコンクリート供試体のひびわれ発生状況(シリーズI)

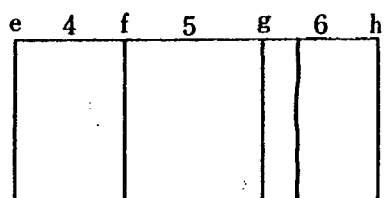
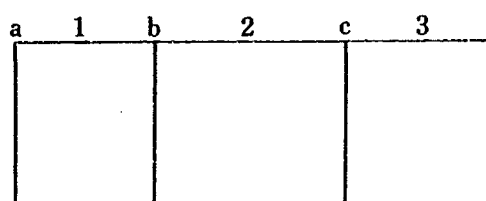
供試体 No108- 1



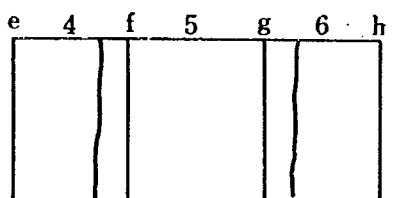
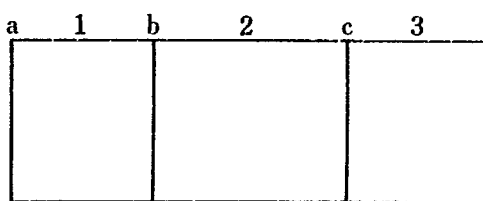
供試体 No108- 2



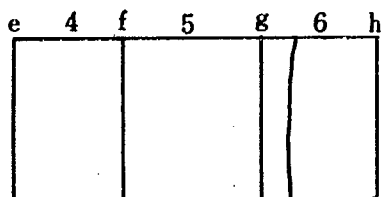
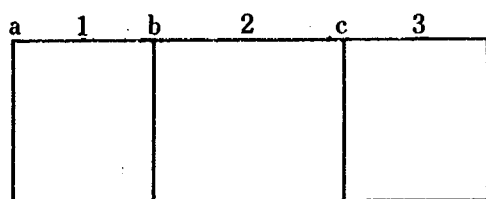
供試体 No108- 3



供試体 No109- 1



供試体 No109- 2



供試体 No109- 3

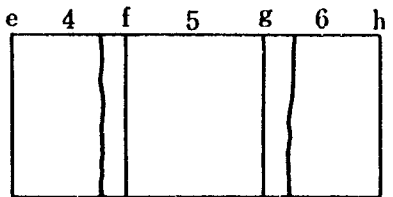
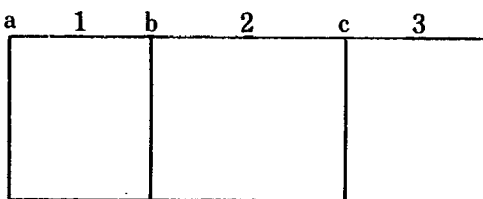
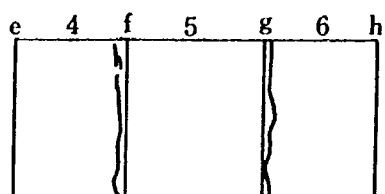
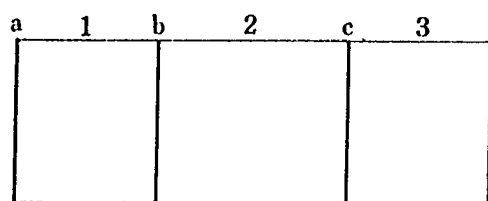
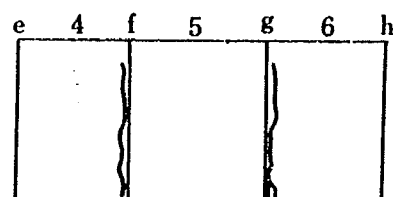
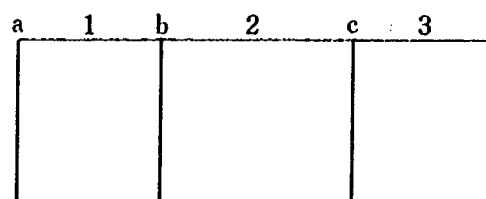


図-2-3-1 養生後のコンクリート供試体のひびわれ発生状況（シリーズI）

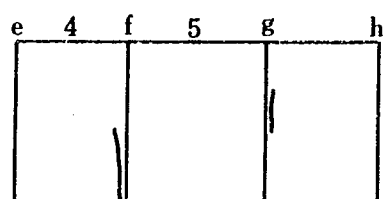
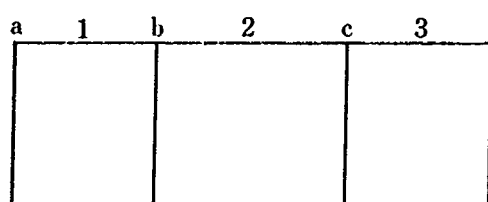
供試No110-- 1



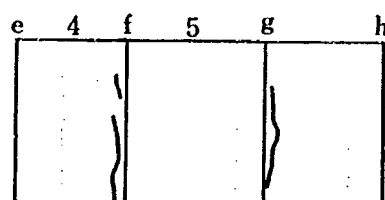
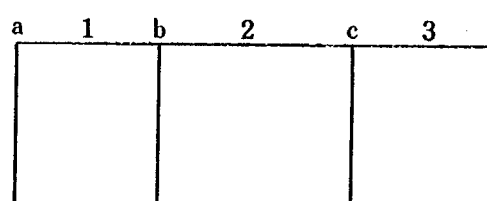
供試体 No110- 3



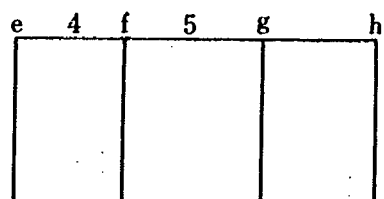
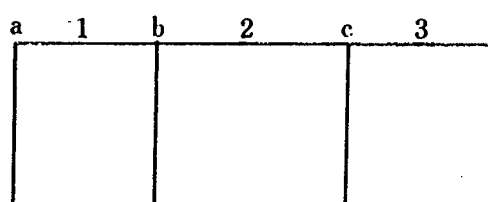
供試体 No111-- 1



供試体 No111-- 2



供試体 No111-



供試体 No111-

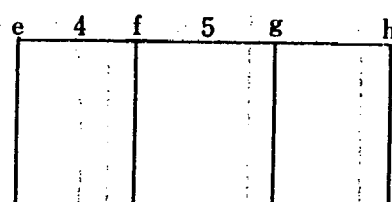
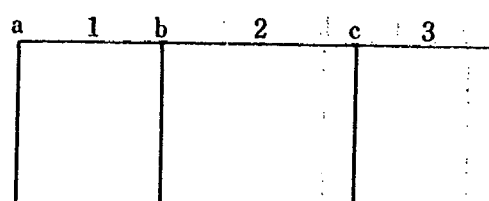
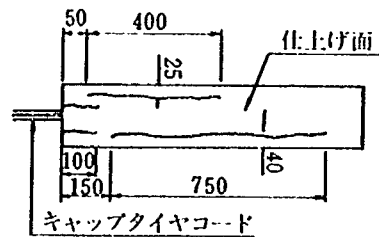
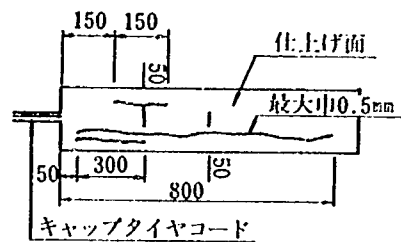


図-2-3-1 養生後のコンクリート供試体のひびわれ発生状況(シリーズI)

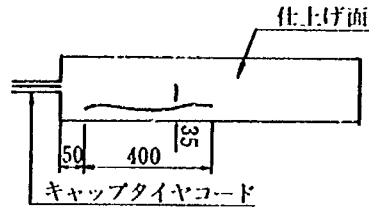
No 6-1



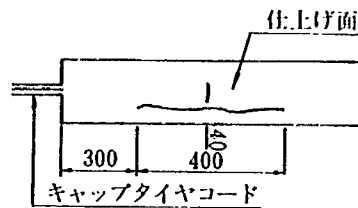
No 6-2



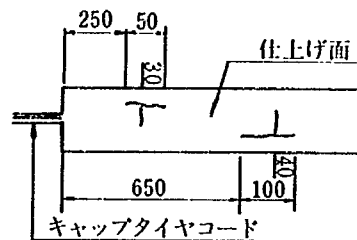
No 9-3



No 9-4



No 10-2



No 10-3

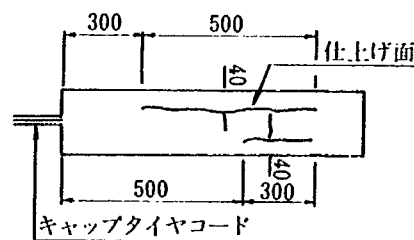


図-2-4 養生後のコンクリート供試体のひびわれ発生状況(シリーズⅡ)

2.2.2 コンクリート供試体の塗装

(1) 塗装時の温度、湿度

表-2-9 塗装作業時の温度

温度、湿度は、自記温湿度計で記録した。

塗装作業は、作業場の中で行なったが、塗装時の室温は、当初の5日間が2～7℃、その後の3日間は最高気温が10℃を超えたが最低気温は2℃であった。

塗装時の湿度は、時間変動があり最低35%から、午後7時からの蒸気養生時の100%RHまで変化し、85%RHを超えない日はなかった。(表-2-9)

(2) 供試体の下地処理

供試体シリーズⅠにおける養生期間は8～25日間、シリーズⅡでは6～8日間であるため、水分計による含水量測定では、指針が最大値を超えており、換算水分は10%以上である。(表-2-10)

コンクリート面にサンダー処理を行なったが、表面に多数の巣穴が生じた。巣穴処理用パテを塗装仕様に組み込んでいない供試体では、エポキシパテを全面に塗布した。

(3) 塗 装

各供試体の塗装工程は表2-11-1～19の通りである。参考のため標準的な塗装工程についても示す。なお塗装終了時の塗膜の外観を表-2-12に示す。

月 日	温 度
3. 2 3	6.0
	14.0
	7.0
2 4	8.0
	3.0
2 5	5.5
	3.0
2 6	5.0
	4.0
2 7	7.0
	4.0
2 8	10.0
	5.0
2 9	12.0
	4.5
3 0	19.0
	8.5
3 1	10.0
	9.0
4. 1	11.0

表-2-10 各供試体の養生期間

シリーズⅠ

塗装系	供試体No	材 令
01	101-1	20日
	-2	20
	-3	19
02	102-1	23
	-2	13
	-3	8
03	103-1	
	-2	16
	-3	
04	104-1	
	-2	12
	-3	15
05	105-1	18
	-2	19
	-3	19
06	106-1	
	-2	20
	-3	18
07	107-1	18
	-2	21
	-3	21
08	108-1	8
	-2	16
	-3	16
09	109-1	12
	-2	13
	-3	25
10	110-1	9
	-2	
	-3	23
11/13	111-1	9
	-2	9
	-3	26
12/13	112-1	14
	-2	25
	-3	11

シリーズⅡ

塗装系	供試体No	材 令
03	202-3	8日
	-4	
	205-2	7
	-3	
	208-1	6
	-2	
21	-3	
	-4	
	206-2	7
	-3	
	209-1	6
	-2	
22	-3	
	-4	
	210-1	6
	-2	

注

- ① 初日は蒸気養生し、以後室温放置
 ② シリーズⅠの空欄は製作Noを確認できなかったもの
 ③ 供試体Noのつけ方

シリーズNo 塗装系No 個体No 工程No

 1又は2 01~12 1~3 写真にのみ使用

 21~22

表-2-11-1 塗 装 工 程
01 アクリル系(溶剤型)

工 程	使 用 材 料	使用量 Kg/m^2			塗 装 方 法		塗 装 月/日			塗 装 間 隔	
		-1	-2	-3	供 試 体	標 準	-1	-2	-3	供 試 体	標 準 (20℃)
下地 処理	サンダー仕上げ						3/24	3/24	3/24	-	-
素地 調整	アクリルプライマー	0.13	0.13	0.13	ハ ケ	エア・スプレー	3/24	3/24	3/24		
素地 調整	エポキシパテ	0.20	0.30	0.40	ヘ ラ	ヘ ラ	3/25	3/25	3/25	1 日	2時間 以上
1	アクリル上塗	0.26	0.26	0.26	ハ ケ	エア・スプレー	3/26	3/26	3/26	1 日	1日～ 7日
2	アクリル上塗	0.26	0.26	0.26	ハ ケ	エア・スプレー	3/29	3/29	3/29	3 日	2時間 以上
3	アクリル上塗	0.26	0.26	0.26	ハ ケ	エア・スプレー	3/29	3/29	3/29	4 時間	2時間 以上
備 考		塗装時の温度は2～4℃と低かった。 エポキシパテの塗付量が供試体間でばらついた。 巣穴の処理不十分でアクリル上塗が巣穴部でふくれた。									

表-2-11-2 塗 装 工 程
02 エポキシ系(エマルジョン型)

工 程	使 用 材 料	使用量 Kg/m^2			塗 装 方 法		塗 装 月/日			塗 装 間 隔	
		-1	-2	-3	供 試 体	標 準	-1	-2	-3	供 試 体	標 準 (20℃)
下地 処理	サンダー仕上げ						3/24	3/24	3/24	-	-
素地 調整	エポキシプライマー	0.15	0.15	0.15	ハ ケ	エアレススプレー ローラー	3/24	3/24	3/24		
素地 調整		-	-	-	-		-	-	-	2 日	1～7 日
1	エポキシエマルジョン	1.00	1.00	1.00	ハ ケ	ハ ケ	3/26	3/26	3/26		
2	エポキシエマルジョン	0.80	0.80	0.80	ハ ケ	ハ ケ	3/27	3/27	3/27	1 日	2時間 ～7日
3											
備 考		作業性良好									

表-2-11-3 塗 装 工 程

03 エポキシ系(溶剤型)

工 程	使 用 材 料	使用量 Kg/m^2			塗 装 方 法		塗 装 月/日			塗 装 間 隔	
		-1	-2	-3	供 試 体	標 準	-1	-2	-3	供 試 体	標 準 (20℃)
下地 処理	サンダー仕上げ						3/24	3/24	3/24	—	—
素地 調整	エポキシプライマー	0.10	0.10	0.10	ハ ケ	エアレスプレー ハ ケ	3/24	3/24	3/24	1 日	1日～ 7 日
素地 調整	エポキシパテ	0.30	0.30	0.30	ヘ ラ	ヘ ラ	3/25	3/25	3/25	2 日	1日～ 7 日
1	エポキシ中塗	0.26	0.26	0.26	ハ ケ	エアレスプレー ハ ケ	3/27	3/27	3/27	1 日	16時間 ～7 日
2	エポキシ中塗	0.26	0.26	0.26	ハ ケ	エアレスプレー ハ ケ	3/28	3/28	3/28	1 日	16時間 ～7 日
3	ウレタン上塗	0.12	0.12	0.12	ハ ケ	エアレスプレー ハ ケ	3/29	3/29	3/29		
備 考		塗装時の温度が低かった。									

表-2-11-4 塗 装 工 程

04 エポキシ系(無溶剤型)

工 程	使 用 材 料	使用量 Kg/m^2			塗 装 方 法		塗 装 月/日			塗 装 間 隔	
		-1	-2	-3	供 試 体	標 準	-1	-2	-3	供 試 体	標 準 (20℃)
下地 処理	サンダー仕上げ						3/24	3/24	3/24	—	—
素地 調整	エポキシプライマー	0.15	0.15	0.15	ハ ケ	エアレスプレー ローラー	3/24	3/24	3/24	1 日	1～7 日
素地 調整	エポキシパテ	0.40	0.40	0.40	ヘ ラ	ヘ ラ	3/25	3/25	3/25	1 日	1～7 日
1	エポキシ上塗	0.25	0.25	0.25	ハ ケ	ローラー	3/26	3/26	3/26	1 日	1～5 日
2	エポキシ上塗	0.25	0.25	0.25	ハ ケ	ローラー	3/27	3/27	3/27	4 日	1～5 日
3	アクリルウレタン上塗	0.15	0.15	0.15	ハ ケ	エアレスプレー ローラー	3/31	3/31	3/31	1 日	1～7 日
4	アクリルウレタン上塗	0.15	0.15	0.15	ハ ケ	エアレスプレー ローラー	4/ 1	4/ 1	4/ 1		
備 考		作業性やや不良。									

表-2-11-5 塗 装 工 程
05 エポキシ系 (湿面用)

工 程	使 用 材 料	使用量 Kg/m^2			塗 装 方 法		塗 装 月 / 日			塗 装 間 隔	
		- 1	- 2	- 3	供 試 体	標 準	- 1	- 2	- 3	供 試 体	標 準 (20℃)
下地 処理	サンダー仕上げ						3/24	3/24	3/24	—	—
素地 調整	エポキシプライマー	0.12	0.12	0.12	ハ ケ	エア・スプレー	3/24	3/24	3/24	1 日	1日～ 15日
素地 調整	エポキシパテ	0.25	0.25	0.25	ヘ ラ	ヘ ラ	3/25	3/25	3/25	2日～ 3日	1日～ 15日
1	湿面用エポキシ上塗	1.4	1.4	1.4	ローラー	特殊スプレー	3/27	3/27 3/28	3/28	—	1日～ 15日
2	湿面用エポキシ上塗	—	—	—	—	特殊スプレー	—	—	—	—	—
備 考		湿面用エポキシは高粘度のため、20℃に加温して塗装した。(室温2～4℃) すぐ冷えてしまつたため薄塗りできず、1回仕上げとなった。 平滑にするため、塗装4時間後にロールでならした。									

表-2-11-6 塗 装 工 程
06 弾性系 (ポリブタジェン無溶剤型)

工 程	使 用 材 料	使用量 Kg/m^2			塗 装 方 法		塗 装 月 / 日			塗 装 間 隔	
		- 1	- 2	- 3	供 試 体	標 準	- 1	- 2	- 3	供 試 体	標 準 (20℃)
下地 処理	サンダー仕上げ						3/24	3/24	3/24	—	—
素地 調整	エポキシプライマー	0.15	0.15	0.15	ハ ケ	エアレススプレー ローラー	3/24	3/24	3/24	1 日	1～7 日
素地 調整	エポキシパテ	0.40	0.40	0.40	ヘ ラ	ヘ ラ	3/25	3/25	3/25	1 日	1～7 日
1	弾性ポリブタジェン上塗	0.80	0.80	0.80	ヘ ラ	ローラーヘラ	3/26	3/26	3/26	1 日	4時間 ～5日
2	弾性ポリブタジェン上塗	0.70	0.70	0.70	ヘ ラ	ローラーヘラ	3/27	3/27	3/27	4 日	1～5 日
3	アクリルウレタン上塗	0.15	0.15	0.15	ハ ケ	エアレススプレー ローラー	3/31	3/31	3/31	1 日	1～7 日
4	アクリルウレタン上塗	0.15	0.15	0.15	ハ ケ	エアレススプレー ローラー	4/ 1	4/ 1	4/ 1	—	—
備 考		エラスプルーフシンナー3～5%添加して使用。 作業性やや不良。									

表-2-11-7 塗 装 工 程
07 弾性系 (アクリルエマルジョン型)

工 程	使 用 材 料	使用量 Kg/m ²			塗 装 方 法		塗 装 月/日			塗 装 間 隔	
		- 1	- 2	- 3	供 試 体	標 準	- 1	- 2	- 3	供 試 体	標 準 (20℃)
下注 処理	サンダー仕上げ						3/24	3/24	3/24	-	-
素地 調整	ビニルプライマー	0.10	0.10	0.10	ハ ケ	ローラー	3/24	3/24	3/24	1 日	2時間 以上
素地 調整	エポキシパテ	0.07	0.07	0.07	ヘ ラ	ヘ ラ	3/25	3/25	3/25	1 日	1日～ 7日
1	弾性アクリルエマルジョン 中 塗	0.40	0.40	0.40	ローラー	ローラー	3/26	3/26	3/26	1 日	4時間 以上
2	弾性アクリルエマルジョン 中 塗	0.60	0.60	0.60	ローラー	-	3/27	3/27	3/27	1 日	-
3	弾性アクリルエマルジョン 上 塗	0.30	0.30	0.30	ローラー	ローラー	3/28	3/28	3/28		
備 考		エポキシパテは果穴埋め込みのため、できるだけ薄く塗布した。 塗装時の温度が低く (2 ～ 4℃)、乾燥性が悪かった。									

表-2-11-8 塗 装 工 程
08 弾性系 (ウレタン溶剤型)

工 程	使 用 材 料	使用量 Kg/m ²			塗 装 方 法		塗 装 月/日			塗 装 間 隔	
		- 1	- 2	- 3	供 試 体	標 準	- 1	- 2	- 3	供 試 体	標 準 (20℃)
下地 処理	サンダー仕上げ						3/24	3/24	3/24	-	-
素地 調整	ウレタンプライマー	0.08	0.08	0.08	ハ ケ	エアレススプレー ハ ケ	3/24	3/24	3/24	1 日	4時間 ～7日
素地 調整	エポキシパテ	0.30	0.30	0.10	ヘ ラ	ヘ ラ	3/25	3/25	3/25	1 日	1日～ 7日
1	弾性ウレタン上塗	0.17	0.17	0.17	ハ ケ	エアレススプレー ハ ケ	3/26	3/26	3/26	2 日	16時間 以上
2	弾性ウレタン上塗	0.18	0.18	0.18	ハ ケ	エアレススプレー ハ ケ	3/28	3/28	3/28	1 日	16時間 以上
3	弾性ウレタン上塗	0.18	0.18	0.18	ハ ケ	エアレススプレー ハ ケ	3/29	3/29	3/29		
備 考		塗装時の温度が低かった。									

表-2-11-9 塗 装 工 程

09 ガラスフレーク系(エポキシ-1)

工 程	使 用 材 料	使用量 Kg/m^2			塗 装 方 法		塗 装 月/日			塗 装 間 隔	
		- 1	- 2	- 3	供 試 体	標 準	- 1	- 2	- 3	供 試 体	標 準 (20℃)
下地 処理	サンダー仕上げ						3/24	3/24	3/24		
素地 調整	エポキシプライマー	0.10	0.10	0.10	ハ ケ	エアレススプレー ハ ケ	3/24	3/24	3/24	-	-
素地 調整	エポキシパテ	0.30	0.30	0.30	ヘ ラ	ヘ ラ	3/25	3/25	3/25	1 日	1日～ 7日
1	ガラスフレーク系 エポキシ上塗	0.78	0.78	0.78	コ テ	エアレススプレー コテ, ローラー	3/26	3/26	3/26	1 日	1日～ 7日
2	ガラスフレーク系 エポキシ上塗	0.80	0.80	0.80	コ テ	エアレススプレー コテ, ローラー	3/28	3/28	3/28	2 日	16時間 ～3日
3	ウレタン上塗	0.12	0.12	0.12	ハ ケ	エアレススプレー ハ ケ	3/29	3/29	3/29	1 日	16時間 ～3日
備 考		塗装時の温度が低かった。									

表-2-11-10 塗 装 工 程

10 ガラスフレーク系(ビニルエステル-1)

工 程	使 用 材 料	使用量 Kg/m^2			塗 装 方 法		塗 装 月/日			塗 装 間 隔	
		- 1	- 2	- 3	供 試 体	標 準	- 1	- 2	- 3	供 試 体	標 準 (20℃)
下地 処理	サンダー仕上げ						3/24	3/24	3/24		
素地 調整	エポキシプライマー	0.15	0.15	0.15	ハ ケ	エアレススプレー ローラー	3/24	3/24	3/24	-	-
素地 調整	エポキシパテ	0.40	0.40	0.40	ヘ ラ	ヘ ラ	3/25	3/25	3/25	1 日	1～7 日
1	ビニルエステル-1, 上塗	0.50	0.50	0.50	ローラー ハ ケ	エアレススプレー ローラーハケ	3/28	3/28	3/28	3 日	1～7 日
2	ビニルエステル-1, 上塗	0.50	0.50	0.50	ローラー ハ ケ	エアレススプレー ローラー	3/29	3/29	3/29	1 日	1～7 日
3	ビニルエステル-1, 上塗	0.50	0.50	0.50	ローラー ハ ケ	エアレススプレー ローラー	3/30	3/30	3/30	1 日	1～7 日
4	アクリルウレタン上塗	0.15	0.15	0.15	ハ ケ	エアレススプレー ローラー	3/31	3/31	3/31	1 日	1～7 日
5	アクリルウレタン上塗	0.15	0.15	0.15	ハ ケ	エアレススプレー ローラー	4/ 1	4/ 1	4/ 1	1 日	1～7 日
備 考		作業性良好。									

表-2-11-11 塗 装 工 程

11 ガラスフレーク系(エポキシ-2)

工 程	使 用 材 料	使用量 Kg/m^2			塗 装 方 法		塗 装 月/日			塗 装 間 隔	
		-1	-2	-3	供 試 体	標 準	-1	-2	-3	試 験 体	標 準 (20℃)
下地 処理	サンダー仕上げ						3/24	3/24	3/24		
素地 調整	エポキシプライマー	0.15	0.15	0.15	ハ ケ	エアレススプレー ローラー	3/24	3/24	3/24	1 日	1~7 日
素地 調整	エポキシパテ	0.40	0.40	0.40	ヘ ラ	ヘ ラ	3/25	3/25	3/25	4 日	1~7 日
1	エポキシ-2, 上塗	0.80	0.80	0.80	ローラー	エアレススプレー ローラー	3/29	3/29	3/29	1 日	1~7 日
2	エポキシ-2, 上塗	0.10	0.70	0.70	ローラー	エアレススプレー ローラー	3/30	3/30	3/30		
備 考		作業性良好。									

表-2-11-13 塗 装 工 程

13 タールエポキシ系(タールエポキシ)

工 程	使 用 材 料	使用量 Kg/m^2			塗 装 方 法		塗 装 月/日			塗 装 間 隔	
		-1	-2	-3	供 試 体	標 準	-1	-2	-3	供 試 体	標 準 (20℃)
下地 処理	サンダー仕上げ						3/24	3/24	3/24		
素地 調整	エポキシプライマー	0.15	0.15	0.15	ハ ケ	エアレススプレー ハ ケ	3/24	3/24	3/24	1 日	1日~ 7 日
素地 調整	エポキシパテ	0.30	0.30	0.30	ヘ ラ	ヘ ラ	3/25	3/25	3/25	2 日	1日~ 7 日
1	タールエポキシ上塗	0.19	0.19	0.19	ハ ケ	エアレススプレー ハ ケ	3/27	3/27	3/27	1 日	1日~ 7 日
2	タールエポキシ上塗	0.19	0.19	0.19	ハ ケ	エアレススプレー ハ ケ	3/28	3/28	3/28	1 日	1日~ 7 日
3	タールエポキシ上塗	0.19	0.19	0.19	ハ ケ	エアレススプレー ハ ケ	3/29	3/29	3/29		
備 考		塗装時の温度が低かった。									

表-2-11-12 塗 装 工 程

12 ガラスフレーク系 (ビニルエステル-2)

工 程	使 用 材 料	使用量 Kg/m^2			塗 装 方 法		塗 装 月/日			塗装間隔	
		-1	-2	-3	供 試 体	標 準	-1	-2	-3	供試体	標 準 (20℃)
下地 処理	サンダー仕上げ						3/24	3/24	3/24		
素地 調整	エポキシプライマー	0.15	0.15	0.15	ハ ケ	エアースプレー	3/24	3/24	3/24	—	—
素地 調整	ビニルエステルパテ	0.10	0.10	0.10	ヘ ラ	ヘ ラ	3/25	3/25	3/25	1 日	1日～ 15日
1	ガラスフレーク充填 ビニルエステル上塗	1.2	1.2	1.2	コ テ ローラー	コテ, ローラー	3/26	3/26	3/26	1 日	1日～ 30日
2	ガラスフレーク充填 ビニルエステル上塗	1.0	1.0	1.0	コ テ ローラー	コテ, ローラー	3/27	3/28	3/28	1日～ 2日	1日～ 30日
備 考		供試体No112-1の側面下部の塗膜が、われて剥れた。 タールエポキシで補修した。									

表-2-11-14 塗 装 工 程

03 エポキシ系 (溶剤型)

工 程	使 用 材 料	使用量 Kg/m^2			塗 装 方 法		塗 装 月/日			塗装間隔	
		-1	-2	-3	供 試 体	標 準	-1	-2	-3	供試体	標 準 (20℃)
下地 処理	サンダー仕上げ						3/24	3/24			
素地 調整	エポキシプライマー	0.10	0.10		ハ ケ	エアレススプレー ハ ケ	3/24	3/24		—	—
素地 調整	エポキシパテ	0.60	0.60		ヘ ラ	ヘ ラ	3/26	3/26		2 日	1日～ 7日
1	エポキシ中塗	0.26	0.26		ハ ケ	エアレススプレー ハ ケ	3/27	3/27		1 日	1日～ 7日
2	エポキシ中塗	0.27	0.27		ハ ケ	エアレススプレー ハ ケ	3/28	3/28		1 日	16時間 ～7日
3	エポキシ中塗	0.12	0.12		ハ ケ	エアレススプレー ハ ケ	3/29	3/29		1 日	16時間 ～7日
備 考		塗装時の温度が低かった。 巣穴が多いため、エポキシパテの使用量が多くなった。									

表-2-11-15 塗 装 工 程

03 エポキシ系(溶剤型)

工 程	使 用 材 料	使用量 Kg/m^2			塗 装 方 法		塗 装 月/日			塗 装 間 隔	
		-1	-2	-3	供 試 体	標 準	-1	-2	-3	供 試 体	標 準 (20℃)
下地 処理	サンダー仕上げ						3/24	3/24			
素地 調整	エポキシプライマー	0.10	0.10		ハ ケ	エアレススプレー ハ ケ	3/24	3/24		-	-
素地 調整	エポキシパテ	0.60	0.60		ヘ ラ	ヘ ラ	3/26	3/26		2 日	1日～ 7日
1	エポキシ中塗	0.26	0.26		ハ ケ	エアレススプレー ハ ケ	3/27	3/27		1 日	1日～ 7日
2	エポキシ中塗	0.27	0.27		ハ ケ	エアレススプレー ハ ケ	3/28	3/28		1 日	16時間 ～7日
3	ウレタン上塗	0.12	0.12		ハ ケ	エアレススプレー ハ ケ	3/29	3/29		1 日	16時間 ～7日
備 考		塗装時の温度が低かった。 果穴が多いためエポキシパテの使用量が多くなった。									

表-2-11-16 塗 装 工 程

03 エポキシ系(溶剤型)

工 程	使 用 材 料	使用量 Kg/m^2				塗 装 方 法		塗 装 月/日				塗 装 間 隔	
		-1	-2	-3	-4	供 試 体	標 準	-1	-2	-3	-4	供 試 体	標 準 (20℃)
下地 処理	サンダー仕上げ							3/24	3/24	3/24	3/24		
素地 調整	エポキシプライマー	0.10	0.10	0.10	0.10	ハ ケ	エアレススプレー ハ ケ	3/24	3/24	3/24	3/24	-	-
素地 調整	エポキシパテ	0.60	0.60	0.60	0.60	ヘ ラ	ヘ ラ	3/26	3/26	3/26	3/26	2 日	1日～ 7日
1	エポキシ中塗	0.26	0.26	0.26	0.26	ハ ケ	エアレススプレー ハ ケ	3/27	3/27	3/27	3/27	1 日	1日～ 7日
2	エポキシ中塗	0.27	0.27	0.27	0.27	ハ ケ	エアレススプレー ハ ケ	3/28	3/28	3/28	3/28	1 日	16時間 ～7日
3	ウレタン上塗	0.12	0.12	0.12	0.12	ハ ケ	エアレススプレー ハ ケ	3/29	3/29	3/29	3/29	1 日	16時間 ～7日
備 考		塗装時の温度が低かった。 果穴が多いためエポキシパテの使用量が多くなった。											

表-2-11-17 塗 装 工 程

21 エポキシ系(ガラスローピング補強用)

工 程	使 用 材 料	使用量 Kg/m ²			塗 装 方 法		塗 装 月/日			塗 装 間 隔	
		- 1	- 2	- 3	供 試 体	標 準	- 1	- 2	- 3	供 試 体	標 準 (20℃)
下地 処理	サンダー仕上げ						3/24	3/24			
素地 調整	エポキシプライマー	0.15	0.15		ハ ケ	エアレススプレー ローラー	3/24	3/24		—	—
素地 調整	エポキシパテ	0.40	0.40		ヘ ラ	ヘ ラ	3/25	3/25		1 日	1～7 日
1	エポキシ下塗	1.0	1.0		ヘ ラ	ヘ ラ	3/29	3/29		4 日	1～7 日
2	ガラスローピング									—	—
3	エポキシ上塗	0.60	0.60		ヘ ラ	ヘ ラ	3/29	3/29		4 時間	0～12 時間
4	エポキシ上塗	0.40	0.40		ヘ ラ	ヘ ラ	3/29	3/29		0 時間	0～12 時間
5	ガラスローピング									—	—
6	エポキシ上塗	0.60	0.60		ヘ ラ	ヘ ラ	3/30	3/30		1 日	0～3 日
7	エポキシ上塗	0.40	0.40		ヘ ラ	ヘ ラ	3/30	3/30		0 時間	0～12 時間
8	アクリルウレタン, 上塗	0.15	0.15		ハ ケ	エアレススプレー ローラー	3/31	3/31		1 日	1～3 日
9	アクリルウレタン, 上塗	0.15	0.15		ハ ケ	エアレススプレー ローラー	4/ 1	4/ 1		1 日	1～7 日
備 考		作業性不良。									

表-2-11-18 塗 装 工 程

21 エポキシ系(ガラスローピング補強用)

工 程	使 用 材 料	使用量 Kg/m^2				塗 装 方 法		塗 装 月/日				塗 装 間 隔	
		- 1	- 2	- 3	- 4	供 試 体	標 準	- 1	- 2	- 3	- 4	供 試 体	標 準 (20℃)
下地 処理	サンダー仕上げ							3/24	3/24	3/24	3/24	供 試 体	標 準 (20℃)
素地 調整	エポキシプライマー	0.15	0.15	0.15	0.15	ハ ケ	エアレススプレー ローラー	3/24	3/24	3/24	3/24	—	—
素地 調整	エポキシパテ	0.40	0.40	0.40	0.40	ヘ ラ	ヘ ラ	3/25	3/25	3/25	3/25	1 日	1～7 日
1	エポキシ下塗	1.0	1.0	1.0	1.0	ヘ ラ	ヘ ラ	3/29	3/29	3/29	3/29	4 日	1～7 日
2	ガラスローピング											—	
3	エポキシ上塗	0.60	0.60	0.60	0.60	ヘ ラ	ヘ ラ	3/29	3/29	3/29	3/29	4 時間	0～12 時間
4	エポキシ上塗	0.40	0.40	0.40	0.40	ヘ ラ	ヘ ラ	3/29	3/29	3/29	3/29	0 時間	0～12 時間
5	ガラスローピング											—	—
6	エポキシ上塗	0.60	0.60	0.60	0.60	ヘ ラ	ヘ ラ	3/30	3/30	3/30	3/30	1 日	0～3 日
7	エポキシ上塗	0.40	0.40	0.40	0.40	ヘ ラ	ヘ ラ	3/30	3/30	3/30	3/30	0 時間	0～12 時間
8	アクリルウレタン上塗	0.15	0.15	0.15	0.15	ハ ケ	エアレススプレー ローラー	3/31	3/31	3/31	3/31	1 日	1～3 日
9	アクリルウレタン上塗	0.15	0.15	0.15	0.15	ハ ケ	エアレススプレー ローラー	4/ 1	4/ 1	4/ 1	4/ 1	1 日	1～7 日
備 考		作業性不良。											

表-2-11-19 塗 装 工 程

22 ポリブタジエン系(ガラス繊維補強用)

工 程	使 用 材 料	使用量 Kg/m^2				塗 装 方 法		塗 装 月/日				塗 装 間 隔	
		-1	-2	-3	-4	供 試 体	標 準	-1	-2	-3	-4	供 試 体	標 準 (20℃)
下地 処理	サンダー仕上げ							3/24	3/24	3/24	3/24		
素地 調整	エポキシプライマー	0.15	0.15	0.15	0.15	ハ ケ	エアレスプレー ローラー	3/24	3/24	3/24	3/24	1 日	1~7 日
素地 調整	エポキシパテ	0.40	0.40	0.40	0.40	ヘ ラ	ヘ ラ	3/25	3/25	3/25	3/25	5 日	1~7 日
1	弾性ポリブタジエン上塗	0.80	0.80	0.80	0.80	ヘ ラ	ローラー ヘ ラ	3/30	3/30	3/30	3/30		
2	ガラス繊維							3/30	3/30	3/30	3/30	1 日	4時間 ~5日
3	弾性ポリブタジエン上塗	0.70	0.70	0.70	0.70	ヘ ラ	ローラー ヘ ラ	3/31	3/31	3/31	3/31	1 日	1~5 日
4	アクリルウレタン上塗	0.15	0.15	0.15	0.15	ハ ケ	エアレスプレー ローラー	4/ 1	4/ 1	4/ 1	4/ 1	1 日	1~7 日
5	アクリルウレタン上塗	0.15	0.15	0.15	0.15	ハ ケ	エアレスプレー ローラー	4/ 2	4/ 2	4/ 2	4/ 2		
備 考		作業性やや不良											

表-2-12-1 塗膜の外観

区 分	供試体 形	塗 装 系	- 1			- 2			- 3		
			わ れ	ふくれ	はがれ	わ れ	ふくれ	はがれ	わ れ	ふくれ	はがれ
シ リ ズ I	101	アクリル系 (溶剤型)	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし
	102	エポキシ系 (エマルジョン型)	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし
	103	エポキシ系 (溶剤型)	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし
	104	エポキシ系 (無溶剤型)	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし
	105	エポキシ系 (湿面用)	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし
	106	弾 性 系 (ポリブタジエン無溶剤型)	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし
	107	弾 性 系 (アクリルエマルジョン型)	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし
	108	弾 性 系 (ウレタン溶剤型)	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし
	109	ガラスフレーク系 (エポキシ-1)	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし
	110	ガラスフレーク系 (ビニルエステル-1)	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし
	111	ガラスフレーク系 (エポキシ-2)	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし
	112	ガラスフレーク系 (ビニルエステル-2)	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし
	111, 112の 裏 面	タールエポキシ系 (タールエポキシ)	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし

表-2-12-2 塗膜の外観

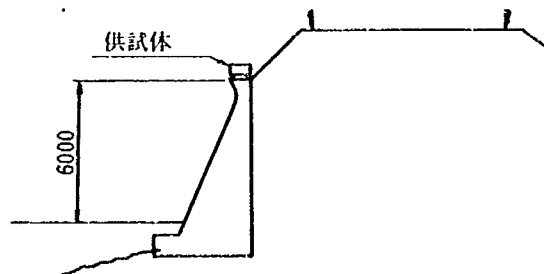
区 分	供試体 No	塗 装 系	- 1			- 2			- 3			- 4		
			わ れ	ふくれ	はがれ	わ れ	ふくれ	はがれ	わ れ	ふくれ	はがれ	わ れ	ふくれ	はがれ
シ リ ズ II	202	エポキシ系 (溶剤型) 103と同じ	なし	なし	なし	なし	なし	なし						
	205		なし	なし	なし	なし	なし	なし						
	208		なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし
	206	エポキシ系 ガラスローピング (補 強 用)	なし	なし	なし	なし	なし	なし						
	209		なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし
	210	ポリブタジエン系 (ガラス繊維補強用)	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし

2.3 供試体の設置

(1) 設置場所

シリーズⅠの供試体は、温福陸橋近くの道路沿いに（図2-5），シリーズⅡの供試体は、荻坪陸橋近くの道路沿いに（図2-6）設置し、暴露することにした。いずれの暴露試験場所も、波がえし堤上にある。

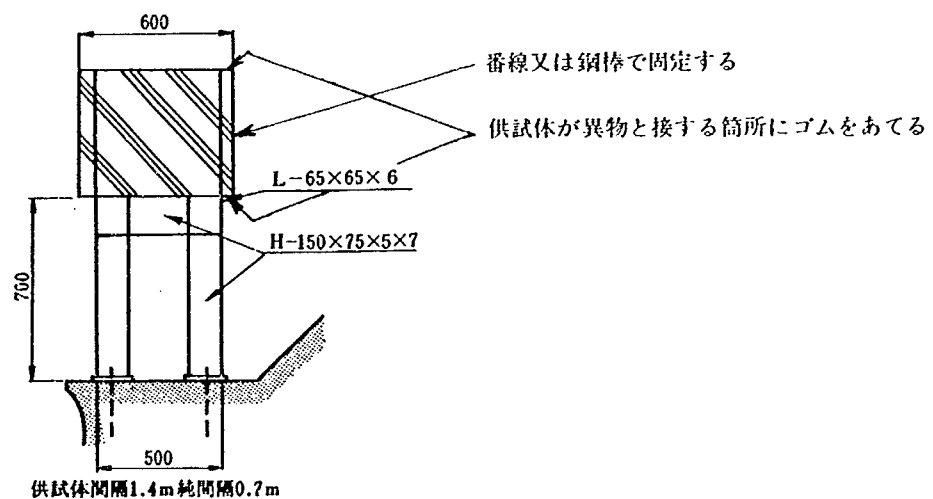
〔暴露試験場所の状況〕



(2) 設置方法

供試体の設置方法を図-2-7に示す。

シリーズⅠ



シリーズⅡ

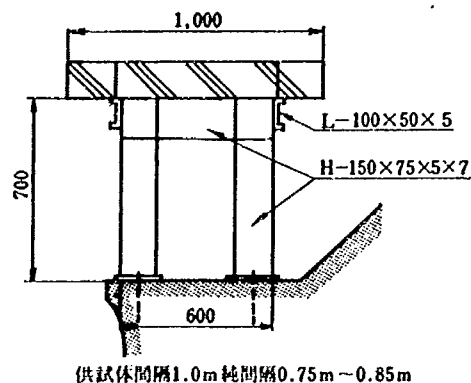


図-2-7 供試体の設置方法

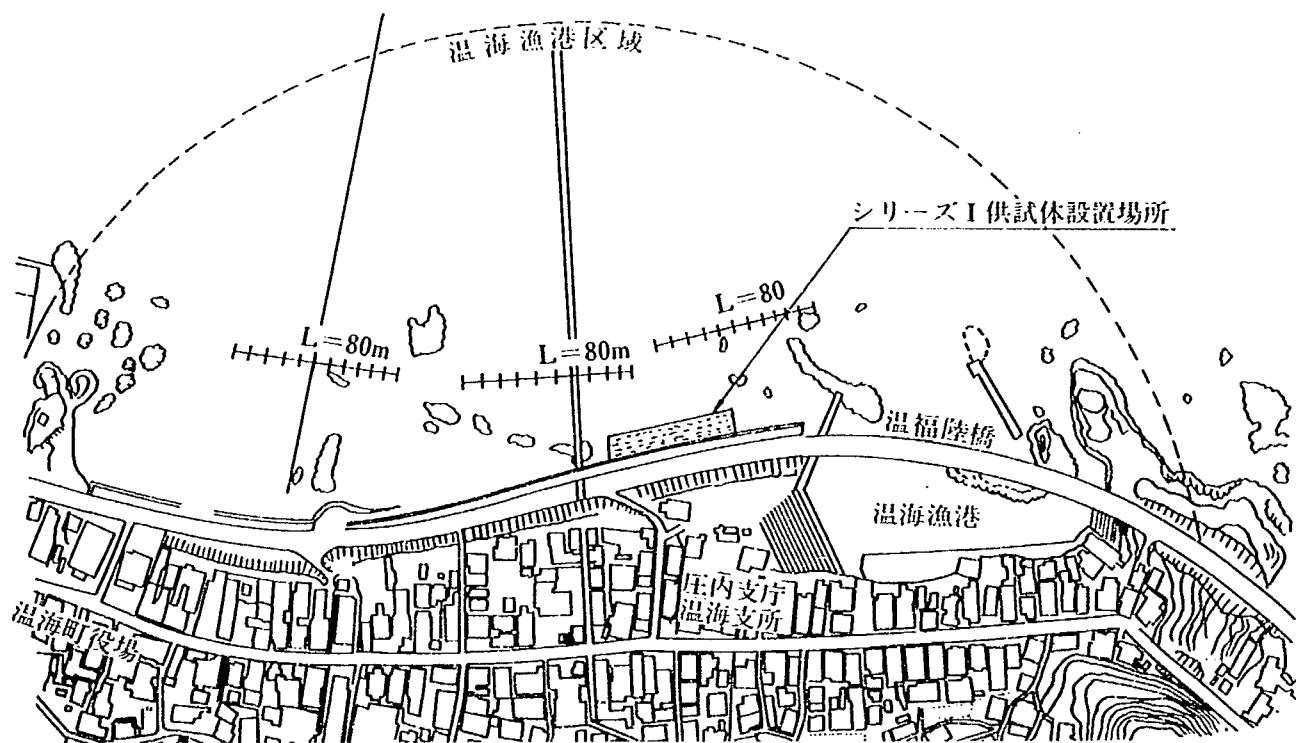


図-2-5 供試体(シリーズⅠ)設置場所(温福陸橋付近)

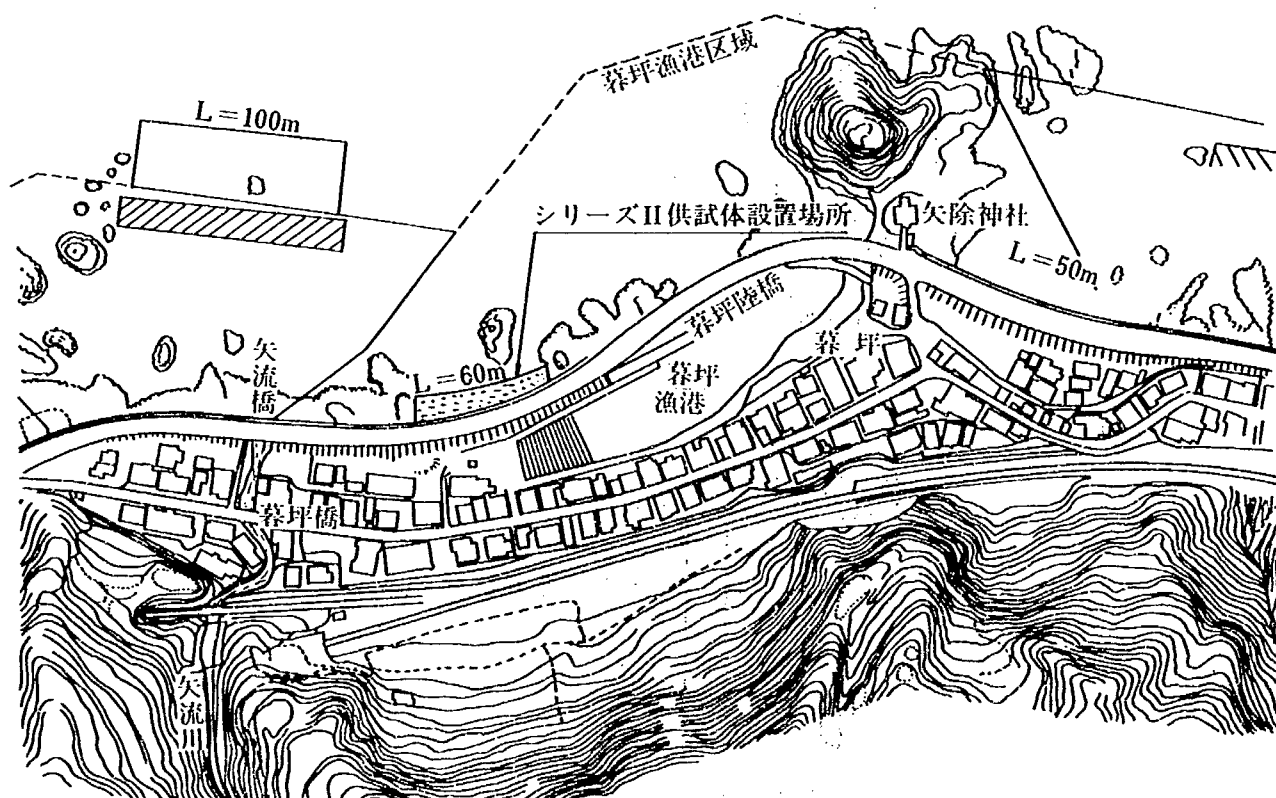


図-2-6 供試体(シリーズⅡ)設置場所(暮坪陸橋付近)

3. 調 査

3.1 調 査 日 程

(1) 環 境 計 測 (昭和 57 年 8 月～昭和 62 年 3 月)

塩分飛来量, 気温, 湿度, 気象台データ (風向風速)

(2) シリーズⅠ

定期調査 (毎年春および秋に行なう)

- ① 塗膜外観 われ, ふくれ, はがれ, 白亜化, 光沢, 色
- ② 塗膜付着力 プルオフテスト (春のみ)

解体調査 (隔年 暴露開始後 1, 3, 5 年に行なう)

- ① コンクリート中の塩分測定

(2) シリーズⅡ

定期調査 (毎年春および秋に行なう)

- ① 塗膜外観 われ, ふくれ, はがれ, 白亜化, 光沢, 色
- ② 塗膜付着力 プルオフテスト (春のみ)
- ③ コンクリート外観
- ④ 電位分布 (春のみ)

解体調査 (隔年)

- ① コンクリート中の塩分測定
- ② コンクリート中の中性化深さ等の測定
- ③ かぶりの測定
- ④ 鋼材の腐食状況
- ⑤ 鋼材の引張試験
- ⑥ コンクリートの強度試験
- ⑦ 凍結融解試験

なおシリーズⅠ, Ⅱの調査全体計画を, 表 3-1 に示す。

(4) 供試体の調査位置

塗膜外観 (とくに光沢や色) および塗膜付着力の測定位置, コア採取位置, 電位分布やかぶりの各々の供試体での測定位置を図 3-1 に示した。

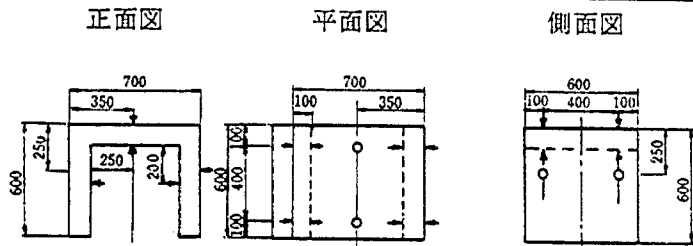
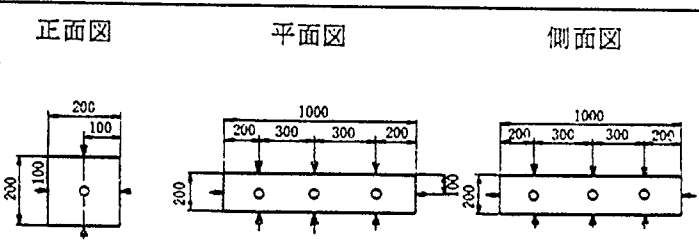
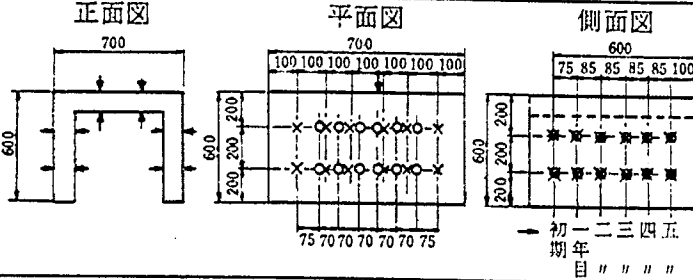
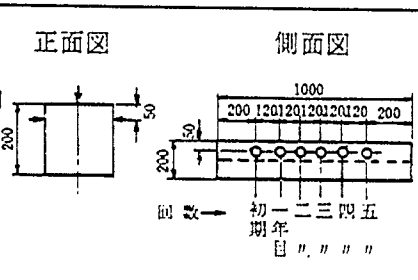
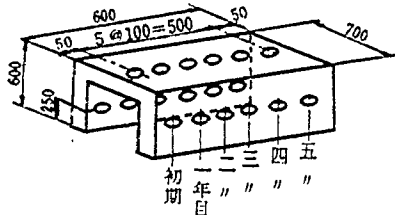
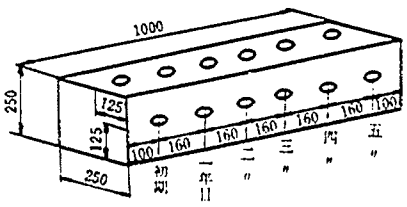
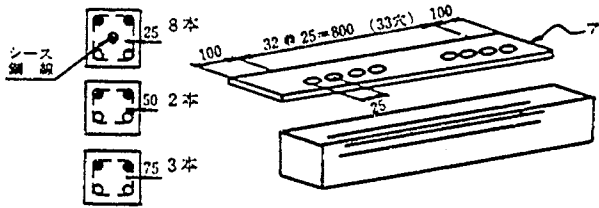
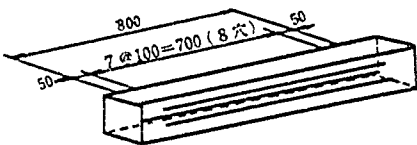
調査項目		シリーズ 1	測定数	シリーズ 2	測定数
定期調査 (春と秋)	塗膜外観 光沢及び色	正面図 平面図 側面図 	12点/回 /本	正面図 平面図 側面図 	14点/回 /本
定期調査 (春)	塗膜付着力	正面図 平面図 側面図 	12点/回	正面図 側面図  ・供試体は暴露期間5年 ものと共用 ・毎年春に調査を行う	3点/回 /本
解体調査 (春)	塩 分	 供試体・$\phi 100$の1本 で毎年春に調査を行う。 (初期・1・2・3・4・ 5年目で解体を行う)	3ヶ/回 (コアー)	 供試体・$\phi 218$とする。 毎年春に調査を行う。 (初期・1・2・3・4・ 5年目で解体を行 う)	2ヶ/回 (コアー)
定期調査	電位分布			 カブリ2.5cm 132点/本 カブリ5.0 7.5cm 66点/本	
解体調査	かぶり				8点/本

図3-1 供試体の調査位置

表3-1 塩害等によるPC橋の劣化対策調査計画

●印供試体は塩分中性化を行い、毎年春5年間続く。

No.	塗 装 系		膜厚 (μ)	特 徴	A	B	備 考	供試 体数	定 期 調 査 (毎年春・秋)										解 体 調 査 (1・3・5年)										備 考				
									塗 膜 外 観					コンクリートの外観					鉄筋 電位分布	塩分	中性化 吸水率	カブリ	鋼材 引張	鋼材 引張	コンク リート 圧 縮								
									ワレ	フクレ	ハガレ	色	白亜化	光沢	付着力	ヒビワレ	ハクリ	錆計															
100	塗装なし	—	—	比 較	—	—	●1供試体	3	—	—	—	—	—	—	3	3	—	—	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1供試体は別 図による		
101	ラッカー系	溶 剤 型	100	コンクリート一般、安価	—	○		3	3	3	3	3	3	1	—	—	—	—	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
102	エポキシ系	エマルジョン	1,000		○	—		3	3	3	3	3	3	1	—	—	—	—	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
103	"	溶 剤	200	耐水、耐薬品、物理性能	—	○		3	3	3	3	3	3	1	—	—	—	—	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
104	"	無 溶 剤	500		○	—		3	3	3	3	3	3	1	—	—	—	—	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
105	"	湿 面 用	1,000	湿面施工	—	○		3	3	3	3	3	3	1	—	—	—	—	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
106	軟 質 系	ポリブタジエン無溶剤			○	—		3	3	3	3	3	3	1	—	—	—	—	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
107	"	アクリルエマルジョン水系	500	ひびわれ追従形、	—	○		3	3	3	3	3	3	1	—	—	—	—	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
108	"	ウレタン溶剤	200	開発間もない	—	○		3	3	3	3	3	3	1	—	—	—	—	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
109	ガラスフレーク系	エポキシ	1,000	水、Cl ⁻ 透過抑制	—	○		3	3	3	3	3	3	1	—	—	—	—	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
110	"	ビニルエステル	1,000		○	—		3	3	3	3	3	3	1	—	—	—	—	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
111	※・ガラスフレーク系 ※・アールエポキシ系	エポキシ	1,000 200	※・水Cl ⁻ 透過抑制 ※・内 部 用	○	—		3	3	3	3	3	3	1	—	—	—	—	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
112	※・ガラスフレーク系 ※・アールエポキシ系	ビニルエステル	1,000 200	※・水Cl ⁻ 透過抑制 ※・内 部 用	—	○		3	3	3	3	3	3	1	—	—	—	—	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
供 試 体 数									15	21								39	36	36	36	36	36	12	3	3	—	—	39	—	—	—	—

No.	供 試 体 の 特 徴		補修用	新設用	曝露期間(年)				備 考	供試 体数	定 期 調 査 (毎年春・秋)										解 体 調 査 (1・3・5年)						備 考					
					1	3	5	長期 電気的 測定			塗 膜 外 観					コンクリートの外観					鉄筋 電位分布	塩分	中性化 吸水率	カブリ	鋼材 引張	鋼材 引張		コンク リート 圧 縮				
											ワレ	フクレ	ハガレ	色	白亜化	光沢	付着力	ヒビワレ	ハクリ	錆計												
201	2.5	0	なし	②	基本	基本	○	—	○	○	○	○		4	—	—	—	—	—	—	4	4	4	1	4	4	—	4	4	4		
202	"	"	エポキシ ③	"	○	—	○	—	—	—	—	○	○	PC鋼線入り より線(スト ランド)7-φ 12.4シー スφ26mm	2	2	2	2	2	2	1	—	—	—	—	2	2	—	2	2	2	
203	"	"	なし	②	—	○	○	—	—	—	—	○	○		2	—	—	—	—	—	—	2	2	2	1	2	2	—	2	2	2	
204	2.5	10	なし	②	基本	—	○	—	—	—	—	○	○		2	—	—	—	—	—	—	2	2	2	—	2	2	—	2	2	2	
205	"	"	エポキシ ③	"	○	—	○	—	—	—	—	○	○		2	2	2	2	2	2	1	—	—	—	—	2	2	1	2	2	2	
206	"	"	ガラスローピング④	"	○	—	○	—	—	—	—	○	○	2	2	2	2	2	2	1	—	—	—	—	2	2	—	2	2	2		
207	2.5	30	なし	"	基本	基本	—	—	○	○	○	○		4	—	—	—	—	—	—	4	4	4	1	4	4	—	4	4	4		
208	"	"	エポキシ ③	"	○	—	—	—	○	○	○	○		4	4	4	4	4	4	1	—	—	—	—	1	4	4	—	4	4	4	
209	"	"	ガラスローピング④	"	○	—	—	—	○	○	○	○		4	4	4	4	4	4	1	—	—	—	—	1	4	4	—	4	4	4	
210	"	"	ガラス繊維⑤	"	○	—	—	—	○	○	○	○		4	4	4	4	4	4	1	—	—	—	—	1	4	4	—	4	4	4	
211	"	"	なし	④	—	○	—	—	○	○	○	○		4	—	—	—	—	—	—	4	4	4	1	4	4	—	4	4	4		
212	5.0	0	"	⑤	—	—	○	—	—	—	—	○	○	2	—	—	—	—	—	—	2	2	2	1	2	2	—	2	2	2		
213	"	10	"	"	—	—	—	○	—	—	—	○	○	2	—	—	—	—	—	—	2	2	2	—	2	2	1	2	2	2		
214	"	30	"	"	—	—	—	—	○	○	○	○		4	—	—	—	—	—	—	4	4	4	1	4	4	—	4	4	4		
215	7.5	0	なし	"	—	—	○	—	—	—	—	○	○	2	—	—	—	—	—	—	2	2	2	1	2	2	—	2	2	2		
216	"	10	"	"	—	—	—	○	—	—	—	○	○	2	—	—	—	—	—	—	2	2	2	—	2	2	1	2	2	2		
217	無筋	"	"	"	—	—	—	—	○	—	—	○	○	1	—	—	—	—	—	—	1	1	1	—	1*	1*	—	—	—	—	1	
218	無筋	"	"	"	—	—	—	—	○	—	—	○	○	1	—	—	—	—	—	—	1	1	1	—	1*	1*	—	—	—	—	1	
219	無筋	0	新設(250×250mm)	—	—	—	—	—	—	—	—	○	○	4	—	—	—	—	—	—	4	4	4	—	1*	1*	—	—	—	—	3	※は毎年測定
219	2.5	"	なし	⑦	—	—	—	—	○	○	○	○		4	—	—	—	—	—	—	4	4	4	1	4	4	—	4	4	4		
供 試 体 数									9	14	21	13		60	18	18	18	18	18	18	6	42	42	42	12	57	57	3	54	54	59	
計													99	54	54	54	54	54	54	18	45	45	42	12	96	57	3	54	54	59		

その他	○塩分測定・初期塩分量、0.10、30kg/m ³ 、3供試体で測定 ○鋼材引張・初期値測定 ○凍結融解 バックロ9本 室内9本									
-----	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--

3.2 調査方法

(1) 環境調査

1) 飛来塩分量(調査要領(1)参照)

現地(供試体暴露地点)に百葉箱を設置して、各1ヶ月間にわたって、土研法及びJIS法(ガーゼ法)にもとづいて、飛来塩分を採取する。このサンプル採取を初年度は毎月とし次年度以降は年4回(2月、5月、8月、11月)とし、月間の累積飛来塩分量を分析する。

→塩分の定量分析要領(11)を参照

2) 気象(調査要領(2)参照)

現地に設置した百葉箱内に、自記温湿計を置き、初年度は毎月、次年度以降は年4回(2月、5月、8月、11月)各1ヶ月間の気温および湿度変化を記録する。

もよりの気象台または測候所より、気象に関する情報(月間の最高、最低、平均温湿度、風向、風速の頻度分布など)を毎年入手する。

(2) 供試体の調査

1) 塗装外観(調査要領(4)参照)

項目	現象	評価
われ	表面にわれが出ている現象	肉眼で観察し、位置と寸法をチェックする。写真記録をとる。* 指先で塗面をこすり、白亜化の有無、または程度を標準塗膜と対比する
ふくれ	塗膜が押し上げられてふくれている現象	
はがれ	塗膜が下地又は層間から剥れている現象	
白亜化	塗膜が表面から分解変化して粉状となり、次第に失われていく現象	
光沢	JIS K 5400 67 60度鏡面反射率の測定方法による。ただし、測定面を水洗し乾燥後測定することとする。	
色	測定面を水洗後写真記録する	

* 判定は、日本塗料検査協会標準見本図(塗膜のわれ、ふくれ、はがれ)にもとづく。

2) 塗膜付着力(プルオフテスト)(調査要領(5)参照)

コンクリートの表面の塗膜に、アルミ製スペシメン(20mmφ)をはりつけ、このスペシメンをアドヒージョンテスターを用い、垂直に引張り、はく離させ塗膜とコンクリートとの付着力を測定する。

付着力(Kg/cm²)とはく離状況を記録する。

3) コンクリート外観(調査要領(6)参照)

各供試体について展開図を作成する。この図にひびわれ(ひびわれ巾を含む)、はくり、錆汁の状況を詳細に記入する。

4) 電位分布 (調査要領(7)参照)

各供試体について展開図を作成し、鋼材の位置を記入する。コンクリート表面で電極を走査しながら、2.5 cmごとに電位を測定し、その値を展開図上に記す。

5) コンクリート中の塩分測定 (調査要領(8)参照)

直径50 mm以上のコンクリートコアを抜きとり(抜き切り)、20 mmごとにこれを切断し(輪切りにして)各々に含まれる塩分量を測定する。測定後コンクリート表面からの深さと塩化物量の関係を図に示すものとする。なお、暴露開始直前に初期値を測定しておく。

6) コンクリートの中性化深さ等の測定 (調査要領(9)参照)

採取した $\phi 50 \text{ mm}$ のコアーに、フェノールフタレインのエチルアルコール1%溶液を噴霧し、中性化の深さを測定する。さらに同じコアーについて吸水率の測定を行なう。

7) 鋼材の腐食状況 (調査要領(10)参照)

コンクリートをはつり、鉄筋を露出させ、かぶり、腐食位置、腐食度、腐食長さ、最小直径を測定する。P C鋼材が腐食している場合も同様の測定を行う。

8) 鋼材の引張試験

腐食した鋼材の強度低下を、引張試験により測定する。

9) コンクリートの強度試験

コンクリートの物理的劣化を測定するために、採取したコア($\phi 75 \text{ mm}$ 以上)を用いて、コンクリート圧縮強度試験を行なう。

10) コンクリートの凍結融解試験 (調査要領(13)参照)

同一パッチより製作したコンクリート供試体(大きさ(7.5×10×40 cm))について凍結融解試験と現地暴露試験を行う。

参 考 (初期値のみ) かぶりの測定

パコメーターを用いて、かぶりを非破壊的に測定する。測定位置は図の通りとする。コンクリートをはつたあとで同位置をスケールで測定する。

4. 今後の調査方針

4.1 調査結果のとりまとめ方

今回の暴露試験の主たる目的は、塩害により腐食したコンクリート橋に対して、①適切な塗装材料の選定 ②多量の塩分が浸透した状態で現在考えられる補修工法が適切かどうか（腐食の進行が防げられるかどうか）判定することである。

さらに進んで、酒田地方の環境（主として塩分飛来量）と腐食の関連について調査することも目的の一つである。

調査結果のとりまとめは、以上の目的に沿って、行い予定である。なお、とりまとめにあたっては、本調査に関連する担当者の打ち合わせ会議を経てまとめることとする。

なお、各調査項目と関連する目的は次表の通りである。

表 4 - 1 調査項目一覧表

大調査項目	小調査項目	期 間	目 的
環境調査	塩分飛来量	1年（2, 5, 8, 11月の各1ヶ月） （初年度は毎月）	腐食の主たる要因として考えられる塩分の飛来量を把握する
	気 象	1年 （もよりの気象台等の気象データを入手）	暴露箇所の気象状況を把握し、腐食に及ぼす影響を検討する
塗装材料選定に関する調査 （シリーズⅠ）	塗装外観	5年間 （毎年春秋）	われ、ふくれ、はかれ、光沢・色から塗装の劣化状況を把握し各材料の耐久性を評価する
	塗膜付着力	・ ・	塗膜の付着力の減少から劣化状況を把握する
R C 供試体の腐食に関する調査 （シリーズⅡ）	コンクリート外観	5年間 （毎年春秋）	コンクリート外観から内部の腐食状況を推定するとともに各種補修工法の評価を行う
	電位分布測定	・ ・	コンクリート外観から内部の腐食状況を推定するとともに各種補修工法の評価を行う
	塩分量 ・	5年間 （1年おきの解体調査）	鉄筋の腐食と塩分浸透量との関係を把握する
	中性化等 ・	・ ・	鉄筋の腐食とコンクリートの中性化との関係を把握する
	かぶりの ・	・ ・	非破壊試験でかぶり厚が測定できるか検討する。腐食とかぶり深さの関係を把握する。
	鋼材の腐食状況	・ ・	鋼材の腐食状況と他のパラメータ（塩分量等）の関係を検討する。
	材料試験	・ ・	劣化度を力学的性状から判定
	凍結融解試験	・ ・	コンクリートの海岸付近における凍結融解に対する耐久性を検討

4-2 今後の調査の進め方

我国においてはコンクリート構造物が塩分の多い環境下で、供用され始めてからはまだ30年以内であり、今回の塩害によるコンクリート橋の腐食損傷についても、腐食発生のメカニズムも含めて未だ明らかになっていないことが多い。

現在、塩害については、アメリカ、西独等の凍結防止剤によるコンクリート床版の腐食、ヨーロッパの海洋コンクリート構造物に対する処置、さらに沖縄、北海道の海岸コンクリート構造物の損傷等について各関係機関で対策・調査の検討がなされている。

我が国の海岸コンクリート構造物の塩害による被害は今後さらに増大する可能性がある。

本調査は、以上の状況に鑑み、コンクリート構造物の塩害対策の端緒として始められたものであり、今後のコンクリート構造物の損傷に対する補修工法の決定について多大な情報をもらすこととなり、これからの調査にとって有役なものとなると思われる。したがって、東北地方建設局、土木研究所の協力のもとに調査を進めることとなった。なお、本調査は下記スケジュールにより実施することを予定している。

〔調査スケジュール〕

57年度	5月	暴露試験第1回打ち合せ（於 酒田工事事務所）
	8月	供試体の暴露（酒田工事事務所）
	8月	初期値採取（東北技術事務所）
	（	気象調査開始（東北技術事務所）
	3月	暴露試験に関連した室内促進試験（土木研究所）
58年度	5月	第2回打ち合せ（土木研究所）
	（	〔各成果をまとめた報告書作成〕
		気象調査終了
		外観調査（春・秋）（東北技術事務所）
	3月	解体調査
59年度	5月	第3回打ち合せ
		〔報告書作成〕
		外観調査（春・秋）（東北技術事務所）
60年度		第4回打ち合せ〔中間報告〕（土木研究所）
		外観調査（春・秋）（東北技術事務所）
		解体調査

- 61年度 第5回打ち合せ
外観調査(春・秋) (東北技術事務所)
- 62年度 第6回打ち合せ〔最終報告作成〕(土木研究所)
外観調査(春・秋)
解体調査(東北技術事務所)

※ なお、暴露試験と関連した試験・調査は、必要な都度土木研究所において行うものとする。

〔窓口〕 土木研究所 橋梁計画官 (マイクロ 93 302)
東北地方建設局東北技術事務所 材料試験課長 (マイクロ 8-82-45-351)

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)
	成 田 信 之 (構造橋梁部長)
	山 内 幸 裕 (企画部 橋梁計画官)
	小 林 茂 敏 (コンクリート研究室 室長)
	河 田 博 之 (" 研究員)
	森 浜 和 正 (" 技官)
	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)
	金 井 道 夫 (" 研究員)
東北地方建設局酒田工事事務所	辻 靖 三 (事務所長)
	渡 部 健 二 (同副所長)
	中 原 正 (道路管理課長)
	増 村 朋 之 (同係長)
	柿 崎 実 (鶴岡国道維持出張所長)
東北地方建設局東北技術事務所	黒 木 正 輝 (事務所長)
	高 橋 馨 (同副所長)
	古 川 毅 (材料試験課長)
	加 藤 忠 夫 (同係長)
	斉 藤 浪 智 (同技官)

〔付屬資料〕

調 査 要 領

CHAPMAN

1912

調 査 要 領

目 次

(1) 飛来塩分量の調査方法	50
(2) 気象測定方法	52
(3) 塗装面への海塩粒子付着量調査方法	53
(4) 塗膜外観調査方法	54
(5) 塗膜付着力の測定	55
(6) コンクリート外観調査方法	56
(7) コンクリート中鉄筋の電位分布測定	57
(8) コンクリート中の塩分量測定	58
(9) コンクリート中の中性化深さ等の測定	59
(10) 鋼材の腐食状況の測定方法	61
(11) 塩分分析方法	62
(12) 全塩分分析と可溶性塩分分析方法	63
(13) コンクリートの凍結融解耐久性の測定方法	66

・本調査要領は、海岸付近に暴露されたコンクリート供試体の各調査項目毎の調査手法に関する詳細である。

本要領は各調査試験に関して、調査項目を規定するものではなく、それぞれにおいて調査の目的に沿って適宜調査項目は定めるものとする。

なお、塩害を受けたコンクリート構造物の調査ならびに室内試験等においても本要領を準用してさしつかえない。

1. 飛来塩分量の調査方法

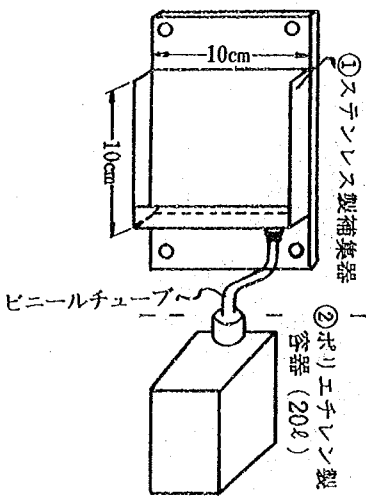
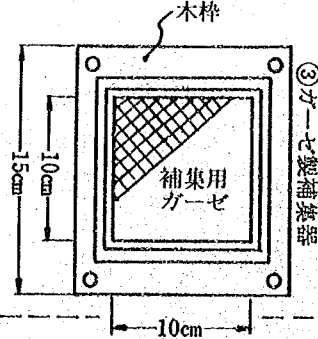
(1) 概 要

設置環境の腐食性は構造物へ飛来する塩分量の大小によって判断できる。本調査法は既設構造物の今後の劣化傾向を予測するために、あるいは設置が予定されている構造物の耐久性を判断するために実際の場所で飛来塩分量を調査するためのものである。

(2) 飛来塩分の補集方法

2通りの方法（土研法およびJIS法（ガーゼ法））をあわせて用いる。

名 称	方 法	補集期間	長 所	短 所
土研法	戸外に塩分補集器をおき、チューブで補集タンクへ塩水を導く	1月/回	雨水中の塩分も含めて補集でき、しかも塩分保持能力に優れている	
JIS法 (ガーゼ法)	百葉箱内に補集器をおき、そこへ塩分を付着させる	1月/回	在来方法であるためデータの比較がたやすい	大量の塩分保持能力に劣る

		土 研 法	J I S 法 (ガ ー ゼ 法)
補 集 器	補 集 タ ン ク	 ① ステンレス製補集器 ② ポリエチレン製容器 (20L) ビニールチューブ	 木棒 ③ ガーゼ製補集器 補集用ガーゼ 10cm 10cm 15cm 用い ない
方 法	収場 容 所	補集器は百葉箱外上部へ 補助タンクは百葉箱内	補集器を百葉箱内に收容
	作 業	1ヶ月経過後補集器表面に付着している塩分をイオン交換水で補集タンク内へ洗い流す。補集タンクは密封して分析機関へ返送する。次回開始時に新しいタンクを取り付ける。	1ヶ月経過後補集器よりガーゼを取り出し密封して分析機関に返送する。次回、新しい補集ガーゼを取り付ける。

(3) 百葉箱設置位置

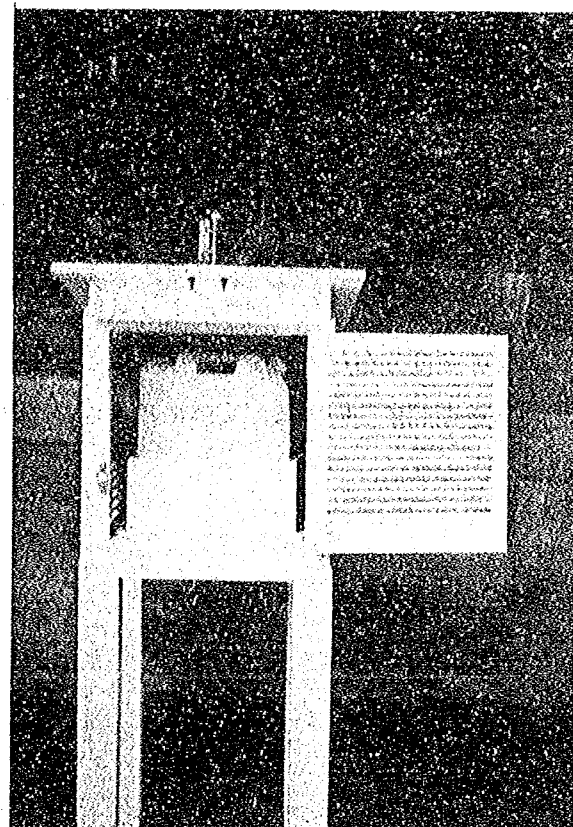
暴露地点に右図のような百葉箱を設置する。

(4) 調査期間

1回を1ヶ月間とし、1年4回（2月、5月、8月、11月）の月始めより月末までを調査期間とする。終了時直後にその都度補集タンクやガーゼを密封の上、分析機関へ返送すること。

月初めには補集タンクおよびガーゼを取り付けること。*

（* 補集器等は当面土研から提供する）



(5) 返送後の作業

	土 研 法	J I S 法（ガーゼ法）*
前 処 理	補集タンク内の液量を ml まで測る。 補集タンクの液をよくふりまぜ、 その一部をピペットで正確に分取 する	ガーゼを細断したあとイオン交換水 $50 ml$ を加えて、加温する。 冷却後口紙（ $5 C$ ）で口過し、 $50 ml$ の口液をつくる
分 析	塩分量分析方法に従って分析する $w (mg)$	
表 示	飛来塩分量（ mg ）で表示 $w \times \frac{1}{day} \times \frac{1}{\text{ステンレス板表面積} (dm^2)}$	
		$w \times \frac{1}{day} \times \frac{1}{2}$

* J I S Z 2381(1979)

2. 気象測定方法

(1) 概 要

本測定は、調査要領(1)、(3)を補充するものであり、可能な限り測定するものとする。

(2) 調 査

現地に設置した百葉箱内に、自記温湿度計を置きすくなくとも年4回(2月、5月、8月、11月)各1ヶ月間の気温及び湿度変化を記録する。

また、もよりの気象台/測候所より気象に関する加工情報(月間の最高、最低、平均の温・湿度、風向風速の頻度分布など)を毎年入手する。

橋の結露期間については、実際に橋下面を観測し結露目数等を記録する。

3. 塗装面への海塩粒子付着測定方法

(1) 概 要

塩分の付着している面に塗装すると、塗膜の密着不良を生じ、塗膜が早期にはがれたりするため、良好な塗膜を形成させるためには、下塗り、中塗り、上塗りの各塗装工程間の付着塩分量を管理する必要がある。塗装現場での塗装面に付着した海塩粒子量の測定には本方法を用いる。

(2) 器 具

- (1) メジャー
- (2) マスキングテープ
- (3) ビニール手袋
- (4) ビーカー
- (5) ガーゼ
- (6) 広口ポリビン

(3) 測 定

メジャーで $50\text{cm} \times 50\text{cm}$ を正確に計り、マスキングテープで仕切る。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ビーカー内のイオン交換水を含ませる。このガーゼで測定面をていねいにぬぐう。ガーゼを広口ポリビンに移す。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。以上の操作を3回行なう。ぬぐう方向は90度ずつ交差させる。最後に、イオン交換水約 20ml で手袋を洗い、洗液は広口ポリビンに加える。

イオン交換水の量は、ほぼ 200ml となるようにする。広口ビン内の水は、ガーゼと共にNo.6のろ紙でろ過し、ろ液量を測る。

ろ液中の塩分量 (mg) は塩分量分析法に従って測る。

(4) 結果の表示

$$\text{海塩粒子付着量} = \frac{\text{塩分量}}{0.25} \quad (\text{mg}/\text{m}^2)$$

(5) 評 価

海塩粒子付着量は、 $50\text{mg}/\text{m}^2$ 以下でなければ次の塗装工程へ進めない。この値を満足しない場合は塗装面を水洗するなどして、付着塩分の除去に努める。

(6) 参 考

コンクリート表面の海塩粒子付着測定においても本方法を準用してさしつかえない。

4. 塗膜外観調査方法

(1) 概 要

コンクリート表面の塗膜劣化の程度を、外観によって判定するための調査方法である。

(2) 項 目

- 1) わ れ：塗膜表面に生ずるチェッキングと下塗り，又は素地まで達するクラッキングがある。
- 2) ふくれ：塗膜内部や素地と塗膜間に，発生する気体の圧力によって生ずる。
- 3) はがれ：素地と塗膜，塗膜と塗膜の間の密着力が低下したときに生ずる。
- 4) 白亜化：塗膜が表面から分解変化して粒状となり，次第に失なわれていく現象。
- 5) 光 沢：塗膜の劣化や表面の凹凸，チョーキングやしわ，きれつなどによって，塗膜中の顔料が変質して変色する。
- 6) 色 ：日光によって，塗膜中の顔料が変質して変色する。

(3) 評 価

- 1) わ れ：われの位置と寸法を記録すると共に，写真記録を行ない，日本塗料検査協会「われ」標準見本図と比較して評価する。
- 2) ふくれ：ふくれの位置と寸法を記録すると共に，写真記録を行ない，日本塗料検査協会「ふくれ」標準見本図と比較して評価する。
- 3) はがれ：はがれの位置と寸法を記録すると共に，写真記録を行ない，日本塗料検査協会「はがれ」標準見本図と比較して評価する。
- 4) 白亜化：指先で塗面をこすり，白亜化の有無または程度を標準塗膜と比較する。
- 5) 光 沢：60度鏡面光沢を測る。
- 6) 色 ：標準色と比較対照する。標準色見本と共に写真記録を行なう。

評価例Ⅰ 塗装時の状態より著しく変化が認められる。

〃 Ⅱ 塗装時の状態より明らかに変化が認められる。

〃 Ⅲ 塗装時の状態より大差がない程度の変化が認められる。

(4) 記 録

調査票および記録図（展開図）を作成する。

展開図は調査要領(6)を参照。

展開図はすべて写真と対比できるようにする。

5. 塗膜付着力の測定

供試体の調整	1) 供試体の塗装面の付着力測定カ所を、サンドペーパーにて平滑に研磨する。 2) 回転式カッターを用いて、塗膜上より供試体素材面に達する20mmφの穴を切り込む。 3) 塗膜およびアルミ製円形スペシメン（脱脂済・20mmφ）の両方に接着剤（エポキシ系）を薄く、均一に塗りはり合わせる。
試験条件	1) アドヒジョン・テスターを用いて垂直に引張ってはく離する。
評価	1) 付着力（Kg/cm ² ）およびはく離状態を観察し、スケッチまたは写真で残す。

（参 考）

塗膜の付着性能試験

(1) 目 的

コンクリート表面に塗装された塗膜のコンクリートとの付着性能を知るために行なう。

(2) 項 目

1) ごばん目試験（クロスカット試験）

塗装面に、ごばん状の素地に達する切傷を入れ、粘着テープを圧着し引きはがしたときの、ごばん目のはく離した目数を数えて数値評価を行なう。

2) トルク試験

塗膜面を清掃し、でこぼこを200番程度のサンドペーパーで研磨し、シアノアクリレート系接着剤で金属性シリンダーを塗装面に接着し、接着剤が十分硬化してからシリンダーをねじり塗膜が破壊するときのトルクを測定する。トルクは次式によって付着強度に換算する。

$$\text{付着強度 (Kg/cm}^2\text{)} = 16 T / \pi D^3$$

T : トルク (Kg-cm)

D : シリンダー直径 (cm)

3) プルオフ試験

塗膜に強力な接着剤で金属棒と接着し、この金属棒によって塗膜をはぎとる方法である。

4) 注 意 事 項

塗膜の付着性能試験はいずれも、被塗装物の表面状態にかなり左右されるので、塗装面のコンクリート表面は、十分に平滑性を得るようにすべきである。

6. コンクリートの外観調査方法

(1) 概 要

この方法は、主としてコンクリート中の鉄筋の発錆によるコンクリートの劣化の程度を外観調査するものである。

(2) 調 査 方 法

1) 展開図の作成

各供試体について右図のような展開図を作成する。

2) この展開図に以下の項目を調査して詳細に記入する。

i) 錆汁の有無：錆汁がある場合は色の濃度を記入する（淡あるいは濃）。

ii) ひびわれの有無：ひびわれがある場合は、その位置と最大ひびわれ幅を記入する。なお、暴露前あるいは直後においてひびわれが認められる場合には、そのひびわれ位置、最大ひびわれ幅も記入しておく。

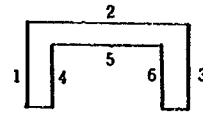
iii) はく離：コンクリートのはく離が認められる場合は、その状況を記入する。また、コンクリートのはく離して鉄筋が露出している場合には錆の程度として浮き錆、腐食のいずれかを記録するとともに、主筋、スターラップの別を記録する。

iv) その他：コンクリート表面のスケーリング、ポップアウト等が認められる場合は、その状況を記入する。

(3) 結果の整理

この調査結果は、「(7)コンクリート中鉄筋の電位分布測定」および「(10)鋼材の腐食状況の測定方法」による測定結果と関連するため、これらの調査結果を対応させて整理しておく必要がある。

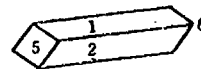
なお、展開図はすべて写真と対比させることとする。



外観（内部）

1 (海側)	2	3 (山側)
--------	---	--------

4 (海側)	5	6 (山側)
--------	---	--------



4		
1 (上)		
2 (山側)		
3 (下側)		
5	4 (海側)	6

7. コンクリート中鉄筋の電位分布測定（建設省土木研究所（案））

(1) 概 要

本方法は、鉄筋の腐食位置や腐食傾向を電位分布の測定により推定するものである。

(2) 試 験 方 法

1) 下 準 備

コンクリート面を清掃し、マーカーを用いて 10 cm 間隔でメッシュを描く。

2) 鉄筋のはつり出し

鉄筋の位置を確認して（配筋図の確認など）、コンクリート表面をはつり鉄筋を露出させる。

3) 電 位 差 計

電位差計からの電線端末（+）を鉄筋にクリップで接続する。端末（-）は電極に接続する。

4) 電 極

飽和甘とう電極（SCE）をプラスチックケースにおさめたものである。

5) 測 定

電極をコンクリート表面のメッシュをなぞりながら、電位差計（DVM）のデジタル値を読みとる。測定には多少のなれを要する。

6) 結果の整理

等電位線図を描く。

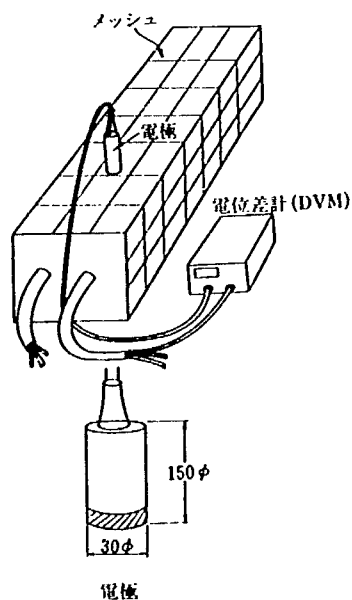
(3) 器 具

電極試作品を支給する。

電位差計（DVM）は高性能デジタルマルチメータ（ほぼ弁当箱を 2 個重ねた大きさ）を用いる。

電位分布展開図

電位分布を測定して、その電位値を展開図中に記入する。



8. コンクリート中の塩分量測定（土木研究所（案））

(1) 概 要

材料試験や構造物劣化調査に用いるための測定方法であり、コンクリート深さ方向の含有塩分量を知る。

(2) 測 定 方 法

コア採取地点およびコア採取および番号を展開図中に記録する。

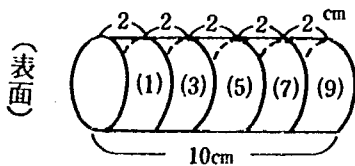
1) コアの採取

直径 3.5 ～ 5.0 cm 長さ 10 cm 前後のコンクリートコアを採取する。コアは、汚染されないように容器に入れて運搬・保管する。

なお、コア採取地点（位置）を記録する。

2) 切 断

下図のように切断する。



3) 粉 碎

粉砕器（コーヒーマルなど）で小片毎に粉砕する。粉砕度は、ふるい 0.15 mm 以下とする。

4) 抽 出

一定量の粉末をプラスチック製ロートに入れ振とう器を用いて抽出する。（抽出時間・30 分／回）

5) 測定（分析）

抽出液を自動分析装置により抽出液中の塩分量を分析する。→ 塩分量分析方法 を参照。

6) 計 算

含有量を換算し、配合がわかる場合にはコンクリート重量比（％）および単位塩分量（ Kg/m^3 ）で表示し、配合がわからない場合にはコンクリート重量比（％）を表示する。

(3) 器 具

1) コンクリートよりコアの抜き取り：JIS A1107に準ずる

2) 粉 碎 ： 粉砕器

3) 抽出 ： 振とう器（シェーカー）

4) 天秤 ： 1 mg まで測定可能なもの

5) 分析装置：塩素イオン（ Cl^- ）選択性電極を用いた自動電位差測定装置

9. コンクリートの中性化深さ等の試験方法

(1) 概 要

空気中の炭酸ガスによるコンクリートの中性化ならびに凍結融解作用等によるコンクリート組織のゆるみは、コンクリート中の鉄筋の発錆を助長する一原因になると考えられる。本方法は、実際の暴露環境下でのコンクリートの中性化および吸水率で示されるコンクリート組織のゆるみを測定するためのものである。また、硬化コンクリートの配合推定は（参考）に示した分析法によって行うことができる。

(2) コアーの採取

φ50mmのコアーを暴露供試体より採取し、直ちに試験を行なう。同一条件の試験に対して、中性化試験では1個、吸水率試験では2個の試験体を用意する。

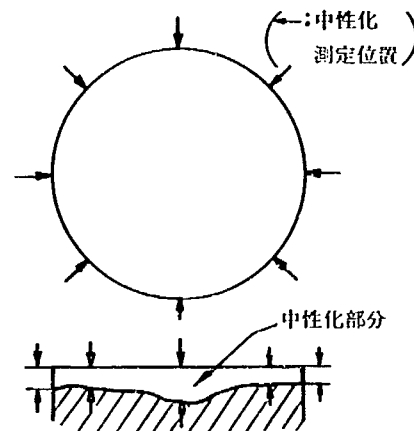
(3) 試 験 方 法

1) コンクリートの中性化試験

i) 採取されたコアー供試体の表面水を布でぬぐい、フェノールフタレインのエチルアルコール1%溶液を噴霧する。そして、赤変しない部分すなわち中性化部分の表面からの深さをノギスを用いて1/10mmまで測定する。

ii) 測定点数は1コアーについて、最大および最小の中性化深さを含む8点とする。（右図参照）

iii) 暴露供試体を貫通してコアーを採取した場合、もう一方の中性化部分についても中性化試験を行なう。



2) コンクリートの吸水率試験

i) 中性化試験が終了したコアーは、約10cm程度の長さで切断（重量約500g）し、48時間水中に放置する。

ii) そしてコアーの表乾重量（ w ）を測定した後、110℃の乾燥器の中で48時間乾燥し、絶乾重量（ w_0 ）を測定する。

iii) 吸水率を次式で計算する。

$$q_c = \frac{w - w_0}{w_0} \times 100 (\%)$$

iiii) その他は、JIS A 1110「粗骨材の比重、吸水率試験方法」に準ずる。

(4) 記 録

1) コアーを採取した暴露供試体の番号

2) 最大、最小中性化深さ及び8点の平均中性化深さ

3) 吸 水 率

(参考) 硬化コンクリートの配合推定分析方法

硬化したコンクリートの配合を推定する必要がある場合には、セメント協会・コンクリート専門委員会推定「硬化コンクリートの配合推定法」^{*} に準じて分析を行うものとする。

供試コアは、中性化、吸水率試験用とは別に採取する。なお、この分析試験では対象とするコンクリートに石灰岩の使用、多量の貝殻の混入、 CaO を多量に含む混和剤の使用がなされている場合には配合推定が困難となるので注意を要する。

* 日本材料学会編：“工業材料規格便覧—セメントコンクリート”（朝倉書店、1977）

10. 鋼材の腐食状況の測定方法

(1) 概 要

本方法は、コンクリート中の鋼材（鉄筋、PC鋼材）の腐食状況を測定するためのものである。

(2) 測 定 方 法

- 1) コンクリートをはつり、鉄筋を露出させた後、鉄筋のかぶり（最大、最小値）、腐食位置、腐食度、腐食長さ、最小直径を測定する。

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

- 2) 鉄筋の腐食度を上表によって4段階に区分する。

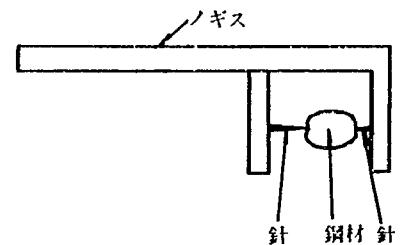
- 3) 次に鉄筋の腐食度、A、B、Cに相当する部分の長さを求め、腐食長さを次式で計算する。

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

ここに L_0 : 測定対象鉄筋の全長

ℓ_A , ℓ_B , ℓ_C : 腐食度A, B, Cに相当する腐食長さ

- 4) 鉄筋の腐食部分の最小直径（鉄筋1本当たり1点）を、
右図のようなノギス等を用いて測定する。そして、鉄筋の腐食深さ率を次式により計算する。



$$(\text{腐食深さ率}) = \frac{D'}{D} \times 100 (\%)$$

D : 鉄筋の健全部の直径

D' : 鉄筋の腐食部の最小直径

- 5) PC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。

(3) 記 録

- 1) 鋼材のかぶり、かぶり測定位置、腐食位置、腐食度（展開図は6. コンクリート外観調査要領と同様な縮尺・様式とし、外観展開図と対比できるようにする。）
- 2) 鋼材の採取位置
- 3) 同一鋼材における各腐食度に相当する長さ、および腐食長さ率
- 4) 鋼材の腐食部分の最小直径及び腐食深さ率

なお、展開図、鋼材の腐食状況は、写真で確認できるようにしておく。

11. 塩分量分析方法

(1) 概 要

溶液中（抽出水中を含む）の塩分量の定量分析方法である。

(2) 器 具

- 1) 自動電位差測定装置（塩素イオン選択性電極
及び飽和甘こう電極）
- 2) マグネチックスターラー
- 3) ビーカー
- 4) ホールピペット
- 5) 天秤（感量 0.01 mg ）
- 6) 乾燥器
- 7) デシケーター

(3) 試 薬

- 1) $1/200$ 規定硝酸銀溶液 試薬特級硝酸銀 0.85 g を水に溶かして 1 l にする。
- 2) $1/200$ 規定塩化ナトリウム溶液 標準試薬塩化ナトリウムを 120°C で一昼夜乾燥させたものをデシケーター中で放冷し、 0.29225 g を正確に 0.01 mg まで測り取り水に溶かして 1 l にする。

(4) 操 作

1) 測 定

貯留液又は抽出液よりホールピペットで 20 ml をビーカーに分取し、自動電位差測定装置に設定する。分取液をマグネチックスターラーでかくはんしながら硝酸銀溶液を滴下し、滴定終了後、電位差の記録より電位差が最大に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。

2) $1/200$ 規定硝酸銀溶液の力価の決定

$1/200$ 規定塩化ナトリウム溶液をホールピペットで 20 ml ビーカーに取り、以下 4.1 測定と同様の操作を行なう。

(5) 結果の表示

溶液中の塩分量 (mg) $= 1.461 \times 10^{-5} \times f \times v_1 \times V$

$$\left[\begin{array}{l} 1/200 \text{ 規定硝酸銀溶液の力価 } f = \frac{a}{0.27225} \times 20 \times v_0 \\ \text{ただし、} a \text{ は秤り取った塩化ナトリウム量 (g)} \\ v_0, v_1 \text{ 及び } V \text{ は、それぞれ力価 } f \text{ の決定、試料溶液の滴定に要した硝酸銀溶液量} \\ \text{(ml) 及び貯留液量又は抽出液量 (ml)} \end{array} \right]$$

12. 全塩分分析と可溶性塩分分析方法

(1) 概 要

コンクリート中に含まれる塩分を分析する方法を示す。

調査目的に応じて全塩分分析または可溶性塩分分析のいずれかを選択するものとする。

1) 全塩分分析

コンクリート中に含まれる塩分の全量を知るために行う。

2) 可溶性塩分分析

コンクリート中に含まれる塩分のうち水に可溶性の塩分量を測定するために行う。可溶性塩分は鉄筋の腐食に直接関与するものと考えられている。

(2) 分 析 方 法

1) 前処理および分析操作

i) コンクリートサンプルの採取と粉砕

構造物よりコンクリートコアを抜きとったり、表面をはつるなどして得たサンプルを粉砕する。この時、骨材が均等に含まれるようなサンプルとする。粉砕後、定温乾燥を行う。

ii) 抽 出

コンクリートの場合抽出条件を変えれば得られた分析値が異なる。特に可溶性塩分分析の場合には抽出条件を慎重に検討しなければならない。例えば抽出水温が高くなって抽出塩分量が増加し、抽出水量が同じであっても抽出回数が多くなれば抽出塩分量が増加する。そこで抽出水温と抽出回数は、調査目的に応じてあらかじめ決めておく必要がある。抽出水温については周囲環境の最高気温または平均気温とするのもよい。抽出回数については、コンクリート中の水や塩分の挙動—移動—がまだよくはわかっていないために抽出回数の選択方法には不明な点が残されている。

しかし実際の構造物の使用年数と抽出回数は比例的関係にあると考えられ、これまでの実験結果では、短期間の予測には1～2回の抽出回数、長期間の予測には3～4回の抽出回数が適当であると考えている。

全塩分抽出の場合には、硬化したセメントペースト部分からの塩素イオンの離脱が短時間ですみやかに行なわれることが必要であり、これには抽出時の溶液の酸性度の大小が重要となる。実験によれば、PHが3以上では不十分な抽出しか行えない。

iii) 分 析 方 法

測定値の信頼性が高いことと測定の自動化が容易であることから塩素イオン選択性電極を用いた電位差測定法が適切である（図-1）。他の電極（銀電極など）を用いる場合にはコンクリートより生ずる妨害イオン（ S^{2-} など）の悪影響があるので、これらを事前に除去しなければならない。

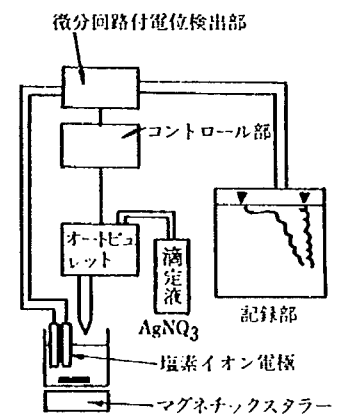


図-1 電位差滴定

また、選択性電極は製品によるばらつきのある場合があり長期間安定した性能であることを確かめる。
なお、塩素イオン選択性電極を用いて電位直読で塩分を定量するのはコンクリートの種類によっては測定値の信頼性が乏しくなることがある。

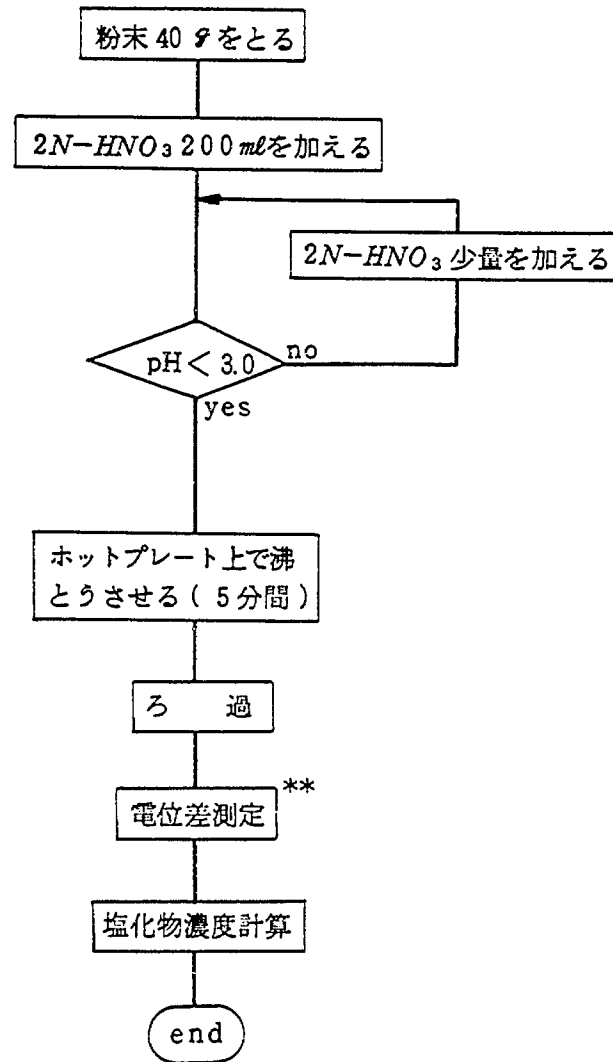
iii) 塩化物濃度計算

塩害の場合の主要因は潮風や海水なので塩分 ($NaCl$) 重量に換算し、コンクリート配合が既知の場合はコンクリートに対する重量濃度百分率 (%) に単位体積当りの重量 (Kg/m^3) を併記し、配合が不明の場合にはコンクリートに対する重量濃度百分率 (%) で表わす。

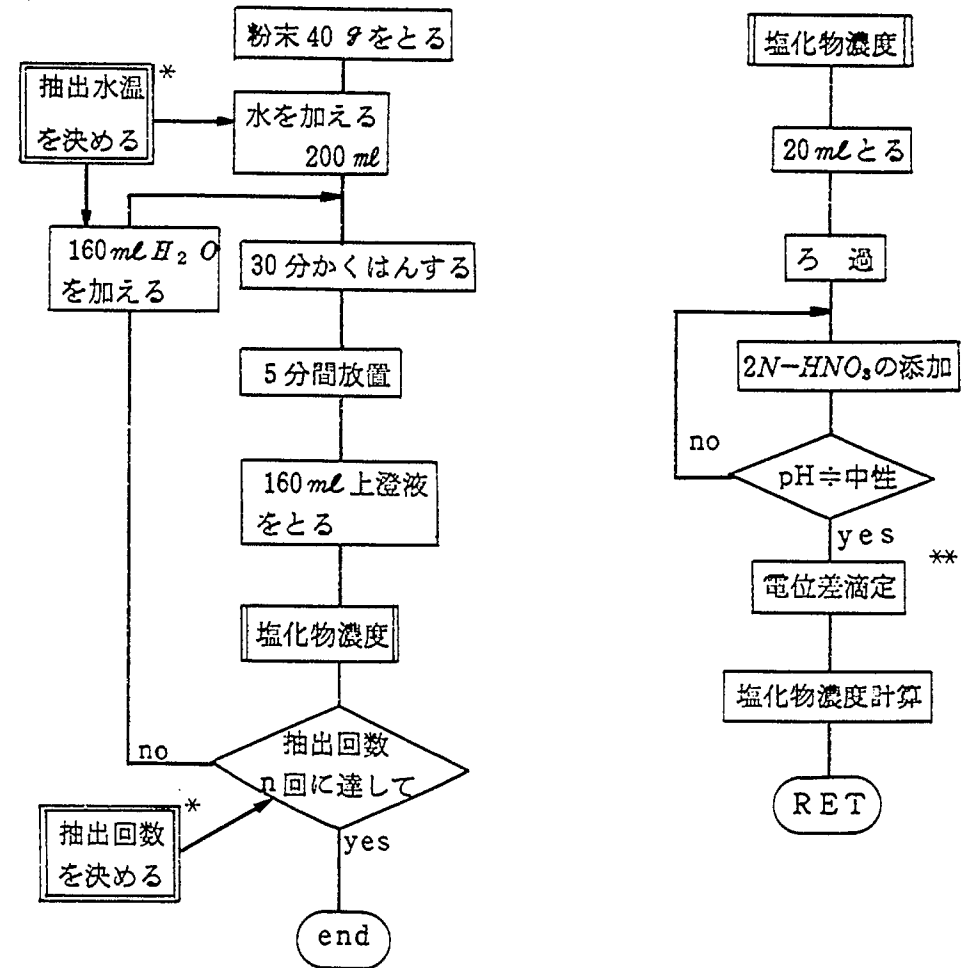
なお、コンクリート中塩分分析方法のフローチャートを図-2 に示した。

参考文献 (1) コンクリート中塩分の形態に関する研究報告書 土木研究所資料

(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をとる。

図-2 コンクリート中塩分の分析方法 (土木研究所標準試験 (案))

13. コンクリートの凍結融解耐久性の測定方法

(1) 概 要

コンクリートの凍結融解作用に対する抵抗性を、促進凍結融解繰返しによって試験する方法と現地暴露によって試験する方法を示す。

(2) 試 験 方 法

1) 促進凍結融解試験

試験は、ASTM C 666「急速凍結融解に対するコンクリートの抵抗性試験方法」の方法A（水中凍結融解）に準じて行う。

2) 暴露試験

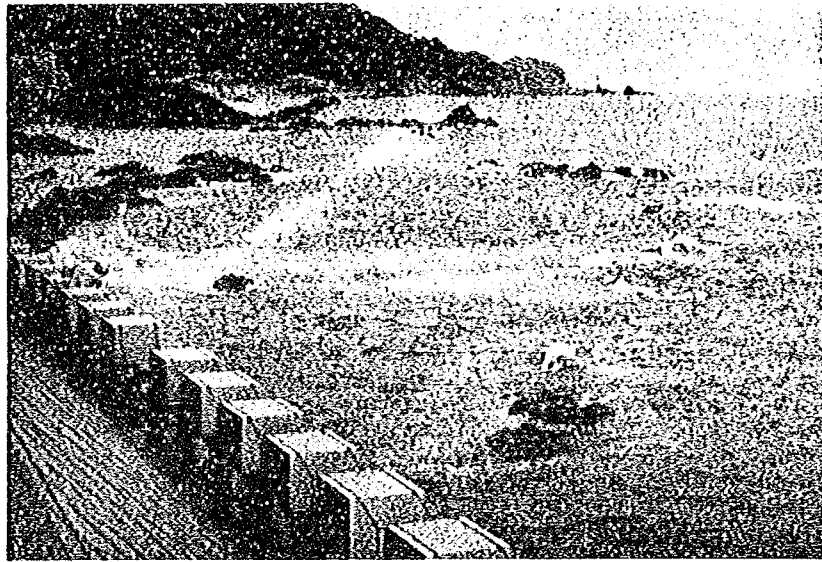
暴露1，3，5年目に，3の測定を行う。なお，各測定年度の供試体の状態を同じにするため，測定前に1週間程度 20 ± 3 ℃の水中に静置しておく。

(3) 測 定 項 目

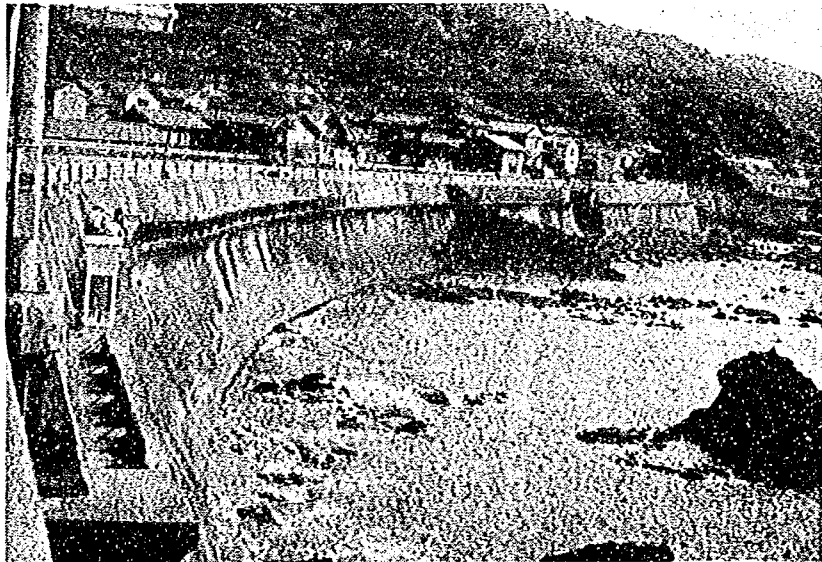
両試験とも，次の測定を行う。

- 1) 動弾性係数の変化
- 2) 重量変化
- 3) 外観変化（ひびわれ，スケーリング等）

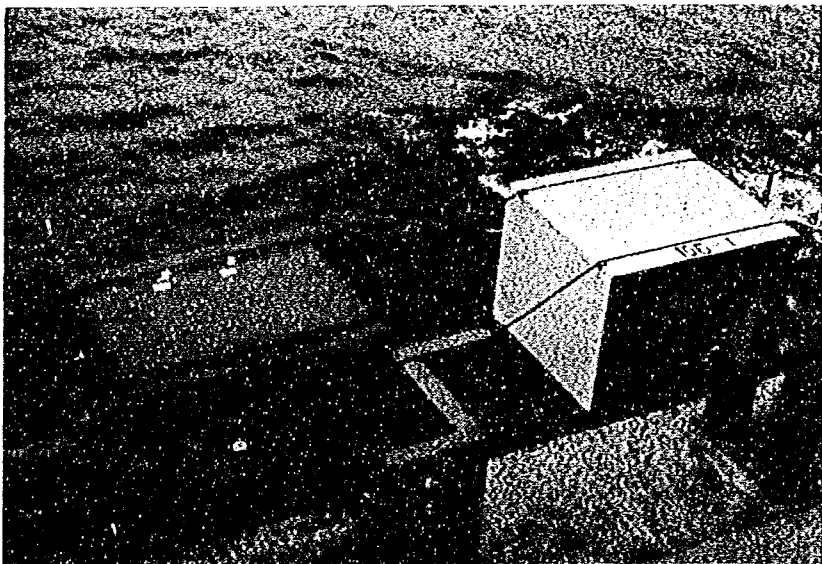
参 考 写 真



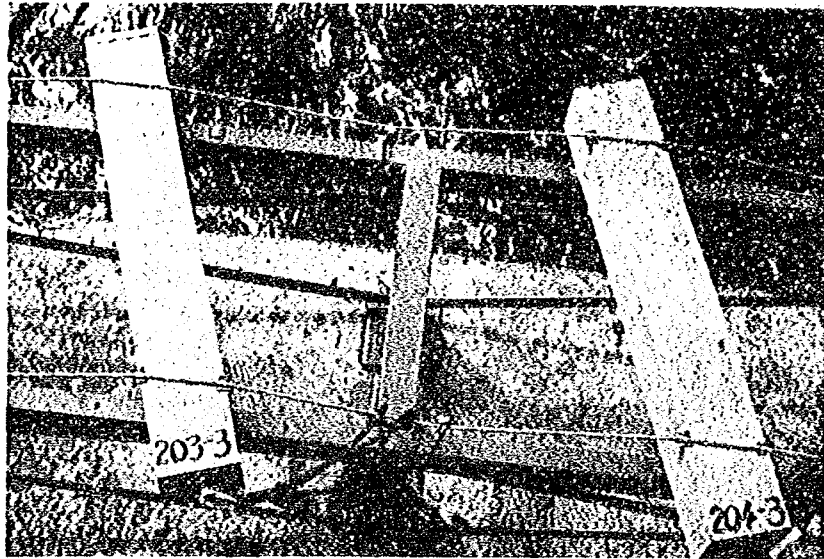
温福陸橋付近（シリーズⅠ）



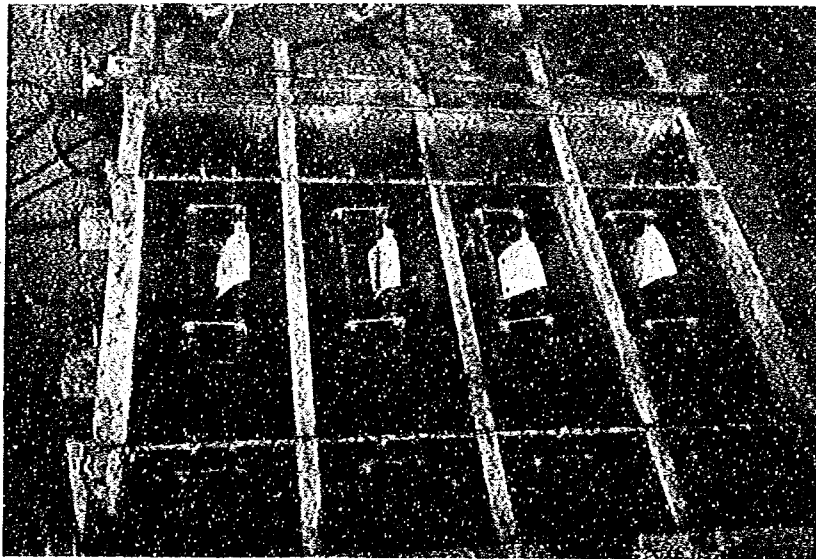
暮坪陸橋付近（シリーズⅡ）



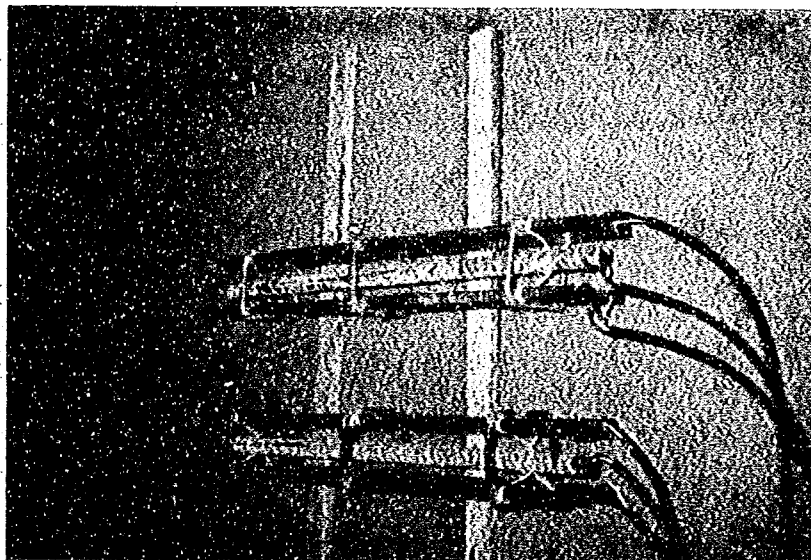
供試体（シリーズⅠ）



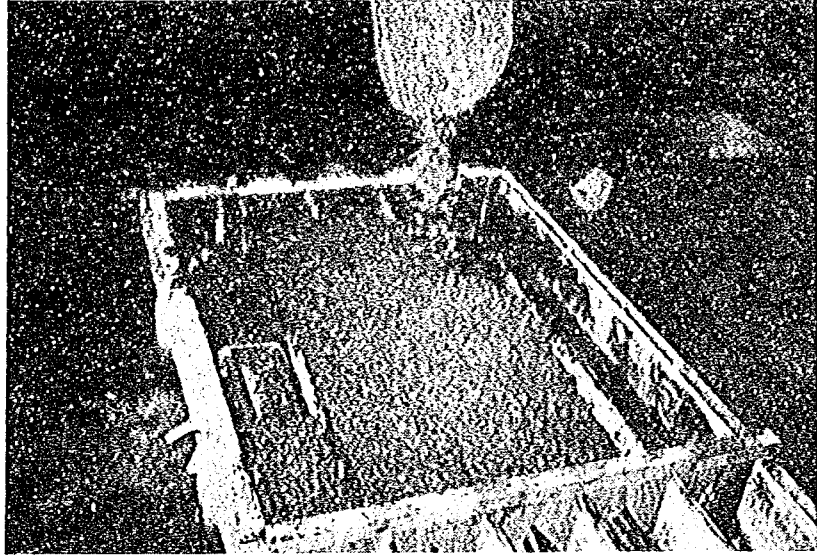
供試体（シリーズⅡ）



供試体（シリーズⅡ）の配線



供試体（シリーズⅡ）の配筋



供試体（シリーズⅡ）のコンクリート打設

コンクリート橋の塩害対策に
関する暴露試験調査(1)

土研資料第1851号
昭和57年7月

建設省土木研究所

要 旨 海岸付近に設置されたコンクリート橋が塩害をうけ、内部の鋼材が腐食し損傷を受ける事例が増加している。この対策を検討するために、現地の海岸でコンクリート供試体を長期にわたって暴露しその耐久性を調査することにした。この資料は調査計画や調査の内容をとりまとめたものである。

郵便はがき

下は切
さつ手
いてを

305-□□

橋
梁
計
画
官

行

茨城県筑波郡豊里町大字旭一番地
建設省土木研究所

No. _____

No. _____

配布先氏名

配布先住所

土木研究所資料第1851号 部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏 名

印