表面含浸工法の効果検証

令和2年3月

橋 梁 塩 害 対 策 検 討 委 員 会 北陸地方整備局 北陸技術事務所

目	次

第1章 検討の目的	1
1.1 目的	1
1.2 概要	1
1.3 对象橋梁諸元	1
1.3.1 新名立大橋	1
1.3.2 净土洞門(1 号)	1
1.4 補修歴	2
1.5 工法の特徴	2
1.5.1 新名立大橋	2
1.5.2 净土洞門	2
第2章 新名立大橋	3
2.1 目視調査	3
2.1.1 実施方法	3
2.1.2 結果	3
2.2 撥水効果確認	8
2.2.1 実施方法	8
2.2.2 実施箇所	9
2.2.3 結果	10
2.3 コア採取及び各種分析試験	11
2.4 中性深さ測定	13
2.4.1 実施方法	13
2.4.2 結果	13
2.5 圧縮強度,静弾性係数試験	15
2.5.1 実施方法	15
2.5.2 結果	15
2.6 含浸材の浸透深さ	15
2.6.1 実施方法	15
2.6.2 結果	15
2.7 塩化物量浸透分布	16
2.7.1 実施方法	16
2.7.2 結果	16
2.8 EPMA 分析	18
2.8.1 実施方法	18
2.8.2 結果	18

第:	3 줄	章 浅	争土	:洞門1	1号	22
3	. 1	目	視	調査		22
	3	. 1. 1	5	実施方	·法	22
	3	. 1. 2	4	結果		22
3	. 2	⊐	ア	採取及	.び各種分析試験	24
3	. 3	中	性	化深さ	測定	25
	3	. 3. 1	5	実施方	法	25
	3	. 3. 2	4	結果		25
3	. 4	含	浸	材の浸	.透深さ	25
	3	. 4. 1	5	実施方	'法	25
	3	. 4. 2	1	結果		25
3	. 5	塩	化	物量浸	·透分布	26
	3	. 5. 1	3	実施方	·法	26
	3	. 5. 2	1	結果		26
3	. 6	EP	MA	分析		27
	3	. 6. 1	3	実施方	·法	27
	3	. 6. 2	4	結果		27
3	. 7	現	,場;	透水試		30
	3	. 7. 1	3	実施方	·法	30
	3	. 7. 2	4	結果	•••••••••••••••••••••••••••••••••••••••	30
3	. 8	は	つ	り調査	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	31
	3	. 8. 1	3	実施方	法	31
	3	. 8. 2	4	結果	•••••••••••••••••••••••••••••••••••••••	31
3	. 9	自	然	電位測	定,腐食速度測定	32
	3	. 9. 1	5	実施方	法	32
	3	. 9. 2	;	測定時	の天候	32
	3	. 9. 3	1	結果		32

第1章 検討の目的

1.1 目的

北陸地方整備局で実施したアンケートに対する回答の中で,塩害補修対策について含浸材での塩害 対策を実施している事象に着目し,効果を検証する。

1.2 概要

名立大橋の壁高欄に施工されているシラン・シロキサン系の浸透性吸水防止剤に着目し,施工から 10年以上(平成13年度(2001年度)に実施)経過していることから,撥水効果を把握するために詳細 調査を実施する。

浄土洞門の柱に施工されている、プロテクトシル CIT に着目し、詳細調査を実施する。

1.3 対象橋梁諸元

1.3.1 新名立大橋

橋長:75.300m

幅員:21.0m

上部工形式: PC2 径間連結ポストテンション方式バイプレ中空床版橋

完成:平成13年(2001年)



1.3.2 浄土洞門(1号)

橋長:50.000m

- 幅員:8.40m
- 屋根: PC 構造(材料), PC 構造 I 型スラブ(形状)

完成:昭和48年(1973年)



図 1.3.2 浄土洞門

1.4 補修歴

表 1.4.1 に補修歴一覧を示す。

表	14	1	補修歴一 覧
11	1. T.		11111111111111111111111111111111111111

年度	新名立大橋	年度	浄土洞門
平成 21 年 (2009 年)	伸縮装置取替え		・断面修復,ひび割れ注入,充鎮,表面保 護
平成 22 年 (2010 年)	電気防食整備補修工(チタングリット方式:ch4, 照合電極取替え:ハフニウム→鉛)	平成 19 年	 ・柱部にフロテクトシル CII が施工 ・NETIS 試行試験(プロダクト技研:平成 19 年 8 日〜平成 22 年 10 日)
平成 23 年 (2011 年)	電気防食整備補修工(チタングリット方式:ch1, 照合電極取替え:ハフニウム→鉛)	(2007年)	
平成 24 年 (2012 年)	電気防食整備補修工 (チタングリット方式 : ch2・3, 照合電極取替え : ハフニウム→鉛)		

1.5 工法の特徴

1.5.1 新名立大橋

シランシロキサン系の浸透性吸水防止材は,塗布することによりコンクリート表面に浸透して水 滴を通さない吸水防止層が形成される。

吸水防止層は、水蒸気を通過させることが出来るため、塗膜のようにコンクリート内部に水分が こもるような問題が生じない。

浸透タイプのため、塗膜のように剥れや膨れを生じることがなく、摩耗などによって浸透層が物 理的になくならない限り効果は持続すると考えられる。

吸水防止効果によりコンクリート構造物の塩害,凍害,アルカリ骨材反応などの劣化進行を抑制 する。

形成される吸水防止層は, 無色透明であるため, 構造物の外観を損なうことなく延命化を図るこ とが出来る。

有機溶剤を使用しないため、環境にやさしい。

ペースト状のため、塗布の際に飛散液垂れが生じにくい。

また,有機成分量が80%と多いため,構造物床版の下面,桁側面に対しても1回の塗布で十分な 吸水効果を得ることが可能。

1.5.2 浄土洞門

プロテクトシル CIT は,鉄筋腐食制御機能を有したアルキルアルコキシシランを主成分とする含 浸系表面保護剤である。

RC 構造物における内部鉄筋の腐食を長期間抑制する。

アミノ基の作用によりコンクリート中に深く浸透することで,鉄筋に不動態皮膜に替わる保護層 を形成する。

塩化物イオンや酸性雨等の劣化要因の侵入を防ぐ。

透明な1材の液体で素材の外観,質感に変化はない。

塗布するだけなので施工が容易にでき、上塗りの施工が可能である。

溶剤タイプで環境にやさしい材料である。

第2章 新名立大橋

2.1 目視調査

2.1.1 実施方法

撥水材が施工された壁高欄のコンクリート表面の目視調査を行った。 平成13年(2001年)~平成30年(2018年)の結果より、ひび割れの進展などを把握し、スケ ッチを整理した。

2.1.2 結果

平成24年度より11箇所においてひび割れの新規発生およびひび割れの長さの進行が確認された。 次頁より,平成13年(2001年)~平成30年(2018年)の調査結果を表2.1.2~2.1.5に示す。

部位	変状状況					
海側山側	・2 箇所において,ひび割れが新規発生					
/毋侧内侧	・1 箇所において、ひび割れ長さが進展					
味血中面	・3 箇所において,ひび割れが新規発生					
座侧内侧	・5 箇所において、ひび割れ長さが進展					

表 2.1.1 目視調査による変状状況

変状図 変状図 游離石座 至上越 遊離石灰 至上越。這種石灰 至富山 至富山 ONEF 道離石灰 実育1 **追到石**座 平成 13 年 内側 平成 22 年 1 2 天绪 天緒 (2001年) (2010年) Mitt 天城のみ0.30 写真 11 框 外侧 抹水管 写直 15 外侧 五萬 10 排水管 2. 至上越 至 富山 道腊石灰 说就石灰 至上越 迎離石灰 至 富山 调制石匠 遊離石灰 写真12 10.00 TO 10. 平成 14 年 内侧 平成 23 年 - - -2010 内侧 天端 21-21-5 天绪 -77.01 (2002年) 天端のみ0.2 写真 9 (2012年) 田明 写真 10 Ь 天線のみ0.30 写真11 援 外侧 写真 15 外側 排水管 10 4 99 n. 遊離石反 至上越 迎越石灰 至上越 温度石灰 周期石炭 * U-U-BIR 0.10 * DUERA 010 至富山 遊離石灰 至富山 写真53 遊離石炭 遊離石灰 遊離石灰 的研究部 遊離石灰 22812 調創石石 平成 15 年 平成 24 年 内侧 (\$2-0) -2.1.18 TIN 天晴 1 1 . 1 . 天緒 N 0 10-NR13 32 8 14 (2003年) (2013年) 天成のみ0.25 写真 9 41 天時676.00 228 15 械 15-91 95例 副田 写真10 排水管 禄水管 至上越 遊離石灰 至上越 道藏石灰 _{写真52} 至富山 遊離石灰 至富山 游離石灰 写真53^{进離石灰} **御創石屋** 遊離石灰 游離石冈 游離石灰 波解石図 宝直12 A 平成 16 年 THE MINT TAN: 平成 25 年 9 30 31 32 33 34 35 36 12-81 内相 1. 11. 11 L 11/1 天端 單 框 外側 -天晴 写真 15 1 ひび割れ 0.2 写真54 26 8 10 (2004年) (2014年) /割れ 0.1 照明 写真 10 天成のみ0.25 天端のみ0.30 75758120.01 95例 排水管 排水管 至上越 直触石灰 道慧石灰 遊離石灰 道離石灰 至富山 遊離石灰 至上越道道和天 写真53 遊離石灰 7頁52 至富山 遊離石灰 2010万万 遊離石灰 写真12 お話方座 平成 17 年 平成 26 年 0.0 v hr AL PROPERTY IN -1 1 1 1 1 天福 17.72 天塔 72.8 -(2005年) (2015年) - Han 天城(0.50.30 写真 9 一 万 万 万 写真 15 天地のみ0.30 H 折倒 绿水蟹 写真 10 95個 绿水碧 hi 至上越 进期石灰 建苯石灰 避難石灰 至富山 遊離石灰 <u>至上越</u>遊離石灰 游離石灰 写真52 至富山 道則万臣 遊離石灰 避難石灰 游離石灰 遊離石8 游離石度 The state 平成 18 年 平成 27 年 肉酮 11.01 1 5810-1 天端 天绪 X 0 10-3 20.0 照明 写真 10 互直5. 写真 15 HIN 天郎のみ0.30 写真 9 天端のみ0.30 写真 11 (2006年) (2016年) HE. 外側 排水管 外侧 排水管 游離石灰 遊離石座 游離石灰 避離石灰 至上越 道離石灰 至富山 至上越 。 遊離石灰 遊離石灰 写真53 _{写真52} 至富山 ____ 遊離石灰 游離石灰 遊離石灰 遊離石灰 写真12 写真33²⁰⁰⁰日本 進齢石灰 進齢石灰 10</td 写真12 游離石灰 AND 平成 19 年 平成 28 年 内侧 内側 天端 天端 ---写真 0-写真10-2 写真日 展明 写真 10 五百1 写直 15 (2007年) 天城のみ0.30 写真 9 (2017年) 天端のみ0.30 ______ HE 写直 11 框 外侧 外側 排水管 排水管 遊離石灰 游離石灰 _{写真52} 至富山 至上越 遊離石灰 遊離石灰 写真53 遊離石灰 遊離石原 至富山 至上越 道離石灰 游離石灰 游離石房 写真12 湖麓石座 遊離石灰 7453 連載石座 <u>मित्र को के त</u> 平成 20 年 平成 29 年 -内侧 1 1202 101 51 天端 --天端 -天端のみ0.30 写真 11 写真 15 うき150×150 写真97 9、 1150 写真10-2 (2008年) Han 天郎のみ0.30 写真 9 (2018年) 框 写真1 外側 械 排水管 外侧 排水管 五直99 写真101 写真102 写真98 写真100 遊離石灰 游離石灰 写真52 至富山 ___ 遊離石灰 _ 至上越 _{遊離石灰}³ 遊離石灰 至富山 游離石灰 至上越 這難石灰 遊離石灰 游離石灰 遊離石灰 道離石灰 写真12 宝直53 遊離石屋 内側 平成 21 年 平成 30 年 7.8 ~ 内侧 4 (1) P (5) 天端 1 13 1 「葦毛」 21.2 1.11/2 天瑞 <u>制維150×100</u> つき150×150 天端のみ0.3 写真 11 TI 写真 15 写真1 (2009年) 天朝のみ0.30 (2019年) 7.1996 明月 外側 写真97 -掘 ★ひび割れ0.08 写真 32 外侧 排水管 150×50 写音117 写真 31 N離550×250 写真118 写真98 写真99 写真100 写真101 写真102

表 2.1.2 新名立大橋壁高欄変状図 A1-P1 陸側(H13~H30)

表 2.1.3 新名立大橋壁高欄変状図 A1-P1 海側(H13~H29)



-5-

	変状図		変状図
平成 13 年 (2001 年)		平成 22 年 (2010 年)	
平成 14 年 (2002 年)		平成 23 年 (2012 年)	三部第五次 副第五次 副第五次 副第五次 副第五次 副第五次 副第五次 副第五次 副
平成 15 年 (2003 年)		平成 24 年 (2013 年)	
平成 16 年 (2004 年)		平成 25 年 (2014 年)	
平成 17 年 (2005 年)		平成 26 年 (2015 年)	
平成 18 年 (2006 年)		平成 27 年 (2016 年)	
平成 19 年 (2007 年)		平成 28 年 (2017 年)	
平成 20 年 (2008 年)		平成 29 年 (2018 年)	
平成 21 年 (2009 年)		平成 30 年 (2019 年)	

表 2.1.4 新名立大橋壁高欄変状図 P1-A2 山側(H13~H29)

表 2.1.5 新名立大橋壁高欄変状図 P1-A2 海側(H13~H29)

	変状図		変状図
平成 13 年 (2001 年)		平成 22 年 (2010 年)	
平成 14 年 (2002 年)		平成 23 年 (2012 年)	
平成 15 年 (2003 年)	У #21 И # # # # 7 # # 7 # <th7 #<="" th=""> <th7 #<="" th=""> <t< td=""><td>平成 24 年 (2013 年)</td><td></td></t<></th7></th7>	平成 24 年 (2013 年)	
平成 16 年 (2004 年)	RA19 SA12 SA1 SA1	平成 25 年 (2014年)	
平成 17 年 (2005 年)		平成 26 年 (2015 年)	
平成 18 年 (2006 年)		平成 27 年 (2016 年)	第第42 第第43 第第44 DUBRh 0.55 第第40 第第44 DUBRh 日期 日期 </td
平成 19 年 (2007年)		平成 28 年 (2017年)	日本市 「 日本市 「 写真20 写真30 ジェス20 ローズ20mm マス30 マス30 ローズ20mm ローズ20mm マス30 ローズ20mm
平成 20 年 (2008 年)		平成 29 年 (2018 年)	
平成 21 年 (2009 年)		平成 30 年 (2019 年)	

2.2 撥水効果確認

2.2.1 実施方法

壁高欄側壁のコンクリート表面の撥水状況を把握した。

無処理,ヤスリ,ワイヤーブラシで表面を処理した状態で,コンクリート表面に散水し,撥水の 有無を確認する。

実施方法は以下に示す。

- ①:表面の処理は無処理, 布やすり(#120)による表面処理, ワイヤーブラシによる表面処理 の3種類とし, それぞれの試験範囲は縦300mm×横300mmとした。
- ②:霧吹きを用いてコンクリート表面に散水し,撥水の有無を確認する。なお,散水回数は1<
 範囲につき36回とした(50mm×50mm/散水1回)。
- ③:散水後に表面状況(水滴付着状況や浸み込み状況,水が下方に流れ落ちる長さ,本数等) を目視することにより,撥水効果を確認する。



表 2.2.1 表面の処理方法



写真 2.2.1 撥水効果確認状況

2.2.2 実施箇所

新名立大橋壁高欄6箇所(外側・内側・天端)×(海側,山側)及び名立大橋近傍暴露供試体架 台2箇所(海側,山側)とする。

新名立大橋壁高欄には撥水材が施工されているが,暴露供試体架台には撥水材は施工されていない。



図 2.2.1 新名立大橋壁高欄·実施位置



図 2.2.2 新名立大橋近傍暴露供試体架台·実施位置

2.2.3 結果

壁高欄の撥水効果調査結果を表 2.2.2~2.2.3 に示す。



表 2.2.2 撥水効果調査結果(壁高欄側壁)

表 2.2.3 撥水効果調査結果(壁高欄天端·名立大橋暴露供試体架台)

		海側		Ц	側
		海側	山側	海側	山側
番号		5	6	\overline{O}	8
試験	散水前			(# YZ) 755	*29:73:
状況	散水後				
撥水の	長さ	・散水した水が徐々にコ	ンクリート中に浸透した。	約 30cm	約 15cm
の状況	本数	・水滴状に水をはじく程の	撥水効果は見られなかった。	5 本	5本

2.3 コア採取及び各種分析試験

コア採取位置図を図 2.3.1~2.3.3 に示す。 コア試料採取位置と調査試験項目を表 2.3.1 に示す。



図 2.3.3 コア採取の位置(名立大橋近傍暴露供試体架台)

対象構造物	コア名称番号	実際のコア名称	コア経Φ (mm)	コアの長さ (mm)
	壁高欄-01	高+56.4-海-外-圧1	56	78
	壁高欄-02	高+57.0-海-外-圧2	56	98
	壁高欄-03	高+53.8-山-外-圧	56	87
	壁高欄-04	高+56.8-海-外-塩(1)	56	70
壁高欄	壁高欄-05	高+56.7ー海-内-塩(1)(上)	56	65
	壁高欄-06	高+54.0-山-外-塩	56	75
	壁高欄-07	高+54.1-山-内-塩	56	62
	壁高欄-08	高+53.9ー山-内-ひ	56	65
	壁高欄-09	高+69.9ー山-内-(塩)ひ	56	64
	架台-01	台 7-海-圧1	80	168
	架台-02	台 7-海-圧 2	80	155
加厶	架台-03	台 5一山一圧	80	185
	架台-04	台 5一海一塩	80	195
	架台-05	台 5-山-塩	80	195
	架台-06	台 5-海-ひ	80	38

表 2.3.1 コア試料採取位置および調査試験項目①

表 2.3.2 コア試料採取位置および調査試験項目②

14		室内試験項目						コア採取位置			
对家 #**生物	コア名称番号	圧縮強度	撥水材	撥水材		EPMA 分析	海側		Ц	I側	ひび割れ
		静弾性係数	浸透深さ	甲性深さ	(試料粉砕)	(CI, C, Si, S)	外側	内側	外側	内側	箇所
	壁高欄-01	0					0				
	壁高欄-02	0					0				
	壁高欄-03	0							0		
	壁高欄-04		0	0	0	0	0				
壁高欄	壁高欄-05		0	0	0	0		0			
	壁高欄-06		0	0	0	0			0		
	壁高欄-07		0	0	0	0				0	
	壁高欄-08		0	0	0	0					0
	壁高欄-09		0	0	0	0					0
	架台-01	0					(С			
	架台-02	0					(С			
ᅒᄆᄼ	架台-03	0							(С	
朱古	架台-04		0	0	0	0	(С			
	架台-05		0	0	0	0			(C	
	架台-06		0	0	0	0					0

2.4 中性深さ測定

2.4.1 実施方法

壁高欄側壁からコンクリートコア試料を採取し、コア側面にて中性深さ測定を行う。 コア試料採取に際しては、非破壊調査で配筋状態を確認して、コアドリルで試料を採取した。 ひび割れ発生箇所にてコア試料を採取し、ひび割れからの中性化進行の有無を確認した。 ひび割れコア採取箇所は過去の目視調査結果をもとに選定し、ひび割れ幅 0.2 mm以下と 0.2 mm以 上の箇所を対象とした。

2.4.2 結果

調査結果を表 2.4.1~2.4.3 に示す。

	中性化深さ(mm)									
試料名	1	2	3	4	5	6	平均值	測定面中 の最大値		
壁高欄-04 (高 56.8-海-外-塩)	7.8	5.5	4. 2	7.9	7. 1	5.4	6.3	7. 9		
壁高欄-05 (高 56. 7-海-内-塩)	10. 5	8.9	6. 4	9.7	6. 3	2. 4	7.4	12. 1		
壁高欄-06 (高 54. 0-山-外-塩)	16. 7	8.9	9. 8	16. 4	19. 4	21. 8	15. 5	24. 3		
壁高欄-07 (高 54.1-山-内-塩)	9. 0	11.8	5. 7	6.9	6. 6	5. 5	7.6	15. 0		
壁高欄-08 (高 53.9-山-内-ひ)	4. 9	5.9	1. 0	0. 7	4. 6	6. 4	3. 9	8. 6		
壁高欄-09 (高 69.9-山-内-塩)	0. 4	0. 7	0. 6	0. 1	1. 1	0. 6	0. 6	1. 2		
架台-04 (台 5-海-塩)	0. 5	2. 1	1. 9	0.5	4. 0	1.0	1.7	4. 0		
架台-05 (台 5-山-塩)	1.8	0. 5	0. 5	0.5	1.8	0. 5	0.9	1. 8		
架台-06 (台 5-海-ひ)	0.5	0.5	0. 5	4.5	0. 5	3. 4	1.7	4.8		

表 2.4.1 中性化深さ測定試験結果(新名立大橋)

項目	分析面	中性化深さ (フェノールフタレイン)	項目	分析面	中性化深さ (フェノールフタレイン)
壁高欄・04 (高 56. 8- 海-外-塩)			壁高欄・05 (高 56. 7- 海-内-塩)		
壁高欄・06 (高 54.0- 山-外-塩)			壁高欄・07 (高 54. 1- 山-内-塩)		
壁高欄・08 (高 53.9- 山-内-ひ) W=0.3mm			壁高欄・09 (高 69.9- 山-内-ひ) W=0.2mm		

表 2.4.2 中性化状況(新名立大橋壁高欄)

表 2.4.3 中性化状況(新名立大橋近傍暴露供試体架台)

項目	分析面	中性化深さ (フェノールフタレイン)	項目	分析面	中性化深さ (フェノールフタレイン)
架台・04 (台 5−海−塩)			架台・05 (台 5-山-塩)		
架台・06 (台 5-海-ひ) W=0.2mm					

2.5 圧縮強度,静弾性係数試験

2.5.1 実施方法

壁高欄コンクリートの基本的物性値を把握するために,コア試料の一軸圧縮試験及び静弾性係数 試験を実施した。

2.5.2 結果

調査結果を表 2.5.1 に示す。

試料名	配合	直径 (mm)	供試体 断面積 (mm [®])	高さ (mm)	見掛け 密度 (g/cm ³)	最大 荷重 (kN)	圧縮強度 (N/mffl)	<u>圧縮強度</u> 呼び強度 ^(%)	静弾性係数 (kN/mm)
壁高欄-01 (高+56.4-海-外-圧1)		58.7	2706	79. 4	2. 30	145	50. 4	186. 6	30. 8
壁高欄-02 (高+57.0-海-外-圧2)	27-12-25BB	58.6	2697	89. 7	2. 28	143. 5	51.1	189. 2	35. 7
壁高欄-03 (高+53.8-山-外-圧)		58.6	2697	85. 0	2. 28	98	34. 5	127. 7	36.8
架台一01 (台 7一海一圧 1)		83.7	5502	160. 7	2. 330	187. 2	34. 0	125. 9	28. 4
架台一02 (台 7一海一圧 2)	24-8-25BB	83.7	5502	149. 4	2. 31	205.6	36. 7	135. 7	27. 2
架台一02 (台 5一山一圧)		83.7	5502	167. 8	2. 30	188. 4	34. 2	126. 7	27.9

表 2.5.1 圧縮強度・静弾性係数試験結果(新名立大橋)

2.6 含浸材の浸透深さ

2.6.1 実施方法

コア試料を割裂し,割裂面を水に浸漬し,撥水している部分の表面からの深さを測定し,含浸深 さとした。

試験方法は、「表面含浸材の試験方法(案)JSCE-K571-2010」の含浸深さ試験を参考に実施した。

2.6.2 結果

調査結果を表 2.6.1 に示す。



表 2.6.1 浸漬後状況 (新名立大橋)

2.7 塩化物量浸透分布

2.7.1 実施方法

壁高欄側面から採取したコア試料を 10 mmごとにスライスして,試料を粉砕し,電位差滴定法に て全塩化物イオン量を測定した。

2.7.2 結果

調査結果を表 2.7.1~2.7.2 に示す。

	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·			CI -		
試料名			<u>後夏重</u> 絶訪	(mass%)	(kg/m3)	
	0~10	2476	4°C+6	0.05	1 08	
	10~20			0.09	1, 89	
壁高欄-04	20~30 2340	2200	0.03	0.73		
(高 56.8−海−外−塩)	30~40	2010	2200	0.01	0.18	
	40~50			0,00	0.09	
	0~10			0.08	1.77	
	10~20			0.01	0, 16	
	20~30	2370	2240	0.01	0. 11	
(局 56. /−海−内−塩)	30~40			0.01	0. 11	
	40~50			0.01	0.16	
	0~10			0.01	0. 23	
ᄚᆂᄪᇲ	10~20			0.06	3. 29	
	20~30	2270	2110	0. 13	2.68	
(高 54.0−Щ−タト−塩)	30~40			0. 02	0. 42	
	40~50			0. 01	0. 15	
	0~10			0.03	0. 71	
辟支揭_07	10~20		2080	0.16	3. 29	
至同佩 07 (20~30	2250		0.03	0. 54	
	30~40			0. 01	0. 19	
	40~50			0. 01	0. 17	
	0~10	2240	2040	0.12	2. 53	
壁高欄-08	10~20			0.07	1. 47	
(高 53.9-山-内-ひ)	20~30			0.05	0. 92	
	30~40			0.04	0.71	
	40~50			0.03	0.65	
	0~10		2150	0.06	1.40	
壁高欄-09	10~20	0000		0.04	0.86	
(高 69.9-山-内-塩)	20~30	2330		0.02	0.34	
	30~40			0.02	0.43	
	40~50			0.02	0.49	
	10~10			0.22	9.30	
架台-04	20~20	2220	2150	0.33	7.03 7.73	
(台 5−海−塩)	20~30	2320	2150	0.22	4.77	
	<u> </u>			0.21	4.49	
	0~10			0.15	3.23	
	10~20			0.10	3 70	
架台-05	20~30	2330	2180	0.17	2 92	
(台 5-山-塩)	30~40	2000	2100	0 10	2. 32	
	40~50			0,08	1. 72	
	0~10			0, 29	6, 19	
	10~20			0, 28	6, 00	
架台-06	20~30	2290	2120	0.22	4, 62	
(台 5-海-ひ)	30~40			0.19	4. 11	
	40~50			0.17	3. 52	

± 0 7 1	长心梅里测古姓田 (並及上去)	
衣 Z. I. I	- 瑞化物重測定結果(新名立大橋)	



表 2.7.2 塩分浸透状況(新名立大橋)

2.8 EPMA 分析

2.8.1 実施方法

コア試料を割裂方向に切断し、EPMA 分析により各種劣化因子の浸透状況の可視化を行った。

2.8.2 結果

各種劣化因子の元素に着目し,濃度分布をマッピングした結果を表 2.8.1~2.8.2 に示す。 EPMA 分析結果より作成した元素濃度変化グラフを図 2.8.1~2.8.2 に示す。

	壁高欄-04	壁高欄-05	壁高欄-06
分析面			
中性化深さ (フェノールフタレイン)			
中性化深さ 含浸材浸透深さ (分析元素:C)			
中性化深さ (分析元素 : S)			
塩分量浸透深さ (分析元素:C1)			

表 2.8.1 EPMA 分析(名立大橋壁高欄)

	壁高欄-07	壁高欄-08	壁高欄-09
分析面			
中性化深さ (フェノールフタレイン)			
中性化深さ 含浸材浸透深さ (分析元素 : C)			
中性化深さ (分析元素 : S)			
塩分量浸透深さ (分析元素 : C1)			

	架台-04	架台-05	架台-06
分析面			
中性化深さ (フェノールフタレイン)			
中性化深さ 含浸材浸透深さ (分析元素:C)			
中性化深さ (分析元素 : S)			
塩分量浸透深さ (分析元素:C1)			

表 2.8.2 EPMA 分析(名立大橋近傍暴露供試体架台)



図 2.8.1 壁高欄 5(海側,内側)の元素濃度変化グラフ



図 2.8.2 壁高欄 4(海側,外側①)の元素濃度変化グラフ

第3章 净土洞門1号

3.1 目視調査

3.1.1 実施方法

補修範囲表面を近接目視し,ひび割れや浮き,剥離の有無を確認した。 また,打音調査を行い,断面修復箇所周辺において剥離の有無を把握した。

3.1.2 結果

外観目視による変状図を図 3.1.1~3.1.3 に示す。 確認された主な変状を整理し、表 3.1.1 に示す。

柱 No.	変状状況			
柱 1-3	・Pコン被覆モルタルの浮き			
(プロテクト CIT 塗布)	・ジャンカ			
柱 1-4	・Pコン被覆モルタルの浮き			
(無塗布)	・ジャンカ			
++ 1 5	・Pコン被覆モルタルの浮き			
	・ジャンカ			
(断面修復固所) (プロテクト CIT 塗布)	・コンクリートの浮き			
	・断面補修境界に沿ったひび割れ			

表 3.1.1 目視調査による変状状況



図 3.1.1 変状図(柱 1-3 プロテクト CIT 塗布)







図 3.1.3 変状図(柱 1-5 断面修復箇所, プロテクト CIT 塗布)

3.2 コア採取及び各種分析試験

柱からコア試料を採取し、塩分測定、中性化・撥水深さ測定、EPMA 分析を行った。



図 3.2.1 コア採取及び各種分析試験の概要(浄土洞門)



図 3.2.2 浄土洞門 1 号の対象柱

3.3 中性化深さ測定

3.3.1 実施方法

コア試料の中性深さ測定を行う。

3.3.2 結果

調査結果を表 3.3.1~3.3.2 に示す。

表 3.3.1 中性化深さ測定試験結果(浄土洞門)

	中性深さ(mm)							
試料名	1	2	3	4	5	6	平均值	測定面中の 最大値
浄土-01 (浄土 1-3-1) (プロ テ クトシル CIT 塗布)	7. 8	7. 9	9. 0	6. 0	2. 8	6. 7	6. 7	9. 0
净土-02 (浄土 1-4-1) (無塗布)	6. 1	7. 9	8. 5	9. 1	7. 8	6. 9	7.7	9. 6

表 3.3.2 中性化状況(浄土洞門)



3.4 含浸材の浸透深さ

3.4.1 実施方法

コア試料を割裂し,割裂面を水に浸漬し,撥水している部分の表面からの深さを測定し,含浸深 さとした。

試験方法は、「表面含浸材の試験方法(案)JSCE-K571-2010」の含浸深さ試験を参考に実施した。

3.4.2 結果

調査結果を表 3.3.3 に示す。

 浄土 01 試料の浸漬後状況(塗布)
 浄土 02 試料の中性化状況(無塗布)

 「
 「

 「
 ●

 ●
 ●

 ●
 ●

 ●
 ●

 ●
 ●

 ●
 ●

 ●
 ●

 ●
 ●

 ●
 ●

 ●
 ●

 ●
 ●

 ●
 ●

 ●
 ●

 ●
 ●

 ●
 ●

 ●
 ●

 ●
 ●

 ●
 ●

 ●
 ●

 ●
 ●

 ●
 ●

 ●
 ●

 ●
 ●

 ●
 ●

 ●
 ●

 ●
 ●

 ●
 ●

 ●
 ●

表 3.3.3 浸漬後状況(浄土洞門)

3.5 塩化物量浸透分布

3.5.1 実施方法

壁高欄側面から採取したコア試料を 10 mmごとにスライスして,試料を粉砕し,電位差滴定法に て全塩化物イオン量を測定した。

3.5.2 結果

調査結果を表 3.5.1~3.5.2 に示す。

入 0.0.1 · 查旧份重例之相未 (疗工)/					
計业々	深度	単位容積質量		C1-	
武不十一	(mm)	表乾	絶乾	(mass%)	(kg/m^3)
	0~10		2290	0. 07	1. 58
ン <u>た」</u> 01	10~20			0. 22	5.13
净土-01 (浄土 1-3-1)	20~30	2410		0.14	3.3
	30~40			0. 08	1.79
	40~50			0. 05	1.24
	0~10			0. 07	1.51
ン <u>た I 00</u>	10~20			0. 26	5.92
浄工=02 (海+ 1 <u>-4</u> -1)	20~30	2380	2250	0. 24	5.4
(/尹工 1-4-1)	30~40			0. 15	3. 42
	40~50			0. 07	1.62

表 3.5.1 塩化物量測定結果(浄土洞門)

表 3.5.2 塩分浸透状況(浄土洞門)



3.6 EPMA 分析

3.6.1 実施方法

コア試料を割裂方向に切断し、EPMA 分析により各種劣化因子の浸透状況の可視化を行った。

3.6.2 結果

各種劣化因子の元素に着目し,濃度分布をマッピングした結果を表 3.6.1 に示す。 EPMA 分析結果より作成した元素濃度変化グラフを図 3.6.1~3.6.2 に示す。

フェノールフタレイン溶液および EPMA による中性深さ試験結果						
項目	浄土-01 (浄土 1-3-1)	净土-02 (浄土 1-4-1)				
分析面						
中性化深さ (フェノールフタレイン)						
中性化深さ (EPMA) 分析元素:C						
中性化深さ (EPMA) 分析元素:S						

表 3.6.1 EPMA 分析(浄土洞門)

炭素 (C) に着目した EPMA マッピング結果						
項目	浄土-01 (浄土 1-3-1) (プロテクトシル CIT 塗布)	浄土-02 (浄土 1- 4 -1) (含浸材無塗布)				
分析面						
含浸材浸透深さ (EPMA) 分析元素 : C						
中性化深さ (フェノールフタレイン)						
	塩化物イオン (CI) に着目した EPM	A マッピング結果				
項目	浄土-01(浄土 1-3-1) (プロテクトッル CIT 塗布)	浄土-02 (浄土 1-4-1) (含浸材無塗布)				
分析面						
塩分量浸透深さ (分析元素 : C1)						



図 3.6.1 浄土 01 (プロテクトシル CIT)の元素濃度変化グラフ



図 3.6.2 浄土 02(無塗布)の元素濃度変化グラフ

3.7 現場透水試験

3.7.1 実施方法

表面保護工法の表面撥水効果を確認するために、現場透水試験を行った。

図 3.7.1 に示すチューブ式の試験器を用いて 透水性を把握した。

試験は24時間後の水頭の位置を測定し,設置後2時間までの経時的変化を把握した。

プロテクトシル CIT 塗布面と無塗布面の透水 量を比較した。



図 3.7.1 チューブ式試験器 (リレムチューブ)

3.7.2 結果

調査結果を表 3.7.1, 図 3.7.2 に示す。

-								
測定時期		平成 19 年	平成 20 年	平成 21 年	平成 22 年	平成 23 年	平成 24 年	平成 25 年
		(2007)12 月	(2008)9月	(2009)9月	(2010)9月	(2011)9月	(2012)9月	(2013)11 月
プロテクトシル CIT 塗布後経過期間		塗布後2ヵ月	塗布後1年	塗布後2年	塗布後3年	塗布後4年	塗布後5年	塗布後6年
透水量 (ml)	プロテクトシル CIT 塗布面	0. 05	0. 05	0. 10	0. 10	0. 12	0. 05	0. 22
	無塗布面	0. 50	0. 45	0. 60	0. 50	0. 70	0. 45	0. 41
透水抑制率(%)		90	89	84	80	83	89	46



表 3.7.1 現場透水試験結果

3.8 はつり調査

3.8.1 実施方法

柱のかぶりコンクリートをはつりとり、コンクリート内部の鉄筋のかぶり及び腐食状況を確認した。

3.8.2 結果

調査結果を表 3.8.1 に示す。

公司 16 2 9 副直相未						
柱 1−3 (プロテクトシル CIT 塗布)	柱 1-4 (含浸材無塗布)					
・点錆(小)が確認された(腐食グレードⅡ)	・点錆(中)が確認された(腐食グレードⅡ)					
D25 かぶり 69. 7mm 点輪小 D13 かぷり 69. 7mm 点輪小 1025 かぶり 60. 8mm 点輪小	025 かぶり 74mm 近端山 日本 13 かぶり 25mm 肖健山 日本 13 かぶり 25mm 肖像山					
柱 1-5-① (プロテクトシル CIT 涂布) (補修個所)	柱 1-5-② (プロテクトシル CIT 涂在) (補修個所 _7\7)(割れ部)					
 ・全体的に、点錆(小)が確認された(腐食グレードⅡ) 	 ・鉄筋全体に、表面錆が確認された(腐食グレード皿) 					
・断面修復部と既設コンクリート部の境界に近い鉄筋位置では						
表面錆が確認された(腐食グレード皿)						
D25 かぶり 72. 9mm 満瀬中 小 小 単 単 単 単 の の の の の の の の の の の の の の	D13 かぶり53.5mm 表面飾 に 一 に り 2.5 5.5 1.5 1.5 1.5 1.5 1.5 1.5 1					
腐食グレードⅠ:黒皮, 錆は生じているが, 全体に薄い緻密な錆であり, コンクリート面に錆が付着していることはない 腐食グレードⅡ:部分的に浮き錆があるが, 小面積の斑点状である						
腐食グレード亚:断面欠損は目視観察では認められないが,鉄筋の全周または全長にわたって浮き錆が生じている						
腐良グレートⅣ: 部万的に町山火損を生している 腐食グレードⅤ: 全周にわたり断面欠損を生じている						

表 3.8.1 はつり調査結果

3.9 自然電位測定,腐食速度測定

3.9.1 実施方法

プロテクトシル CIT 塗布前と塗布後の自然電位及び腐食速度を測定し,鉄筋腐食状況を非破壊で 確認した。

3.9.2 測定時の天候

測定時の天候と気温を表 3.9.1 に示す。

測定時期	塗布前	1ヵ月後	6ヵ月後	10ヵ月後	1 年後	2 年後	3 年後
	平成19年	平成19年	平成20年	平成20年	平成20年	平成21年	平成22年
年月	(2007 年)	(2007年)	(2008年)	(2008年)	(2008年)	(2008 年)	(2009 年)
	10 月	11 月	4 月	8月	10 月	9月	9月
天候	晴れ	曇・雨	曇・晴	曇・雨	晴	曇・雨	雲
気温(℃)	18°C	7°C	14°C	23°C	22°C	26°C	27°C
測定時期	塗布前	1ヵ月後	6ヵ月後				
	平成23年	平成24年	平成25年				
年月	(2011 年)	(2012 年)	(2013 年)				
	9月	9月	11 月				
天候	晴	晴	曇・雨				
気温(℃)	24°C	27°C	11°C				

表 3.9.1 測定時の天候と気温

3.9.3 結果

自然電位測定結果を図 3.9.1, 腐食速度測定結果を図 3.9.2 に示す。



図 3.9.1 自然電位測定結果



浄土洞門1号(1-3)P-CIT塗布

図 3.9.2 腐食速度測定結果