

港 湾 技 研 資 料

TECHNICAL NOTE OF
THE PORT AND HARBOUR RESEARCH INSTITUTE
MINISTRY OF TRANSPORT, JAPAN

No. 675 June 1990

鋼管杭の防食工法に関する現地試験
(中間報告)

阿 部 正 美
福 手 勤
山 本 邦 夫

運輸省港湾技術研究所



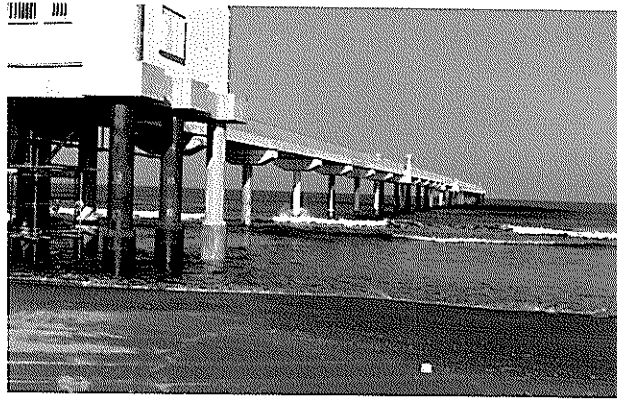


写真-1 棧橋の全景

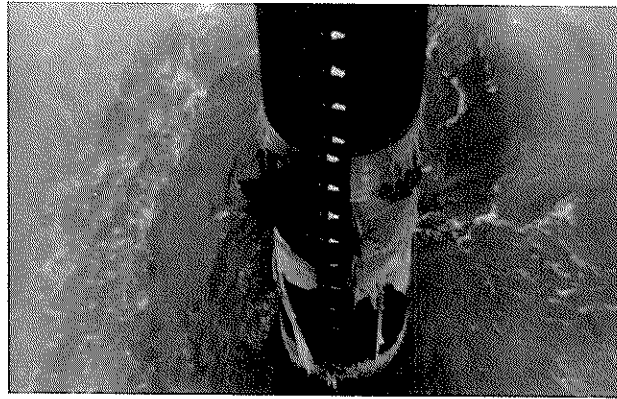


写真-18 保護カバーの破損例(1)

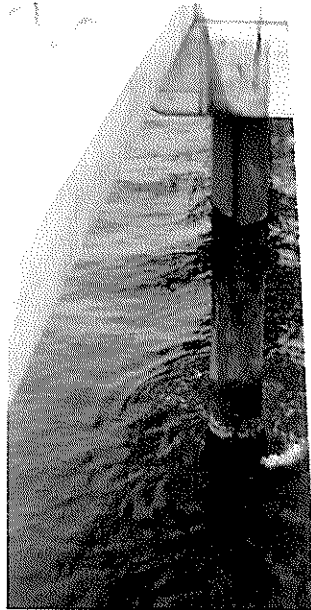


写真-19 保護カバーの破損例(2)

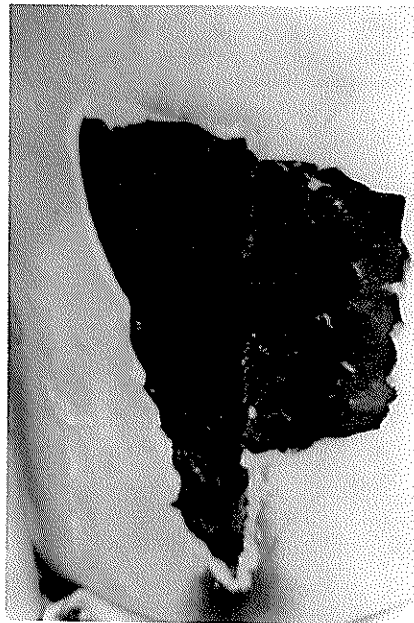
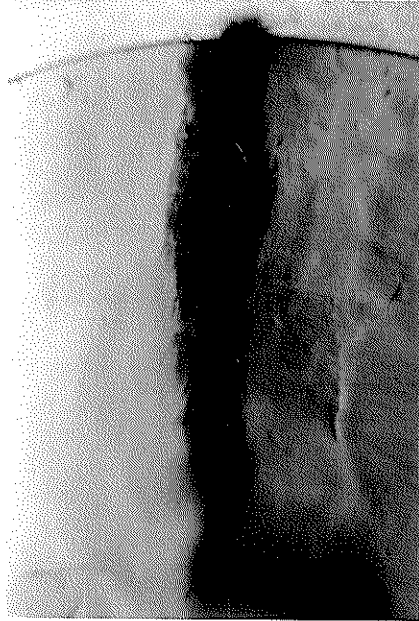


写真-21 水中硬化型ライニング工法のブラケット切断跡部
における発錆および剥離状況（杭 No. 9）

目 次

要 旨	3
1. ま え が き	3
2. 現地試験の方法	4
2.1. 現地試験に用いた栈橋の概要	4
2.2. 試験に使用した被覆防食工法	5
2.3. 電気防食工法の施工および仕様	7
2.4. 施工経過および試験の内容と計画	7
3. 試験結果（中間結果）	10
3.1. 被覆防食工法の施工性	10
3.2. 目視観察結果	11
3.3. 劣化および損傷事例とその補修	11
3.4. 剥離調査結果	15
3.5. 電気防食工法の調査結果	16
3.6. 無防食鋼管杭の肉厚測定および目視観察結果	18
4. ま と め	19
5. あ と が き	20
参 考 文 献	20
付表, 付図, 付録, 写真	21

**Field Exposure Test of Corrosion
Prevention Method for Steel
Piles (Interim Report)**

Masami ABE*
Tutomu FUKUTE**
Kunio YAMAMOTO***

Synopsis

To make clear the long term effects and durability of various kind of corrosion prevention systems for port and harbour steel facilities, a series of large scale field exposure tests have been carried out. In this interim report, handling and execution procedure, specification and exposure results of three or four years are presented.

Major findings are as follows:

(1) In the case of underwater lining, deterioration due to rust and cracking is observed at the cutting marks of scaffolding on the steel surface. It may be from insufficient treatment of steel surface.

(2) In some cases using protective cover, a fixing belt and protective covers are deteriorated. Fixing belts and protective covers must have sufficient strength against external forces such as wave and drift.

(3) Regarding to the systems of protective painting, rust stain at cutting mark are observed in some cases. Sufficient amount of painting thickness is necessary at projection points on steel surface.

Key Words: Exposure Test, Coating, Coating Durability, Marine Environment

* Senior Research Engineer., Structural Engineering Division
** Chief of Materials Lab., Structural Engineering Division
*** Member of Materials Lab., Structural Engineering Division

鋼管杭の防食工法に関する現地試験 (中間報告)

阿部正美*
福手勤**
山本邦夫***

要 旨

各種防食工法の長期間にわたる耐久性および防食効果を明らかにするために現地暴露試験を行っている。

本報告は各種防食工法の施工手順と仕様および試験開始から3～4年暴露後の観察結果等を中間報告としてまとめたものである。試験は継続中であるが、観察結果等から得られた主な点をあげると以下ようになる。

- (1) 水中硬化型ライニング工法においてはブラケット切断跡部からの錆の発生および剥離による劣化が見られた。原因としてはこの部分の下地処理の不十分さが考えられる。
- (2) 保護カバー材を用いた防食工法についてはカバーを固定しているバンドの脱落1件、カバーの破損の事例が2件見られ、保護カバーや固定用バンドは波浪や漂流物の衝突などの外力に対して十分な強度を有する必要があることがわかった。
- (3) 塗装による防食工法ではブラケット切断跡部からの錆の発生が目立った。突起物のある部分への塗装には十分な塗膜の確保が必要であることが確認された。

キーワード：暴露試験、被覆材、被覆材の耐久性、港湾環境

1. まえがき

近年、鋼構造物の腐食および防食に対する問題が大きく取り上げられるようになってきている。特に、港湾鋼構造物の腐食はLWL付近とHWL直上における腐食が他の環境に比べて大きく最も問題となってきた。

一般に、港湾環境における鋼構造物の防食の方法としては海水中、海泥中については電気防食が適用され、干満帯より上部の環境には被覆材による防食が行われる。特に、干満帯より上部の環境への従来の被覆防食工法としては塗装による方法が多く、塗膜の厚さも現在適用されているものに比べ薄く被覆材そのものの耐久性や防食効果もあまり良いものではなかったが、最近では耐久性や防食効果の良いと思われる各種の被覆防食工法の開発が行われてきている。しかしながら、これらの工法を評価するための十分な時間や場所を与えられていないのが現状であった。被覆防食工法の防食効果や耐久性の良い

ことを実証するには、実際の港湾環境において長期間暴露し確認することが最も信頼性の高い評価方法であると考えられるため、各種の防食工法の暴露試験を現地で実施した。現地試験の場所として、鹿島灘に面した茨城県波崎町の海岸観測用栈橋を選び、この栈橋の鋼管杭に各種の防食工法を施工した。現地試験の主な目的は被覆防食工法については防食効果および耐久性であるが、現地における施工性に関する資料を得ることや試験途中に劣化が生じた場合の補修工法の適用性についても検討した。また、一部の鋼管杭には、外海における資料と既設構造物に適用した場合の資料を得るために電気防食工法を実施した。

本報告は暴露後、3～4年経過したものについての中間報告であるため、この現地試験に用いられた防食工法の施工方法および仕様、3～4年経過後の調査結果について報告する。

* 構造部 主任研究官(防食担当)
** 構造部 材料研究室長
*** 構造部 材料研究室

2. 現地試験の方法

2.1 現地試験に用いた栈橋の概要

現地試験に用いた栈橋の正式な名称は波崎海洋研究施設砕波帯観測用栈橋（以下栈橋と呼ぶ）と言い、港湾技術研究所が昭和57年～60年度に建設したものである。この栈橋の主な調査目的は、砕波帯における底質の移動、海底の変形、海浜流などの観測である。場所は図-1に示すように茨城県の鹿島と銚子の間付付近に位置し、海岸線に直角に突き出ている。栈橋の全体図を図-2に、断面図を図-3に示す。図-2中の数字は杭No.を示す。全長427 m、先端の水深は約-5 mである。図-3に示すように直径600～800 mmの鋼管杭の上にコンクリート上部工があり、その上にP C材の桁を乗せている形となっている。また、海岸線ということで、砂の動きが大きいと予想されるので、直径900 mmあるいは1000 mmの磨耗カバー（鋼製、長さ4.5 m）をほとんどの杭の海底面付近に取り付けてある。

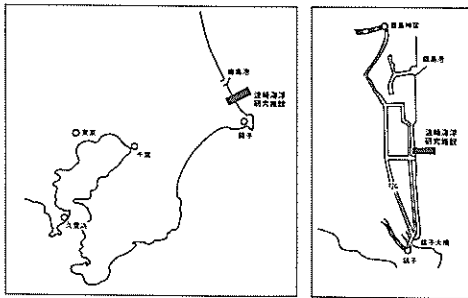


図-1 波崎海洋研究施設の位置図

海象条件はHWLが+1.4 m、HHWL（既往最高潮位）が+2.0 m、設計波高は概算沖波波高で6.3 m、周期は14 sec、潮流の流速は0～50 cm/s程度である。

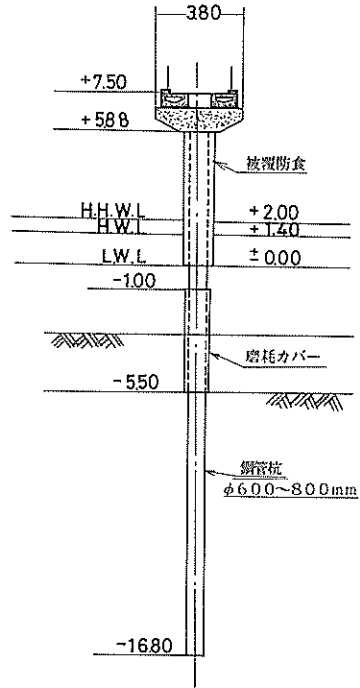


図-3 栈橋断面図

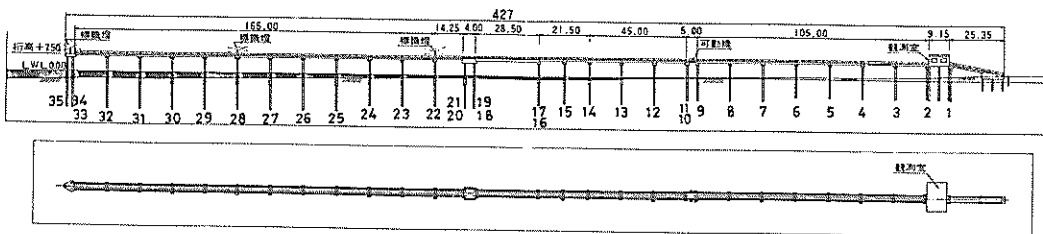


図-2 観測栈橋全体図

- * Fiberglass Reinforced Polyester の略語
- ** Reinforced Concrete System with the Underwater Welding-Stud の略語
- *** Glassfiber Reinforced Cement の略語

写真-1に栈橋の全景を示す。

2.2 試験に使用した被覆防食工法

栈橋として利用されている鋼管杭に各種の被覆防食工法を施工して試験を行った。防食の範囲としては主に±0mから上部のコンクリート上部工下端部までの干満帯～飛沫帯に位置する環境である。ここで試験された被覆防食工法は表-1（塗装系以外）および表-2（塗装系）に示す通りである。表-1に示すように防食系は無機ライニングと有機ライニングに分けられる。無機ライニン

表-1 試験に使用された防食工法および適用杭No

防食系	工法名	杭No
無機 ライニング	セメントモルタル/FRPカバー工法	4, 8, 20
	CRUS工法	29
	GRC補強カバー工法	17
	電着工法	9*, 10*, 11*
有機 ライニング	水中硬化型ライニング工法	5, 7, 9*, 10*, 11*, 15, 18
	防食シート接着ライニング工法	1, 2
	ベトロラタム防食工法	12, 13, 14, 19, 22**
	一体成型防食工法	6, 24, 25
	防食テープ/FRPカバー工法	21
	極厚マスチック防食工法	27, 28
	ポリエチレン被覆工法	31, 32, 33, 34, 35
電気防食	流電陽極法	22**, 23, 26, 30

* 杭No 9～11は電着工法と水中硬化型ライニング工法の併用

** 杭No22はベトロラタム防食工法と電気防食との併用

表-2 観測室下部鋼管杭に塗装した塗装系名と杭No

杭No	塗装系名
K-1	ガラス・フレックポリエステル樹脂塗料
K-2	超厚膜型エポキシ樹脂塗料
K-3	超厚膜型エポキシ樹脂塗料
K-4	ガラス・フレックエポキシ樹脂塗料
K-5	厚膜型無機ジंक・エポキシ・ポリウレタン樹脂塗料
K-6	タール・エポキシ樹脂塗料
K-7	タール・エポキシ樹脂塗料
K-8	ガラス・フレックエポキシ樹脂塗料
K-9	水系厚膜防食塗料・フッ素樹脂塗料
K-10	ガラス・フレックポリエステル樹脂・フッ素樹脂塗料
K-11	湿潤面用エポキシ樹脂塗料
K-12	ガラス・フレック・エポキシ樹脂塗料

グはモルタルやコンクリートで被覆する工法（セメントモルタル/FRP*カバー工法, CRUS**工法, GRC***補強カバー工法）および電着工法の2種類である。この電着工法は防食する鋼管杭をカソード（陰極）として、海水中に離して設置したアノード（陽極）から直流電流をカソードへ流し、海水中のCa++やMg++を化合物として鋼管杭の表面へ付着させて防食する方法である。無機ライニングの各々の工法の概略図を図-4～図-6に示す。なお、CRUS工法は図-5の工法とはほぼ同じであるが、最終的には型枠を取り外した状態となる。

有機ライニングについては保護カバー材を用いるベトロラタム防食工法、一体成型防食工法、防食テープ/FRPカバー工法と直接ライニング材として用いる水中硬化型ライニング工法、極厚マスチック防食工法、ポリエチレン被覆工法等があり、その他に磁性シートを用いた防食シート接着ライニング工法がある。有機ライニングの代表的な工法の概略図を図-7～図-11に示す。

表-3に試験に用いた有機系、無機系の防食工法の代表的な仕様を示す。

観測室下の鋼管杭12本については塗装系について試験した。適用した塗装系の内訳を表-2に示す。適用した塗装系と杭の本数は、タールエポキシ樹脂塗料2本、ガラスフレック入り塗料5本、厚膜無溶剤型塗料5本である。厚膜無溶剤型塗料およびガラスフレック入り塗料はそれぞれ仕様が異なる。塗装鋼管杭のNo.および配置を図-12に示す。

各被覆防食工法の施工および仕様は付表-1～付表-37に示す。また、被覆防食の範囲と被覆層の断面を付図1～付図37に示す。

なお、杭No.3, No.16については防食杭との比較のために無防食で暴露されている。

被覆防食工法の施工の状況を写真-2～写真-15に示

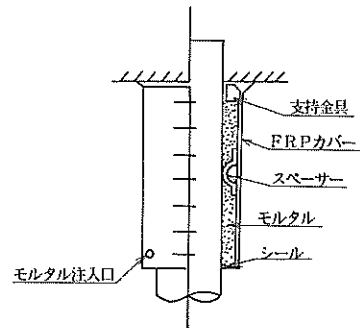


図-4 セメントモルタル/FRPカバー工法の概略図

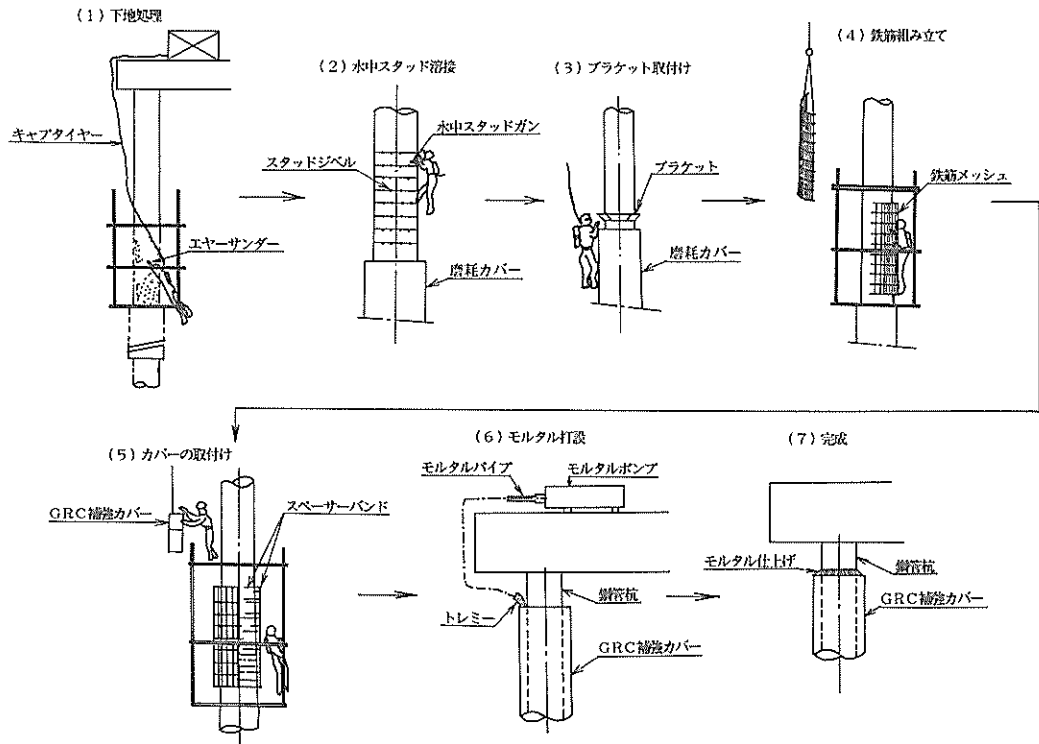


図-5 GRC補強カバー工法の施工手順

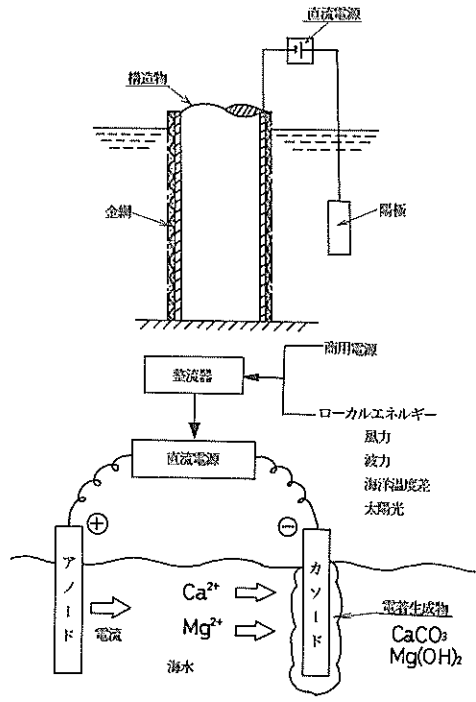


図-6 電着工法の概念図

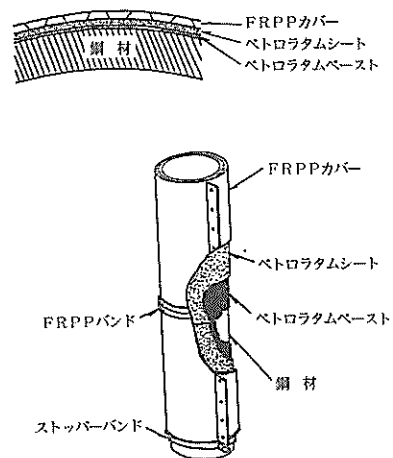


図-7 ペトロラタム防食工法の概略図

す。
 各被覆防食工法を施工する際には、鋼材表面の下地処理はその防食効果に大きく影響するために最も大切な事の一つである。国内外で使用されている代表的な下地処理の規格は SIS 055900 と SSPC (Steel Structure Painting Council USA) がある。一般的な被覆防食と

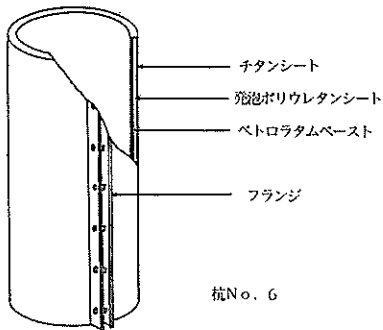


図-8 一体成型防食工法の側面図

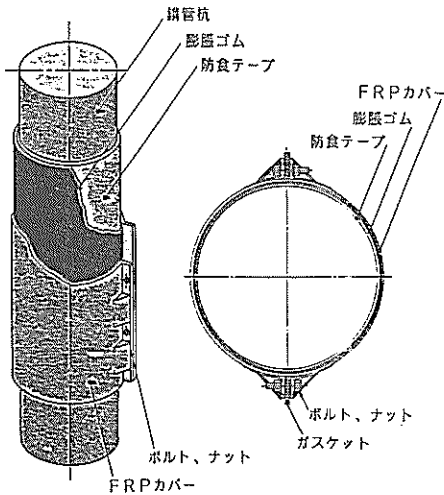


図-9 防食シート/FRPカバー工法の概略図

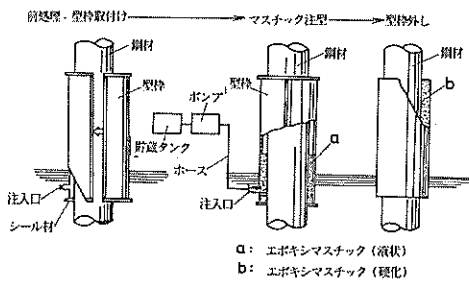


図-10 極厚マスチック防食工法の施工手順

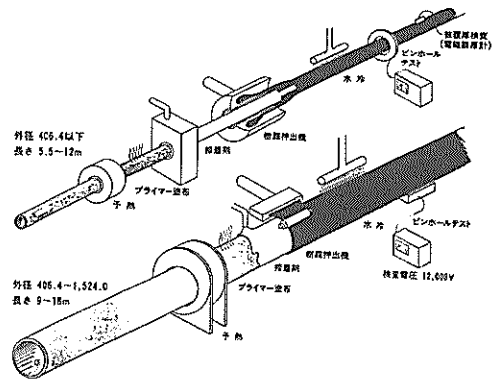


図-11 ポリエチレン被覆工法の作業工程

表-3 試験に用いた防食工法の代表的な仕様

工法名	代表的な仕様
セメントモルタル/ FRPカバー工法	FRPカバーで型枠を作り、その中へポリマーセメントモルタル等を注入する。
C R U S 工法	スタッドガンによりジェルを打設し、配筋、型枠取り付け後、水中コンクリートを打設、硬化後、型枠を取り外す。
GRC補強 カバー工法	スタッドジェルにより配筋を行い、GRCカバーを型枠として、コンクリート等を打設、カバーはそのまま利用。
電着工法	外部電源方式(電気防食)により海水中のCa ⁺⁺ やMg ⁺⁺ をCaCO ₃ 、Mg(OH) ₂ として杭表面へ析出させ無機質の被覆層を作る。
水中硬化型 ライニング工法	水中硬化型の樹脂系塗料(パテ状)を金網等を巻いた上に塗布する。
防食シート接着 ライニング工法	粘着性防食材を塗布した特殊磁性シートを張り合わせ、上塗材としてフッ素樹脂塗料を塗布する。
ペトロラタム 防食工法	ペトロラタムペーストを塗り、その上にペトロラタムシートやテープを取り付け、FRP等のカバーで固定する。
一体成型防食工法	ペトロラタムペーストを塗り、ペトロラタムシート+発泡ウレタンシート+チタンかFRPカバーの一体防食体を取り付ける。
防食テープ/ FRPカバー工法	ゴム系粘着テープを巻き、FRPの内側に膨潤性ゴムを配したカバーで固定する。
極厚マスチック 防食工法	型枠を組み立て、液状のエポキシマスチックを注入し、硬化後、型枠を取り外す。
ポリエチレン 被覆工法	工場ポリエチレン被覆を行う。
流電陽極法	AL合金陽極を取り付け(アノード)、鋼材へ電流を流して防食する。

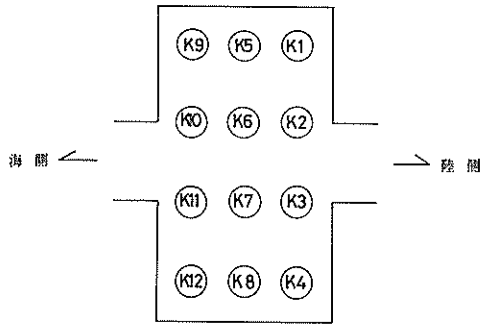


図-12 観測室下部塗装鋼管杭配置図

必要な下地処理の程度は表-4に示す通りである。なお、SISによる下地処理のグレードを表-5に示す。

防食シート接着ライニング工法と水中硬化型ライニング工法のための鋼材表面の下地処理はサンドブラストによる処理が行われ、下地処理の程度はスウェーデン規格のSIS-Sa 2.5~SIS-Sa 2.0（杭 No. 15はSIS-St 3）の程度である。無機ライニングとその他の有機ライニング（ポリエチレン被覆工法は除く）は動力工具や手工具によって主に行われ、下地処理の程度は第2種~第3種ケレンでSIS-St 2~SIS-St 3程度の処理が行われた。写真-16, 17に現地で下地処理を行った例を示す。写真-16は動力工具や手工具を用いて行われた下地処理であり、第3種ケレン（SIS-St 2）程度の処理である。写真-17はサンドブラスト処理を行った鋼材表面で、表面はホワイトメタル状であり、SIS-Sa 2.0程度の処理である。

2.3 電気防食工法の施工および仕様

電気防食工法は流電陽極方式を用いた。電気防食の施工手順ならびに仕様は付表-38に示す。陽極の上部に水中型シャント（50mV, 5A）を図-13のように取り付けて発生電流測定用ケーブルをコンクリート上部工の上部まで立ち上げて端子電圧を測定し、オームの法則より発生電流を求めた。また、電位測定用端子も同様に立ち上げて電位差計に接続し連続的に測定出来るようにした。電気防食工法適用杭は表-1に示すように杭 No. 22, 23, 26, 30の4本である。なお、杭 No. 22についてはベトロラタム防食工法（干満帯および飛沫帯）との併用である。陽極の取り付けは付図-38に示す。

2.4 施工経過および試験の内容と計画

栈橋への被覆防食工法および電気防食工法の施工は昭和58年~61年にわたって行ったが、その大半は昭和59年および60年に施工した。また、観測室下の基礎杭への塗装については昭和60年に施工した。各被覆防食工

表-4 被覆防食に必要な下地処理

被覆防食工法	防食材料	必要な下地処理の程度	
		SIS	SSPC
無機ライニング	モルタルライニング	St 2 以上	SP-2~3
	金属ライニング	St 2	SP-2
	アルミニウム溶射	Sa 2.5 以上	SP-10以上
	ジンクリッチペイント	Sa 2.5 以上	SP-10以上
	エポキシ樹脂塗料	Sa 2.5	SP-10
	タールエポキシ樹脂塗料	Sa 2 以上	SP-6 以上
	ガラスフレーク入り塗料 油性塗料	Sa 2 St 3 以上	SP-10 SP-3 以上
有機ライニング	ポリエチレンライニング	Sa 2.5	SP-10
	レジンモルタルライニング	Sa 2.5 以上	SP-10以上
	FRPライニング	Sa 2.5	SP-10
	厚膜無溶剤型ライニング	Sa 2.5	SP-10
	水中硬化型ライニング	St 3 以上	SP-3 以上
	防食テープライニング	St 2 以上	SP-2~3
	ゴムライニング ベトロラタムテープ	Sa 2 以上 St 2 以上	SP-6 以上 SP-2~3

SIS：スウェーデン規格

SSPC：Steel Structures Painting Council

表-5 SIS 055900による下地処理グレード

処理等級 (ブラスト 清浄)	Sa 0	未処理の表面
	Sa 1	軽いブラスト清浄
	Sa 2	ブラスト清浄、すべてのミルスケール、さび、異物を撤去した灰色表面
	Sa 2.5	非常に注意深いブラスト清浄
処理等級 (研磨ブラシがけ)	Sa 3	白色金属へのブラスト清浄、さびとり後、表面は均一な金属色となる
	St 1	軽いワイヤーブラシがけ
	St 2	硬い金属のスクレーパーによるきざげ仕上げとワイヤーブラシがけ
	St 3	極端なきざげ仕上げとワイヤーブラシがけ、表面は素晴らしい金属光沢を示す

(日本防錆技術協会：防錆技術マニュアル、1978)

法の施工年度を表-6に示す。

試験の期間は10年を予定している。その間、定期的な外観調査を継続して行う。最終的には被覆材をはがして材料の劣化、杭表面の腐食状態を調べる。また、施工後3~5年の中間時点でも、状況に応じて一部の被覆材を切り取り等の剥離調査を行う。定期的な観察は毎年1回6月~7月に海上が平穏な日を選んで行う。観察にあつた

表-6 被覆防食施工年度および補修年度

杭No	工 法 名	S59	S60	S61	S62	S63
1	防食シート接着ライニング工法		施工			
2	防食シート接着ライニング工法		施工	○		○
4	セメントモルタル/FRPカバー工法		施工			
5	水中硬化型ライニング工法		施工			○
6	一体成型防食工法		施工			
7	水中硬化型ライニング工法		施工			
8	セメントモルタル/FRPカバー工法		施工			
9	水中硬化型ライニング工法, 電着工法			施工	○	
10	水中硬化型ライニング工法, 電着工法			施工		
11	水中硬化型ライニング工法, 電着工法			施工		
12	ペトロラタム防食工法	施工			○	
13	ペトロラタム防食工法	施工			○*	
14	ペトロラタム防食工法	施工	○		○	
15	水中硬化型ライニング工法		施工			
17	G R C 補強カバー工法		施工			
18	水中硬化型ライニング工法	施工				
19	ペトロラタム防食工法	施工				
20	セメントモルタル/FRPカバー工法	施工				
21	防食テープ/FRPカバー工法	施工				
22	ペトロラタム防食工法, 電気防食工法	施工				
23	電気防食工法	施工				
24	一体成型防食工法	施工	○			
25	一体成型防食工法	施工	○			
26	電気防食工法	施工				
27	極厚マスチック防食工法	施工			○	
28	極厚マスチック防食工法	施工			○	
29	C R U S 工法	施工				
30	電気防食工法	施工				
31	ポリエチレン被覆工法	施工	○	○	○	
32	ポリエチレン被覆工法	施工	○	○	○	
33	ポリエチレン被覆工法	施工	○	○	○	
34	ポリエチレン被覆工法	施工	○	○	○	
35	ポリエチレン被覆工法	施工	○	○	○	

○：補修した杭と年度

*：劣化はなかったがNo14と合わせてカバーを交換した。

No 9～11の電着工法についてはS58年に通電を行った。

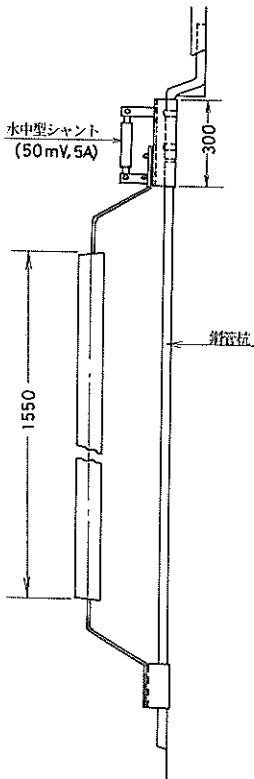


図-13 発生電流測定用
水中シャントの取
付け状況

っては栈橋上部より足場を吊り下げ、そこから杭表面の
写真撮影および目視観察を行う。また、付着物の付着し
た部分についてはその一部を除去して表面状況を合わせ
て観察する。ペトロラタム防食工法のように保護カバー

を取り付けている工法のものについては、カバーの割れ
やカバーを締めつけているボルト、ナットおよびバンド
の緩み等を調査する。その他にコンクリート上部工下端
部と被覆材が接触する部分からの劣化が起りやすいこ

とが考えられるため、この部分についても念入りに観察を行う。電気防食工法については電位、電流を定期的に測定する。

被覆材が損傷を受けたり、あるいは放置しておくことで劣化が進行すると思われるような剥離等が生じた場合は補修する。補修にあたっては、補修前の状態を記録するとともに、補修の施工記録を残す。

無防食の杭（杭 No. 3, 16）については肉厚測定および目視観察を実施する。

3. 試験結果（中間結果）

現地試験は10年計画であるため、現在は途中段階であるが、これまでに得られた試験結果を以下に述べる。

3.1 被覆防食工法の施工性

本試験における施工実績より各被覆防食工法の現地における施工性について検討した。

(1) 無機ライニング

本試験に適用されたものとしては表-1に示すように(a)モルタル/FRPカバー工法、(b)スタッジベル付鉄筋コンクリートのCRUS工法、(c)GRC補強カバー工法（スタッジベル付き鉄筋モルタル）のモルタルやコンクリートを用いた3種類と、(d)電着工法を施工した。(b)と(c)は単に防食のみでなく、鉄筋コンクリートとして断面補強に適用される工法である。モルタルライニングは施工実績が多いが、スタッジベルを用いる方法は最近の工法である。現地は港内のように平穏ではなく激しい波が鋼管杭に打ち当たる状態であったが、特に施工上での問題はなかった。電着工法は電流量の大小により生成する化合物の組成に変化が生じるといわれている¹⁾ので、電流量の調整が最も大切である。また、電着物の均一性をはかるために電極の配置などを検討する必要がある。ここでは陽極（アノード）に鋼材を利用したが特に問題になるようなことはなかった。

(2) 有機ライニング

a) 水中硬化型ライニング工法

この工法Iには①刷毛で塗るペイントタイプ、②コテ塗りあるいは手で塗りつけるパテタイプ等がある。パテタイプの中には鋼材との付着性を良くし、硬化までの養生期間に波浪による剥離を防ぐために金網を張って施工したものもある。施工において最も注意しなければならないことは下地処理である。下地処理は一部のものを除いてほとんどサンドブラスト処理された。また、ブラケットの切断跡のように鋼材表面が平滑でない箇所への施工は十分注意が必要である。施工がうまくないと塗膜厚が

一様ならず、早期劣化へとつながる。さらに、下地処理後、なるべく早く被覆する事が大切である。一部のものに施工性に若干の難点が見られたものの、おおむね施工性は良好であった。

b) 防食シート接着ライニング工法

この工法は特殊磁性シートへ接着剤を塗り付けて鋼材表面へ順次貼っていく方法をとるために、鋼材表面とシート間の密着性をよくするために気泡が入らないように注意しながら施工する必要がある。また、波の影響などによりシートが剥がされないように接着剤が硬化するまでテーピングするなどの固定も必要である。施工性については問題なかった。

c) ベトロラタム防食工法および一体成型防食工法

これらの工法では防食処理後、保護カバーを用いる①ベトロラタムを含浸させたテープを巻き付けるタイプやベトロラタムを含浸させたシートを張り付けるタイプ（ベトロラタム防食工法）②予めベトロラタムから保護カバーまでを一体としておき、それを張り付けるタイプ（一体成型防食工法）がある。施工にあたってはテープの巻き付けやシートの張り付け時に水を巻き込まずに鋼材表面へ良く密着するように丁寧に施工する必要がある。保護カバーの取り付けには、カバーと防食層のあいだに空隙が出来ないように注意が必要であり、カバーの固定に用いられるボルト、ナットの締め付けも十分に行う必要がある。また、カバーでは上下のカバーの継ぎ目部分が弱点となるために、ラップさせるかベルトをかける等の配慮が必要である。

なお、防食テープ/FRPカバー工法についてもベトロラタム防食工法と同様な施工時における注意が必要である。

現地における施工性については特に問題になるようなことはなかった。

d) 極厚マスタック防食工法

この工法は液状のエポキシマスタックを型枠内に充填するが、セメントモルタル/FRPカバー工法と同様に型枠内へのマスタックの充填に際しては気泡等が入らないように注意して施工する必要がある。また、打ち継ぎ目へのエポキシ充填剤（パテ状）の充填は念入りに行うことが大切である。施工性についての問題はなかった。

e) ポリエチレン被覆工法

この被覆防食工法は工場で作品として作られるために現地での施工性についての問題はない。しかし、被覆されている杭を打設することから、打設時に被覆面を傷つけないように注意する事が重要である。

f) 塗装

各種の仕様の塗装を施工した。施工に際しては水中硬化型ライニング工法と同様な注意が必要である。塗装は観測室下の杭に施工したが、波の影響により一部のものに塗膜の硬化する前に波を直接受けたため、施工をし直したものがあつた。

3.2. 目視観察結果

目視観察調査は毎年、主に6月～7月に海上が平穏な日を選んで実施した。

観察結果より、特に目立った点は保護カバーの損傷と水中硬化型ライニング工法における発錆、剥離であつた。

水中硬化型ライニング工法においては、ブラケットの切断跡からの錆汁の発生や点錆が認められるものやコンクリート上部工下端部からの錆汁の発生がみられる杭が多く、暴露2年目の観察において杭8本中、7本の杭にコンクリート上部工下端部からの錆汁が認められた。また、ブラケット切断跡からの錆汁、点錆の発生は杭8本中、6本に見られた。施工時において施工性が悪かつたのか、被覆材の密着性が良くない所からの発錆や+4m付近に大きく塗膜が剥離したものも見られた。他に防食シート接着ライニング工法では暴露期間半年程度でパテシール部に錆の発生や防食シートの受きが認められた。

極厚マスチック防食工法ではコンクリート上部工下端部からの錆汁が暴露後1.8年の観察で認められた。2.8年の観察においてはマスチック接合部は当初、水中硬化型のエポキシ樹脂のパテで充填を行うが、その充填部のパテの剥離が見られた。

保護カバーを用いた無機ライニングについては現在のところ異常は認められておらず良好な状態であつた。

保護カバーを用いた有機ライニングの内、一体成型防食工法においては暴露1年後に保護カバーの損傷が認められた。防食テープ/FRPカバー工法においてはコンクリート上部工下端部からの錆汁の発生と暴露3年目でカバー接合部のパッキンの破損が見られた。ペトロラタム防食工法ではカバー固定用バンドの発錆、カバーの破損が一部に見られた。

CRUS工法は鉄筋コンクリートによる防食法であるが現在までに劣化は認められていない。

ポリエチレン被覆工法は現在のところ劣化らしい劣化は見られない。なお、ポリエチレン被覆工法では後述するように、ポリエチレン被覆部の一部を剥がして、その部分を実際に現場で補修したが、補修部分については施工性があまり良くなく、昭和60年～62年の間毎年補修方法を変えている。

塗装による観察結果では暴露期間0.5年で12本の杭のうち5本に錆による劣化が見られた。錆の発生の大部分

はブラケット切断跡部からであつた。暴露期間1.5年では超厚膜型エポキシ樹脂塗料を除き、他の塗装系に劣化が見られた。劣化はブラケット切断跡部からの発錆、コンクリート上部工下端部からの錆汁である。暴露期間2.5年では1.5年とほぼ同じ劣化の状況であり、錆による劣化の進行はわずかであつた。

3.3. 劣化および損傷事例とその補修

目視観察により劣化、損傷の事例が認められたもので、そのまま放置すると鋼材の腐食に影響を及ぼすと考えられるものについては劣化、損傷の状態を記録した後、補修を行った。

以下に劣化、損傷の事例を説明し、併せて補修方法について記す。劣化や損傷が発生し、補修を行った杭については補修年度を表-6に、補修の概要を表-7にそれぞれ示す。

(1) 保護カバーの損傷例(杭No.14)

ペトロラタム防食工法のカバー(厚さ1.5mm)が引き裂かれたもので、その部分に流木等の衝突したと思われる傷があつた(写真-18)。補修は当初と同じFRVカバーをつけ直して補修したが(0.8年目)、その後も同様な損傷を受けた(3年目)ので、高強度の高密度ポリエチレンカバー(厚さ5mm)に取り替えた。その後、1年経過した時点では異常は見られない。図-14～図-16に損傷箇所を示す。また、ポリエチレンカバーの縦方向の固定については図-17に示すように端部から通電用リード線を取り、カバーを重ね合わせて、電気を通しポリエチレンを溶着、固定する補修を行った。横方向の固定にはステンレス製のバンドが用いられた。なお、当初、同一の施工をした杭が他に1本あり、カバーの損傷等は認められなかったが補修したものと同一の工法に変えている(杭No.13)。

(2) 保護カバーの損傷例(杭No.24,25)

一体成型防食工法のFRPカバーが引きちぎれ、脱落したものである。最初の兆候としては、施工後一冬越した時点でフランジ脇に亀裂らしい筋が観察されたが、その後しばらくして写真-19に示すようにカバーが脱落しているのに気付いた。保護カバーの防食層も脱落しており鋼材表面は錆に覆われていた。脱落したカバーは行方不明であるため原因の特定は困難であるが、原因として次のことが考えられる。まず、現地は波が荒いにもかかわらず、カバーの厚さが3mmで強度的に不足していたこと、特にフランジ部は厚さ4mm～5mm、幅80mmで薄すぎたことと幅が広いために波による繰り返し応力を受けて基部に疲労亀裂が生じたこと(図-18)である。さらに各段のカバーの継ぎ目はFRPのバンドで止

表-7 防食補修一覧表

杭No	工 法 名	損 傷 お よ び 補 修	補修施工年月
2	防食シート接着ライニング工法	海側+1.94 m付近防食シートの浮き, 陸側+2.3 m 付近の打傷, 同一材料により補修	S・61・6 (0.6 yr)
		+1.94 m~+3.48 m 全周にわたり防食シートのハクリ, 同一材料にて補修	S・63・7 (2.6 yr)
5	水中硬化型ライニング工法	ブラケット跡部からの割れ, 発錆, 塗膜を除去し, SIS・St2 の表面処理, 同一材料で補修	S・63・7 (2.8 yr)
9	水中硬化型ライニング工法	中間部(主に海側)に塗膜のハクリ, 点錆, 同一材料により補修	S・62・6 (1 yr)
12	ベトロラタム防食工法	カバー接続部バンドの脱落(2本) 同一材料を再取り付け	S・62・6 (3 yr)
13	ベトロラタム防食工法	損傷等は無かったが, No14と同一工法のため, No14と同じに PEカバーに交換	S・62・6 (3 yr)
14	ベトロラタム防食工法	中間部 FRV カバーの破損, 同一カバーにより交換, 補修	S・60・4 (0.8 yr)
		中間部 FRV カバーの破損, PE カバーに交換, 補修	S・62・6 (3 yr)
24	一体成型防食工法	中~下部にかけてカバーの破損, 寸法, 厚みをかえて補修	S・60・7 (0.8 yr)
25	一体成型防食工法	中~下部にかけてカバーの破損, 寸法, 厚みをかえて補修	S・60・7 (0.8 yr)
27	極厚マスチック防食工法	下段接合部のパテ充填箇所のハクリ, ハクリ部へ同一パテを充填, 補修	S・62・6 (3 yr)
28	極厚マスチック防食工法	下段接合部のパテ充填箇所のハクリ, ハクリ部へ同一パテを充填, 補修	S・62・6 (3 yr)
31	ポリエチレン被覆工法	補修部分をシュリンクチューブにより融着	S・59・6
		密着不良のためKシート+CBテープ巻きに変える	S・60・7
32	ポリエチレン被覆工法	密着不良のためKシート+CBテープ巻きで, 下部をPEバンドで固定	S・61・6
		PEバンド以外密着不良のため, PEバンドをやめてFRPカバーとする	S・62・7
33	ポリエチレン被覆工法	補修部分をシュリンクチューブにより融着	S・59・6
		密着不良のため, Kシート巻き融着とする	S・60・7
34	ポリエチレン被覆工法	密着不良のため, Kシート巻き融着として下部をPEバンドで固定	S・61・6
		PEバンド以外密着不良のため, PEバンドをやめてFRPカバーとする	S・62・7
35	ポリエチレン被覆工法	PEバンド以外密着不良のため, PEバンドをやめてFRPカバーとする	S・62・7

* 杭No 31 ~ 35 については, あらかじめ補修部分を作りその部分の補修である。補修年月の項のカッ内は暴露期間を示す。

めていたが, このバンドでは十分でなかった事が考えられる。従って, 以上の事項を考慮して次のように補修した。カバーの厚さを4 mm (フランジの根元は12 mm), フランジ部は厚さ15 mm, 幅を60 mm, バンドは鋼製(重防食塗装)とした。カバーの下の緩衝層の厚さ(当初10 mm)は厚すぎるとかえってカバーが伸縮しやすく疲労を促進させる点を考慮して5 mmに薄くした。

(3) 防食シート接着ライニング工法の発錆および剥離(杭 No. 2)

この杭の+1.9~+3.1 m間には表面に銅箔が貼られ

ている。この銅箔の接着不良と思われる浮きが地盤面直下で見られた(海側)。また, 陸側中間部(防食シート)に打ち傷が認められた。この杭は栈橋の根元に位置するため砕けた波や流砂が被覆材に直接当たるために, 沖合よりもかなり過酷な環境であると考えられる。銅箔の剥離は施工後1年で起こったが, 補修後も再度発生している。劣化, 補修箇所を図-19に示す。補修は同じ施工で行われた。写真-20に剥離, 発錆の状況を示す。

(4) 水中硬化型ライニング工法の発錆および剥離(杭 No. 9)

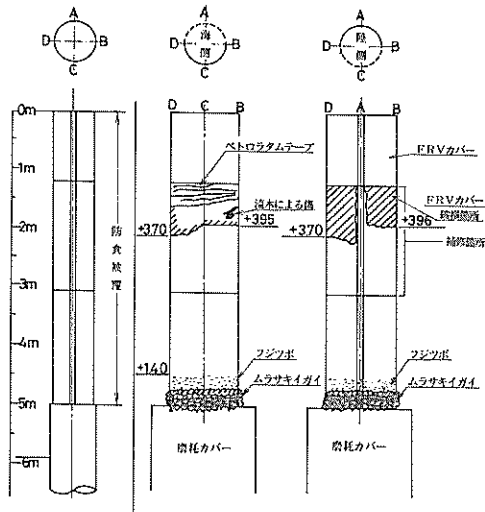


図-14 ペトロラタム防食工法（杭No.14）の
破損および補修箇所（0.8 yr）

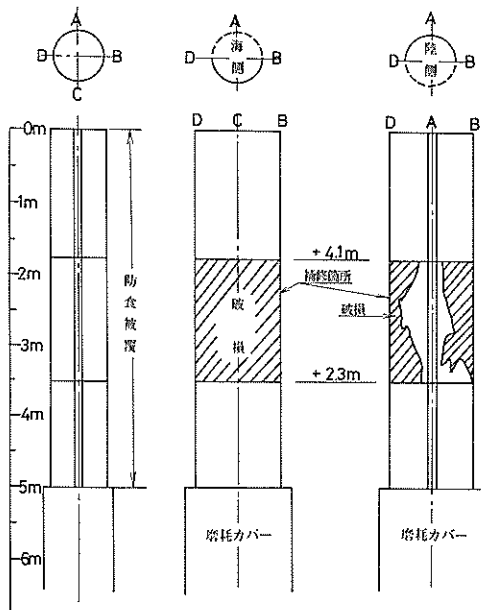


図-15 ペトロラタム防食工法（杭No.14）の
破損および補修箇所（3 yr後）

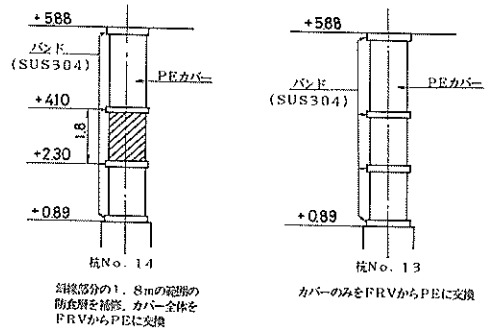


図-16 ペトロラタム防食工法（杭No.13,14）
の補修箇所

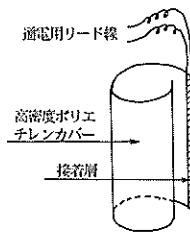


図-17 PEカバーの溶着方法

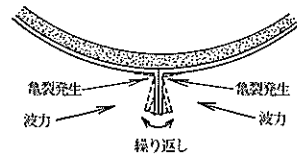


図-18 保護カバー基部の状況

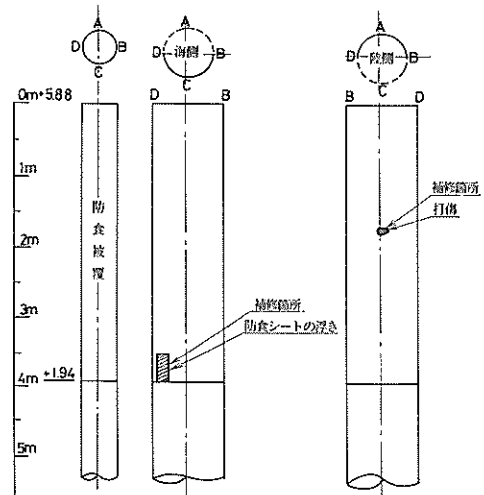


図-19 防食シート接着ライニング工法（杭No.2）
の補修箇所

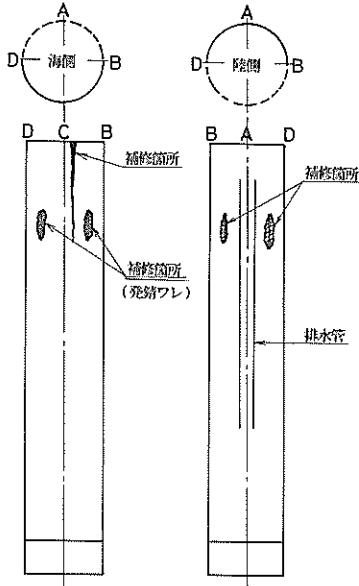


図-20 水中硬化型ライニング工法 (杭 No.5) の補修箇所

鋼材のブラケット切断跡に施工後まもなく発錆が認められ、その後、発錆部分が進行し、施工してから1年後に塗膜に割れが生じた。写真-21は3年後の状態である。割れの発生している周辺の塗膜には浮きが見られた。その部分の塗膜を剥離してみると、写真-21の下の写真に示すように鋼材表面は広い範囲で錆ていた。ブラケット切断跡付近の下地処理が不十分であったことと、その部分の塗膜が薄かったためと考えられる。補修は同じ施工で行われ、下地処理、膜厚に十分注意して補修施工された。補修の箇所は図-20に示す。

(5) 極厚マスチック防食工法のパテ充填部の充填不良と剥離 (杭 No. 27, 28)

この工法の打ち継ぎ目の部分へはマスチック材と同じ材料のパテ材を充填し、被膜防食を完成させるが、パテ充填部に施工後2.8年の調査時点でわずかな剥離が認められた。原因としてはパテ材の充填施工が不十分であったことと、硬化前に波の影響でパテ材の密着不良が生じたものと思われる。補修は従来と同じ材料で行われた。補修箇所は図-21の通りである。

(6) ポリエチレン被覆工法の補修 (杭 No. 31~35)

工場施工のポリエチレン被覆工法については、現地で人為的に作った補修部分の耐久性、防食効果を検討することを目的としている。補修の作業状況を写真-22に示す。その後、表-7に示すように補修部分の密着不良等により毎年(昭和62年まで)補修作業を行った。図-22

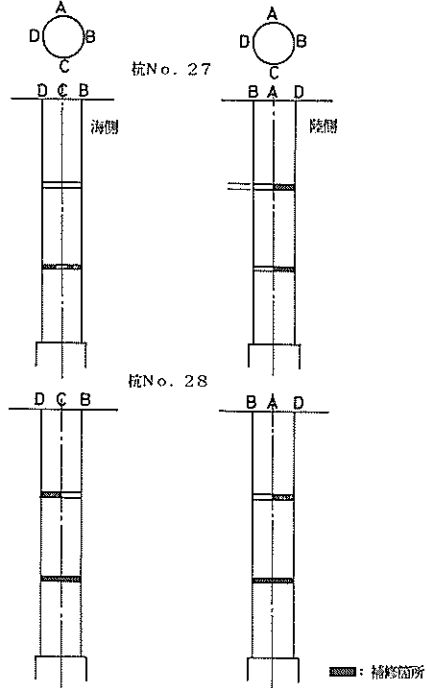


図-21 極厚マスチック防食工法 (杭 No. 27, 28) の補修箇所

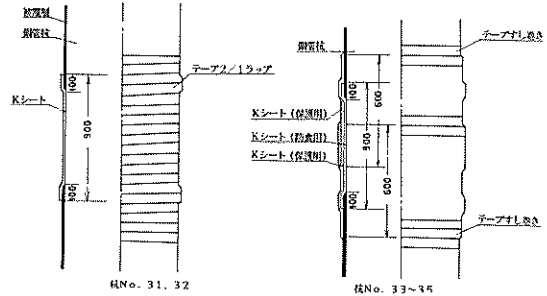


図-22 昭和60年補修施工要領図 (ポリエチレン被覆工法)

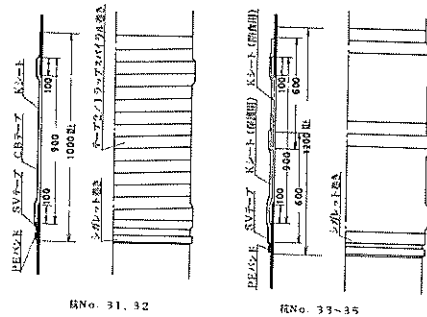


図-23 昭和61年補修施工要領図 (ポリエチレン被覆工法)

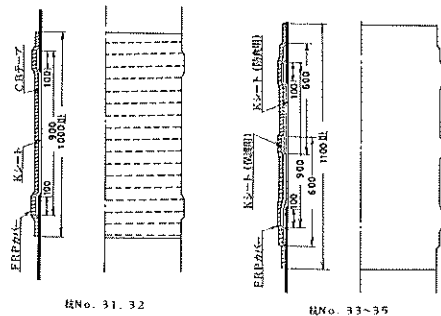


図-24 昭和62年補修施工要領図
(ポリエチレン被覆工法)

～図-24に毎年行った補修施工図を示す。昭和62年以降約2年経過しているが、補修部分には特に異常は見られない。

3.4. 剥離調査結果

昭和63年度調査時において目視観察調査を実施するとともに、被覆防食工法を施工した杭33本中18本について剥離調査を実施した。調査の実施内容等については表

-8に示す。

水中硬化型ライニング工法においては、被覆材を剥離した鋼材表面の素地状態は一樣に金属感を呈し、良好な防食状態であった。

ペトロラタム防食工法については、施工後約4年経過したものについて保護カバーを取り外し内部状況を調査した。鋼材表面は写真-23に示すようにペトロラタムペーストが十分付着しており、錆等は認められず良好な状態であった。

セメントモルタル/FRPカバー工法については、保護カバーを切断し内部のモルタル(ポリマーセメントモルタル)からコアを採取し、モルタルの中性化や塩素イオンの浸透等を調査したが、中性化や塩素イオンの浸透は認められなかった。鋼材表面の素地状態は写真-24に示すように施工時と同じで、良好な状態であった。

電着工法については電着層の形成後、通電を停止したのち約5年の間、数度にわたって電着物を剥離してみた。写真-25、26に電着層表面(一部剥離してある)および電着物の断面を示す。剥離跡の鋼材表面に錆は見られず、

表-8 ハクリ調査工法名と実施項目

工 法 名	杭 No	暴 露 期 間 (yr)	実 施 項 目								
			目 視 観 察	付 着 強 度	圧 縮 強 度	曲 げ 強 度	保護カ バーの 開 放	中性化	塩素イ オンの 浸透深さ	PH	含水率
防食シート接着ライニング工法	1	2.6	○								
セメントモルタル/FRPカバー工法	4	2.9	○	○	○	○		○	○		
	8	2.9	○	○	○	○		○	○		
水中硬化型ライニング工法	5	2.8	○								
	9	2.0	○	○							
	10	2.0	○	○							
	11	2.0	○	○							
	15	2.8	○	○							
ペトロラタム防食工法	19	4.0	○					○	○		
	22	4.0	○					○	○		
セメントモルタル/FRPカバー工法	20	3.9	○							○	
防食テープ/FRPカバー工法	21	3.9	○								○
一体成型防食工法	24	3.0	○					○			
極厚マスチック防食工法	27	4.0	○	○							
	28	4.0	○	○							
グラスフレックエポキシ樹脂塗料	K-4	2.5	○	○							
	K-8	2.5	○	○							

○：実施したものを示す。

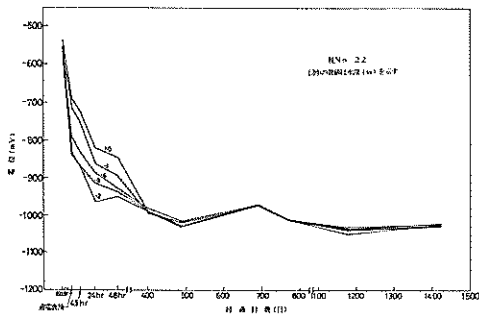


図-25 電位変化測定 (1)(by SCE. EL)

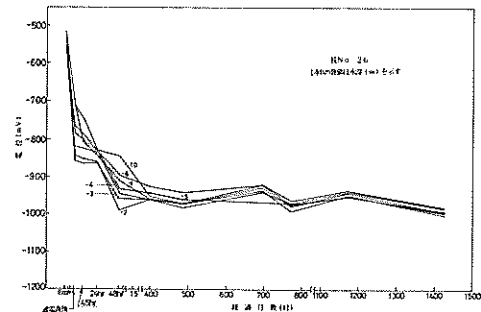


図-27 電位変化測定 (3)(by SCE. EL)

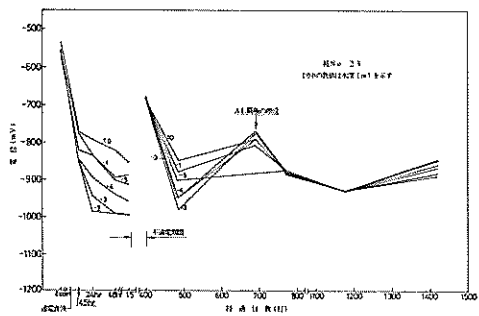


図-26 電位変化測定 (2)(by SCE. EL)

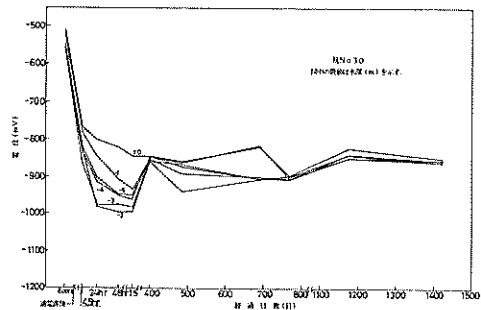


図-28 電位変化測定 (4)(by SCE. EL)

電着層にも脱落や磨耗は現在のところ見られていない。
塗装施工した杭のうち、杭 No. K-4, K-8 について塗膜の密着力試験等を行ったが、素地状態や密着力は良好であった。

3.5. 電気防食工法の調査結果

電気防食工法を実施した杭は杭 No. 22, 23, 26, 30 の4本である。このうち、杭 No. 22 はベトロラタム防食工法との併用である。調査ではまだ電気防食を行っていない時点での自然電位の測定、電気防食実施後の電位測定および発生電流測定が行われ、発生電流から防食電流密度を計算して整理した。

(1) 電位測定結果

電位の測定結果を図-25～図-28に示す。電気防食を実施する前の杭の電位は SCE 基準(飽和甘汞電極)で $-510 \text{ mV} \sim -580 \text{ mV}$ 程度の値を示した。通電開始時の電位は $-690 \text{ mV} \sim -856 \text{ mV}$ 程度で陽極付近では通電開始と同時に防食電位 (-770 mV , SCE 基準) より卑な値になるが、防食対象全域が防食電位以下に分極するには24時間程度を要している。通電開始後(48 hr)では $-817 \text{ mV} \sim -996 \text{ mV}$ に分極しているが、測定する時の波の状況によって $40 \text{ mV} \sim 100 \text{ mV}$ 程度電位が変動

する。電位が大幅に変動する理由は電気防食が始まったばかりで、まだ石灰質被膜(エレクトロ・コーティング)等が生成されていないためと考えられる。約400日経過後の電位の状況は杭 No. 23(シャント抵抗の破損)を除いて $-845 \text{ mV} \sim -996 \text{ mV}$ 程度の値を示しており良好な防食状態が得られている。なお、シャント抵抗の破損により不通電状態であった杭 No. 23の電位は -685 mV 程度の値を示していた。その後、シャント抵抗の修理を行ってからは $-800 \text{ mV} \sim -900 \text{ mV}$ 程度に分極が進み、安定状態を維持している。また、2～3年経過後の電位測定結果では、各杭の電位は $-800 \text{ mV} \sim -1000 \text{ mV}$ 程度の値を示しており良好な防食状態である。杭 No. 22の電位が770日以降 $-1000 \text{ mV} \sim -1050 \text{ mV}$ と他の杭に比較して卑な値を示しているが、この理由は干満帯に被覆防食(ベトロラタム防食工法)が施されているためである。なお、杭 No. 30の電位が若干貴な値を示しているが、これは電気防食開始時の水深(-4.4 m)より深くなったことに起因しているものと思われる。図-29は1年間栈橋の断面地形を測定した値を重ね合わせた図である²⁾が、図に見られるように地形は常に一定ではなく変動していることが分かる。その結果、水深の変動により、

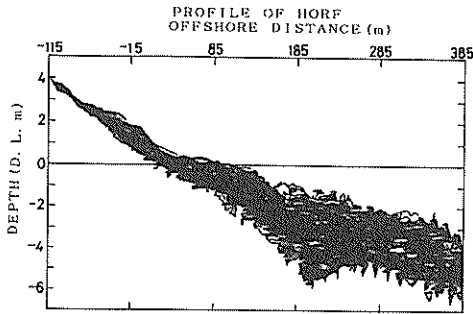


図-29 栈橋の断面地形の変化状況

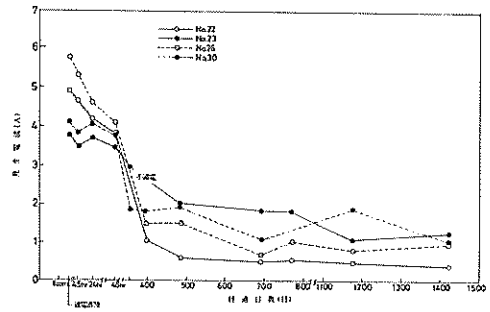


図-30 陽極の発生電流の経時変化

表-9 陽極の発生電流測定結果 (mA) および有効面積当りの電流密度 (mA/m²)

杭 No	取付 水深 (m)	経 過 期 間 (日)													
		通電直後	4.5hr	24hr	48hr	15	16	396	399	482	485	690	770	1176	1422
22	-1	4900 304.7	4650	4200 261.2	3850 239.4				1050 65.3		600 37.3	500 31.1	530 33.0	500 31.1	390 24.3
23	-1	3800 203.4	3500	3730 202.4	3470 185.8	2980 159.5	2150 115.1	0* 0		2030 108.7		1850 99.0	1830 98.0	1100 58.9	1270 68.0
26	-2	5750 255.6	5300	4600 204.0	4100 182.2				1480 65.8		1500 66.7	700 31.1	1030 45.8	800 35.6	970 43.1
30	-1	4100 183.5	3850	4060 181.7	3810 170.5	1860 83.8	2370 106.1	1830 81.9		1930 85.0		1100 49.2		1900 85.0	1060 47.4

* シャント破損、不通電 上段の数値が発生電流値、下段の数値が電流密度を示す。

海水中に露出する鋼材の表面積が変わると防食電位も変化するようである。

(2) 陽極の発生電流測定結果

陽極の発生電流の測定は、陽極芯金と取り付け金具間に挿入した水中型シャント抵抗 (10 mΩ) の端子電圧を測定し、オームの法則により陽極の発生電流を求めた。発生電流の経時変化は図-30および表-9に示す。陽極の発生電流も電位変化と同様に時間の経過とともに減少している。通電直後では3.8 A～5.7 A程度の電流が流れていたが、396日～399日経過後では杭No.23を除き1.05 A～1.83 A程度に減少した。482日～485日経過の値は0.6 A～1.9 A程度の値であり、ほとんど変化が見られないことから図-31に示すような定常値に近くなってきたものと考えられる。なお、杭No.22に取り付けてある陽極の発生電流が他の杭よりも小さい理由としては、干満帯への被覆防食による効果の現れと考えられる。すなわち、干満帯を被覆材で被覆することは干満帯へ流入する電流を低減することが出来るからである³⁾。

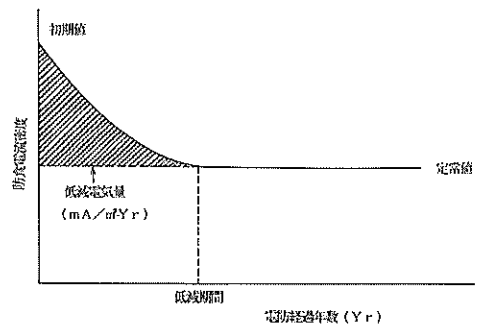


図-31 電気防食による発生電流の低減状況図

(3) 防食電流密度

防食電流密度の経時変化を図-32に示す。図-32を見ると、通電開始直後の電流密度は183.5～304.7 mA/m²と非常に高い電流密度を示している。482日～485日経過後では杭No.23を除き、37.3～85 mA/m²程度の値を示しており定常電流密度に近い値を示している。3年後(1176日)の測定結果では杭No.22,26は31～36

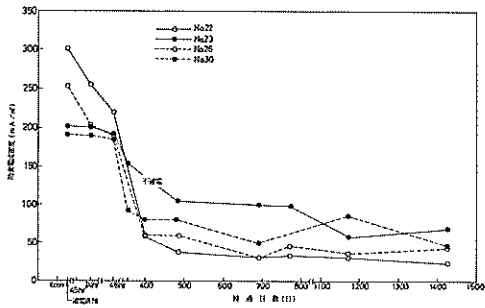


図-32 防食電流密度の経時変化

mA/m² の値を示し、ほとんど変動がなくなっている。杭 No.23の電流密度は低減傾向にあり、定常電流密度 (55 mA/m²) より若干大きい 58.9 mA/m² となっている。また、杭 No.30の電流密度はやや上昇傾向にあるが、この原因は海底面の変化で有効面積が増加したことによるものと考えられる。

現在までの試験結果によると初期の防食電流密度が大きい程、低減量も大きく、逆に初期の防食電流密度が小さい程、低減量も少なくなっている。

3.6. 無防食鋼管杭の肉厚測定および目視観察結果

(1) 肉厚測定結果

杭 No.3 と No.16 については、防食施工している杭との比較を目的とするために、無防食状態で暴露されてい

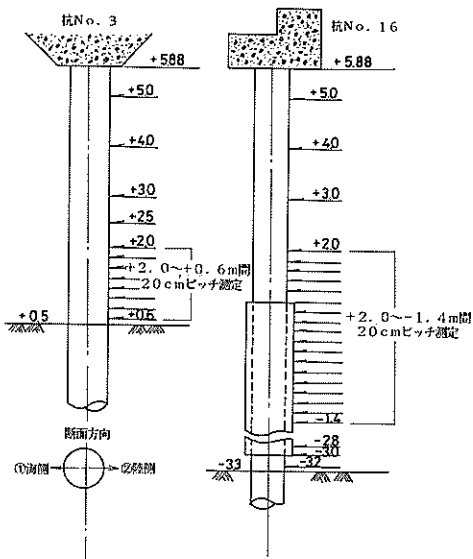


図-33 鋼管杭の肉厚測定深度

る (位置は図-2を参照)。これらの杭の腐食状況を調べるために肉厚測定と表面状態を観察した。肉厚測定と観察は昭和62年6月に実施した (打設後約4年経過している)。

図-33に肉厚測定深度および測定方向を示す。断面方向では海側、陸側の2方向、深度方向では+2 mより上部については1 mピッチで、+2 mより下部では20 cmピッチで測定を行った。なお、杭 No.16の+1 m~-3 m間は磨耗カバー (鋼製) が取り付けられているので磨耗カバーの肉厚を測定した。測定結果を図-34、図-35に示す。図は海側、陸側の平均値をそれぞれ示す。

HWL上での腐食傾向は杭 No.3 と No.16 とでは異なり、杭 No.3の方が大きい腐食傾向を示した。また、MSL付近でも杭 No.3はNo.16よりも大きい傾向を示している。杭 No.16のMSL以下では±0 m直下でやや腐食が大きく0.2 mm/yr程度の値が認められるが、その他の深度では0.1 mm/yr前後の値であった。杭 No.3 と No.16 とで腐食傾向に差がでた理由としては図-36に示すように深度方向で立地条件が異なるためと思われる。杭 No.3における地盤面は約+0.5 mの深度に位置しており干潮状態になると砂の飛散や波のしぶきが直接鋼管杭に当たるような状況となる。したがって、杭 No.16の位置よりも腐食の環境条件が非常に厳しい場所であると考えられる。

(2) 鋼管杭の目視観察結果

杭の観察は目視観察を行い、併せて鋼材表面の写真撮影を行った。

杭 No.3 では+5 m~-+3 m付近においては、杭表面

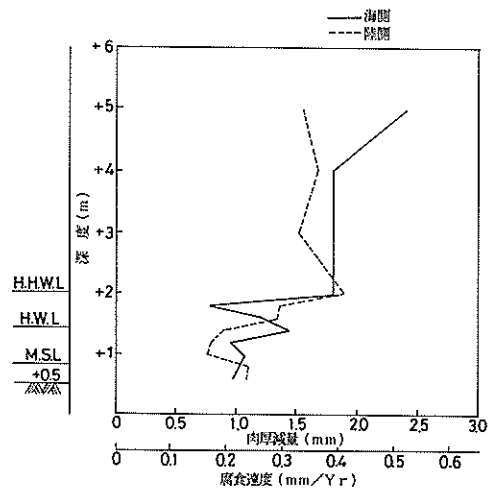


図-34 鋼管杭の肉厚測定結果 (杭 No.3)

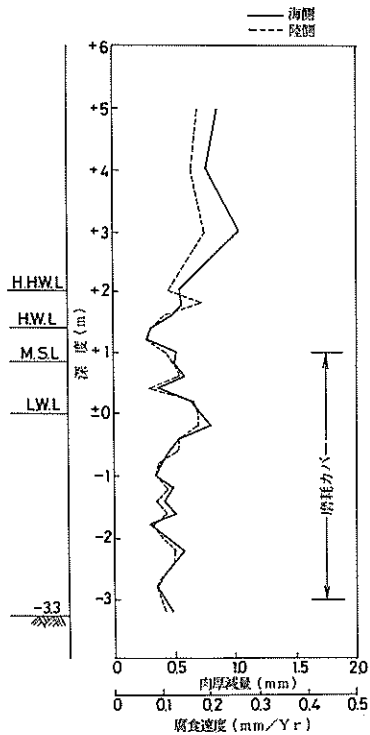


図-35 鋼管杭の肉厚測定結果 (杭 No. 16)

は茶褐色の硬い錆層に覆われており、鱗片状の錆層を剥離すると錆の厚さは約 1 mm 程度であった。錆除去後の表面は軽微ながら全体に凹凸状を呈しており、所々に浅い孔食が見られた。断面方向では海側の方が若干腐食が激しいように見受けられた。+2 m ~ +0.5 m 付近においては杭表面に小さなフジツボと海藻が附着しており、表面の錆は比較的柔らかかった。附着物除去後の表面状態は +5 m ~ +3 m 付近と比較した場合腐食は小さい。

杭 No.16 においては、+5 m ~ +3 m 付近では杭 No. 3 と同じような表面状況であり、茶褐色の硬い錆層に覆われていた。錆除去後の表面は全体にわずかに凹凸状を示し、所々浅い孔食が見られた。断面方向では杭 No. 3 と同じように海側の方がやや大きいようである。+2 m ~ ±0 m 付近においては、杭表面には小さいフジツボ、海藻および若干のムラサキイガイが附着していた。附着物除去後の表面は凹凸も小さく比較的滑らかな状態であるが、所々孔食が見られる。-1 m ~ -2 m 付近では附着物の量は +2 m ~ ±0 m の範囲と比べて少なくなっている。附着物除去後の表面には孔食があまり見られない。-3 m 付近 (海底面付近) においては附着物は全く附着しておらず、ごく薄い赤錆が見られる程度であった。海

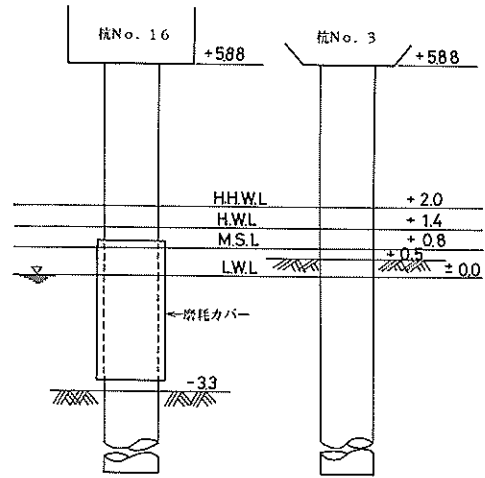


図-36 杭 No. 3 と No. 16 の環境比較図

底面付近に附着物がほとんど附着していないことは砂の流れが激しく杭の表面に当るためと考えられる。錆を除去した表面は浅い孔食が全面に認められた。

写真-27 ~ 写真-30 に杭 No. 3 および No.16 の表面状況を示す。

4. ま と め

栈橋の鋼管杭へ各種の被覆防食工法および電気防食工法を施工し、現地試験を実施しているが、ここでは各種防食工法の施工方法と 3 ~ 4 年暴露後の観察結果をまとめた。現在、試験は継続中であるため最終的な結論を得るには至っていないが、観察結果等から得られた主な点をあげると以下ようになる。

- (1) 水中硬化型ライニング工法においてはブラケット切断跡部からの錆の発生 (杭 8 本中 6 本) およびその部分の剥離 (杭 8 本中 1 本) による劣化の事例があった。原因はこの部分の下地処理が不十分であったことと突起物への塗膜厚の不足が考えられる。したがって、海水等の影響を直接受ける現地での施工は容易ではないが、入念な施工を心掛けることが大切である。
- (2) 保護カバー材を用いた防食工法についてはカバーを固定しているバンドの脱落 1 件およびカバーの破損の事例が 2 件見られた。保護カバーや固定用バンドは波浪や漂流物の衝突などの外力に対して十分な強度を有することが必要である。
- (3) 塗装による防食工法では特にブラケット切断跡部からの錆の発生が目立った。鋼材表面が平滑な面である場合には塗装が容易であるが、ブラケット切

断跡部のように突起物がある所へは平滑な面よりも塗装回数を増やすなどして十分な塗膜の確保が必要である。

- (4) コンクリート上部工下端部や接合部からの腐食が進行したり、パテ材が剥離する傾向があった。端部や接合部の処理は確実に行う必要がある。
- (5) 数種の被覆防食工法について剥離調査を実施したが、いずれも被覆材の付着力などは十分であり、防食効果は良好であった。
- (6) 電気防食工法における電位の傾向は試験開始直後では陽極周辺にしか防食電位に達しなかったが、24時間後ではいずれの杭も防食電位に達した。2～3年経過後の電位は -800 mV ～ -1000 mV 程度の値を示した。また、電流密度については試験開始直後 $180\sim 300\text{ mA/m}^2$ 程度の非常に高い値を示したが、3年後の値は $30\sim 50\text{ mA/m}^2$ 程度の電流密度を示し、ほぼ定常電流に近い値を示している。
- (7) 無防食鋼管杭（杭 No. 3, No. 16）の腐食速度は杭 No. 3 と No. 16 では異なり、水深の浅いところに位置する杭 No. 3 ではMSL 付近～HWL 付近で $0.2\sim 0.3\text{ mm/yr}$ の値を示し、HHWL 付近より上部では腐食が非常に激しく $0.3\sim 0.4\text{ mm/yr}$ の値を示した。また、杭 No. 16 においては海水中～HWL 付近までは、 $\pm 0.0\text{ m}$ 直下で 0.2 mm/yr と若干大きい所があるが、平均 $0.1\sim 1.15\text{ mm/yr}$ 程度で

あった。HHWL 付近から上部では $0.2\sim 0.25\text{ mm/yr}$ の値を示した。

5. あとがき

現地暴露期間が3～4年と短期間であるため、本報告に示す観察結果から防食工法の防食効果や耐久性についての結論を出すに至っていないが、今後、毎年観察記録等を蓄積していくことにより防食工法の耐久性や防食効果についての貴重な資料が蓄積されるものと考えられる。それ故、それらの資料を解析し、鋼構造物の防食工法の設計や補修など実際の設計・施工の面に幅広く反映させていきたいと考えている。

最後に、この現地試験は（財）沿岸開発技術研究センターおよび鋼管杭協会との共同研究として実施している。この場を借りて関係各位に対して厚くお礼申し上げます。

（1990年3月30日受付）

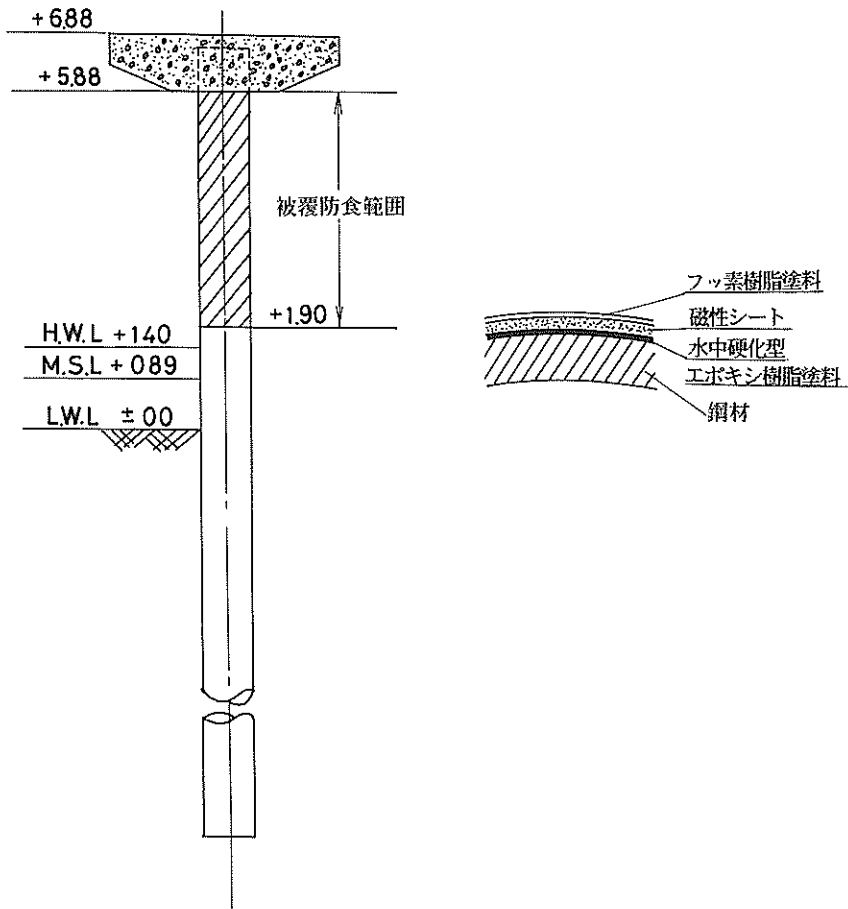
参考文献

- 1) 熊田, 藤岡, 宮崎, 佐々木: コーラル・プロセスによる海中構造物の形成とその応用, 第32回腐食防食討論会, pp. 427～430, 1985.
- 2) 加藤一正: 波崎海洋研究施設 (HORP), みなとの防災, No. 94, pp. 23～32, 1987.
- 3) 阿部正美, 横井聡之: 被覆工と電気防食との併用効果に関する実験, 港湾技研資料, No. 537, 39 p. 1985.

付表, 付図, 付録, 写真

付表-1 被覆防食工法の施工手順と仕様(1)

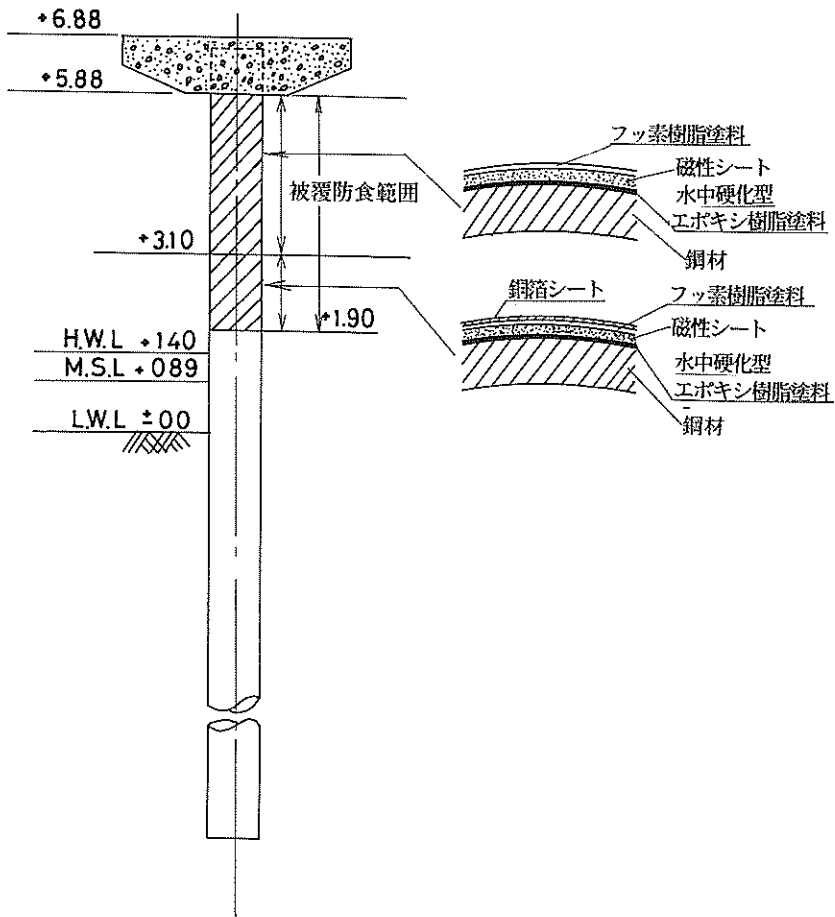
防食分類	有機ライニング	工法名	防食シート接着ライニング工法		杭 No.	1
防 食 施 工 範 囲					施行年月日	
杭 径 (mm)	施工範囲 (m)		施工面積 (㎡)		S・60・11・6	
600	+ 1.9 ~ + 5.88		7.5		表面の色	グリーン
施 工 手 順						
順 序	作 業 内 容	仕 様				
1	下地処理	サンドブラスト (SIS-Sa 2.0)				
2	被覆接着剤の混練	水中硬化型エポキシ樹脂塗料(a)				
3	(a)の磁性シートへの塗布	1.5 kg/㎡ 約 100 μ 厚				
4	磁性シートの杭への貼り合せ	シートラップ 巾 50 mm シート厚さ 1 mm				
5	フッ素系上塗り塗料の塗布	刷毛塗り				
		合計被覆厚 1100 μ + フッ素系上塗り				
被 覆 の 構 成		1	2	3	4	
		水中硬化型エポキシ樹脂塗料	特殊磁性防食シート	フッ素系塗料		
備 考						



付図-1 防食シート接着ライニング工法の防食範囲と防食層断面図

付表-2 被覆防食工法の施工手順と仕様(2)

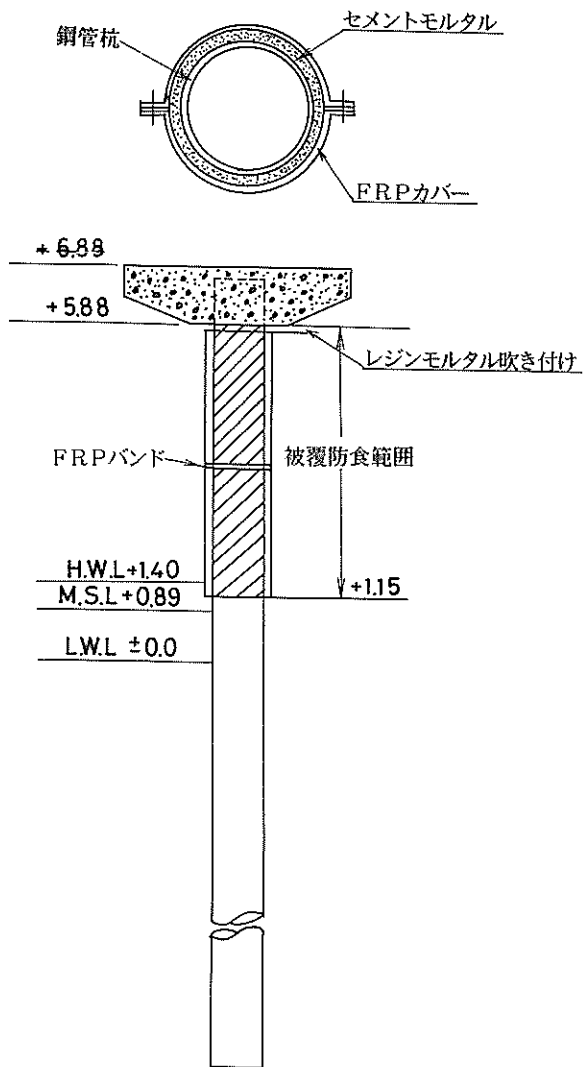
防食分類	有機ライニング	工法名	防食シート接着ライニング工法		杭 No	2
防 食 施 工 範 囲					施工年月日	
杭 径 (mm)		施工範囲 (m)		施工面積 (㎡)		S・60・11・9
600		+ 1.9 ~ + 5.88		7.5		表面の色 グリーン ブラウン
施 工 手 順						
順序	作業内容		仕 様			
1	下地処理		サンドブラスト (SIS-Sa 2.0)			
2	被覆接着剤の混練		水中硬化型エポキシ樹脂塗料(a)			
3	(a)の磁性シートへの塗布		1.5 kg/㎡, 約 100μ厚			
4	磁性シートの杭への貼り合せ		シートラップ巾 50mm, シート厚さ 1mm			
5	下部銅箔シートの貼り付け		+ 1.9 ~ + 3.1m 間へ適用 シート厚 50μ			
			合計被覆厚 上部 1100μ (+ 3.1 ~ + 5.88m) 下部 1150μ (+ 1.9 ~ + 3.1m)			
被 覆 の 構 成		1	2	3	4	
		水中硬化型 エポキシ樹脂塗料	特殊磁性 防食シート	銅箔シート (下部のみ)		
備 考						



付図-2 防食シート接着ライニング工法の防食範囲と防食層断面図

付表-3 被覆防食工法の施工手順と仕様(3)

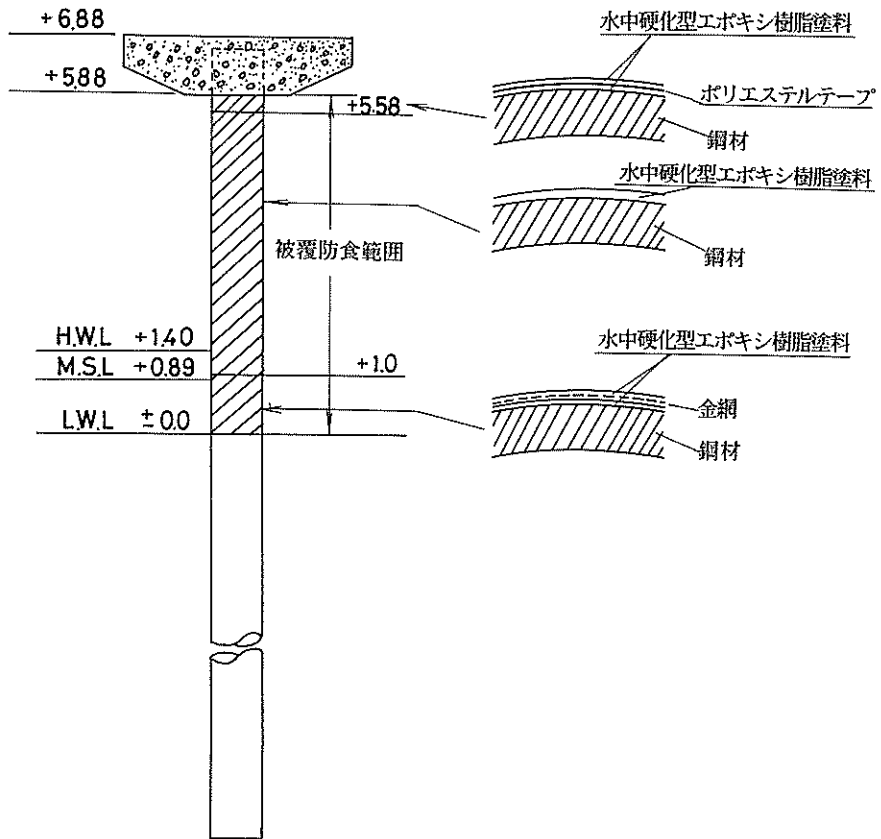
防食分類	無機ライニング	工法名	セメントモルタル/FRPカバー工法		杭 No.	4
防 食 施 工 範 囲					施工年月日	
杭 径 (mm)		施工範囲 (m)		施工面積 (㎡)		S・60・8・15
600		+ 1.15 ~ + 5.88		8.9		表面の色 イエロー
施 工 手 順						
順 序	作 業 内 容	仕 様				
1	下地処理	第3種ケレン(SIS-St2), 電動工具を使用				
2	下部FRPカバーの取付け	φ650×厚さ5mm, 2分割フランジタイプ, ボルトナット材質SVS316L, フランジ厚さ8~10mm				
3	カバー内の排水					
4	モルタル注入	ポリマーセメント混合比, コンパウンド85%, エマルジョン15%, 厚さ25m/m, 注入量98kg/㎡, カバー上部より注入(+1.15~+5.78m)				
5	上部FRPカバーの取付け	φ650×厚さ5mm, 2分割フランジタイプ				
6	モルタル注入	4に同じ				
7	レジンモルタル吹付け	コンクリート上部工下端部~カバー上部(10cm)を吹付け, 4回(5mm厚) 1日経過後トップコート2回塗り				
		合計被覆厚 30mm(カバー部), 5mm+トップコート厚(上端部)				
被 覆 の 構 成		1	2	3	4	
		ポリマーセメント	FRPカバー	レジンモルタル トップコート (上端部)		
備 考						



付図-3 セメントモルタル/FRPカバー工法の防食範囲と防食層断面図

付表-4 被覆防食工法の施工手順と仕様(4)

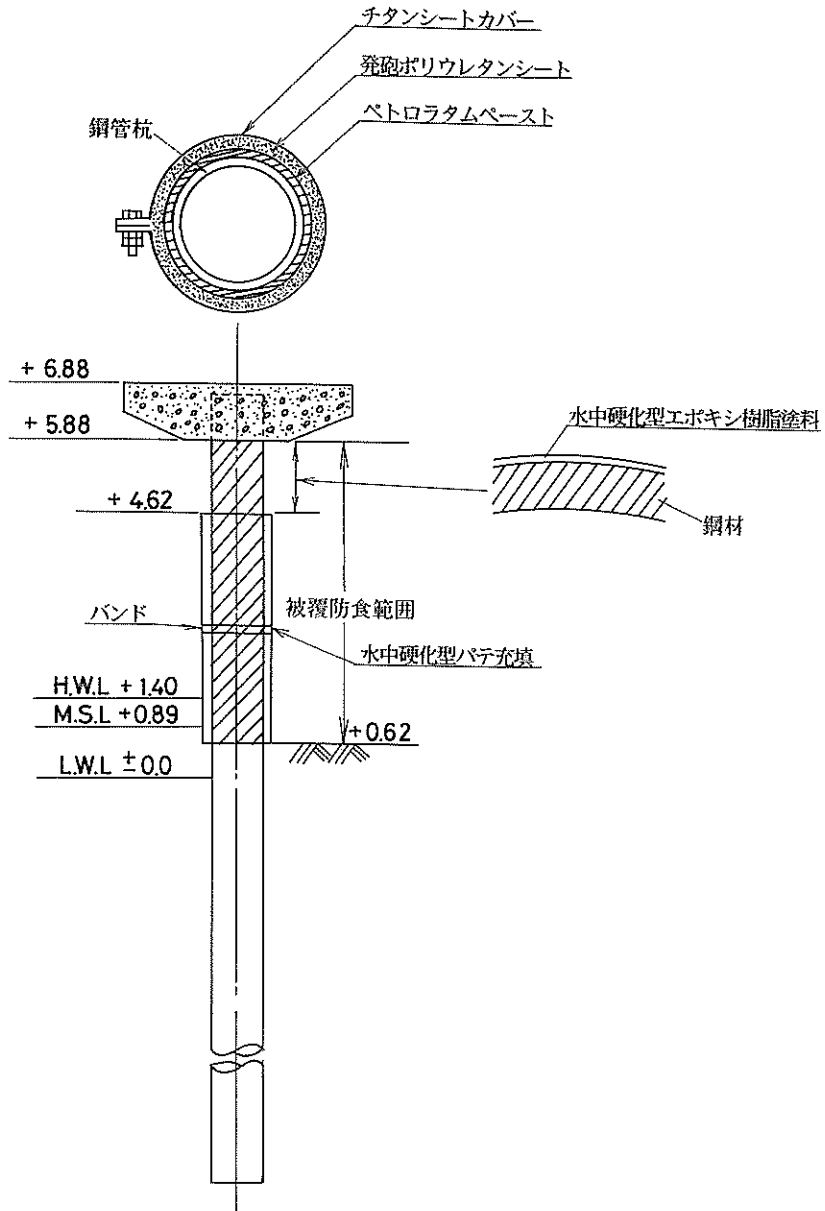
防食分類	有機ライニング	工法名	水中硬化型ライニング工法		杭 No	5
防 食 施 工 範 囲					施工年月日	
杭 径 (mm)	施工範囲 (m)		施工面積 (㎡)		S・60・8・31	
700	±0.0 ~ +5.88		10.7		表面の色	グレー
施 工 手 順						
順 序	作 業 内 容	仕 様				
1	下地処理	第2種ケレン(SIS-St3), 電動工具を使用				
2	水中硬化型エポキシ樹脂塗料の塗布	厚さ1.5~2mm, コテ塗り				
3	上部, ポリエステルテープ巻き	上部コンクリート下端から30cm下まで(+5.88~+5.58m)				
4	下部, 金網シートの巻き付け	下約1m間, (±0.0~+1.0m)				
5	水中硬化型エポキシ樹脂塗料の塗布	厚さ2~3mm, コテ塗り				
		合計被覆厚, 3.5~5mm				
被 覆 の 構 成		1	2	3	4	
		水中硬化型エポキシ樹脂塗料	上部 ポリエステルテープ 下部 金網	水中硬化型エポキシ樹脂塗料		
備 考						



付図-4 水中硬化型ライニング工法の防食範囲と防食層断面図

付表-5 被覆防食工法の施工手順と仕様(5)

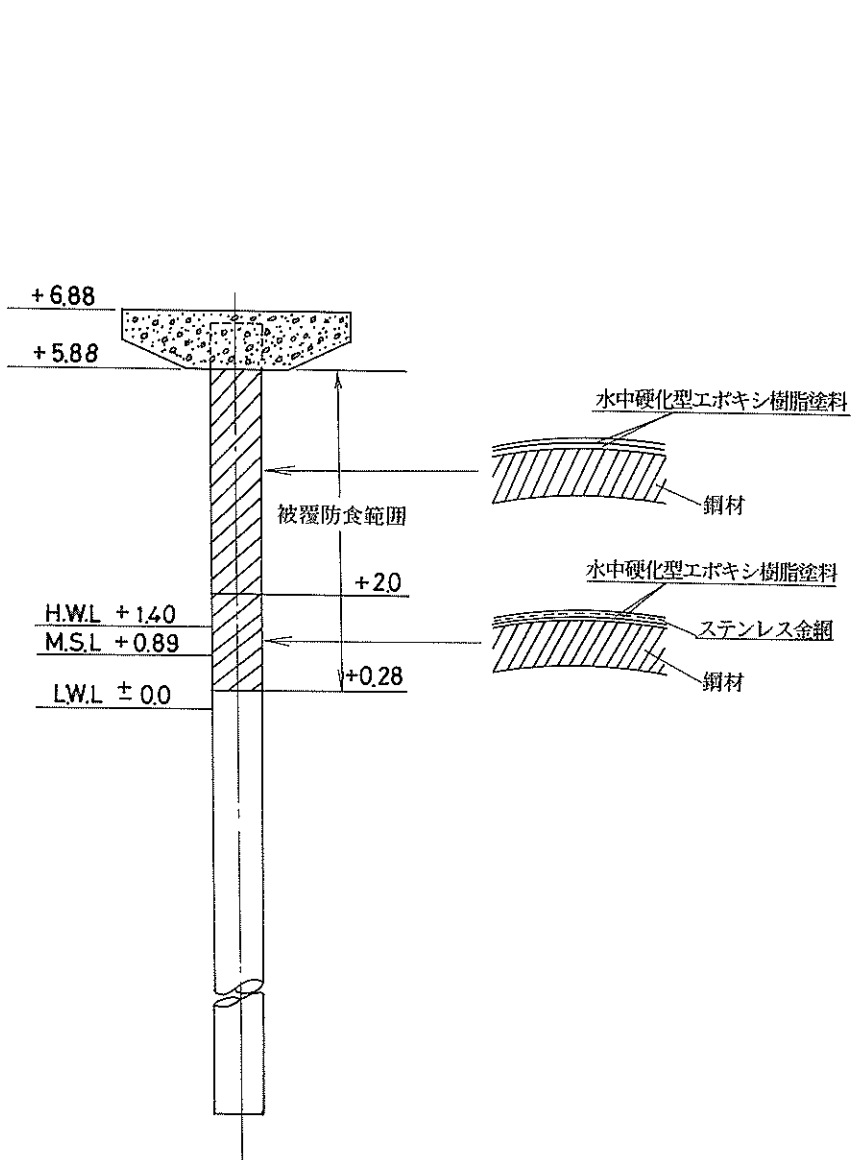
防食分類	有機ライニング	工法名	一体成型防食法 (B法) 水中硬化型ライニング工法		杭 No.	6
防 食 施 工 範 囲					施工年月日	
杭 径 (mm)	施工範囲 (m)		施工面積 (㎡)		S・60・8・28	
600	+ 0.62 ~ + 5.88		9.91		表面の色	ブルー** シルバー
施 工 手 順						
順 序	作 業 内 容	仕 様				
1	下地処理	サンドブラスト (SIS-Sa 2) 一体成型防食法 (SIS-Sa 2.5) 水中硬化型ライニング工法*				
2	ベトドラタムペースト塗布	2.5 kg/㎡, + 0.62 ~ + 4.62 m 間				
3	一体成型防食体の取付け	発泡ポリウレタンシート 5~10mm厚 } より構成 片フランジタイプ チタンシートカバー 0.5~0.7mm厚				
4	ボルト・ナットで締付け	フランジ部 (チタン) 5mm厚				
5	充填剤の塗布	カバー突合部を水中硬化型パテによりシーล, 最下端部は重防食施工した特殊金具で固定				
6	水中硬化型エポキシ樹脂塗料の塗布	300 μ/回 2回塗り (+ 4.62 ~ + 5.88 m 間)				
		合計被覆厚 + 0.62 ~ + 4.62 m 間 5.5 ~ 10.7 mm + 4.62 ~ + 5.88 m 間 600 μ				
被 覆 の 構 成		1	2	3	4	
		ベトドラタムペースト	発泡ウレタンシート	チタンシートカバー		
		エポキシ樹脂塗料				
備 考	* + 4.62 ~ + 5.88 m 間 ** 表面の色のブルーは + 4.62 ~ + 5.88 m 間, シルバーは + 0.62 ~ + 4.62 m 間					



付図-5 一体成型防食工法の防食範囲と防食層断面図

付表-6 被覆防食工法の施工手順と仕様(6)

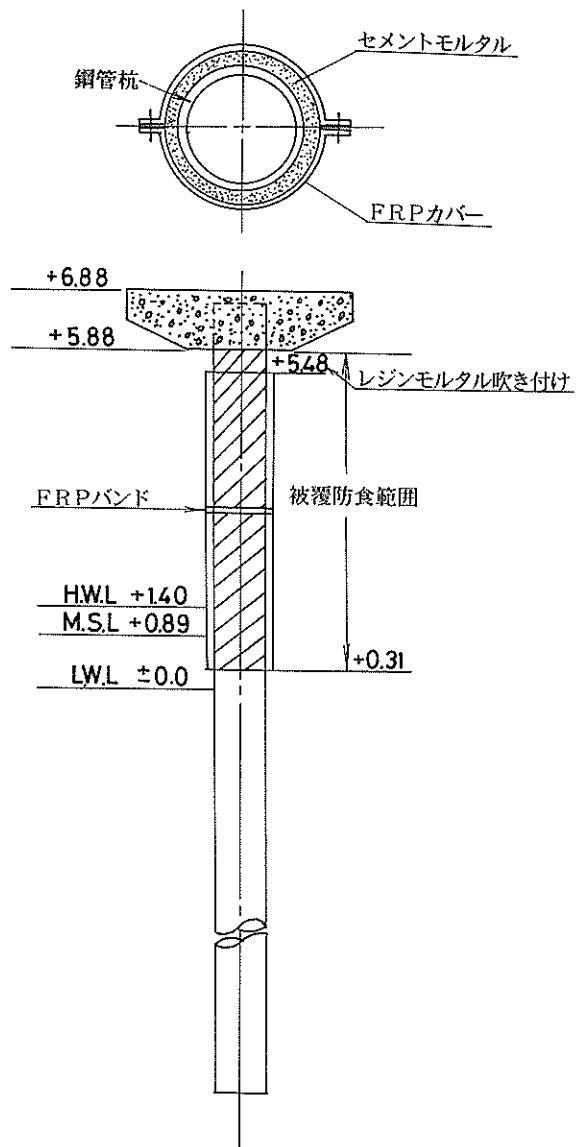
防食分類	無機ライニング	工法名	水中硬化型ライニング工法		杭 No.	7
防 食 施 工 範 囲					施工年月日	
杭 径 (mm)	施工範囲 (m)		施工面積 (㎡)		S・60・8・27	
600	+ 0.28 ~ + 5.88		10.55		表面の色	ブルー
施 工 手 順						
順 序	作 業 内 容	仕 様				
1	下地処理	サンドブラスト (SIS-Sa 2.5)				
2	水中硬化型エポキシ樹脂塗料の塗布	厚さ 300 μ, ペイントタイプ刷毛塗り				
3	金網の巻き付け	ステンレス製 + 0.28 ~ + 2.0 m 間				
4	水中硬化型エポキシ樹脂塗料の塗布	+ 2.0 ~ + 5.88 m 間 300 μ + 0.28 ~ + 2.0 m 間 3 ~ 5 mm (パテ状)				
		合計被覆厚, + 0.28 ~ + 2.0 m 間 3.3 ~ 5.3 mm + 2.0 ~ + 5.88 m 間 600 μ				
被 覆 の 構 成		1	2	3	4	
		水中硬化型エポキシ樹脂塗料	ステンレス金網 (下部)	水中硬化型エポキシ樹脂塗料		
備 考						



付図-6 水中硬化型ライニング工法の防食範囲と防食層断面図

付表-7 被覆防食工法の施工手順と仕様(7)

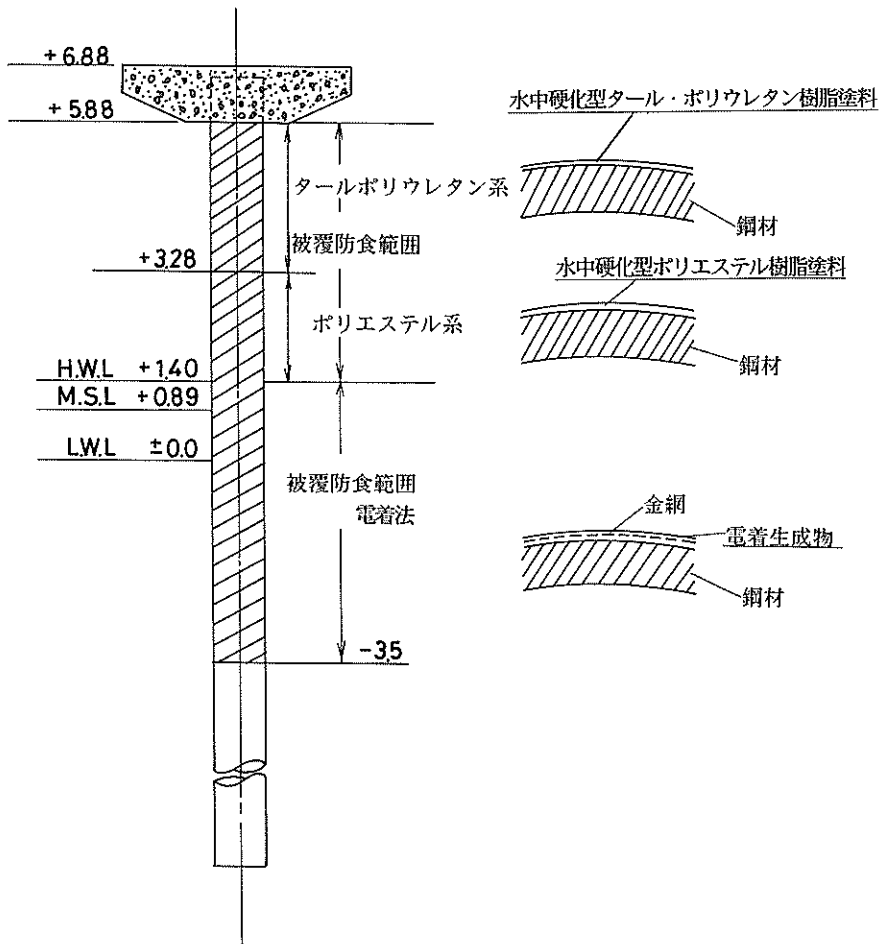
防食分類	無機質ライニング	工法名	セメントモルタル/FRPカバー工法		杭 No.	8
防 食 施 工 範 囲					施工年月日	
杭 径 (mm)	施工範囲 (m)		施工面積 (㎡)		S・60・8・15	
600	+ 0.31 ~ + 5.88		10.5		表面の色	イエロー
施 工 手 順						
順 序	作 業 内 容	仕 様				
1	下地処理	第3種ケレン (SIS-St 2), 電動工具を使用				
2	下部FRPカバーの取付け	φ 650 × 厚さ 5mm, 2分割フランジタイプ ボルトナット材質 SUS316L, フランジ厚さ 8~10mm				
3	カバー内の排水					
4	モルタル注入	ポリマセメント混合比, コンバウンド85%, エマルジョン15%, 厚さ 25mm, 注入量 98kg/㎡, カバー上部より注入 (+ 0.31 ~ + 5.48 m)				
5	上部FRPカバーの取付け	φ 650 × 厚さ 5mm, 2分割フランジタイプ				
6	モルタル注入	4に同じ				
7	レジンモルタル吹付け	コンクリート上部工下端部~カバー上部(40cm)を吹付け, 4回(5mm厚) 1日経過後トップコート2回塗り				
		合計被覆厚, 30mm(カバー部), 5mm+トップコート厚(上端部)				
被 覆 の 構 成		1	2	3	4	
		ポリマーセメント	FRPカバー	レンジモルタル トップコート (上端部)		
備 考						



付図-7 セメントモルタル/FRPカバー工法の防食範囲と防食層断面図

付表-8 被覆防食工法の施工手順と仕様(8)

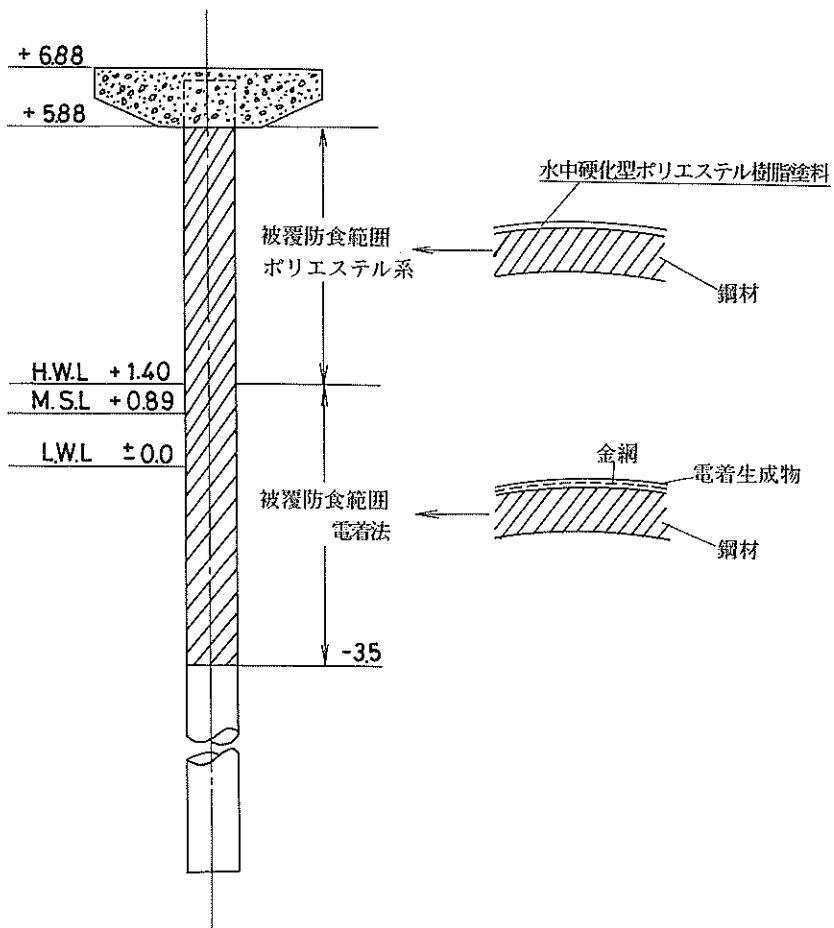
防食分類	有機ライニング 無機ライニング	工法名	水中硬化型ライニング工法 電着工法		杭 No.	9
防 食 施 工 範 囲					施 工 年 月 日	
杭 径 (mm)	施 工 範 囲 (m)		施 工 面 積 (㎡)		S・58・4・4~10・17電着工法, S・61・6・10~12水中硬化	
600	+ 1.40 ~ + 5.88		8.44*		表面の色	ブラック グレー
	- 3.50 ~ + 1.40		9.23**			
施 工 手 順						
順 序	作 業 内 容	仕 様				
1	下地処理	サンドブラスト (SIS-Sa 2.0)				
2	水中硬化型ポリエステル樹脂塗料の塗布	パテ状 3mm厚以上 + 1.40 ~ + 3.28 m 間		水中硬化型ライニング		
3	水中硬化型タール・ポリウレタン樹脂塗料の塗布	ペイント状 0.6mm厚 + 3.28 ~ + 5.88 m 間				
1	金網の巻き付け	下地処理は第3種ケレン程度				
2	通 電	3.5 ~ 6.0 V, 12 ~ 13 A の電流を杭に流す。 約6ヶ月間			電着工法	
3	CaCO ₃ や Mg(OH) ₂ の生成	5 ~ 15mm厚				
		合計被覆厚, 水中硬化型ライニング工法 + 1.40 ~ + 3.28 m 間は 3mm 以上, 電着工法 + 3.28 ~ + 5.88 m 間は 0.6mm 電着工法 5 ~ 15mm				
被 覆 の 構 成		+ 1.40 ~ + 3.28 m 間		+ 3.28 ~ + 5.88 m 間		- 3.50 ~ + 1.40 m 間
		水中硬化型不飽和ポリエステル系塗料		水中硬化型タール・ポリウレタン系塗料		CaCO ₃ や Mg(OH) ₂ の生成物および金網
備 考	* 水中硬化型ライニング工法 ** 電着工法					



付図-8 水中硬化型ライニング工法および電着工法の防食範囲と防食層断面図

付表-9 被覆防食工法の施工手順と仕様(9)

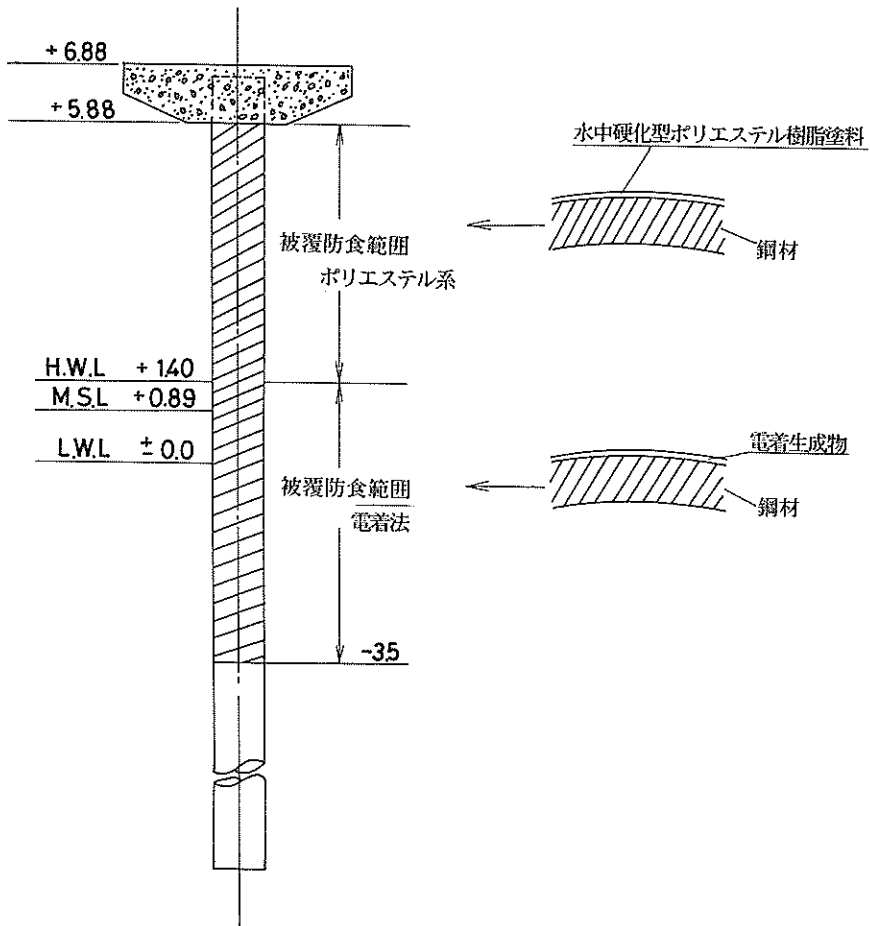
防食分類	有機ライニング 無機ライニング	工法名	水中硬化型ライニング工法 電着工法		杭 No	10
防 食 施 工 範 囲					施 工 年 月 日	
杭 径 (mm)		施 工 範 囲 (m)		施 工 面 積 (㎡)	S・58・4・4～10・17 電着工法, S・61・10 ～12 水中硬化	
600		+ 1.40 ～ + 5.88		8.44 *	表面の色	グレー
		- 3.50 ～ + 1.40		9.23 **		
施 工 手 順						
順 序	作 業 内 容		仕 様			
1	下地処理		サンドブラスト (SIS-Sa 2.0)			
2	水中硬化型ポリエステル樹脂塗料の塗布		+ 1.40 ～ + 2.13 m 間 パテ状 3mm 厚以上 + 2.13 ～ + 5.88 m 間 ペイント状 2 回塗り (0.7mm 厚)			
			} 水中硬化型 ライニング工法			
1	金網の巻付け		下地処理は第3種ケレン程度			
2	通 電		4.0 ～ 4.5 V, 8 ～ 18A の電流を杭へ流す 約 6 ヶ月間			
3	CaCO ₃ や Mg(OH) ₂ の生成		5 ～ 10mm 厚			
			} 電着工法			
			合計被覆厚 水中硬化型ライニング工法 + 1.40 ～ + 2.13 m 間は 3mm 厚以上 電着工法 5 ～ 10mm 厚 + 2.13 ～ + 5.88 m 間は 0.7mm 厚			
被 覆 の 構 成		+ 1.40 ～ + 5.88 m 間		- 3.50 ～ + 1.40 m 間		
		水中硬化型ポリエステル樹脂塗料		CaCO ₃ や Mg(OH) ₂ の生成物 および金網		
備 考	* 水中硬化型ライニング工法 ** 電着工法					



付図-9 水中硬化型ライニング工法および電着工法の防食範囲と防食層断面図

付表-10 被覆防食工法の施工手順と仕様(10)

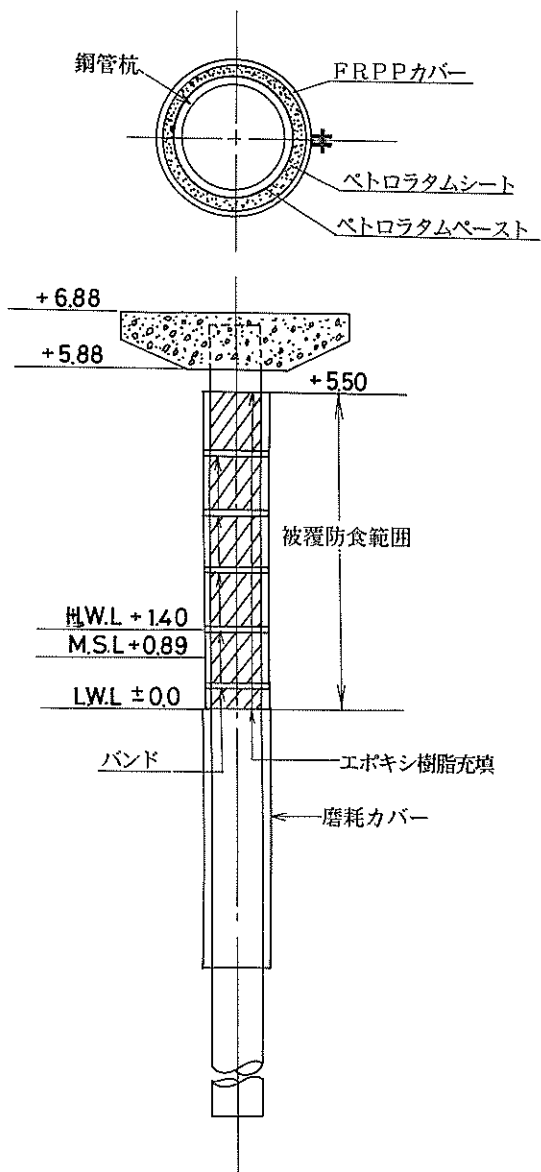
防食分類	有機ライニング 無機ライニング	工法名	水中硬化型ライニング工法 電着工法		杭 No	11
防 食 施 工 範 囲					施工年月日	
杭 径 (mm)	施工範囲 (m)		施工面積 (㎡)		S.58.4.4~10.17 電着 工法, S.61.6.10~12 水中硬化	
600	+ 1.40 ~ + 5.88		8.44 *		表面の色	グレー
	- 3.50 ~ + 1.40		9.23 **			
施 工 手 順						
順 序	作 業 内 容	仕 様				
1	下地処理	サンブラスト (SIS-Sa 2.0)		水中硬化型ライニング工法		
2	水中硬化型不飽和ポリエ ステル樹脂塗料の塗布	パテ状 3mm厚以上				
1	下地処理	第3種ケレン程度		電着工法		
2	通 電	3.0~4.0V, 8~16Aの電流を杭へ流す。金網なし				
3	CaCO ₃ や Mg(OH) ₂ の 生成	4~9mm厚				
		合計被覆厚, 水中硬化型ライニング工法 3mm厚以上 電着工法 4~9mm厚				
被 覆 の 構 成		+ 1.40 ~ + 5.88 m間		- 3.50 ~ + 1.40 m間		
		水中硬化型不飽和ポリエ ステル樹脂塗料		CaCO ₃ や Mg(OH) ₂ の生成物		
備 考	* 水中硬化型ライニング工法 ** 電着工法					



付図-10 水中硬化型ライニング工法および電着工法の防食範囲と防食層断面図

付表-11 被覆防食工法の施工手順と仕様(11)

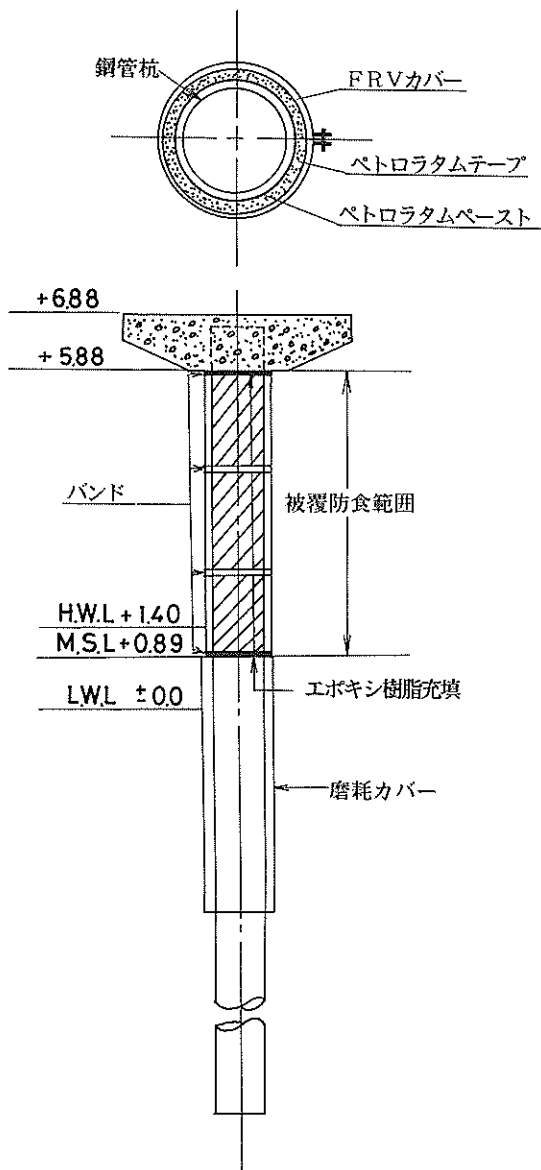
防食分類	有機ライニング	工法名	ペトロラタム防食工法 (PTC-N法)		杭 No	12
防 食 施 工 範 囲					施工年月日	
杭 径 (mm)	施工範囲 (m)		施工面積 (㎡)		S・59・7・27	
700	±0.0 ~ +5.50		12.09		表面の色	ブラック
施 工 手 順						
順 序	作 業 内 容	仕 様				
1	下地処理	第3種ケレン, (SIS-St 2)				
2	ペトロラタムペースト塗布	500 g/㎡				
3	ペトロラタム含浸シート の取付け	1層, 厚み2mm				
4	FRPPカバーの取付け ボルト・ナットによるカ バーの締付け	AS型 φ700×1000L×2tmm				
5	カバー固定後, バンドの 取付け	5本, FRPPバンド				
6	ストッパーバンドの取付け	カバー下端部にボルト・ナットで締付け後, 水中溶接で4点止め(鋼製)				
7	充填剤の塗布	コンクリート下端部とカバー下端部の隙間を水中硬化型エポキシ樹脂で充填				
		合計被覆厚 4mm~4.5mm				
被 覆 の 構 成		1	2	3		
		ペトロラタム ペースト	ペトロラタム シート	FRPPカバー		
備 考						



付図-11 ペトロラタム防食工法の防食範囲と防食層断面図

付表-12 被覆防食工法の施工手順と仕様(12)

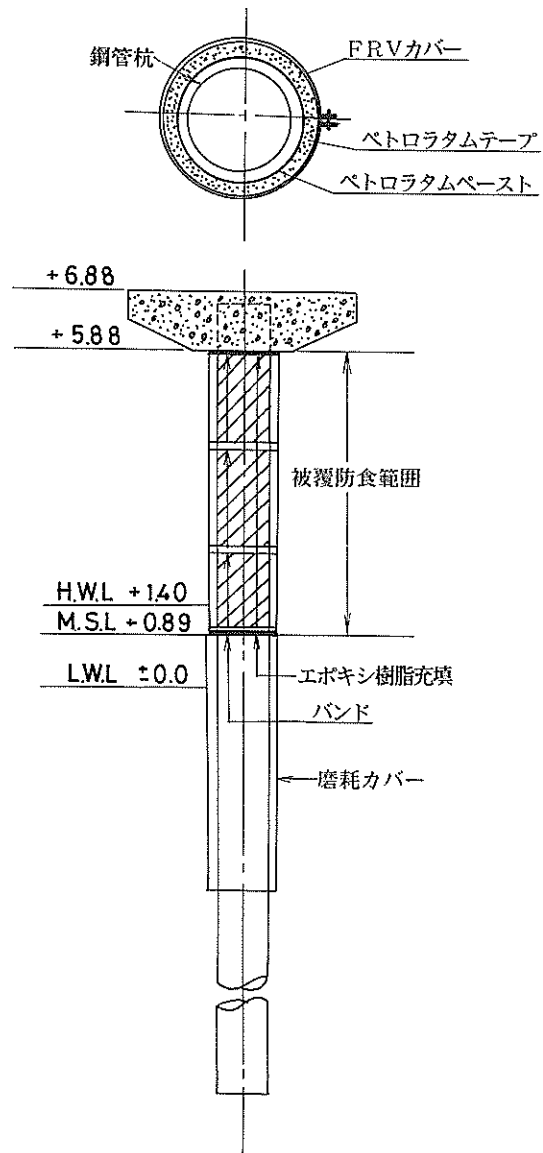
防食分類	有機ライニング	工法名	ペトロラタム防食工法 (FRV工法)		杭 No	13
防 食 施 工 範 囲					施 工 年 月 日	
杭 径 (mm)	施 工 範 囲 (m)		施 工 面 積 (㎡)		S・59・6・16	
700	+ 0.89 ~ + 5.88		10.96		表面の色	ブラック
施 工 手 順						
順 序	作 業 内 容	仕 様				
1	下地処理	第3種ケレン (SIS-St2) スクレーパー, エヤー工具を使用				
2	ペトロラタムペースト塗布					
3	ペトロラタム含浸テープ 巻き	巾30mm, 50%ラップ				
4	FRVカバーの取付け	φ700×2000L, φ700×1200L, 厚み1.5mm				
5	ボルト・ナットによりカ バーの締付け	ステンレス, SUS304				
6	充填剤の塗布	コンクリート下端部とカバー上端部の隙間, カバーの下部を水中硬化型エポキシ樹脂で充填				
7	カバー締付けボルト・ナ ットの被覆	水中硬化型エポキシ樹脂による				
		合計被覆厚 3mm以上				
被 覆 の 構 成		1	2	3		
		ペトロラタム ペースト	ペトロラタム テープ	FRVカバー		
備 考	○S・62・6 FRVカバーからPEカバーに交換(杭No.14に合せて)					



付図-12 ペトロラタム防食工法の防食範囲と防食層断面図

付表-13 被覆防食工法の施工手順と仕様(13)

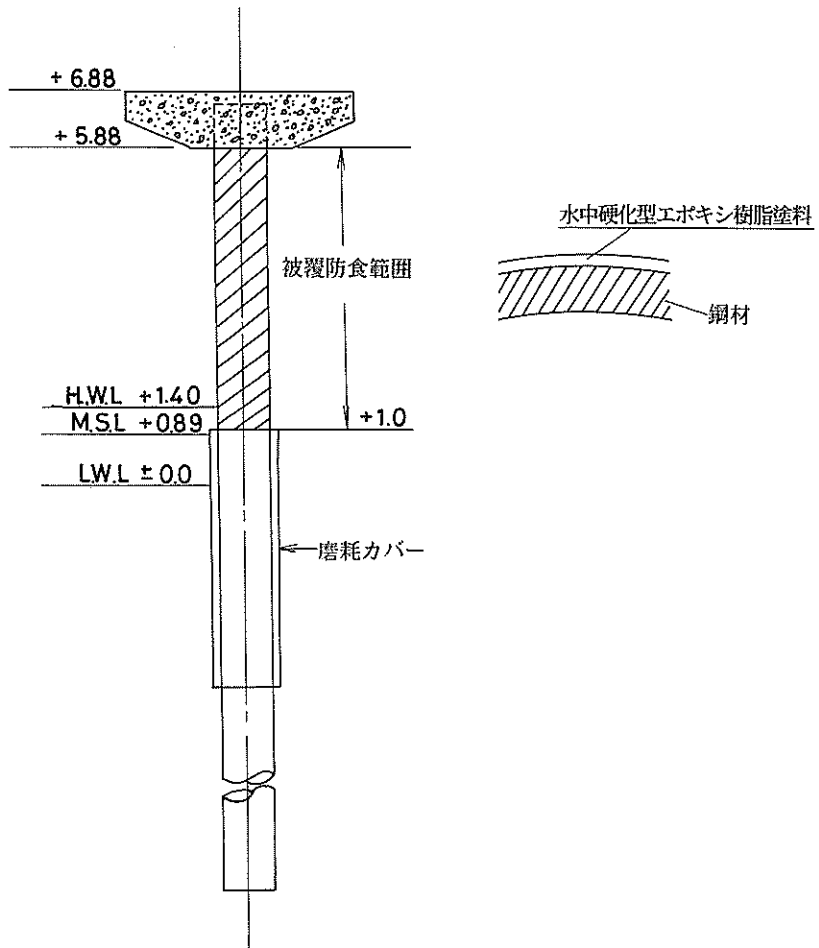
防食分類	有機ライニング	工法名	ベトロラタム防食工法 (FRV工法)		杭 No.	14
防 食 施 工 範 囲					施工年月日	
杭 径 (mm)		施工範囲 (m)		施工面積 (㎡)		S・59・6・16
700		+0.89 ~ +5.88		10.96		表面の色 ブラック
施 工 手 順						
順 序	作 業 内 容		仕 様			
1	下地処理		第3種ケレン (SIS-St2), スクレーパー, エヤー工具を使用			
2	ベトロラタムペースト塗布					
3	ベトロラタム含浸テープ 巻き		巾30mm, 50%ラップ			
4	FRVカバーの取付け		φ700×2000L, φ700×1200L, 厚み1.5mm			
5	ボルト・ナットによりカ バーの締付け		ステンレス SUS304			
6	充填材の塗布		コンクリート下端部とカバー上端部の隙間, カバーの下部を水中硬化型エポキシ樹脂で充填			
7	カバー締付けボルト・ナ ットの被覆		水中硬化型エポキシ樹脂による			
			合計被覆厚 3mm以上			
被 覆 の 構 成		1	2	3		
		ベトロラタム ペースト	ベトロラタム テープ	FRVカバー		
備 考	<p>○S・60・4 流木の衝突によると思われるFRVカバーの破損のため補修を行った。 中段部FRVカバーの交換</p> <p>○S・62・6 再度FRVカバーの破損のため, FRVカバーからPEカバーに交換。</p>					



付図-13 ペトロラタム防食工法の防食範囲と防食層断面図

付表-14 被覆防食工法の施工手順と仕様(14)

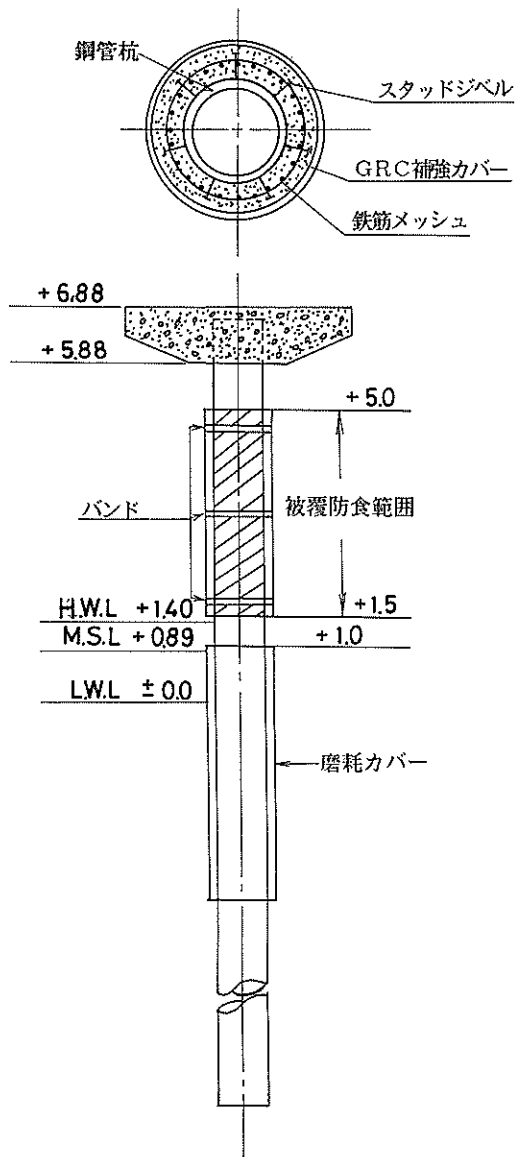
防食分類	有機ライニング	工法名	水中硬化型ライニング工法		杭 No.	15
防 食 施 工 範 囲					施工年月日	
杭 径 (mm)	施工範囲 (m)		施工面積 (㎡)		S・60・8・13	
700	+ 1.0 ~ + 5.88		10.7		表面の色	ブルー
施 工 手 順						
順 序	作 業 内 容	仕 様				
1	下地処理	サンドブラスト (SIS-Sa 2.0)				
2	水中硬化型エポキシ樹脂塗料の塗布	パテ状, 5mm厚				
		合計被覆厚 5mm				
被 覆 の 構 成		1	2	3	4	
		水中硬化型エポキシ樹脂塗料				
備 考						



付図-14 水中硬化型ライニング工法の防食範囲と防食層断面図

付表-15 被覆防食工法の施工手順と仕様(15)

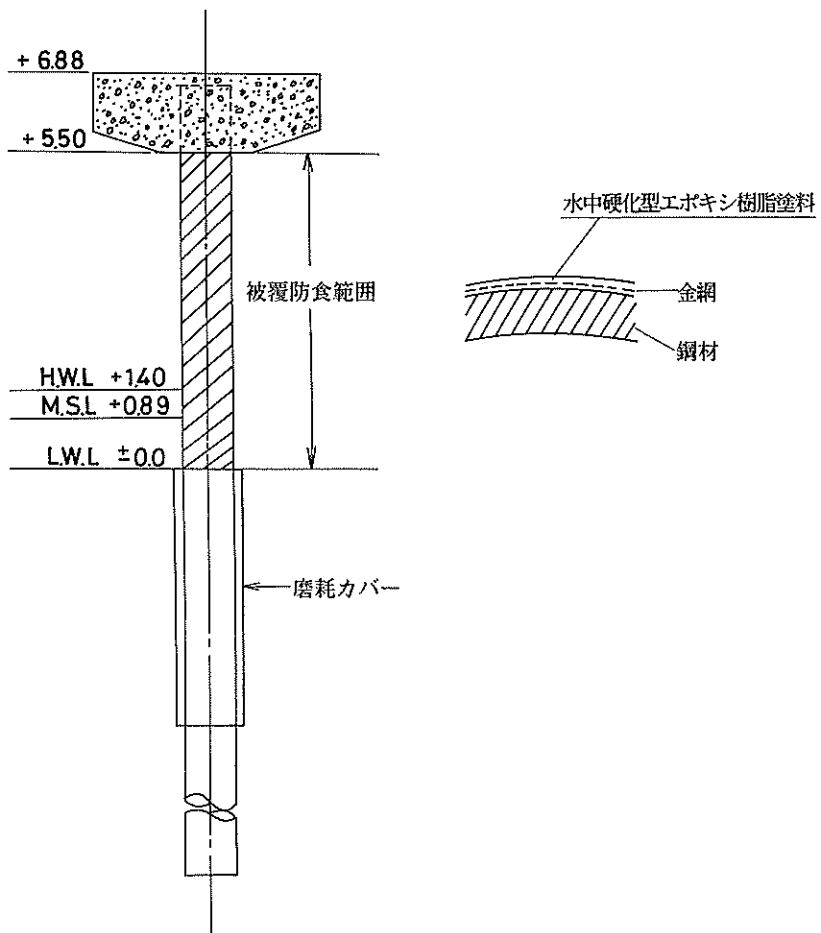
防食分類	無機ライニング	工法名	GRC補強カバー工法		杭 No	17
防 食 施 工 範 囲					施工年月日	
杭 径 (mm)	施工範囲 (m)		施工面積 (㎡)		S・60・9・1	
700	+ 1.50 ~ + 5.00		7.7		表面の色	グレー
施 工 手 順						
順 序	作 業 内 容	仕 様				
1	下地処理	第3種ケレン (SIS-St 2)				
2	水中スタッドの取付け	水中スタッドガンによる 水中スタッド溶植位置のマーキング 溶接ケ所のケレン 水中スタッドの溶植 スタッド頭部のナットの取付け				
3	底板ブラケットの取付け					
4	鉄筋の組立て	鉄筋メッシュ SD30 あらかじめ加工した鉄筋メッシュを所定の位置に取付ける。杭との間はスペーサーバンドにより一定の隙間をあけておく。コンクリートかぶり厚の確保。				
5	GRCカバーの取付け	GRC成型板, 厚み 12mm, 2 分割				
6	カバーのバンドによる締付け	鋼製				
7	カバーの縦目地成型 シール充填					
8	モルタル打設	W/C = 48% 厚み 110mm, 重さ 2.4 ton, 0.98 ㎡				
被 覆 の 構 成		1	2			
		モルタル	GRCカバー			
備 考	GRC成型板を型枠として, その中へコンクリートを打込む。合計被覆厚 122mm GRC : ガラスフレーク・レインフォース・セメント					



付図-15 GRC補強カバー工法の防食範囲と防食層断面図

付表-16 被覆防食工法の施工手順と仕様(16)

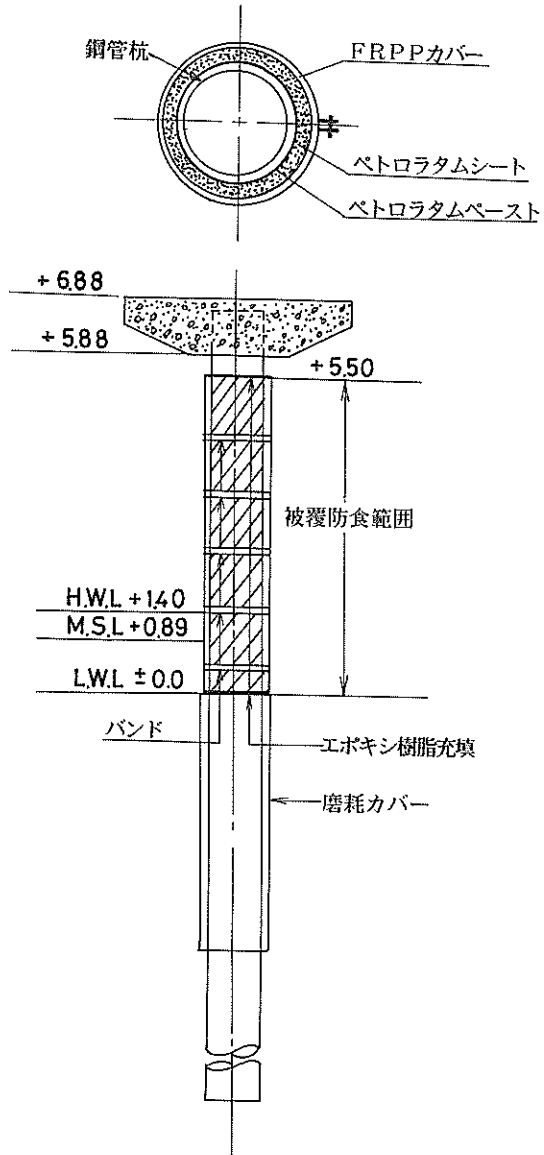
防食分類	有機ライニング	工法名	水中硬化型ライニング工法			杭 No.	18
防 食 施 工 範 囲						施工年月日	
杭 径 (mm)		施工範囲 (m)		施工面積 (㎡)		S・59・6・16	
700		±0.0 ~ +5.5		12.0		表面の色	ダーク グリーン
施 工 手 順							
順 序	作 業 内 容		仕 様				
1	下地処理		サンドブラスト (SIS-Sa 2.5)				
2	金網の巻き付け		亜鉛メッキ金網5メッシュ, 0.7mmφ線, 900mm幅 上部は針金で固定, 下部は水中溶接 (スポット) 1.5m				
3	水中硬化型エポキシ樹脂塗料の塗布		500~1000g程度をウェットハンド法により塗布 (パテ状), 約5mm				
4	波防止材の取付け, 取外し		水中部 (1.5m) は塗装後, ビニール製波防止ネットをビニール製バンドで取付け, 16hr後に取外した。				
			合計被覆厚 5mm				
被 覆 の 構 成			1	2	3	4	
			金 網 (亜鉛メッキ)	水中硬化型エポ キシ樹脂塗料			
備 考							



付図-16 水中硬化型ライニング工法の防食範囲と防食層断面図

付表-17 被覆防食工法の施工手順と仕様(17)

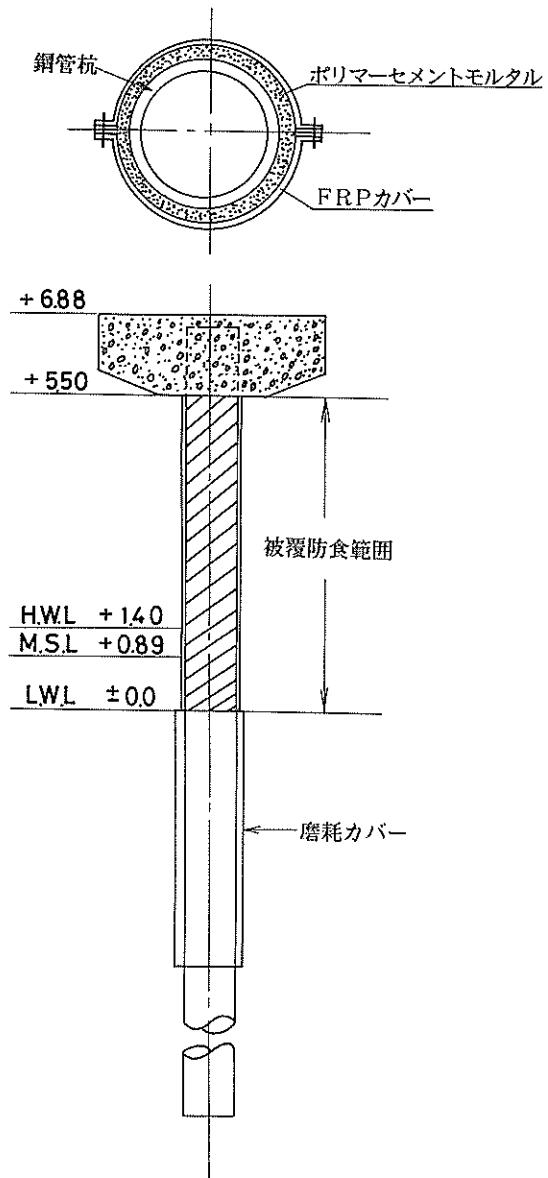
防食分類	有機ライニング	工法名	ペトロラタム防食工法 (PTC-N法)		杭 No	19
防 食 施 工 範 囲					施 工 年 月 日	
杭 径 (mm)		施 工 範 囲 (m)		施 工 面 積 (m ²)		S・59・7・27
700		± 0.0 ~ + 5.50		12.09		表面の色 ブラック
施 工 手 順						
順 序	作 業 内 容	仕 様				
1	下地処理	第3種ケレン (SIS-St 2)				
2	ペトロラタムペースト塗布	500 g/m ²				
3	ペトロラタム含浸シートの取付け	1層厚み 2mm				
4	FRPPカバーの取付け ボルト・ナットによるカ バーの締付け	AS型 φ 700 × 1000L × 2t mm				
5	カバー固定後、バンドの 取付け	5本, FRPP				
6	ストッパーバンドの取付 け	カバー下端部にボルト・ナットで締付け後、水中溶接で4点止め				
7	充填剤の塗布	コンクリート下端部とカバー下端部の隙間を水中硬化型エポキシ樹脂で充填				
		合計被覆厚 4mm ~ 4.5mm				
被 覆 の 構 成		1	2	3		
		ペトロラタム ペースト	ペトロラタム シート	FRPPカバー		
備 考						



付図-17 ペトログラム防食工法の防食範囲と防食層断面図

付表-18 被覆防食工法の施工手順と仕様(18)

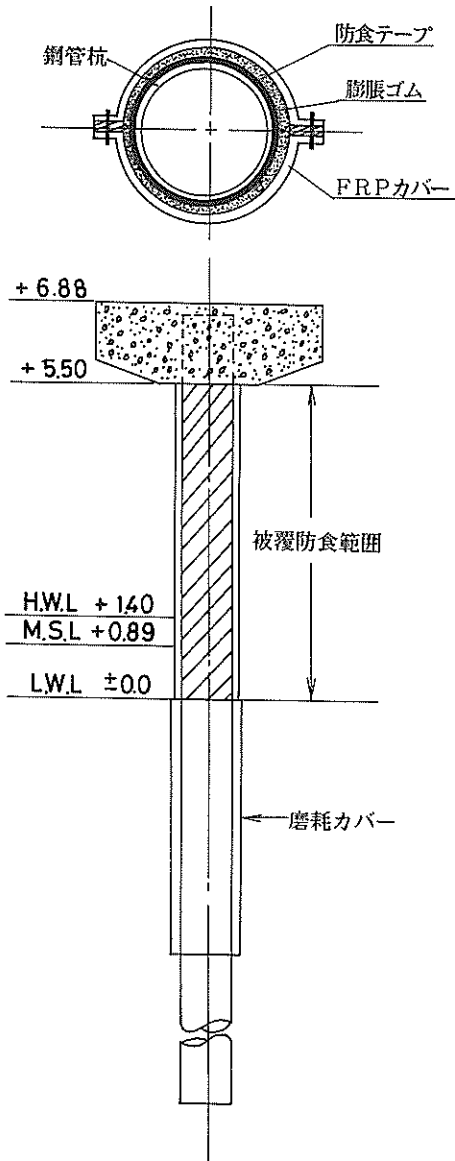
防食分類	無機ライニング	工法名	セメントモルタル / FRPカバー工法		杭 No	20
防 食 施 工 範 囲					施 工 年 月 日	
杭 径 (mm)		施 工 範 囲 (m)		施 工 面 積 (㎡)		S・59・7・30
700		±0.0 ~ +5.5		12.0		表面の色 ブルー
施 工 手 順						
順 序	作 業 内 容	仕 様				
1	下地処理	第3種ケレン (SIS-St 2), 電動工具を使用				
2	モルタル用FRPカバー型枠の取付け	2分割フランジタイプ, 厚さ3mm				
3	ボルト・ナットによりカバーの締付け	5.5m 1本物を使用, ボルトナット材質 SUS316L				
4	モルタルの混練	配合, ポルトランドセメント 100, 細砂 100, 水 30, ラテックス系ポリマー 20				
5	モルタルの注入	注入量 300L, 厚さ 25mm				
6	仕 上 げ	上部コンクリート下端部との継ぎをオーバーレイした。				
		合計被覆厚 28mm				
被 覆 の 構 成		1	2	3	4	
		ポリマーセメントモルタル	FRPカバー (ポリエステル)			
備 考						



付図-18 セメントモルタル/FRPカバー工法の防食範囲と防食層断面図

付表-19 被覆防食工法の施工手順と仕様(19)

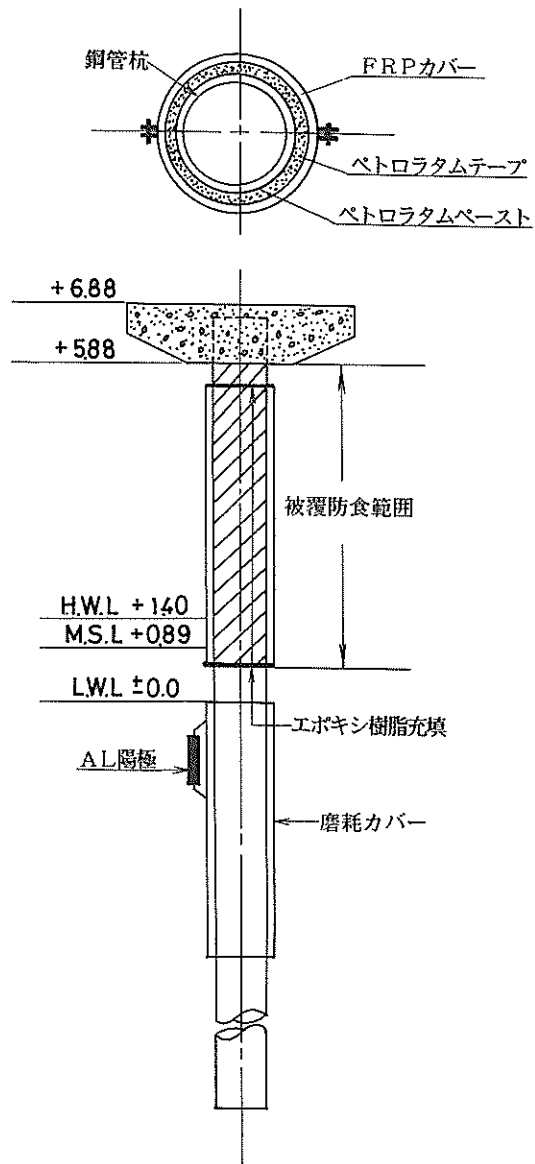
防食分類	有機ライニング	工法名	防食テープ / FRPカバー工法		杭 No.	21
防 食 施 工 範 囲					施工年月日	
杭 径 (mm)	施工範囲 (m)		施工面積 (㎡)		S・59・7・30	
700	± 0.0 ~ + 5.5		12.0		表面の色	ブルー
施 工 手 順						
順 序	作 業 内 容	仕 様				
1	下地処理	第3種ケレン (SIS-St2), 電動工具を使用				
2	防食テープ巻き	コンクリート下端部より巻き始め, ハーフラップ, 2層 ポリエステル材巾120mm 水中部は接着用ペーストを併用して巻き付け 厚さ1mm				
3	FRPカバーの取付け	内面に特殊ゴムを貼り合せている (膨潤性ゴム, ブチル系) ゴムシート3mm厚, 2分割フランジタイプ3mm厚				
4	ボルト・ナットによりカバーの締付け	カバーは5.5mを3分割にして使用 ボルトナット SUS316L				
		合計被覆厚 7mm				
被 覆 の 構 成		1	2	3	4	
		防食テープ (ブチル系)	膨 潤 性 ゴ ム シ ー ト	FRPカバー (ポリエステル)		
備 考						



付図-19 防食テープ / FRP カバー工法の防食範囲と防食層断面図

付表-20 被覆防食工法の施工手順と仕様(20)

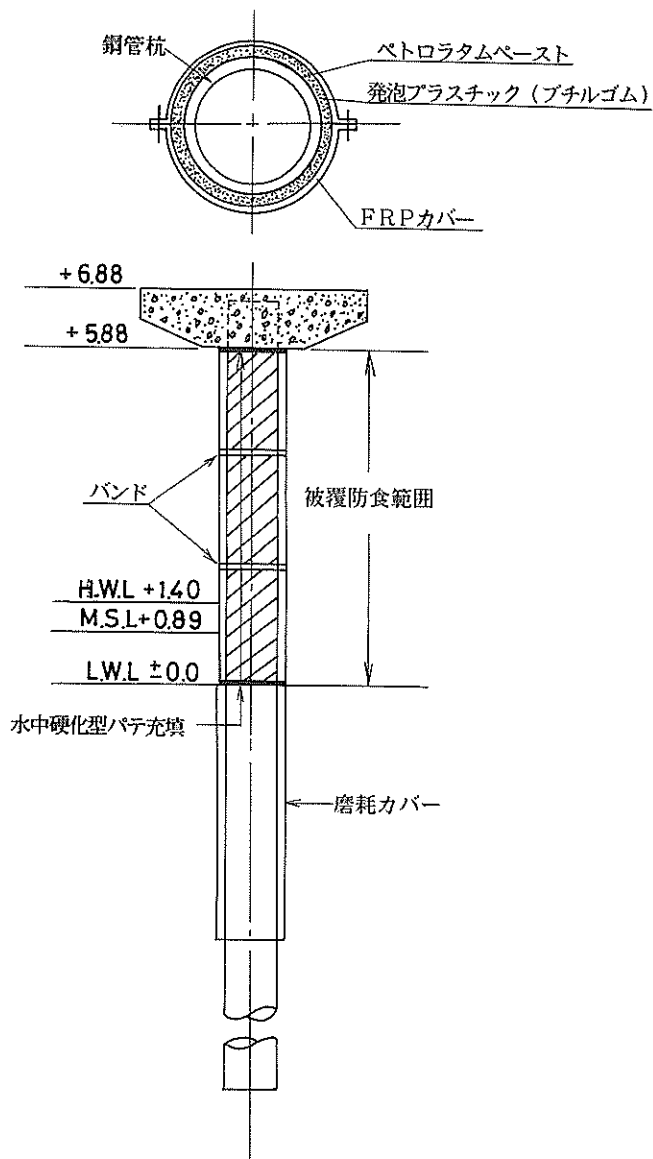
防食分類	電気防食工法 有機ライニング	工法名	ペトロラタム防食工法 (PTC-A法)		杭 No.	22
防 食 施 工 範 囲					施工年月日	
杭 径 (mm)		施工範囲 (m)		施工面積 (㎡)	S・59・7・29	
700		+0.6 ~ +5.50		10.77	表面の色	ブラック
施 工 手 順						
順 序	作 業 内 容	仕 様				
1	下地処理	第3種ケレン (SIS-St2)				
2	ペトロラタムペースト塗布	400 g/㎡				
3	ペトロラタム含浸テープ 巻付け	55%ラップ				
4	FRPカバー取付け	AW型 φ700×2750L×2t mm AW型 φ700×2150L×2t mm				
5	ボルト・ナットにより カバーの締付け					
6	カバー固定後 バンドの取付け	1本				
7	ストッパーバンドの取付け	カバー下端部にボルト・ナットで締付け後、水中溶接にて4点止め				
8	充填材の塗布	コンクリート下端部とカバー上端部の隙間を水中硬化型エポキシ樹脂で充填				
被 覆 の 構 成		1	2	3		
		ペトロラタム ペースト	ペトロラタム テープ	FRPカバー		
備 考	電気防食工法との併用 電気防食については付表-38に示す。					



付図-20 ペトロラタム防食工法の防食範囲と防食層断面図

付表-21 被覆防食工法の施工手順と仕様(21)

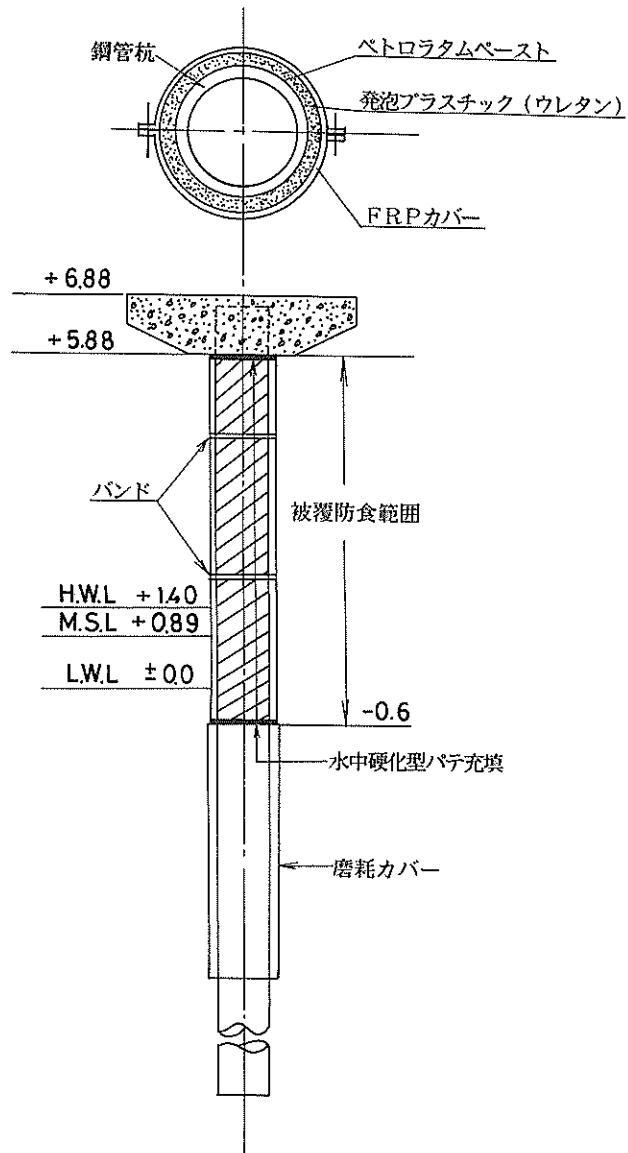
防食分類	有機ライニング	工法名	一体成型防食工法		杭 No	24
防 食 施 工 範 囲					補修年月日	
杭 係 (mm)	施工範囲 (m)		施工面積 (㎡)		S・60・7・25	
700	±0.0 ~ +5.88		12.7		表面の色	ブルー
施 工 手 順						
順 序	作 業 内 容	仕 様				
1	下地処理	第3種ケレン (SIS-St 2)				
2	ベトセラタムペースト塗布	2.5 kg/㎡				
3	一体成型防食体の取付け	発泡ウレタンシート10mm厚, FRPカバー半割フランジタイプ 4mm厚以上 フランジ部4~5mm, 巾80mm				
4	ボルト・ナットにより防食体の締付け	ボルト・ナットはステンレス製				
5	FRPバンドの取付け	防食体を水深方向に3分割し, その突合部をFRPバンドにより保護				
6	固定金具の取付け	防食体最下端に重防食塗装した固定金具を取付ける。				
7	充填材の塗布	防食体と固定金具の隙間, コンクリート下端と防食体の隙間を水中硬化型パテを充填				
		合計被覆厚 9mm				
被 覆 の 構 成		1	2	3	4	
		ベトセラタムペースト	ベトセラタム含浸ウレタンシート	FRPカバー		
備 考						



付図-21 一体成型防食工法の防食範囲と防食層断面図

付表-22 被覆防食工法の施工手順と仕様(22)

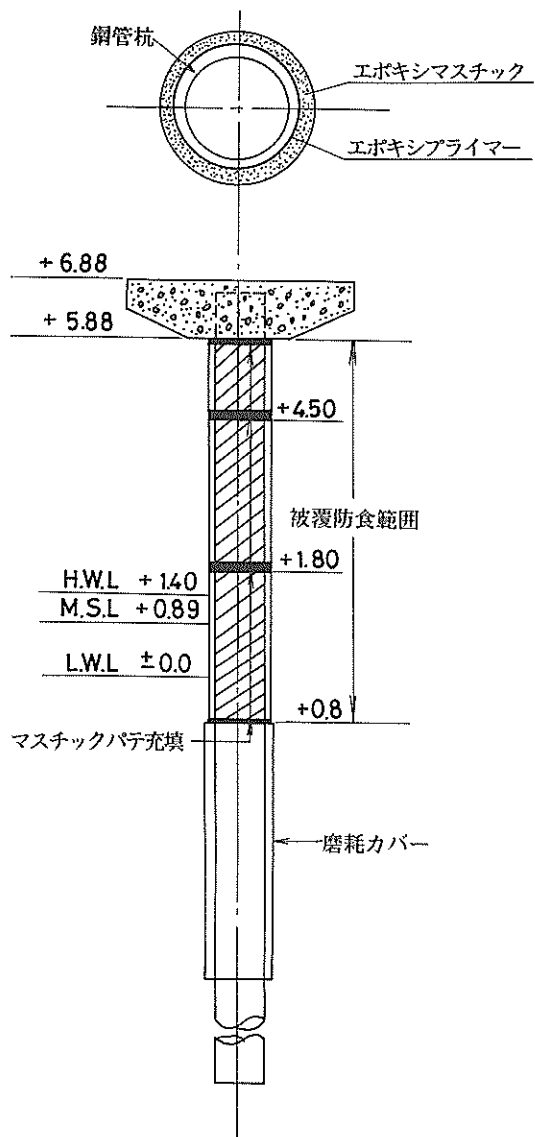
防食分類	有機ライニング	工法名	一体成型防食工法		杭 No.	25
防 食 施 工 範 囲					施工年月日	
杭 径 (mm)		施工範囲 (m)		施工面積 (㎡)		S・60・7・26
800		- 0.6 ~ + 5.88		16.1		表面の色 ブルー
施 工 手 順						
順 序	作 業 内 容		仕 様			
1	下地処理		第3種ケレン (SIS-St 2)			
2	ペトロラタムペースト塗布		2.5 kg/㎡			
3	一体成型防食体の取付け		発泡ウレタンシート10mm厚, FRPカバー半割りフランジタイプ 4mm厚以上 フランジ部 4~5mm, 巾80mm			
4	ボルト・ナットによる防食体の締付け		ボルト・ナットはステンレス製			
5	FRPバンドの取付け		防食体を水深方向に3分割し, その突合部をFRPバンドにより保護			
6	固定金具の取付け		防食体最下端に重防食塗装した固定金具を取付ける。			
7	充填材の塗布		防食体と固定金具の隙間, コンクリート下端と防食体の隙間を水中硬化型パテで充填			
			合計被覆厚 9mm			
被 覆 の 構 成		1	2	3	4	
		ペトロラタムペースト	ペトロラタム含浸シート	FRPカバー		
備 考						



付図-22 一体成型防食工法の防食範囲と防食層断面図

付表-23 被覆防食工法の施工手順と仕様(23)

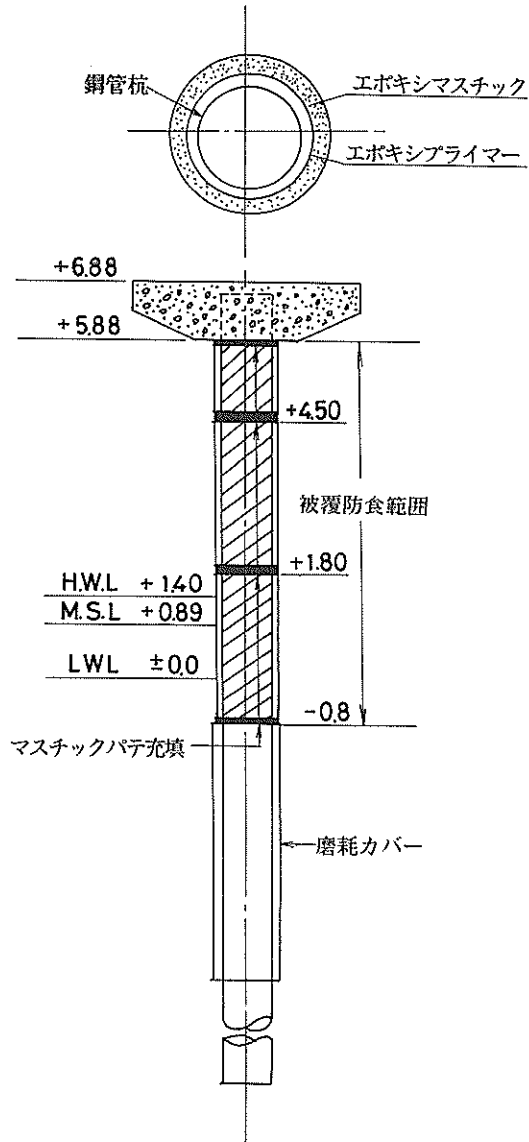
防食分類	有機ライニング	工法名	極厚マスチック防食工法		杭 No	27
防 食 施 工 範 囲					施 工 年 月 日	
杭 径 (mm)	施 工 範 囲 (m)		施 工 面 積 (㎡)		S・59・8・1	
800	- 0.8 ~ + 5.88		16.8		表面の色	ダーク ブラウン
施 工 手 順						
順 序	作 業 内 容	仕 様				
1	下地処理	第2種ケレン, 電動工具により (SIS-St 3)				
2	プライマー塗布	水中硬化型, 刷毛とローラーにて塗布, 0.8 kg/m ²				
3	型枠の組立	3段に分けて取付け 1段目 - 0.8 ~ + 1.8 m 2段目 + 2.0 ~ + 4.5 m 3段目 + 4.7 ~ + 5.88 m				
4	マスチックの注入	エアーレスポンプにて, 3, 2, 1の順に注入 31.25 kg/m ² , 10mm厚以上				
5	マスチックの養生	注入後 24時間				
6	型枠の取外し					
7	充填材の塗布	スペーサーボルト跡および型枠の1~2段目, 2~3段目の接合部の隙間と コンクリート下端部の接合部にマスチックと同質のパテを充填				
		合計被覆厚 10mm以上				
被 覆 の 構 成		1	2			
		プライマー	エポキシマスチック			
備 考						



付図-23 極厚マスチック防食工法の防食範囲と防食層断面図

付表-24 被覆防食工法の施工手順と仕様(24)

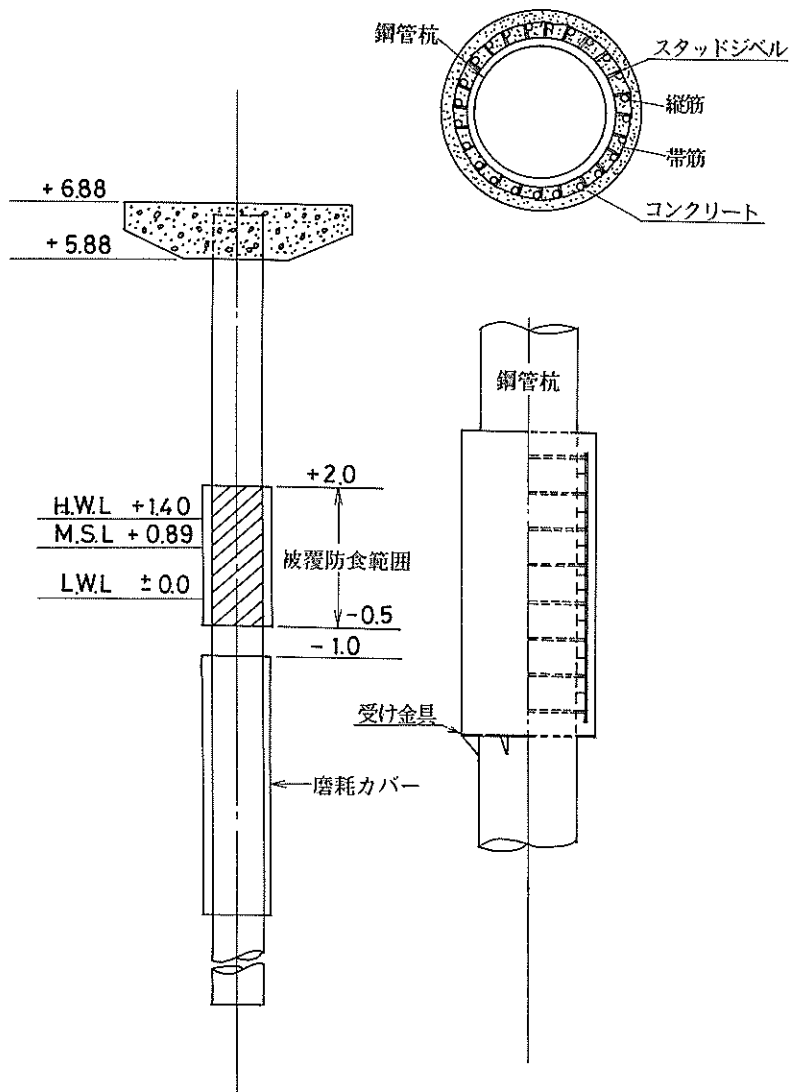
防食分類	有機ライニング	工法名	極厚マスチック防食工法		杭 No.	28
防 食 施 工 範 囲					施工年月日	
杭 径 (mm)	施工範囲 (m)		施工面積 (㎡)		S・59・8・1	
800	-0.8 ~ +5.88		16.8		表面の色	ダーク ブラウン
施 工 手 順						
順 序	作 業 内 容	仕 様				
1	下地処理	第2種ケレン, 電動工具により (SIS-St 3)				
2	プライマー塗布	水中硬化型, 刷毛とローラーにて塗布, 0.8kg/㎡				
3	型枠の組立	3段に分けて取付け 1段目 -0.8~+1.8 mm 2段目 +2.0~+4.5 mm 3段目 +4.7~+5.88 mm				
4	マスチックの注入	エアーレスポンプにて3, 2, 1段の順に注入, 31.25kg/㎡, 10mm厚以上				
5	マスチックの養生	注入後24時間				
6	型枠の取外し					
7	補 修	スペーサーボルト跡および型枠の1~2段目, 2~3段目の接合部の隙間, コンクリート下端部の接合部にマスチックと同質のパテを充填				
		合計被覆厚 10mm以上				
被 覆 の 構 成		1	2			
		プライマー	エポキシマスチック			
備 考						



付図-24 極厚マスチック防食工法の防食範囲と防食層断面図

付表-25 被覆防食工法の施工手順と仕様(25)

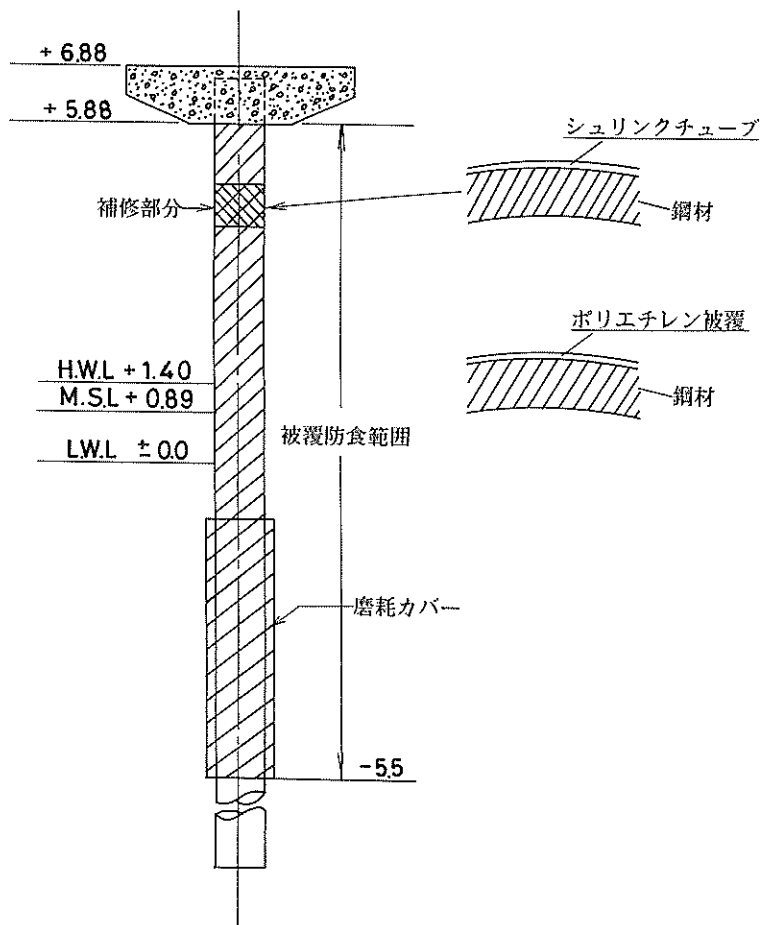
防食分類	無機ライニング	工法名	CRUS工法		杭 No.	29
防 食 施 工 範 囲					施 工 年 月 日	
杭 径 (mm)	施 工 範 囲 (m)		施 工 面 積 (m ²)		S・59・8・11	
800	- 0.5 ~ + 2.0		6.3		表面の色	グレー
施 工 手 順						
順 序	作 業 内 容	仕 様				
1	下地処理	第3種ケレン (SIS-St 2), スクレーパー, ケレンハンマーによる				
2	スタッドジベル取付け	スタッドガンにより溶接, NELSON MPLタイプ M16 × 75L × 35S				
3	底板の取付け	鋼製半円形底板をボルト・ナットで締め付け				
4	鉄筋の組立て	縦筋: D25, L = 2200mm, 25本 SD-30 帯筋: D10, L = 1900mm, 16本 SD-30				
5	型枠の取付け					
6	コンクリート打込	水中非分離性コンクリート, w/c = 50% 養生7日間				
7	型枠の取外し					
		コンクリート厚さ 150mm (被覆厚)				
被 覆 の 構 成		1				
		コンクリート				
備 考	スタッドジベルを伴う鉄筋コンクリート防食 CRUS : NEW REINFORCE CONCRETE SYSTEM WITH THE UNDERWATER WELDING-STUD.					



付図-25 CRUS工法の防食範囲と防食層断面図

付表-26 被覆防食工法の施工手順と仕様(26)

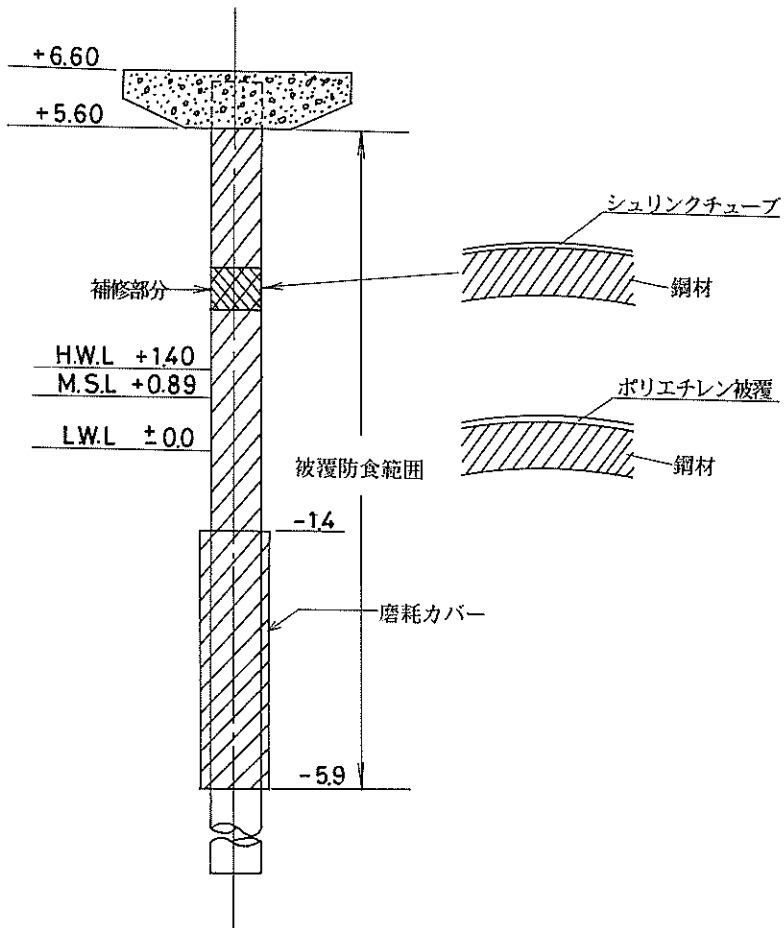
防食分類	有機ライニング	工法名	ポリエチレン被覆法		杭 No.	31,32
防 食 施 工 範 囲					施工年月日	
杭 径 (mm)	施工範囲 (m)		施工面積 (㎡)		S・59・6・5	
800	- 5.5 ~ + 5.88		33.6		表面の色	ブラック
施 工 手 順						
順 序	作 業 内 容	仕 様				
1	下地処理	ショット・プラスト				
2	プライマーの塗布					
3	接着剤の塗布	工場施行				
4	ポリエチレン樹脂の被覆	4.55mm厚				
		合計被覆厚 4.6mm				
被 覆 の 構 成		1	2	3		
		プライマー	接 着 剤	ポリエチレン樹脂		
備 考	これらの杭は、+4.14~+4.84m間をハクリし、シュリンクチューブにて補修施行を実施している。 (シュリンクチューブ φ800×900t×3t)					



付図-26 ポリエチレン被覆工法の防食範囲と防食層断面図

付表- 27 被覆防食工法の施工手順と仕様 (27)

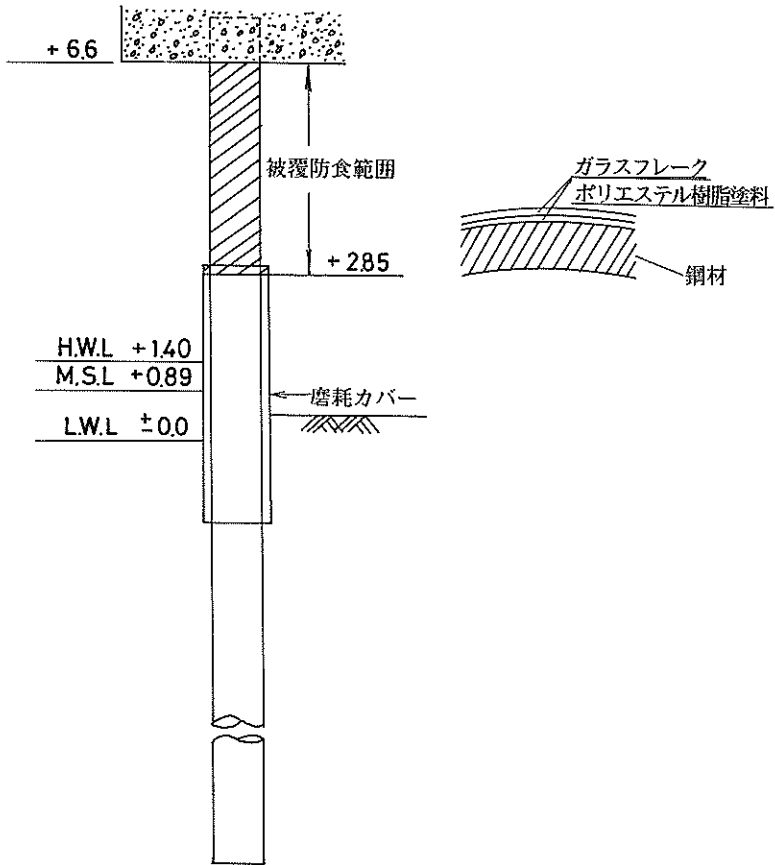
防食分類	有機ライニング	工法名	ポリエチレン被覆法		杭 No	33, 34, 35
防 食 施 工 範 囲					施工年月日	
杭 径 (mm)	施工範囲 (m)		施工面積 (㎡)		S・59・6・5	
800	- 5.90 ~ + 5.60		33.9		表面の色	ブラック
施 工 手 順						
順 序	作 業 内 容	仕 様				
1	下地処理	ショット・ブラスト				
2	プライマーの塗布					
3	接着剤の塗布	工場施行				
4	ポリエチレン樹脂の被覆	2.87 ~ 3.55 mm 厚				
		合計被覆厚 2.9 ~ 3.6 mm				
被 覆 の 構 成		1	2	3	4	
		プライマー	接 着 剤	ポリエチレン樹脂		
備 考	これらの杭は+ 3.87 ~ + 4.57 m 間をハクリし、シュリンクチューブにて、補修施行を実施している。 (シュリンクチューブφ 800 × 900 l × 3t)					



付図-27 ポリエチレン被覆工法の防食範囲と防食層断面図

付表-28 塗装の施工手順と仕様(28)

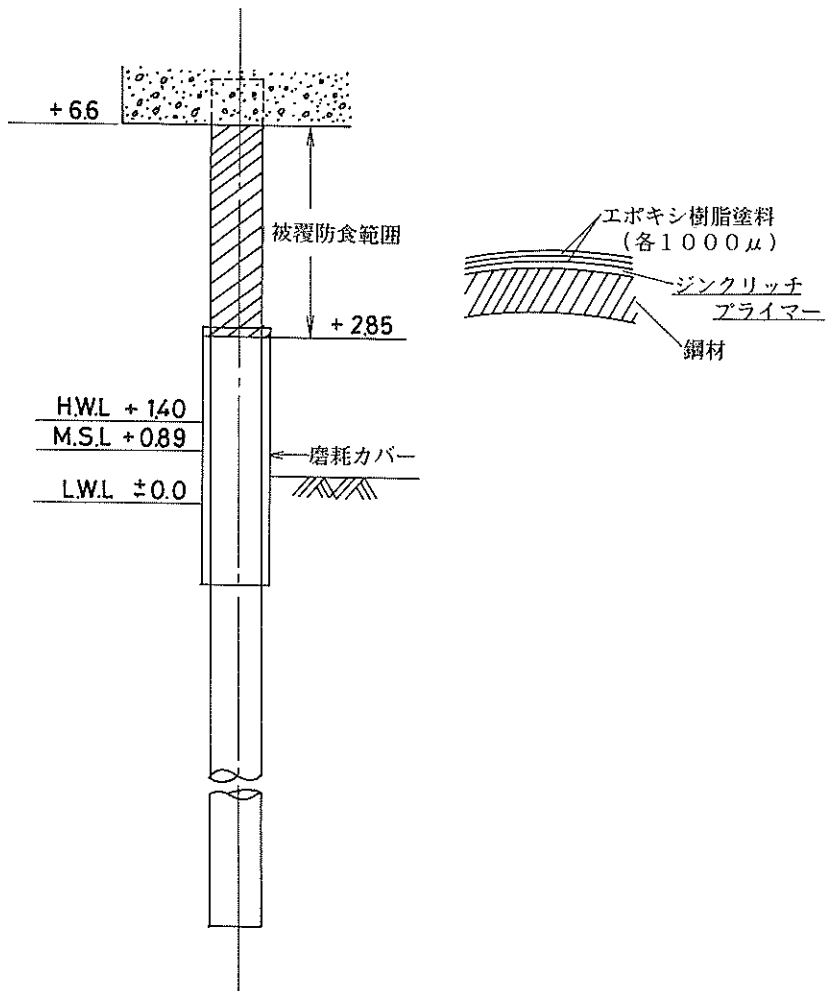
防食分類	塗 装	塗料名	ガラスフレーク・ポリエステル樹脂塗料		杭 No.	K 1
防 食 施 工 範 囲					施 工 年 月 目	
杭 径 (mm)		施 工 範 囲 (m)		施 工 面 積 (㎡)		S・60・12・1
700		+ 2.85 ~ + 6.6		8.24		表面の色 グレー
施 工 手 順						
順 序	作 業 内 容		仕 様			
1	下地処理		サンド・ブラスト (SIS-Sa 25)			
2	第1層塗布		ガラスフレーク・ポリエステル樹脂塗料, 約 500 μ厚, エアーレス・スプレー塗装			
3	第2層塗布		ガラスフレーク・ポリエステル樹脂塗料, 約 500 μ厚, エアーレス・スプレー塗装			
			合計被覆厚, 1260 μ (平均)			
被 覆 の 構 成		1	2	3	4	
		ガラスフレーク・ポリエステル樹脂塗料				
備 考						



付図-28 杭 No. K-1 の防食範囲と防食層断面図

付表-29 塗装の施工手順と仕様

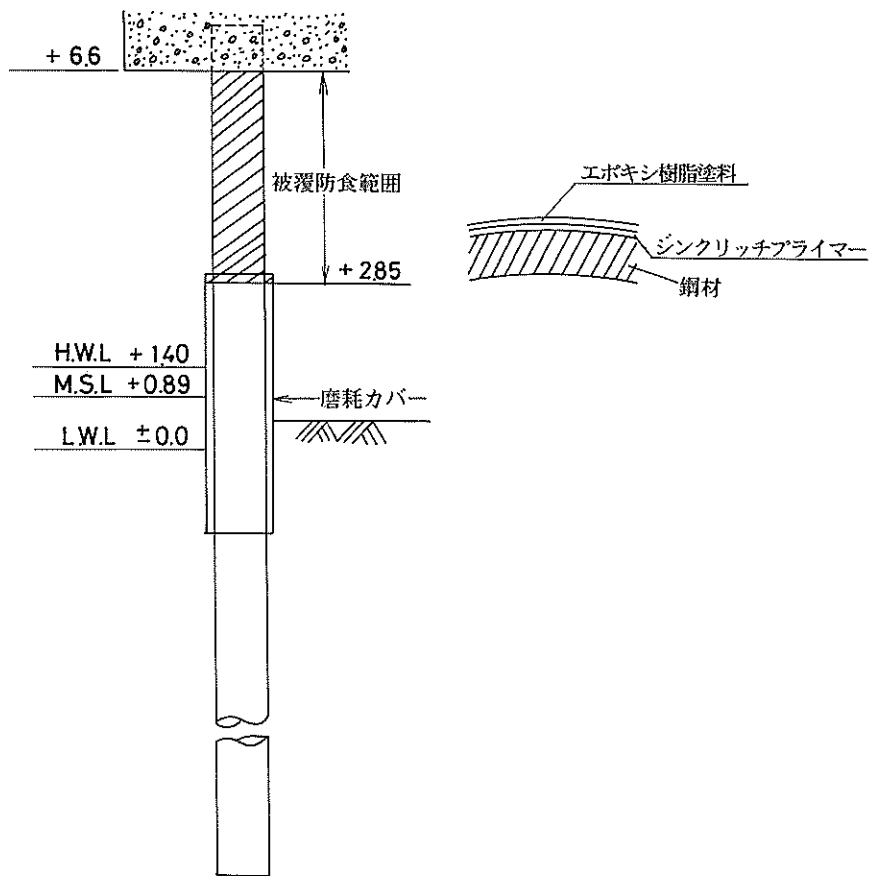
防食分類	塗 装	塗料名	超厚膜型エポキシ樹脂塗料		杭 No	K 2
防 食 施 工 範 囲					施工年月日	
杭 径 (mm)	施工範囲 (m)		施工面積 (㎡)		S・60・11・22	
700	+ 2.85 ~ + 6.6		8.24		表面の色	ダーク グリーン
施 工 手 順						
順 序	作 業 内 容	仕 様				
1	下地処理	サンドブラスト (SIS-Sa 2.5)				
2	第1層塗布	プライマー (SDジンク) 約20μ厚, ハケ塗り				
3	第2層塗布	エポキシ樹脂塗料, 約1000μ厚, ローラー, ゴムヘラ塗装				
4	第3層塗布	エポキシ樹脂塗料, 約1000μ厚, ローラー, ゴムヘラ塗装				
		合計被覆厚 1930μ (平均)				
被 覆 の 構 成		1	2	3	4	
		プライマー (ジンク クリッチペイント)	エポキシ樹脂塗料			
備 考						



付図-29 杭 No. K-2 の防食範囲と防食層断面図

付表-30 塗装の施工手順と仕様(30)

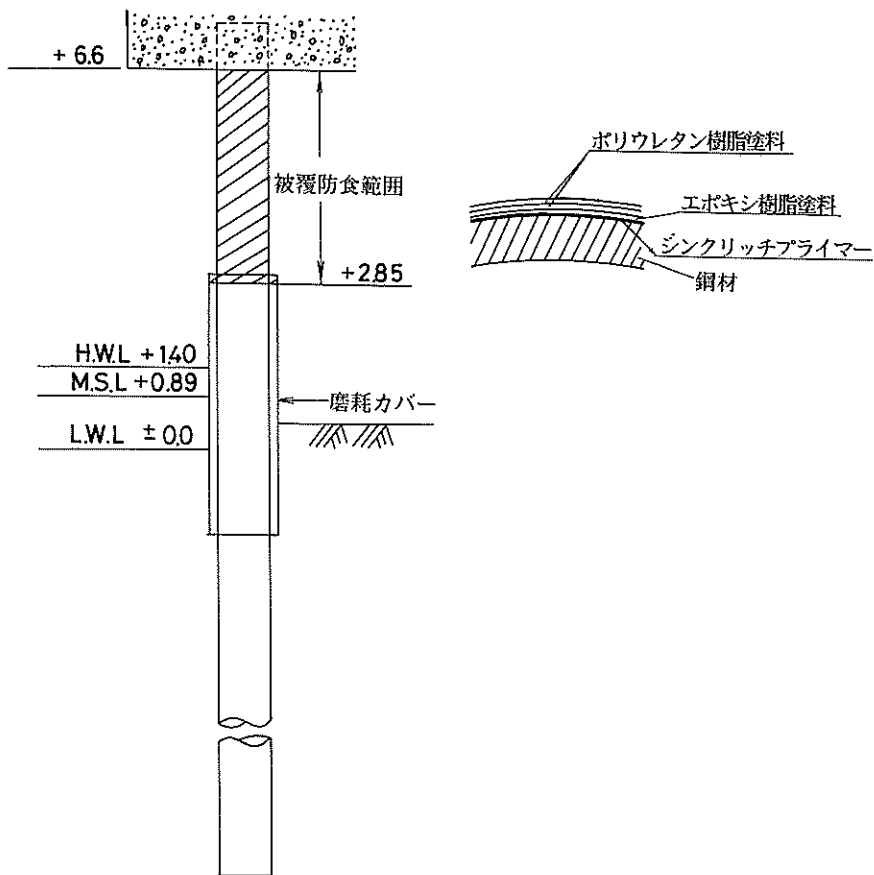
防食分類	塗 装	塗料名	超厚膜型エポキシ樹脂塗料		杭 No.	K 3
防 食 施 工 範 囲					施 工 年 月 日	
杭 径 (mm)	施 工 範 囲 (m)		施 工 面 積 (㎡)		S・60・11・22	
700	+ 2.85 ~ + 6.6		8.24		表面の色	ダーク グリーン
施 工 手 順						
順 序	作 業 内 容	仕 様				
1	下地処理	サンド・ブラスト (SIS-Sa 2.5)				
2	第1層塗布	プライマー (SDジンク) 約 20 μ厚, ハケ塗り				
3	第2層塗布	エポキシ樹脂塗料 約 2000 μ厚, ローラー, ハケ塗装				
		合計被覆厚 2570 μ (平均)				
被 覆 の 構 成		1	2	3	4	
		プライマー(ジンク リッチペイント)	エポキシ樹脂塗料			
備 考						



付図-30 杭 No. K-3 の防食範囲と防食層断面図

付表-31 塗装の施工手順と仕様(31)

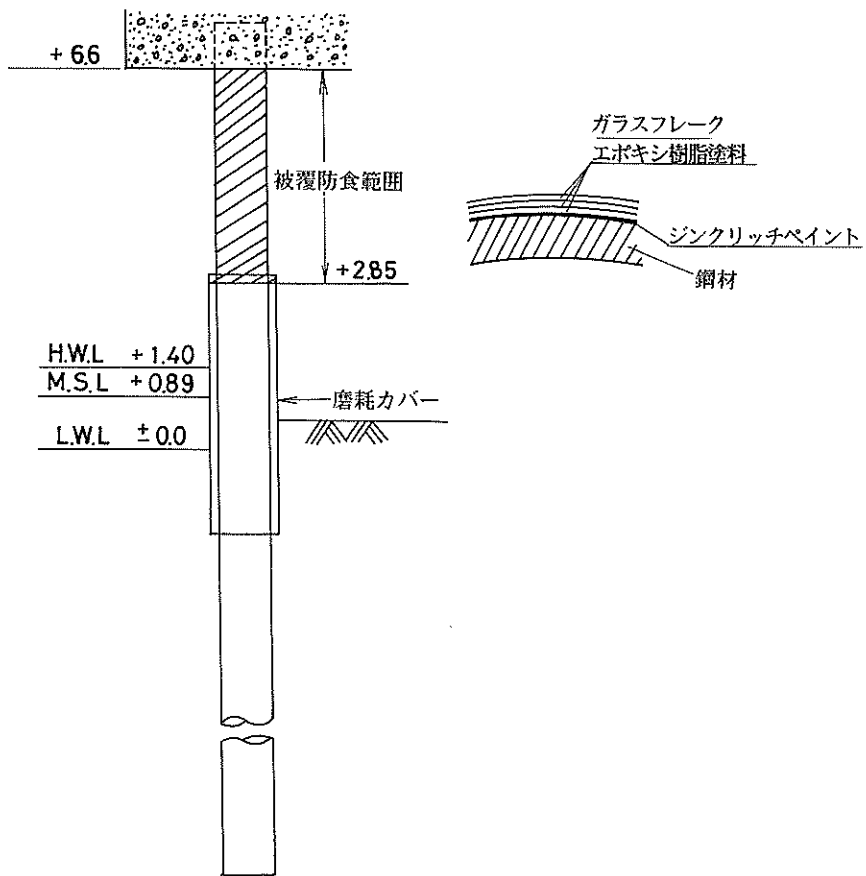
防食分類	塗 装	塗料名	エポキシ・ポリウレタン樹脂塗料		杭 No	K 5	
防 食 施 工 範 囲					施 工 年 月 日		
杭 径 (mm)		施 工 範 囲 (m)		施 工 面 積 (㎡)		S・60・11・30	
700		+ 2.85 ~ + 6.6		8.24		表面の色 グレー	
施 工 手 順							
順 序	作 業 内 容		仕 様				
1	下地処理		サンド・ブラスト (SIS-Sa 2.5)				
2	第1層塗布		厚膜型ジンクリッチ塗料 約75 μ 厚 エアーレス・スプレー塗装				
3	第2層塗布		エポキシ樹脂塗料(ミストコート) 約25 μ 厚, エアーレス・スプレー塗装 (アマコート 383HS)				
4	第3層塗布		エポキシ樹脂塗料(本塗装) 約125 μ 厚, エアーレス・スプレー塗装 (アマコート 383HS)				
5	第4層塗布		ポリウレタン樹脂塗料 約50 μ 厚, エアーレス・スプレー塗装 (アマコート 450GL)				
6	第5層塗布		ポリウレタン樹脂塗料 約50 μ 厚, エアーレス・スプレー塗装 (アマコート 450GL)				
			合計被覆厚 325 μ				
被 覆 の 構 成		1		2		3	
		プライマー(ジンクリッチペイント)		エポキシ樹脂塗料		ポリウレタン樹脂塗料	
備 考							



付図-31 杭 No. K-5 の防食範囲と防食層断面図

付表-32 塗装の施工手順と仕様(32)

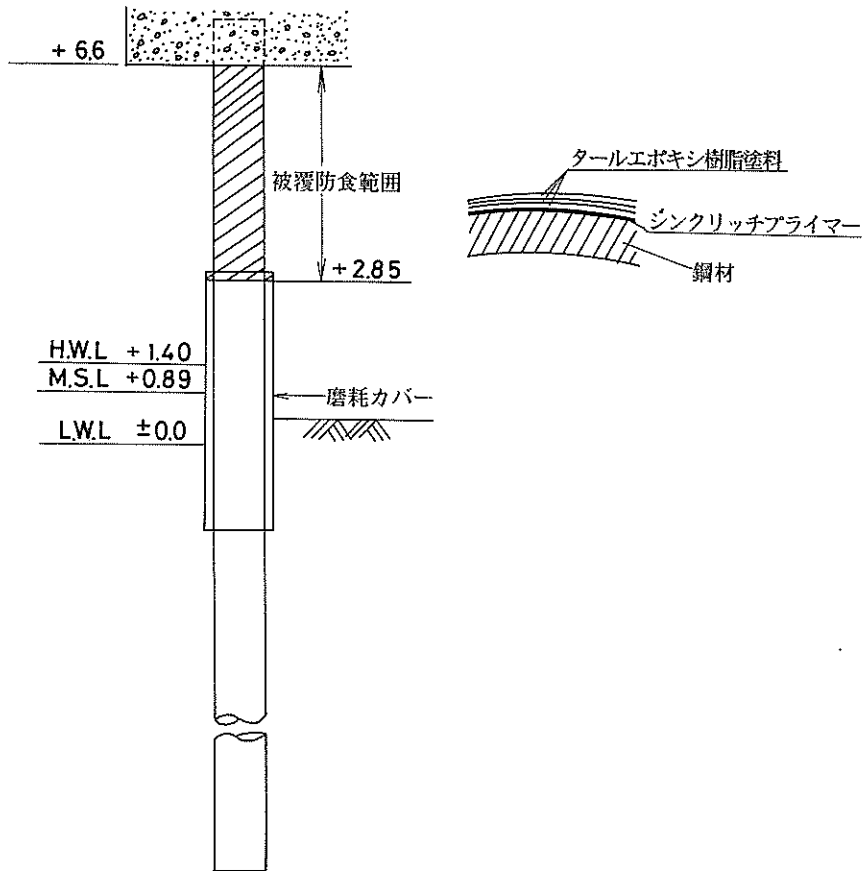
防食分類	塗 装	塗料名	ガラスフレーク・エポキシ樹脂塗料		杭 No.	K 4, K 8	
防 食 施 工 範 囲						施工年月日	
杭 径 (mm)		施工範囲 (m)		施工面積 (㎡)		S・60・11・27	
700		+ 2.85 ~ + 6.6		8.24		表面の色	グレー
施 工 手 順							
順 序	作 業 内 容		仕 様				
1	下地処理		サンド・ブラスト (SIS-Sa 2.5)				
2	第1層塗布		有機質ジンクリッチペイント, 約15 μ 厚, エアーレス・スプレーおよびハケ塗り				
3	第2層塗布		ガラスフレーク・エポキシ樹脂塗料, 約300 μ 厚, エアーレス・スプレーおよびローラー塗装				
4	第3層塗布		ガラスフレーク・エポキシ樹脂塗料, 約300 μ 厚 エアーレス・スプレー塗装				
5	第4層塗布		ガラスフレーク・エポキシ樹脂塗料, 約300 μ 厚 エアーレス・スプレー塗装				
			合計被覆厚 1700 μ (No.K 4), 1550 μ (No.K 8) いずれも平均値				
被 覆 の 構 成		1	2	3	4		
		プライマー(ジンクリッチペイント)	ガラスフレーク・エポキシ樹脂塗料				
備 考							



付図-32 杭 No. K-4, K-8 の防食範囲と防食層断面図

付表-33 塗装の施工手順と仕様(33)

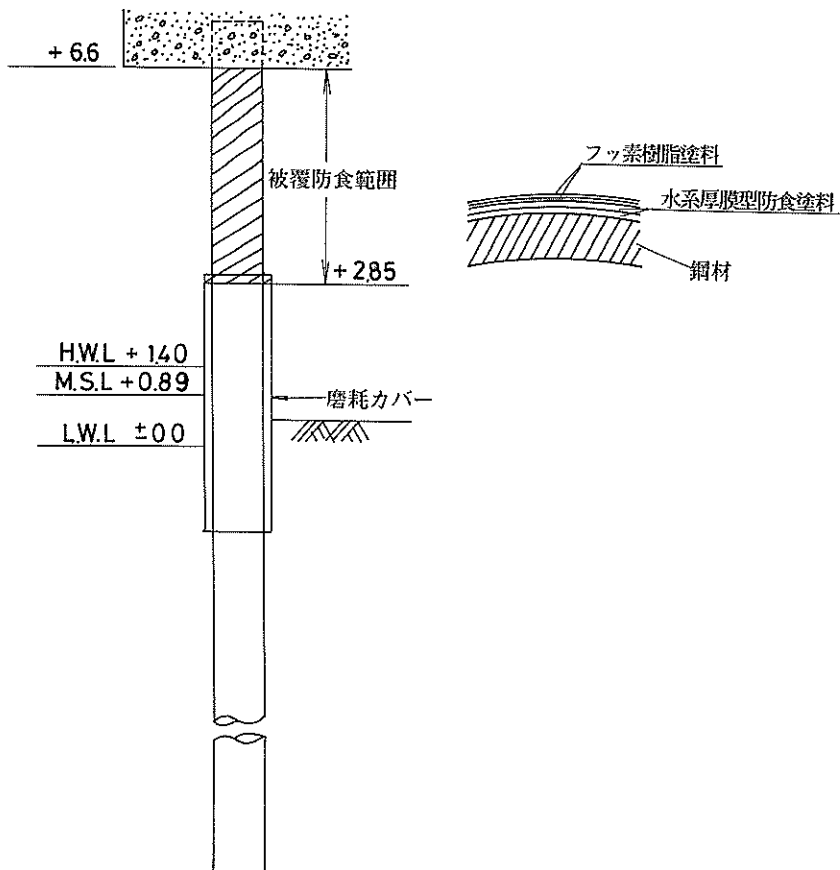
防食分類	塗 装	塗料名	タール・エポキシ樹脂塗料		杭 No.	K 6, K 7
防 食 施 工 範 囲					施 工 年 月 日	
杭 径 (mm)		施 工 範 囲 (m)		施 工 面 積 (㎡)		S・60・11・22
700		+ 2.85 ~ + 6.6		8.24		表面の色 ブラック
施 工 手 順						
順 序	作 業 内 容		仕 様			
1	下地処理		サンド・ブラスト (SIS-Sa 2.5)			
2	第1層塗布		プライマー (SDジンク) 約 20 μ厚, 刷毛塗り			
3	第2層塗布		タール・エポキシ樹脂塗料, 約 150 μ厚, エアーレス・スプレー塗装			
4	第3層塗布		タール・エポキシ樹脂塗料, 約 150 μ厚, エアーレス・スプレー塗装			
5	第4層塗布		タール・エポキシ樹脂塗料, 約 150 μ厚, エアーレス・スプレー塗装			
			合計被覆厚 538 μ (K 6), 513 μ (K 7) いずれも平均値			
被 覆 の 構 成		1	2	3	4	
		プライマー(ジンク リッチペイント)	タール・エポキシ 樹脂塗料			
備 考						



付図-33 杭 No. K-6, K-7 の防食範囲と防食層断面図

付表-34 塗装の施工手順と仕様(34)

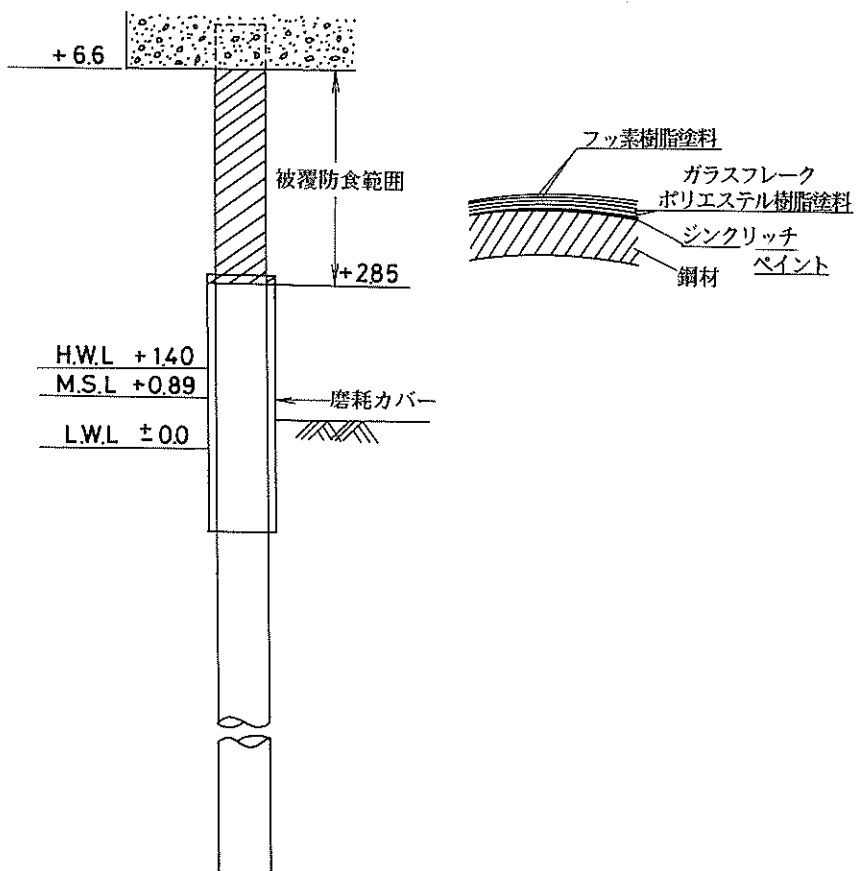
防食分類	塗 装	塗料名	水系厚膜防食塗料・フッ素樹脂塗料			杭 No	K 9
防 食 施 工 範 囲						施 工 年 月 日	
杭 径 (mm)		施 工 範 囲 (m)		施 工 面 積 (㎡)		S・60・11・10	
700		+ 2.85 ~ + 6.6		8.24		表面の色	グリーン
施 工 手 順							
順 序	作 業 内 容		仕 様				
1	下地処理		サンド・プラスト (SIS-Sa 2.5)				
2	第1層塗布		水系厚膜防食塗料, 約 250 μ厚, エアーレス・スプレー塗装				
3	第2層塗布		水系厚膜防食塗料, 約 250 μ厚, エアーレス・スプレー塗装				
4	第3層塗布		フッ素樹脂塗料, 約 20 μ厚, エアーレス・スプレー塗装				
5	第4層塗布		フッ素樹脂塗料, 約 20 μ厚, エアーレス・スプレー塗装				
			合計被覆厚 約 540 μ厚				
被 覆 の 構 成			1	2	3	4	
			水系厚膜防食塗料	フッ素樹脂塗料			
備 考							



付図-34 杭 No. K-9 の防食範囲と防食層断面図

付表-35 塗装の施工手順と仕様(35)

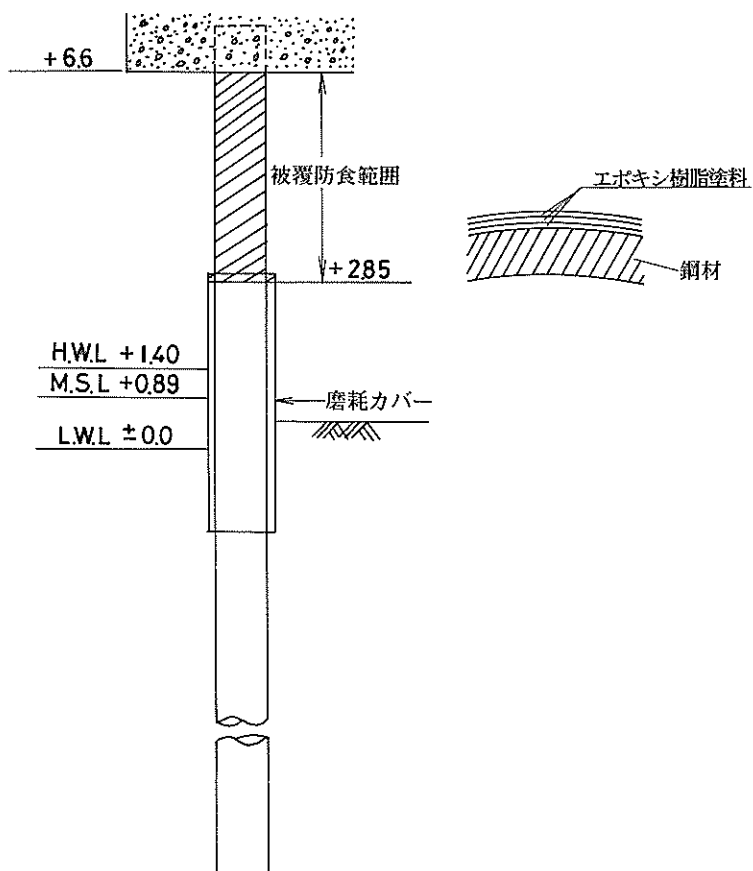
防食分類	塗 装	塗料名	ガラスフレーク・ポリエステル樹脂・ フッ素樹脂塗料		杭 No	K10
防 食 施 工 範 囲					施工年月日	
杭 径 (mm)	施 工 範 囲 (m)		施 工 面 積 (㎡)		S・60・11・10	
700	+ 2.85 ~ + 6.6		8.24		表面の色	グリーン
施 工 手 順						
順 序	作 業 内 容	仕 様				
1	下地処理	サンド・ブラスト (SIS-Sa 2.5)				
2	第1層塗布	プライマー (エポキシ樹脂ジンクリッチペイント) 約75μ厚 エアーレス・スプレー塗装				
3	第2層塗布	ガラス・フレーク・ポリエステル樹脂塗料, 約350μ厚, エアーレス・スプレー塗装				
4	第3層塗布	ガラス・フレーク・ポリエステル樹脂塗料, 約350μ厚, エアーレス・スプレー塗装				
5	第4層塗布	フッ素樹脂塗料, 約20μ厚, エアーレス・スプレー塗装				
6	第5層塗布	フッ素樹脂塗料, 約20μ厚, エアーレス・スプレー塗装				
		合計被覆厚 約815μ厚				
被 覆 の 構 成		1	2	3	4	
		プライマー(有機ジンクリッチ)	ガラスフレーク・ポリエステル樹脂塗料	フッ素樹脂塗料		
備 考						



付図-35 杭 No. K-10の防食範囲と防食層断面図

付表-36 塗装の施工手順と仕様(36)

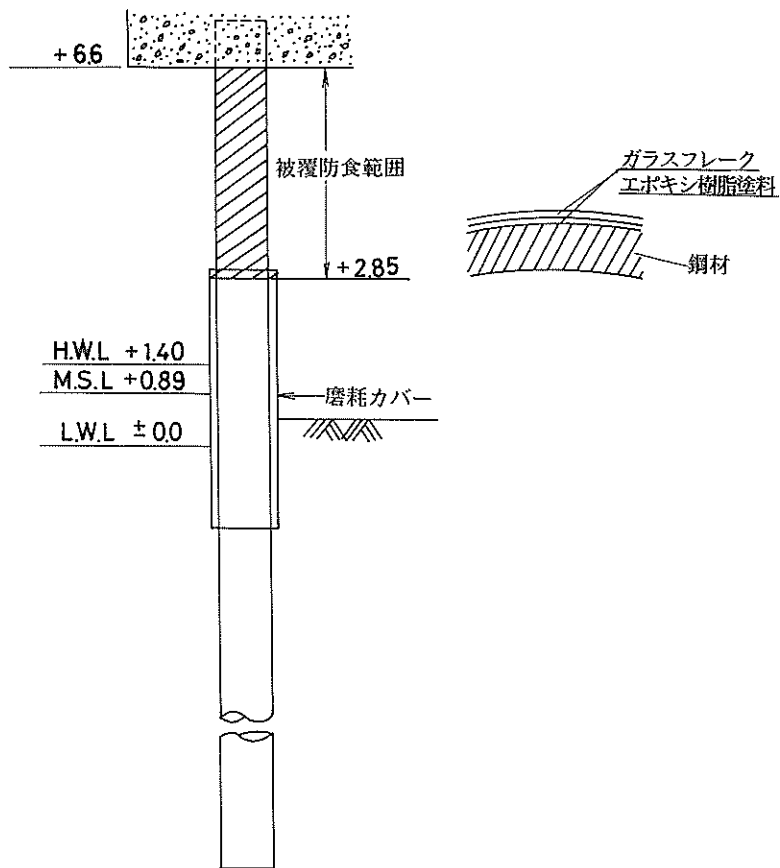
防食分類	塗 装	塗料名	湿潤面用エポキシ樹脂塗料			杭 No.	K11
防 食 施 工 範 囲						施 工 年 月 日	
杭 径 (mm)		施 工 範 囲 (m)		施 工 面 積 (㎡)		S・60・12・1	
700		+ 2.85 ~ + 6.6		8.24		表面の色	ブルー
施 工 手 順							
順 序	作 業 内 容		仕 様				
1	下地処理		サンド・プラスト (SIS-Sa 2.5)				
2	第1層塗布		エポキシ樹脂塗料, 約300μ厚, ローラー塗装				
3	第2層塗布		エポキシ樹脂塗料, 約300μ厚, ローラー塗装				
4	第3層塗布		エポキシ樹脂塗料, 約300μ厚, ローラー塗装				
			合計被覆厚 約900μ厚				
被 覆 の 構 成			1	2	3	4	
			エポキシ樹脂塗料				
備 考							



付図-36 杭 No. K-11の防食範囲と防食層断面図

付表-37 塗装の施工手順と仕様(37)

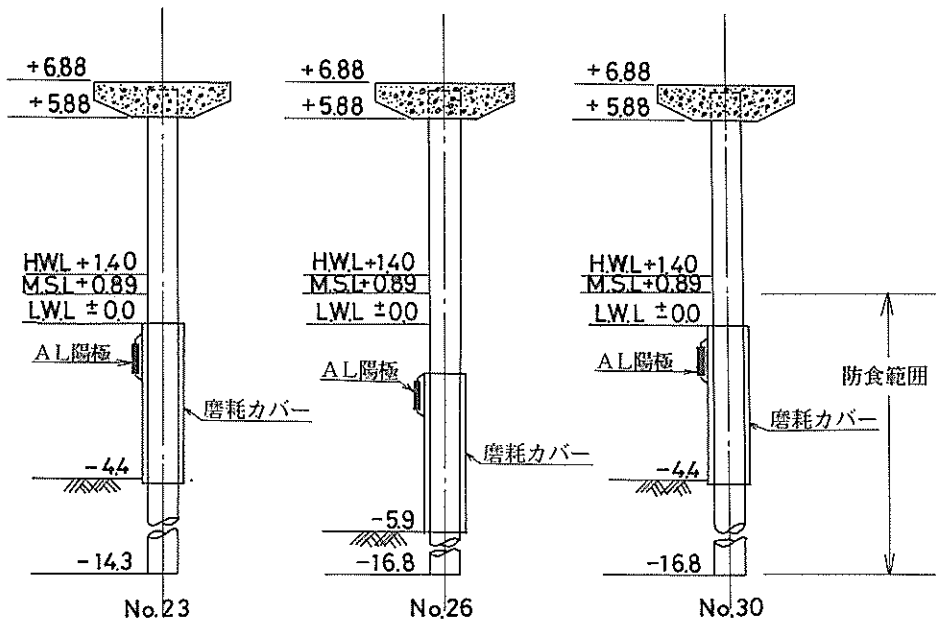
防食分類	塗 装	塗料名	ガラスフレーク・エポキシ樹脂塗料		杭 No	K12
防 食 施 工 範 囲					施工年月日	
杭 径 (mm)		施工範囲 (m)		施工面積 (㎡)		S・60・12・1
700		+2.85 ~ +6.6		8.24		表面の色 グレー
施 工 手 順						
順 序	作 業 内 容		仕 業 様			
1	下地処理		サンド・ブラスト (SIS-Sa 2.5)			
2	第1層塗布		ガラスフレーク・エポキシ樹脂塗料, 約500 μ 厚, エアーレス・スプレー塗装			
3	第2層塗布		ガラスフレーク・エポキシ樹脂塗料, 約500 μ 厚, エアーレス・スプレー塗装			
			合計被覆厚 1200 μ (平均)			
被 覆 の 構 成		1	2	3	4	
		ガラスフレーク・ エポキシ樹脂塗料				
備 考						



付図-37 杭 No. K-12の防食範囲と防食層断面図

付表-38 電気防食工法の施工手順と仕様

防食分類	電気防食工法	工法名	流電陽極法	杭 No.	22, 23 26, 30
防 食 施 工 範 囲				施 工 年 月 日	
杭 径 (mm)	施 工 範 囲 (m)		施 工 面 積 (m ²)	S・59・7・30	
700	~			表面の色	
施 工 手 順					
順 序	作 業 内 容	仕 業 様			
	使 用 材 料	○アルミニウム合金陽極, 標準発生電流3.0 A ($\rho = 30 \Omega\text{-cm}$ として) 重量 Net 31.9 kg 以上, 耐用寿命 約5年			
		使用個数 1本 ○基準電極 (Zn 電極)			
		○電流測定装置, 水中型シャント抵抗 (50 mV, 5 A)			
1	陽極の取付け	水中溶接により取付け			
2	基準電極設置	ウォータージェットで砂を掘り海底面下50cmと2mの2箇所を設置			
3	測定ボックス取付け	電流, 電位測定用ボックス			
		○防食有効面積 No.22 24.4 m ² , No.23 18.68 m ² No.26 22.5 m ² , No.30 22.34 m ²			
	被 覆 の 構 成	エレクトロ・コーティング			
備 考					



付図-38 電気防食工法の防食範囲と陽極取付け位置図

付録 1 - 1 被覆防食工法の観察結果

杭No.	1	2	4	5	6	7
防食工法種類	防食シート接着ライニング工法	防食シート接着ライニング工法	セメントモルタル / FRPカバー工法	水中硬化型ライニング工法	一体成型防食工法	水中硬化型ライニング工法
S・60年度						
暴露期間						
S・61年度	+ 2.33 mのバテ材シール部に点錆	+ 1.9 mの位置に施工直後の波浪によると思われる防食シートの浮き、陸側中間部に打傷、防食層ハクリ。以上、部分補修施工	異常なし	ブラケット跡部にワレ、発錆 コンクリート上部工 下端部より錆汁	ブラケット跡部にわずかな点錆 コンクリート上部工 下端部よりわずかに錆汁	ブラケット跡部に点錆、コンクリート上部工 下端部より錆汁
暴露期間	0.6 yr	※ 0.6 yr	0.8 yr	0.8 yr	0.8 yr	0.8 yr
S・62年度	海側床板裏側に点錆あり 他良好	上部バテ材シール部に若干の点錆あり 他良好	異常なし	ブラケット跡部は全面発錆 コンクリート上部工 下端部より錆汁	ブラケット跡部にわずかな点錆 コンクリート上部工 下端部からわずかに錆汁	ブラケット跡部に点錆、コンクリート上部工 下端部から錆汁
暴露期間	1.6 yr	1.6 yr	1.9 yr	1.8 yr	1.9 yr	1.9 yr
S・63年度	下部のバテ材シール部に点錆があり、コンクリート上部工下端部に点錆が見られる、上塗り塗料の退色はない。	61年度補修箇所の一部と下部70cmの高さ全周にわたり菜地からハクリが見られた。上部補修箇所は良好	異常なし	ブラケット跡部4ヶ所全面にわたり発錆、コンクリート上部工 下端部からの錆汁	チタンカバーの表面良好、上部水中硬化ライニング部点錆あり。 コンクリート上部工 下端部から錆汁	ブラケット跡部に点錆、コンクリート上部工 下端部から錆汁
暴露期間	2.6 yr	※ 2.6 yr	2.9 yr	2.8 yr	2.9 yr	2.9 yr

※は補修等を行ったものを示す。

付録 1 - 2 被覆防食工法の観察結果

杭No.	8	9	10	11	12	13
防食工法種類	セメントモルタル / FRPカバー工法	水中硬化型ライニング工法	水中硬化型ライニング工法	水中硬化型ライニング工法	ベトロラタム防食工法	ベトロラタム防食工法
S・60年度					カバーつなぎ部締付けバンド部（陸側）の一部に錆汁	異常なし
暴露期間					1.3 yr	1.3 yr
S・61年度	異常なし				異常なし	異常なし
暴露期間	0.8 yr				1.9 yr	2.0 yr
S・62年度	異常なし	コンクリート上部工 下端部およびブラケット跡部に点錆、 中間付近ハクリ部あり補修	コンクリート上部工 下端部およびブラケット跡部に点錆	コンクリート上部工 下端部およびブラケット跡部に点錆	カバー接続部バンド（2本）の脱落、補修	異常はなかったが、No.14と同様にPEカバーに取替え
暴露期間	1.9 yr	※ 1.0 yr	1.0 yr	1.0 yr	※ 3.0 yr	※ 3.0 yr
S・63年度	異常なし	コンクリート上部工 下端部に点錆	ブラケット跡部に点錆、コンクリート上部工 下端部からの錆汁	ブラケット跡部に点錆、コンクリート上部工 下端部からの錆汁	カバー接続部バンドからの錆汁	異常なし
暴露期間	2.9 yr	2.0 yr	2.0 yr	2.0 yr	4.0 yr	4.1 yr

※は補修等を行ったものを示す。

付録 1-3 被覆防食工法の観察結果

杭No.	14	15	17	18	19	20
防食工法種類	ベトロラタム防食工法	水中硬化型ライニング工法	G R C 補強カバー工法	水中硬化型ライニング工法	ベトロラタム防食工法	セメントモルタル / FRPカバー工法
S・60年度	暴露後 0.8 yr で FRV カバーの破損、同一材料により補修			異常なし (塗膜調査時メカニカルダメージ4ヶ所、タッチアップ補修)	カバーつなぎ部締付けバンド部(陸側)の一部に錆汁	異常なし
暴露期間	※ 1.3 yr			※ 1.25 yr	1.3 yr	1.25 yr
S・61年度	異常なし	施工時、防食材突き合せ部の押さえが不十分で良くない筋でない箇所に線状錆発生	異常なし	コンクリート上部工下部部より錆汁 旧年タッチアップ補修部異常なし	カバーつなぎ部締付けバンドに錆汁	異常なし
暴露期間	2.0 yr	0.8 yr	0.8 yr	2.0 yr	1.9 yr	1.9 yr
S・62年度	中段の FRV カバー破損、PEカバーに取替え補修	S・61年度観察結果の状態で、ここ1年進展なし	カバーバンドの錆による汚れはあるが、異常なし	S・61年度と同様変化なし	カバーつなぎ部締付けバンドに錆汁	異常なし
暴露期間	※ 3.0 yr	1.8 yr	1.8 yr	3.0 yr	3.0 yr	3.0 yr
S・63年度	ステンレスバンドから錆汁	S・61年度観察結果の状態であるが、海側錆汁部増大	S・62年度と同様、異常なし	S・61年度と同様変化なし	バンドフランジ部に錆汁 その他異常なし	異常なし
暴露期間	4.1 yr	2.8 yr	2.8 yr	4.0 yr	4.0 yr	3.9 yr

※は補修等を行ったものを示す。

付録 1-4 被覆防食工法の観察結果

杭No.	21	22	23	24	25	26
防食工法種類	防食テープ / FRPカバー工法	ベトロラタム防食工法・電気防食工法併用	電気防食工法	一体成型防食工法	一体成型防食工法	電気防食工法
S・60年度	異常なし	異常なし	電流測定用シャント抵抗の取替え	中～下部にかけてカバーの破損、カバーの寸法、厚みを変えて補修	中～下部にかけてカバーの破損、カバーの寸法、厚みを変えて補修	異常なし
暴露期間	1.25 yr	1.3 yr	1.08～1.3 yr	※ 0.8 yr	※ 0.8 yr	1.08～1.3 yr
S・61年度	異常なし	異常なし	異常なし	異常なし	コンクリート上部工下部部にわずかに錆汁、継固定金具に一部発錆あり、その他異常なし	異常なし
暴露期間	1.9 yr	1.9 yr	2.1 yr	0.9 yr	0.9 yr	2.1 yr
S・62年度	接合部パッキンに若干の欠損あり、他異常なし	異常なし	異常なし	コンクリート上部工下部部に若干錆汁あり、継固定金具に一部発錆がある。その他異常なし	同左	異常なし
暴露期間	3.0 yr	3.0 yr	3.2 yr	2.0 yr	2.0 yr	3.2 yr
S・63年度	異常なし	異常なし	異常なし	コンクリート上部工下部部より錆汁 その他、異常なし	コンクリート上部工下部部に錆汁 その他異常なし	異常なし
暴露期間	3.9 yr	4.0 yr	4.0 yr	3.0 yr	3.0 yr	4.0 yr

※は補修等を行ったものを示す。

付録1-5 被覆防食工法の観察結果

杭 No.	27	28	29	30	31	32
防食工法種類	極厚マスタック防食工法	極厚マスタック防食工法	C R U S 工法	電気防食工法	ポリエチレン被覆工法	ポリエチレン被覆工法
S・60年度	異常なし	異常なし	異常なし	異常なし	異常なし、(ただし、シュリンクチューブ補修部は本年度補修実施)	同左
暴露期間	1.16 yr	1.16 yr	1.25 yr	1.08～1.3 yr	※ 1.16 yr	※ 1.16 yr
S・61年度	コンクリート上部工 下端部に若干の錆汁 他、異常なし	コンクリート上部工 下端部に若干の錆汁 他、異常なし	異常なし	異常なし	異常なし、(ただし、 昨年補修工実施部分 に保護層のめくれあり)	同左
暴露期間	1.8 yr	1.8 yr	1.8 yr	2.1 yr	※ 2.0 yr	※ 2.0 yr
S・62年度	コンクリート上部工 下端部より錆汁 下段接合部のパテ充 填ヶ所 1/4 ハクリ、 上段部も点錆、錆汁 あり、パテ補修	コンクリート上部工 下端部に錆汁あり、 下段接合部のパテ、 ハクリ。 上段接合部錆汁、ヒ ビ割れパテ補修	異常なし	異常なし	異常なし (ただし、 補修工実施部分のP EバンドをFRPカ バーに取替)	同左
暴露期間	※ 2.8 yr	※ 2.8 yr	2.9 yr	3.2 yr	※ 3.1 yr	3.1 yr
S・63年度	コンクリート上部工 下端部より錆汁、 パテ充填部に点錆、 錆汁あり。	コンクリート上部工 下端部より錆汁 パテ充填部に錆汁あ り	異常なし	異常なし	異常なし	異常なし
暴露期間	4.0 yr	4.0 yr	3.8 yr	4.0 yr	4.0 yr	4.0 yr

※は補修等を行ったものを示す。

付録1-6 被覆防食工法の観察結果

杭 No.	33	34	35			
防食工法種類	ポリエチレン被覆工法	ポリエチレン被覆工法	ポリエチレン被覆工法			
S・60年度	異常なし (ただし、 シュリンクチューブ 補修部は本年度補修 工事実施)	同左	同左			
暴露期間	※ 1.16 yr	※ 1.16 yr	※ 1.16 yr			
S・61年度	異常なし (ただし、 昨年補修工実施部分 に保護層のめくれあ り、海側大)	同左	同左			
暴露期間	※ 2.0 yr	※ 2.0 yr	※ 2.0 yr			
S・62年度	異常なし (ただし、 補修工実施部分の PEバンドをFRP カバーに取替)	同左	同左			
暴露期間	※ 3.1 yr	※ 3.1 yr	※ 3.1 yr			
S・63年度	異常なし	異常なし	異常なし			
暴露期間	4.0 yr	4.0 yr	4.0 yr			

※は補修等を行ったものを示す。

付録 1-7 塗装の観察結果

杭 No.	K 1	K 2	K 3	K 4	K 5	K 6
塗 装 の 種 類	ガラスフレーク・ ポリエステル樹脂塗料	超厚膜型 エポキシ樹脂塗料	超厚膜型 エポキシ樹脂塗料	ガラスフレーク・ エポキシ樹脂塗料	エポキシ・ ポリウレタン樹脂塗料	タール・ エポキシ樹脂塗料
S・61年度	ブラケット跡部より 錆汁	異常なし	異常なし	ブラケット跡部にわ ずかに錆あり。	ブラケット跡部に部 分的に発錆 コンクリート上部工 下部より錆汁（海 側）	異常なし
暴露期間	0.5 yr	0.5 yr	0.5 yr	0.5 yr	0.5 yr	0.5 yr
S・62年度	ブラケット跡部、部 分的に発錆 コンクリート上部工 下部より錆汁	異常なし	異常なし	ブラケット跡部に錆 あり。(海、陸側とも)	ブラケット跡部に部 分的に発錆。 コンクリート上部工 下部より錆汁(海、 陸側とも)	+3m付近摩耗カバ ー直上部塗膜ハクリ (陸側)、コンクリート 上部工下部より錆 汁(海、陸側とも)
暴露期間	1.5 yr	1.5 yr	1.5 yr	1.5 yr	1.6 yr	1.6 yr
S・63年度	下部コンクリート部 に塗膜のワレあり、 ブラケット跡に点錆 コンクリート上部工 下部錆汁	異常なし	異常なし	ブラケット跡部に錆 あり。	ブラケット跡部、発 錆あり。 コンクリート上部工 下部より錆汁	下部コンクリート部 付近ハクリ、発錆。 コンクリート上部工 下部より錆汁
暴露期間	2.5 yr	2.5 yr	2.5 yr	2.5 yr	2.5 yr	2.5 yr
S・64年度						

付録 1-8 塗装の観察結果

杭 No.	K 7	K 8	K 9	K10	K11	K12
塗 装 の 種 類	タール・ エポキシ樹脂塗料	ガラスフレーク・ エポキシ樹脂塗料	水厚膜防食塗料・ フッ素樹脂塗料	ガラスフレーク・ ポリエステル樹脂 フッ素樹脂塗料	湿潤面用 エポキシ樹脂塗料	ガラス・フレーク エポキシ樹脂塗料
S・61年度	異常なし	ブラケット跡部(陸 側)に点錆	異常なし	異常なし	異常なし	ブラケット跡部(海 側)下部より錆汁
暴露期間	0.5 yr	0.5 yr	0.6 yr	0.6 yr	0.5 yr	0.5 yr
S・62年度	+3m付近摩耗カバ ー直上部、塗膜ハク リ発錆、コンクリ ート上部工下部より 錆汁(海、陸側とも)	ブラケット跡部(陸 側)に点錆	陸側+2.9m付近に 発錆、海側+3.8m 付近塗膜ハガレ、発 錆、その下点錆 コンクリート上部工 下部より錆汁(海、 陸側とも)	コンクリート上部工 下部より錆汁(海、 陸側とも)	ブラケット跡部(海 側)錆。 コンクリート上部工 下部より錆汁(海、 陸側とも)	ブラケット跡部(海 側)に錆汁 コンクリート上部工 下部より錆汁(海、 陸側とも)
暴露期間	1.6 yr	1.5 yr	1.6 yr	1.6 yr	1.5 yr	1.5 yr
S・63年度	下部コンクリート部 付近にハクリ、発錆、 コンクリート上部工 下部より錆汁	ブラケット跡部(陸 側)に点錆	コンクリート上部工 下部より錆汁 その他、S・62年度 と同じ、進行はない。	コンクリート上部工 下部より錆汁 磨耗カバー上のライ ニングのハガレ、発 錆あり。	チョーキングが生じ ている。コンクリ ート上部工下部より 錆汁。ブラケット跡 部より発錆あり。	コンクリート上部工 下部より錆汁。 チョーキングが生じ ている。ブラケット跡 部(海側)に錆汁
暴露期間	2.5 yr	2.5 yr	2.6 yr	2.6 yr	2.5 yr	2.5 yr
S・64年度						
暴露期間						

付録 2-1 補修の手順と仕様

防食分類	有機ライニング	工 法 名	ベトセラタム防食工法		杭 No. 14
防 食 施 工 範 囲					補修年月日
杭 径 (mm)	施工範囲 (m)		施工面積 (㎡)		S・60・4・25
700	+ 0.89 ~ + 5.88		10.96		表面の色 黒
補 修 の 手 順					
順序	作 業 内 容	仕 様			
1	破損した部分の FRV カバーの取除き	中段部 FRV カバーを取除く。 φ 700 × 2000L × 1.5 t mm			
2	ベトセラタムテープの除去				
3	下地処理	スクレーパーおよび電動工具にて第 3 種ケレンに処理する。(SIS-St 2)			
4	ベトセラタム合浸テープ巻き	巾 30mm, 50%ラップ			
5	FRV カバーの取付け	φ 700 × 2000L × 1.5 t mm			
6	ボルト, ナットによるカバーの締付け固定				
被覆の構成	1	2	3	4	
	ベトセラタム・ペースト	ベトセラタム・テープ	FRV カバー		
合計被覆厚	3 mm 以上				
備 考					

付録 2-2 補修の手順と仕様

防食分類	有機ライニング	工 法 名	ベトセラタム防食工法		杭 No. 14
防 食 施 工 範 囲					補修年月日
杭 径 (mm)	施工範囲 (m)		施工面積 (㎡)		S・62・6・28
700	+ 0.89 ~ + 5.88		10.96		表面の色 黒
補 修 の 手 順					
順序	作 業 内 容	仕 様			
1	防食範囲より FRV カバーの取除き	+ 0.89 ~ + 5.88 m 間の FRV カバーを取除く。			
2	防食層の補修	+ 2.30 ~ + 4.10 m 間の防食層 (テープ巻き) を補修。			
3	高密度ポリエチレンカバーの取付け	図-17に示すように, PE カバーの端部には特殊電線が組込まれており, カバーを装着バンドで固定後電源装置より電流を流し接合部を溶融し溶着した。カバー厚み 5 mm。			
4	装着バンドの取外し				
5	バンドによりカバーの固定	天端および下端, カバー接合部 (鉛直方向) をステンレス製 (SUS 304) バンドにて固定。			
6	充填材の塗布	コンクリート下端部とカバー上端部間, カバーの下部を水中硬化型エポキシ樹脂で充填。			
被覆の構成	1	2	3	4	
	ベトセラタムペースト	ベトセラタムテープ	PE カバー		
合計被覆厚	6.5 mm				
備 考					

付録 2-3 補修の手順と仕様

防食分類	有機ライニング	工 法 名	ペトロラタム防食工法		杭 No. 13
防 食 施 工 範 囲					補修年月日
杭 径 (mm)	施 工 範 囲 (m)		施 工 面 積 (㎡)		S・62・6・28
700	+ 0.89 ~ + 5.88		10.96		表面の色 黒
補 修 の 手 順					
順序	作 業 内 容		仕 様		
1	防食範囲より FRVカバーの取除き		+ 0.89 ~ + 5.88 m 間の FRV カバーを取除く。		
2	高密度ポリエチレンカバーの取付け		表-17, 作業順序 3 と同様である。カバー厚み 5 mm		
3	装着バンドの取外し				
4	バンドによりカバーの固定		天端および下端, カバー接合部 (鉛直方向) をステンレス製 (SUS304) バンドにて固定。		
5	充填材の塗布		コンクリート下端部とカバー上端部間, カバーの下部を水中硬化型エポキシ樹脂で充填。		
6					
被覆の構成	1	2	3	4	
	ペトロラタムペースト	ペトロラタムテープ	PEカバー		
合計被覆厚	6.5 mm				
備 考	劣化等はなかったが, 杭No.14と同一工法のためFRVカバーからPEカバーに変えた。				

付録 2-4 補修の手順と仕様

防食分類	有機ライニング	工 法 名	一体成型防食工法		杭 No. 24, 25
防 食 施 工 範 囲					補修年月日
杭 径 (mm)	施 工 範 囲 (m)		施 工 面 積 (㎡)		S・60・7・26~27
700*, 800**	± 0.0 ~ + 5.88*, - 0.6 ~ + 5.88**		12.7*, 16.1**		表面の色 青
補 修 の 手 順					
順序	作 業 内 容		仕 様		
1	FRPカバーの取除き		損傷したFRPカバーを取除く, 発泡ウレタンシート 5 mm, FRPカバー半割フランジタイプ厚み 5 mm。		
2	下地処理		電動工具等により, 第 3 種ケレンに処理する。		
3	ペーストの塗布		鋼材表面へペトロラタムペースト塗布, 手塗り, 2.5 kg/㎡		
4	一体成型防食体の取付けおよびボルト, ナットによる固定		半割フランジタイプ, カバー厚さ 4 mm, フランジ根元 12 mm, フランジ部 (15 mm 厚, 巾 60 mm), 発泡ウレタンシート 5 mm 厚。		
5	鋼製バンドの取付け		バンドは重防食塗装		
6	端部へのシール充填		水中硬化型パテにより防食体と固定用バンドの隙間, コンクリート下端部の隙間を完全シール		
被覆の構成	1	2	3	4	
	ペトロラタムペースト	ペトロラタム含浸ウレタンシート	FRPカバー		
合計被覆厚	9 mm				
備 考	* は杭No. 24 ** は杭No. 25				

付録 2 - 5 補修の手順と仕様

防食分類	有機ライニング	工 法 名	防食シート接着ライニング工法		杭 No 2
防 食 施 工 範 囲				補修年月日	
杭 径 (mm)	施工範囲 (m)	施工面積 (㎡)	S・60・11・9		
600	+ 0.3 ~ + 5.88	7.5	表面の色	緑, 銅色	
補 修 の 手 順					
順序	作 業 内 容	仕 様			
1	欠損部の防食シートはがし	海側+ 1.94 m 付近 (15 × 45cm) をはがす。			
2	欠損部の下地処理	ワイヤーブラシにより SIS-St 2 程度に処理 (海側+ 1.94 m 付近, 陸側+ 2.3 m 付近)			
3	水中硬化型防食材塗布	下地処理を行った部分へ, 水中硬化型エポキシ樹脂塗料の塗布			
4	防食シートの貼り付け	+ 1.94 m 付近および+ 2.3 m 付近へ。			
5					
6					
被覆の構成	1	2	3	4	
	水中硬化型エポキシ樹脂塗料	特殊磁性防食シート (銅箔ラミネート)			
合計被覆厚	1100 μ 以上				
備 考					

付録 2 - 6 補修の手順と仕様

防食分類	有機ライニング	工 法 名	防食シート接着ライニング工法		杭 No 2
防 食 施 工 範 囲				補修年月日	
杭 径 (mm)	施工範囲 (m)	施工面積 (㎡)	S・63・7・4		
600	+ 0.3 ~ 5.88	7.5	表面の色	緑, 銅色	
補 修 の 手 順					
順序	作 業 内 容	仕 様			
1	旧防食シートのはがし	+ 1.94 ~ + 3.48 m 間のシートをはがす。			
2	下地処理	電動工具により SIS-St 3 程度に処理			
3	水中硬化型防食材の塗布	+ 1.94 ~ + 3.48 m 間を水中硬化型エポキシ樹脂塗料により塗布			
4	防食シートの貼り付け	銅箔ラミネートの磁性シートを貼りつける。			
5					
6					
被覆の構成	1	2	3	4	
	水中硬化型エポキシ樹脂塗料	特殊防食磁性シート (銅箔ラミネート)			
合計被覆厚	1100 μ 以上				
備 考					

付録 2-7 補修の手順と仕様

防食分類	有機ライニング	工法名	水中硬化型ライニング工法		杭 No 9
防 食 施 工 範 囲					補修年月日
杭 径 (mm)	施工範囲 (m)		施工面積 (㎡)		S・62・6・26
600	+ 1.40 ~ + 5.88		8.44		表面の色 灰
補 修 の 手 順					
順序	作業内容	仕 様			
1	欠損部ライニングのはがし	錆発生, ハクリの起っている欠損部のライニングをスクレーパーにより除去。			
2	下地処理	欠損部を真水で洗い, 乾燥後, ディスサンダーにより SIS-St 3 処理。			
3	ライニングの塗布	水中硬化型タール・ポリウレタン塗料。			
4					
5					
6					
被覆の構成	1	2	3	4	
	水中硬化型タール・ポリウレタン樹脂塗料				
合計被覆厚	3mm 以上				
備 考					

付録 2-8 補修の手順と仕様

防食分類	有機ライニング	工法名	極厚マスチック防食工法		杭 No 27, 28
防 色 施 工 範 囲					補修年月日
杭 径 (mm)	施工範囲 (m)		施工面積 (㎡)		S・62・6・27
800	- 0.8 ~ + 5.88		16.8		表面の色 茶褐色
補 修 の 手 順					
順序	作業内容	仕 様			
1		杭 No 27 の陸側下端パテ充填部のハクリ 杭 No 28 の下段パテ充填部充填不良			
2	欠損部の洗浄	欠損部を真水で洗い, 付着物を除去			
3	欠損部へのパテ充填	欠損部へ, 水中硬化型パテの充填 (エポキシ樹脂) その他, パテ充填ヶ所を部分補修 (図-21)			
4					
5					
6					
被覆の構成	1	2	3	4	
	エポキシマスチック				
合計被覆厚	10mm 以上				
備 考					

付録2-9 補修の手順と仕様

防食分類	有機ライニング	工法名	ポリエチレン被覆工法		杭 No. 31~35
補修施工範囲				補修年月日	
杭径 (mm)	施工範囲 (m)		施工面積 (㎡)	S・59・6・5	
800	+ 4.13 ~ + 4.83*, + 3.86 ~ + 4.56**		1.76	表面の色	黒
補修の手順					
順序	作業内容	仕 様			
1	下地処理	第3種ケレン処理			
2	シュリンクチューブの巻きつけ	φ 800 × 900 L × 3 t mm, 約 9 ㎡ (補修部分は φ 800 × 700 L)			
3	接合面によるカバーの一体化				
4	接合面の融着	プロパンガスバーナーによる。			
5	カバー全体の融着	プロパンガスバーナーによる。			
6					
被覆の構成	1	2	3	4	
	シュリンクチューブ				
合計被覆厚	3 mm				
備考	* は杭No. 31, 32 ** は杭No. 33~35				

付録 2-10 ポリエチレン被覆工法補修部の補修状況

補修年月日	補修理由	補修状況
S59・6・5		シュリンクチューブの融着
S60・7・29 (1.1 yr)	密着不良	杭 No. 31, 32 Kシート+CBテープ巻き
		杭 No. 33～35 Kシート巻き, 融着
S61・6・10 (2.0 yr)	密着不良	杭 No. 31, 32 Kシート+CBテープ巻き, 下部をPEバンドで固定
		杭 No. 33～35 Kシート巻き, 融着 下部をPEバンドで固定
S62・7・10 (3.1 yr)	PEバンド	杭 No. 31, 32 Kシート+CBテープ巻き PEバンドを止め, FRPカバーとする。
	以外密着不良	杭 No. 33～35 Kシート巻き, 融着 PEバンドを止め, FRPカバーとする。

付録 2-11 ポリエチレン被覆工法の補修部に用いられた材料

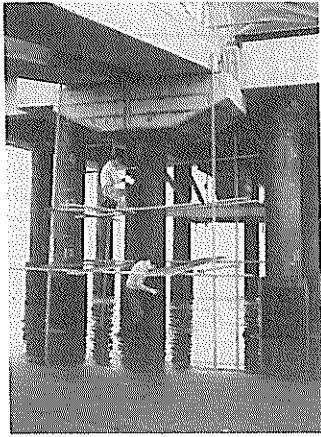
品名	サイズ	材質・用途
Kシート	厚さ 2.5 mm×幅 900 mm (またわ 600 mm)	ポリエチレンフィルムの片面の歴青系粘着剤を貼り合わせシート状にしたもの。両端は交互にかみ合わせられるようにY字状に2層になっている。防食材料, 但し, 2重にかけた場合, 外側は外傷防止用となる。
CBテープ	厚さ 1.0 mm×幅 100 mm	ポリエチレンフィルムの片面に合成ゴム系粘着剤を貼り合わせテープ状にしたもの。外傷防止用
FRPカバー	厚さ 3 mm×幅 1100 mm以上	飽和ポリエステル樹脂と硬化剤をブレンドしたものをガラスクロスに含浸させ硬化させたもの。外傷防止用

付録 3-1 剥離調査結果

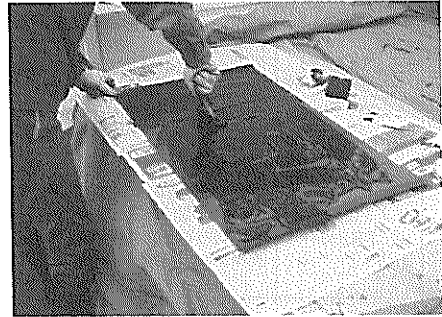
杭No	防食工法名	実施内容	調査結果	ハクリ部の補修方法
1	防食シート接着ライニング工法	海側+4.88m, +3.88mの地点を各10×10cmハクリし、シートと接着材、接着材と素地との付着状態を調べた。	シートと接着材の付着状況は良好であった。 素地との付着性も良好であり、腐食は認められない。	同一材料にて補修。
5	水中硬化型ライニング工法	海側の+5.38m, +3.08mを6×6cmハクリし、付着性、素地状況を調べた。	素地との付着性は良好であり、素地状態も施工時と同様に防食性は良好であった。	SSPC-SP-2で処理して、同一材料にて補修。
4	セメントモルタル/FRPカバー工法	陸側G.L + 1.2mの位置に30×30cmにFRPカバーを切断した。	セメントモルタルに巣穴等はなく均一に充填されていた。 素地は施工時と同じ状態で錆等は見られない。 付着強度試験(建研式): 4.8 kg/cm ² 圧縮強度(モルタル): 284 kg/cm ² 曲げ強度(モルタル): 129.5 kg/cm ² 中性化試験(フェノールフタレン): 0 mm Clイオン浸透深さ(フルオレセインナトリウムSol): 0 mm (硝酸銀Sol 発色法)	水中硬化型エポキシ樹脂を充填、FRPカバーを取付け補修。
8	セメントモルタル/FRPカバー工法	陸側GL + 3.5mの位置に30×30cmにFRPカバーを切断した。	一部巣穴等が見られたが、ほぼ均一に充填されている。 素地は施工時の状態と変化なく良好である。 付着強度試験(建研式): 4.4 kg/cm ² 圧縮強度(モルタル): 236.1 kg/cm ² 曲げ強度(モルタル): 147.7 kg/cm ² 中性化試験(フェノールフタレン): 0 mm Clイオン浸透深さ(フルオレセインナトリウムSol): 痕跡 (硝酸銀Sol 発色法)	水中硬化型エポキシ樹脂を充填、FRPカバーを取付け補修
9	水中硬化型ライニング工法	海側、陸側の+4.0m, +2.0mの地点について、10×10cmをハクリし、調査した。	素地面は良好であり、錆の発生源は見られない。 付着強度試験(アドヒージョンテスター) 海側+2m: 40kg/cm ² (接着剤でハクリ) 海側+4m: 35kg/cm ² (素地および膜内でハクリ) 陸側+2m: 40kg/cm ² (接着剤でハクリ) 陸側+4m: 35kg/cm ² (素地および膜内でハクリ)	SIS-St3の処理を行い、同一材料で補修
10	水中硬化型ライニング工法	海側、陸側の+4.0m, +2.0mの地点について、10×10cmをハクリし、調査した。	素地面は良好であり、錆の発生等は見られない。 付着強度試験(アドヒージョンテスター) 海側+2m: 40kg/cm ² (接着剤でハクリ) 海側+4m: 45kg/cm ² (") 陸側+2m: 45kg/cm ² (") 陸側+4m: 40kg/cm ² (")	SIS-St3の処理を行い、同一材料で補修
11	水中硬化型ライニング工法	海側、陸側の+4.0m, +2.0mの地点について10×10cmをハクリし、調査した。	素地面は良好であり、錆の発生等は見られない。 付着強度試験(アドヒージョンテスター) 海側+2m: 45kg/cm ² (接着剤でハクリ) 海側+4m: 40kg/cm ² (") 陸側+2m: 40kg/cm ² (") 陸側+4m: 45kg/cm ² (")	SIS-St3の処理を行い、同一材料で補修
15	水中硬化型ライニング工法	海側+4.38m地点を10×10cmハクリし、付着状況を調べた。	素地との付着性は良好であり、素地に錆等は認められなかった。	同一材料にて補修
18	水中硬化型ライニング工法	全体のテストハンマーによる打撃試験	ワレ、ウキ、ハガレの現象は認められず良好。 付着強度試験(建研式) + 4.63 m 陸側(1): 21.8 kg/cm ² (素地でハクリ) 陸側(2): 19.9 kg/cm ² (") 海側: 19.4 kg/cm ² (") + 3.13 m 陸側(1): 18.9 kg/cm ² (素地でハクリ) 陸側(2): 17.8 kg/cm ² (接着剤でハクリ) 海側: 20.4 kg/cm ² (素地でハクリ) スクレープ試験 いずれのケ所も強い抵抗があり、ハツリケ所は凝集破壊で素地からのハクリは生じず良好な状態を示した。 塗膜断面のXMA分析 スクレープ試験で採取した塗膜により、浸透Clの分布を調べた。 杭中央部(+3.13m): 表層より約200μまで浸透 杭下部、生物付着部分: 表層より400~500μまで浸透	ケレン処理のあと同一材料にて補修

付録 3 - 2 剥離調査結果

杭No	防食工法名	実施内容	調査結果	ハクリ部の補修方法
19	ベトセラタム防食工法	+1.0～+3.0 m間の保護カバーを解放し、カバー、固定用ボルト、防食材の点検を実施	FRPPカバーの外観上の異常は認められない。ワレ、傷なし。 ボルトの脱落、ゆるみなし。 防食材のかたより、脱落、流失はなく、良好な状態であった。 茶地表面は良好な状態であった。	下塗りペースト塗布、防食シート取付け、FRPPカバーの取付け、ボルト・ナットにより固定
20	セメントモルタル/FRPカバー工法	+2.5 m地点のB方向の位置(海、陸中間部)をφ5 cmカバーを切り取り、カバーの状態、モルタルの状態を調べた。	カバーの状態は良好で、ワレ、傷は見られない。 モルタルの外観も良好な状態であった。 PH測定を行い、PH = 13を示した。	水中硬化型パテ充填後、パテ表面をFRPでオーバーレイ仕上げした。
21	防食テープ/FRPカバー工法	+2.5 m地点のB方向の位置(海、陸中間部)を10×10 cm切り取り、カバーの状態、防食材料の状態を調べた。	粘着材(防食テープ)：含水率は0.4%、吸水は認められず防食機能を保持している。粘着性を持ち、鋼材表面に密着している。 膨潤ゴム：含水率は7.5%あり、吸水し膨張効果が認められた。外観は施工時と同じであり、異常は認められない。 保護カバー：外観上の異常は認められない。	水中硬化型パテを充填し、パテ表面をFRPでオーバーレイ仕上げした。
22	ベトセラタム防食工法	+0.6～+2.75 m間の保護カバーを解放し、カバー、固定用ボルト、防食材の点検を行った。	FRPカバーの異常は認められない。 ボルトのゆるみ、脱落はなかった。 防食材のかたより、脱落、流失は認められず良好な状態であった。 茶地表面に発錆は認められず良好な状態であった。	下塗りペースト塗布、防食テープの巻き付け、発泡ポリエチレン付きFRPカバーの取付け、ボルト・ナットによりカバー固定
24	一体成型防食工法	+0.0～+2.1 m, +2.1～+4.1 m, +4.1～+5.88 mのカバーを取外し、カバー、固定用ボルト、防食材料の状況を調査した。	カバーにはワレ、傷は認められず、良好であった。 ボルトのゆるみ、脱落はなかった。 防食材のペーストの付着状況も良好であった。 茶地表面には発錆等は認められず、良好であった。	下塗りペーストの補充、一体カバーの取付け、ボルト・ナットにより固定
27	極厚マスタック防食工法	陸側+5.0 m, +4.0 mの地点にて付着強度試験を行った。	付着強度試験(アドヒージョントスター) +5.0 m: 16 kg/cm ² 以上 +4.0 m: 13 kg/cm ² 以上 } いずれも接着面でハクリ	塗膜削取ケ所はエポキシ樹脂パテで補修
28	極厚マスタック防食工法	陸側+5.0 m, +4.0 mの地点にて付着強度試験を行った。	付着強度試験(アドヒージョントスター) +5.0 m: 18 kg/cm ² 以上 +4.0 m: 17 kg/cm ² 以上 } いずれも接着面でハクリ	塗膜削取ケ所はエポキシ樹脂パテで補修
K-4	ガラスフレックエポキシ樹脂塗料	+3.5 mのA～Dの4方向において、付着強度試験を行った。	付着強度試験(アドヒージョントスター) +3.5 m A方向: 35 kg/cm ² (ジंक / ガラスフレック層間でハクリ) +3.5 m B方向: 40 kg/cm ² (ジंक層間でハクリ) +3.5 m C方向: 25 kg/cm ² (ジंक / ガラスフレック層間でハクリ) +3.5 m D方向: 30 kg/cm ² (ジंक / ガラスフレック層間でハクリ)	同一材料にて補修
K-8	ガラスフレックエポキシ樹脂塗料	+3.5 mのA～Dの4方向において付着強度試験を行った。	付着強度試験(アドヒージョントスター) +3.5 m A方向: 30 kg/cm ² (ジंक / ガラスフレック層間でハクリ) +3.5 m B方向: 40 kg/cm ² (ジंक / ガラスフレック層間でハクリ) +3.5 m C方向: 40 kg/cm ² (ジंक / ガラスフレック層間でハクリ) +3.5 m D方向: 40 kg/cm ² (ガラスフレック層間でハクリ)	同一材料にて補修



下地処理状況（1）



防食シート裏面への接着剤の塗布



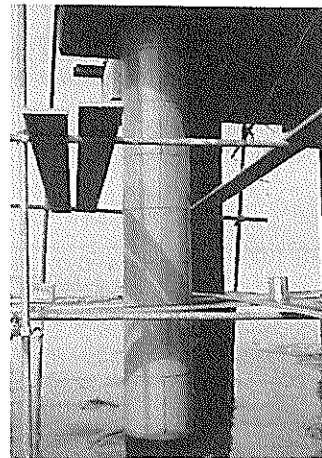
下地処理状況（2）



鋼管杭下部の被覆状況



サンド・ブラスト処理後の表面状況



完成図

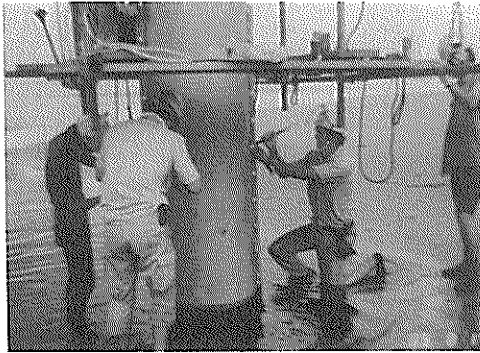
写真-2 防食シート接着ライニング工法の作業状況（杭No.1）



下地処理状況



モルタルの充填



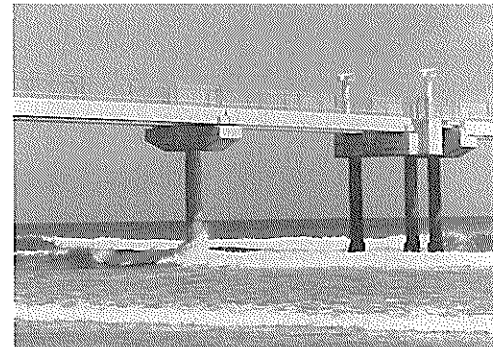
FRPカバーの取付け



充填完了

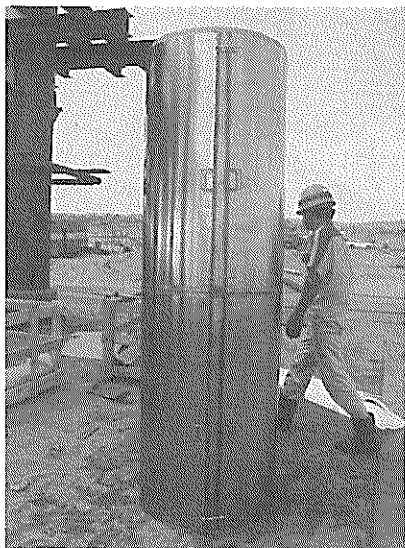


モルタルの混練り

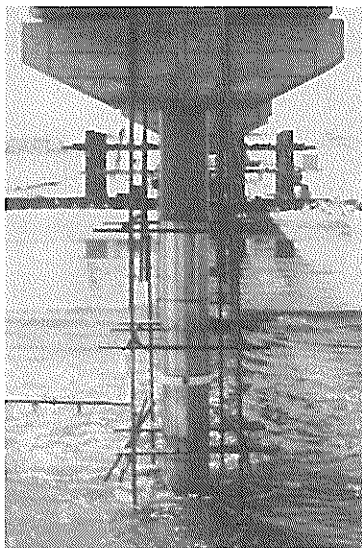


完成図

写真-3 セメントモルタル/FRPカバー工法の作業状況(杭No.4)



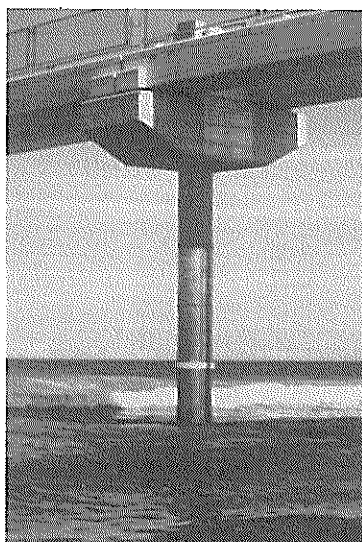
一体成型に使用するチタンカバー



カバーの取付け作業（２）

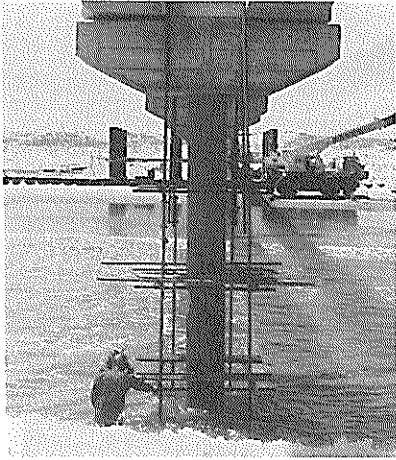


カバー取付け作業（１）

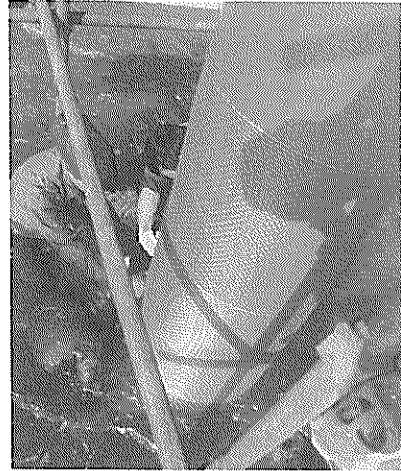


完成図

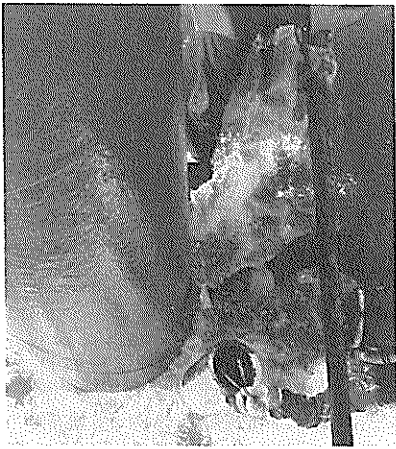
写真－４ 一体成型防食工法の作業状況（杭 No. 6）



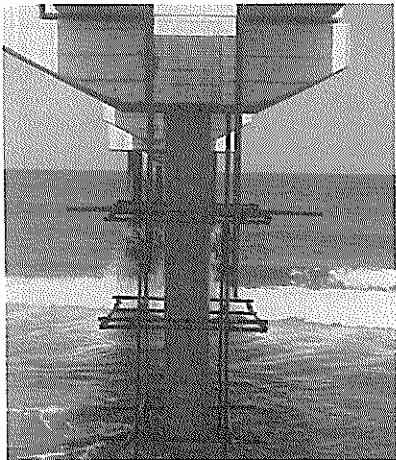
サンド・ブラスト処理の状況



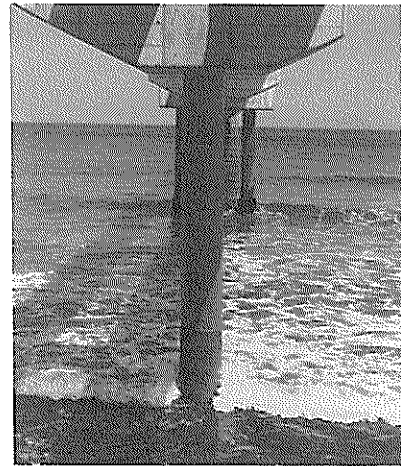
下部パテ状被覆施工のための金網取付け



下塗り塗料の塗布

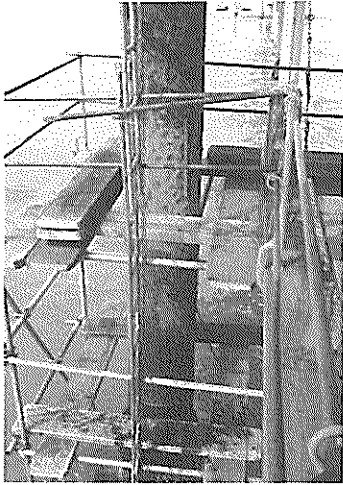


塗装部完了

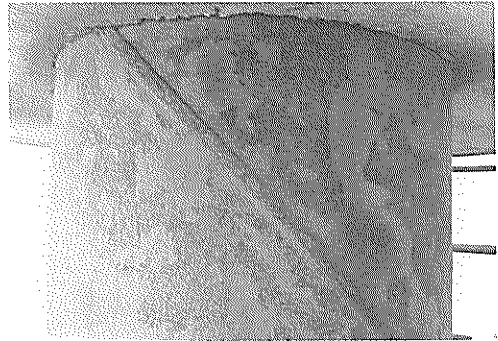


完成図

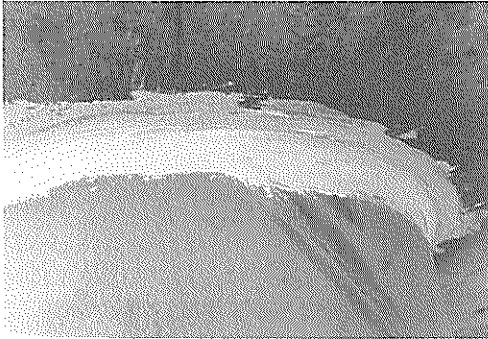
写真-5 水中硬化型ライニング工法の作業状況(杭No.7)



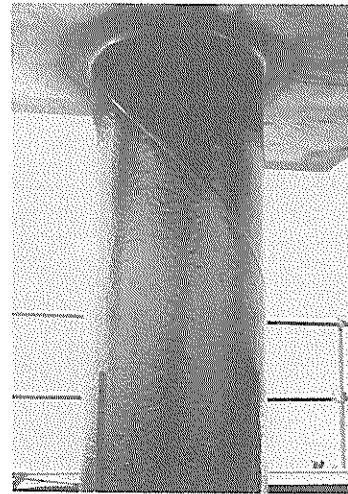
下地処理前の表面状況



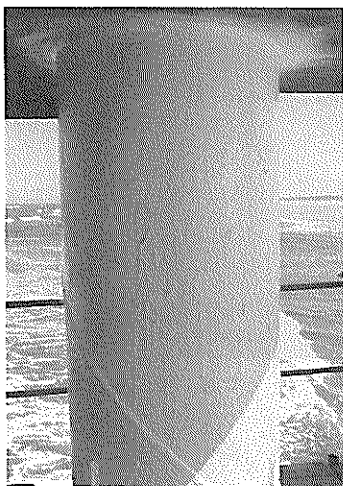
サンド・ブラスト処理後の表面状況



上部工下端部へのパテ充填状況



杭 No.9 塗装完了 (MN-5 塗布)

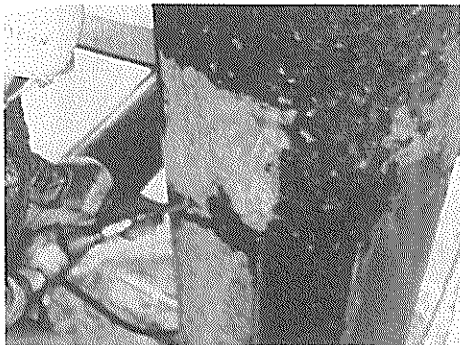


杭 No.10 塗装完了 (MN-6 塗布)



杭 No.11 塗装完了 (MNM-3 塗布)

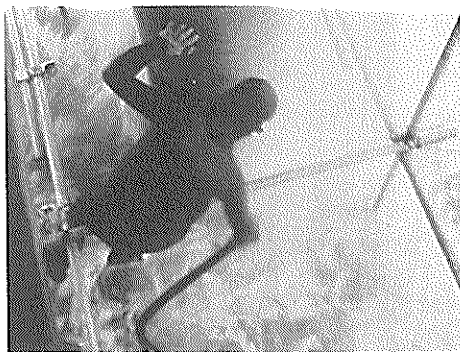
写真-6 水中硬化型ライニング工法の作業状況 (杭 No. 9~11)



電動工具による下地処理状況



塗装状況（パテ状）



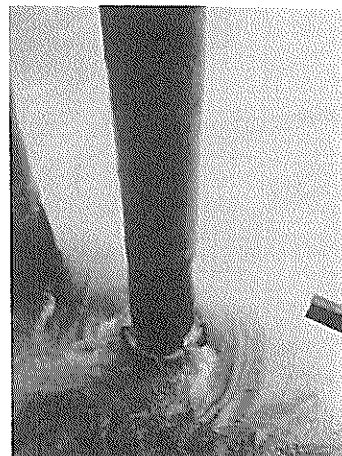
サンド・ブラスト処理状況



波防止用シートの取付け

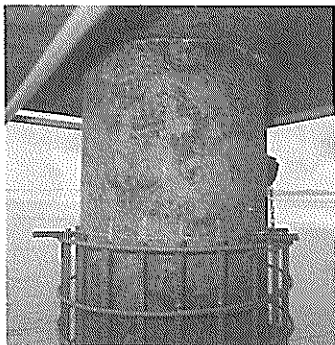


鋼管杭へ金網を巻く

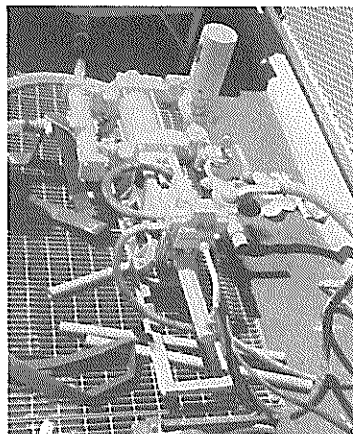


完成図

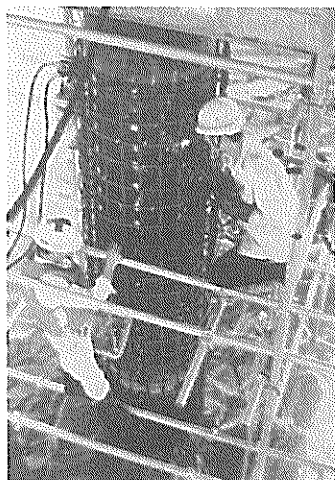
写真-7 水中硬化型ライニング工法の作業状況（杭No. 18）



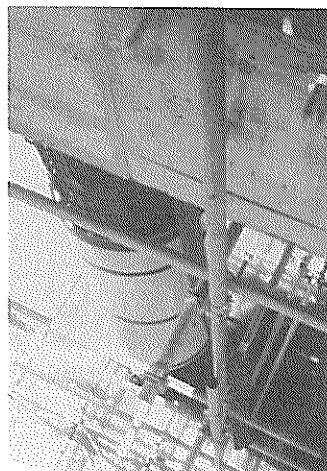
下地処理の状況



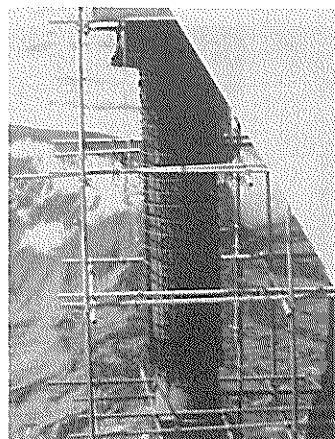
モルタル注入用ポンプ



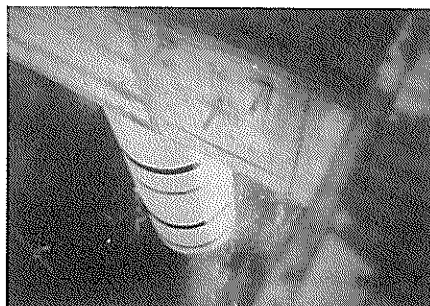
スタットの取付け、配筋状況



GRCカバーの取付け



配筋状況



完成図

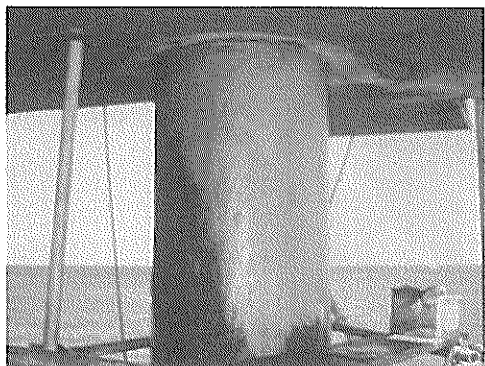
写真-8 GRC補強カバー工法の作業状況(杭No.17)



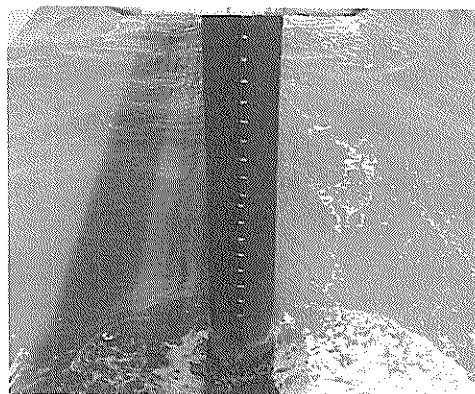
下地処理作業



カバーの取付け、ボルト締め



ベトログラム・ペーストの塗布

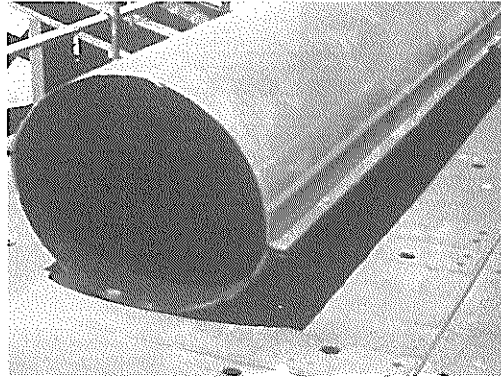


完成図

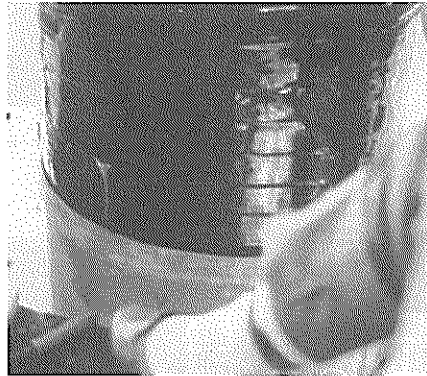


ベトログラム・テープ巻き

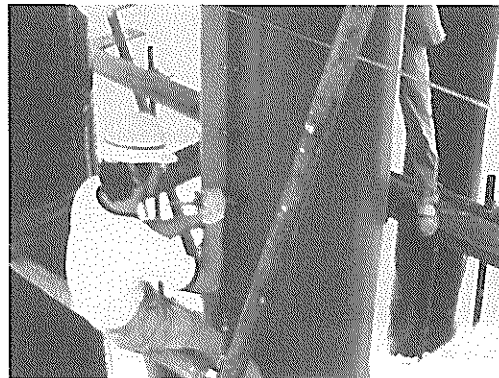
写真-9 ベトログラム防食工法の作業状況（杭 No. 19）



内面特殊ゴムライニング FRP カバー

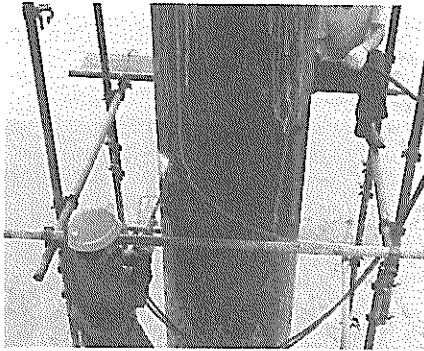


防食テープ巻き

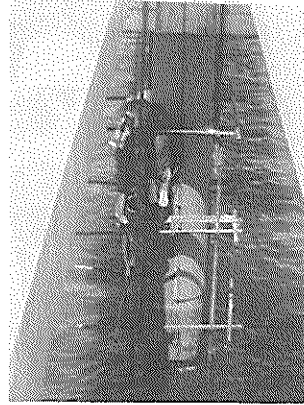


カバーのボルトによる固定

写真-10 防食テープ/FRPカバー工法の作業状況(杭No.21)



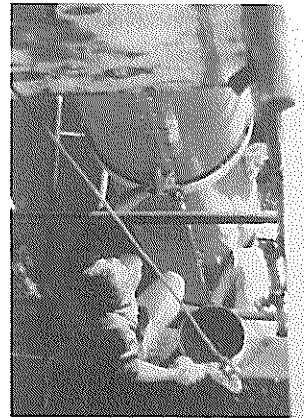
ブラケット跡の溶断



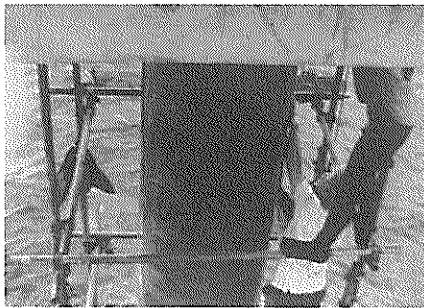
一体成型防食体の取付け



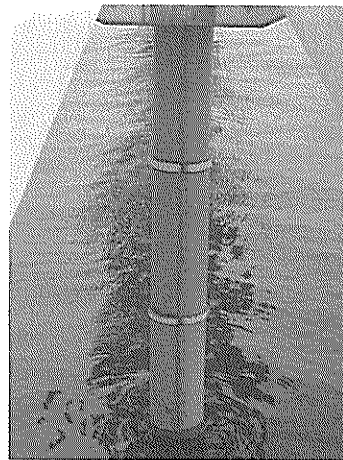
下地処理状況



継ぎ目部分へパテの充填



ペトロラタム・ペーストの塗布

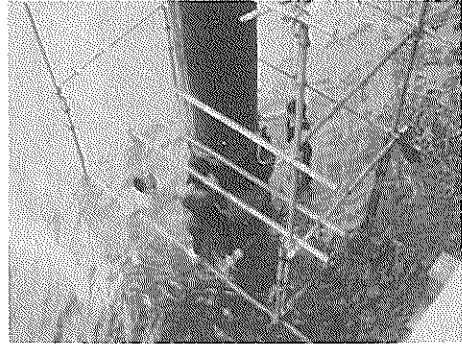


完成図

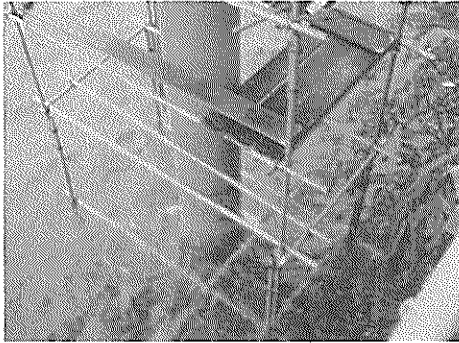
写真-11 一体成型防食工法の作業状況（杭 No. 24）



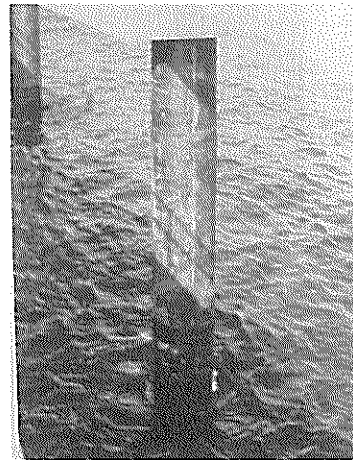
下地処理状況



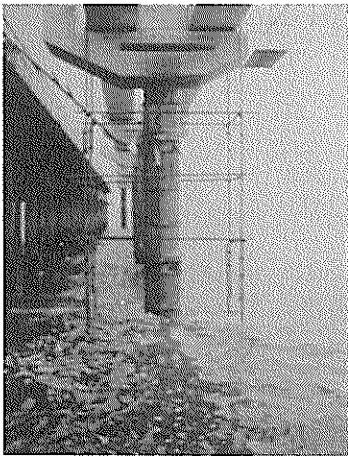
マスチック充填硬化後、型枠取外し



プライマーの塗布

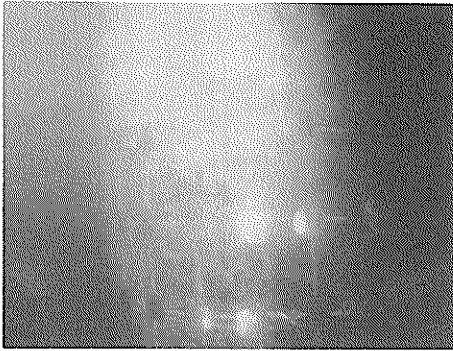


完成図

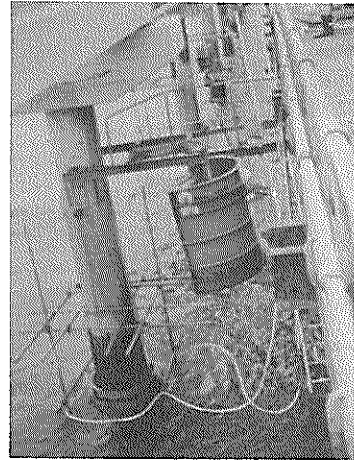


型枠の取付け

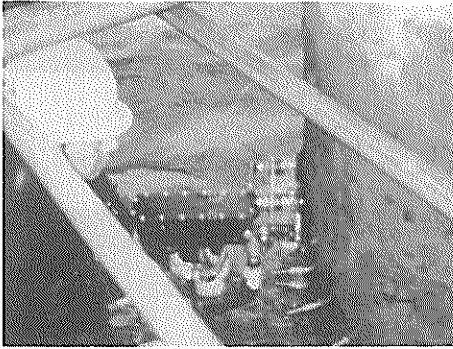
写真-12 極厚マスチック防食工法の作業状況（杭 No. 27, 28）



下地処理状況とスタッド取付け位置



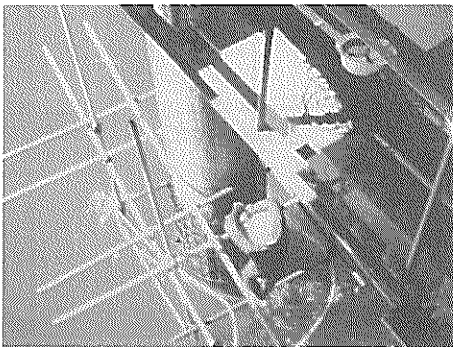
型枠の取付け作業



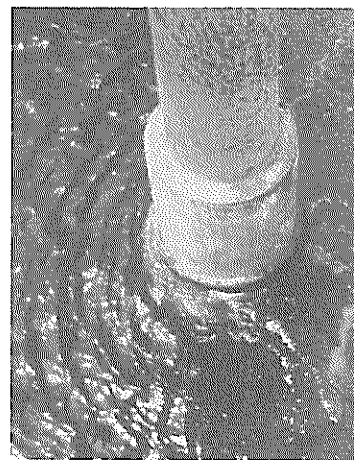
スタッドガンによるスタッド取付け状況



コンクリートの注入

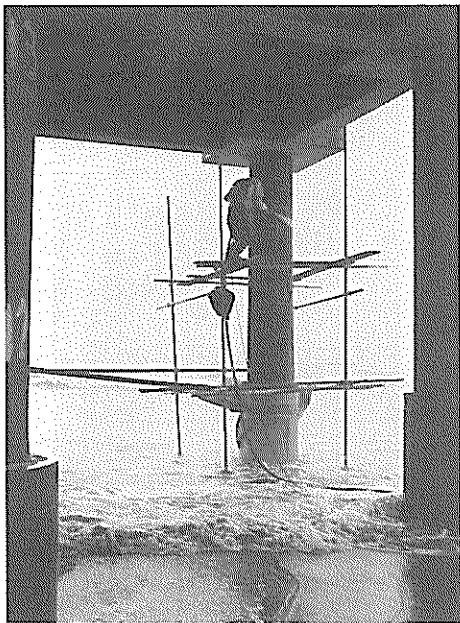


配筋状況

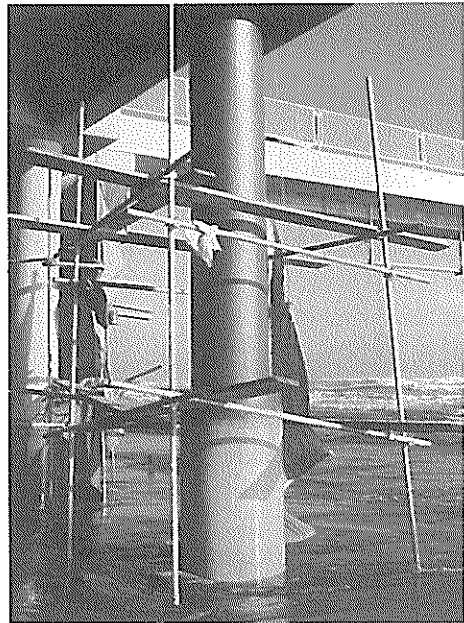


完成図

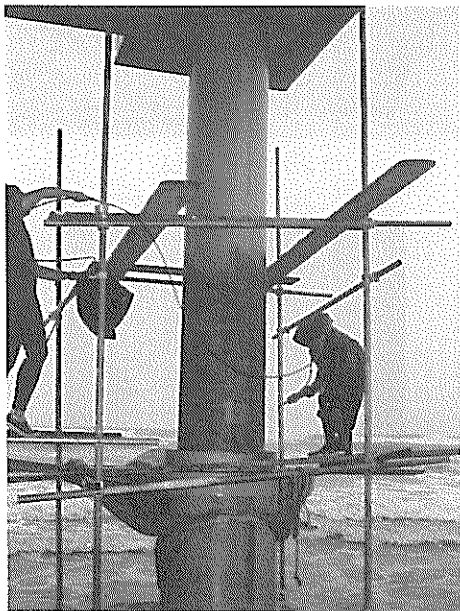
写真-13 CRUS工法の作業状況（杭 No. 29）



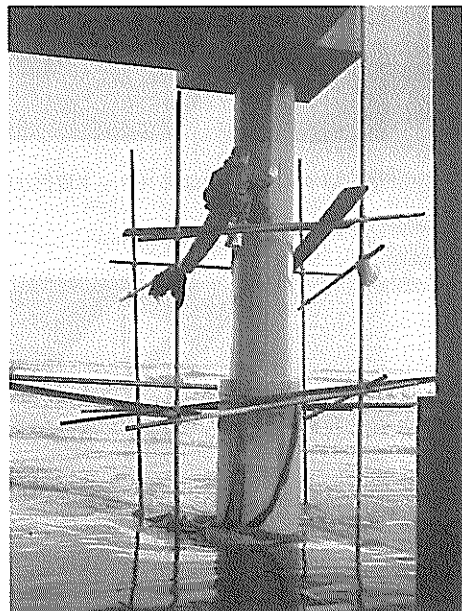
下地処理作業（サンドブラスト）



中塗り塗装



下塗り塗装



上塗り塗装

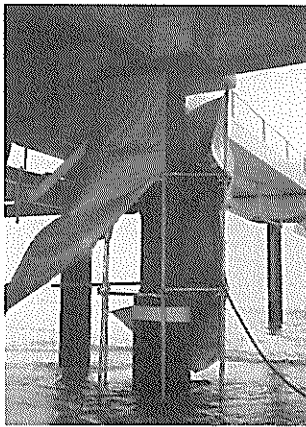
写真-14 塗装による防食の作業状況例（杭 No.K-9）
（水中厚膜防食塗料，フッ素樹脂塗料）



足場の設置作業



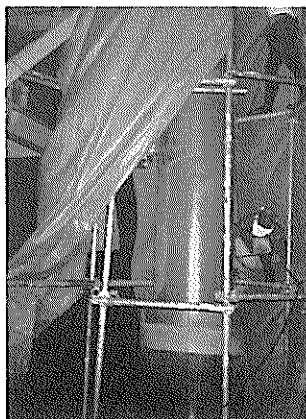
ガラス・フレック・ポリエステル樹脂塗料の塗装



下地処理作業



フッ素樹脂塗料の塗装



下塗り塗装（ジンクリッチペイント）



完成図

写真-15 塗装による防食の作業状況例（杭 No. K-10）
（ガラスフレック・ポリエステル樹脂・フッ素樹脂塗料）



写真-16 鋼材表面の下地処理状況(1) 電動工具による



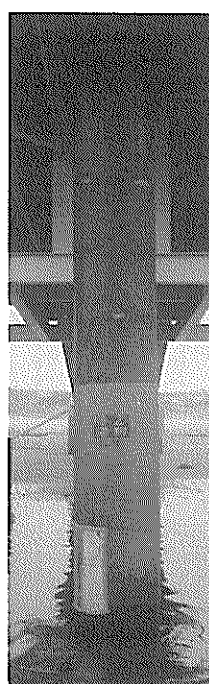
写真-17 鋼材表面の下地処理状況(2) サンド・ブラストによる。



補修前，防食シートハガシ跡



下地処理後の状況



補修完了

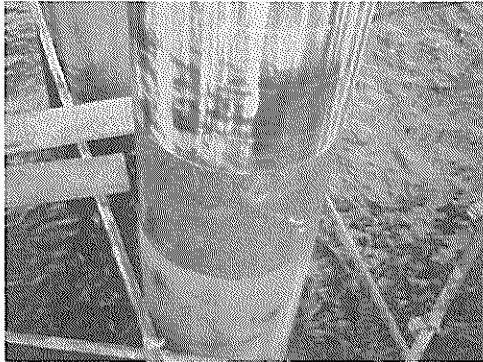


陸側，上部打傷，下地処理後の状況



補修完了

写真-20 防食シート接着ライニング工法（杭No.2）の損傷と補修状況



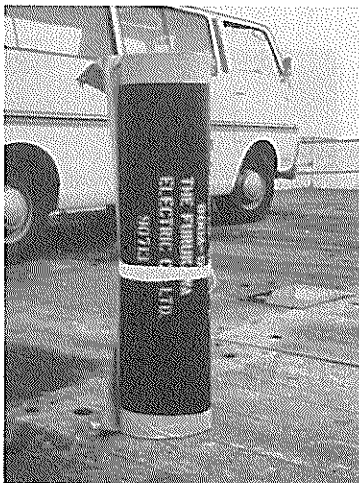
補修ヶ所の状況（第3種ケレン）



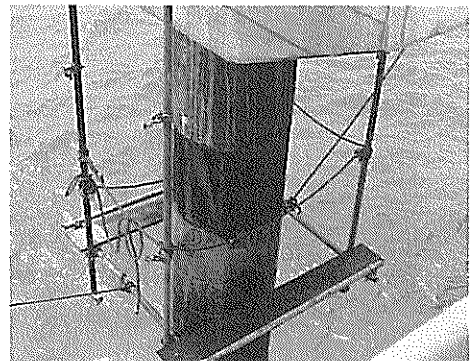
シュリンクチュウブの固定



シュリンクチュウブの融着



使用したシュリンクチュウブ



完成図

写真-22 ポリエチレン被覆工法の補修部分への補修施工状況（杭No. 31）



写真-23 ペトロタム防食工法の保護カバー
開放時の内部の状況

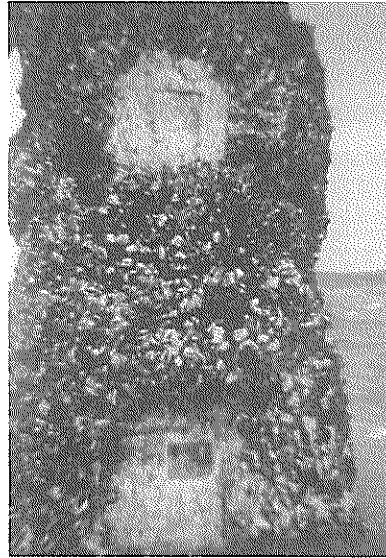


写真-25 電着物の生成状態（一部剥離してある）

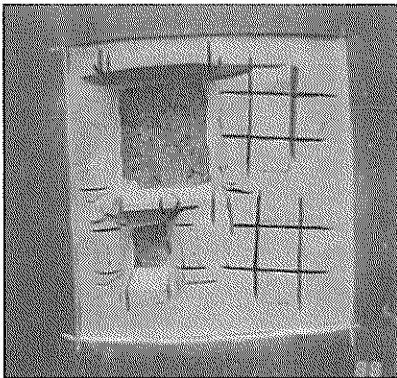


写真-24 セメントモルタル/FRPカバー工法の
剥離調査によるモルタルおよび鋼材表面
状況

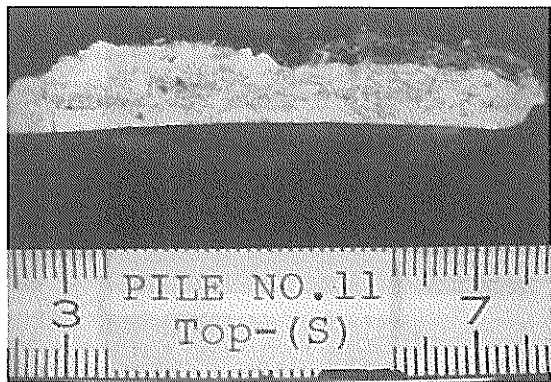
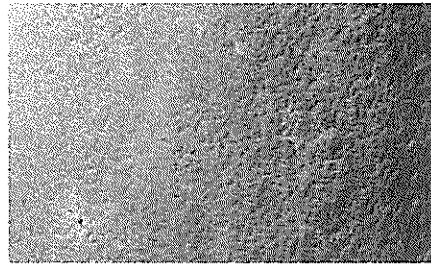
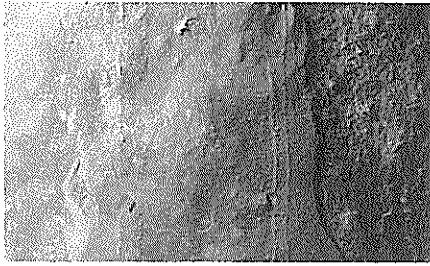


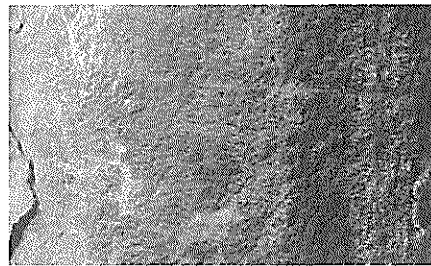
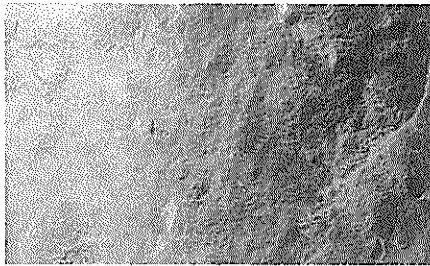
写真-26 電着生成物（断面）

海 側

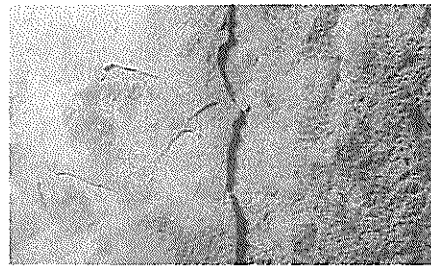
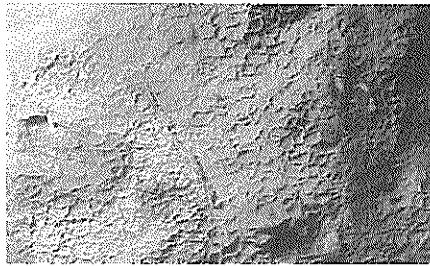
陸 側



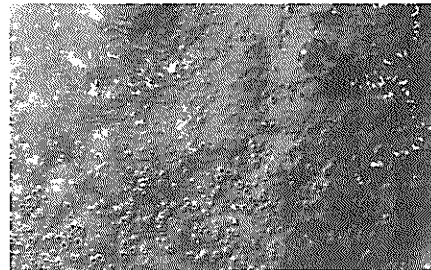
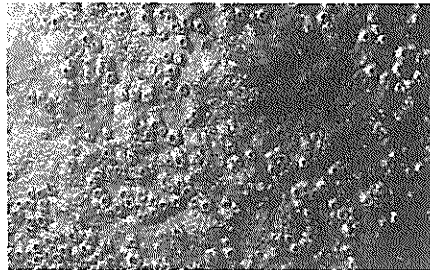
+ 5.0 m



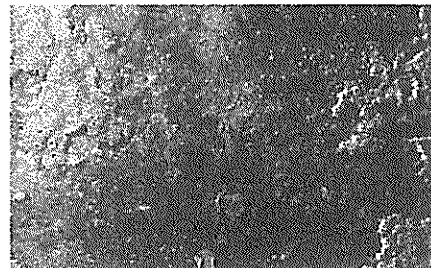
+ 4.0 m



+ 3.0 m



+ 2.0 m

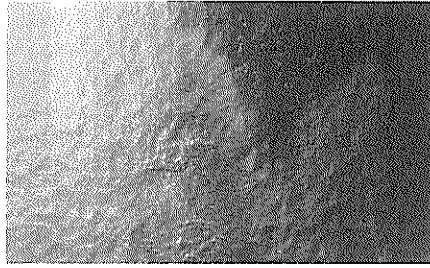
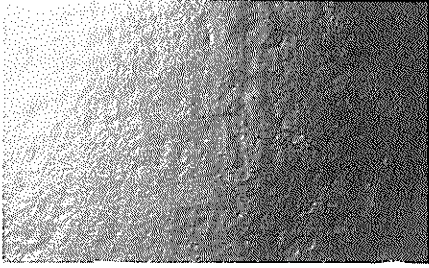


+ 1.0 m

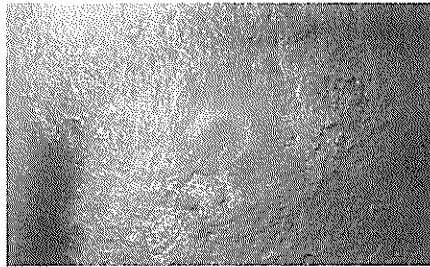
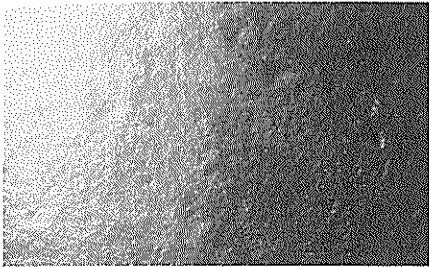
写真-27 裸鋼管杭の表面状況（付着物，錆除去前，杭 No. 3）

海 側

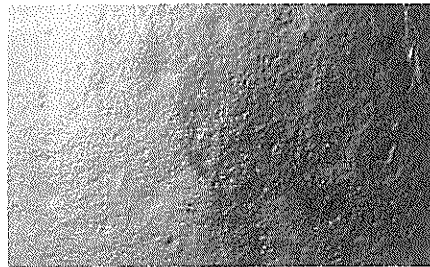
陸 側



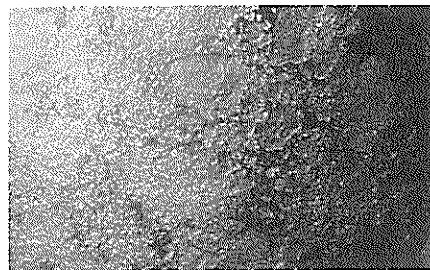
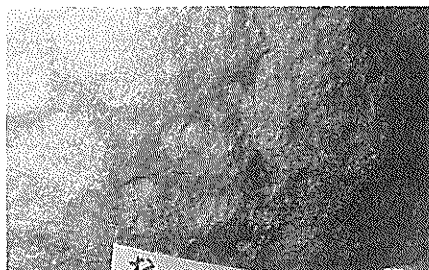
+ 5.0 m



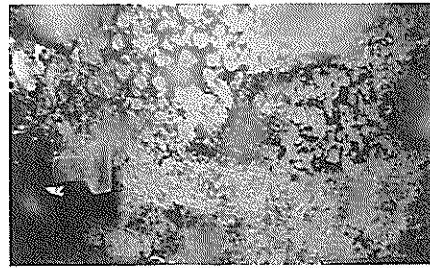
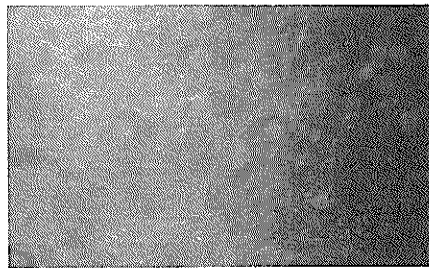
+ 4.0 m



+ 3.0 m



+ 2.0 m



+ 1.0 m

写真-28 裸鋼管杭の表面状況（付着物，錆除去後，杭 No. 3）

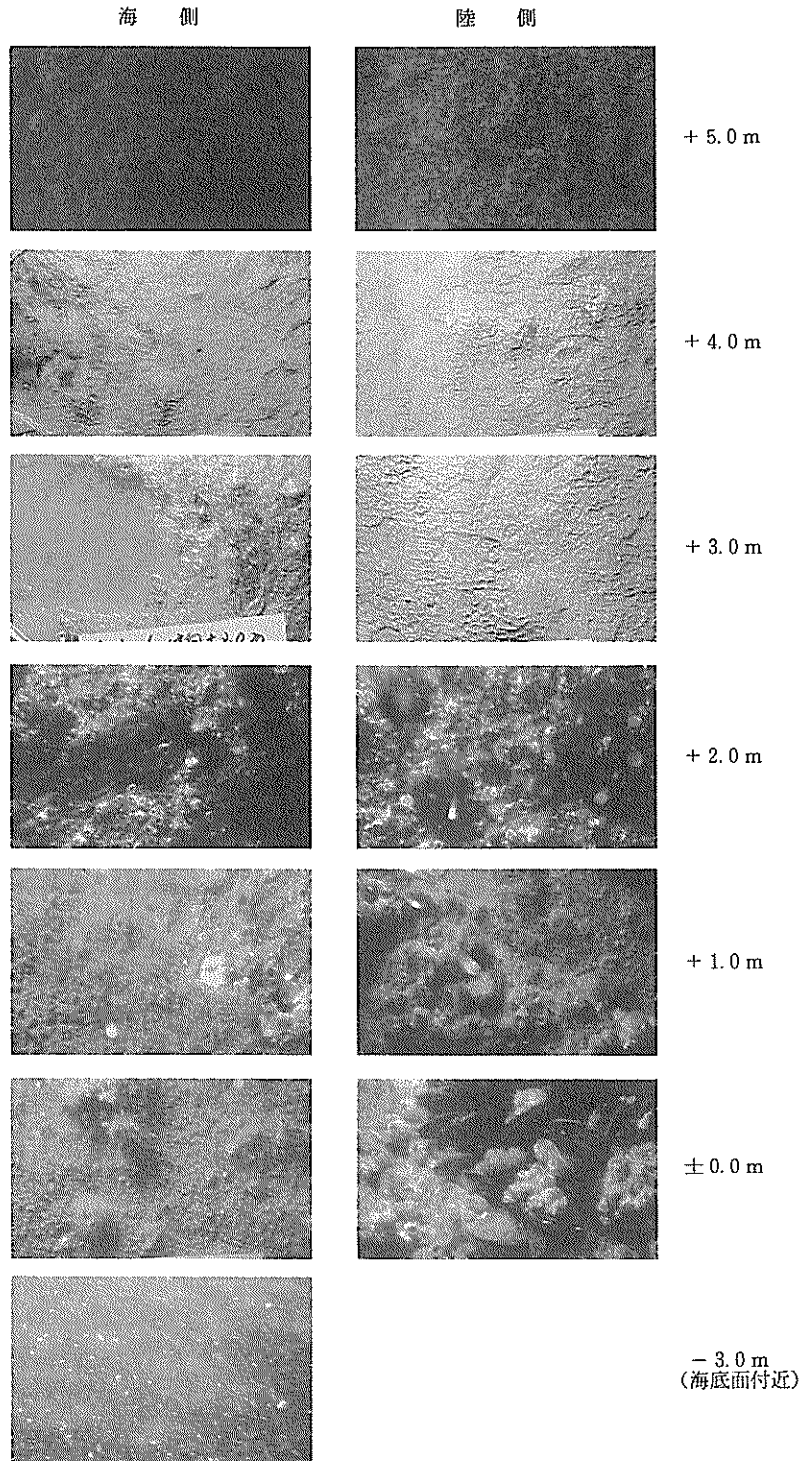
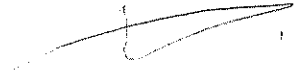
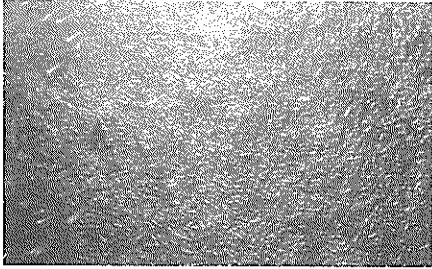


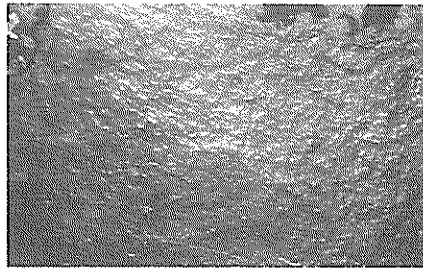
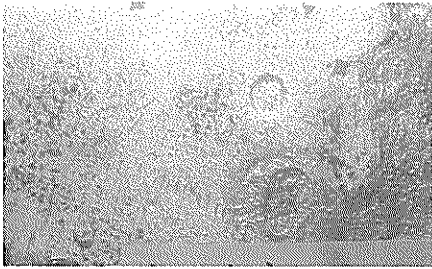
写真-29 裸鋼管杭の表面状況（付着物，錆除去前，杭 No. 16）

海 側

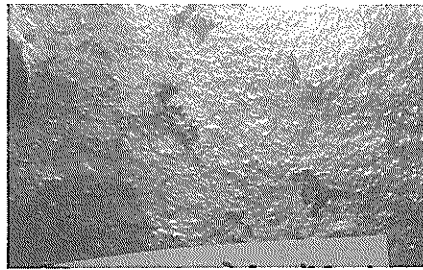
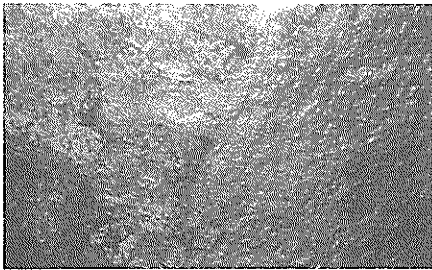
陸 側



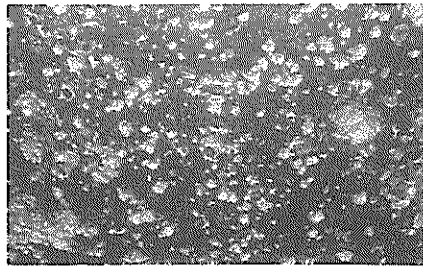
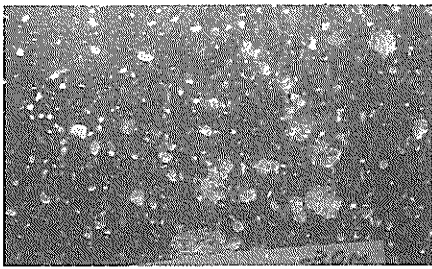
+ 2.0 m



+ 1.0 m



± 0.0 m



- 3.0 m
海底付近

写真-30 裸鋼管杭の表面状況（付着物，錆除去後，杭 No. 16）

港湾技研資料 No.675

1990.6

編集兼発行人 運輸省港湾技術研究所

発行所 運輸省港湾技術研究所
横須賀市長瀬3丁目1番1号

印刷所 ニッセイエプロ(株)

Published by the Port and Harbour Research Institute
Nagase, Yokosuka, Japan.