

阿字ヶ浦海岸漂砂観測用栈橋の 撤去工事と腐食・防食調査

REMOVEMENT WORKS AND CORROSION INVESTIGATION OF COASTAL OBSERVATION PIER AT AJIGAURA BEACH

山本幸次¹・笠井雅広²・佐藤慎司³

Koji YAMAMOTO, Masahiro KASAI and Shinji SATO

¹ 正会員 建設省土木研究所河川部海岸研究室(〒305-0804 茨城県つくば市大字旭1番地)

² 正会員 工修 建設省土木研究所河川部海岸研究室(〒305-0804 茨城県つくば市大字旭1番地)

³ 正会員 工博 建設省土木研究所河川部海岸研究室長(〒305-0804 茨城県つくば市大字旭1番地)

This paper describes the removal works and corrosion investigation of the 200m long coastal observation pier at Ajigaura beach, which was composed of steel truss framework supported by steel piles. The pier was constructed in 1973 and extended in 1976. The pier was used for observation of waves, currents and beach deformation in surf zone and exposed to severe sea state for more than 20 years. Removal works were operated from the provisional pier constructed in parallel to the observation pier. The steel piles were extracted after being cut beneath the ground level since they were judged to be undurable for the entire extraction due to the corrosion at the splash zone. Corrosion investigation also confirmed the effectiveness of various rustproof techniques.

Key Words : Steel structure, corrosion, rustproof technique, observation pier

1. はじめに

近年, 全国各地で問題となっている海岸侵食を防止するためには, 沿岸域での諸現象の把握が必要とされる。このうち, 砕波帯内および砕波帯外縁の波の変形特性, 流れの特性, それらに伴う漂砂現象と地形変化を明らかにすることも重要な課題の一つである。この課題を解決するためには, 現地海岸での観測が有効な手段となり, 定期的かつ安全に観測できる基地が必要とされる。建設省土木研究所では, 茨城県ひたちなか市阿字ヶ浦海岸に漂砂観測用栈橋を建設し, 波, 流れ, 漂砂, 地形変化に関する調査を行ってきた(橋本・宇多, 1976¹⁾; 1977²⁾; 1978³⁾; 1979⁴⁾, Uda and Sakai, 1986⁵⁾, Uda et al., 1990⁶⁾, 宇多ほか, 1993⁷⁾, 佐藤ほか, 1995⁸⁾; 1996⁹⁾).

ところで, 漂砂観測用栈橋は1973年に100m建設され, 1976年に100m延伸された。したがって, 延長200mの漂砂観測用栈橋は完成後20年以上経ち, 近年では老朽化が目立つようになった。また, 常陸那珂港の着工(1989年～)に伴い, 波浪条件や地形が変化し, 自然な状態での海岸調査ができなくなりつつある。このことから, 漂砂観測用栈橋を撤去することにし, 撤去工事を1998年3月27日に終了したので報告する。

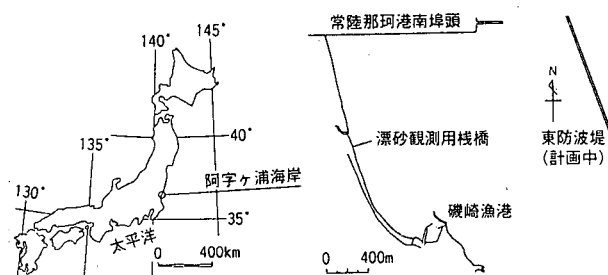


図-1 阿字ヶ浦海岸と漂砂観測用栈橋の位置

また, 基礎工の鋼管杭についての腐食・防食調査を行うとともに, 塗装等の防食材料の防食性能を評価した。

2. 漂砂観測用栈橋の腐食・防食に関する外観調査

阿字ヶ浦海岸と漂砂観測用栈橋の位置を図-1に示す。阿字ヶ浦海岸の南側には磯崎漁港があり, 海岸線に対して波がほぼ直角に入射する条件にあった。漂砂観測用栈橋の構造と鋼管杭の番号を図-2に示す。上部工は鋼材トラスからなり, 防食用の塗装材料開発実験に使用されていた。下部工は鋼管杭群の基礎(Ps0～Ps9)からなり, 1973年に施工された汀線側100m

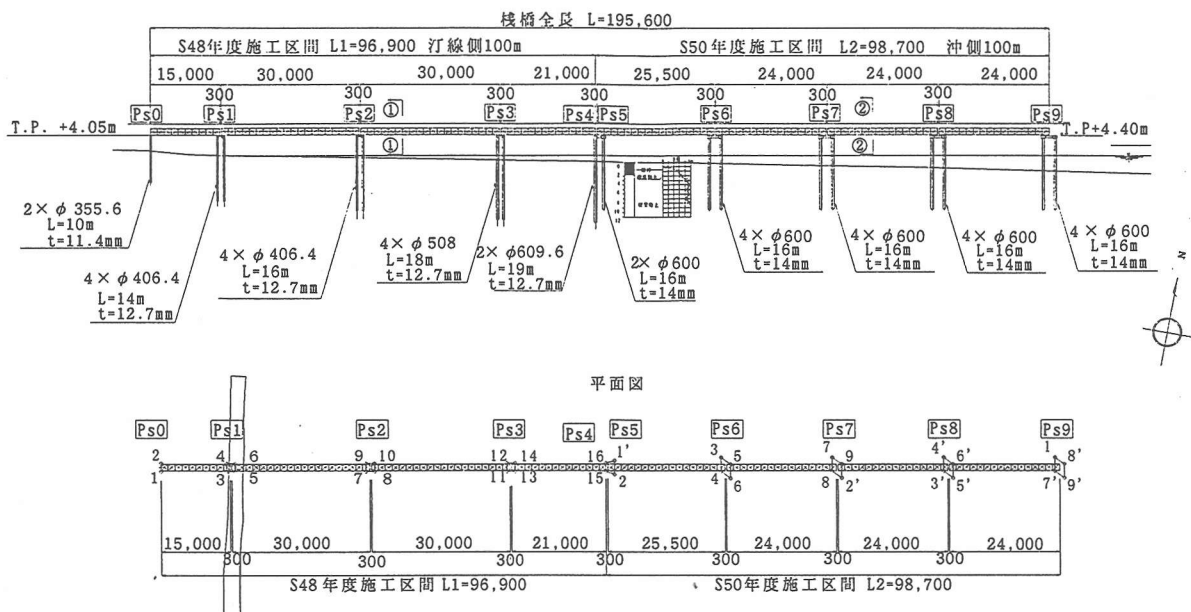


図-2 漂砂観測用栈橋の諸元と鋼管杭の番号



写真-1 栈橋の基礎工の鋼管杭の状況

の1～16の鋼管杭は打設時においては無処理であったが、その後に各種防食被覆を施された。1976年に延伸された沖側100mの1～9'の鋼管杭については当初から防食技術を施されていた。なお、ボーリング調査によれば、鋼管杭はN値40以上の硬質粘土層に十数m打ち込まれていることが確認されている。

漂砂観測用栈橋の撤去に先立って、1996年に腐食・防食の外観調査を行った(写真-1,2)。打設後に防食被覆を施した鋼管杭は、汀線際の1～10で錆や被覆の剥離が確認され、沖側の11～16は比較的良好な状態にあった(表-1)。このことは、常時に波が碎波する汀線際においては、被覆材料に防食性ととも波力などの外力に打ち勝つ性能も必要であることを示している。打設前に防食技術を施した鋼管杭では、耐海水鋼、アルミ溶射+塗装、およびウレタンライニングを施した1',3',6'などで腐食が確認された。

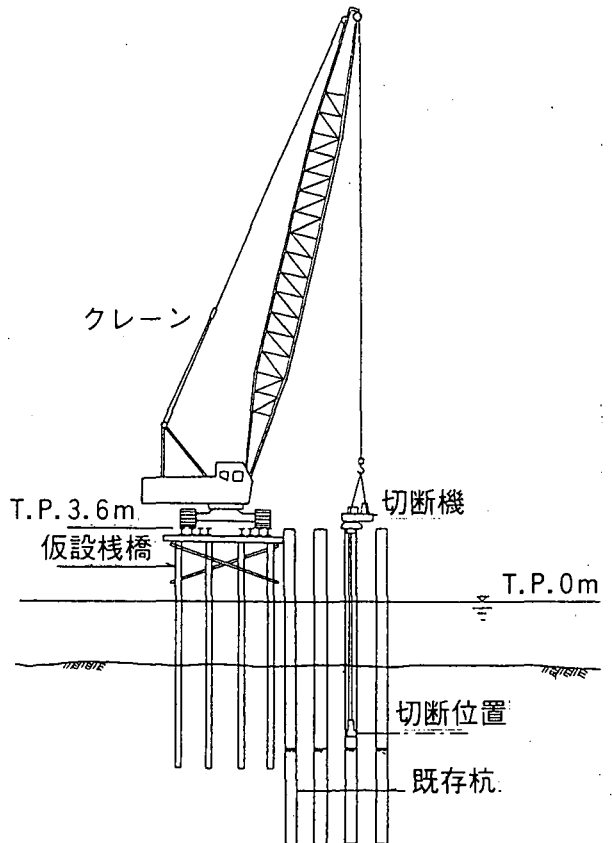
以上の外観調査から漂砂観測用栈橋の使用継続が不可能と判断し、以下の点を考慮して撤去することとした。①漂砂観測用栈橋の上部工のトラスの老朽化が著



写真-2 栈橋の上部鋼材トラス工の状況

表－１ 鋼管杭の外観調査の結果

ピア No.	試験杭 No.	防食被覆の種類		外観目視結果	
		飛沫部	干満部	飛沫部	干満部
Ps 0	1	有機ジンク +厚膜ビニル(280 μ)	水中硬化エポキシA (2.5mm)	ほぼ全面に 錆瘤	剥離著しい
	2	同上	同上	同上	同上
Ps 1	3	無溶剤エポキシ +ウレタン(340 μ)	同上	同上	同上
	4	変性エポキシ +エポキシ(330 μ)	同上	同上	同上
	5	エポキシプライマー+厚 膜エポキシ(2370 μ)	水中硬化エポキシB (4.7mm)	一部に錆瘤	一部剥離
	6	有機ジンク+厚膜エ ポキシ(2380 μ)	同上	錆瘤や多量の 未発生部も多い	同上
Ps 2	7	変性エポキシ(380 μ)	同上、一部にFRPカ バーあり	一部に錆瘤	同上
	8	ベトログラムテープ +FRPカバー	同左	良好 (外見上)	同左
	9	変性エポキシ(380 μ)	ベトログラムテープ +FRPカバー	一部に錆瘤	同上
	10	セメントモルタル (10cm)+FRPカバー	同左	全面錆瘤被覆 (は脱落した模様)	同左
Ps 3	11	ガラスフłek入りポリ エステル(1100 μ)	ベトログラムテープ +FRPカバー	一部に錆瘤	良好
	12	無溶剤型厚膜タール エポキシ(1180 μ)	同上	上部全面錆瘤 中下比較的良好	良好
	13	ガラスフłek入りポリ エステル(1100 μ)	同上	一部に錆瘤	良好
	14	無溶剤型厚膜タール エポキシ(330 μ)	同上	全面に錆瘤	良好
Ps 4	15	常温加硫型クロロブ レンゴムシート(3mm)	水中硬化エポキシC (5mm)	大部分が剥離	付着物が多く 観察不可能
	16	水中硬化エポキシD (4mm, 8 μ ラジエ入り)	ベトログラムテープ +FRPカバー	良好	良好
Ps 5	2	無機ジンクリッチペイント(75 μ) +タールエポキシ樹脂塗料(300 μ ×3)		良好	良好
	1'	耐海水鋼巻き(6mm)		全面腐食	全面腐食
Ps 6	4	無機ジンクリッチペイント(75 μ) +エポキシ樹脂塗料(300 μ ×3, 8 μ ラジエ入り)		良好	付着物多く 観察不可能
	3	アルミ溶射(100 μ)+タールエポキシ樹脂 塗料(300 μ ×3, 8 μ ラジエ補強)		全面腐食	全面腐食
	6	ウレタンマチックライニング(3mm, 骨材入り)		全面に錆こぶ	全面に錆こぶ
	5	レジン硬化体(8 μ ラジエ入り4~6mm)		良好	良好
Ps 7	8	ポリウレタンゴムライニング(7mm)		剥離著しい	剥離著しい
	7	セメントモルタル(47mm) +ポリエステルFRP(3mm)		FRPカバー 剥離	良好
	2'	無機ジンクリッチペイント(75 μ) +タールエポキシ樹脂塗料(300 μ ×3)		比較的良好	比較的良好
	9'	ポリエチレン押し出しライニング(4mm)		良好	良好
Ps 8	3'	アルミ溶射(100 μ)+タールエポキシ樹脂塗料 (300 μ ×3, 8 μ ラジエ補強)		全面腐食	全面腐食
	4'	無機ジンクリッチペイント(75 μ) +エポキシ樹脂塗料(300 μ ×3, 8 μ ラジエ入り)		良好	良好
	5'	レジン硬化体(8 μ ラジエ入り4~6mm)		良好	良好
	6'	ウレタンマチックライニング(3mm, 骨材入り)		全面腐食	全面腐食
Ps 9	7'	セメントモルタル(47mm) +ポリエステルFRP(3mm)		FRPカバー 剥離	良好
	1	無処理		全面腐食	全面腐食
	9'	ポリエチレン押し出しライニング(4mm)		良好	良好
	8'	ポリウレタンゴムライニング(7mm)		良好	良好



図－３ 鋼管杭切断工法の模式図

鋼管杭は、硬質粘土層（N 値が 40 以上）に十数 m 打ち込んである。また、打ち込んでから 20 年以上経過しているため、鋼管杭と推定硬質粘土層の間の粘着性が大きくなっていると考えられる。④鋼管杭を全撤去する場合には、過大な引っ張り応力がかかると考えられ、飛沫帯から海底面にかけての脆弱な部分で破断してしまう可能性が高い。

3. 漂砂観測用栈橋の撤去状況

前述した外観調査結果をもとに、撤去工事は以下の手順で行うことにした。①鋼管杭撤去の足場については、撤去工事を確実にこなすこと、および工事中・工事後において周辺海域の環境への影響が小さいことを配慮して仮設栈橋工を採択する。②鋼管杭を引き抜くときの引っ張り応力を小さくするために、硬質粘土層内のある部分でカッターで切断し確実に撤去する水中切断工法を採用する(図－3)。

ところが、工事場所が旧水戸射爆場に近接していたため、不発弾の残留調査を行うこととなった。不発弾の調査は陸上部については磁気探査、海中部については漂砂観測用栈橋が鋼製のために潜水士による貫入棒探査を行った。調査の結果、工事範囲内には不発弾は存在しないことが分かり、撤去工事を開始した。

実際には撤去工事に着手後、低気圧の来襲が多く、

しく、手摺鋼材や床板の落下の危険性が高くなっている。②鋼管杭は、23 年間厳しい海象条件に曝されているため腐食が進んでいる。特に腐食が著しいのは飛沫帯から海底面にかけての部分である(写真－1)。③

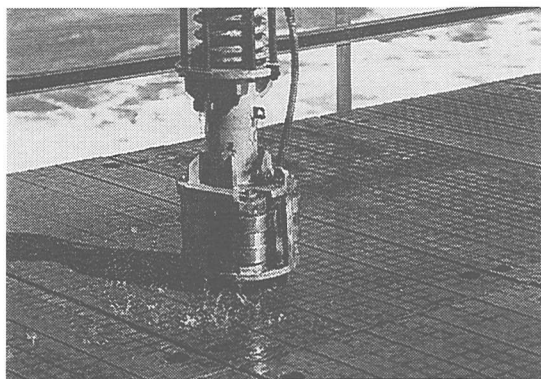


写真-3 鋼管杭切断機



写真-4 鋼管杭引き抜き状況



写真-5 引き抜き後の鋼管杭

仮設栈橋の設置が遅々として進まなかったが、仮設栈橋完成後の撤去は順調に進んだ。鋼管杭の撤去状況を写真-3,4に示す。切断機(写真-3)を鋼管杭の中に入れ、推定硬質粘土層より約2m深い位置で切断し、切断後の鋼管杭を引き抜いた(写真-4)。引き抜いた鋼管杭は、一時保管して腐食状況の観察を行った(写真-5)。鋼管杭の観察結果は図-4に示すようにまとめ、生物の付着状況、錆の進行度、塗装等の剥離状況、切断面からの粘土の付着状況などを調べた。引き抜いた鋼管杭に付着していた粘土の切断面からの長さ(図-4参照)は、表-3に示したように1~2.3mであった。このことから、異常波浪による粘土層の著しい洗掘が生じない限り、粘土層内に取残した鋼管杭は露出しないと考えられる。

撤去した鋼管杭の内部を調査した結果(写真-6)に

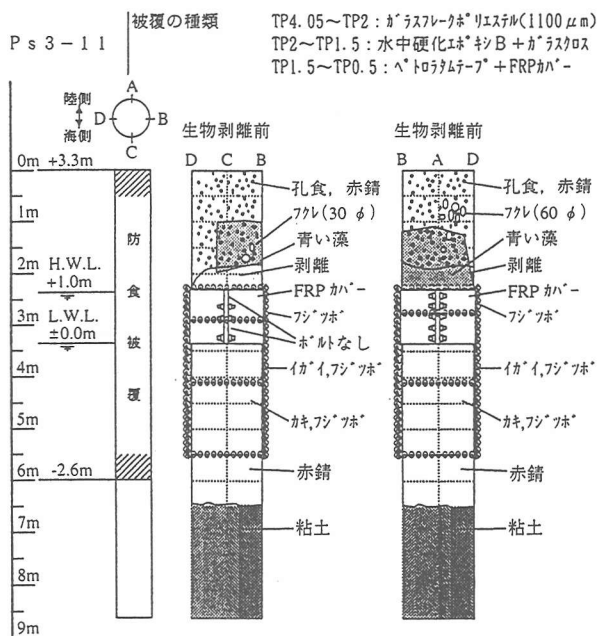


図-4 鋼管杭の腐食・生物付着状況の一例

表-2 鋼管杭に付着していた粘土の長さ

単位: m

杭番号	長さ	杭番号	長さ
Ps1-3	1.050	Ps6-3	1.900
Ps1-4	0.950	Ps6-4	1.900
Ps1-5	1.200	Ps6-5	1.800
Ps1-6	1.100	Ps6-6	1.850
Ps2-7	1.900	Ps7-7	2.000
Ps2-8	1.900	Ps7-8	2.050
Ps2-9	1.800	Ps7-9	1.950
Ps2-10	1.800	Ps7-2'	1.900
Ps3-11	1.900	Ps8-3'	2.300
Ps3-12	1.700	Ps8-4'	2.000
Ps3-13	1.900	Ps8-5'	2.200
Ps3-14	1.600	Ps8-6'	2.300
Ps4-15	1.650	Ps9-1	1.900
Ps4-16	1.900	Ps9-7'	1.750
Ps5-1'	2.150	Ps9-8'	1.500
Ps5-2	1.600	Ps9-9'	1.900

: Ps0は、切断せず引き抜き

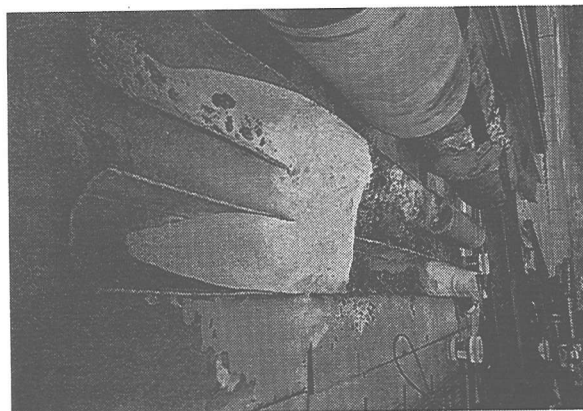
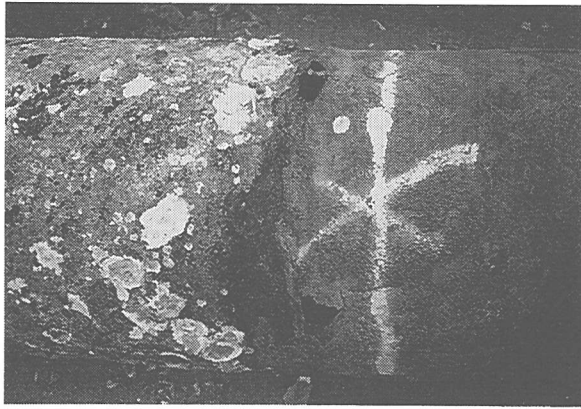


写真-6 鋼管杭 Ps0 の管内土



写真－7 破断寸前の鋼管杭

よれば、写真左側の海底面近くには淘汰の良い砂が、中間部には礫、砂、粘土の混在した底質が、写真右側の海底面から数m深いところには粘土があった。これにより、鋼管杭内では底質の腐食や化学的变化は生じていないことが確認された。また、鋼管杭に施された腐食防止技術の違いにより、腐食の状況が異なった。一例として最も腐食が進んでいた鋼管杭の状況を写真－7に示す。鋼管杭の海面付近の部分には腐食孔が見られ、鋼管杭の引き抜き時に破断する危険性もあった。このことから、撤去工事に際して水中切断工を採用したことが適切であったと言える。

4. 撤去した鋼管杭の腐食実態

漂砂観測用栈橋の上部工の鋼材トラス・床板は、ほとんどが腐食しており、強度劣化が著しかった。打設後に防食技術を施した鋼管杭(基礎 Ps0 ～ Ps4、杭番号 1 ～ 16、図－2 および表－1 参照)の評価を表－3 に示す。表－3 における杭番号 1－5 は基礎 Ps1 の番号 5 の杭であることを示し、ほかもこれに準ずる。これによれば、再施工をしない場合における 22 年間を通じての暴露で評価の高いのは、水中硬化エポキシ(B)、ガラスフレーク入りポリエステル、水中硬化エポキシ+ガラスクロスである。このことは、無処理の鋼管杭が打設後に錆始めた場合でも、評価の高い防食被覆を用いれば 20 年以上の耐用が望めることを示唆している。

打設前に防食技術を施した鋼管杭を評価すると、図－5 のようにまとめられる。20 年近い暴露でほとんど劣化が見られないのは、No.9(図－2 では基礎 Ps5 ～ Ps9 の番号 9 の杭)のポリエチレン押出しライニングを施した鋼管杭である。約 10 年間は劣化が見られないものの、20 年後に劣化が進むのは、セメントモルタル+ポリエステル FRP を施した No.7 の鋼管杭となっており、この防食技術には注意を要する。一方、劣化が著しいのは、No.6 のウレタンマチックライ

表－3 打設後に防食技術を施した鋼管杭の評価

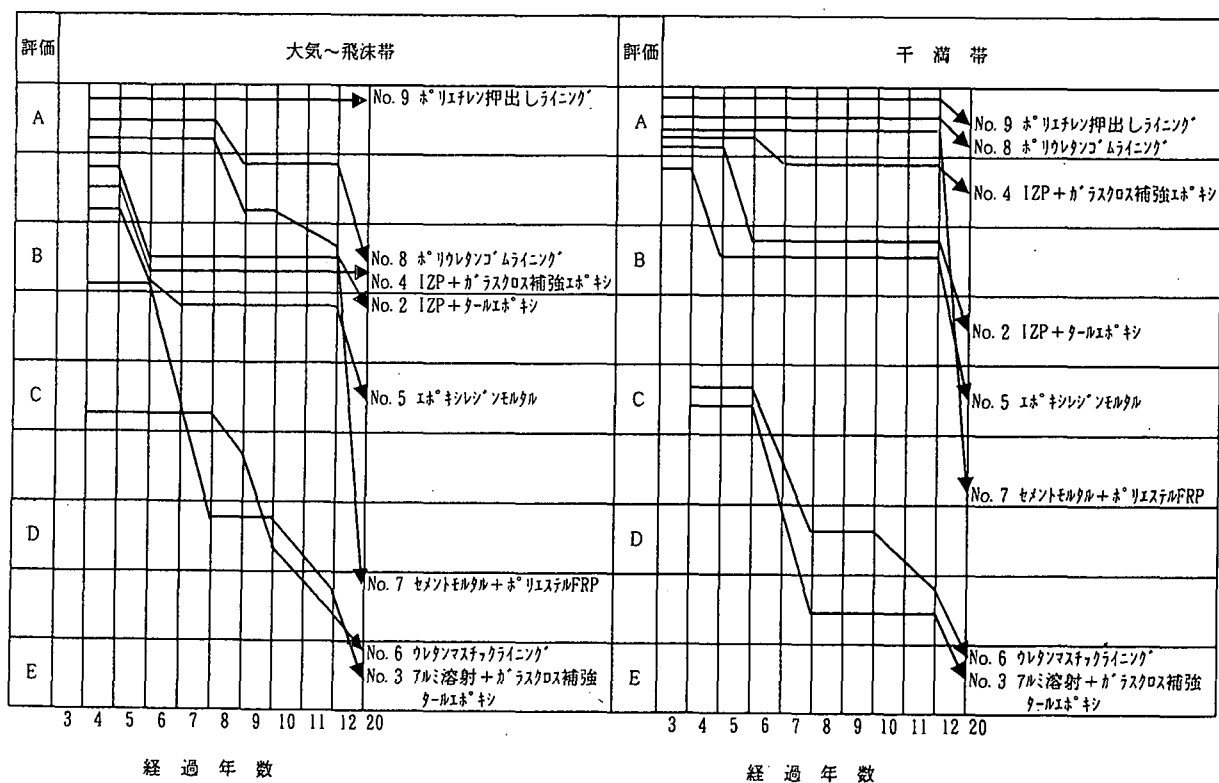
既設鋼管杭に現地施工した防食被覆の総合評価								
杭番号	調査部位	被覆仕様	暴露年数					
			1 年	2 年	3 年	4 年	再施工	22 年
1－5	5－2	エポキシプライマ 厚膜エポキシ2	○	○	○	○		△
	5－3	水中硬化エポキシ (B)	◎	◎	◎	○		◎
1－6	6－1	高膜シコ 厚膜エポキシ2	○	○	○	○		◎
	6－2	同上	○	○	○	○		◎
	6－3	水中硬化エポキシ (B)	◎	◎	◎	◎		◎
	6－4	ペトロラムデー ブ + FRP	－	－	－	－	再施工 (S56年)	◎
2－7	7－2	高膜エポキシ3	○	○	○	○		×
	7－3	水中硬化エポキシ (B)	◎	○	×	×		－
	7－4	ペトロラムデー ブ + FRP	－	－	－	－	再施工 (S56年)	○
2－8	8－2	ペトロラムデー ブ + FRP	◎	○	◎	◎	カービッド (S56年)	○
	8－3	ペトロラムデー ブ + FRP	◎	○	◎	◎	カービッド (S56年)	○
	8－4	ペトロラムデー ブ + FRP	◎	○	◎	◎	カービッド (S56年)	○
3－11	11－2	ガラスフレーク入 りポリエステル	◎	◎	◎	◎		◎
	11－4	ペトロラムデー ブ + FRP	◎	◎	○	◎	カービッド (S56年)	○
3－12	12－2	高膜エポキシ	×	×	×	×		××
	12－4	ペトロラムデー ブ + FRP	◎	△	×	×	カービッド (S56年)	××
4－16	16－2	水中硬化エポキシ + ガラスクロス	◎	◎	◎	◎		○
	16－4	ペトロラムデー ブ + FRP	－	－	－	－	カービッド (S56年)	○

ニングと、No.3 のアルミ溶射+ガラス補強タールエポキシを施した鋼管杭となっている。また、大気～飛沫帯の部分が、干満帯の部分に比較して劣化傾向にあることが分かる。

5. おわりに

建設後 20 年以上経過した鋼製栈橋を撤去するにあたり、仮設栈橋と水中切断による工法を実施するとともに、腐食状況を詳細に調査した。撤去後の腐食調査で、数本の鋼管杭の海面付近の部分には腐食孔が見られ、鋼管杭の引き抜き時に破断する危険性があることが確認された。このことから、撤去工事に際して水中切断工を採用したことが適切であったと言える。

また、漂砂観測用栈橋の撤去工事に際し供出した鋼管杭の老朽化調査から、海洋構造物の基礎に鋼管杭を用いる場合、適切な防食技術を施せば、厳しい海象条件下でも 20 年以上の耐久性が望めることが分かった。なお、漂砂観測用栈橋の基礎工の鋼管杭については詳細な物性調査を行っており、鋼管杭基礎の新型離岸堤



図－5 打設前に防食技術を施した鋼管杭の評価

の施工管理にあたっての知見が得られると考えられる。

謝辞：漂砂観測用栈橋の鋼管杭の防食技術の評価については、土木研究所材料施工部化学研究室の守屋進主任研究員に助言をいただいた。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 橋本 宏・宇多高明(1976):阿字ヶ浦海岸における海浜過程(第1報), 第23 海岸工学講演会論文集, pp.245 - 249.
- 2) 橋本 宏・宇多高明(1977):阿字ヶ浦海岸における海浜過程(第2報), 第24 海岸工学講演会論文集, pp.216 - 220.
- 3) 橋本 宏・宇多高明(1978):阿字ヶ浦海岸における海浜過程(第3報), 第25 海岸工学講演会論文集, pp.269 - 273.
- 4) 橋本 宏・宇多高明(1979):砕波帯における波浪・海浜流・潮汐・地形の相互関連について, 第26 回海岸工学講演会論文集, pp.157 - 161.

- 5) Uda, Takaaki, and Yoshiharu Sakai (1986): Summarized data of beach profiles and wave observations at Ajigaura Beach, Technical Memorandum of PWRI, No. 2294, 286p.
- 6) Uda, Takaaki, Hiroyuki Ito and Tomonobu Saito (1990): Summarized data of beach profiles and wave observations at Ajigaura Beach (2), Technical Memorandum of PWRI, No.2900, 438p.
- 7) 宇多高明・伊藤弘之・岩崎福久(1993):地球規模の気候変動と阿字ヶ浦海岸における長期的海浜変動との関連, 海岸工学論文集,第40 巻, pp.426 - 430.
- 8) 佐藤慎司・田中茂信・野口賢二・山本幸次(1995): 砕波点付近における浮遊砂の現地観測, 土木学会論文集, No.521 / II - 32, pp.135 - 144.
- 9) 佐藤慎司・田中茂信・野口賢二・加藤史訓(1996): うねりによる長周期変動と浮遊砂輸送, 土木学会論文集, No.551 / II - 37, pp.101 - 111.

(1999.4.19 受付)