

港灣技研資料

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

No. 84 Sept. 1969

港灣鋼構造物の腐食調査（第2報）

善 一 章 ・ 阿 部 正 美

運輸省港灣技術研究所



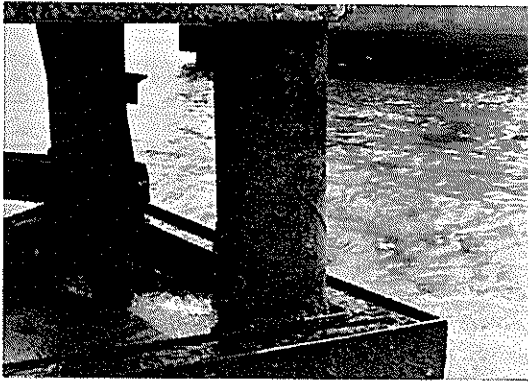


図 3-18 鋼管杭面 (須磨船積棧橋、潮位間、5年経過)

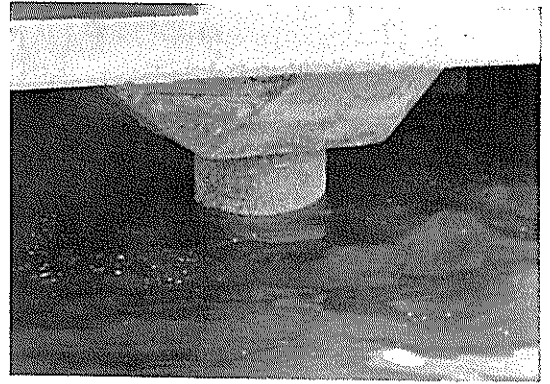


図 6-28 鋼管杭面 (博多港須崎棧橋、潮位間、4年経過)



図 4-24 鋼矢板面 (安来港-4.5m岸壁、海水上、35年経過)



図 4-30 鋼矢板面 (安来港-4.5m岸壁、潮位間、35年経過)

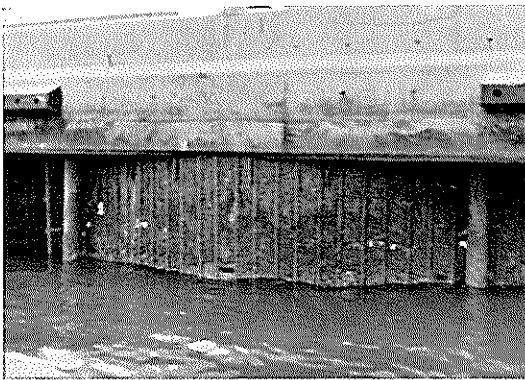


図 5-29 鋼矢板面 (門司港田の浦3岸、潮位間、9年経過)

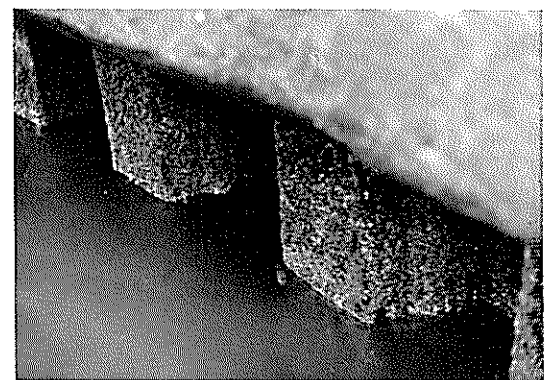


図 6-26 鋼矢板面 (博多港水陸連絡設備、潮位間、25年経過)

港湾鋼構造物の腐食調査 (第2報)

目 次

要 旨

1. ま え が き	3
2. 調 査 方 法	3
3. 須磨船積棧橋の調査 (鋼管杭)	7
4. 安来港における腐食調査 (鋼矢板)	23
5. 門司港における腐食調査 (鋼矢板)	40
6. 博多港における調査 (鋼矢板, 鋼管杭)	61
7. あ と が き	87

Corrosion Survey of Steel Structures at Harbors (2nd Report)
Corrosion Surveys of Steel Structures at Suma Coast
and Yasuki, Moji and Hakata Harbors

Kazuaki Zen*

Masami Abe**

Synopsis

To determine corrosion rate of steel structures, we carried out at Suma coast and Yasuki, Moji and Hakata Harbors both the non-destructive corrosion survey with new ultrasonic thickness meters (resonance and pulse echo types for underwater use) and destructive survey using steel pieces cut from steel structures, and we obtained the following results :

- (1) The number of possible locations measurable with the pulse echo type thickness meter was 100 per cent of the total determination sites, but with the resonance type thickness meter from 4 to 76 per cent.
- (2) The difference between steel thicknesses with ultrasonic thickness meters was within about ± 1 mm.
- (3) Corrosion rates of steel sheet piles contacting with uniform sea water were 0.02~0.05 mm/yr between H.W.L. and mud line.
- (4) Thicknesses of steel pipe piles (after or under five years) were nearly equal to the initial thicknesses between sea water level and mud line.
- (5) Most potentials of the measured steel structures, which was applied with cathodic protection by power-impressed method were more positive than -770 mV (S.C.E.).

* Senior Research Engineer, Structures Division

** Member, Structures Division

港湾鋼構造物の腐食調査

(第2報)

須磨船積棧橋および安来港, 門司港, 博多港における腐食調査

善 一 章*
阿 部 正 美**

要 旨

港湾鋼構造物の腐食速度を明らかにするために超音波式探傷厚み計と超音波式共振厚み計による非破壊調査と鋼材片切り取りによる破壊調査を含む調査法で, 須磨船積棧橋, 博多港の鋼管杭, 安来港, 門司港, 博多港の鋼矢板を調査して次の結果を得た。

- (1) 超音波式探傷厚み計の適用率は100%であるが, 超音波式共振厚み計の適用率は4~76%である。
- (2) 両厚み計による測定肉厚の差は大体±1mm以内である。
- (3) 均一海水に接する鋼矢板構造物の腐食速度は
H.W.L.~海底泥面……0.02~0.05mm/yr である。
- (4) 鋼管杭(経過期間5年以内)の海水面~海底泥面までの肉厚はほぼ初期肉厚に近い。
- (5) 電気防食(外部電源方式)を適用している調査鋼構造物の電位はほとんど防食電位に達していない。

1. ま え が き

従来, 鋼矢板構造物の肉厚測定に使用されてきた厚み計は探触子が大きいため鋼矢板の平坦面のみに適用が限られて鋼矢板の側面, 鋼管杭, H杭などの肉厚測定に向きであることや, 実際の肉厚よりかなり薄く測定する傾向のあることがわかった。このため第1報に示すように昭和42年度の調査では超音波式共振厚み計による非破壊調査と鋼材片の切り取りによる破壊調査を実施した。この結果, 超音波式共振厚み計による肉厚測定値は切り取り鋼材片についての測定値に近似したが, 被測定鋼材面に凹凸があるとき測定不能となりやすい欠点のあることがわかった。したがって昭和43年度は凹凸がある鋼材面にも適用できるように工夫された超音波式探傷厚み計と超音波式共振厚み計による非破壊調査, 鋼材片切り取りによる破壊調査または両者のいずれかを7港について実施して, 港湾鋼構造物の腐食調査法の検討ならびに腐食量の測定を行なった。本報はこのうちの4港について

の調査結果である。

2. 調 査 方 法

調査方法は第1報, 4(調査方法, p. 31~46)に大半は準拠しているが, 非破壊測定用厚み計として超音波式探傷厚み計を新たに使用したことと付着物を除去した鋼材面の研磨に金剛砥石を使用したことが大きく異なる点である。詳細は次の通りである。

2・1 鋼材肉厚の測定点

本調査でも第1報と同様に鋼矢板および鋼管杭の肉厚測定点を原則として次のように設けた。

鋼矢板断面方向の肉厚測定点はU型鋼矢板の場合は図2・1のように凹部, 凸部に, TR型鋼矢板の場合は図2・2のように凹部, 凸部, 側面にそれぞれ設けた。

鋼管杭断面方向の肉厚測定点は直角方向に4点設けた。

* 構造部主任研究官

** 構造部

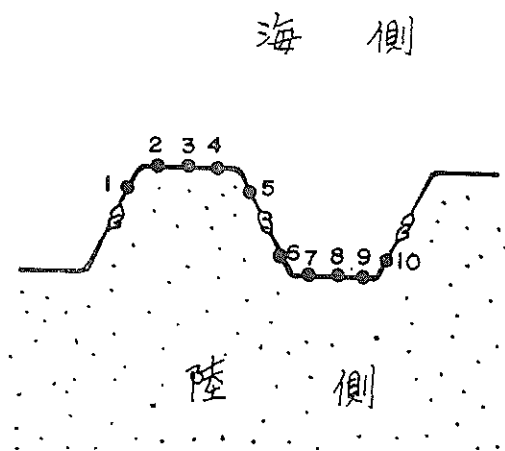


図 2-1 U型鋼矢板の肉厚測定点 (断面方向)

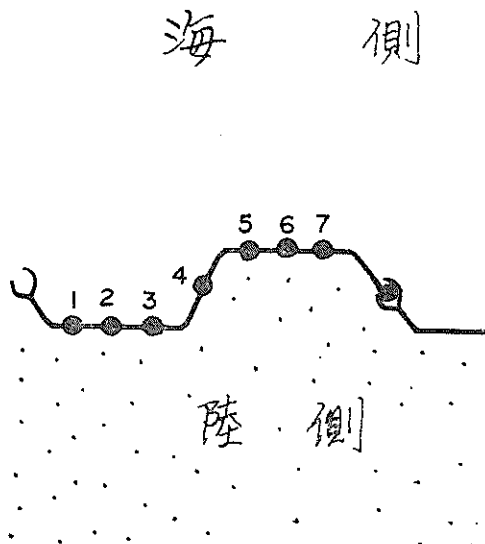


図 2-2 TR型鋼矢板の肉厚測定点 (断面方向)

深度方向は鋼矢板、鋼管杭とも水面下は1mピッチ、水面上は0.3m~0.5mピッチに測定点をとった。

2・2 初期肉厚

調査構造物の上部コンクリートが撤去されるときは上部コンクリート中の肉厚を初期肉厚とする。上部コンクリートが撤去されないときは使用鋼材のタイプに対応するカタログ厚を初期肉厚とみなすが、併せて調査構造物の施工および検収資料を参照して初期肉厚を確認する。

2・3 付着物の除去および鋼材面の研磨

2・3・1 海水上

海水上にはフジツボやカキなどが付着しない代りに錆

生成物が厚く固着している。したがって海水上ではまず先端が平らなハンマーで錆生成物を叩き落とす。しかし H.W.L. 付近は錆生成物を除去しても鋼材面が平滑な場合は比較的少なく大なり小なり凹凸のある場合が多い。

第1報、4・4・1 (海水上, p. 32~33) では超音波式共振厚み計を適用したとき良好な共振波形が出るようにさらにグラインダーで凸面をけずって鋼材面を平坦にしたが、今回はグラインダーの使用は止めて単にハンマーで錆生成物を叩き落とした後ワイヤブラシでこするのみにした。

2・3・2 海水面下

海水面下ではフジツボ、カキ、イガイなどが付着することが多い。とくにフジツボやカキのように固い付着物に対しては鋼材面を傷つけないようにハンマーでその大半を叩き落とす。大きな付着物が大体落ちたら次にスクレーラーで小さな付着物をこさぎ落とすが、このときスクレーラーの刃を鋼材面に立てて鋼材面を傷つけないように注意する。

ハンマーは先の平端なものを使用するが、止むを得ずカンカン・ハンマーを使用するときはハンマーの傷痕をつけないように注意しなければならない。スクレーラーで付着物が十分に落ちないときは市販の金剛砥石で研磨する。

2・4 観 察

2・4・1 海水上

海水上の観察は第1報、4・6・1 (海水上, p. 33) の方法による。

2・4・2 海水面下

海水面下の観察は第1報、4・6・2 (海水面下, p. 33~34) の方法による。

2・5 付着物の採取

付着物の採取は第1報、4・5 (付着物の採取, p. 33) の方法による。

2・6 厚 み 計

鋼構造物の非破壊調査のために超音波式共振厚み計 (水中用) と超音波式探傷厚み計 (水中用) を使用した。

また切り取り鋼材片の肉厚測定には超音波式厚み計とマイクロ・メーター (両球型) を使用した。

2・6・1 超音波式共振厚み計（水中用）

超音波式共振厚み計の外観は図2-3に示す。超音波式共振厚み計の仕様は第1報、4・7・1（超音波式共振厚み計，水中用，p.34～37）を参照。

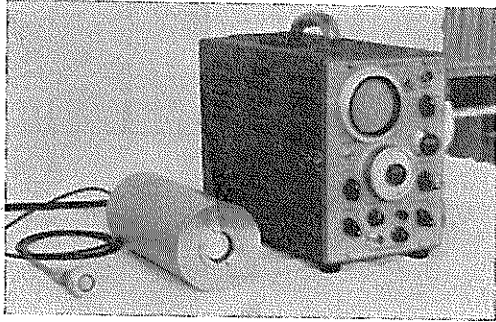


図 2-3 超音波式共振厚み計

（左：探触子，中央：モニター，右：本体）

2・6・2 超音波式探傷厚み計（水中用）

超音波式探傷厚み計は図2-4のように本体，探触子および両者を結ぶ高周波ケーブルよりなる。探触子には振動子が1コのもの2コのものがあり，前者による測定を1探法，後者による測定法を2探法という。超音波式探傷厚み計は鋼板の片面から超音波パルスを与えると鋼板の肉厚が厚ければ薄い肉厚のときよりも早く反射してくることを利用して鋼板の肉厚を測定するものである。すなわち，図2-5のように鋼板面に超音波を放射

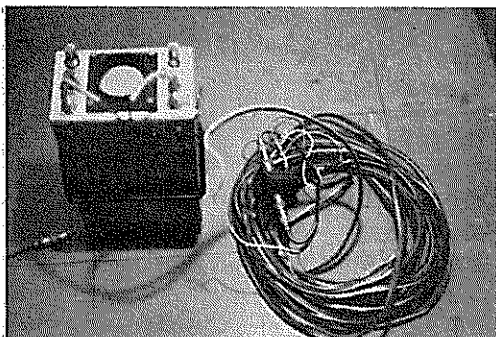


図 2-4 超音波式探傷厚み計

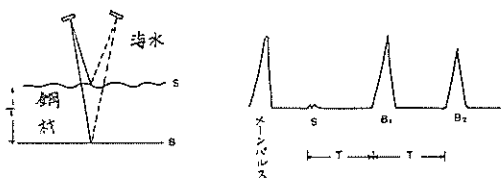


図 2-5 超音波式探傷厚み計の原理

すると本体ブラウン管面の横軸を時間軸とすると左からメイン・パルス，表面波，第1底面波，第2底面波……が現われる。このときのS～B₁間，またはB₁～B₂間が鋼板の肉厚Tに相当する。

超音波式探傷厚み計の仕様は次の通りである。

- (1) 方式 超音波パルス反射法
- (2) 指示方式 DC波形 (X軸50mm, Y軸30mm)
- (3) 使用周波数 5 MHz
- (4) 測定範囲 (粗調) 20mm
40mm
100mm
200mm
- (5) 測定範囲 (微調) 20～60mm
40～120mm
100～200mm
200～400mm
- (6) 精度 平滑面に対して約±3%
- (7) 使用電源 AC100V, 50Hz/60Hz, 約25VA
DCバッテリー 6.3V
- (8) 寸法および重量 130mm×400mm×22mm, 7kg
- (9) 高周波ケーブルの長さ 20m

次に本体にあるツマミは次の通りである。

- (1) 本体正面にあるツマミ
本体正面にあるツマミの位置は図2-6の通り。

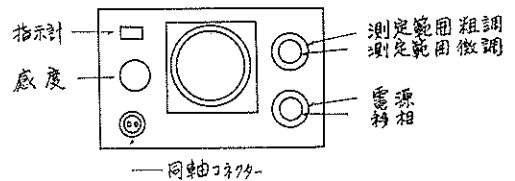


図 2-6 超音波式探傷厚み計本体正面パネル

- 電源 OFF—ON
- 移相 横軸（時間軸）上のパルス発射時間の調整
- 測定範囲 鋼板の厚さを設定する。
20mm, 40mm, 100mm, 200mm
- 測定範囲 粗調，微調
- 感度 反射エコーの高さを調整
- 指示計 電源の基準レベルを指示 (AC, DC)

- (2) 本体背面にあるツマミ
背面には次のツマミがある。

- 上下 映像の上下位置調整
- 左右 映像の左右位置調整
- 輝度 映像の明るさを調整

焦点 映像の焦点を調整
 補助焦点 同期の調整
 同期 同期の調整

2・6・3 マイクロ・メーター

第1報, 4・7・2 (マイクロ・メーター, p.37) に示すマイクロ・メーターを使用した。

2・7 超音波式共振厚み計 (水中用) による肉厚測定

2・7・1 測定準備

測定準備は第1報, 4・8・1 (測定準備, p.37~39) の要領による。

2・7・2 測定方法

測定方法は第1報, 4・8・2 (測定方法, p.39~40) の方法による。

2・8 超音波式探傷厚み計 (水中用) による肉厚測定

2・8・1 測定準備

(1) AC電源で測定するとき

(i) AC電源ユニットの取り付け

本体背面の中央部にある半円状の止め金具を廻わしてAC電源ユニットを入れ, 金具をしっかりと止める。

(ii) 高周波ケーブルの取り付け

2探法で使用する高周波ケーブル2本が1体となったものを本体に取り付ける。(ただし, 1探法の場合は1本だけのケーブルを取り付ける。)

(iii) 探触子の取り付け

2探法の探触子を高周波ケーブルの先端に取り付ける。(ただし, 1探法の場合は1探法用の探触子を1探法用のケーブルに取り付ける。)

(iv) 電源

電源ケーブルを100Vのコンセントに差し込み, 電源スイッチを右に廻すと電源が入りメーターが緑側に振れる。(メーターが赤側に振れるときは電源が不十分であることを示す。)

(v) 移相の調整

2探法の場合は基準鋼板を使用して図2-7のように移相を調整する。

1探法の場合は基準鋼板を使用して図2-8のように移相を調整する。

(2) DC電源で測定するとき

(i) DCユニットの取り付け

ACケーブルは100V差し込みから抜いて電源ス

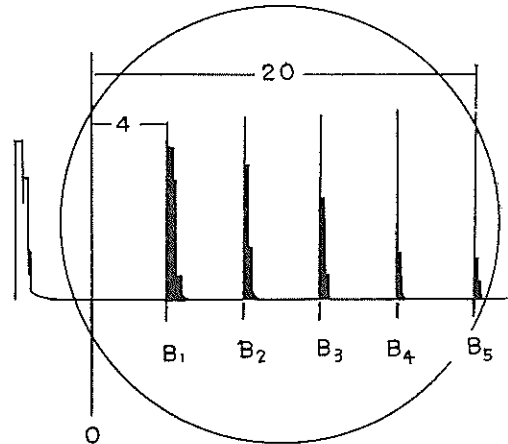


図 2-7 超音波式探傷厚み計二探法の測定

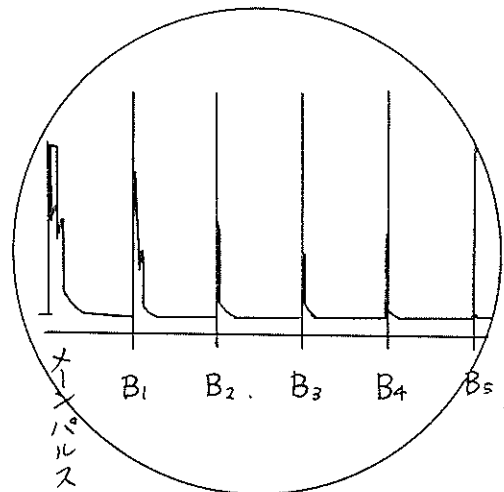


図 2-8 超音波式探傷厚み計一探法の測定

スイッチをOFFにする。本体背面の止め金具を廻してAC電源ユニットを抜き出し, 充電されているDC電源ユニットを差し込んで止め金具をしめる。

(ii) 高周波ケーブルの取り付け

AC電源の場合と同じ

(iii) 探触子の取り付け

AC電源の場合と同じ

(iv) 電源の確認

電源スイッチをONにしてメーターの指針が緑側に振れることを確認する。(メーターが赤側に振れるときは充電が不十分であることを示す。)

(v) 移相の調整

AC電源の場合と同じ

2・8・2 測定方法

- (イ) 測定の順序(探触子を鋼材面に押しあててゆく順序)および探触子の取り扱い要領をよく作業員(潜水夫または係員)に納得させてから、測定点に探触子を押しあてる。水中用(2探法)の探触子の押しあては潜水夫が、陸上用(1探法)の探触子の押しあては係員がこれを行なう。
- (ロ) 測定点に探触子を吸着させると(陸上用探触子はマグネットがないため押しあてることになる)本体スクリーンに図2・8(陸上用の場合は図2-9)のような反射波の立上がりが見られる。

測定者は基準鋼板による調整のときと同じ方向から直ちに肉厚を読みとり記録者に伝える。記録者はこれを測定用紙に明記する。

なお、現地では調査岸壁の荷動状況、電源の位置その他測定条件がいろいろと異なるので各構造物についての測定状況は3~6のところで述べることにする。

2・9 鋼材片の切り取り、脱錆、成型および切り取りカ所の補修

2・9・1 鋼材片の切り取り

鋼材片の切り取りは第1報、4・9・1(鋼材片の切り取り、p.40~41)の方法による。

2・9・2 脱錆

切り取り鋼材片の脱錆は第1報、4・9・2(脱錆、p.41)の方法による。

2・9・3 切り取りカ所の補修

切り取りカ所の補修は第1報、4・9・4(補修、p.41~42)の方法による。

2・10 切り取り鋼材片の肉厚測定

脱錆した鋼材片は次のように肉厚を測定する。

2・10・1 マイクロ・メーターによる測定

マイクロ・メーターによる肉厚測定は第1報、4・10・1、(1)(マイクロ・メーターによる測定、p.42)の方法による。

2・10・2 超音波式探傷厚み計による測定

超音波式探傷厚み計による鋼材片の肉厚測定は2・8の方法による。

2・11 腐食量の算出

現有肉厚から腐食量を算出する場合は第1報、4・12・1(p.43)式による。

2・12 水質試験

北原式採水器で採水した試水について外観、pH、塩素イオンを試験した。

2・12・1 外観

外観は第1報、4・13、(1)(外観、p.44)の方法によった。

2・12・2 pH

pHは第1報、4・13、(2)(pH、p.44~45)の方法によった。

2・12・3 塩素イオン

塩素イオンは第1報、4・13、(2)(塩素イオン、p.45)の方法によった。

2・13 使用機器および用具

使用機器および用具は第1報、3・17(p.30~31)に示すものの外に超音波式探傷厚み計一式および附着物除去、脱錆用の金剛砥石である。

2・14 資料の収集

第1報、4・17(資料の収集、p.46)のように調査構造物に関係ある資料をできるだけ集める。

3. 須磨船積棧橋の調査(鋼管杭)

3・1 概要

須磨船積棧橋は神戸市須磨区一の谷海岸地先に所在する土砂積出し用の棧橋である。これはもともと数年間の使用期間として仮設物的配慮で設計されておりすでに5年経過しているが、神戸市ではポート・アイランドなどの着工のために、今後多量の土砂が必要となってきたので本棧橋の使用期間をさらに数年間延長せざるを得ない情勢となった。しかし、このことは重大な設計条件の変更を意味するものであるから神戸市では昭和43年度に改めて棧橋の現状調査を日本港湾コンサルタントへ委託した。現状調査の一つとして須磨船積棧橋の腐食調査が日本港湾コンサルタントより運輸省港湾技術研究所へ依頼されたので昭和43年4月に腐食調査を行なった。腐食調査は超音波式共振厚み計(水中用)による非破壊調査で本章はその調査結果である。

表 3-1 須磨船積棧橋基礎鋼管杭

鋼管寸法			材 質	施工年月日	経過期間 (yr)	防 食 法	無防食期間 (yr)	測定年月
D(mm)	t (mm)	ℓ (m)						
700	8	20~23.5	STK41	S.38	5	なし	5	S.43・4
500	7	19.5~23.0	STK41	S.38	5	なし	5	S.43・4

3・2 調査対象構造物および腐食環境

調査した須磨船積棧橋は表 3-1 の通りであり、同棧橋の位置図は図 3-1 に、断面図および平面図は図 3-2 に示す。また同棧橋の全望を図 3-3 に示す。

腐食調査は同棧橋の基礎鋼管杭について行なわれたが鋼管杭の様子は表 3-1 の通りである。

次に棧橋周囲の深淺図を図 3-4 に、潮流図を図 3-5 ~ 図 3-9 に示す。また同棧橋周囲の風配図を図 3-10 に示す。さらに同棧橋下の土質状況は図 3-11、図 3-12 の通りである。

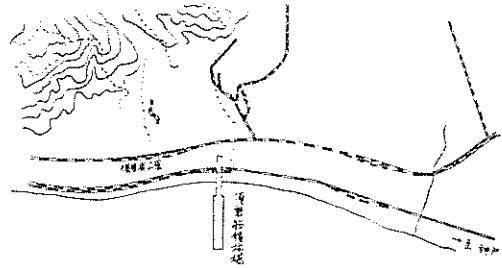


図 3-1 須磨船積棧橋の位置図

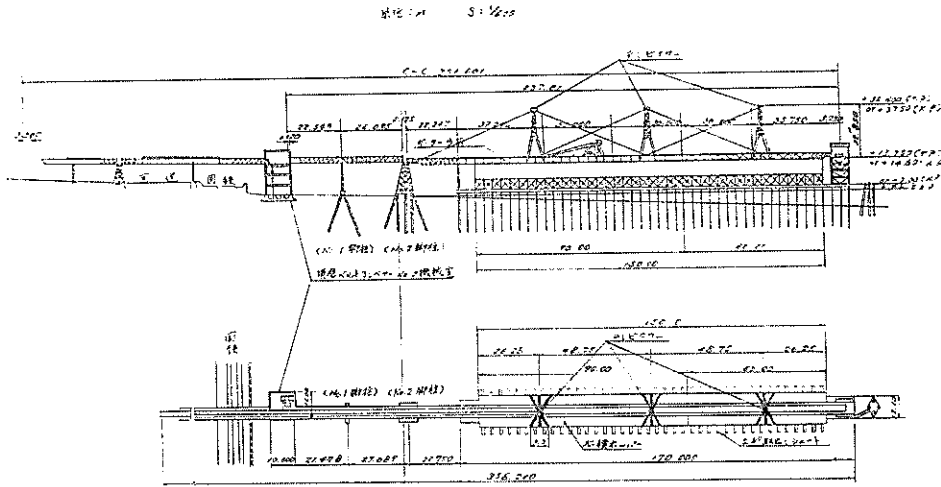


図 3-2 須磨船積設備一般図

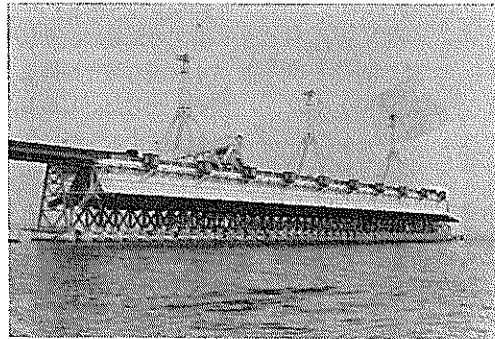


図 3-3 須磨船積棧橋の全望

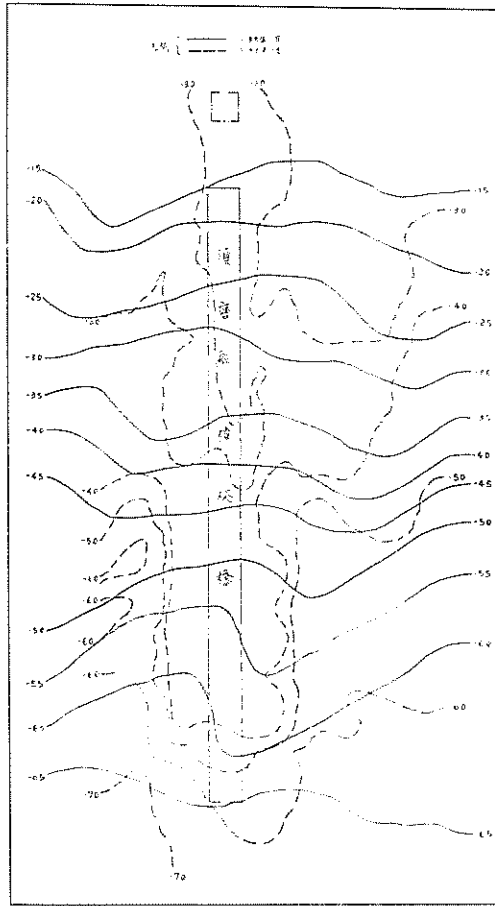


図 3—4 須磨船荷棧橋周囲深浅図

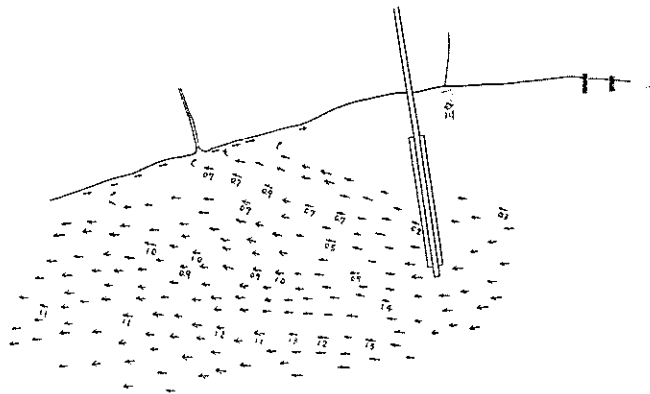


図 3—5 西流最強時の表層潮流図

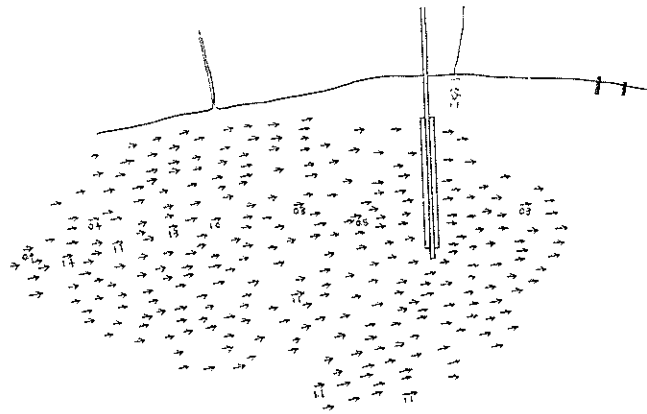


図 3—6 東流最強時の表層潮流図

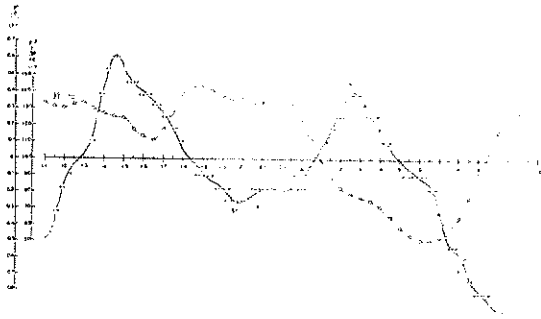


図 3—7 須磨船積棧橋直下の潮流 (先端より 2 m 北)
(S 38. 10. 8~9)

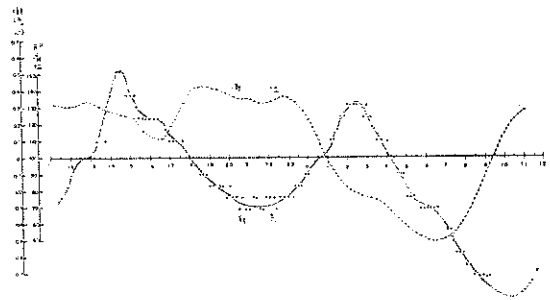


図 3—8 須磨船積棧橋直下の潮流 (先端より 55 m 北)
(S 38. 10. 8~9)

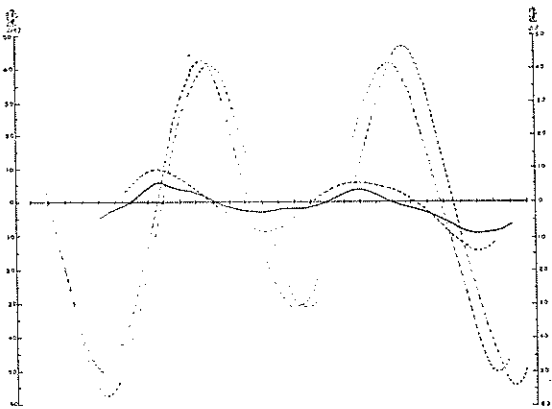


図 3—9 須磨船積棧橋周囲の大潮時予想潮流

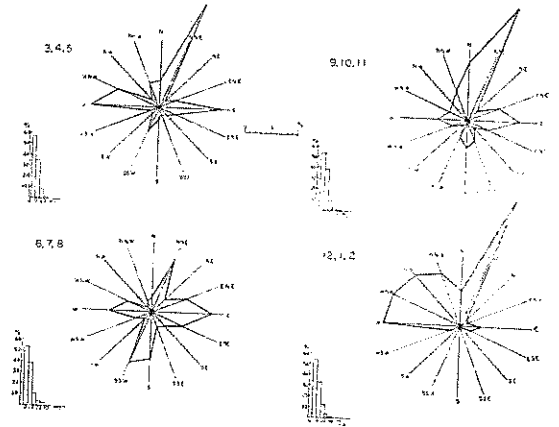


図 3—10 垂水海岸での風配図

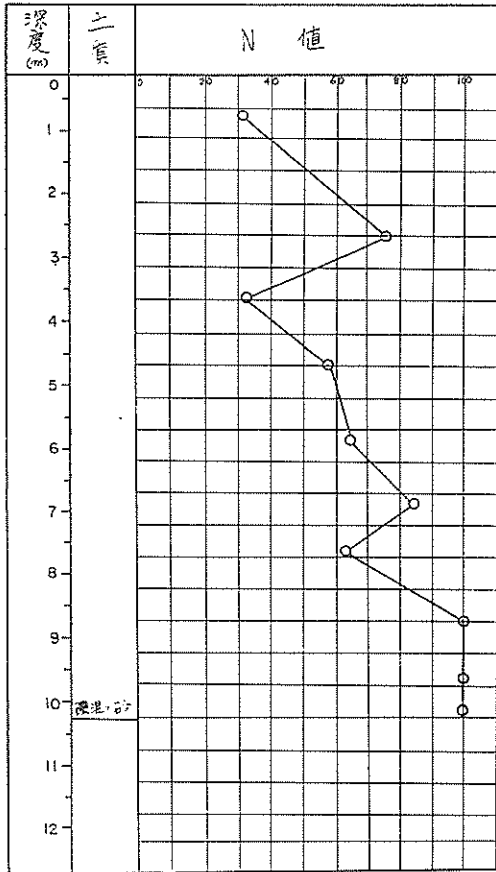


図 3-11 須磨船棧橋下 (No. 1) の土層

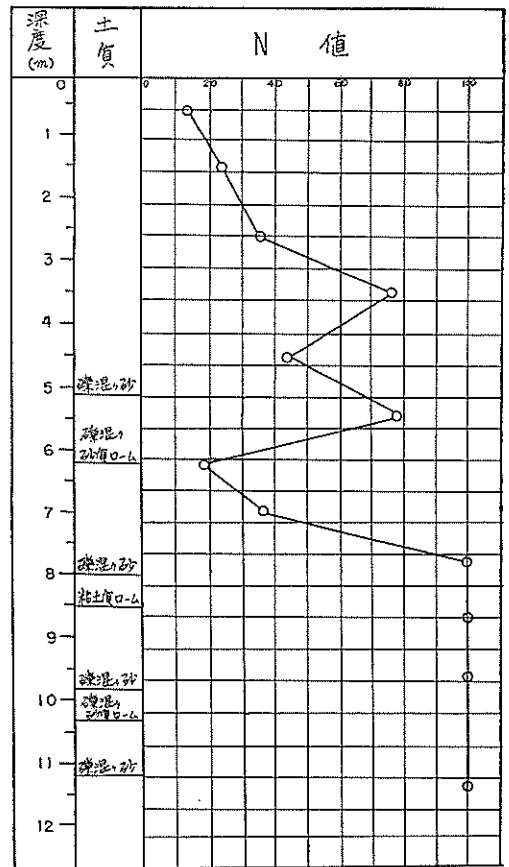


図 3-12 須磨船積棧橋下 (No. 2) の土層

3・3 調査年月日および関係機関

調査は昭和43年4月17日, 22日~26日に行なわれた。
なお, 調査の日程は次の通りである。

4月17日

- ①調査についての現地打合せ
- ②現地視察
- ③超音波式共振厚み計用電源の確保

4月22日

- ①使用計測器の点検
- ②付着物の除去
No. D-43 (-0.7m, -1.7m, -2.7m, -3.7m
の4方向)
- ③肉厚測定
No. D-43 (-0.7m, -1.7m, -2.7m, -3.7m
の4方向)

4月23日

- ①付着物の除去
No. D-25 (-0.7m, -1.7m, -2.7mの2方向)

No. D-35 (-0.7m, -1.7m, -2.7mの4方向)

②肉厚測定

No. D-25 (-0.7m, -1.7m, -2.7mの2方向)

No. D-35 (-0.7m, -1.7m, -2.7mの4方向)

③超音波式共振厚み計用モニターの修理

④コンクリート上部工および鋼管杭の観察

4月24日

①超音波式共振厚み計の点検

②付着物除去

No. D-5 (-0.7m, -1.7m, -2.7m, -3.7m
の4方向)

No. D-15 (-0.7m, -1.7m, -2.7mの4方向)

No. D-25 (-0.7m, -1.7m, -2.7mの2方向)

No. A-1 (-0.7m, -1.7m, -2.7m, -3.7m,
-4.7mの4方向)

No. A-11 (-0.7m, -1.7m, -2.7mの1方向)

③肉厚測定

No. D-5

- No. D—15
- No. D—25
- No. A—1
- No. A—11

④鋼管杭面の観察

4月25日

①付着物除去

- No. A—11 (−0.7m, −1.7m, −2.7mの3方向)
- No. A—21 (−0.7m, −1.7m, −2.7mの4方向)
- No. A—31 (−0.7m, −1.7m, −2.7mの4方向)
- No. A—41 (−0.7m, −1.7m, −2.7mの4方向, −3.7mの1方向)

②肉厚測定

- No. A—11 (−0.7m, −1.7m, −2.7mの3方向)
- No. A—21 (−0.7m, −1.7m, −2.7mの4方向)
- No. A—31 (−0.7m, −1.7m, −2.7mの4方向)
- No. A—41 (−0.7m, −1.7m, −2.7mの4方向, −3.7mの1方向)

③鋼管杭面の観察

4月26日

- ①調査棧橋の設計, 施工, 環境に関する資料収集
- ②使用機器と採取物(付着物)の梱包ならびに発送(港湾技術研究所へ)

この調査の関係機関は次の通りである。

神戸市臨海開発局

KK・日本港湾コンサルタント

運輸省港湾技術研究所

なお, 現地作業のうち海水面下鋼管杭面の観察, 付着物の除去および採取, 厚み計の探触子の鋼管杭面への吸着などの水中作業は請負いの潜水夫により, また厚み計本体の操作などの海水面上の作業は運輸省港湾技術研究所の職員が行なった。

3・4 使用機器および用具

本調査で使用した機器および用具は次の通りである。

- (1) 超音波式共振厚み計一式(本体, 探触子, モニター, 高周波ケーブルなど)
- (2) 基準肉厚鋼板(材質S S 41)
- (3) スクレーパーおよびハンマー 2本宛
- (4) トランス 1個およびスライダック 1個
- (5) マイクロ・メータ 1個およびノギス 1本
- (6) 電源接続用電線(ビニール被覆 200m)
- (7) テーブル・タップ 1個および差し込み 1個
- (8) カメラおよびフィルム
- (9) 記録用紙および筆記用具

- (10) ロープおよび紐
- (11) 折尺
- (12) テスタ
- (13) ドライバ, ビニール・テープ, ニップ, 半田銭, ペーパー, ワイヤ・ブラシ, シリコン・グリスなど
- (14) レッド 1組
- (15) その他

3・5 調査カ所

調査カ所は次の通りである。

3・5・1 肉厚測定カ所

超音波共振厚み計により肉厚測定する鋼管杭は現地打合わせの結果, 図3—3に示すようにφ700mmのA, D列(直杭)ではそれぞれ5本, φ500mmの斜杭ではB列の3本, 計12本である。

また鋼管杭断面方向の肉厚測定点は図3—4に示す4方向であり, 深度方向の肉厚測定点は図3—5の通りである。

3・5・2 観察カ所

基礎鋼管杭表面の観察は図3—13に示す全鋼管杭(A, B, C, D各列共45本, 計180本)の上部コンクリートの直下から海底泥面上について行なった。

3・5・3 付着物採取地点

付着物の採取は表3—2に示す地点で行なった。

表 3—2 須磨船積棧橋の付着物採取地点

水 深 (m)	鋼 管 杭 No.	
	D — 15	A — 11
−0.35	○	○
−1.35	○	○
−2.35	○	○

3・6 調査項目および調査方法

調査は鋼管杭の肉厚測定, 鋼管杭表面の観察, 付着物の採取について行なった。調査の方法は, 次の通りである。

3・6・1 鋼管杭の現有肉厚測定

超音波式共振厚み計による鋼管杭の肉厚測定は2・7に示すように第1報, 4・8・1(測定準備), 4・8・2(測定方法)によることにしたが, 現地における測定状況は次の通りである。

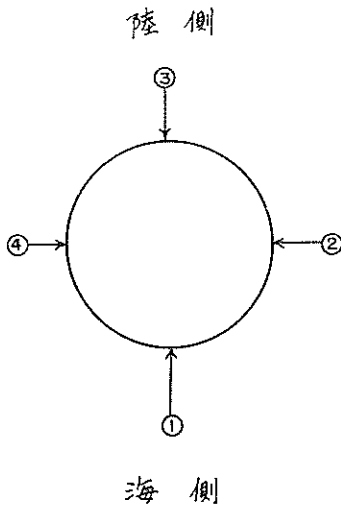
明石 ←

須 磨

→ 神戸

図3-13 肉厚測定
鋼管杭 No.
および断面方向
肉厚測定点

図3-14 断面方向
肉厚測定点



46	○	○	○	○	
45	○	○	○	◎D-45	◎ : φ700 ^{mm} , ±8 ^{mm} の測定鋼管
44	○	○	○	○	
43	○	●B-43	○	○	
42	○	○	○	○	
41	◎A-41	○	○	○	● : φ500 ^{mm} , ±7 ^{mm} の測定鋼管
40	○	○	○	○	
39	○	○	○	○	
38	○	○	○	○	
37	○	○	○	○	
36	○	○	○	○	
35	○	○	○	◎D-35	
34	○	○	○	○	
33	○	○	○	○	
32	○	●B-32	○	○	
31	◎A-31	○	○	○	
30	○	○	○	○	
29	○	○	○	○	
28	○	○	○	○	
27	○	○	○	○	
26	○	○	○	○	
25	○	○	○	◎D-25	
24	○	○	○	○	
23	○	○	○	○	
22	○	○	○	○	
21	◎A-21	○	○	○	
20	○	○	○	○	
19	○	○	○	○	
18	○	○	○	○	
17	○	○	○	○	
16	○	○	○	○	
15	○	○	○	◎D-15	
14	○	○	○	○	
13	○	○	○	○	
12	○	○	○	○	
11	◎A-11	○	○	○	
10	○	○	○	○	
9	○	○	○	○	
8	○	○	○	○	
7	○	○	○	○	
6	○	○	○	○	
5	○	○	○	◎D-5	
4	○	○	○	○	
3	○	○	○	○	
2	○	○	○	○	
1	◎A-1	○	○	○	
	A	B	C	D	

図 3—13 肉厚測定鋼管杭 No. および断面方向肉厚測定点

図 3—14 断面方向肉厚測定点

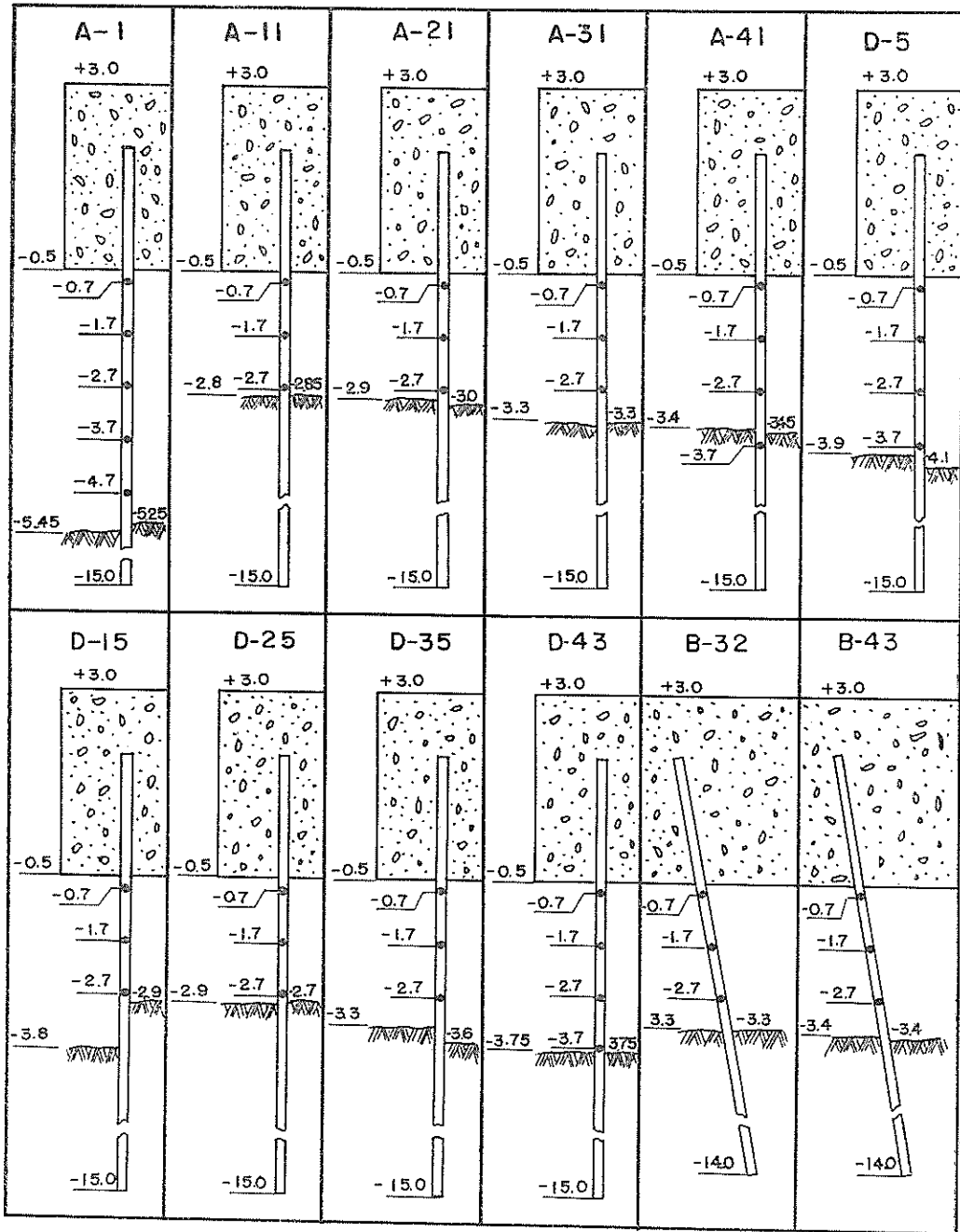


図 3—15 須磨船積棧橋の水深方向肉厚測定点

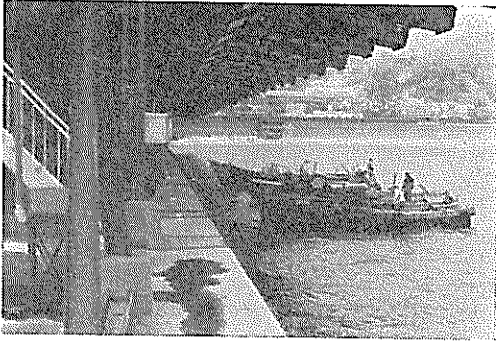


図 3-16 潜水夫および潜水夫船

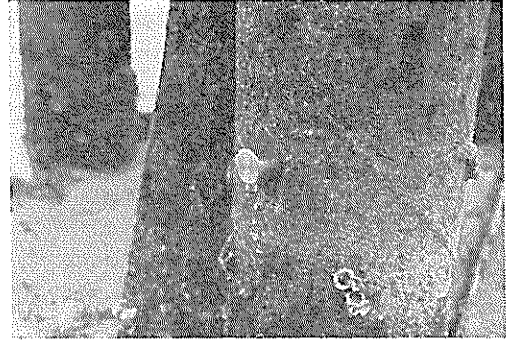


図 3-20 探触子の吸着状況

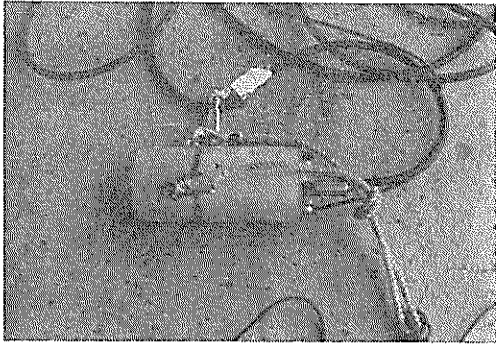


図 3-17 超音波式共振厚み計用モニター

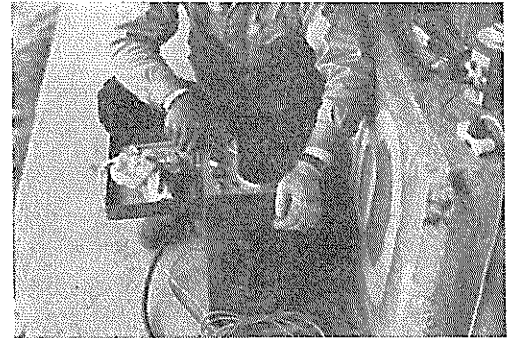


図 3-2 超音波式共振厚み計本体による鋼管杭肉厚測定状況

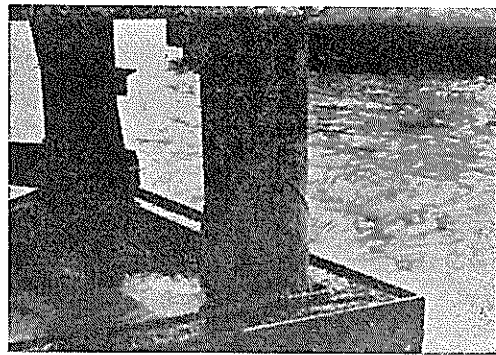


図 3-18 付着物を除去する前の鋼管杭表面

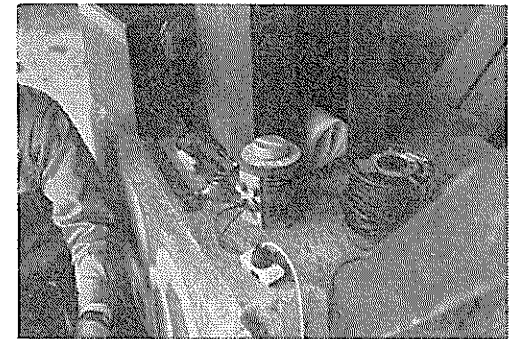


図 3-22 スライダック

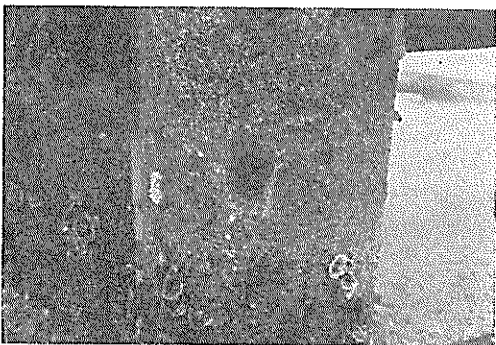


図 3-19 付着物を除去した鋼管杭表面



図 3-23 水晶振動子の取り替え

潜水夫は図3—16に示すように2組準備し、このうちの1組（潜水夫1名と補助員1名）の潜水夫がハンマーとスクレーラーを用いて所定の測定カ所の付着物を10cm×10cmほど除去する。次に他の1組の潜水夫が図3—17に示す超音波式共振厚み計用モニターと探触子を持って測定カ所に近づき、付着物を除去した鋼材面に探触子を押しあてる。付着物除去ならびに探触子吸着の様子を観察に容易な同棧橋の陸側に近接した鋼管杭について示すと図3—18～図3—20の通りである。モニターは最初潜水夫の腰に紐で結びつけられていたが次第に面倒となったので2～3回の測定以後は上部コンクリート上よりロープで所定の深度付近に吊り下げることにより切り換えた。

潜水夫が探触子を鋼管杭面に吸着させると係員は図3—21に示すように上部コンクリート上に設置した超音波式共振厚み計本体で直ちに鋼管杭の肉厚を直読する。このとき同棧橋には電源として土砂積出し用のベルトを動かすためのA.C. 220Vのみであるからトランスで100V付近に一度落として利用した。超音波式共振厚み計は電源電圧が85Vまでは測定できるが、220Vをとったところが同棧橋（延長150m）の中間付近であるため測定地点によってはトランスより厚み計本体までの距離が100m近くなることがある。このためトランスと厚み計本体間には約130mの電線挿入するとともに電線による電圧降下を調整するため図3—22のように電線と厚み計本体間にスライダックを入れて厚み計の電源電圧を100Vに保った。

探触子を鋼管杭面に潜水夫が押しあてるとき付着物の除去が不十分なお鋼管杭面に付着物の小片が残っていると、探触子に取り付けてある水晶振動子にひびが入ることがある。このような場合には図3—23に示すように水晶振動子の取り替えを現地で行なった。

ここでは調査の対称が鋼管杭であるため探触子としては図3—24～図3—26に示すA, B, Cの3つのタイプのもを用意して、それぞれの適用性を検討してみた。

なお、棧橋の経過期間が5年という短期間であるため第1報, 4・12（腐食速度の算出）による腐食速度の算出は行なわなかった。

3・6・2 観 察

調査対象の基礎鋼管杭上部のコンクリートの下端は図3—15に示すように-0.5mのところまでであるから鋼管杭の観察は海水面に限られる。したがって観察は原則として2・4・2の要領によることにしたが、この外にここではとくに鋼管杭全面を入念に観察して鋼管杭の損

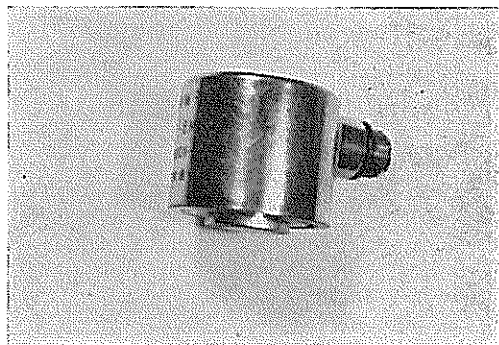


図 3—24 超音波式共振厚み計用探触子 (A)

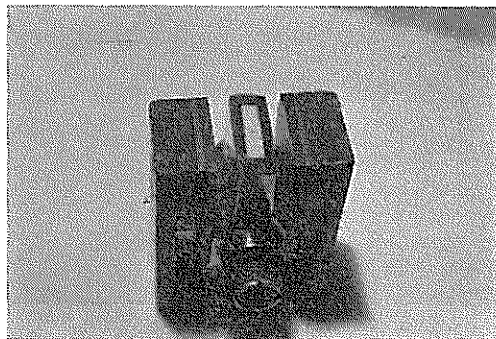


図 3—25 超音波式共振厚み計用探触子 (B)

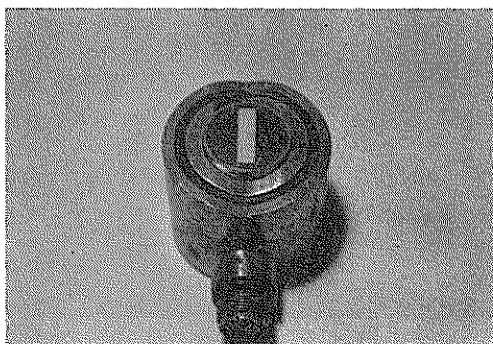


図 3—26 超音波式共振厚み計用探触子 (C)

傷（凹み、きずその他）カ所の指摘と損傷の程度をスケッチすることにした。

3・6・3 付着物の採取

付着物の採取は2・5のように第1報, 4・5, (1), (2)（付着物の採取, p.33）によった。

3・7 調査結果

3・7・1 鋼管杭の肉厚測定結果

超音波式共振厚み計を用いて棧橋基礎鋼管杭の現有肉

表 3-3 鋼管杭の現有肉厚(1)

杭 No.	深度 (m)	現有肉厚 (mm)			
		①	②	③	④
A-1	-0.7	8.08	7.74	8.00	8.22
	-1.7	8.00	7.68	8.06	8.10
	-2.7	8.10	7.62	7.92	7.62
	-3.7	7.92	7.98	7.70	8.08
	-4.7	7.92	8.16	7.86	7.84
A-11	-0.7	7.99	8.14	7.82	7.88
	-1.7	7.98	7.98	8.04	8.00
	-2.7	7.96	7.76	7.80	8.00
A-21	-0.7	7.99	-	-	7.82
	-1.7	-	-	-	7.74
	-2.7	7.90	-	8.14	7.80
A-31	-0.7	7.80	-	-	-
	-1.7	7.60	-	-	-
	-2.7	-	7.90	-	7.68
A-41	-0.7	7.84	8.00	7.66	-
	-1.7	7.88	8.02	7.80	7.82
	-2.7	7.64	-	7.80	-
	-3.7	7.70	7.60	-	8.02

表 3-3 鋼管杭の現有肉厚(2)

杭 No.	深度 (m)	現有肉厚 (mm)			
		①	②	③	④
D-5	-0.7	7.48	7.74	-	7.54
	-1.7	-	7.62	7.68	7.66
	-2.7	7.94	7.74	-	7.94
	-3.7	7.72	7.60	7.58	7.66
D-15	-0.7	8.00	-	7.98	7.78
	-1.7	8.02	7.62	8.00	7.72
	-2.7	7.94	7.70	-	7.94
D-25	-0.7	7.78	7.98	-	8.02
	-1.7	7.84	8.00	7.60	8.10
	-2.7	7.94	8.04	7.58	7.90
D-35	-0.7	7.60	7.98	8.05	8.10
	-1.7	8.04	7.76	7.78	-
	-2.7	-	7.80	7.72	-
D-43	-0.7	-	7.62	-	8.00
	-1.7	7.66	8.10	-	8.09
	-2.7	7.65	8.00	8.18	-
	-3.7	7.60	-	7.98	7.80
B-32	-0.7	6.42	6.46	-	6.66
	-1.7	6.52	-	-	-
	-2.7	6.50	6.82	-	6.56
B-43	-0.7	6.72	-	-	6.66
	-1.7	6.50	-	6.42	6.58
	-2.7	-	6.44	6.56	6.76

表 3-4 杭毎の測定結果(1)

杭 No.	深度 (m)	初期肉厚 (mm)	現有肉厚 (mm)	標準偏差 (mm)	肉厚減少量 (mm)
A-1	-0.7	8.00	8.01	0.17	0
	-1.7	8.00	7.96	0.17	0.04
	-2.7	8.00	7.82	0.21	0.18
	-3.7	8.00	7.92	0.14	0.08
	-4.7	8.00	7.95	0.13	0.05
A-11	-0.7	8.00	7.96	0.12	0.04
	-1.7	8.00	8.00	0.02	0
	-2.7	8.00	7.88	0.10	0.12
A-21	-0.7	8.00	7.91	0.09	0.09
	-1.7	8.00	7.74	0	0.26
	-2.7	8.00	7.95	0.12	0.05
A-31	-0.7	8.00	7.80	0	0.20
	-1.7	8.00	7.60	0	0.40
	-2.7	8.00	7.79	0.11	0.21
A-41	-0.7	8.00	7.83	0.14	0.17
	-1.7	8.00	7.88	0.10	0.12
	-2.7	8.00	7.72	0.08	0.28
	-3.7	8.00	7.77	0.18	0

※海底砂層中

表 3-4 杭毎の測定結果(2)

杭 No.	深度 (m)	初期肉厚 (mm)	現有肉厚 (mm)	標準偏差 (mm)	肉厚減少量 (mm)
D-5	-0.7	8.00	7.59	0.11	0.41
	-1.7	8.00	7.65	0.02	0.35
	-2.7	8.00	7.87	0.09	0.13
	-3.7	8.00	7.64	0.05	0.36
D-15	-0.7	8.00	7.92	0.10	0.08
	-1.7	8.00	7.84	0.17	0.16
	-2.7	8.00	7.85	0.11	0.15
D-25	-0.7	8.00	7.93	0.10	0.07
	-1.7	8.00	7.89	0.19	0.11
	-2.7	8.00	7.87	0.17	0.13
D-35	-0.7	8.00	7.93	0.20	0.07
	-1.7	8.00	7.86	0.13	0.14
	-2.7	8.00	7.76	0.04	0.24
D-43	-0.7	8.00	7.81	0.19	0.19
	-1.7	8.00	7.95	0.21	0.05
	-2.7	8.00	7.94	0.22	0.06
	-3.7	8.00	7.79	0.16	0.21
B-32	-0.7	7.00	6.51	0.10	0.49
	-1.7	7.00	6.52	0	0.48
	-2.7	7.00	6.63	0.14	0.37
B-43	-0.7	7.00	6.69	0.03	0.31
	-1.7	7.00	6.50	0.07	0.50
	-2.7	7.00	6.59	0.13	0.41

表 3-5 方向毎の測定結果(1)

杭 列	杭 方 向	深 度 (m)	初期肉厚 (mm)	現有肉厚 (mm)	標準偏差 (mm)	肉厚減少量 (mm)
A	①	-0.7	8.00	7.94	0.10	0.06
		-1.7	8.00	7.87	0.16	0.13
		-2.7	8.00	7.90	0.17	0.10
		-3.7	8.00	7.92	0.15	0.08
		-4.7	8.00	7.92	0	0.08
	②	-0.7	8.00	7.96	0.17	0.04
		-1.7	8.00	7.89	0.15	0.11
		-2.7	8.00	7.76	0.11	0.24
		-3.7	8.00	7.98	0.27	0.02
		-4.7	8.00	8.16	0	
	③	-0.7	8.00	7.83	0.14	0.17
		-1.7	8.00	7.97	0.12	0.03
		-2.7	8.00	7.92	0.14	0.08
		-3.7	8.00	7.70	0	0.30
		-4.7	8.00	7.86	0	0.14
	④	-0.7	8.00	7.97	0.18	0.03
		-1.7	8.00	7.92	0.14	0.08
		-2.7	8.00	7.78	0.15	0.22
		-3.7	8.00	8.08	0.04	
		-4.7	8.00	7.84	0	0.16

表 3-5 方向毎の測定結果(3)

杭 列	杭 方 向	深 度 (m)	初期肉厚 (mm)	現有肉厚 (mm)	標準偏差 (mm)	肉厚減少量 (mm)
A ・ D	①	-0.7	8.00	7.64	0.27	0.36
		-1.7	8.00	7.65	0.28	0.35
		-2.7	8.00	7.75	0.20	0.25
		-3.7	8.00	7.79	0.13	0.21
		-4.7	8.00	7.92	0	0.08
	②	-0.7	8.00	7.76	0.21	0.24
		-1.7	8.00	7.86	0.19	0.14
		-2.7	8.00	7.64	0.23	0.36
		-3.7	8.00	7.79	0.19	0.21
		-4.7	8.00	8.16	0	
	③	-0.7	8.00	7.93	0.15	0.07
		-1.7	8.00	7.74	0.20	0.26
		-2.7	8.00	7.72	0.25	0.28
		-3.7	8.00	7.74	0.29	0.26
		-4.7	8.00	7.86	0	0.14
	④	-0.7	8.00	7.76	0.25	0.24
		-1.7	8.00	7.78	0.22	0.22
		-2.7	8.00	7.60	0.28	0.40
		-3.7	8.00	7.91	0.17	0.09
		-4.7	8.00	7.84	0	0.16

表 3-5 方向毎の測定結果(2)

杭 列	杭 方 向	深 度 (m)	初期肉厚 (mm)	現有肉厚 (mm)	標準偏差 (mm)	肉厚減少量 (mm)
D	①	-0.7	8.00	7.33	0.39	0.67
		-1.7	8.00	7.43	0.40	0.57
		-2.7	8.00	7.59	0.23	0.41
		-3.7	8.00	7.66	0.06	0.34
	②	-0.7	8.00	7.56	0.28	0.44
		-1.7	8.00	7.82	0.20	0.18
		-2.7	8.00	7.51	0.58	0.49
		-3.7	8.00	7.60	0	0.40
	③	-0.7	8.00	8.02	0.04	
		-1.7	8.00	7.50	0.27	0.50
		-2.7	8.00	7.51	0.59	0.49
		-3.7	8.00	7.78	0.20	0.22
	④	-0.7	8.00	7.54	0.83	0.46
		-1.7	8.00	7.63	0.56	0.37
		-2.7	8.00	7.42	0.62	0.58
		-3.7	8.00	7.73	0.07	0.27

表 3 - 6 鋼管杭表面の異常の有無

杭 No.	杭 列			
	A	B	C	D
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8		へこみを認める		
9		へこみを認める		
10				
11				
12			へこみを認める	
13		へこみを認める		
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25		へこみを認める	へこみを認める	
26				
27		へこみを認める		
28		へこみを認める		
29				
30				
31				
32				
33		へこみを認める		
34		へこみを認める	へこみを認める	
35				
36				
37				
38				
39	へこみを認める			
40			へこみを認める	
41			へこみを認める	
42				
43				
44				
45				
46				

空欄：異常なし

厚を現地で測定した結果は表3-3~表3-5の通りである。ただし、探触子B、Cではほとんど良好な共振波形が厚み計本体のブラウン管面に出なかったので、表3-1~表3-5に示す鋼管杭の現有肉厚は探触子Aによる測定値である。なお、表3-3の欄で横線が引いてあるのは良好な共振波形が出なくて測定不能のところであり、また空白のところは泥層中のため測定を行なわなかったところである。表3-4より各杭の現有肉厚とカタログ厚の関係を図示すると図3-27のようになる。

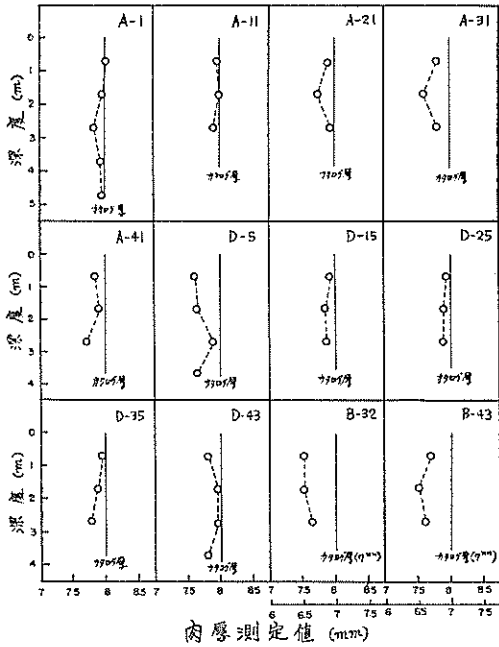


図3-27 須磨船碇棧橋鋼管杭の肉厚 (超音波式共振厚み計による)

3・7・2 観察結果

(1) 鋼管杭

棧橋の海水面付近の模様を図3-28に示す。図3-15

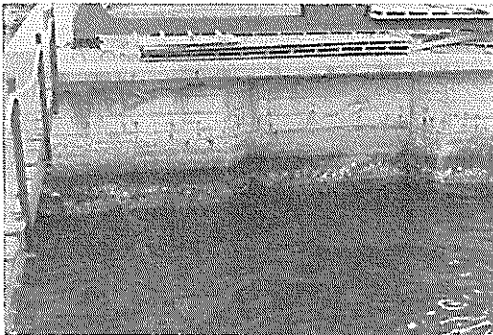


図3-28 棧橋の海水面付近

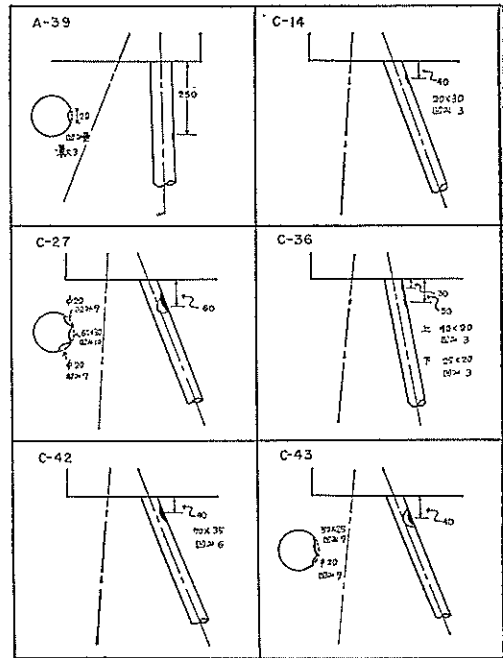


図3-29 鋼管杭損傷カ所(1)

からわかるように鋼管杭は海水面下である。潜水夫による鋼管杭の観察結果は表3-6、図3-29、図3-30の通りである。表3-6で“異常なし”というのは鋼管杭表面に凹み、きずなどの変形がなく使用前の正常な状態に保たれていることを指す。これに対して“へこみを認める”というのは図3-29、図3-30に示すようなへこみが鋼管杭の表面に認められたことを意味する。また鋼管杭表面には(2)に示すような付着物が1層程度付いているが発錆はほとんど肉厚では認められなかった。

(2) 付着物

海水面付近の付着物は図3-31に示すようにムラサキ・イガイが少し着いていた。一方、海水面下の付着物は図3-32~図3-35に示す。図3-32、図3-33からわかるように-1m、-2mの深度では海水面と同じくムラサキ・イガイが付着していたが、-3mでは図3-34、図3-35に示すように他の貝類が付着していた。

3・8 考察

以上の調査結果から次のことが考察される。

- (1) 調査の対称が $\phi 500\text{mm}$ と $\phi 700\text{mm}$ の鋼管杭であるので図3-24~図3-26に示す3個の探触子A、B、Cを用意して、それぞれを適用してみた。この結果探触子Aでは表3-4に示すように測定できたところと測定

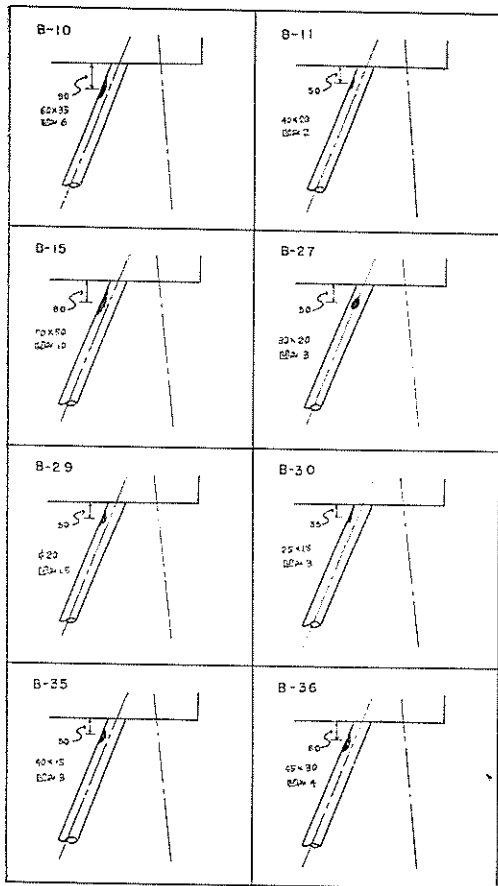


图 3-30 鋼管杭損傷力所 (2)

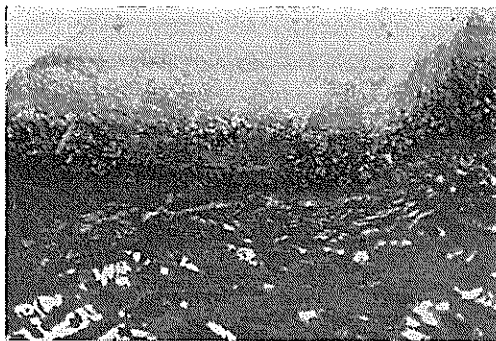


图 3-31 附着物 (海水面)

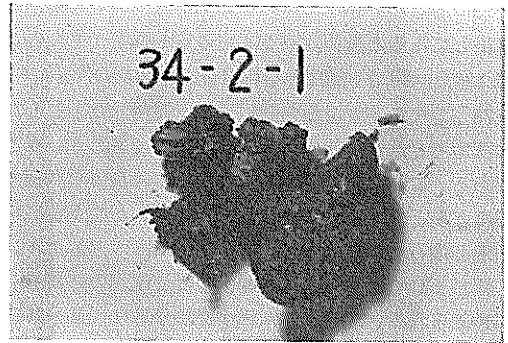


图 3-32 附着物 (-1 m)

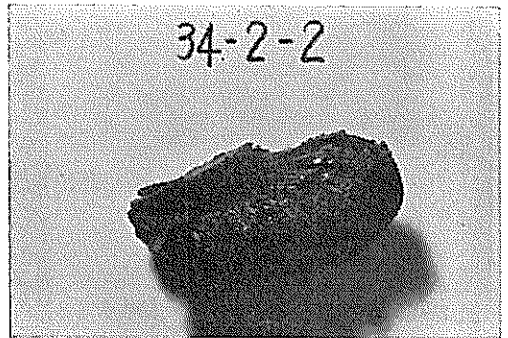


图 3-33 附着物 (-2 m)

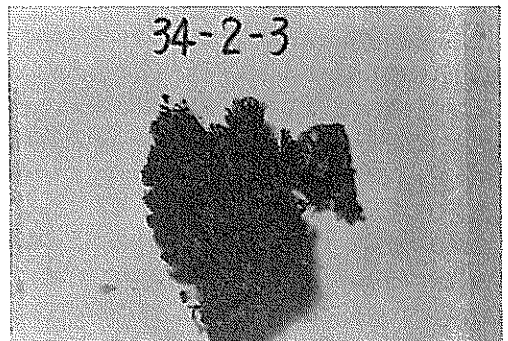


图 3-34 附着物 (-3 m)

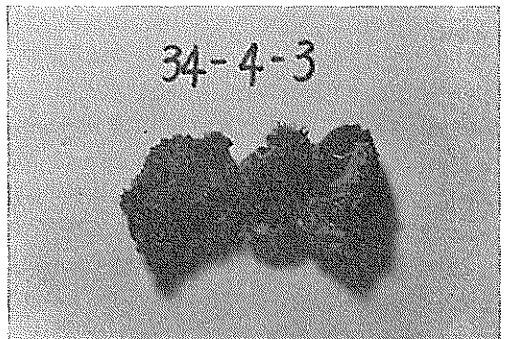


图 3-35 附着物 (-3 m)

不能のところがあった。いま探触子Aについて適用率を算出してみると全測定点164点のうち測定できたところは123点、測定不能なところ41点であるから $\frac{123}{164} \times 100 = 75\%$ となる。すなわち探触子Aを適用したところ75%は測定できたが残りの25%は測定不能であるということである。これに対して探触子B、Cでは良好な共振波形がほとんど得られず測定不能となった。このように測定不能となった理由としては次の諸点があげられよう。

探触子Bではまず水晶振動子と鋼管杭面との接触不良が考えられる。図3—25に示す探触子Bは図3—36に示

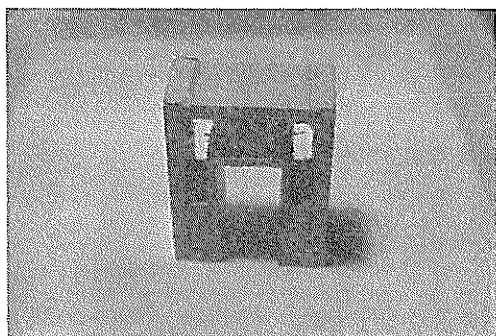


図 3—36 超音波式共振厚み計用探触子 (B) のマグネット

すようにU字型の磁石部分と先端が四角い振動子部分よりなる。使用するときには図3—25のように組み合わせるが振動子に接続している高周波ケーブルが潜水夫または波によって引張られるとU字型の磁石は鋼管杭面に吸着したままで振動子が動くということが起る。振動子が動くとも折角良好な共振波形が厚み計本体のブラウン管面に出ていても共振波形がちらついたり、または消えたりして肉厚の読み取りができず測定不能となる。次に、水晶振動子の面積が $0.5\text{cm} \times 2\text{cm} = 1\text{cm}^2$ で探触子A (1.77cm^2) の振動子より小さいことが指摘される。振動子の面積が小さいと放射される超音波のエネルギーは小さく共振次数が少なくなって精度が低下する。実験室内では鋼管杭面にも適用できたが現地ではほとんど探触子Bでは測定できなかった。この相違はやはり振動子面が鋼管杭面に密着しなかったことが大きく影響し、その他鋼材面に多少凹凸があれば振動子の接する面積がますます減少して測定不能となることなどが予想される。

一方、探触子Cは図3—26に示すように振動子が鋼管面へよく接触するように探触子Aを改造したものである。改造した点は水晶振動子を $0.5\text{cm} \times 2\text{cm}$ と細長くしたことと振動子周辺の磁石部分に最深部が2mm位のゆるやかな切り溝をつけたことである。したがって探触子Cでは鋼管杭面への接触は図3—37のように良好とな



図 3—37 超音波式共振厚み計用探触子 (C) の鋼材面への吸着

り室内測定では平滑な鋼管杭に対しては測定できた。しかし現地で使用してみると多少測定はできたが折角鋼管杭への接触をよくするために設けた溝のため振動子裏側のスプリングのところへ海水が浸入しやすくなり、測定の途中でしばしばブラウン管上の共振波形とマーカーが消えた。このためその都度探触子を海水面上に回収して振動子部分を引出し、裏側に浸入した海水をよく拭きとりシリコン・グリスを損めた。しかし振動子部分は測定の都度マグネット面まで押し込まれ、裏側に損めてあるシリコン・グリスと置きかわるためこの機構では海水の浸入は防げない。また水晶振動子が $0.5\text{cm} \times 2\text{cm}$ と小さいため鋼材面の凹凸に対しても測定不能となりやすい。

(2) 超音波式共振厚み計による肉厚測定を浅橋の基礎鋼管杭面についてしたところ潜水夫が鋼管杭面に押しあてる探触子の水晶振動子にひびが入った。探触子Aは図3—24に示すように外径50mmの中央付近の $\phi 20\text{mm}$ が5mmほど突起しており、探触子を鋼管杭面に押しあてると突起している振動子は引込む。このとき振動子は絶えずスプリングで杭面に押しつけられ、探触子自体は振動子周囲のマグネットで鋼管杭面に吸着される。このとき探触子を押しあてる前に行なう付着物除去が不十分であればマグネットによる吸着も不十分となり、さらには良好な共振波形が得られず測定不能となる。また付着物の除去が十分であっても鋼材面に1mm~2mm程度の凹みが多くなると次第に良好な共振波形が現われなくなり、凹みが2mmを越すとほとんど測定不能となる¹⁾。したがって超音波式共振厚み計の本体ブラウン管面に良好な共振波形が出ない原因としては付着物除去が不十分であること、または鋼管杭表面に凹凸のひどいことがあげられる。今回の調査では表3—4に見られるように測定不能なカ所が散見される。上部コンクリート面上にいる係員は超音波式共振厚み計本体のブラウン管面にでる共

振波形が良好であるかそうでないのかはわからない。そこで良好な共振波形が得られないときには潜水夫に探触子を少しずらすよう伝える。(この連絡は係員→潜水夫補助員→潜水夫の順序で伝えられる。)この連絡を受けて潜水夫は吸着している探触子をはずして少し上下左右にずらして再び吸着させる。この操作を繰り返すうちに水晶振動子にひびが入ったがこれは付着物の除去が不十分であるところへ潜水夫が押しつけたままずらしたためと考えられる。水晶振動子は超音波を鋼材面へ放射する役目のもので非常に重要なものであるが薄くて脆い欠点がある。このため超音波式共振厚み計で海中鋼材の肉厚を測定するにはまず付着物除去をあらかじめ入念にすること、探触子を鋼材面上でずらすときは探触子を強く鋼材面に押しつけずにスプリングのみで振動子を軽く接触させた状態で探触子をずらすことが必要である。水晶振動子にひびが入ると振動子の有効面積が減少して探触子B、Cと同じ欠点が出てくる。このため取り替え用の水晶振動子を用意しておくことが必要である。

(3) 潜水夫の肉眼観察では鋼管杭の表面は1mm以内の浅い凹みが散見される程度で大体平滑であるが、表3-4によれば肉厚の読み取りをしたときブラウン管面に現われた共振波形は大体2コ～4コである。第1報、4・8(超音波式共振厚み計による肉厚測定、p.37～40)に示すように共振厚み計で肉厚測定をするとき共振波形の数が多ほど測定の精度は良い。共振波形が3コ以上のときはほとんど個人誤差はなくなるが、共振波形が2コの場合は測定者による誤差が入りやすい。すなわち共振波形が2コということは鋼管杭面に水晶振動子から周波数が2.5～5MCの範囲に変化している超音波が伝達して行ったとき、振動子に電気振動エネルギーを供給している周波数変調発振器の陽極電流の増加が基本共振周波数 f_1 と二次共振周波数 f_2 の分だけしか取り出すことができなかったことである。したがって f_1 、 f_2 を知るために周波数既知のマーカと重ねる場合、正しく重なったかどうかを判断するにはかなり熟練を要する。定在波の周波数 f_1 、 f_2 とマーカの周波数 f_1 、 f_2 の重ね合わせが正しくないと被測定鋼材の肉厚が10mm前後のとき肉厚測定値が0.5mm位異なる。このような見誤りを避けるためには測定に熟練を積むことが必要であるが、その他肉厚を讀みとるとき厚み計本体についての感度を一定(たとえば0～1の目盛)にしておくことも必要である。表3-4に示す肉厚は全て厚み計に熟練した係員が以上の注意を守って測定したので大体信頼できると思われるが、そのうちでもとくに共振波形が3コ以上の場合の肉厚はほぼ正しいと考えられる。

(4) 超音波式共振厚み計で棧橋基礎鋼管杭の肉厚測定を行なった結果、現場使用の厚み計としては以上の(1)～(3)の他にさらに次の諸点を検討する必要がある。

(イ) 電源

使用した厚み計はA.C.100Vの電源を必要とするが現地では電源がとれない場合や、今回のようにA.C.220Vしかない場合にぶつかる。したがって電源のないところでは内蔵した電池を利用し、電源が容易にとれるときはA.C.220VでもA.C.100Vでも利用できることが必要である。

(ロ) 本体の重量

使用した厚み計本体の重量は14kgであるが現地に夜間格納する適当な場所がないとき、測定地点が広くて移動距離が大きいとき、または本体はツッキ送りができないので現地へ係員が携行するときのためにはできるだけ厚み計本体が軽いことが望ましい。

(ハ) モニターの耐震性

今回の調査では厚み計本体は係員が携行したがモニター、探触子など付属品はツッキ送りをした。現地で調整して測定を始めると途中でモニターの調子が悪く測定できなくなったのでモニターを持帰り点検した。この結果、モニター不調の一番大きな原因はツッキ送りのときモニターがゆさぶられてモニター内部のブラウン管の差込みがゆるんだことであることがわかった。したがってモニターを送付するときに生ずる振動に耐えるような構造に改める必要がある。

(ニ) 潜水夫への連絡方法

潜水夫が探触子を付着物を除去した鋼管杭面に押しあて吸着させると係員が棧橋上に設置した厚み計本体を操作して鋼管杭の現有肉厚を讀み取る。このとき厚み計本体のブラウン管面に良好な共振波形が現われると測定は順調に行くが、共振波形が不鮮明であったりまたは共振波形のコ数が少ない場合には正確な肉厚測定ができないため鋼管杭面に吸着している探触子を一度ははずして振動子が鋼管杭面に接触した状態で上下左右に少しづつずらす。このようにずらしているとき厚み計本体のブラウン管面に良好な共振波形がでると直ちに探触子をその位置の鋼管杭面に押しつけて吸着させる。探触子をずらすこと、鋼管杭面に吸着させることの連絡は棧橋上の係員から潜水夫の補助員へ合図され、この合図にもとづいて補助員より潜水夫へレシーバーによって連絡される。このような間接的な連絡方法のため係員の合図が潜水夫へ届くまでには少なくとも何秒か要し、折角良好な共振波形がブラウン管面に現われても良好な状態の位置に探触子を吸着させておくようにすることはむづかしい。このた

め場合によっては何回も係員の連絡で探触子をずらすという操作が繰り返されるときがあり、これが肉厚測定に時間を要する一つの大きな原因である。したがって係員の意向が直接潜水夫へ連絡できるような工夫が望まれる。

(5) 図3-5, 図3-6に見られるように須磨船積棧橋付近の潮流は干満に応じて絶えず東から西, または西から東にかなりの速度(たとえば, 1ノット位)で動いている。

また海水は非常に奇麗で海水面下2~3m付近まで透視できる。

このため棧橋の基礎鋼管杭の海水中は常に新鮮な流動海水に接していることになる。実験の結果²³⁾によれば鋼材が海水と飽和泥層を貫通するとき海水中の溶存酸素量が多いほど, 流速の速いほど, またAc(海水中鋼材の表面積)/Aa(海底泥層中鋼材の表面積)が小さいほどマクロ腐食の発生に有利な条件である。調査棧橋のAc/Aaはいま鋼管杭内面は考慮しなくても鋼管杭外面だけで0.25~0.4であるから, 棧橋の基礎鋼管杭にはマクロ腐食が非常に発生しやすい状態であるので鋼管杭の海水中はあまり腐食せずまた海底泥中の腐食量も小さいものと予想される。このことは海水中鋼管杭面にはほとんど発錆が認められなかったこと, 表3-4に示す海水中および海底泥中鋼管杭の現有肉厚はほぼ初期肉厚に近似していることの調査結果と一致する。

(6) 表3-6および図3-29, 図3-30に示すように鋼管杭の海水中にはへこみが観察された。へこみが認められたのは外側(直杭, A列)に1本, 内側(斜杭, B, C列)に13本である。このようにへこみがほとんど内側2列の斜杭に集中したことおよび斜杭のへこみは全て上側であることから, B, C列のへこみは施工時に何か上からぶつけたために生じたものと思われる。これに対して外側, 直杭にはA-39のみに1カ所へこみがあるが, このへこみは棧橋に接岸する船の方向にある。したがってA-39のへこみは施工後船などがぶつかって生じたものと思われる。このような損傷カ所に潜水夫が近づいて観察したところ単なるへこみで腐食による被害はまったくないことが確認された。

4. 安来港における腐食調査(鋼矢板)

4.1 概要

安来港は宍道湖の淡水と美保湾の海水が混合する中海に面しているため, 安来港の鋼材は淡水によって希釈された海水に接する。一方, 安来港には35年経過した無防

食の鋼矢板があるので淡水と海水が均一に混合した水の存在する環境での鋼材腐食量をできるだけ正確に知るために安来港における鋼矢板岸壁の腐食調査の実施を昭和43年度の研究協議会に運輸省港湾技術研究所より提出した。幸い研究協議会において安来港における腐食調査が承認されたので運輸省第3港湾建設局・神戸調査設計事務所, 島根県土木部・港湾課および運輸省第3港湾建設局・境港工事事務所の協力を得て昭和43年8月に実施した。

調査は超音波式共振厚み計と超音波式探傷厚み計とによる非破壊調査で鋼矢板の現有肉厚の測定ならびに両厚み計による測定値の比較が主として行なわれた。本章はその調査結果である。

4.2 調査対象構造物

安来港は図4-1に示すように宍道湖と美保湾に挟まれた中海にあり, 調査鋼構造物は表4-1のように-4.5m岸壁と-3m岸壁の2岸壁で平面図は図4-2,

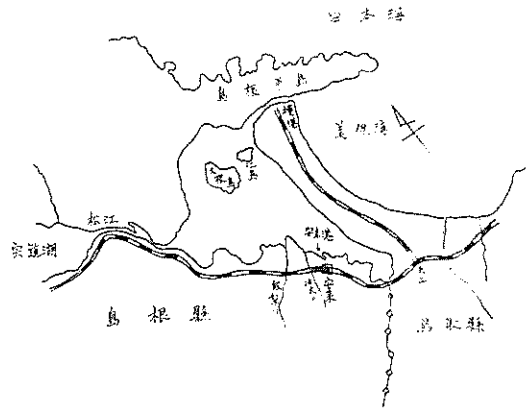


図4-1 安来港の位置図

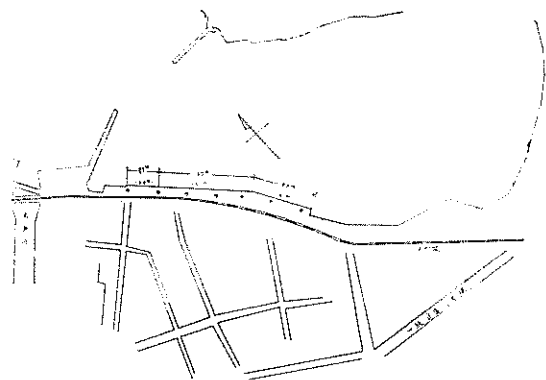


図4-2 安来港平面図

表 4-1 安来港における調査鋼構造物

施設名	水深 (m)	鋼 矢 板		延長 (m)	施工年	経過期間 (yr)	防 食 法	無防食期間 (yr)	調査年月
		タイプ	t (mm)						
-4.5m岸壁	-4.5	YSP-Ⅲ	13.0	88	S. 8	35	なし	35	S.43・8
-3m岸壁	-3	YSP-Ⅲ	13.0	130	S. 8	35	なし	35	S.43・8

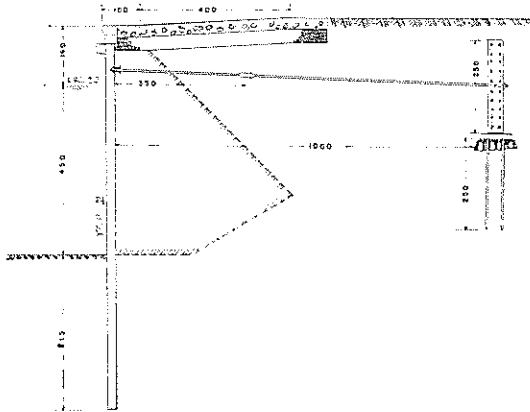


図 4-3 安来港-4.5m岸壁断面図

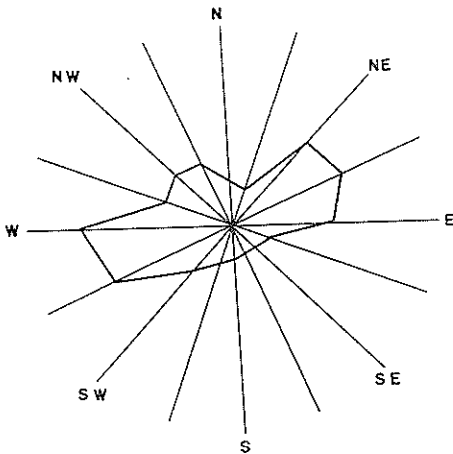
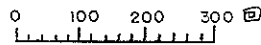


図 4-4 安来港における風向図

断面図は図 4-3 の通りである。-4.5m 岸壁は図 4-7 に見られるように隠岐島へ雑貨などを運ぶ隠岐汽船の発着所に使用されており、-3m 岸壁は木材などを積んだ船が接岸する。調査鋼矢板岸壁は図 4-1 にみられるように宍道湖の淡水と美保湾の海水の混合した水に接す

るが、さらに図 4-2 に示すように -3m 岸壁より約 300m 離れたところに木戸川の淡水が中海に注いでいる。しかし木戸川の淡水は堤防に沿って中海に注いでおり、鋼矢板岸壁は均一に希釈された海水が接する。図 4-4 は昭和 33 年から 5 年間に松江測候所で測定された風向図である。

4.3 調査年月日

調査は昭和 43 年 8 月 1 日～8 月 4 日に行なわれた。なお、調査の日程は次の通りである。

8 月 1 日

①調査についての現地打合せ

調査関係機関は次の通りである。

島根県土木部港湾課

運輸省第 3 港湾建設局・神戸調査設計事務所

運輸省第 3 港湾建設局・境港工事事務所

運輸省港湾技術研究所

②現地視察

③使用機器の点検

8 月 2 日

①附着物除去

-4.5m 岸壁

No. 1 (±0m, -1m, -2m, -3m, -4m の ①～⑥)

No. 4 (±0m, -1m, -2m, -3m, -4m の ①～⑥)

No. 5 (+1.5m, +1.43m, +1.22m, +0.86m, +0.76m, +0.3m の ⑤, ⑦)

No. 6 (+0.3m, ±0m, -1m, -2m, -3m, -4m の ①～⑥)

No. 7 (±0m, -1m, -2m, -3m の ①～⑥)

②鋼矢板肉厚測定

-4.5m 岸壁、超音波式探傷厚み計による

No. 1 (±0m, -1m, -2m, -3m, -4m の ①～⑥)

No. 4 (±0m, -1m, -2m, -3m, -4m の ①～⑥)

No. 5 (+1.5m, +1.43m, +1.22m, +0.68

m, +0.76m, +0.3mの⑤, ⑦)

No. 6 (+0.3m, ±0m, -1m, -2m, -3m
-4mの①~⑥)

No. 7 (±0m, -1m, -2m, -3mの①~⑥)

-4.5m岸壁, 超音波式共振厚み計

No. 1 (±0m, -1m, -2m, -3m, -4mの
①~⑥)

No. 4 (±0m, -1m, -2m, -3m, -4mの
①~⑥)

No. 6 (±0.3m, ±0m, -1m, -2m, -3m
-4mの①~⑥)

No. 7 (±0m, -1m, -2m, -3mの①~⑥)

8月3日

①付着物除去

-4.5m岸壁

No. 2 (±0m, -1m, -2m, -3mの①~⑥)

No. 3 (±0m, -1m, -2m, -3m, -4mの
①~⑥)

-3m岸壁

No. 1 (±0m, -1m, -2m, -3m, -4mの
①~⑥)

No. 2 (±0m, -1m, -2m, -3mの①~⑥)

No. 3 (±0m, -1m, -2m, -3mの①~⑥)

②鋼矢板肉厚測定

-4.5m岸壁, 超音波式探傷厚み計

No. 1 (±0m, -1m, -2m, -3m, -4mの
①~⑥) (再測定)

No. 2 (±0m, -1m, -2m, -3mの①~⑥)

No. 3 (±0m, -1m, -2m, -3m, -4mの
①~⑥)

-4.5m岸壁, 超音波式共振厚み計

No. 1 (±0m, -1m, -2m, -3m, -4mの
⑤) (再測定)

No. 2 (±0m, -1m, -2m, -3mの⑤)

No. 3 (±0m, -1m, -2m, -3m, -4mの
⑤)

-3m岸壁, 超音波式探傷厚み計

No. 1 (±0m, -1m, -2m, -3m, -4mの
①~⑥)

No. 2 (±0m, -1m, -2m, -3mの①~⑥)

No. 3 (±0m, -1m, -2m, -3mの①~⑥)

-3m岸壁, 超音波式共振厚み計

No. 1 (±0m, -1m, -2m, -3m, -4mの
⑤)

No. 2 (±0m, -1m, -2m, -3mの⑤)

No. 3 (±0m, -1m, -2m, -3mの⑤)

③採水

-4.5m岸壁 No. 6

-3m岸壁 No. 1

④付着物採取

-4.5m岸壁

No. 5 (±0m, -1m, -2m, -3m)

8月4日

①調査岸壁に関する資料の収集

②機器ならびに採取物の梱包

この外, 肉眼観察および写真撮影は肉厚測定と平行して行なわれた。

なお, 現地における作業のうち付着物の除去および採取, 超音波式厚み計用探触子の鋼矢板面への吸着, 海水面下鋼矢板面の肉眼観察などの水中作業は運輸省第3港湾建設局・境港工事事務所の職員が, また厚み計本体の操作, 海面上鋼矢板面の肉眼観察および写真撮影, 海面上鋼矢板面への厚み計用探触子の押しあては神戸調査設計事務所および境港工事事務所職員の協力を得て港湾技術研究所の職員が行なった。

4.4 使用機器および用具

本調査で使用した機器および用具は次の通りである。

- (1) 超音波式探傷厚み計一式 (本体, 探触子, 高周波ケーブルなど)
- (2) 超音波式共振厚み計一式 (本体, 探触子, モニター, 高周波ケーブル, 水晶振動子など)
- (3) 基準肉厚鋼板 (材質 SY II)
- (4) スクレーパーおよびハンマー 2本宛
- (5) 採水器 (北原式) および貯水瓶
- (6) カメラおよびフィルム
- (7) 記録用紙および筆記用具
- (8) ロープおよび紐
- (9) 折尺
- (10) レッド
- (11) ドライバー, ビニール・テープ, ニップ, 半田鋏, ペーパー, ワイヤ・ブラシ, シリコン・グリスなど
- (12) ビニール袋およびマジック・インク
- (13) その他

4.5 調査カ所

調査カ所は次の通りである。

4.5.1 肉厚測定カ所

鋼矢板の肉厚測定カ所は現地打合せの結果, 図4-5

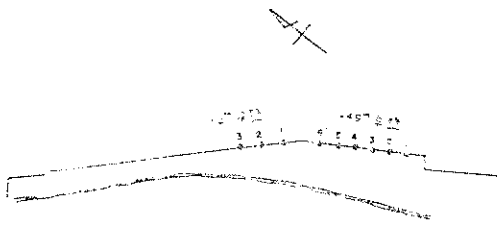


図 4-5 安来港における調査地点

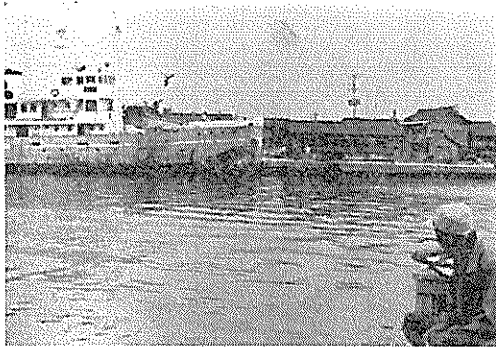


図 4-6 -4.5m岸壁(左, 接舷しているところ)と-3m岸壁(右)



図 4-7 -3m岸壁より-4.5m岸壁を望む

のように超音波式探傷厚み計と超音波式共振厚み計の両厚み計による肉厚測定に対して-4.5m岸壁ではNo.1~No.6の6地点、-3m岸壁ではNo.1~No.3の3地点、計9地点を設定した。なお、海面上の肉厚測定は-4.5m岸壁のNo.5において行なった。-4.5m岸壁は図4-6、図4-7のように隠岐汽船のおき丸の発着所であるため鋼矢板の肉厚測定順序は現地の都合に合わせた。

次に各測定地点における水深方向の測定点は図4-8の通りである。また各深度における断面方向の測定点は図4-9のように①~⑦の7点があるが、超音波式探傷厚み計では①~⑥の6点を超音波式共振厚み計では⑤のみ

を測定した。ただし-4.5岸壁のNo.5のみは超音波式探傷厚み計で⑤、⑦を測定した。

4・5・2 付着物採取カ所

付着物の採取は-4.5m岸壁、No.5の±0m、-1m、-5m、-3m、-4mの各深度で行なった。

4・5・3 採水カ所

採水は-4.5m岸壁の深度-1mと-4mで行なった。

4・6 調査項目および調査方法

調査は鋼矢板の現有肉厚の測定および腐食量の算出、観察、付着物の採取および水質試験について行なった。調査の方法は次の通りである。

4・6・1 鋼矢板の現有肉厚測定

鋼矢板面の付着物除去および鋼矢板面の研磨は2・3の方法によったが、金剛砥石による研磨は行なわなかった。超音波式共振厚み計による鋼矢板の肉厚測定は2・7に示すように第1報、4・8(p.37~40)に、また超音波式振傷厚み計による鋼矢板の肉厚測定は2・8によったが、現地における肉厚測定状況は次の通りである。

まず、測定地点付近に図4・10のように潜水夫の船を横付けにする。-4.5m岸壁は-3m岸壁より船の接舷がひんばんで図4-7のように隠岐汽船のおき丸が接舷したり、図4-11のように他の船も接舷する。またおき丸の接舷の前後は図4-12のように積み、下ろしの荷が-4.5m岸壁上に置かれる。したがって-4.5m岸壁は接舷や船荷の邪魔にならないような順序で測定した。

潜水夫に測定地点の被測定鋼矢板(凸、凹)を指示しその前面に図4-13のようにレッドで測定深度を示す。潜水夫は示された深度の付着物除去を図4-9に示す鋼矢板断面方向の測定点①~⑥(⑦は-4.5岸壁の海面上のみ)について行なう。

このときの1測定地点の付着物除去の面積は7cm×7cm位である。

1深度についての付着物除去が終了した旨の連絡が潜水夫より係員にあるとレッドを次の水深まで下げて同様に①~⑥の付着物除去を行なう。以下同様の作業を繰り返して肉厚測定カ所の付着物を除去して行く。ただし、ここでの係員と潜水夫との連絡はマイクではなくて潜水夫の腰に結びつけられた紐を介して陸上にいる潜水夫の補助員と潜水夫が連絡した。1測定地点における全測定地点の付着物除去が終了したら次に超音波式探傷厚み計による肉厚測定を行なう。付着物除去が行なわれる間、陸

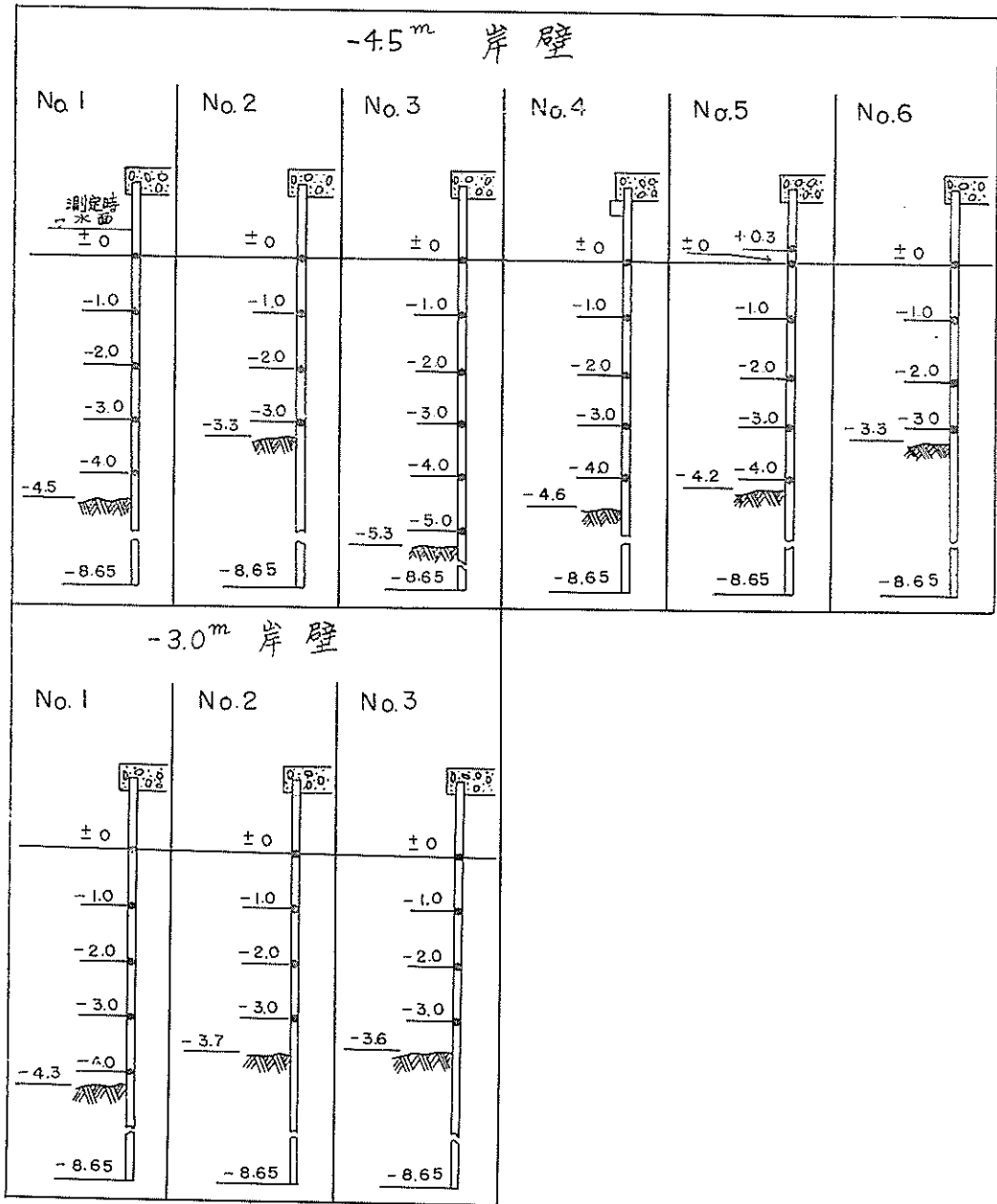


図 4-8 安来港における測定点 (深度方向)

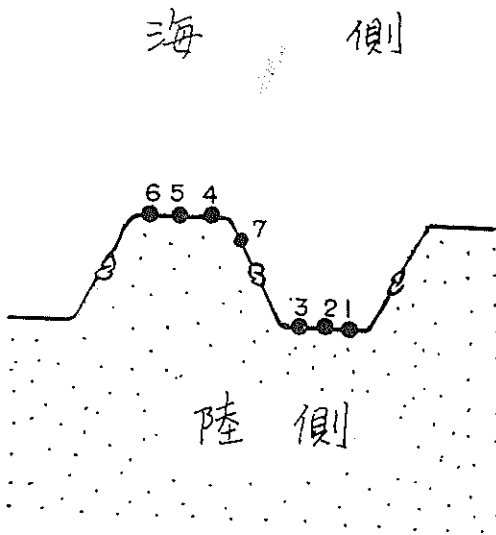


図 4-9 安来港における肉厚測定点 (断面方向)

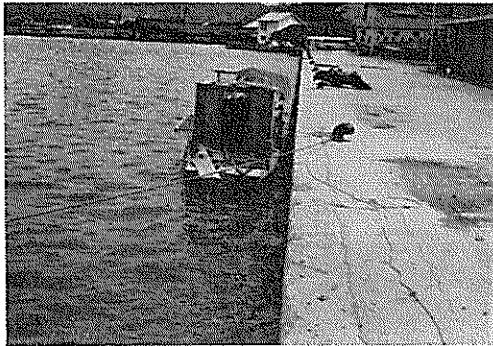


図 4-10 潜水夫船の接舷

上では図 4-14、図 4-15 のように両厚み計の調整をしておく。調整は肉厚、材質既知の基準鋼板をバケツに汲んだ海水の中に浸漬し、これに両厚み計の探触子をそれぞれ海水中で吸着させて正しい肉厚を示すことを確認する。次に調整した超音波式探傷厚み計の探触子を陸上から下ろして潜水夫に渡す。探触子は本体間と $\phi 5\text{mm}$ の高周波ケーブル 2 本によって接続されているが、そのままではケーブルを引張って好ましくないので $\phi 10\text{mm}$ 程度のロープを 2 本の高周波ケーブルに並行させてロープとケーブルを 1 m 間隔毎にビニール・テープで巻き、ケーブルに直接強い張力のかからないようにした。潜水夫は右手に超音波式厚み計の探触子を持ち左手は鋼矢板の爪付近を掴まえて潜水服に供給される空気量を調節しながら自分の体を所定の深度に保つ。探触子は各深度毎に①～⑥の順序で鋼矢板面に吸着された。測定深度は上から

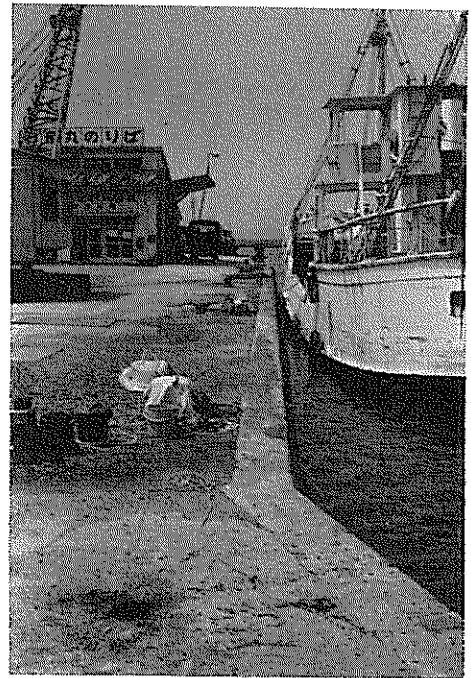


図 4-11 -4.5m岸壁

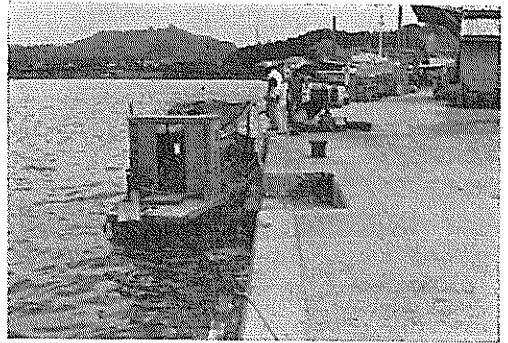


図 4-12 -4.5m岸壁上の船荷



図 4-13 レッドにより測定深度を示す

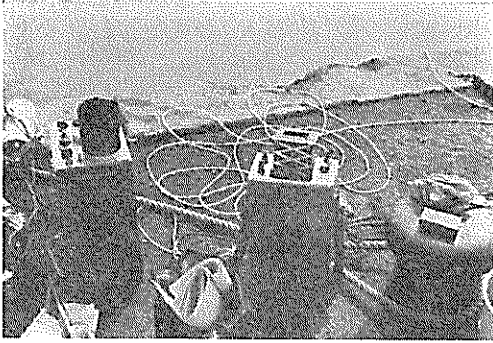


図 4—14 超音波式厚み計の本体
(右：探傷厚み計，左：共振厚み計)



図 4—16 付着物除去に使用したハンマーおよび
スクレーラーを補助員へ手渡す

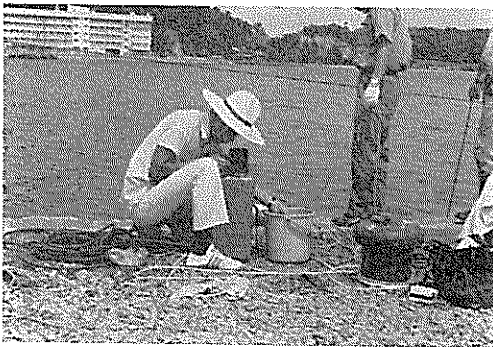


図 4—15 超音波式共振厚み計の調整

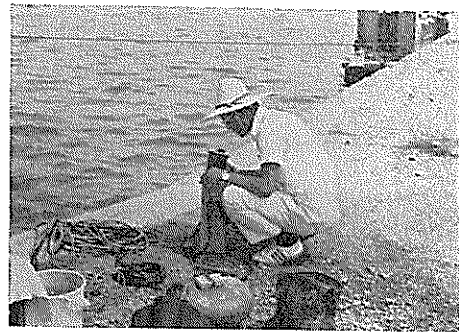


図 4—17 超音波式共振厚み計による
鋼矢板肉厚測定状況

順番に行なわれたが測定値に不審なカ所のあるときは一番下の深度の測定が終了して浮上してきた潜水夫にその旨伝えて再度測定した。このようにして超音波式探傷厚み計による肉厚測定が終了して浮上した潜水夫に超音波式共振厚み計の探触子を陸上から係員が手渡す。超音波式共振厚み計は本体と探触子間にモニターがあり本体とモニター間は $\phi 10\text{mm}$ 、長さ20mの高周波ケーブルで接続されている。一方モニターと探触子間は $\phi 5\text{mm}$ 、長さ2mの高周波ケーブルで結ばれている。したがって超音波式共振厚み計の探触子を潜水夫に渡すときモニターは $\phi 10\text{mm}$ のロープでぶら下げて探触子と一緒に渡した。

海中ではモニターはロープで陸上から所定の深度に保たれており、潜水夫はモニターの先についている探触子のみを右手に持って鋼矢板の被測定面に押しあて吸着させる。ただし超音波式共振厚み計による測定点は各深度毎に図4—9の⑤のみである。

以上のように1測定地点について付着物の除去、超音波式探傷厚み計および超音波式共振厚み計による肉厚測定が終了すると次の測定地点へ移動して同様の操作を行なう。図4—16に付着物除去が終了したので浮上して付着物除去に使用したハンマーおよびスクレーラーを陸上に

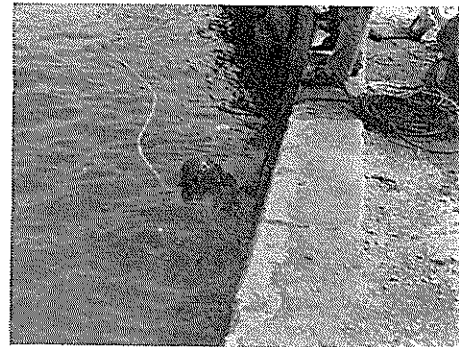


図 4—18 超音波式共振厚み計による
鋼矢板肉厚測定状況

いる補助員に手渡しているところを示す。また図4—17、図4—18に超音波式厚み計による測定状況を示す。また超音波式共振厚み計の電源100Vは—4.5m岸壁と—3m岸壁の中心付近にある安来港管理事務所よりとった。

腐食量の算出は超音波式厚み計による現有肉厚を2・11・1に示すように第1報、4・12・1 (p.43) の4・12・1式に代入して行なった。

4・6・2 付着物の採取

付着物の採取は2・5に示すように第1報, 4・5 (付着物の採取, p. 33) によった。採取した付着物は図4-19のように1カ所分づつ潜水夫が持ち上がって陸上にいる補助員へ手渡した。補助員より受取った係員は直ちに付着物の採取カ所を明示してその表裏の写真をできるだけ近接して撮る。

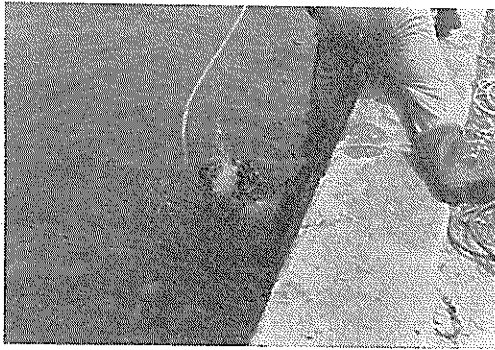


図4-19 付着物の採取

4・6・3 観察

観察は2.4に示すように第一報, 4.6 (観察, p. 33~34) の要領によった。

4.6.4 水質試験

水質試験は2・12に示すように第1報, 4・13, (1) (外観, p. 44) 第1報4・13, (2) (pH, p. 44~45), 第1報, 4・13, (3) (塩素イオン, p. 45) の要領によった。

4・7 調査結果

4・7・1 鋼矢板の肉厚測定結果

超音波式探傷厚み計と超音波式共振厚み計による鋼矢板の現有肉厚測定結果は-4.5m岸壁では表4-2, -3m岸壁では表4-3の通りである。表4-2, 表4-3より腐食量を算出してみると表4-4~表4-6のようになる。表4-4~表4-6より現有肉厚と初期肉厚の関係を図示してみると図4-20, 図4-21の通りである。

また, 表4-4~表4-6より-4.5m岸壁と-3m岸壁の鋼矢板腐食量を図示すると図4-22, 図4-23のようになる。

4・7・2 観察結果

(1) 鋼矢板岸壁

図4-7, 図4-11からもわかるように-4.5m岸壁

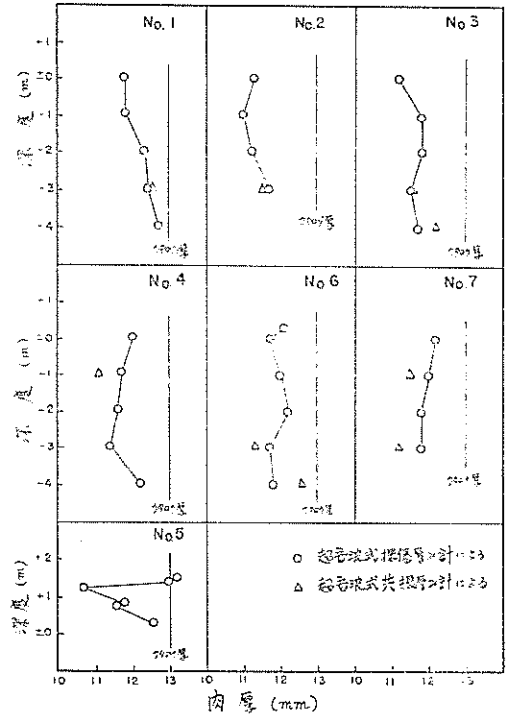


図4-20 安来港 (-4.5m岸壁, 35 yr) における鋼矢板肉厚

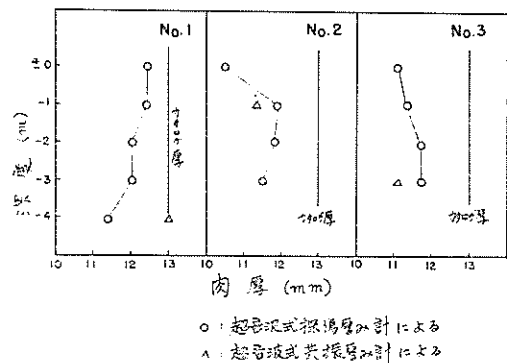


図4-21 安来港 (-3m岸壁, 35 yr) における鋼矢板肉厚

と-3m岸壁の上部工には陥没が全く認められなかった。

また図4-13, 図4-16のように-4.5m岸壁と-3m岸壁とも木材防舷材が取り付けられているが, -4.5m岸壁では図4-24のように木材防舷材がとれさらに上部コンクリートもはげているところが1カ所あった。ここは階段の付いた降り場の角で何かがぶつかってコンクリートが剝離したものと思われる。コンクリートの剝離が

表4-2 安来港-4.5m岸壁鋼矢板肉厚測定結果

1) : 超音波式探傷厚み計による肉厚

2) : 超音波式共振厚み計による肉厚

測定地点	深度 (m)	凸 鋼 矢 板 ¹⁾				凹 鋼 矢 板 ¹⁾			凸鋼矢板 ²⁾
		④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	⑤
1	±0	12.0	12.0	11.2		12.0	12.2	11.4	—
	-1.0	12.2	11.5	11.8		11.6	11.6	12.3	—
	-2.0	12.5	12.2	10.6		12.6	13.0	12.5	—
	-3.0	12.7	12.6	12.5		11.5	12.6	12.4	12.52
	-4.0	12.5	12.8	12.8		12.6	12.5	12.6	—
2	±0	10.0	11.0	10.2		12.7	12.2	11.4	—
	-1.0	10.7	10.4	10.2		11.0	12.5	11.0	—
	-2.0	10.6	11.5	10.0		11.3	11.4	12.2	—
	-3.0	12.0	12.2	11.2		12.0	11.4	11.4	11.48
3	±0	10.5	10.5	11.0		12.4	11.5	11.0	—
	-1.0	11.7	11.6	12.5		11.3	12.0	11.8	—
	-2.0	11.8	11.2	10.7		12.2	12.6	12.2	—
	-3.0	11.0	11.2	11.5		11.5	12.0	11.8	11.60
	-4.0	11.5	11.2	11.7		12.6	11.2	11.5	12.20
4	±0	10.5	12.0	12.5		12.6	12.0	12.5	—
	-1.0	10.3	12.0	11.7		12.2	11.4	12.7	—
	-2.0	11.0	11.2	11.2		11.4	11.8	12.8	11.10
	-3.0	10.5	11.0	10.6		12.5	11.2	12.2	—
	-4.0	11.4	12.2	12.5		11.6	12.8	12.5	12.20
5	+1.50		13.2		9.5				
	+1.43		13.0		10.4				
	+1.22		10.7		8.0				
	+0.86		11.8		9.0				
	+0.76		11.3		8.5				
	+0.30		12.6						
6	+0.3	11.2	11.4	11.5		11.5	12.0	12.4	—
	±0	11.2	11.6	11.8		10.8	11.2	10.4	—
	-1.0	11.4	12.6	12.0		12.6	11.7	12.4	—
	-2.0	12.4	11.8	12.4		10.5	12.0	12.6	—
	-3.0	12.6	11.4	12.5		12.0	12.4	11.6	11.35
	-4.0	12.2	12.0	12.6		11.2	11.4	11.0	12.60
7	±0	12.5	12.0	11.6		12.8	12.4	11.8	—
	-1.0	11.0	11.6	12.3		12.4	12.5	11.4	11.52
	-2.0	10.5	12.4	12.6		11.6	11.5	12.0	—
	-3.0	11.0	11.0	11.4		12.6	12.5	12.0	11.18

— : 測定不能

表4-3 安来港-3.0m岸壁鋼矢板肉厚測定結果

測定地点	深度 (m)	凸鋼矢板 ¹⁾			凹鋼矢板 ¹⁾			凸鋼矢板 ²⁾
		④	⑤	⑥	①	②	③	⑤
1	±0	10.0	10.5	11.0	12.2	12.6	12.5	—
	-1	10.0	10.0	11.2	12.4	12.5	12.2	—
	-2	12.6	11.5	12.5	11.5	12.0	12.5	—
	-3	11.6	12.4	11.8	12.0	12.2	11.8	—
	-4	12.5	12.5	12.0	11.2	11.2	11.8	11.36
2	±0	12.0	12.2	12.1	10.6	10.6	10.2	—
	-1	10.0	12.0	12.0	11.6	11.5	12.5	11.36
	-2	11.6	10.4	11.2	11.8	12.0	11.5	—
	-3	12.2	12.0	12.0	11.6	11.5	11.4	—
3	±0	11.0	11.2	11.0	11.0	11.0	11.2	—
	-1	10.6	10.0	10.0	11.0	10.7	12.2	—
	-2	12.6	11.2	11.6	12.5	11.0	11.6	—
	-3	11.6	11.5	10.6	12.2	11.8	11.0	11.02

1) : 超音波式探傷厚み計による測定値

2) : 超音波式共振厚み計による測定値

— : 測定不能

表4-4 安来港-4.5m岸壁鋼矢板腐食量

超音波式探傷厚み計による

測定地点	深度 (m)	初期肉厚 (mm)	現 有 肉 厚 (mm)				肉 厚 減 少 量 (mm)			腐 食 速 度 (mm/yr)		
			1) ¹⁾ 凸矢板 平均値	2) ²⁾ 凹矢板 平均値	凸 凹 矢 板		1) ¹⁾ 凸矢板 平均値	2) ²⁾ 凹矢板 平均値	凸凹矢板 平均値	1) ¹⁾ 凸矢板 平均値	2) ²⁾ 凹矢板 平均値	凸凹矢板 平均値
					平均値	標準偏差						
1	±0	13.0	11.7	11.9	11.8	0.4	1.3	1.1	1.2	0.037	0.031	0.034
	-1.0	13.0	11.8	11.8	11.8	0.3	1.2	1.2	1.2	0.034	0.034	0.034
	-2.0	13.0	11.8	12.8	12.3	0.3	1.2	0.2	0.7	0.034	0.006	0.020
	-3.0	13.0	12.6	12.2	12.4	0.4	0.4	0.8	0.6	0.011	0.023	0.017
	-4.0	13.0	12.7	12.6	12.7	0.1	0.3	0.4	0.3	0.009	0.011	0.009
2	±0	13.0	10.4	12.1	11.3	0.9	2.6	0.9	1.7	0.074	0.026	0.049
	-1.0	13.0	10.4	11.5	11.0	0.7	2.6	1.5	2.0	0.074	0.043	0.057
	-2.0	13.0	10.7	11.6	11.2	0.7	2.3	1.4	1.8	0.066	0.040	0.051
	-3.0	13.0	11.8	11.6	11.7	0.4	1.2	1.4	1.3	0.034	0.040	0.037
3	±0	13.0	10.7	11.6	11.2	0.7	2.3	1.4	1.8	0.066	0.040	0.051
	-1.0	13.0	11.9	11.7	11.8	0.4	1.1	1.3	1.2	0.031	0.037	0.034
	-2.0	13.0	11.2	12.3	11.8	0.6	1.8	0.7	1.2	0.051	0.020	0.034
	-3.0	13.0	11.2	11.8	11.5	0.3	1.8	1.2	1.5	0.051	0.034	0.043
	-4.0	13.0	11.5	11.8	11.7	0.5	1.5	1.2	1.3	0.043	0.034	0.037
4	±0	13.0	11.7	12.4	12.0	0.7	1.3	0.6	1.0	0.037	0.017	0.029
	-1.0	13.0	11.2	12.1	11.7	0.8	1.8	0.9	1.3	0.051	0.026	0.037
	-2.0	13.0	11.1	12.1	11.6	0.6	1.9	0.9	1.4	0.054	0.026	0.031
	-3.0	13.0	10.7	12.0	11.4	0.8	2.3	1.0	1.6	0.066	0.029	0.046
	-4.0	13.0	12.0	12.3	12.2	0.5	1.0	0.7	0.8	0.029	0.020	0.023
5	+1.50	13.0	13.2				-0.2			0		
	+1.43	13.0	13.0				0			0		
	+1.22	13.0	10.7				2.3			0.066		
	+0.86	13.0	11.8				1.2			0.034		
	+0.76	13.0	11.3				1.7			0.049		
	+0.30	13.0	12.6				0.4			0.011		
6	+0.3	13.0	12.0	12.2	12.1	0.5	1.0	0.8	0.9	0.029	0.023	0.026
	±0	13.0	11.4	12.0	11.7	0.4	1.6	1.0	1.3	0.046	0.029	0.037
	-1.0	13.0	12.2	11.7	12.0	0.7	0.8	1.3	1.0	0.023	0.037	0.029
	-2.0	13.0	12.4	12.0	12.2	0.3	0.6	1.0	0.8	0.017	0.029	0.023
	-3.0	13.0	12.1	11.2	11.7	0.6	0.9	1.8	1.3	0.026	0.051	0.037
	-4.0	13.0	11.2	12.3	11.8	0.6	1.8	0.7	1.2	0.051	0.020	0.034
7	±0	13.0	12.0	12.3	12.2	0.4	1.0	0.7	0.8	0.029	0.020	0.023
	-1.0	13.0	11.9	12.1	12.0	0.7	1.1	0.9	1.0	0.031	0.026	0.029
	-2.0	13.0	11.8	11.7	11.8	0.7	1.2	1.3	1.2	0.034	0.037	0.034
	-3.0	13.0	11.1	12.4	11.8	0.7	1.9	0.6	1.2	0.054	0.017	0.034

1) : 図4-9の④, ⑤, ⑥ 2) : 図4-9の①, ②, ③

表 4 - 5 安来港-3.0m岸壁鋼矢板腐食量

超音波式探傷厚み計による

測定地点	深度 (m)	初期肉厚 (mm)	現 有 肉 厚 (mm)				肉 厚 減 少 量 (mm)			腐 食 速 度 (mm/yr)		
			凸矢板 ¹⁾ 平均值	凹矢板 ²⁾ 平均值	凸 凹 矢 板 ³⁾		凸矢板 ¹⁾ 平均值	凹矢板 ²⁾ 平均值	凸凹矢板 ³⁾ 平均値	凸矢板 ¹⁾ 平均値	凹矢板 ²⁾ 平均値	凸凹矢板 ³⁾ 平均値
					平均値	標準偏差						
1	± 0	13.0	10.5	12.4	11.5	1.1	2.5	0.6	1.5	0.071	0.017	0.043
	- 1	13.0	10.3	12.4	11.4	1.2	2.7	0.6	1.6	0.077	0.017	0.046
	- 2	13.0	12.2	12.0	12.1	0.5	0.8	1.0	0.9	0.023	0.029	0.026
	- 3	13.0	11.9	12.0	12.0	0.3	1.1	1.0	1.0	0.031	0.029	0.029
	- 4	13.0	12.3	11.4	11.9	0.5	0.7	1.6	1.1	0.020	0.046	0.031
2	± 0	13.0	12.1	10.5	11.3	0.8	0.9	2.5	1.7	0.026	0.071	0.049
	- 1	13.0	11.0	11.9	11.5	0.8	2.0	1.1	1.5	0.057	0.031	0.043
	- 2	13.0	11.1	11.8	11.5	0.5	1.9	1.2	1.5	0.054	0.034	0.043
	- 3	13.0	12.1	11.5	11.8	0.3	0.9	1.5	1.2	0.026	0.043	0.034
3	± 0	13.0	11.1	11.1	11.1	0.1	1.9	1.9	1.9	0.054	0.054	0.054
	- 1	13.0	10.2	11.3	10.8	0.8	2.8	1.7	2.2	0.080	0.049	0.063
	- 2	13.0	11.8	11.7	11.8	0.6	1.2	1.3	1.2	0.034	0.037	0.034
	- 3	13.0	11.3	11.7	11.5	0.5	1.7	1.3	1.5	0.049	0.037	0.043

- 1) : 図 4-9 の ④, ⑤, ⑥
 2) : 図 4-9 の ①, ②, ③
 3) : 図 4-9 の ①, ②, ③, ④, ⑤, ⑥

表 4-6 安来港における鋼矢板腐食量

超音波式共振厚み計による
凸鋼矢板⑤のみの測定値

-4.5m 岸 壁						-3.0m 岸 壁					
測定地点	深度 (m)	初期肉厚 (mm)	現有肉厚 (mm)	肉厚減量 (mm)	腐食速度 (mm/yr)	測定地点	深度 (m)	初期肉厚 (mm)	現有肉厚 (mm)	肉厚減量 (mm)	腐食速度 (mm/yr)
1	±0					1	±0				
	-1						-1				
	-2						-2				
	-3	13.0	12.52	0.48	0.014		-3				
	-4						-4	13.0	11.36	1.64	0.047
2	±0					2	±0				
	-1						-1	13.0	11.36	1.64	0.047
	-2						-2				
	-3	13.0	11.48	1.52	0.043		-3				
3	±0					3	±0				
	-1						-1				
	-2						-2				
	-3	13.0	11.60	1.40	0.040		-3	13.0	11.02	1.98	0.057
	-4	13.0	12.20	0.80	0.023						
4	±0										
	-1										
	-2	13.0	11.10	1.90	0.054						
	-3										
6	-4	13.0	12.20	0.80	0.023						
	+0.3										
	±0										
	-1										
	-2										
7	-3	13.0	11.35	1.65	0.047						
	-4	13.0	12.60	0.40	0.011						
	±0										
7	-1	13.0	11.52	1.48	0.042						
	-2										
	-3	13.0	11.18	1.82	0.052						

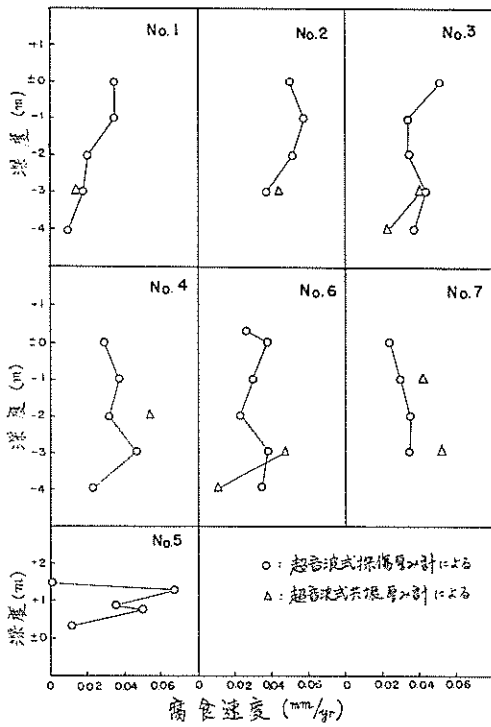


図 4-22 安来港 (-4.5m岸壁, 35 yr) における鋼矢板腐食速度

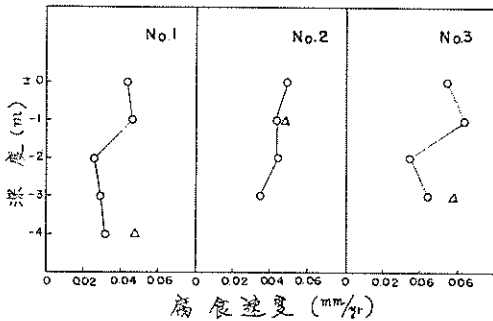


図 4-23 安来港 (-3 m岸壁, 35 yr) における鋼矢板腐食速度

時頃なのかはっきりしないが図 4-24に見られるようにかつてコンクリート中であつた鋼矢板面はほとんど腐食していないのに対して、コンクリート下端付近から海水面にかけては数mm位のスケールが着いている。(ただし、スケールは膨張する。ごく大まかにはスケールの約1/10が鋼矢板の肉厚減少量とみられる。) 図 4-24に示す鋼矢板を -4.5m岸壁の測定地点 No. 5 として肉厚を測定した。図 4-25にその側面方向を示す。



図 4-24 -4.5m岸壁 No. 5 (1)

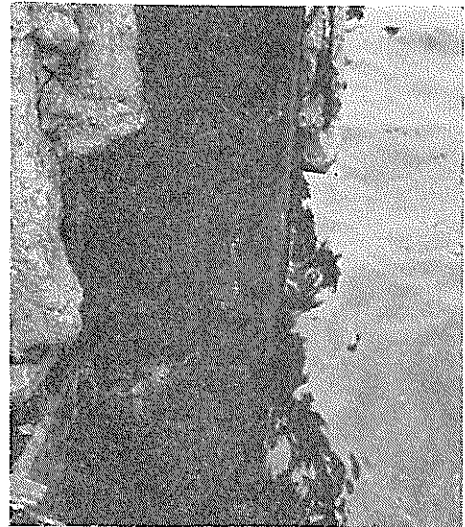


図 4-25 -4.5m岸壁 No. 5 (2)

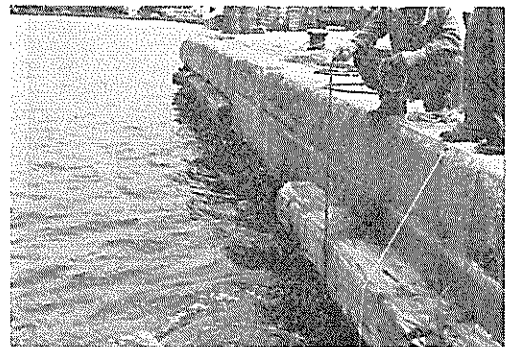


図 4-26 -3 m岸壁

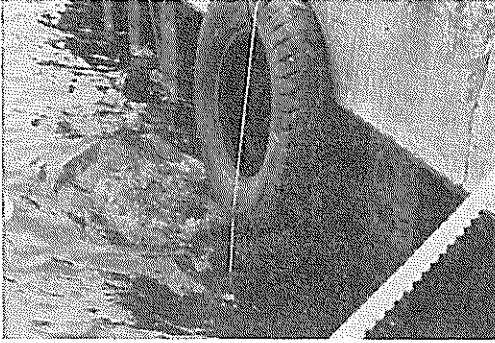


図 4-27 タイヤを防舷材に使用

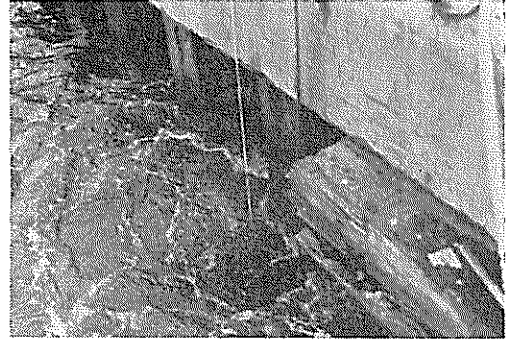


図 4-31 海面上鋼矢板面 (4)

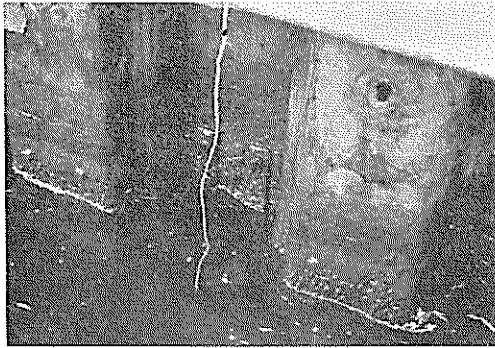


図 4-28 海面上鋼矢板面 (1)

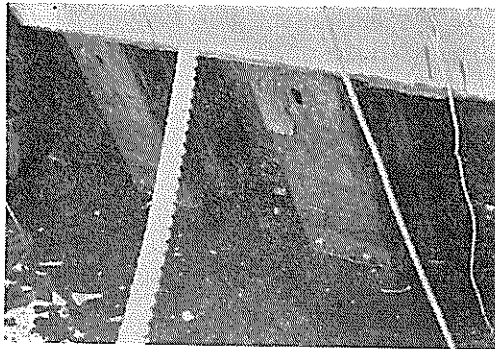


図 4-29 海面上鋼矢板面 (2)

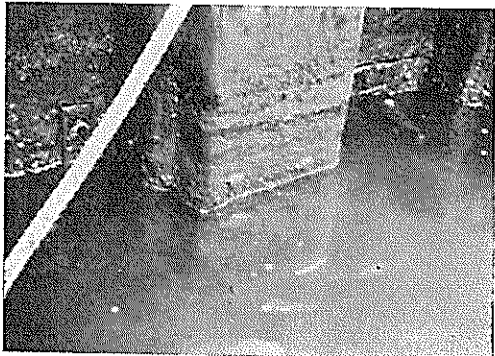


図 4-30 海面上鋼矢板面 (3)

— 3 m岸壁でも図 4-26のように木材防舷材がとれているところがあるが、ところによっては図 4-27のようにタイヤを木材の代りに使用しているところもある。木材防舷材のとれているところでは図 4-28～図 4-31のように海面上の鋼矢板面が観察される。図 4-28～図 4-31にみられるように黒い横線 (H.W.L. 付近) から海水面まではほとんど発錆が認められないが、黒い横線からコンクリート下端までは厚さ数mmの錆生成物が一面に付いている。なお、図 4-28, 図 4-29などにみられる小さな穴は木材防舷材取り付け用の穴である。

また —4.5m 岸壁, —3 m岸壁前面の海水はあまり透明ではなかったが魚が群遊しているのがみられた。

(2) 付着物

—4.5m 岸壁, No. 6 における各深度の付着物を図 4-32に示す。

(3) 水質試験結果

水質試験結果は表 4-7 の通りである。

表 4-7 安来港における水質試験結果

採水地点	水深 (m)	外観	pH	Cl ⁻ (‰)
-4.5m岸壁No.6	-1	無色	7.30	8.00
	-4	無色	7.28	8.85

4-8 考察

以上の調査結果より次のことが考察される。

(1) 超音波式厚み計の現地適用性

超音波式探傷厚み計と超音波式共振厚み計の適用率を算出してみると次のようになる。

超音波式探傷厚み計の適用率

—4.5m岸壁, 凸鋼矢板について

全測定点 98

肉厚測定可能な点 98

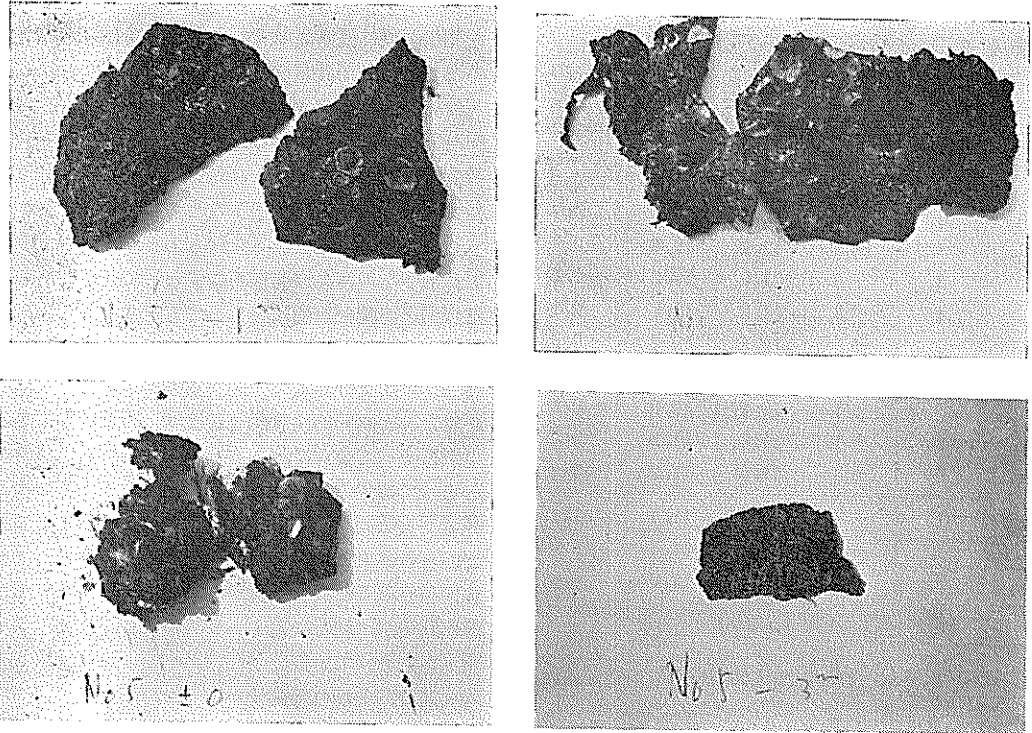


図 4-32 -4.5m 岸壁 No. 6 における付着物

適用率	$98/98 \times 100 = 100 (\%)$
-4.5m岸壁, 凹鋼矢板について	
全測定点	87
肉厚測定可能な点	87
適用率	$87/87 \times 100 = 100 (\%)$
-3m岸壁, 凸鋼矢板について	
全測定点	39
肉厚測定可能な点	39
適用率	$39/39 \times 100 = 100 (\%)$
-3m岸壁, 凹鋼矢板について	
全測定点	39
肉厚測定可能な点	39
適用率	$39/39 \times 100 = 100 (\%)$
超音波式共振厚み計の適用率	
-4.5m岸壁, 凸鋼矢板について	
全測定点	29
肉厚測定可能な点	10
適用率	$10/29 \times 100 = 34 (\%)$
-3m岸壁, 凹鋼矢板について	
全測定点	13
肉厚測定可能な点	3
適用率	$3/13 \times 100 = 23 (\%)$

適用率は以上のように超音波式探傷厚み計では -4.5

m岸壁, -3m岸壁とも鋼矢板の凹凸に関係なくいずれも100%であるが, 超音波式共振厚み計では-4.5m岸壁で34%, -3m岸壁で23%である。超音波式共振厚み計のように適用率がわずか20~30%ではたとえ精度が良くても現地で使用する厚み計としては大きな欠点である。これに対して超音波式探傷厚み計の適用率は100%であるから現地への適用性はすぐれる。

(2) 測定精度

折角適用率が高くても測定精度が劣ると腐食調査用厚み計として好ましくないので両厚み計の測定値を比較してみよう。

超音波式探傷厚み計の現地適用は安来港が初めてであるが, ここでは現地の都合によって破壊調査を実施しなかったので表4-2, 表4-3の値から同一測定カ所(⑤)についての超音波式探傷厚み計と超音波式共振厚み計による測定肉厚を比較してみると表4-8のようになる。

表4-8によれば両厚み計による肉厚測定値の差は±1mm程度である。安来港-4.5m岸壁と-3m岸壁はともに35年経過しているので平均腐食量(mm/yr)としては両厚み計による測定値間には±0.03mm/yrの差があることになる。

(3) 超音波式探傷厚み計の長短

表 4—8 鋼矢板肉厚測定値の比較 (安来港)

岸 壁	測定地点 No.	水 深 (m)	鋼矢板肉厚(mm)		a - b (mm)
			a ¹⁾	b ²⁾	
-4.5m 岸 壁	1	-3	12.6	12.5	0.1
	2	-3	12.2	11.5	0.7
	3	-3	11.2	11.6	-0.4
	3	-4	11.2	12.2	-1.0
	4	-2	11.2	11.1	0.1
	4	-4	12.2	12.2	0.0
	6	-3	11.4	11.4	0.0
-3 m 岸 壁	6	-4	12.0	12.6	-0.6
	7	-1	11.6	11.5	0.1
	7	-3	11.0	11.2	-0.2
	1	-4	12.5	11.4	1.1
	2	-1	12.0	11.4	0.6
	3	-3	11.6	11.0	0.6

- 1) a : 現地における超音波式探傷厚み計による測定値
 2) b : 現地における超音波式共振厚み計による測定値

(1), (2)のことから超音波式探傷厚み計はこれによる肉厚測定値が超音波式共振厚み計による肉厚測定値に対して±1mmの差のあることを認識すれば適用率は100%であるから現場用厚み計としては有望であると思われる。この外、超音波式探傷厚み計の大きな特長は探触子を

を鋼矢板面に吸着させてから厚み計本体で肉厚を読みとるまでの時間が非常に短いことである。超音波式共振厚み計では本体ブラウン管面に良好な共振波形を出すのに長時間かかるときがあるが、超音波式探傷厚み計では数秒間で終了する。たとえば超音波式共振厚み計では良好な共振波形が出にくくて1カ所の測定に20分位かかったり結局測定不能となった例もあるが、このように厚み計探触子を何回も鋼矢板面にずらして長時間かかることは探触子を鋼矢板面に押しあてて潜水夫も厚み計本体を操作する係員も肉体的、精神的疲労が多くなる。したがって探触子を押しあててから本体による肉厚の読みとりがほとんど瞬間的に可能なことは、所要時間もさることながらチーム全員に与える精神的な面からのプラスも加わって測定能率がいちじるしく増大する。このように測定所要時間が短いこと、適用率が100%がであること、その他表4—9に示すような利点があるので超音波式探傷厚み計は現場で使用される厚み計として好ましいと思われるが、同時に表4—9に示すような検討すべき問題点が残されている。

(4) 調査鋼矢板の腐食量

カタログ厚を初期肉厚として算出した肉厚減量を腐食期間35年で割って平均腐食速度を求めてみると、厚み計の区別なく-4.5m岸壁と-3m岸壁とも0.02mm/yr~0.05mm/yrとなる。また鋼矢板の凹凸による相違もとくに見られない。表4—7に示すように安来港調査岸壁が接する海水は宍道湖の潮水によって希釈されて含塩分

表 4—9 使用した厚み計の比較

	超 音 波 式 共 振 厚 み 計	超 音 波 式 探 傷 厚 み 計
探 触 子 振 動 子	φ50mm, マグネット付 水晶: 振動子を直接鋼材面にあてるとため傷む, 取替えが必要	φ50mm, マグネット付 ジルコン酸鉛: 振動子は鋼材面より一定 距離に離れているので傷 まない。
モ ニ タ ー 本 体	必 要 14 kg	不 要 7 kg
ケーブルの長さ	20 m	20 m
精度 (公 称)	± 1 %	± 3 ~ 5 %
測 定 時 間	良好な共振波形を得るのに時間がかかる	短時間 (5"~10")
測 定 の 可 否	あ り	な し
電 源	A.C. 100 V or A.C. 200 V	A.C. 100 V or 内臓電池
問 題 点	1. 共振波形が3つ以上出るときは比較的正確に測定できるが、2つのときは不正確となる恐れがある。このため操作にある程度熟練を要する。 2. 鋼材面が平滑でないとき測定不能となりやすい。	1. 鋼材面に凹みがあると実際の肉厚より厚目に測定することがある。

量は普通海水の約半量である。しかし均一に希釈されていて深度による塩分量の相違はない。したがって安来港のように海水が潮水によって希釈されてもその希釈が均一であれば鋼矢板の凹凸、深度の区別に大して関係なく鋼矢板の海水中の腐食量（海側からの腐食量と陸側からの腐食量との和）は0.02~0.05mm/yrである。

5. 門司港における腐食調査（鋼矢板）

5・1 概要

昭和42年度より超音波式共振厚み計による非破壊調査と鋼材片切り取りによる破壊調査を含む調査法により港湾鋼構造物の腐食調査を実施しているが、これまではいずれも無防食の構造物に限られている。一方、門司港田の浦岸壁は電気防食法が適用されている鋼矢板セル岸壁である。したがって電気防食されている鋼構造物への調査法適用性の検討および腐食量を知るために、門司港田の浦岸壁の腐食調査の実施を昭和43年度の研究協議会に運輸省港湾省技術研究所より提出した。研究協議会で門司港における腐食調査が承認されたので運輸省第4港湾建設局・小倉調査設計事務所ならびに運輸省第4港湾建設局・門司港工事事務所の協力を得て昭和43年8月に調査を行なった。調査は超音波式探傷厚み計と超音波式共振厚み計による非破壊調査と鋼材片の切り取りによる破壊調査を計画したが、都合により非破壊調査のみで鋼矢板現有肉厚の測定と両厚み計による測定地の比較が主として行なわれた。

本章はその調査結果である。

5・2 調査対象構造物

調査対象構造物は表5-1のように田の浦3岸壁と4岸壁である。田の浦3岸壁と4岸壁の位置図を図5-1に、断面図を図5-2、図5-3に示す。

なお、岸壁前面の海水は澄んでおり、また何かにつかまっていたと潜水夫の身体が流される位の潮流があった。

5・3 調査年月日

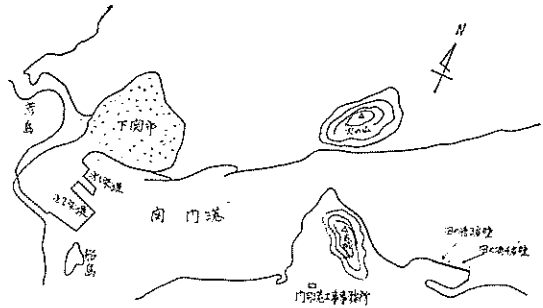


図5-1 調査岸壁の位置図

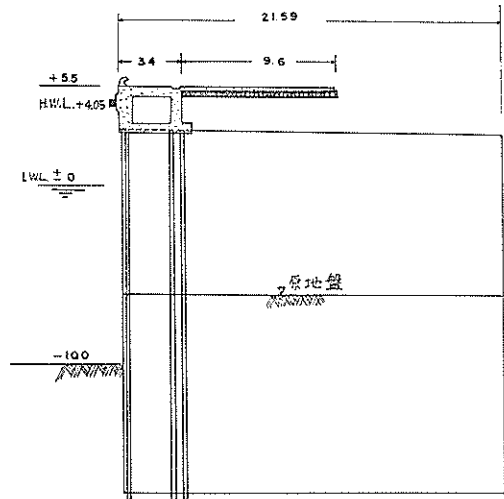


図5-2 田の浦3岸壁断面図

調査は昭和43年8月20日～8月24日および9月3日に行なわれた。なお、調査の日程は次の通りである。

8月20日

①調査についての現地打合せ

調査関係機関は次の通りである。

運輸省第4港湾建設局・小倉調査設計事務所
 運輸省第4港湾建設局・門司港工事事務所
 北九州港管理組合
 運輸省港湾技術研究所

②現場視察

表5-1 門司港における調査鋼構造物

構造物名	水深 (m)	鋼 矢 板			延長 (m)	施工 年	経過期間 (yr)	防 食 法	測定年月
		タイプ	t (mm)	ℓ (m)					
田の浦3岸壁(セル)	-10	YSP-F	9.5		185	S.34	9	外部電源方式	S.43・8
田の浦4岸壁(セル)	-10	YSP-F	9.5		185	S.37	6	外部電源方式	S.43・8

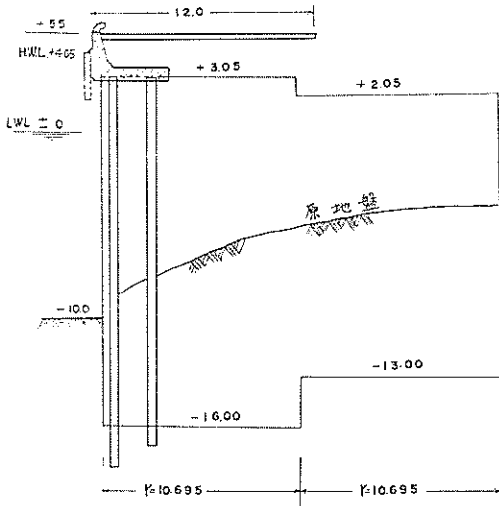


図 5-3 田の浦 4 岸壁断面図

③使用機器の点検

8月21日

①付着物除去

3 岸壁

- No. 1 (+1m, ±0m, -1m, -3m, -5m, -7mのA, B, C—①～③)
- No. 2 (+1m, ±0m, -1m, -3m, -5m, -7mのA, B, C—①～③)
- No. 3 (+1m, ±0m, -1m, -3m, -5m, -7mのA, B, C—①～③)

②採水

3 岸壁

No. 1, No. 2, No. 3 の各 4 深度

4 岸壁

No. 1, No. 2, No. 3 の各 4 深度

8月22日

①付着物除去

4 岸壁

- No. 1 (+1m, ±0m, -1m, -3m, -5m, -7m, -9mのA, B, C—①～③)
- No. 3 (+1m, ±0m, -1m, -3m, -5m, -7mのA, B, C—①～③)
- No. 5 (+1m, ±0m, -1m, -3m, -5m, -7m, -9mのA, B, C—①～③)
- No. 7 (+1m, ±0m, -1m, -3m, -5m, -7mのA, B, C—①～③)

8月23日

①肉厚測

4 岸壁, 超音波式探傷厚み計による

- No. 1 (+1m, ±0m, -1m, -3m, -5m, -7m, -9mのA, B, C—①～③)
- No. 3 (+1m, ±0m, -1m, -3m, -5m, -7mのA, B, C—①～③)
- No. 5 (+1m, ±0m, -1m, -3m, -5m, -7m, -9mのA, B, C—①～③)
- No. 7 (+1m, ±0m, -1m, -3m, -5m, -7mのA, B, C—①～③)

4 岸壁, 超音波式共振厚み計による

- No. 1 (+1m, ±0m, -1m, -3m, -5m, -7m, -9mのA, B, C—①～③)
- No. 3 (+1m, ±0m, -1m, -3m, -5mのA, B, C—②)
- No. 5 (+1m, ±0m, -1m, -3m, -5m, -7m, -9mのA, B, C—②と①, ③の1部)
- No. 7 (+1m, ±0m, -1m, -3m, -5m, -7mのA, B, C—②)

8月24日

①肉厚測定

3 岸壁, 超音波式探傷厚み計

- No. 1 (+1m, ±0m, -1m, -3m, -5m, -7mのA, B, C—①～③)
- No. 2 (+1m, ±0m, -1m, -3m, -5m, -7mのA, B, C—①～③)
- No. 3 (+1m, ±0m, -1m, -3m, -5m, -7mの②)

②電位測定

9月1日～9月2日

①付着物の除去

4 岸壁, No. 1, No. 3, No. 5, No. 7 について再び除去した。

9月3日

①肉厚測定

4 岸壁, 超音波式探傷厚み計による再測定

②調査岸壁に関する資料の収集

③機器および採水の梱包および発送

この外, 肉眼観察および写真撮影は肉厚測定と平行して行なった。なお, 付着物の除去, 超音波式厚み計探触子の鋼矢板面への吸着, 海水面下鋼矢板面の肉眼観察などの水中作業は運輸省第 4 港湾建設局・門司港工事事務所の職員が, また厚み計本体の操作, 海水面上鋼矢板面の肉眼観察および写真撮影などの海水面上の作業は門司港工事事務所職員の協力を得て港湾技術研究所の職員が

行なった。

5・4 使用機器および用具

本調査で使用した機器および用具類は、次の通りである。

- (1) 超音波式探傷厚み計一式（本体、探触子、高周波ケーブルなど）
- (2) 超音波式共振厚み計一式（本体、探触子、モニター、高周波ケーブル、水晶振動子など）
- (3) 基準鋼板（材質 SYII）
- (4) スクレーパーおよびハンマー
- (5) 採水器（北原式）および貯水瓶
- (6) カメラおよびフィルム
- (7) 記録用紙および筆記用具
- (8) コープおよび紐
- (9) 折尺
- (10) レッド
- (11) ドライバー、ビニール・テープ、ニッパ、半田鋏、ペーパー、ワイヤ・ブラシ、シリコン・グリスなど
- (12) ビニール袋およびマジック・インク
- (13) 金剛砥石
- (14) その他

5・5 調査カ所

調査カ所は次の通りである。

5・5・1 肉厚測定カ所

鋼矢板の肉厚測定カ所は現地打合せの結果、超音波式探傷厚み計と超音波式共振厚み計による肉厚測定に対して図5-4、図5-5に示すように田の浦3岸壁ではNo.1～No.3の3地点、田の浦4岸壁ではNo.1～No.4の4地点、計7地点を設定した。この場合の各測定地点

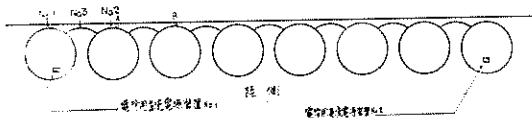


図 5-4 田の浦3岸壁測定地点

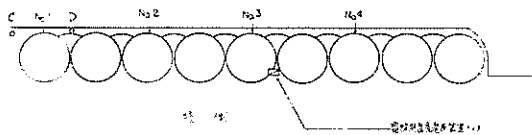


図 5-5 田の浦4岸壁測定地点

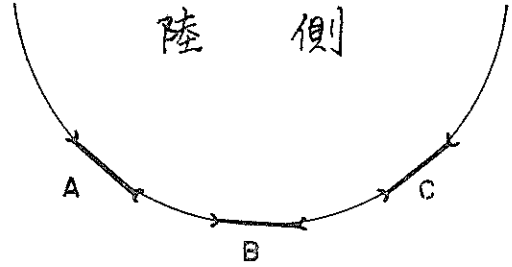


図 5-6 1 測定地点における鋼矢板

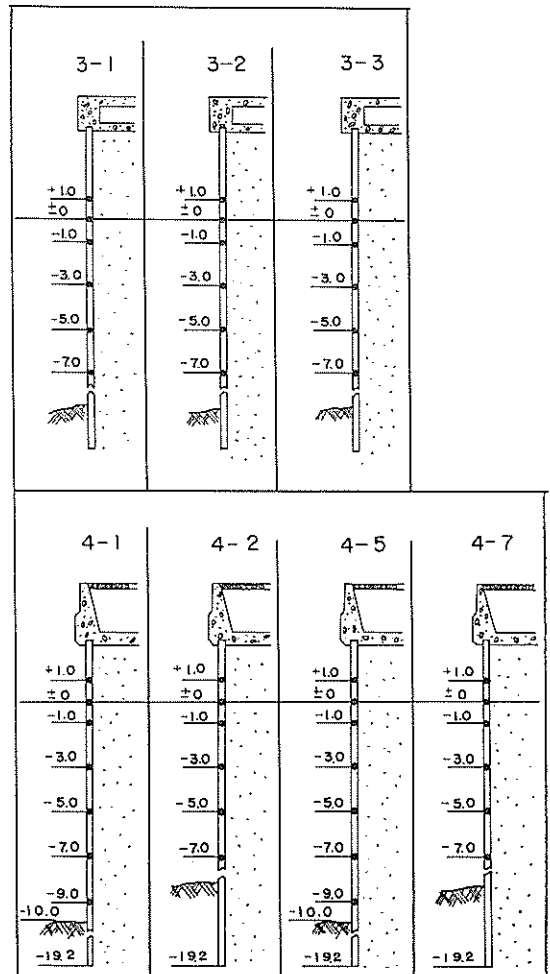


図 5-7 測定点（深度方向）

は図5-4、図5-5からわかるようにそれぞれ1コのセルまたはセルを結ぶアークを指しており、各測定地点はさらに図5-6のようにA、B、Cの3枚の鋼矢板に分かれる。ただし、3岸壁のNo.3のみはアークであるため1枚の鋼矢板を測定の対象とした。

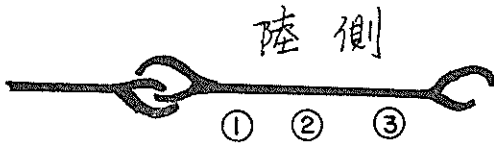


図 5-8 測定点 (断面方向)

次に各測定鋼矢板に対する深度方向の測定点は図 5-7 の通りである。また各深度における断面方向の測定点は図 5-8 のように①, ②, ③の 3 点である。

5・5・2 採水地点

採水は表 5-2 の地点で行なった。

表 5-2 門司港における採水地点 (○印)

水深 (m)	3 岸 壁			4 岸 壁		
	No. 1	No. 2	No. 3	No. 1	No. 2	No. 3
± 0	○	○	○	○	○	○
- 1	○	○	○	○	○	○
- 5	○	○	○	○	○	○
- 7	○	○	○	○	○	○

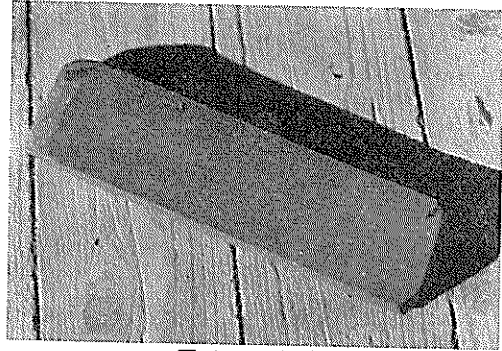


図 5-9 金剛砥石



図 5-10 潜水準備

5・6 調査項目および調査方法

調査は鋼矢板の現有肉厚の測定および肉厚減量の算出、観察、水質試験、電位の測定について行なった。なお、この外に鋼材片の切り取りによる破壊調査を実施する予定であったが現地の都合により取り止めた。調査の方法は次の通りである。

5・6・1 鋼矢板の現有肉厚測定

鋼矢板の現有肉厚測定前に行なう付着物除去および鋼材面の研磨は最初、第 1 報、4・4 (付着物の除去および鋼材面の研磨, p. 32~33) によった。しかし超音波式共振厚み計の探触子を押しあててみると良好な共振波形がブラウン管に出にくい箇所が多いので 2・3 のようにさらに鋼矢板面を金剛砥石で研磨した。使用した砥石は図 5-9 に示すような市販品であり、潜水夫が肉眼で鋼矢板の地肌面が認められるまで砥石でこすった。

超音波式共振厚み計による鋼矢板の肉厚測定は 2・7 に示すように第 1 報、4・8 (p. 37~40) に、また超音波式探傷厚み計による鋼矢板の肉厚測定は 2.8 の方法によったが、現地における肉厚測定状況は次の通りである。

図 5-10 に示すように潜水夫が潜水の準備をしてい

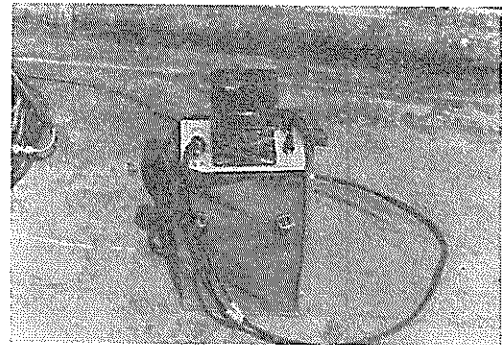


図 5-11 超音波式探傷厚み計



図 5-12 超音波式共振厚み計

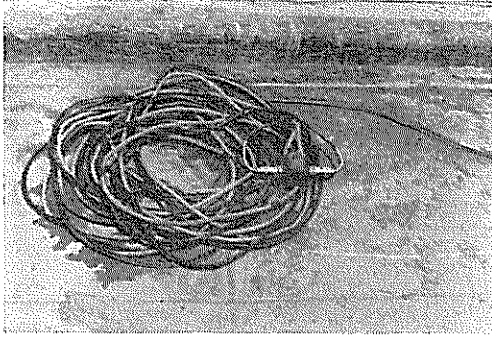


図 5—13 超音波式探傷厚み計の探触子および高周波ケーブル

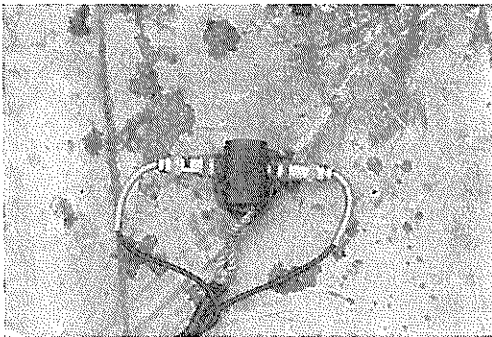


図 5—14 超音波式探傷厚み計の探触子

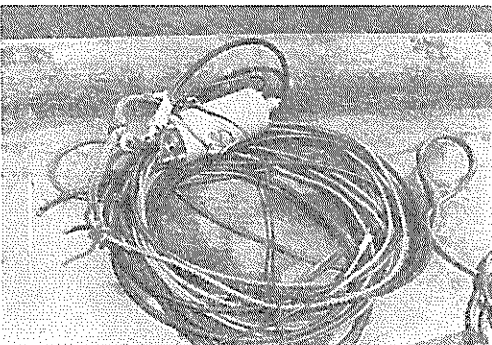


図 5—15 超音波式共振厚み計のモニターおよび高周波ケーブル

間に岸壁上では図 5—11、図 5—12 に示すように両厚み計の本体にそれぞれの探触子を接続する。このとき本体の探触子を結ぶ高周波ケーブルには図 5—13～図 5—15 に示すようにケーブルに無理な張力がかからないようにロープをケーブルと併用した。

潜水夫が測定鋼矢板面の前面に達したらまず探傷式厚み計の探触子を岸壁上より下ろして探触子を潜水夫に届ける。潜水夫は所定の測定鋼矢板面に探触子を押しあて

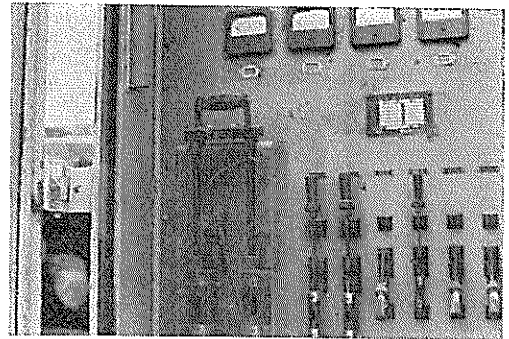


図 5—16 超音波式共振厚み計の電源

吸着させると直ちに岸壁上に設置した本体で肉厚を 1 人の係員が読み取り、これを他の係員が測定用紙に記入する。次に探触子を共振式厚み計のものと取り替えて探傷式厚み計と同じ操作を行なう。ただし、共振式厚み計の探触子は図 5—15 に示すようにモニターの先に細い高周波ケーブル (2 m) で接続してあるので、この場合はモニターはロープ (本体とモニター間のケーブル補強用) で測定深度の鋼矢板面付近に岸壁上から吊り下げておき潜水夫は探触子だけを手に持って鋼矢板面に押しあてた。また探傷式厚み計による肉厚測定は図 5—8 の①、②、③について行なったが、共振式厚み計による肉厚測定は②のみについて行なった。

以上のようにあらかじめ付着物を除去した各測定地点について超音波式探傷厚み計および超音波式共振厚み計による肉厚測定を順次行なった。なお、共振式厚み計用の電源は図 5—16 に示すように田の浦岸壁電気防食用の整流器 (入力側) を利用した。

5・6・2 観察

観察は 2・4 に示すように第 1 報、4・6 (4・6・1 海水上, p. 33, 4・6・2 (1) 採取した付着物の観察, p. 33) によった。

5・6・3 水質試験

水質試験は 2・12 に示すように第 1 報、4・13, (1) (外観, p. 44), (2) (pH, p. 44～45), (3) (塩素イオン, p. 45) によった。

5・6・4 電位測定

鋼矢板の電位測定は図 5—17 のように行なった。電位測定位置は 3 岸では図 5—4 の A, B 2 地点, 4 岸では図 5—5 の C, D 2 地点である。なお、参考として今回の調査以前に行なわれた電位測定位置を図 5—18 に示

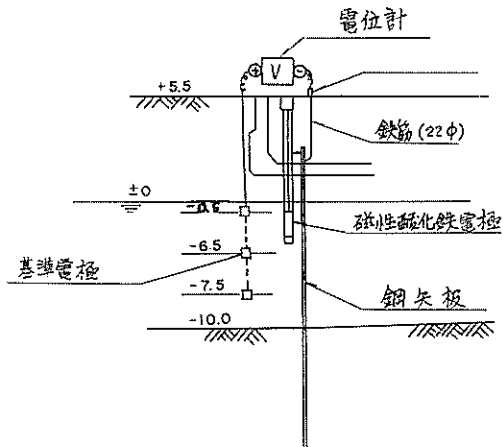


図 5-17 鋼矢板構造物の防食電位測定要領

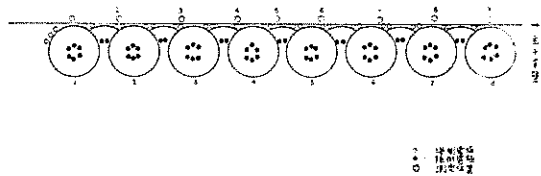


図 5-18 田の浦 3 岸壁防食電位測定位置

す。

5・7 調査結果

5・7・1 鋼矢板の肉厚測定結果

超音波式探傷厚み計と超音波式共振厚み計による鋼矢板の現有肉厚測定結果は 3 岸壁では表 5-3、表 5-

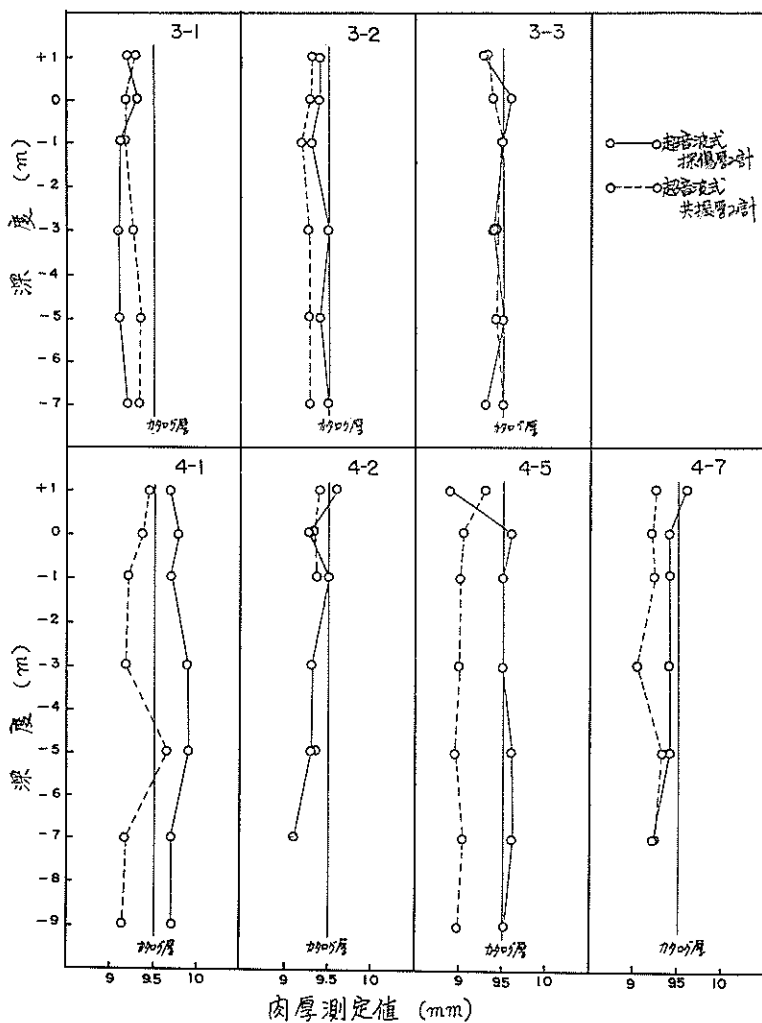


図 5-19 門司港における鋼矢板肉厚測定値

表 5 - 3 田の浦 3 岸壁の鋼矢板肉厚測定結果

超音波式探傷厚み計による 単位：mm

測定地点	深度 (m)	A			B			C		
		①	②	③	①	②	③	①	②	③
1	+1	9.6	9.3	9.5	9.0	9.0	9.1	9.3	9.3	8.9
	±0	9.4	9.1	9.4	9.5	9.2	9.5	9.3	8.8	9.1
	-1	8.7	9.1	9.3	9.8	9.1	9.4	9.1	8.9	9.0
	-3	9.0	8.8	9.5	8.9	9.1	9.0	9.1	9.0	9.1
	-5	9.4	8.9	9.0	9.3	9.0	9.3	9.0	9.1	9.1
	-7	9.2	9.3	9.5	9.5	9.2	9.3	8.7	9.1	9.3
2	+1	9.7	9.5	9.1	9.5	9.1	9.0	9.7	9.6	9.5
	±0	9.5	9.4	9.3	9.9	9.5	9.5	9.6	8.6	9.5
	-1	9.1	9.4	9.8	9.4	9.1	9.1	9.5	9.1	9.3
	-3	10.0	9.4	9.2	9.5	9.4	9.3	9.6	9.3	9.6
	-5	9.3	9.3	9.2	9.5	9.2	9.2	9.5	9.5	9.6
	-7	8.7	9.8	9.6	9.3	9.5	9.5	9.6	9.5	9.6
3※	+1				9.4	9.1	9.5			
	±0				9.8	9.5	9.6			
	-1				9.5	9.4	9.5			
	-3				9.3	9.5	9.5			
	-5				9.8	9.3	9.4			
	-7				9.6	9.2	9.0			

※ アーク

表 5 - 4 田の浦 3 岸壁の鋼矢板肉厚測定結果

超音波式共振厚み計による 単位：mm

測定地点	深度 (mm)	A			B			C		
		①	②	③	①	②	③	①	②	③
1	+1	—	9.18	9.28	9.28	9.36	9.44	—	9.24	—
	±0	—	9.22	—	—	9.38	9.14	—	9.06	—
	-1	—	—	9.06	—	9.36	—	9.06	9.09	8.85
	-3	8.95	8.98	8.94	—	9.44	—	—	9.26	9.45
	-5	9.36	9.20	—	9.51	9.40	9.40	9.22	9.31	9.45
	-7	9.40	9.12	9.38	9.46	9.46	9.42	9.22	9.18	9.06
2	+1	—	—	—	—	9.36	9.32	9.24	9.32	9.38
	±0	—	—	—	—	9.32	—	9.38	9.22	—
	-1	—	9.04	—	9.18	9.28	9.14	—	9.36	9.44
	-3	—	9.06	8.88	9.18	9.14	9.26	9.38	9.38	9.56
	-5	8.74	8.74	9.42	—	9.38	9.42	9.44	9.50	9.54
	-7	9.12	—	—	9.54	9.44	8.90	9.46	9.46	9.48
3	+1				9.34	9.34	9.30			
	±0				9.40	9.38	9.44			
	-1				9.48	9.46	9.59			
	-3				9.58	9.36	9.40			
	-5				9.46	9.42	9.42			
	-7				9.64	9.35	9.47			

表 5 - 5 田の浦 4 岸壁の鋼矢板肉厚測定結果

超音波式探傷厚み計による 単位: mm

測 定 地 点	深 度 (m)	A			B			C		
		①	②	③	①	②	③	①	②	③
1	+1	10.0	9.8	9.6				10.1	10.6	10.8
	±0	10.2	10.2	10.8	9.0	9.5	10.0	9.4	10.5	10.6
	-1	10.0	9.3	10.2	10.5	9.8	9.6	9.5	10.0	10.6
	-3	10.4	9.8	10.5	10.0	10.2	10.5	10.5	11.0	10.8
	-5	10.4	10.0	9.8	10.6	9.8	10.5	10.4	10.0	9.8
	-7	9.8	9.2	9.8	10.2	10.0	10.2	10.5	10.0	10.0
	-9	9.6	9.2	9.6	9.6	9.5	9.2	10.5	10.6	11.0
3	+1	10.5	9.8	9.8	9.5	10.2	8.8	9.5	9.6	9.0
	±0	10.0	9.6	9.4	9.6	9.0	8.9	9.0	9.0	9.0
	-1	10.0	9.8	10.0	9.8	9.0	10.0	9.1	9.0	9.0
	-3	10.2	10.0	9.5	9.5	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0
	-5	9.4	9.6	9.8	9.5	9.0	8.8	9.2	9.0	9.0
	-7	9.5	9.0	9.2	9.5	8.8	9.0	9.2	9.0	9.0
5	+1	8.8	9.0	8.8	9.0	9.0	8.7			
	±0	9.2	9.5	9.4	9.2	9.4	9.5	9.5	10.2	9.6
	-1	9.5	9.0	9.0	9.0	8.8	10.0	9.6	10.2	10.2
	-3	9.2	9.0	8.8	10.0	9.5	9.4	9.5	10.2	10.4
	-5	9.2	9.0	9.0	9.5	10.0	9.7	9.6	10.0	10.0
	-7	9.4	9.0	9.0	10.0	9.6	9.2	10.0	10.0	10.0
	-9	9.4	9.0	9.6	9.0	9.6	9.5	10.0	9.8	10.0
7	+1	9.6	9.8	9.8	9.6	9.4	9.8	9.2	9.5	9.8
	±0	9.5	9.5	9.6	9.6	9.4	10.0	9.2	9.0	9.0
	-1	9.4	9.5	9.5	9.5	9.6	9.8	9.0	9.2	9.0
	-3	9.2	9.5	9.4	9.6	9.5	9.2	9.0	9.5	9.4
	-5	9.3	9.6	9.8	9.8	9.1	9.0	9.0	9.0	10.0
	-7	9.0	9.4	9.3	9.4	9.2	9.2	9.0	9.4	9.0

表 5 - 6 田の浦 4 岸壁の鋼矢板肉厚測定結果

超音波式共振厚み計による 単位：mm

測定地点	深度 (m)	A			B			C		
		①	②	③	①	②	③	①	②	③
1	+1	—	—	—	—	—	—	—	9.44	—
	±0	—	—	—	9.34	9.29	—	—	—	9.42
	-1	9.12	—	—	9.16	—	9.42	9.34	9.00	9.66
	-3	—	—	9.18	—	9.08	—	9.26	9.23	—
	-5	—	—	—	—	—	—	9.66	—	—
	-7	—	9.06	9.26	—	—	—	9.12	—	9.22
	-9	9.14	—	9.24	—	9.55	—	9.58	9.23	9.39
3	+1	—	9.40	—	—	—	—	—	—	—
	±0	—	—	—	—	—	—	—	9.32	—
	-1	—	9.38	—	—	—	—	—	—	—
	-3	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	-5	—	9.44	—	—	—	—	—	9.24	—
	-7	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5	+1	9.14	9.48	—	—	—	—	—	9.30	—
	±0	—	8.70	9.18	—	8.42	—	—	8.91	—
	-1	9.22	8.73	—	—	—	—	—	9.04	—
	-3	8.68	—	—	—	—	—	—	9.02	—
	-5	—	—	—	—	—	—	—	8.94	—
	-7	—	8.90	—	—	—	—	—	9.16	—
	-9	—	8.74	—	—	—	—	—	9.20	—
7	+1	—	9.42	—	—	—	—	—	9.05	—
	±0	—	9.22	—	—	9.46	—	—	8.94	—
	-1	—	9.14	—	—	9.10	—	—	9.45	—
	-3	—	9.12	—	—	—	—	—	8.91	—
	-5	—	9.32	—	—	—	—	—	—	—
	-7	—	9.32	—	—	9.10	—	—	—	—

表5-7 門司港における鋼矢板腐食量(1)

超音波式探傷厚み計による

岸壁名	測定地点	深度(m)	初期肉厚(mm)	現有肉厚(mm)					肉厚減少量(mm)			
				A	B	C	平均值	標準偏差	A	B	C	平均值
田の浦	1	+1	9.5	9.5	9.0	9.2	9.2	0.3	0	0.5	0.3	0.3
		±0	9.5	9.3	9.4	9.1	9.3	0.3	0.2	0.1	0.4	0.2
		-1	9.5	9.0	9.4	9.0	9.1	0.5	0.5	0.1	0.5	0.4
		-3	9.5	9.1	9.0	9.1	9.1	0.2	0.4	0.5	0.4	0.4
		-5	9.5	9.1	9.2	9.1	9.1	0.2	0.4	0.3	0.4	0.4
		-7	9.5	9.3	9.3	9.0	9.2	0.2	0.2	0.2	0.5	0.3
3岸壁	2	+1	9.5	9.4	9.2	9.6	9.4	0.3	0.1	0.3	-0.1	0.1
		±0	9.5	9.4	9.6	9.2	9.4	0.3	0.1	-0.1	0.3	0.1
		-1	9.5	9.4	9.2	9.3	9.3	0.3	0.1	0.3	0.2	0.2
		-3	9.5	9.5	9.4	9.5	9.5	0.3	0	0.1	0	0
		-5	9.5	9.3	9.3	9.5	9.4	0.2	0.2	0.2	0	0.1
		-7	9.5	9.4	9.4	9.6	9.5	0.3	0.1	0.1	-0.1	0
3		+1	9.5				9.3	0.2				0.2
		±0	9.5				9.6	0.2				-0.1
		-1	9.5				9.5	0.1				0
		-3	9.5				9.4	0.1				0.1
		-5	9.5				9.5	0.3				0
		-7	9.5				9.3	0.3				0.2

表5-8 門司港における鋼矢板腐食量(2)

超音波式共振厚み計による

岸壁名	測定地点	深度(m)	初期肉厚(mm)	現有肉厚(mm)					肉厚減少量(mm)			
				A	B	C	平均值	標準偏差	A	B	C	平均值
田の浦	1	+1	9.5	9.23	9.36	9.24	9.28	0.09	0.27	0.14	0.26	0.22
		±0	9.5	9.22	9.26	9.06	9.18	0.12	0.28	0.24	0.44	0.32
		-1	9.5	9.06	9.36	9.00	9.14	0.17	0.44	0.14	0.50	0.36
		-3	9.5	8.96	9.44	9.36	9.25	0.24	0.54	0.06	0.14	0.25
		-5	9.5	9.28	9.44	9.33	9.35	0.10	0.22	0.06	0.17	0.15
		-7	9.5	9.30	9.45	9.15	9.30	0.15	0.20	0.05	0.35	0.20
3岸壁	2	+1	9.5	—	9.34	9.31	9.33	—	—	0.16	0.19	0.17
		±0	9.5	—	9.32	9.30	9.31	—	—	0.18	0.20	0.19
		-1	9.5	9.04	9.20	9.40	9.21	0.14	0.46	0.30	0.10	0.29
		-3	9.5	9.20	9.19	9.44	9.28	0.21	0.30	0.31	0.06	0.22
		-5	9.5	8.97	9.40	9.49	9.29	0.31	0.53	0.10	0.01	0.21
		-7	9.5	9.12	9.29	9.47	9.29	0.23	0.38	0.21	0.03	0.21
3		+1	9.5				9.33	0.02				0.17
		±0	9.5				9.41	0.02				0.09
		-1	9.5				9.51	0.07				-0.01
		-3	9.5				9.45	0.10				0.05
		-5	9.5				9.43	0.02				0.07
		-7	9.5				9.49	0.12				0.01

表5-9 門司港における鋼矢板腐食量(3)

超音波式探傷厚み計による

岸壁名	測定地点	深度(m)	初期肉厚(mm)	現有肉厚(mm)					肉厚減量(mm)			
				A	B	C	平均值	標準偏差	A	B	C	平均值
田 の 浦 岸 壁	1	+1	9.5	9.8		9.5	9.7	0.2	-0.3		0	-0.2
		±0	9.5	10.0	9.5	9.8	9.8	0.2	-0.5	0	-0.3	-0.3
		-1	9.5	9.7	9.6	9.8	9.7	0.1	-0.2	-0.1	-0.3	-0.2
		-3	9.5	9.9	9.8	9.9	9.9	0.1	-0.4	-0.3	-0.4	-0.4
		-5	9.5	9.8	9.8	10.0	9.9	0.1	-0.3	-0.3	-0.5	-0.4
		-7	9.5	9.6	9.6	9.9	9.7	0.1	-0.1	-0.1	-0.4	-0.2
		-9	9.5	9.5	9.8		9.7	0.2	0	-0.3		-0.2
	3	+1	9.5	10.0	9.5	9.4	9.6	0.3	-0.5	0	0.1	-0.1
		±0	9.5	9.7	9.2	9.0	9.3	0.3	-0.2	0.3	0.5	0.2
		-1	9.5	9.9	9.6	9.0	9.5	0.4	-0.4	-0.1	0.5	0
		-3	9.5	9.7	9.2	9.0	9.3	0.2	-0.2	0.3	0.5	0.2
		-5	9.5	9.6	9.1	9.1	9.3	0.2	-0.1	0.4	0.4	0.2
		-7	9.5	9.2	9.1	9.1	9.1	0.1	0.3	0.4	0.4	0.4
	4 5	+1	9.5	8.9	8.9		8.9	0	0.6	0.6		0.6
		±0	9.5	9.4	9.4	9.8	9.6	0.2	0.1	0.1	-0.3	-0.1
		-1	9.5	9.2	9.3	10.0	9.5	0.4	0.3	0.2	-0.5	0
		-3	9.5	9.0	9.6	10.0	9.5	0.4	0.5	-0.1	-0.5	0
		-5	9.5	9.1	9.7	9.9	9.6	0.6	0.4	-0.2	-0.4	-0.1
		-7	9.5	9.1	9.6	10.0	9.6	0.4	0.4	-0.1	-0.5	-0.1
		-9	9.5	9.3	9.4	9.9	9.5	0.3	0.2	0.1	-0.4	0
	7	+1	9.5	9.7	9.6	9.5	9.6	0.1	-0.2	-0.1	0	-0.1
±0		9.5	9.5	9.7	9.1	9.4	0.2	0	-0.2	0.4	0.1	
-1		9.5	9.5	9.6	9.1	9.4	0.2	0	-0.1	0.4	0.1	
-3		9.5	9.4	9.4	9.3	9.4	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	
-5		9.5	9.6	9.3	9.3	9.4	0.2	-0.1	0.2	0.2	0.1	
-7		9.5	9.2	9.3	9.1	9.2	0.1	0.3	0.2	0.4	0.3	

表 5-10 門司港における鋼矢板肉厚減少量

超音波式共振厚み計による

岸壁名	測定地点	深 度 (m)	初期肉厚 (mm)	現 有 肉 厚 (mm)					肉 厚 減 量 (mm)				
				A	B	C	平均値	標準偏差	A	B	C	平均値	
田 の 浦 4 岸 壁	1	+1	9.5	—	—	9.44	9.44	0	—	—	0.06	0.06	
		±0	9.5	—	9.32	9.42	9.37	0.05	—	0.18	0.08	0.13	
		-1	9.5	9.12	9.29	9.22	9.21	0.07	0.38	0.21	0.28	0.29	
		-3	9.5	9.18	9.08	9.25	9.17	0.07	0.32	0.42	0.25	0.33	
		-5	9.5	—	—	9.66	9.66	0	—	—	-0.16	-0.16	
		-7	9.5	9.16	—	9.17	9.17	0.01	0.34	—	0.33	0.33	
		-9	9.5	9.19	8.83	9.40	9.14	0.24	0.31	0.67	0.10	0.36	
	3	+1	9.5	9.40	—	—	9.40	9.40	0	0.10	—	0	0.10
		±0	9.5	—	—	9.32	9.32	0	—	—	0.18	0.18	
		-1	9.5	9.38	—	—	9.38	9.38	0	0.12	—	—	0.12
		-3	9.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		-5	9.5	9.44	—	—	9.24	9.34	0.10	0.06	—	0.26	0.16
		-7	9.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	5	+1	9.5	9.31	—	—	9.30	9.31	0.01	0.19	—	0.20	0.19
		±0	9.5	9.10	9.14	8.91	9.05	9.05	0.10	0.40	0.36	0.59	0.45
		-1	9.5	8.98	—	9.04	9.01	9.01	0.03	0.52	—	0.46	0.49
		-3	9.5	8.96	—	9.02	8.99	8.99	0.03	0.54	—	0.48	0.51
		-5	9.5	—	—	8.94	8.94	8.94	0	—	—	0.56	0.56
		-7	9.5	8.90	—	9.16	9.03	9.03	0.13	0.60	—	0.34	0.47
		-9	9.5	8.74	—	9.20	8.97	8.97	0.23	0.76	—	0.30	0.53
	7	+1	9.5	9.42	—	—	9.05	9.24	0.19	0.08	—	0.45	0.26
±0		9.5	9.22	9.46	8.94	9.21	9.21	0.21	0.28	0.04	0.56	0.29	
-1		9.5	9.14	9.10	9.45	9.23	9.23	0.16	0.36	0.40	0.05	0.27	
-3		9.5	9.12	—	8.91	9.02	9.02	0.11	0.38	—	0.59	0.48	
-5		9.5	9.32	—	—	9.32	9.32	0	0.18	—	—	0.18	
-7		9.5	9.32	9.10	—	—	9.21	9.21	0.11	0.18	0.40	—	0.29



図 5-20 3岸中央付近のセメント積出設備

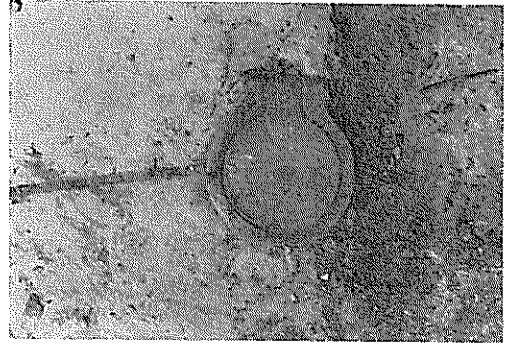


図 5-24 電位測定用端子 (1)



図 5-21 4岸5セル～7セル付近



図 5-25 岸壁上の木皮

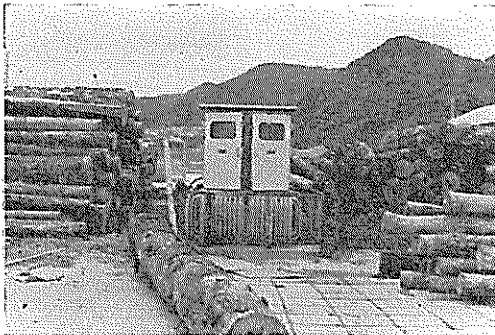


図 5-22 電気防食用電源 (1)

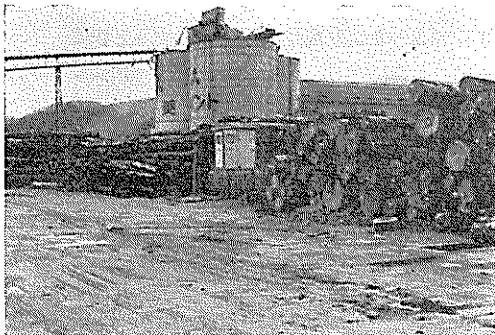


図 5-23 電気防食用電源 (2)

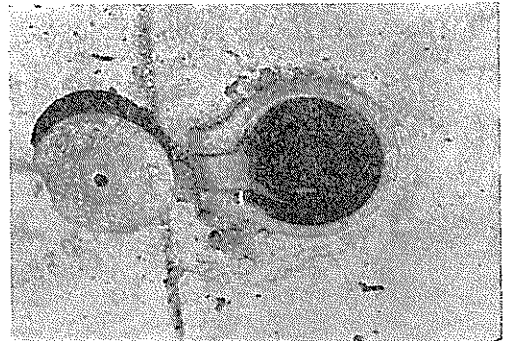


図 5-26 電位測定用端子 (2)

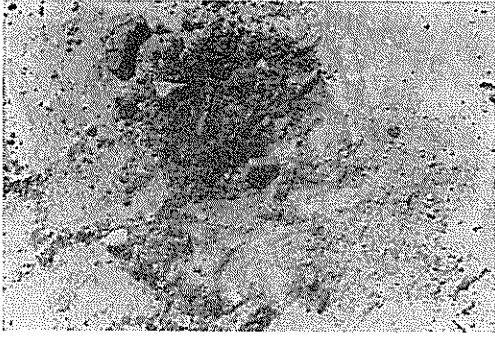


図 5-27 電位測定用端子 (3)

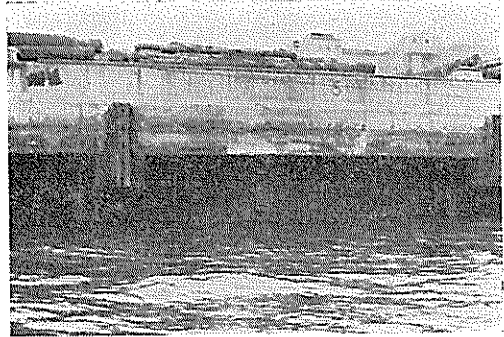


図 5-31 4岸5セル

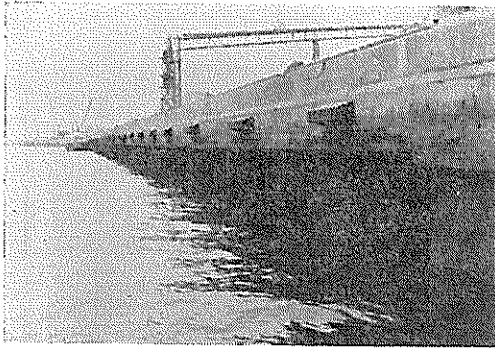


図 5-28 3岸より4岸を望む

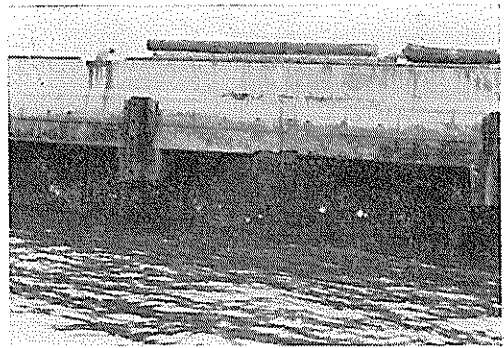


図 5-32 4岸

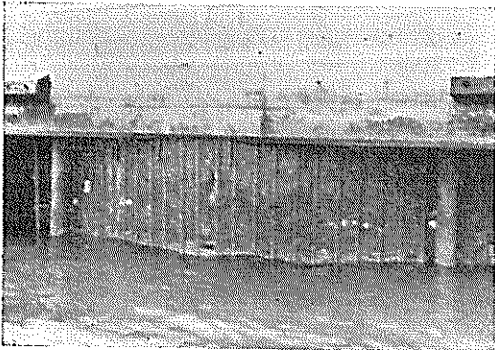


図 5-29 3岸1セル



図 5-33 4岸7セル

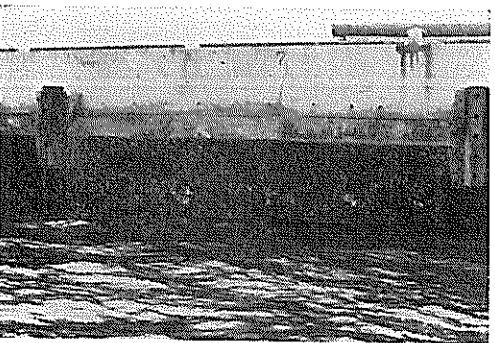


図 5-30 3岸2セル

4, 4岸壁では表5-5, 表5-6の通りである。表5-3~表5-6より肉厚減量を算出すると表5-7~表5-10のようになる。表5-7~表5-10より初期肉厚と現有肉厚の関係を図示してみると図5-19のようになる。なお、表5-3~表5-6のうち空欄は都合により測定しなかったところであり、また横線のところは鋼矢板面の凹凸や弯曲などのために良好な共振波形がでなくて測定不能のところである。

5・7・2 観察結果

(1) 鋼矢板岸壁

3岸壁の中央付近には図5—20のようなセメント積出し施設があり積出し用の船が接岸するが、3岸壁の両端付近および4岸壁は木材の荷降ろしに使用されている。図5—21に4岸5セル〜7セル付近を示す。図5—20、図5—21からわかるように3岸壁、4岸壁とも上部工の陥没などの異常は認められない。両岸壁上には電気防食（外部電源方式）用の電源としての整流器が設置されているが図5—22、図5—23のように木材に囲まれている。また鋼矢板の防食電位を測定するための端子は図5—24のように蓋で覆われているが、図5—25のように木皮で隠されていたり図5—26のように蓋が破損したり、または図5—27のように蓋がなくなって土中に埋没してしまったものもある。

次に、海水面上の鋼矢板面の状況を示す。図5—28は3岸から4岸を眺めたところ、図5—29は3岸1セル、図5—30は3岸2セル、図5—31は4岸5セル、図5—32は4岸、図5—33は4岸7セルの海水面上の鋼矢板面である。これらの図からわかるように海面上鋼矢板面は丁度潮位間に位置しており一面にフジツボが付着しているが発錆はほとんど見られない。

一方、海水面下の鋼矢板の状況についての潜水夫の観察は次の通りである。

(イ) 電気防食（外部電源方式）の電極がなくなって電線のまま海水中にさらされているところがあり、潜水夫が水中作業のときこの電線に手が触れて肘付近までびりびりしたことがある。

(ロ) 断線したところから電流がある部分に集中的に流入したためか鋼矢板面の一部に白色固結物のあるところが4岸5セル付近に見られた。

(ハ) 付着物を除去した鋼矢板面には1mm〜2mm位の深さの凹みが点在しているところがある。

5・7・3 水質試験結果

水質試験結果は表5—11の通りである。

5・7・4 電気防食の状況

岸壁の防食電位は表5—12、表5—13の通りである。

5・8 考察

以上の調査結果より次のことが考察される。

(1) 超音波式厚み計の現地適用性

超音波式探傷厚み計と超音波式共振厚み計の適用率を算出してみると次のようになる。

超音波式探傷厚み計の適用率

3岸壁

表 5—11 門司港における水質試験結果

採水地点	水深(m)	外観	pH	Cl ⁻ (%)	
3岸壁	No.1	水面	無色	7.50	18.16
		-1	無色	7.24	18.23
		-5	無色	7.34	18.32
		-7	無色	7.14	18.23
	No.2	水面	無色	7.08	18.48
		-1	無色	7.22	18.38
		-5	無色	7.58	18.07
		-7	無色	7.24	18.54
	No.3	水面	無色	7.28	18.38
		-1	無色	7.74	18.70
		-5	無色	7.18	18.60
		-7	無色	7.26	18.16
4岸壁	No.1	水面	無色	7.24	18.66
		-1	無色	7.14	20.60
		-5	無色	7.12	18.60
		-7	無色	7.22	22.92
	No.2	水面	無色	7.12	19.33
		-1	無色	7.06	18.70
		-5	無色	7.24	18.01
		-7	無色	7.28	21.36
	No.3	水面	無色	6.94	19.49
		-1	無色	6.96	18.50
		-5	無色	7.14	18.32
		-7	無色	7.08	18.82

全測定点 126

肉厚測定可能な点 126

適用率 126/126×100=100%

4岸壁

全測定点 228

肉厚測定可能な点 228

適用率 228/228×100=100%

超音波式共振厚み計の適用率

3岸壁

全測定点 126

肉厚測定可能な点 93

適用率 93/126×100=74%

4岸壁

全測定点 120

肉厚測定可能な点 60

適用率 60/120×100=50%

以上のように適用率は超音波式探傷厚み計では3岸

表 5—12 田の浦 3 岸壁の鋼矢板電位

(海水塩化銀電極基準)

測定端子	深 度 (m)	端子からの 水平距離(m)	電 位 (mv)	測定端子	深 度 (m)	端子からの 水平距離(m)	電 位 (mv)
A	海水面下 0.3	0	-600	B	-0.3	左 21	-695
		左 3	-595			右 3	-640
		左 6	-585			右 6	-660
		左 9	-600			右 8	-680
		左 13	-600			右 12	-610
		左 16	-580			右 15	-590
		左 19	-595			右 18	-580
		右 3	-590			右 20	-600
		右 6	-580			0	-775
		右 9	-575			0	-790
		右 13	-630			0	-740
		右 16	-600			0	-670
		右 19	-645			0	-660
		B	海水面下 0.3			0	-840
左 2	-720			-6	0	-610	
左 6	-615			-7	0	-610	
左 9	-620			-8	0	-605	
左 12	-690			-9	0	-595	
左 15	-680			-10	0	-570	

表 5—13 田の浦 4 岸壁の鋼矢板電位

(海水塩化銀電極基準)

測定端子	深 度 (m)	端子からの 水平距離(m)	電 位 (mv)	測定端子	深 度 (m)	端子からの 水平距離(m)	電 位 (mv)
C	-0.3	0	-660	D	-0.3	0	-600
			-650				-590
		左 3	-580				-605
			-580			左 3	-600
		左 6	-580				-600
			-590			左 6	-590
		右 3	-630				-590
			-625			右 3	-590
		右 6	-600				-600
			-605			右 6	-600

壁、4岸壁とも100%であるが、超音波式共振厚み計では3岸壁で74%、4岸壁で50%である。超音波式共振厚み計の適用率がこのように低いのは第1報、4・7・1に示すように超音波式共振厚み計は探触子を被測定鋼材面に直接押しあて密着させることが必要なことによる。すなわち、折角鋼材面を十分研磨しても施工時に生じたと思われる鋼矢板の彎曲や腐食による凹みがあれば良好な共振波形は得られず測定不能となる。これに対して超音波式探傷厚み計は図2—5に示すように振動子と被測定鋼材面の距離が一定として測定するため、もし鋼板が彎曲しているとメン・パルスから第1底面波までの距離が変るので誤差の因となる。

(2) 測定肉厚の比較

両厚み計による肉厚測定値を各測定地点の平均値と比較してみると図5—19のようになる。図5—19によれば3岸では両厚み計の測定値は比較的近似しており、その差は0.25mm以内である。これに対して4岸では超音波式探傷厚み計による肉厚の方が超音波式共振厚み計による肉厚より大きい傾向が見られる。4岸での両厚み計の測定値の差は0.7mm以内で3岸における両厚み計の測定値の差の約3倍である。

次に表5—7～表5—10より標準偏差を比較してみると探傷厚み計では3岸より4岸の方が大きい。このように4岸における探傷厚み計の測定値にむらが大きく、共振厚み計の測定値よりも0.7mm内外大きいところもあるのはどういふ理由によるのか鋼材片の切り取りをしていないのではっきりしないが、次のような一因も予想される。すなわち、4岸の方に彎曲した面を持つ鋼矢板があるため超音波式探傷厚み計では振動子と鋼矢板面との距離が平端な鋼矢板面のときよりも大きくなり、この結果第1底面波の立上がり位置が右側にずれて肉厚を大きく目に読む。一方、超音波式共振厚み計では彎曲した鋼矢板面に対しては測定不能となるのでその深度の肉厚平均値の中には含まれないことになる。

(3) 付着物の除去

付着物の除去は最初ハンマー、スクレーラーおよびワイヤ・ブラシで行なったが超音波式共振厚み計による測定が不能の箇所が多かった。鋼矢板が彎曲していることに気付かなかつたため付着物の除去が不十分と判断してさらに金剛砥石による研磨を行なった。金剛砥石で研磨した鋼矢板は完全に付着物除去が確認されたにも拘わらず超音波式共振厚み計による測定は不可能のところがあった。鋼矢板面には大きな凹みもない箇所でも測定不能であるためよく観察したところ鋼矢板面が彎曲していることがわかった。このように測定には手間どつたがこ

のために金剛砥石による付着物除去を思いついた。この方法によれば固く鋼材面についているフジツボなども早く、完全に除去できる。

(4) 調査鋼矢板の腐食量

門司港田の浦岸壁の調査では都合により鋼材片の切り取りを行なわなかつたので超音波式探傷厚み計と超音波式共振厚み計による非破壊調査結果の精度がはっきりしない。表5—7～表5—10によれば田の浦岸壁の肉厚減少量は1mm以内である。したがって表5—7～表5—10に示す肉厚減少量はあまり信がおけない。このため経過期間が長いときには腐食速度(mm/yr)も算出するがここでは算出を省略した。

(5) 電防状況

田の浦3岸壁はエレクトロ・コーティング^(注)併用の外部電源方式による電気防食がS.37年より、また田の浦4岸壁は外部電源方式に電気防食が昭和38年より適用されている。しかし表5—12、表5—13に示すように鋼矢板の電位は-780mv(海水塩化銀電極基準)より100～200mv貴となっておりほとんど防食電流の流入は期待できない。このため電防用直流電源装置の運転状況を過去の資料および今回の調査記録からみてみると表5—14～表5—16のようになる。表5—14～表5—16からわかるように防食電流の流れていない状態がくり返し現われるようである。一方、電位の変動をみてみると田の浦3岸壁では表5—17のようになる。表5—17ではS.40年の測定記録がないがS.41年以降は防食電位に達しないのでその都度電流を調整して防食電位に保つても次回の測定ときには防食電位に達していないため新たに電流調整して防食電位に下げていることがわかる。

鋼材面に外部より電流が流入するとき鋼材面の腐食電池のカソード部の電位は次第に分極してついにはアノード部の電位に達し、鋼材面には電位の不均一がなくなり腐食が防止される。これが電気防食法の原理で鋼材面に電位の不均一がなくなったことを判定するのに電位の測定が行なわれる。このような電位を防食電位とよんでおり、-770mv(飽和甘汞電極基準)または-780mv(海水塩化銀電極基準)としている。したがって防食体の電

(注) 海水中で行なう電極防食法では防食体表面に石灰質の被膜が形成される。この被覆はCaCO₃とMg(OH)₂を主成分とするもので大きな電流を短期間流してこれを積極的に作る方法をElectro Coating法という。ふつう50mA/ft²で5日間通電することを一つの目安としている。

しかし、この方法で生成する被覆は衝撃その他によって剝離してあまり効果が期待できないという見方もある。

表5-14 田の浦3岸壁電防用直流電源装置(No.1)運転状況

単位: A (D.C.)

D.C. メーター	防食 範囲	S. 37												
		8/20 17'00'	8/21 10'45'	8/21 16'50'	8/22 15'40'	8/23 15'00'	8/27 10'30'	9/10 9'30'	9/12 10'00'	9/14 14'00'	9/15 15'00'	9/27 10'05'	9/28 15'00'	10/4 16'00'
1	①海側	24.5	23.0	25.5	25.0	24.5	24.5	25.0	25.0	24.5	25.0	25.0	24.0	25.0
2	②海側	24.5	23.0	25.0	25.0	25.0	25.0	24.5	25.0	25.0	24.5	25.0	24.5	25.1
3	①陸側	19.5	16.0	20.0	20.0	19.0	20.0	19.5	20.0	20.0	20.5	21.5	21.0	22.0
4	②陸側	19.0	15.0	19.5	20.0	18.7	18.5	19.5	19.0	19.0	19.5	19.0	18.0	19.5
5	①陸側	9.3	8.5	10.5	10.0	10.2	10.5	10.5	11.0	10.0	10.0	9.5	9.4	8.7
6	②陸側	9.0	8.0	9.5	10.0	10.2	10.5	9.5	9.5	10.0	9.5	9.5	9.5	9.5
7	③海側	24.0	22.0	24.5	25.0	24.0	23.5	24.5	24.0	24.0	24.5	25.0	25.0	26.0
8	④海側	25.0	23.0	24.5	24.0	24.5	23.0	24.0	24.0	24.0	25.0	26.0	25.5	26.0
9	③陸側	20.0	18.5	20.0	20.0	20.0	20.0	19.0	20.0	20.0	20.0	20.0	19.5	20.0
10	④陸側	19.0	18.0	20.0	19.5	20.0	20.0	19.5	20.5	21.0	20.0	20.0	19.0	19.5
11	③陸側	10.0	9.0	10.5	10.0	10.2	10.0	10.5	11.0	9.0	9.5	9.5	9.3	9.3
12	④陸側	10.0	9.0	10.0	10.0	9.7	10.0	10.5	10.0	10.0	9.5	10.0	9.7	9.8

D.C. メーター	防食 範囲	S. 37	S. 38				S. 41		S. 42				S. 43
		12/1 11'00'	4/11 12'00'	4/13 10'00'	7/2 11'00'	12/7	12/7	5/27	5/27	11/30	11/30	8/22	
1	①海側	25.0	24.0	20.0	19.5			0		0	25.0	20.0	
2	②海側	26.0	25.5	20.0	18.0	25.0	30.0	32.0	25.0	24.0	25.0	15.0	
3	①陸側	10.0	8.0	8.3	5.5			0		0	25.0	0	
4	②陸側	10.0	9.0	10.0	8.0	14.0	18.5	26.0	18.0	16.0	25.0	0	
5	①陸側	4.5	5.0	5.5	5.0			0		0	20.0	0	
6	②陸側	5.0	4.0	4.2	4.0			0		0	20.0	0	
7	③海側	24.0	22.0	20.0	19.0	20.0	21.0	20.0	22.0	21.0	20.0	0	
8	④海側	25.0	23.0	20.0	19.0	19.0	21.0	20.0	21.0	20.0	20.0	16.0	
9	③陸側	10.5	9.0	10.0	10.0			0		0	10.0	0	
10	④陸側	9.5	9.0	9.5	7.5	17.5	19.0	18.0	20.0	0	10.0	0	
11	①陸側	4.5	1.5	4.0	2.3			18.0		0	10.0	0	
12	④陸側	4.5	4.0	5.0	4.5							0	

表 5-15 田の浦 3 岸壁電防用直流電源装置 (No. 2) 運転状況

単位: A (D. C.)

D. C. ノーズ	防食 範囲	S. 37												
		8/20 17° 00'	8/21 10° 45'	8/21 16° 50'	8/22 15° 40'	8/23 13° 30'	8/27 10° 30'	9/10 9° 30'	9/12 10° 00'	9/14 14° 00'	9/15 15° 00'	9/27 10° 00'	9/28 15° 00'	10/4 16° 00'
1	㊸海側	24.0	23.0	25.0	25.0	24.5	23.0	24.0	23.5	23.0	25.0	25.0	24.5	25.0
2	㊹海側	25.0	24.0	25.0	25.0	24.5	23.0	24.0	25.5	25.0	25.0	24.5	24.0	25.0
3	㊺陸側	18.0	20.0	21.0	20.0	20.5	20.0	20.0	20.5	21.0	21.5	21.0	21.0	21.5
4	㊻陸側	19.0	18.0	20.0	19.5	19.5	20.0	20.0	20.5	20.0	20.0	21.0	21.0	22.0
5	㊼陸側	9.0	11.0	10.0	10.0	10.0	9.5	10.0	9.5	10.0	9.5	8.5	9.3	9.5
6	㊽陸側	9.0	8.0	10.5	10.0	9.5	9.5	10.0	9.5	9.5	10.0	9.0	9.5	9.8
7	㊾海側	24.5	23.0	25.5	25.0	24.5	23.5	24.5	25.0	25.0	24.5	24.0	24.5	25.0
8	㊿海側	24.5	22.5	25.5	25.0	24.5	24.0	25.0	24.5	25.0	25.0	25.0	25.0	25.5
9	①陸側	18.0	19.5	19.5	19.0	18.5	23.0	21.0	21.5	21.5	20.0	21.0	20.0	20.5
10	②陸側	18.0	16.5	20.0	20.0	20.0	19.0	19.5	19.0	20.0	20.0	20.0	19.5	20.0
11	③陸側	9.5	8.5	10.5	10.0	10.5	10.5	8.5	9.0	10.0	10.0	9.5	10.5	10.0
12														

D. C. ノーズ	防食 範囲	S. 37	S. 38			S. 41		S. 42			S. 43	
		12/1 11° 00'	4/11 12° 00'	4/13 10° 00'	7/2 11° 10'	12/7	12/7	5/27	5/27	11/30	11/30	8/22
1	㊸海側	24.0	22.0	20.0	19.5	20.0	20.0	22.0	22.0	18.0	25.0	0
2	㊹海側	26.0	24.0	20.0	21.0	16.0	19.0	20.0	20.0	16.0	25.0	18.0
3	㊺陸側	14.0	8.5	8.5	8.0					0	25.0	0
4	㊻陸側	10.0	9.0	10.0	9.0					0	25.0	16.0
5	㊼陸側	7.0	6.0	7.0	7.0					0	20.0	0
6	㊽陸側	5.0	4.0	4.0	5.0					0	20.0	0
7	㊾海側	24.0	22.0	20.0	21.0	18.0	25.0	20.0	25.0	0	20.0	22.0
8	㊿海側	25.0	23.0	20.0	20.0	20.0	23.0	22.0	20.0	17.0	20.0	21.0
9	①陸側	9.0	6.0	6.0	7.0	7.0	19.0	20.0	22.0	0	10.0	0
10	②陸側	9.5	8.0	9.0	9.5					0	10.0	0
11	③陸側	3.0	4.0	3.0	4.5					0	10.0	0
12										0	10.0	

表 5-16 田の浦 4 岸壁電防用直流電源装置 (No. 3) 運転状況 単位: A (D. C.)

D. C. メーター	防 食 範 囲	S. 41		S. 42						S. 43
		12/7	12/7	3/17	5/27	5/27	5/27	11/30	11/30	8/22
1		20	28	26	31	23	22	30	55	0
2		12	35	20	16	15	24	28	55	30
3			12.5	0	0			0	55	0
4		36	32.5	30	32	24	25	34	55	43
5		21	40	38	50	40	45	36	55	15
6		24	46	45	40	40	46	0	55	0
7		40	52	50	50	50	52	52	55	0
8		16	40	40	22	22	25	24	45	26
9		32	43	40	40	40	40	44	45	46
10		25	38	36	40	40	40	40	40	46
11		45	42	40	36	36	40	0	45	0

表 5-17 田の浦 3 岸壁の防食電位の測定状況 単位: mV (海水塩基準電極基準)

測定 地点	深度 (m)	S. 37												
		8/20 13°00'	8/20 18°00'	8/21 11°30'	8/21 14°30'	8/22 14°20'	8/23 13°00'	9/10 9°30'	9/14 14°00'	9/27 10°05'	9/27 16°00'	9/28 15°00'	10/4 15°30'	12/1 10°00'
2 ※	水 面	-630	-670	-730	-1100	-1200	-1200	-1230	-1245	-860	-860	-945	-850	-890
	-0.5	-625	-680	-740	-1250	-1255	-1233	-1240	-1250	-860	-880	-950	-850	-960
	-3.5	-640	-675	-725	-1250	-1250	-1245	-1220	-1230	-845	-860	-880	-830	-910
	-7.5	-635	-670	-725	-1200	-1200	-1200	-1200	-1220	-830	-820	-800	-805	-890
9 ※	水 面	-635	-665	-740	-1200	-1200	-1200	-1230	-1240	-900	-900	-870	-830	-810
	-0.5	-630	-675	-735	-1180	-1250	-1230	-1240	-1250	-890	-960	-850	-860	-900
	-3.5	-635	-670	-730	-1210	-1250	-1230	-1240	-1250	-880	-860	-790	-790	-830
	-7.5	-640	-670	-720	-1200	-1200	-1200	-1220	-1230	-820	-800	-790	-745	-780

測定 地点	深度 (m)	S. 38		S. 41		S. 42						S. 43		
		4/11 10°50'	7/2 11°00'	12/7	12/7	3/20	3/20	3/20	6/16	11/30	11/30	11/30	11/28	
2 ※	水 面	-940	-940											
	-0.5	-1000		-750	-780	-720	-780	-780	-790	-660	-750	-780	-790	
	-3.5	-980	-940	-760	-780	-740	-800	-790	-800	-640	-760	-780	-790	
	-7.5	-880	-850	-740	-760	-720	-760	-780	-800	-640	-740	-760	-790	
9 ※	水 面	-920	-900											
	-0.5	-970		-720	-780	-750	-780	-790	-780	-700	-720	-780	-780	
	-3.5	-940	-920	-740	-800	-760	-780	-790	-790	-700	-740	-800	-790	
	-7.5	-900	-880	-720	-760	-740	-760	-790	-780	-700	-720	-760	-780	

※図 5-18 の 2 と 9

位を測定したとき電位が -770mv （飽和甘汞電極基準）または -780mv （海水塩化銀電極基準）より卑（たとえば -800mv など）であれば十分電気防食されているが、防食体の電位が防食電位より貴（たとえば -700mv など）であれば防食が不十分である、またはまったく防食されていないなどと判定する。調査時点では表5—12、表5—13よりわかるように田の浦岸壁では部分的には防食電位に達しているところもあるが大半は電位が $-600\text{mv}\sim-700\text{mv}$ で無防食の状態と思われる。

以上のように鋼構造物に電気防食法を適用した場合、電防用直流電源装置の運転状況の記録および防食体の電位測定を定期的に行なって電防状況を十分把握しておくことが大切である。もし鋼構造物の電位が防食電位に達していないときは電気防食の効果は期待できなく、折角の電防施設が無意味なものとなる。このことはむしろ構造物設計の時点で十分念頭においておく必要がある。

(6) 厚み計の比較

田の浦3岸壁の肉厚測定が昭和39年にT—M式厚み計を用いて行なわれている。測定の対象は3コノセルと2コノアークで、測定深度は $+2\text{m}$ 、 $\pm 0\text{m}$ 、 -5m 、 -7m の4深度である。さらに4年経過した昭和43年に超音波式探傷厚み計と超音波式共振厚み計による肉厚測定が行なわれたので3種類の厚み計による肉厚測定値を比較してみた。ただし、T—M式厚み計では探触子が大きいので1回の測定で対象鋼矢板の所定の深度の肉厚が求められるが、超音波式厚み計では探傷厚み計も共振厚み計もそれぞれ探触子が小さい（ $\phi 50\text{mm}$ ）ので図5—8に示すように所定の深度で①、②、③点について測定した。このためここで示す各深度毎の超音波式厚み計による測定値は①、②、③における測定値の平均値である。また超音波式厚み計による測定深度は $+1\text{m}$ 、 $\pm 0\text{m}$ 、 -1m 、 -3m 、 -5m 、 -7m の6深度である。同一地点における3種の厚み計による測定肉厚を比較すると図5—34のようになる。図5—34によればT—M式厚み計で測定した鋼矢板肉厚はT—M式厚み計よりもさらに4年後に超音波式厚み計で測定した鋼矢板肉厚より $0.5\sim 1\text{mm}$ 小さい。すなわちT—M式で求めた鋼矢板の腐食速度は超音波式厚み計で求めた腐食速度より大きいことになる。一方超音波式厚み計2種による測定肉厚は比較的近似している。次にカタログ厚からの肉厚減量をみてみるとT—M式厚み計では大体 1mm 減少（経過期間：5年）しているが、超音波式厚み計では $0.2\sim 0.5\text{mm}$ 程度減少（経過期間：9年）している。ここでは鋼材片の切り取りを行っていないのでどちらの肉厚が実際の値を示してい

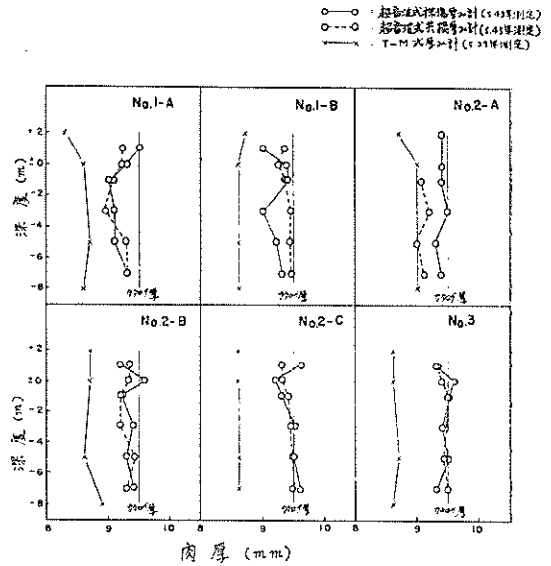


図5—34 3種類の厚み計による測定肉厚の比較（門司港田の浦3岸壁について）

るのははっきりしない。

以上のことから港湾鋼構造物の腐食量を正確に測定できる調査指針の設定が望まれる。

6. 博多港における腐食調査（鋼矢板、鋼管杭）

6・1 概要

博多港では数年前から耐候鋼で作られた鋼管杭が須崎棧橋に使用されているが、この他経過期間がそれぞれ異なる鋼矢板もある。鋼管杭、鋼矢板ともにいずれも無防食であるので耐候鋼の海中効果および経過期間が5年、15年、25年と異なる鋼矢板の腐食量を正確に知るために博多港における棧橋と鋼矢板岸壁の腐食調査の実施を昭和43年度の研究協議会に運輸省港湾技術研究所より提出した。研究協議会において博多港における腐食調査が承認されたので運輸省第4港湾建設局・小倉調査設計事務所および博多港工事事務所の協力を得て昭和43年8月に実施した。調査は超音波式共振厚み計と超音波式探傷厚み計による非破壊調査および鋼材片切り取りによる破壊調査で、現有肉厚測定ならびに両厚み計の比較が主として行なわれた。本章はその調査結果である。

6・2 調査対象構造物

博多港で調査した構造物のうち鋼矢板構造物は表6—1に、鋼管杭棧橋は表6—2に示す。これら調査構造物

表 6-1 博多港における調査鋼構造物 (鋼矢板)

構造物名	水深 (m)	鋼 矢 板			延長 (m)	施工年	経過期間 (yr)	防食法	無防食期間 (yr)	測 定 月
		タイプ	t (mm)	ℓ (m)						
中央埠頭	-7.5	YSP-V	22.0	14.5	32	S.38	5	なし	5	S.43・8
水陸連絡設備	-6.5	YSP-IV	15.5	13.5	70	S.18	25	なし	25	S.43・8
長浜船溜物揚場	-4	YSP-II	13.0	10	100	S.28	15	なし	15	S.43・9

表 6-2 博多港における調査鋼構造物 (鋼管杭)

構造物名	測定地点	水深 (m)	鋼 管 杭				延長 (m)	施工年	経過期間 (yr)	防食法	無防食期間 (yr)	測 定 月
			φ (mm)	t (mm)	ℓ (m)	材 質						
須崎棧橋	No. 1	-7.5	750	11.0	28.3	Yaw Ten	555	S.39	4	なし	4	S.43・8
須崎棧橋	No. 2	-10	700	11.0	24	Yaw Ten		S.40	3	なし	3	S.43・8
須崎棧橋	No. 3	-10	700	12.7	24	Yaw Ten		S.41	2	なし	2	S.43・8
須崎棧橋	No. 4	-10	550	9.0	24	Yaw Ten	130	S.42	1	なし	1	S.43・9

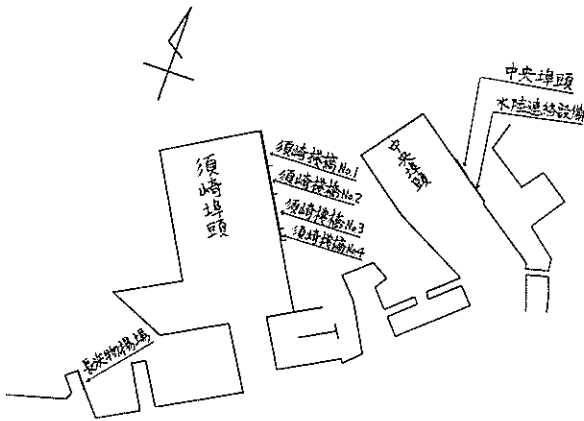


図 6-1 博多港における調査構造物の位置図

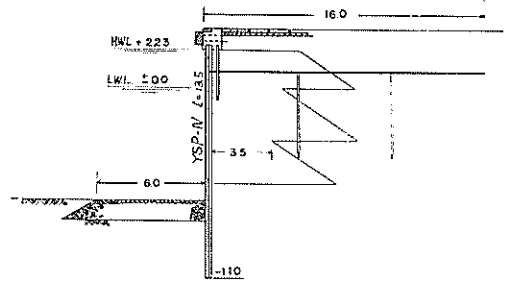


図 6-3 水陸連絡設備

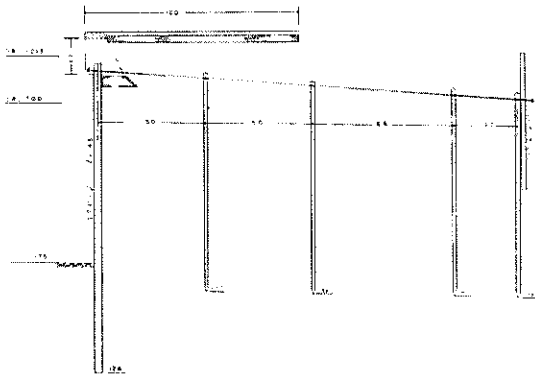


図 6-2 中央埠頭断面図

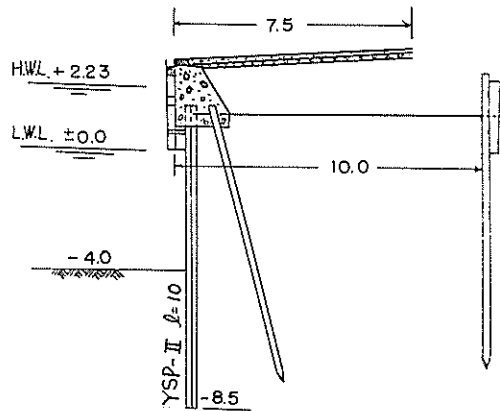


図 6-4 長浜物揚場

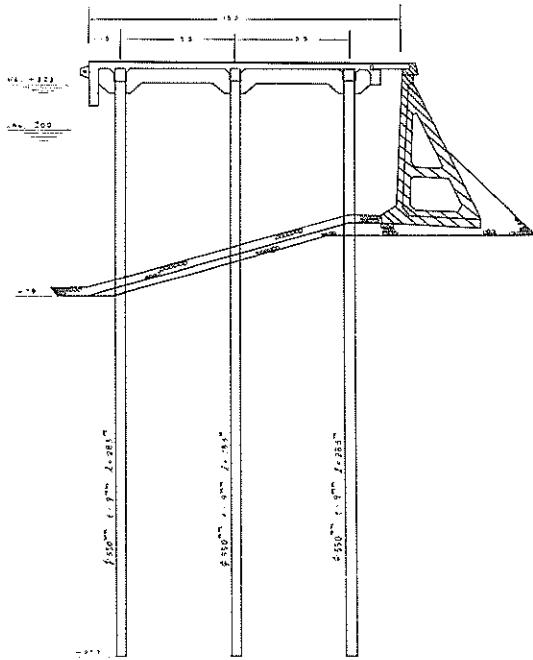


図 6—5 須崎棧橋 (-7.5m) 断面図

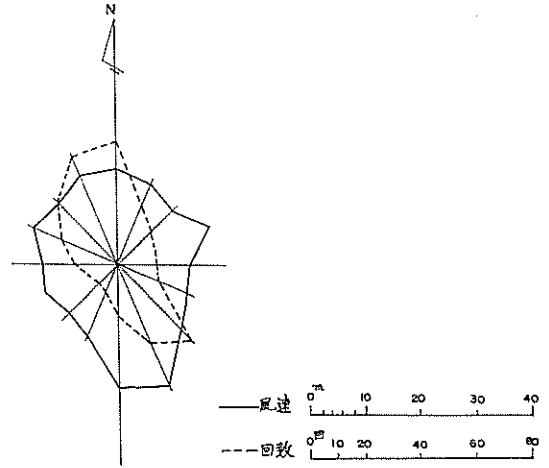


図 6—7 博多港における風向，風速図

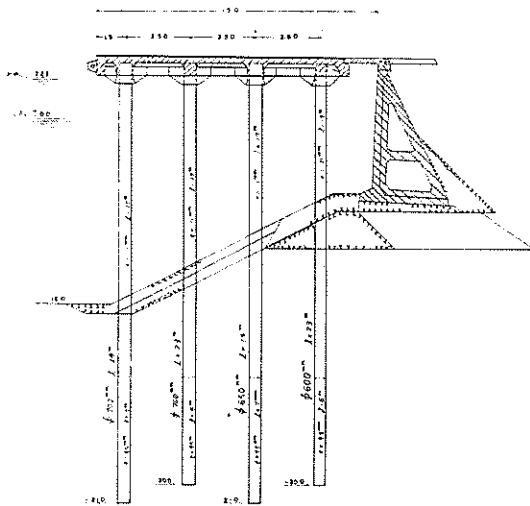


図 6—6 須崎棧橋 (-10m) 断面図

の位置図は図 6—1 に，断面図を図 6—2～図 6—6 に示す。また図 6—7 に博多港内の風向，風速図を，図 6—8 に須崎埠頭の土質柱状図を示す。

6・3 調査年月日

調査は昭和43年8月21日，8月27日～9月3日に行なわれた。なお，調査の日程は次の通りである。

8月21日

①調査についての現地打合せ

調査関係機関は次の通りである。

運輸省第4港湾建設局・小倉調査設計事務所
 運輸省第4港湾建設局・博多港工事事務所
 福岡県福岡市港湾局
 運輸省港湾技術研究所

②現場視察

8月27日

①使用機器の点検

②付着物除去

中央埠頭 (+1.1m, ±0m, -1m, -2m, -3m, -4m, -5m, -6m)

③鋼矢板肉厚測定 (超音波式探傷厚み計と超音波式共振厚み計による)

中央埠頭 (+1.1m, ±0m, -1m, -2m, -3m, -4m, -5m, -6m)の①～⑥)

8月28日

①付着物除去

水陸連絡設備 (+1.1m, ±0m, -1m, -2m, -3m, -4m)

②鋼矢板肉厚測定 (超音波式探傷厚み計と超音波式共振厚み計による)

水陸連絡設備 (+1.1m, ±0m, -1m, -2m, -3m, -4m)

8月29日

台風のため作業中止

8月30日

①付着物除去

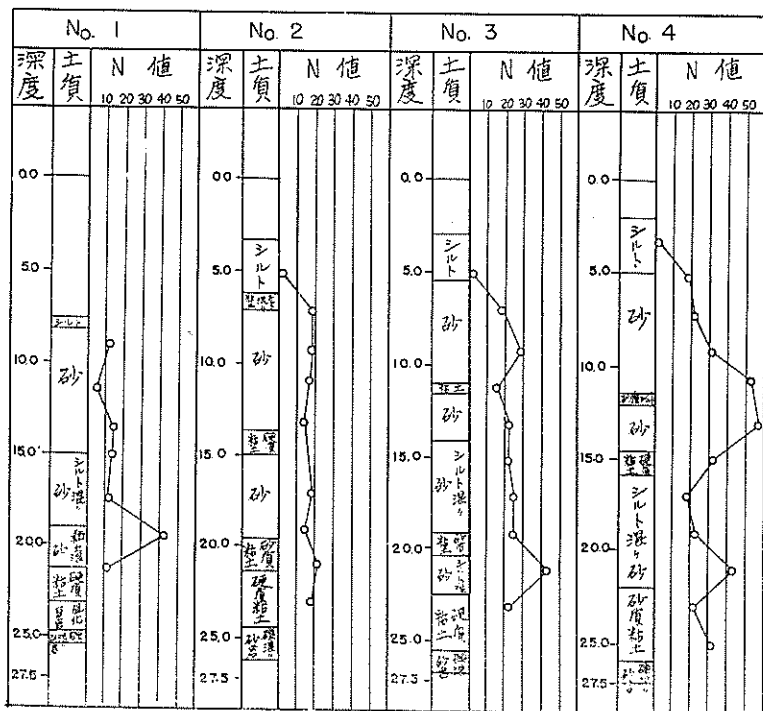


図 6—8 須崎埠頭の土質柱状図

須崎棧橋 No. 4 (+1.1m, ±0m, -1m, -2m, -3m, -4m, -5m, -6m, -7m)

②鋼管杭肉厚測定 (超音波式探傷厚み計と超音波式共振厚み計による)

須崎棧橋 No. 4 (+1.1m, ±0m, -1m, -2m, -3m, -4m, 5m, -6m, -7m)

8月31日

①付着物除去

須崎棧橋 No. 2 (+1.1m, ±0m, -1m, -2m, -3m, -4m, -5m, -6m, -7m, -8m)

②鋼管杭肉厚測定 (超音波式探傷厚み計と超音波式共振厚み計による)

須崎棧橋 No. 2 (+1.1m, ±0m, -1m, -2m, -3m, -4m, -5m, -6m, -7m, -8m)

③採水

中央埠頭, 水陸連絡設備, 長浜物揚場, 須崎 No. 1~No. 4 の各測定地点前面の海水

9月1日

①付着物除去

須崎棧橋 No. 1 (+1.1m, ±0m, -1m, -2m, -3m, -4m, -5m, -6m, -7m,

-8m)

須崎棧橋 No. 2 (+1.1m, ±0m, -1m, -2m, -3m, -4m, -5m, -6m, -7m, -8m)

②鋼管杭肉厚測定 (超音波式探傷厚み計と超音波式共振厚み計による)

須崎棧橋 No. 1 (+1.1m, ±0m, -1m, -2m, -3m, -4m, -5m, -6m, -7m, -8m)

須崎棧橋 No. 2 (+1.1m, ±0m, -1m, -2m, -3m, -4m, -5m, -6m, -7m, -8m)

9月2日

①付着物除去

長浜物揚場 (+1.1m, ±0m, -1m, -2m)

②鋼板肉厚測定 (超音波式探傷厚み計と超音波式共振厚み計による)

長浜物揚場 (+1.1m, ±0m, -1m, -2m)

9月3日

①付着物の採取

②計測器の梱包, 発送

10月24日

①鋼材片の切り取りおよび補修

須崎 No.1～須崎 No.4 について各2 深度

この外、肉眼観察および写真撮影は肉厚測定と平行して行なった。なお、現地における作業のうち付着物の除去および採取、超音波式厚み計の探触子の鋼材面への押しあて、海水面下鋼材面の観察などの水中作業および採水作業は運輸省第4 港湾建設局・博多港工事事務所の職員が、また厚み計本体の操作、海水面上鋼材面の肉眼観察および写真撮影は運輸省港湾技術研究所の職員が行なった。

6・4 使用機器および用具

本調査で使用した機器および用具類は次の通りである。

- (1) 超音波式探傷厚み計一式（本体、探触子、高周波ケーブルなど）
- (2) 超音波式共振厚み計一式（本体、探触子、モニター、高周波ケーブル、水晶振動子など）
- (3) 基準肉厚鋼板
- (4) スクレーパーおよびハンマー
- (5) 採水器（北原式）および貯水瓶
- (6) カメラおよびフィルム
- (7) 記録用紙および筆記用具
- (8) ロープおよび紐
- (9) 折尺
- (10) レッド
- (11) ドライバー、ビニール・テープ、ニップ、半田鋏、ペーパー、ワイヤ・ブラシ、シリコン・グリスなど
- (12) ビニール袋およびマジック・インク
- (13) その他

6・5 調査カ所

調査カ所は次の通りである。

6・5・1 肉厚測定カ所

鋼矢板および鋼管杭の肉厚測定カ所は現地打合せの結果、図6—1のように中央埠頭、水陸連絡設備、長浜物揚場では各1 地点づつ、須崎棧橋では No.1～No.4 の4 地点、計7 地点を設定した。図6—9～図6—13に調査構造物の外観を示す。

各測定地点における深度方向の測定点は図6—14の通りである。また各深度における断面方向の測定点は鋼矢板では図6—15のように①～⑥の6 点あるが、鋼管杭では図6—16のように4 方向である。

6・5・2 鋼材片の切り取りカ所



図 6—9 中央埠頭の外観



図 6—10 水陸連絡設備の外観



図 6—11 長浜物揚場

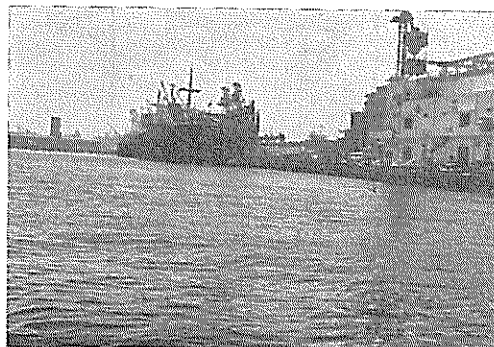


図 6—12 須崎棧橋 (1)

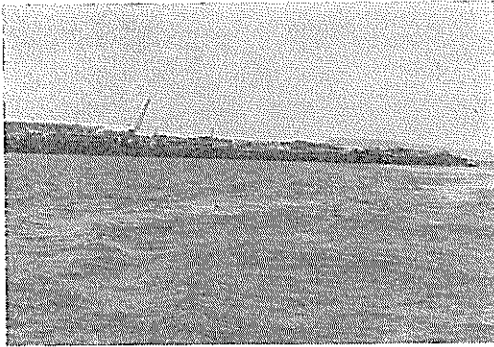


図 6-13 須崎棧橋 (2)

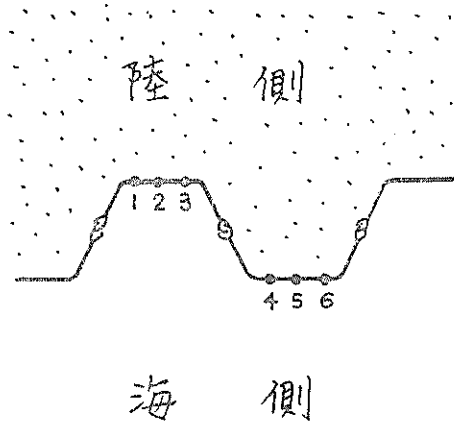


図 6-15 鋼矢板肉厚測定点 (断面方向)

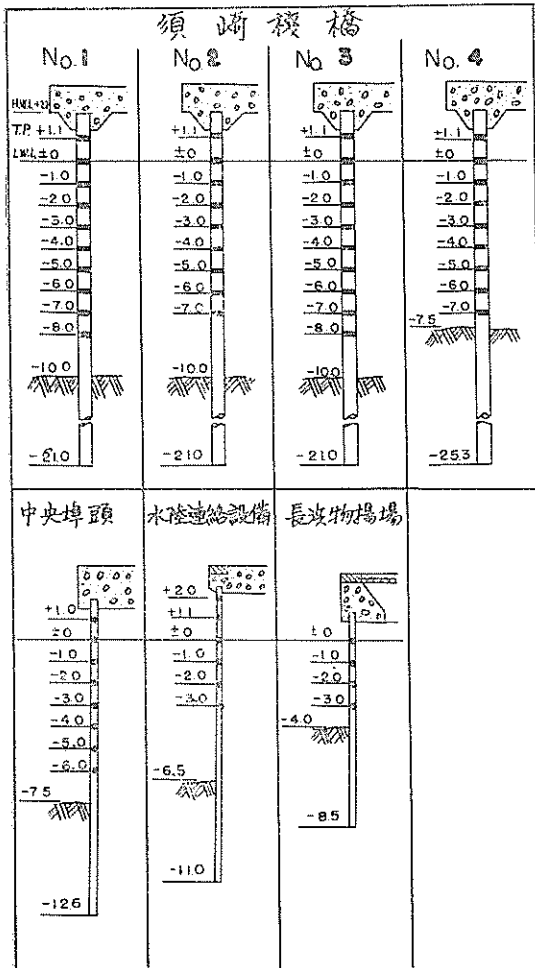


図 6-14 博多港測定点 (深度方向)

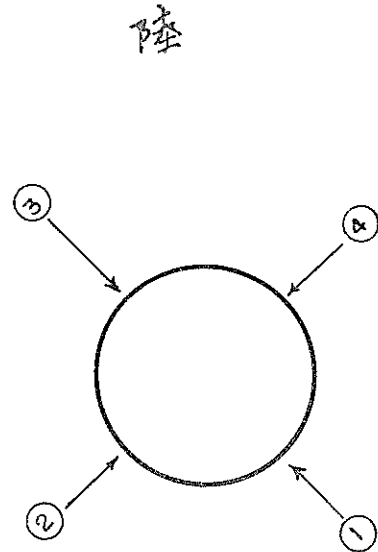


図 6-16 鋼管杭肉厚測定点 (断面方向)

鋼材片の切り取りは須崎棧橋のみについて行ない、切り取りカ所は表 6-3 の通りである。

6・5・3 付着物採取カ所

付着物の採取は表 6-4 のカ所で行なった。

6・5・4 採水カ所

採水は表 6-5 のカ所で行なった。

6・6 調査の項目および方法

調査は超音波式厚み計による鋼矢板と鋼管杭の現有肉厚測定、切り取り鋼管杭片についての現有肉厚測定、観

表 6-3 鋼材片切り取りカ所

切り取り地点	1 枚		1 枚	
	方 向	深 度 (m)	方 向	深 度 (m)
須崎棧橋 No. 1	①	-1	①	-7
須崎棧橋 No. 2	①	-3	①	-8
須崎棧橋 No. 3	①	-1	①	-7
須崎棧橋 No. 4	①	-1	①	-6

表 6-4 博多港における鋼材片切り取り枚数

水 深 (m)	須 崎 棧 橋			
	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4
-1	1		1	1
-3		1		
-6				1
-7	1		1	
-8		1		

表 6-5 採水カ所 (○印)

水 深 (m)	須 崎 棧 橋				中埠 央頭	水絡 設備	長物 揚場 溜
	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4			
+1.65※	○	○	○	○	○	○	○
+0.65					○	○	○
-0.35	○	○	○	○	○	○	○
-1.35					○	○	○
-2.35	○	○	○	○	○	○	○
-3.35					○		
-4.35	○	○	○	○			
-5.35					○		
-6.35	○	○	○	○			
-8.35	○	○	○				

※採水時 (S.43・8・31-14°30'~16°15') の海水面

察, 付着物の採取および水質試験について行なった。調査の方法は次の通りである。

6・6・1 鋼矢板肉厚および鋼管杭肉厚の非破壊測定

鋼矢板と鋼管杭面の付着物除去および研磨は2・3の方法によった。超音波式共振厚み計による肉厚測定は2・7に示すように第1報, 4・8 (p.37~40) に, 超音波式探傷厚み計による肉厚測定は2・8によったが, 現地における肉厚測定状況は次の通りである。

測定地点の前面海上に図6-17のように潜水夫の船を



図 6-17 厚み計の調整 (水陸連絡設備)

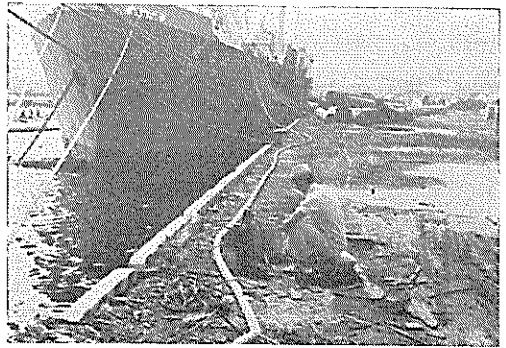


図 6-18 厚み計の調整 (須崎棧橋)

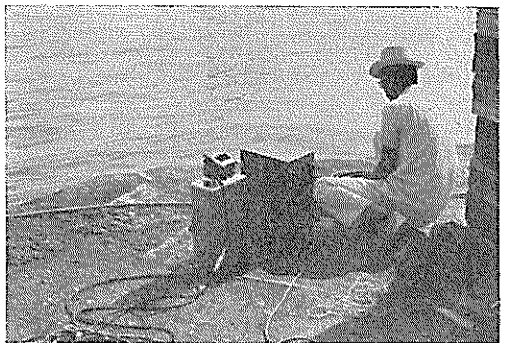


図 6-19 厚み計の調整 (長浜物揚場)

横付けにして潜水夫が所定の箇所の付着物除去をする間に上部工の上に厚み計本体を設置して基準鋼板で調整をしておく。その模様を図6-17~図6-19に示す。このときの超音波式共振厚み計の電源は測定地点に近い上屋から取り, 超音波式探傷厚み計は本体内蔵のバッテリーを使用した。付着物の除去がすんだら潜水夫に探傷厚み計の探触子を渡し, 潜水夫が上より順次測定カ所に探触子を押しあてると係員が陸上に設置した厚み計本体で肉厚を読み他の係員が測定用紙にこれを記入して行く。探傷厚み計による測定がすんだら次に共振厚み計により測定する。厚み計本体を操作する係員と潜水夫の連絡は船上

の潜水補助員を介してマイクで行なわれた。鋼矢板の場合は潜水夫は左手で鋼矢板の爪をつかみ右手で探触子を持って潜水服内部の空気を調節しながら所定の深度に身体を保ったが、鋼管杭の場合はつかまるところがないので鋼管杭の上下2深度に縄を巻きつけ、さらに図6-16に示す4方向の上下に縄を張る。潜水夫はこの縄に左手でつかまって所定の深度に身体を保って付着物の除去ならびに探触子の押しあて作業を行なった。なお、超音波式共振厚み計の場合、モニターを陸上から係員がロープ（高周波ケーブルに無理な張力がかからないように併用した）で所定の深度に下げておき、潜水夫はモニターと長さ2mの高周波ケーブルで接続されている探触子のみを片手に持って鋼材面に押しあてた。

以上のようにして1地点における付着物の除去および超音波式厚み計による肉厚測定が終了すると次の測定地点で同様の操作を行なった。

6・6・2 鋼材片の切り取り、成形、脱錆、肉厚測定および切り取りカ所の補修

鋼材片の切り取り、成形、脱錆および切り取りカ所の補修は2・9の方法によった。また脱錆後の肉厚測定は2・10・1に示すように第1報、4・10・1、(1)（マイクロ・メーター、p.42）の方法によった。

なお、鋼管杭から切り取った鋼材片は多少弯曲しているが、切り取り後の処理は鋼矢板と同様に行なった。

6・6・3 付着物の採取

付着物の採取は2・5に示すように第1報、4・5（付着物の採取、p.33）の方法によった。

6・6・4 観察

観察は2・4に示すように第1報、4・6（観察、p.33～34）の方法によった。

6・6・5 水質試験

水質試験は2・12に示すように第1報、4・13（水質試験、p.43～45）の方法によった。

6・7 調査結果

6・7・1 肉厚測定結果

超音波式探傷厚み計と超音波式共振厚み計による鋼矢板の現有肉厚測定結果は表6-6、表6-7の通りである。表6-6、表6-7より鋼矢板の腐食量を算出してみると表6-8、表6-9のようになる。また表6-8、表6-9より鋼矢板の初期肉厚と現有肉厚の関係を

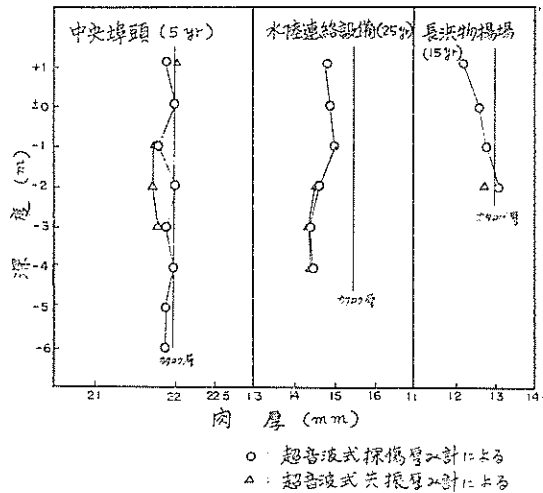


図6-20 博多港における鋼矢板肉厚

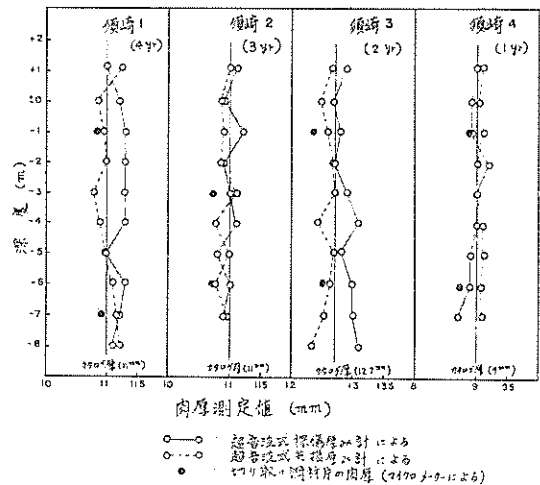


図6-21 博多港における鋼管杭の肉厚

図示すると図6-20のようになる。

次に、超音波式探傷厚み計と超音波式共振厚み計による鋼管杭の現有肉厚測定結果を表6-10、表6-11に示す。表6-10、表6-11より算出した鋼管杭の肉厚減少量は表6-12、表6-13の通りである。また表6-12、表6-13より鋼管杭の初期肉厚と現有肉厚の関係を図示すると図6-21のようになる。

表6-14に切り取り鋼材片についての測定結果を示す。

6・7・2 観察結果

(1) 上部工

表 6-6 博多港における鋼矢板肉厚測定結果

超音波式探傷厚み計による

構造物名	深度(m)	凸 鋼 矢 板			凹 鋼 矢 板		
		①	②	③	④	⑤	⑥
中央埠頭	+ 1.1	21.8	22.0	22.0	21.5	22.0	21.8
	± 0	21.8	21.9	21.9	22.3	21.9	21.9
	- 1	21.8	22.1	22.0	21.6	21.9	21.5
	- 2	22.0	22.3	21.9	22.1	22.0	21.7
	- 3	22.0	22.1	21.9	22.0	22.0	21.1
	- 4	22.2	22.1	22.2	21.6	21.6	22.1
	- 5	21.2	22.0	21.8	22.2	21.8	22.0
	- 6	21.8	22.0	21.7	22.1	21.8	22.0
水陸連絡設備	+ 1.1	14.6	15.0	14.9	14.7	14.7	14.6
	± 0	14.3	14.5	15.8	14.9	15.8	14.3
	- 1	15.0	15.0	14.9	15.0	15.1	14.9
	- 2	14.1	14.1	13.2	14.4	14.7	15.0
	- 3	13.7	14.5	13.4	13.9	14.3	14.5
	- 4	15.0	13.8	12.8	14.1	13.5	13.5
長浜物揚場	+ 1.1	12.5	12.2	12.9	12.0	11.8	11.5
	± 0	12.5	12.8	13.0	13.0	12.0	12.0
	- 1	13.3	13.4	13.3	12.5	12.0	12.2
	- 2	13.6	12.6	13.0			

表 6-7 博多港における鋼矢板肉厚測定結果

超音波式共振厚み計による

構造物名	深度(m)	凸 鋼 矢 板			凹 鋼 矢 板		
		①	②	③	④	⑤	⑥
中央埠頭	+ 1.1	22.20	22.24	21.92	22.24	22.12	21.60
	± 0	—	21.76	21.88	—	—	—
	- 1	21.66	21.72	21.88	21.76	—	—
	- 2	—	—	21.78	21.68	21.68	21.72
	- 3	21.68	21.80	—	—	22.00	21.68
	- 4	—	21.78	—	—	—	—
	- 5	—	21.68	21.72	—	—	—
	- 6	—	—	21.70	—	—	—
水陸連絡設備	+ 1.1	—	14.86	—	—	14.90	—
	± 0	—	—	—	—	—	—
	- 1	—	—	—	—	—	14.72
	- 2	—	14.70	—	—	14.80	14.06
	- 3	14.30	13.66	14.30	14.68	14.62	14.54
	- 4	—	—	14.34	—	14.02	13.70
長浜物揚場	+ 1.1	—	—	—	—	—	—
	± 0	—	—	—	—	—	—
	- 1	—	—	—	—	—	—
	- 2	12.76	—	—	—	—	—

表6-8 博多港における鋼矢板腐食量

超音波式探傷厚み計による

構造物名	深 度 (m)	初期肉厚 (mm)	現 有 肉 厚(mm)				肉 厚 減 少 量(mm)			腐 食 速 度(mm/yr)		
			凸矢板 平均値	凹矢板 平均値	凸 凹 矢 板		凸矢板 平均値	凹矢板 平均値	凸凹矢板 平均値	凸矢板 平均値	凹矢板 平均値	凸凹矢板 平均値
					平均値	標準偏差						
中 央 埠 頭	+ 1.1	22.0	21.9	21.8	21.9	0.2	0.1	0.2	0.1	0.02	0.04	0.02
	± 0	22.0	21.9	22.0	22.0	0.2	0.1	0	0	0.02	0	0
	- 1	22.0	22.0	21.7	21.8	0.3	0	0.3	0.2	0	0.06	0.04
	- 2	22.0	22.1	21.9	22.0	0.2	0.9	0.1	0	0.18	0.02	0
	- 3	22.0	22.0	21.7	21.9	0.1	0	0.3	0.1	0	0.06	0.02
	- 4	22.0	22.0	21.8	22.0	0.3	0	0.2	0	0	0.04	0
	- 5	22.0	21.7	22.0	21.9	0.3	0.3	0	0.1	0.06	0	0.02
- 6	22.0	21.8	22.0	21.9	0.1	0.2	0	0.1	0.04	0	0.02	
水 陸 連 絡 設 備	+ 1.1	15.5	14.9	14.7	14.8	0.2	0.6	0.8	0.7	0.02	0.03	0.03
	± 0	15.5	14.5	15.2	14.9	0.6	1.0	0.3	0.6	0.04	0.01	0.02
	- 1	15.5	14.9	15.1	15.0	0.1	0.6	0.4	0.5	0.02	0.02	0.02
	- 2	15.5	14.3	14.8	14.6	0.6	1.2	0.7	0.9	0.05	0.03	0.04
	- 3	15.5	14.4	14.3	14.4	0.5	1.1	1.2	1.1	0.04	0.05	0.04
- 4	15.5	14.6	14.4	14.5	1.0	0.9	1.1	1.0	0.04	0.04	0.04	
長 浜 物 揚 場	+ 1.1	13.0	12.5	11.8	12.2	0.5	0.5	1.2	0.8	0.03	0.08	0.05
	± 0	13.0	12.8	12.3	12.6	0.4	0.2	0.7	0.4	0.01	0.05	0.03
	- 1	13.0	13.3	12.2	12.8	0.6	-0.3	0.8	0.2	0	0.05	0.01
	- 2	13.0	13.1		13.1		-0.1		-0.1	0		

表6-9 博多港における鋼矢板腐食量

超音波式共振厚み計による

構造物名	深 度 (m)	初期肉厚 (mm)	現 有 肉 厚(mm)				肉 厚 減 少 量(mm)			腐 食 速 度(mm/yr)		
			凸矢板 平均値	凹矢板 平均値	凸 凹 矢 板		凸矢板 平均値	凹矢板 平均値	凸凹矢板 平均値	凸矢板 平均値	凹矢板 平均値	凸凹矢板 平均値
					平均値	標準偏差						
中 央 埠 頭	+ 1.1	22.0	22.12	21.99	22.05	0.23	0.12	0.01	-0.05	0	0	0
	± 0	22.0	21.82				0.18			0.04	0	0
	- 1	22.0	21.75	21.76	21.76	0.06	0.25	0.24	0.24	0.05	0.05	0.05
	- 2	22.0	21.78	21.69	21.75	0.14	0.22	0.31	0.25	0.04	0.06	0.05
	- 3	22.0	21.72	21.84	21.79	0.13	0.28	0.16	0.21	0.06	0.03	0.04
	- 4	22.0	21.73				0.22			0.04		
	- 5	22.0	21.70				0.30			0.06		
- 6	22.0	21.70				0.30			0.06			
水 陸 連 絡 設 備	+ 1.1	15.5	14.86	14.90	14.88	0.02	0.64	0.60	0.62	0.03	0.02	0.03
	± 0	15.5										
	- 1	15.5		14.72							0.03	
	- 2	15.5	14.70	14.43	14.52	0.33	0.80	1.07	0.98	0.03	0.04	0.04
	- 3	15.5	14.09	14.61	14.35	0.23	1.41	0.89	1.15	0.06	0.04	0.02
- 4	15.5	14.34	13.86	14.02	0.26	1.16	1.64	1.48	0.05	0.07	0.06	
長 浜 物 揚 場	+ 1.1	13.0										
	± 0	13.0										
	- 1	13.0										
	- 2	13.0	12.76				0.24			0.02		

表6-10 博多港における鋼管杭肉厚測定結果(1)

超音波式探傷厚み計による

深 度 (m)	現 有 肉 厚 (mm)							
	須 崎 No. 1				須 崎 No. 2			
	①	②	③	④	①	②	③	④
+ 1.1	11.2	11.0	10.8		10.9	11.1	11.2	11.0
± 0	11.3	11.3	11.1	10.9	11.1	10.9	10.9	10.5
- 1	11.1	11.4	11.4	11.1	11.0	11.3	11.0	11.2
- 2	11.1	11.2	11.6	11.2	11.2	10.8	10.6	10.6
- 3	11.1	11.2	11.6	11.1	11.1	10.8	11.4	10.6
- 4	11.2	11.1	11.6	10.4	11.0	10.9	11.3	11.1
- 5	11.1	11.4	10.8	10.5	10.8	11.2	10.5	10.6
- 6	11.1	11.6	11.6	10.8	11.4	10.9	10.6	11.0
- 7	11.1	11.2	11.4	10.9	11.1	10.9	10.9	10.6
- 8	11.1	11.3	11.0	11.0				

深 度 (m)	現 有 肉 厚 (mm)							
	須 崎 No. 3				須 崎 No. 4			
	①	②	③	④	①	②	③	④
+ 1.1	12.7	12.8	12.9	13.1	9.0	9.2	9.0	8.7
± 0	12.3	12.9	12.7	12.8	9.0	9.2	8.7	8.6
- 1	12.4	12.8	13.0	12.9	9.0	9.2	8.7	8.7
- 2	12.3	12.5	13.0	12.9	9.2	9.2	9.2	9.2
- 3	12.8	12.9	12.9	13.0	8.4	9.0	9.2	9.2
- 4	13.0	13.9	13.1	13.1	9.2	8.5	9.2	9.2
- 5	12.8	12.8	12.5	12.9	8.7	9.2	9.2	8.6
- 6	12.9	12.9	13.0	13.0	8.7	9.2	9.0	8.8
- 7	12.9	12.9	12.9	13.2	8.6	8.5	9.0	8.5
- 8	12.8	13.0	13.2	13.2				

表 6-11 博多港における鋼管杭肉厚測定結果 (2)

超音波式共振厚み計による

深 度 (m)	現 有 肉 厚 (mm)							
	須 崎 No. 1				須 崎 No. 2			
	①	②	③	④	①	②	③	④
+ 1.1	10.94	11.22	11.45	11.38		11.06	11.02	10.94
± 0	11.00	10.49	11.01	—		10.84		10.88
- 1	10.90	10.90	—	11.04		10.90	10.92	10.86
- 2	10.95	11.12	10.67	11.20		10.84	10.82	10.88
- 3	10.64	10.64	11.22	10.65	10.74			11.10
- 4	10.70	10.66	11.08	11.14	10.88			10.76
- 5	10.70	11.16	10.97	11.10	10.74		10.98	
- 6	10.92	—	10.90	11.52	10.96		10.78	
- 7	11.00	11.22	—	11.30	10.82		10.92	
- 8	11.26	—	11.06	11.36				

深 度 (m)	現 有 肉 厚 (mm)							
	須 崎 No. 3				須 崎 No. 4			
	①	②	③	④	①	②	③	④
+ 1.1	12.32	12.76	12.88		9.06			9.12
± 0		12.50	12.60	12.36		9.06		9.00
- 1	12.40	12.50	12.34	12.36	9.02	9.14		9.16
- 2	12.76	12.88	12.40		8.96	8.96	9.08	9.05
- 3	12.80	12.82	12.42	12.84	8.96	9.00	8.92	9.10
- 4			12.50	12.40	9.03	9.08	9.16	9.14
- 5	12.74		12.63		9.06	9.14	9.17	
- 6	12.54	12.88		12.46	9.01	9.13	9.04	9.14
- 7		12.76	12.34	12.46	9.06	9.11	9.00	9.14
- 8		12.24		12.40				

表6-12 博多港における鋼管杭肉厚減少量 (1)

超音波式探傷厚み計による

深 度 (m)	須 崎 No. 1				須 崎 No. 2			
	初期肉厚 (mm)	現 有 肉 厚(mm)		肉厚減少量 (mm)	初期肉厚 (mm)	現 有 肉 厚(mm)		肉厚減少量 (mm)
		平 均 値	標 準 偏 差			平 均 値	標 準 偏 差	
+ 1.1	11.0	11.0	0.2	0	11.0	11.1	0.1	-0.1
± 0	11.0	11.2	0.2	-0.2	11.0	10.9	0.2	0.1
- 1	11.0	11.3	0.2	-0.3	11.0	11.2	0.1	-0.2
- 2	11.0	11.3	0.2	-0.3	11.0	10.9	0.3	0.1
- 3	11.0	11.3	0.2	-0.3	11.0	11.0	0.3	0
- 4	11.0	11.3	0.5	-0.3	11.0	11.1	0.1	-0.1
- 5	11.0	11.0	0.3	0	11.0	10.8	0.3	0.2
- 6	11.0	11.3	0.3	-0.3	11.0	11.0	0.3	0
- 7	11.0	11.2	0.2	-0.2	11.0	10.9	0.2	0.1
- 8	11.0	11.1	0.1	-0.1				
深 度 (m)	須 崎 No. 3				須 崎 No. 4			
	初期肉厚 (mm)	現 有 肉 厚(mm)		肉厚減少量 (mm)	初期肉厚 (mm)	現 有 肉 厚(mm)		肉厚減少量 (mm)
		平 均 値	標 準 偏 差			平 均 値	標 準 偏 差	
+ 1.1	12.7	12.9	0.1	-0.2	9.0	9.0	0.2	0
± 0	12.7	12.7	0.2	0	9.0	8.9	0.2	0.1
- 1	12.7	12.8	0.2	-0.1	9.0	8.9	0.2	0.1
- 2	12.7	12.7	0.3	0	9.0	9.2	0	-0.2
- 3	12.7	12.9	0.1	-0.2	9.0	9.0	0.3	0
- 4	12.7	13.1	0.1	-0.4	9.0	9.0	0.3	0
- 5	12.7	12.8	0.2	-0.1	9.0	8.9	0.3	0.1
- 6	12.7	13.0	0.1	-0.3	9.0	8.9	0.2	0.1
- 7	12.7	13.0	0.1	-0.3	9.0	8.7	0.2	0.3
- 8	12.7	13.1	0.2	-0.4				

表6-13 博多港における鋼管杭肉厚減少量(2)

超音波式共振厚み計による

深 度 (m)	須 崎 No. 1				須 崎 No. 2			
	初期肉厚 (mm)	現 有 肉 厚(mm)		肉厚減少量 (mm)	初期肉厚 (mm)	現 有 肉 厚(mm)		肉厚減少量 (mm)
		平 均 値	標 準 偏 差			平 均 値	標 準 偏 差	
+ 1.1	11.0	11.25	0.20	-0.25	11.0	11.01	0.06	-0.01
± 0	11.0	10.83	0.25	0.17	11.0	10.86	0.02	0.14
- 1	11.0	10.95	0.07	0.05	11.0	10.89	0.02	0.11
- 2	11.0	10.99	0.20	0.01	11.0	10.85	0.02	0.15
- 3	11.0	10.79	0.25	0.21	11.0	11.10	0.02	-0.10
- 4	11.0	10.90	0.22	0.10	11.0	10.76	0.08	0.24
- 5	11.0	10.98	0.17	0.02	11.0	10.98	0.16	0.02
- 6	11.0	11.11	0.29	-0.11	11.0	10.78	0.13	0.22
- 7	11.0	11.17	0.13	-0.24	11.0	10.92	0.07	0.08
- 8	11.0	11.23	0.12	-0.23				
深 度 (m)	須 崎 No. 3				須 崎 No. 4			
	初期肉厚 (mm)	現 有 肉 厚(mm)		肉厚減少量 (mm)	初期肉厚 (mm)	現 有 肉 厚(mm)		肉厚減少量 (mm)
		平 均 値	標 準 偏 差			平 均 値	標 準 偏 差	
+ 1.1	12.7	12.65	0.24	0.05	9.0	9.09	0.03	-0.09
± 0	12.7	12.49	0.10	0.21	9.0	9.03	0.03	-0.03
- 1	12.7	12.60	0.21	0.10	9.0	9.11	0.06	-0.11
- 2	12.7	12.68	0.20	0.02	9.0	9.01	0.05	-0.01
- 3	12.7	12.72	0.17	-0.02	9.0	9.00	0.06	0
- 4	12.7	12.45	0.05	0.25	9.0	9.10	0.05	-0.10
- 5	12.7	12.69	0.06	0.01	9.0	9.12	0.05	-0.12
- 6	12.7	12.63	0.18	0.07	9.0	9.08	0.06	-0.08
- 7	12.7	12.52	0.18	0.18	9.0	9.08	0.05	-0.08
- 8	12.7	12.32	0.08	0.38				

表 6—14 切り取り鋼管枕片の肉厚測定値

(単位：mm)

測定地点	水深 (m)	マイクロ・メーターによる測定値				
		平均値	標準偏差	最大値	最小値	最大値—最小値
No. 1—①	—1	10.833	0.056	10.940	10.658	0.282
	—7	10.902	0.237	11.186	10.424	0.762
No. 2—①	—3	10.681	0.112	10.906	10.548	0.358
	—8	10.677	0.108	10.948	10.146	0.802
No. 3—①	—1	12.276	0.039	12.338	12.190	0.148
	—7	12.482	0.050	12.568	12.370	0.198
No. 4—①	—1	8.869	0.074	9.094	8.778	0.316
	—6	8.730	0.046	8.878	8.580	0.298

調査をした各構造物の上部工は図 6—22～図 6—25 のようにいずれも陥没などの異常は全く認められない。

(2) 鋼矢板面および鋼管枕面

現地における鋼矢板面の模様を図 6—26、図 6—27 に示す。また現地における鋼管枕面を図 6—28、図 6—29 に示す。

切り取った鋼管枕片の脱錆前後の状況を図 6—30～図 6—37 に示す。

(3) 付着物

採取した付着物の代表例を図 6—38 に示す。

(4) 水質試験結果

水質試験結果は表 6—15 の通りである。

6・8 考察

以上の測定結果より次のことが考察される。

(1) 超音波式厚み計の現地適用性

超音波式探傷厚み計と超音波式共振厚み計の適用率を算出してみると次のようになる。

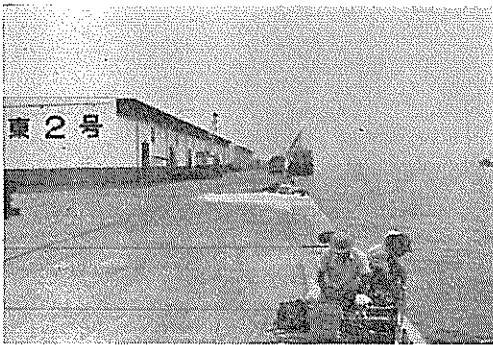


図 6—22 中央埠頭



図 6—24 長浜物揚場



図 6—23 陸連絡設備

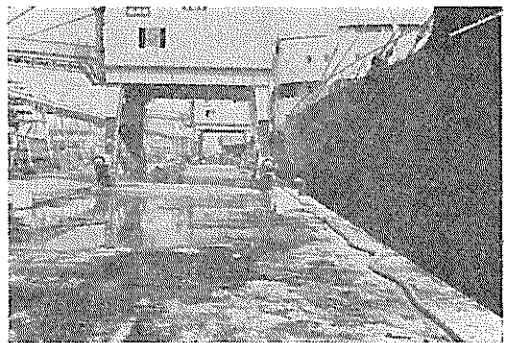


図 6—25 須崎棧橋

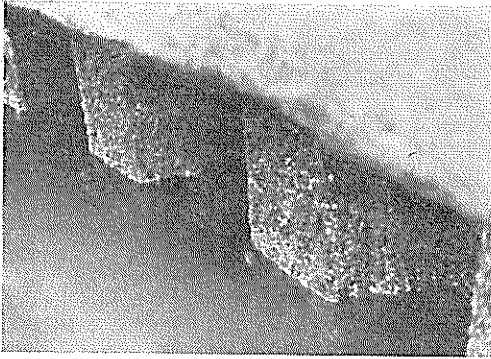


図 6-26 鋼矢板面（水陸連絡設備，潮位間）

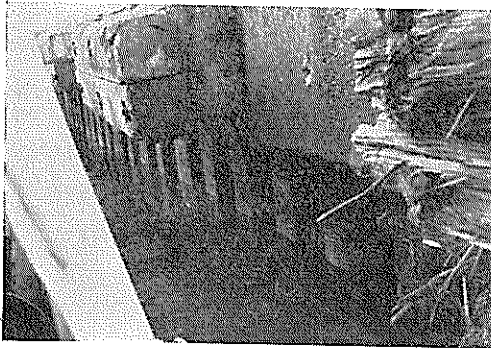


図 6-27 鋼矢板面（水陸連絡設備，潮位間）

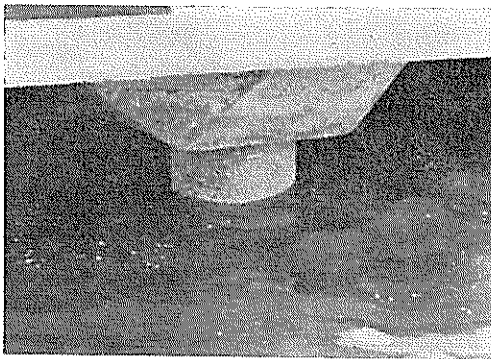


図 6-28 鋼管杭面（須崎棧橋，潮位間）

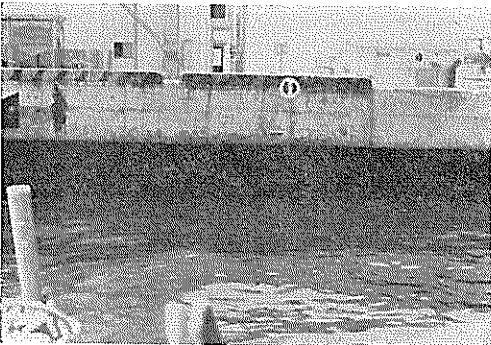


図 6-29 鋼管杭面（須崎棧橋，潮位間）

超音波式探傷厚み計の適用率

中央埠頭

全測定点	48
測定可能な点	48
適用率	$48/48 \times 100 = 100\%$

水陸連絡設備

全測定点	36
測定可能な点	36
適用率	$36/36 \times 100 = 100\%$

長浜物揚場

全測定点	21
測定可能な点	21
適用率	$21/21 \times 100 = 100\%$

須崎棧橋

全測定点	151
測定可能な点	151
適用率	$151/151 \times 100 = 100\%$

超音波式共振厚み計の適用率

中央埠頭

全測定点	48
測定可能な点	24
適用率	$24/48 \times 100 = 50\%$

水陸連絡設備

全測定点	36
測定可能な点	15
適用率	$15/35 \times 100 = 43\%$

長浜物揚場

全測定点	24
測定可能な点	1
適用率	$1/24 \times 100 = 4\%$

須崎棧橋

全測定点	151
測定可能な点	115
適用率	$115/151 \times 100 = 76\%$

以上のように超音波式探傷厚み計の適用率は測定対象が鋼矢板のときも、鋼管杭のときもいずれも 100% である。これに対して超音波式共振厚み計の適用率は鋼矢板に対しては 4~50%，鋼管杭に対しては 76% である。このような傾向は前者が 2・6・2 に示すように超音波を放射する振動子が被測定鋼材面から一定の距離に保たれるタイプであるが、後者は 2・6・1 に示すように振動子が被測定鋼材面に密着するタイプであることによるものと思われる。

(2) 測定肉厚の比較

超音波式探傷厚み計と超音波式共振厚み計による肉厚



外側 (脱錆前)



内側 (脱錆前)



外側 (脱錆後)

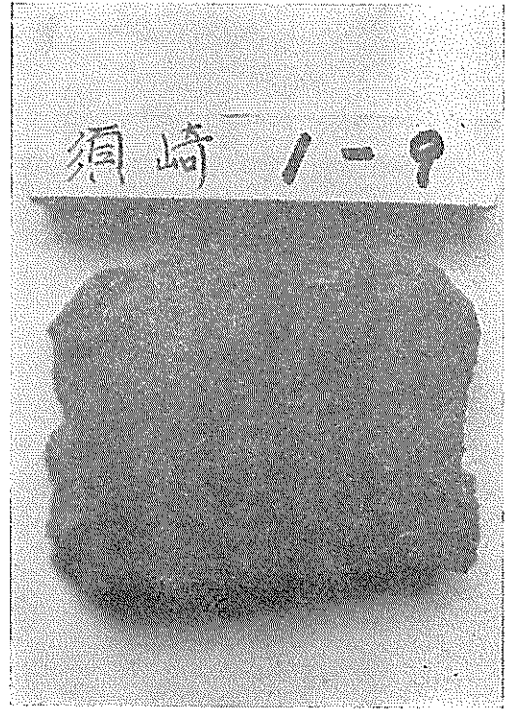


内側 (脱錆後)

圖 6-30



外側(脱錆前)



内側(脱錆前)

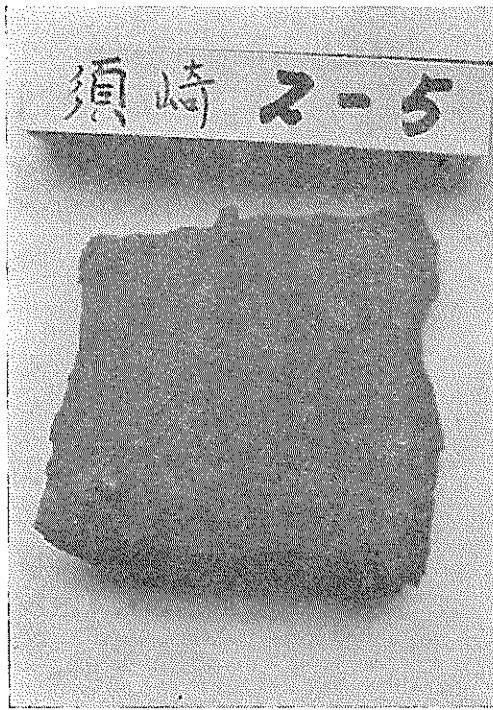


外側(脱錆後)



内側(脱錆後)

図 6-31



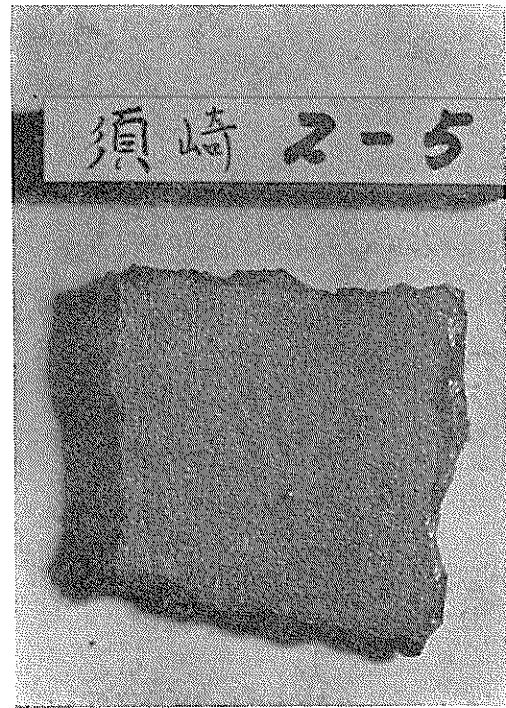
外側(脱錆前)



内側(脱錆前)

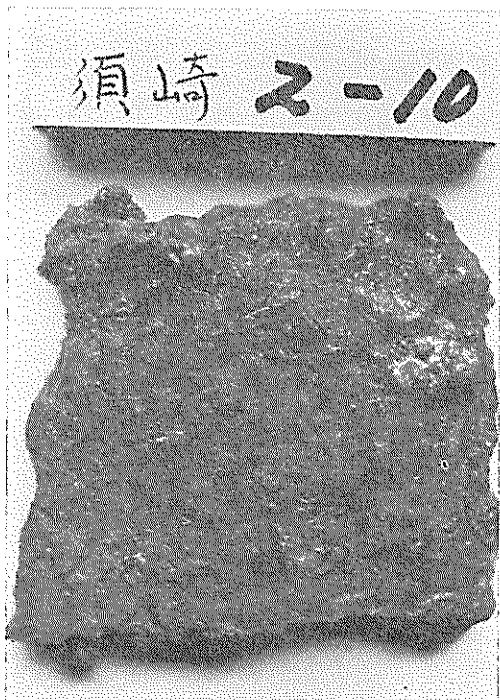


外側(脱錆後)



内側(脱錆後)

图 6-32



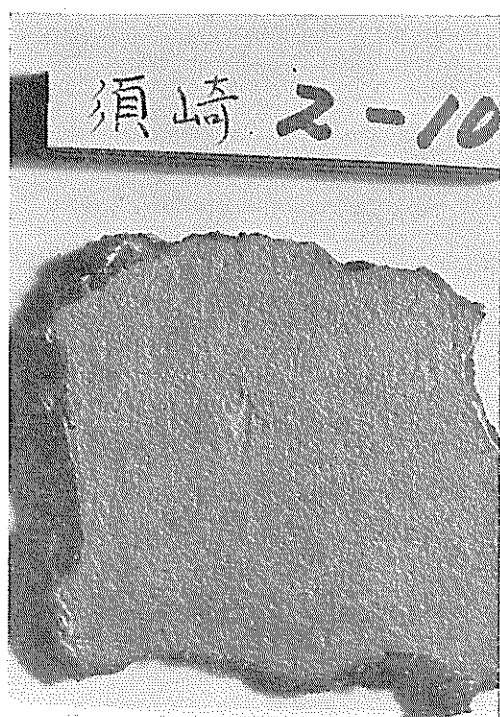
外側 (脱錆前)



内側 (脱錆前)



外側 (脱錆後)



内側 (脱錆後)



外側 (脱錆前)



内側 (脱錆前)



外側 (脱錆後)



内側 (脱錆後)



外側(脱錆前)



内側(脱錆前)



外側(脱錆後)



内側(脱錆後)

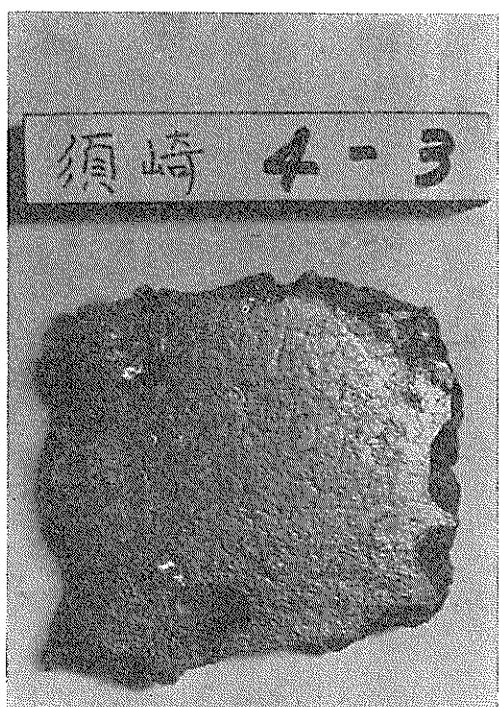
图 6-35



外 側 (脱錆前)



内 側 (脱錆前)



外 側 (脱錆後)



内 側 (脱錆後)



外側(脱錆前)



内側(脱錆前)



外側(脱錆後)



内側(脱錆後)

圖 6-37

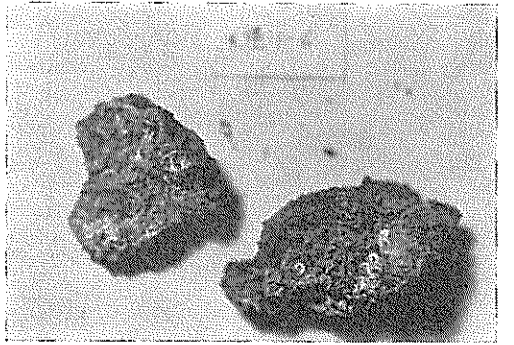
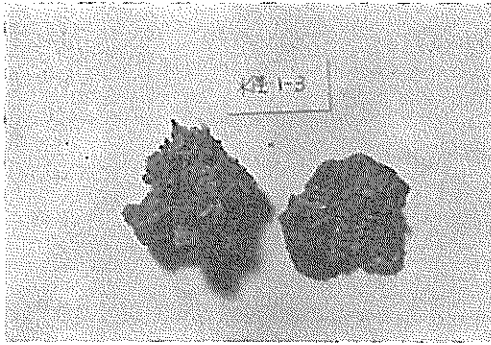
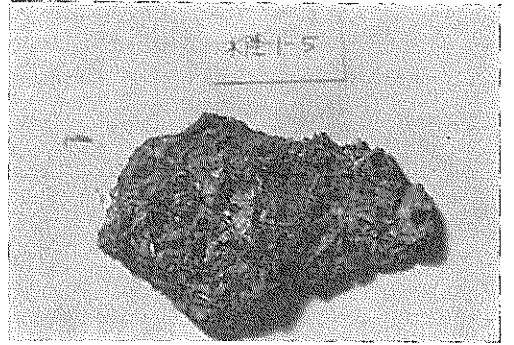
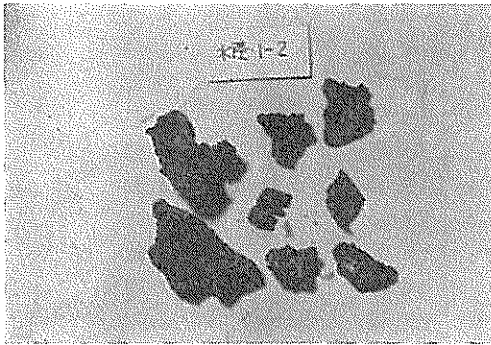
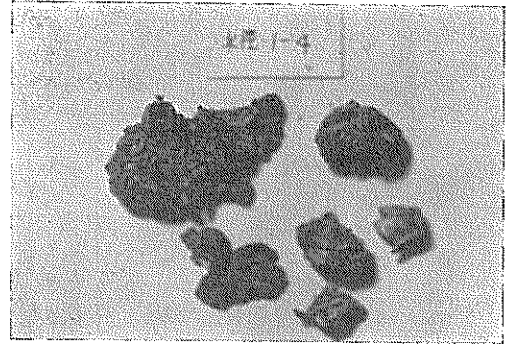
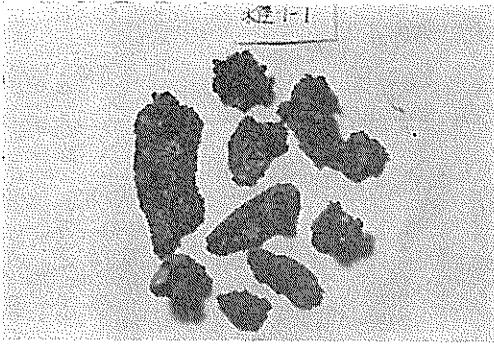


图 6-38

图 6-39

測定値を各測定地点の平均値で比較してみると鋼矢板では図6—20、鋼管杭では図6—21のようになる。図6—20に示すように鋼矢板に対しては両厚み計の肉厚測定値はほぼ近似している。一方、鋼管に対しては図6—21のように超音波式探傷厚み計で測定した値の方が超音波式共振厚み計で測定した値より大きい傾向が見られる。

(とくに須崎No. 1～須崎No. 3)。また、須崎No. 1と須崎No. 3では超音波式探傷厚み計による測定値は初期肉厚(この場合、カタログ厚)より0.2mm～0.3mm程度大き目である。これは被測定板が平板ではなくて鋼管杭のように曲板である鋼管杭面に超音波式探傷厚み計を吸着させたとき、振動子より放射する超音波が鋼材中の最短距離を通らないことが起るケースと考えられる。さらにこのとき鋼管杭面に凹みがあれば安来港、門司港などのところで述べた理由によって多少大き目に出るケースも予想される。

(3) 調査鋼構造物の腐食速度

調査鋼矢板の腐食速度は表6—8(超音波式探傷厚み計による)、表6—9(超音波式共振厚み計による)に示されている。ただし、ここでいう腐食速度は海側からの腐食速度と陸側からの腐食速度との和である。表6—8によれば鋼矢板の腐食速度は0.05mm/yr以下である。一方、表6—9によっても鋼矢板の腐食速度は0.06mm/yr以下である。切り取り鋼材片についての肉厚測定が行なわれていないので精度がはっきりしないうらみがあるが、調査鋼矢板の腐食速度は0.06mm/yr以下と推定される。

これに対して調査鋼管杭の経過期間が表6—2のように5年未満であるため鋼管杭の腐食速度は算出せずに肉厚減少量の算出にとどめた。調査鋼管杭の肉厚減少量は表6—12(超音波式探傷厚み計による)、表6—13(超音波式共振厚み計による)に示されている。表6—12、表6—13によれば肉厚減少量は±0.4mmの範囲にあり、とくに超音波式探傷厚み計による須崎No. 1とNo. 3ではほとんど-0.2～-0.3mm(すなわち、0.2～0.3mmの肉厚増加)となっている。経過期間が5年未満であるため厚み計による測定誤差や初期肉厚の誤差などのため結局耐候鋼の材質効果ははっきりしない。

7. あとがき

昭和43年度に超音波式探傷厚み計と超音波式共振厚み計による非破壊調査、または非破壊調査と鋼材片の切り取りによる破壊調査を実施した。このうち須磨船積棧橋(鋼管杭：5年)、安来港(鋼矢板：35年)、門司港(直

線鋼矢板：6年、9年)、博多港(鋼矢板：5年、15年、25年、鋼管杭：1年、2年、3年、4年)についての調査の結果は次の通りである。

(1) 超音波式探傷厚み計の適用率(測定できた点/全測定点×100%)は100%である。これに対して超音波式共振厚み計の適用率は各港によって異なり、もっともよいところで76%、もっとも悪いところは4%と低く平均すると約50%である。

(2) 超音波式探傷厚み計による測定値と超音波式共振厚み計による測定値の差は大体±1mm以内である。

(3) 調査鋼矢板の海水面～海底泥面間の腐食速度は海水または淡水で均一に希釈された海水のいずれのときも0.02～0.05mm/yrである。またこのとき鋼矢板の凸凹による腐食速度の差はほとんど見られない。

(4) 耐候鋼の鋼管杭はいずれも経過期間が5年未満であるためこの場合の肉厚減少量は誤差(厚み計の測定誤差と初期肉厚の誤差)の範囲内に入り、材質の影響ははっきりしなかった。

(5) 電気防食(外電方式)を実施してから2～3年経過すると防食管理が不十分となり調査鋼構造物の電位はほとんど防食電位に保たれていない。このような傾向は電防適用後2～3年経過すると見られた。この結果、電気防食を適用してもその後の維持管理が十分に行なわれないと折角の防食施設が無駄となる点に留意することが必要である。

以上のように超音波式探傷厚み計は適用率100%という大きな特長があるため、測定精度をさらに検討すれば港湾における鋼構造物の肉厚測定用計測器として使用できると思われる。これまでは、不均一海水に接する鋼構造物の腐食速度が測定されておらず、また鋼材を引き抜く破壊調査が行なわれていないため鋼構造物の埋設部分の腐食速度もはっきりしない。したがって今後はこれらの点を加えてさらに港湾構造物の腐食速度の把握ならびに腐食調査法の検討を実施したいと考える。

最後に本調査の遂行に協力して頂いた関係機関の方々に感謝いたします。

参 考 文 献

- 1) 善、阿部：港湾鋼構造物の腐食調査(第1報)、港研資料 No. 49, 1～136 (1968)
- 2) 善：港湾における鋼材腐食の研究(第1報)、港研報告 Vo. 5, No. 8, 1～184 (1966)
- 3) 善：マクロ腐食とミクロ腐食について、防蝕技術, Vo. 17, No. 3, 1～6 (1968)

(1969・6・30受付)

港湾技研資料 No. 84

1969・9

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 大洋印刷産業株式会社
東京都千代田区丸ノ内2-20