

# 港 湾 技 研 資 料

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

No. 139 June. 1972

港湾鋼構造物の腐食調査(第8報)

(塩釜港、伏木港および須磨船積棧橋における腐食調査)

善 一 章  
阿 部 正 美

運輸省港湾技術研究所



# 港湾鋼構造物の腐食調査（第8報）

## 塩釜港，伏木港および須磨船積棧橋における腐食調査

### 目 次

1. ま え が き .....	3
2. 塩釜港における腐食調査（鋼矢板） .....	3
3. 伏木港における腐食調査（鋼矢板、タイロッド） .....	18
4. 須磨船積棧橋における腐食調査（鋼管） .....	26
5. あ と が き .....	31
参 考 文 献 .....	31

**Corrosion Survey of Steel Structures at Harbors (8th Report)**  
**Corrosion Surveys of Steel Sheet Pile Structures at**  
**Shiogama, Fushiki Harbors and Suma Landing Bridge**

Kazuaki ZEN\*  
Masami ABE\*\*

**Synopsis**

The corrosion surveys at Center Pier (steel sheet piles), Shiogama Harbor, Quay Wall No.3 (steel sheet piles and tie rods), Fushiki Harbor and Suma Landing Bridge (steel pipe piles) have been carried out, and the following results were obtained.

Corrosion tendency (b) was generated at Center Pier, Shiogama Harbor, and corrosion rates of the flat portion of convex steel sheet piles directly under L.W.L. were 0.19 to 0.22 mm/yr.

Corrosion tendency of steel sheet piles at Quay Wall No.3, Fushiki Harbor was (b), and corrosion rates of the flat portion of convex steel sheet piles directly under L.W.L. were 0.10 to 0.13 mm/yr.

It is supposed that corrosion tendency of steel sheet piles at Fushiki Harbor depended considerably on the presence of fresh water.

And besides, tie rods buried for 37 years at Quay Wall No.3, Fushiki Harbor did almost not corrode. And the corrosion rates of steel pipe piles of Suma Landing Bridge were less than 0.05 mm/yr.

---

\* Senior Research Engineer, Structures Division

\*\* Member, Structures Division

# 港湾鋼構造物の腐食調査（第8報）

## 塩釜港、伏木港および須磨船積棧橋に おける腐食調査

善 一 章\*  
阿 部 正 美\*\*

### 要 旨

塩釜港中埠頭（鋼矢板）、伏木港3号岸壁（鋼矢板、タイロッド）および須磨船積棧橋（鋼管杭）の腐食調査を行ない、次の結果を得た。

- (1) 塩釜港中埠頭における鋼矢板の腐食傾向は(b)であり、平均干潮面直下付近の凸面の腐食速度は0.2 mm/yrである。
- (2) 伏木港3号岸壁における鋼矢板の腐食傾向は(b)であり、平均干潮面直下付近の腐食速度は0.1～0.13 mm/yrである。伏木港の腐食傾向(b)は前面海水の炭水化によるものと考えられる。また、タイロッドの腐食速度はほとんど0 mm/yrである。
- (3) 須磨船積棧橋における鋼管杭の腐食速度は0.05 mm/yr以下である。

### 1. ま え が き

港湾鋼構造物の腐食の実体を把握するために港湾調査指針<sup>1)</sup>による腐食調査を、昭和42年度より港湾建設局、北海道開発局、港湾管理者の協力を得て実施している。この結果、第1報～第7報<sup>2)～8)</sup>に示したように港湾構造物の腐食（機構および腐食速度）に関する有力な資料を得るとともに腐食調査法に関する資料も得た。腐食調査の対象物は構造物の中で経過期間が長い（たとえば30年以上）鋼矢板構造物が最も多いが、鋼矢板構造物も潮位、水深、水質、付着物など現地条件がいろいろ異なるため各条件下における腐食調査データを豊富にする必要がある。また、腐食調査には破壊調査と非破壊調査があるが調査の精度を上げるためできるだけ破壊調査を実施したい。これに対して、塩釜港中埠頭と伏木港左岸3号岸壁が昭和45年度に改造することになったため両港の腐食調査を昭和45年度の研究協議会に提出した。幸い、研究協議会で承認されたため両港の腐食調査をそれぞれ改造時に実施した。調査は非破壊調査と切取りによる破

壊調査を行なった。一方、須磨船積棧橋基礎鋼管杭の腐食調査は昭和43年の調査<sup>3)</sup>の場合と同じく日本港湾コンサルタントからの依頼により、昭和46年に実施した。

本報は、塩釜港中埠頭、伏木港左岸3号岸壁および須磨船積棧橋における腐食調査結果である。

### 2. 塩釜港における腐食調査

#### 2-1 調査対象鋼構造物

調査対象鋼構造物は表2-1に示す塩釜港・中埠頭である。図2-1に塩釜港の位置図を、図2-2に中埠頭の位置図を示す。また、図2-3に中埠頭の断面図を示す。ただし、中埠頭は地盤沈下がひどく過去何回か嵩上げ工事が行なわれており、図2-3に示す断面図は過去の嵩上げ工事の時のものである。建設時の中埠頭の断面図がないが、当時の施行経過を示す資料（内務省仙台土木出張所発行の修築工事概要）によれば施行状況は次の通りである。「岸壁は湿渠を挟み延長631.5m内東埠頭側は水深7.6m岸壁にして346.5m、西埠頭側は水深4.6mに

表2-1 塩釜港における調査鋼構造物

施設名	水深 <sup>1)</sup> (m)	鋼矢板 <sup>2)</sup> タイプ	初期肉厚(mm)		延長 (m)	施工年	経過期 間(年)	防食法 の有無	無防食 期間(年)	調査年月
			平端部	側面部						
中埠頭 (1,000t岸壁)	-4.6	ラルゼンII ラルゼンIII	10.2	8.7	192	S.6	39	なし	39	S.45.7
			14.2	9.2						

1) 設計水深であり、調査時の水深は-2～-3mである。

2) 中埠頭の大部分はラルゼンII型であるが、先端付近20数mはラルゼンIII型である。

\* 構造部 主任研究官

\*\* 構造部

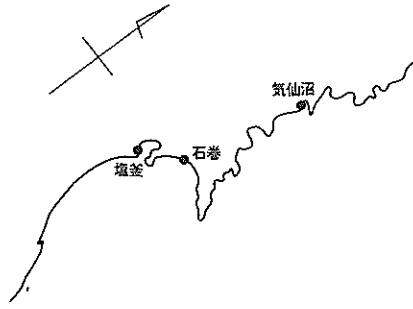


図 2-1 塩釜港位置図

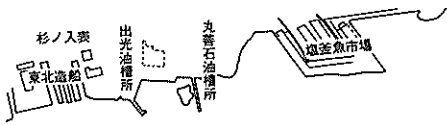


図 2-2 塩釜港中埠頭位置図

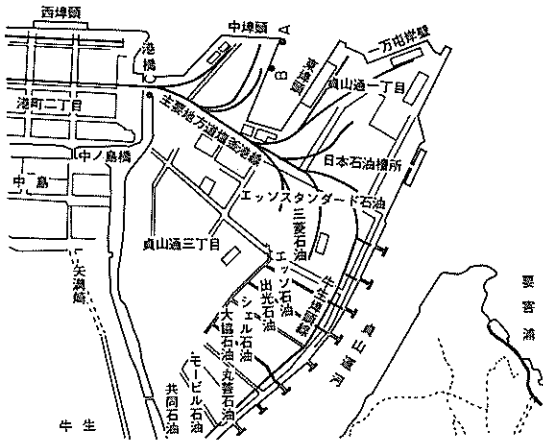


図 2-2 塩釜港中埠頭位置図

して長 283m を施行せり。岸壁工事は埋立地の東方貞山堀寄の岩盤を利用し水深 7.6m 岸壁全部及 4.6m 岸壁の一部延長 91m は岩盤基礎上に鉄筋混泥土扶壁式擁壁を造れり。

4.6m 岸壁の残部 192m は基礎地盤軟弱なるため、鉄矢板による繫船岸壁を築造せり。工法は東埠頭及中埠頭先端より円形に仮締切堤を築設し排水の上、陸上作業に依る。大正 14 年 5 月着手し、仮締切堤の撤去は昭和 6 年 1 月に終れり。4.6m 岸壁中基礎軟弱なる部分長 192m はラルゼン鉄矢板 2 型長 12m を使用せり。但し一部は 3 型長 15m に改めたり（原文のまま）。

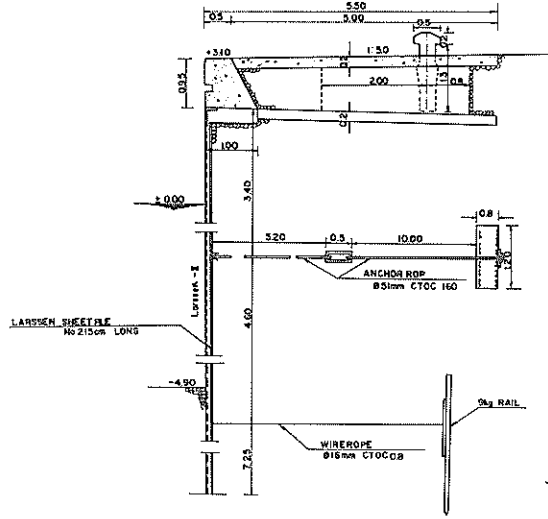


図 2-3 塩釜港中埠頭断面図

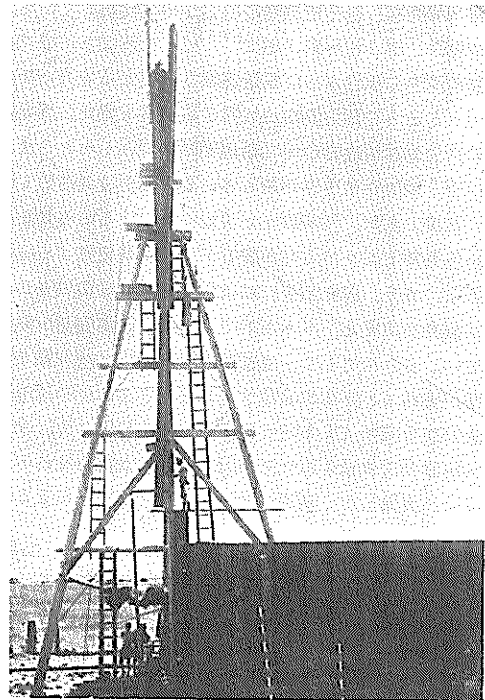


図 2-4 四米六岸壁鉄矢板打込

次に、図 2-4 ~ 2-6 に施工当時の模様を示す。今回、中埠頭が改造されることになったので破壊調査

運輸省第2港湾建設局・塩釜港工事事務所  
 運輸省第2港湾建設局・横浜調査設計事務所  
 宮城県仙台港建設事務所  
 運輸省港湾技術研究所

② 現場視察

昭和45年7月3日

- ① 打合せ事項の確認
- ② -1mで切断した鋼矢板の引上げ、回収

昭和45年7月4日

- ① 回収鋼矢板の陸上切断  
鋼矢板 No. 10, No. 14
- ② 非破壊測定(陸上)  
鋼矢板 No. 13

昭和45年7月5日

- ① 回収鋼矢板の陸上切断  
鋼矢板 No. 12
- ② 非破壊測定  
鋼矢板 No. 12

③ 採水

A地点(水面-0.5, -1.0, -2.0, -2.5m)

昭和45年7月6日

- ① 非破壊測定(水中)  
鋼矢板 No. 2, 6, 10, 14
- ② 採水

A, B, C地点

- ③ 水中切断  
鋼矢板 No. 10, 14

昭和45年7月7日

- ① 水中切断  
鋼矢板 No. 2, 6

昭和45年12月

- ① 回収鋼矢板の切断、成型
- ② 成型鋼矢板片の肉厚および重量測定

2-3 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、水中用探触子、陸上用探触子、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、高周波ケーブルなど)
- (3) 直流電弧溶接機一式(発電機、酸素ポンプ、溶接棒など、施工業者所有)
- (4) クレーン(施工業者所有)
- (5) 基準肉厚鋼板(SY-II)
- (6) スクレーパ、ハンマ、ワイヤ・ブラシなど
- (7) 北原式採水器および貯水瓶

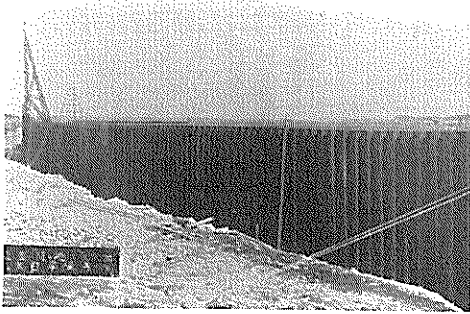


図2-5 四米六岸壁工事

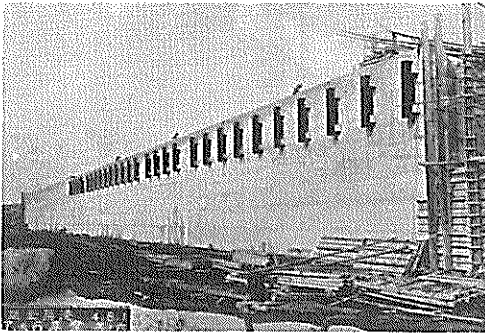


図2-6 七米六岸壁工事

と非破壊調査を実施した。

2-2 調査年月日

調査は改造工事に応じて昭和45年4月、6月、7月に行なわれたが、調査の日程は次の通りである。

昭和45年4月6日～7日

- ① 水中切断した鋼矢板の肉厚測定

昭和45年6月17日

- ① 調査についての打合せ

調査に関係した機関は次の通りである。

- (8) カメラおよびフィルム（カラー）
- (9) 記録用紙および筆記用具
- (10) その他

電線、テーブル・タップ、半田鍍および半田、麻紐、プライヤ、十字型ビス、グリス、折尺、ドライバ、ニッパ、軍手、ビニール・シート、ビニール・テープ、ウエスなど。

### 2-4 調査箇所

調査箇所は現地打合せの結果、次のように設定した。

#### 2-4-1 回収鋼矢板の肉厚測定箇所

中埠頭は改良工事の都合により旧鋼矢板は水深-1 mのところまで水中切断して-1 m以上の部分を回収し、-1 m以深の部分は土留めとしてそのまま残すことになった。回収は5 m幅のブロック毎に行なわれたが、このうち陸上でガス切断後肉厚測定を実施したのは図2-7に示す6

6, 8, 10, 12, 14の各ブロックのうちの各1組(凸、凹矢板)の鋼矢板についてである。一方、回収した鋼矢板ブロックから肉厚測定用の鋼矢板片を切取った深度は図2-8の通りである。

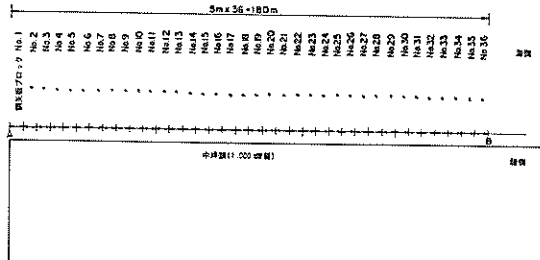


図2-7 塩釜港中埠頭における回収鋼矢板ブロック(平面図)

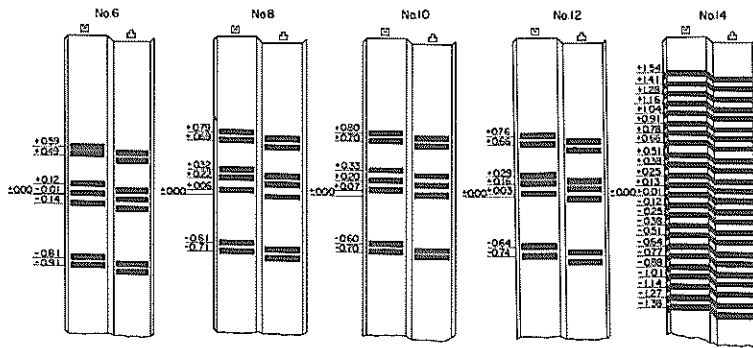


図2-8 回収鋼矢板ブロックからの切取り深度

#### 2-4-2 水中切断による鋼矢板片採取箇所

水中切断による鋼矢板片の採取は図2-7の鋼矢板ブロックNo. 2, 6, 10, 14については凸凹1組の鋼矢板についてNo. 5, 11, 17, 25, 33については(凸)鋼矢板1枚について行なった。切取り箇所は図2-15の通りである。なおNo. 5, 11, 17, 25, 33からの切取りは2-4-1の鋼矢板ブロックの回収前に、No. 2, 6, 10, 14からの切取りは鋼矢板ブロックの回収後に行なった。

#### 2-4-3 肉厚の非破壊測定箇所

2-4-1で回収した鋼矢板ブロックNo. 12, 13の各1組(凸、凹)の鋼矢板について超音波式探傷厚み計(陸上用探触子を使用)で肉厚を測定した。このときの肉厚測定箇所は図2-9の通りである。

一方、2-4-1で回収後、海水中に残っている鋼矢板のうち、図2-7に示すNo. 2, 6, 10, 14の1組(凸、凹)の鋼矢板について超音波式探傷厚み計(水中

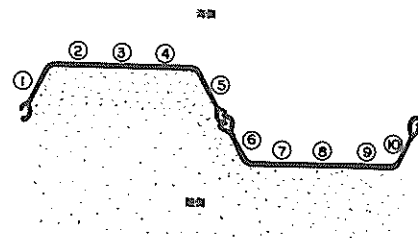


図2-9 塩釜港における鋼矢板肉厚非破壊測定点(断面方向)

用)で肉厚を測定した。このときの測定深度は-1~-2 mの間の1深度である。

#### 2-4-4 採水箇所

採水は図2-2に示すA, B, Cの3箇所で行なった。

#### 2-5 調査項目および調査方法

調査としては破壊調査、非破壊調査および環境調査が行なわれた。破壊調査としては切取り鋼矢板片について

肉厚測定、腐食速度の算出、観察および材質試験を行ない、非破壊調査としては回収した鋼矢板部分（約1 m以上）について肉厚の陸上測定、回収しない鋼矢板部分（約1 m以下）について肉厚の水中測定を行ない、さらに腐食速度の算出、観察を行なった。環境調査としては採水した試水の水質試験を行なった。

#### 2-5-1 回収鋼矢板の肉厚測定

##### (1) 破壊測定

今回の調査範囲は図2-2のA~B間の180mであり、この部分の鋼矢板は1 mの深度で切断して回収することになった。このときの回収は図2-7に示すように5 m幅のブロック毎に行なわれた。鋼矢板ブロックの回収の模様を写真2-1-①~⑧に示す。写真2-1-⑧のように陸上に横たえた鋼矢板ブロックの所定の箇所から鋼矢板片を切り取り、鋼矢板ブロックの、深度、海側・陸側の区別、上下方向の区別を明記して港湾技術研究所へ送付した。港湾技術研究所において第1報、4-9-1（鋼材片の切り取り、p.40~41）、4-9-2（脱錆、p.41）、4-10（鋼材片の肉厚測定および重量測定、p.42）の方法で鋼矢板片の肉厚測定を行なった。

現地における陸上切断の模様を写真2-2-①~⑥に示す。

##### (2) 非破壊測定

回収した鋼矢板ブロックについての肉厚の非破壊測定は次のように行なった。陸側面が上を向くように地上に横たえられた鋼矢板ブロックについてまず測定箇所の脱錆を行なう。脱錆は鋼矢板面上の付着物をこさぎ落とし、次に電気式ワイヤ・ブラシとハンマで錆生成物を除去する。しかし、この方法では時間がかかり過ぎるのでワイヤ・ブラシによる処理の前に切断用の酸素・アセチレン炎で鋼矢板表面に付着しているスケールを焙って除去した。この方法によればスケールの大半は飛んでしまうので鋼矢板面の脱錆処理に要する時間がかなり短縮された。次に、超音波式探傷厚み計と超音波式共振厚み計により肉厚を測定した。なお、どちらも陸上探触子を用い、測定は前者は第2報、2-8（超音波式探傷厚み計による肉厚測定、p.6~7）の方法に、後者は第1報、4-8（超音波式共振厚み計による肉厚測定、p.37~40）の方法によった。

現地における測定の様子を写真2-3に示す。

#### 2-5-2 水中切断した鋼矢板片の肉厚測定

引抜かない鋼矢板についての水中切断は第1報、4-9-1（鋼材片の切り取り、p.40~41）の方法によった。

写真2-4-①に作業状況を示す。水中切断した鋼矢板を潜水夫から受取る時すぐに鋼矢板片の上下、左右の

方向を確かめてから、第1報、4-9-1に示すように肉眼観察と写真撮影をする。さらに、港湾技術研究所において2-5-1-①と同じ方法で鋼矢板片の肉厚測定を行なった。

#### 2-5-3 引抜かない鋼矢板の肉厚測定

1 m以上の鋼矢板部分は回収されるが、1 m以下は改良工事の都合で残されることになったので、1 m~海底泥面までの海水中の鋼矢板の肉厚測定を超音波式探傷厚み計（水中用）と超音波式共振厚み計（水中用）で行なった。肉厚測定は第1報、4-4（付着物の除去および鋼材面の研磨、p.32~33）、4-8（超音波式共振厚み計による肉厚測定、p.37~40）、第2報、2-8（超音波式探傷厚み計による肉厚測定、p.6~7）の方法によった。

写真2-4-②~⑦に現地測定状況を示す。

#### 2-5-4 腐食速度の算出

肉厚測定値および重量測定値からの腐食速度の算出は第1報、4-12（腐食速度の算出、p.43）の方法によった。

#### 2-5-5 観察

現地鋼矢板および切り取り鋼矢板片の観察は第1報、4-6（観察、p.33~34）の方法によった。

#### 2-5-6 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）によった。

#### 2-5-7 材質試験

切り取り鋼矢板片の材質試験は第1報、4-14（材質試験、p.45~46）の方法によった。

#### 2-5-8 水質試験

水質試験は第1報、4-13（水質試験、p.43~45）の方法によったが、その他全硫酸および $\text{SO}_4^{--}$ についても港湾調査指針に準拠した。

#### 2-6 調査結果

##### 2-6-1 回収した鋼矢板ブロックから切り取った鋼矢板片の肉厚測定結果

回収した鋼矢板ブロックからの鋼矢板片の切り取りは鋼矢板板6、8、10、12、14について行なったが、とくに板14については10~20 cmピッチで行なった（ただし、板6、8、10、12、14の鋼矢板ブロックから1組の凸凹鋼矢板について切り取りを行なったため、切り取り鋼矢板片の板にはそれぞれが属していた鋼矢板ブロックの板で示すことにした。以下、水中切断した鋼矢板片についての測定や非破壊測定の場合にも同じように板を付けることにした）。

鋼矢板板14の平端部についての肉厚測定値を付表2-1~付表2-4に示す。付表2-1~付表2-4より



腐食量を算出すると表 2-2 のようになる。

～付表 2-7 の通りである。付表 2-5～付表 2-7 上

一方、鋼矢板 No. 14 の側面部の肉厚測定値は付表 2-5

より腐食量を算出すると表 2-3 のようになる。

表 2-2 塩釜港における引抜き鋼矢板の腐食量(平端部)

鋼矢板 No.	深 度 <sup>a)</sup> ( m )	初期肉厚 ( mm )	凸 矢 板 平 端 部				凹 矢 板 平 端 部			
			肉厚減量 ( mm )		腐食速度 ( mm/yr )		肉厚減量 ( mm )		腐食速度 ( mm/yr )	
			(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
14	+1.54	10.2	0.378	0.119	0.010	0.003	3.328	3.276	0.085	0.084
	+1.41	10.2	1.159	1.007	0.030	0.030	2.213	2.047	0.057	0.052
	+1.28	10.2	1.570	1.364	0.040	0.035	2.388	2.173	0.061	0.056
	+1.16	10.2		0.824		0.021	2.249	2.129	0.058	0.055
	+1.04	10.2	0.623	0.445	0.016	0.011	1.970	1.853	0.051	0.048
	+0.91	10.2	0.973	0.830	0.025	0.021	1.703	1.569	0.044	0.040
	+0.78	10.2	1.568	1.425	0.040	0.037	2.186	2.112	0.056	0.054
	+0.66	10.2	1.397	1.112	0.036	0.029	2.308	2.173	0.059	0.056
	+0.51	10.2	1.360	0.950	0.035	0.024	2.603	2.500	0.067	0.064
	+0.38	10.2	4.068	3.537	0.104	0.091	2.431	2.307	0.062	0.059
	+0.25	10.2	6.588	6.493	0.169	0.166	2.379	2.300	0.061	0.059
	+0.13	10.2	7.567	7.386	0.194	0.189	2.462	2.405	0.063	0.062
	+0.01	10.2	7.480	7.379	0.192	0.189	2.335	2.235	0.060	0.057
	-0.12	10.2	5.407	5.313	0.139	0.136	2.377	2.276	0.061	0.058
	-0.25	10.2	5.189	5.117	0.133	0.131	2.108	1.993	0.054	0.051
	-0.38	10.2	5.801	5.650	0.149	0.145	2.087	1.994	0.054	0.051
	-0.51	10.2	4.943	4.754	0.127	0.122	2.051	1.866	0.053	0.048
	-0.64	10.2	4.890	4.703	0.125	0.121	2.167	2.001	0.056	0.051
	-0.77	10.2	5.347	5.179	0.137	0.133	2.216	2.039	0.057	0.052
	-0.88	10.2	4.897	4.545	0.126	0.117	2.411	2.300	0.062	0.059
-1.01	10.2	4.084	3.958	0.105	0.101	2.515	2.380	0.064	0.061	
-1.14	10.2	4.946	4.804	0.127	0.123	2.615	2.450	0.067	0.063	
-1.27	10.2	4.876	4.729	0.125	0.121					
-1.38	10.2	2.339	2.210	0.060	0.057					

a) 調査時( S. 45 年 6 月 ) の深度

1) 重量測定による。

2) マイクロ・メータによる。

表 2-3 塩釜港における引抜き鋼矢板の腐食量(側面部)

マイクロ・メータによる

鋼矢板 No. 14

深 度 ( m )	初期肉厚 ( mm )	凸 矢 板						凹 矢 板					
		肉厚減量 ( mm )			腐食速度 ( mm/y r )			肉厚減量 ( mm )			腐食速度 ( mm/y r )		
		側面 (1)	側面 (2)	側面 (1),(2)	側面 (1)	側面 (2)	側面 (1),(2)	側面 (1)	側面 (2)	側面 (1),(2)	側面 (1)	側面 (2)	側面 (1),(2)
+1.54	8.7	3.484	3.772	3.628	0.089	0.097	0.093	3.648	3.886	3.767	0.094	0.100	0.097
+1.41	8.7	3.833	4.273	4.053	0.098	0.110	0.104	3.573	3.927	3.750	0.092	0.101	0.096
+1.28	8.7	3.025	3.182	3.104	0.078	0.082	0.080	3.399	3.642	3.521	0.087	0.093	0.090
+1.16	8.7	2.026	2.901	2.464	0.052	0.074	0.063	2.208	3.645	2.927	0.057	0.093	0.075
+1.04	8.7	2.097	2.059	2.078	0.054	0.053	0.053	2.160	3.130	2.645	0.055	0.080	0.068
+0.91	8.7	2.017	2.176	2.097	0.052	0.056	0.054		2.859			0.073	
+0.78	8.7	1.897	2.707	2.302	0.049	0.069	0.059	2.137	3.246	2.692	0.055	0.083	0.069
+0.66	8.7	2.567	2.436	2.502	0.066	0.062	0.064	2.713	2.892	2.803	0.070	0.074	0.072
+0.51	8.7	2.899	3.096	2.998	0.074	0.079	0.077	2.825	3.413	3.119	0.072	0.088	0.080
+0.38	8.7	2.720	3.087	2.904	0.070	0.079	0.074	2.877	3.001	2.939	0.074	0.077	0.075
+0.25	8.7	3.414	3.025	3.220	0.088	0.078	0.083	3.419	2.756	3.088	0.088	0.071	0.079
+0.13	8.7	2.828	3.053	2.941	0.073	0.078	0.075	3.675	2.666	3.171	0.094	0.068	0.081
+0.01	8.7	2.937	3.474	3.206	0.075	0.089	0.082	2.878	2.754	2.816	0.074	0.071	0.072
-0.12	8.7	3.193	3.062	3.128	0.082	0.079	0.080	3.108	2.733	2.921	0.080	0.070	0.075
-0.25	8.7	3.244	3.059	3.152	0.083	0.078	0.081	2.528	3.335	2.932	0.065	0.086	0.075
-0.38	8.7	3.232	2.819	3.026	0.083	0.072	0.078	4.066	2.429	3.248	0.104	0.062	0.083
-0.51	8.7	3.205	3.747	3.476	0.082	0.096	0.089	2.843	2.605	2.724	0.073	0.067	0.070
-0.64	8.7	2.654	3.123	2.889	0.068	0.080	0.074	3.600	2.783	3.192	0.092	0.071	0.082
-0.77	8.7	2.905	3.013	2.959	0.074	0.077	0.076	3.374	2.714	3.044	0.087	0.070	0.078
-0.88	8.7	3.247	3.412	3.330	0.083	0.087	0.085	3.891	2.508	3.200	0.100	0.064	0.082
-1.01	8.7	2.594	3.052	2.823	0.067	0.078	0.072	2.883	2.637	2.760	0.074	0.068	0.071
-1.14	8.7	2.533	2.866	2.700	0.065	0.073	0.069	4.123	2.617	3.370	0.106	0.067	0.086
-1.27	8.7	2.671	3.137	2.904	0.068	0.080	0.074	2.905	2.569	2.737	0.074	0.066	0.070
-1.38	8.7	2.777	2.957	2.867	0.071	0.076	0.074		3.087			0.079	

次に、付表 2-1, 2, 表 2-2 より鋼矢板 No. 14 の肉厚を図示すると図 2-10, 11 のようになる。

これに対して、鋼矢板 No. 6, 8, 10, 12 の平端部の肉厚測定値を付表 2-8 ~ 付表 2-11 に示す。付表 2-8 ~ 付表 2-11 より腐食量を算出すると表 2-4 のよ

うになる。一方、鋼矢板 No. 6, 8, 10, 12 の側面部の肉厚測定値は付表 2-12 の通りであり、付表 2-12 より腐食量を算出すると表 2-5 のようになる。付表 2-8, 9, 12 より鋼矢板 No. 6, 8, 10, 12 の肉厚を図示すると図 2-12, 13 のようになる。

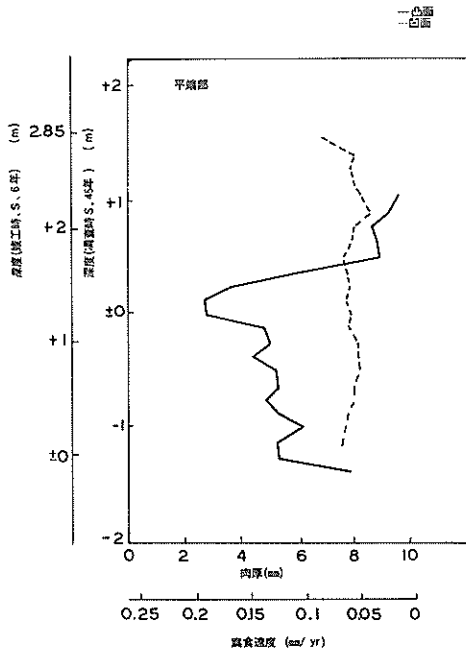


図 2-10 鋼矢板の腐食量 (鋼矢板 No.14, 重量測定による)

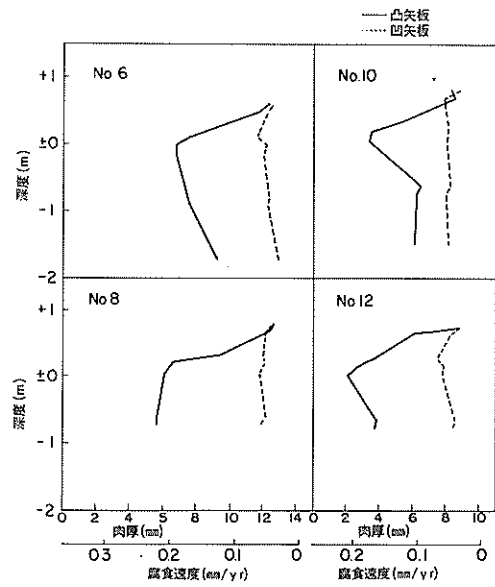


図 2-12 鋼矢板平端部の腐食量 (重量測定による)

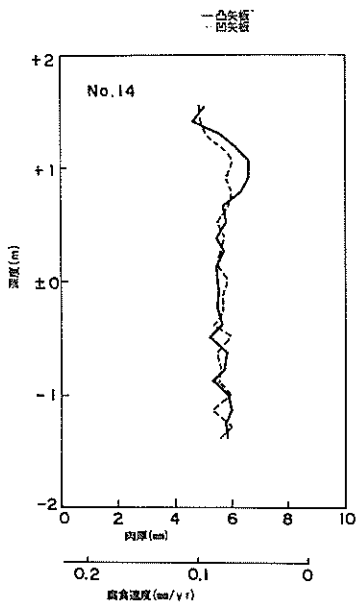


図 2-11 鋼矢板側面部の腐食量 (マイクロ・メーターによる)

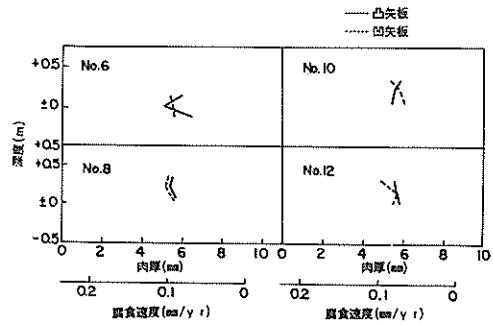


図 2-13 鋼矢板側面部の腐食量 (マイクロ・メーターによる)

表 2-4 塩釜港における銅矢板腐食量(平端部)

銅矢板 No	深 度 ( m )	初期肉厚 <sup>a)</sup> ( mm )	凸 面				凹 面			
			肉厚減量 ( mm )		腐食速度 ( mm/yr )		肉厚減量 ( mm )		腐食速度 ( mm/yr )	
			(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
2	-1.00	14.2	3.930	3.763	0.101	0.096	1.329	1.058	0.034	0.027
6	+0.59	14.2	1.959	1.771	0.050	0.045	1.668	1.392	0.043	0.036
	+0.49	14.2	2.386	2.187	0.061	0.056	1.973	1.877	0.051	0.048
	+0.12	14.2	6.604	7.052	0.169	0.181	2.577	2.215	0.066	0.057
	-0.01	14.2	7.438	6.352	0.191	0.163	2.071	1.832	0.053	0.047
	-0.14	14.2	7.434	7.178	0.191	0.184	2.182	1.858	0.056	0.048
	-0.81	14.2	6.733	6.498	0.173	0.167	1.873	1.670	0.048	0.043
	-0.91	14.2	6.609	6.294	0.169	0.161	1.883	1.678	0.048	0.043
	-1.72	14.2	4.940	4.781	0.127	0.123	1.284	1.190	0.033	0.031
8	+0.79	14.2	1.554	1.288	0.040	0.033	1.709	1.368	0.044	0.035
	+0.69	14.2	1.795	1.525	0.046	0.039	2.043	1.828	0.052	0.047
	+0.32	14.2	4.722	4.332	0.121	0.111	2.122	1.799	0.054	0.046
	+0.22	14.2	7.545	7.365	0.193	0.189	2.064	1.901	0.053	0.049
	+0.06	14.2	8.047	7.837	0.206	0.201	2.354	2.017	0.060	0.052
	-0.61	14.2	8.429	8.185	0.216	0.210	1.975	1.722	0.051	0.044
	-0.71	14.2	8.550	8.266	0.219	0.212	2.290	1.886	0.059	0.048
10	+0.80	10.2	1.884	1.739	0.048	0.045	1.493	1.315	0.038	0.034
	+0.70	10.2	1.681	1.484	0.043	0.038	2.299	2.176	0.059	0.056
	+0.33	10.2	5.176	6.653	0.133	0.171	2.083	1.917	0.053	0.049
	+0.20	10.2	6.735	6.570	0.173	0.168	2.032	1.854	0.052	0.048
	+0.07	10.2	6.877	6.602	0.176	0.169	4.299	1.814	0.110	0.047
	-0.60	10.2	3.742	3.709	0.096	0.095	1.922	1.844	0.049	0.047
	-0.70	10.2	3.911	3.655	0.100	0.094	2.148	2.113	0.055	0.054
	-1.48	10.2	4.043	3.773	0.104	0.097	2.054	2.048	0.053	0.053
12	+0.76	10.2	1.443	1.165	0.037	0.030	1.384	1.161	0.035	0.030
	+0.66	10.2	4.155	4.133	0.107	0.106	1.898	1.750	0.049	0.045
	+0.29	10.2		6.423		0.165	2.716	2.571	0.070	0.066
	+0.16	10.2		8.509		0.218	2.327	2.000	0.060	0.051
	+0.03	10.2	8.138	8.070	0.209	0.207	2.391	2.262	0.061	0.058
	-0.64	10.2	6.396	5.976	0.164	0.153	1.662	1.549	0.043	0.040
	-0.74	10.2	6.456	6.391	0.166	0.164	1.793	1.614	0.046	0.041
	14	-0.66	10.2	4.677	4.621	0.120	0.118	1.327	1.095	0.034

a) 調査時 ( S.45. 6 ) の深度

(1) 重量測定による。

(2) マイクロ・メータによる。

表 2-5 塩釜港における切り銅矢板片の腐食量

マイクロ・メータによる

銅矢板 No.	深 度 (m)	初期 肉厚 (mm)	凸 矢 板						凹 矢 板					
			肉厚減量 (mm)			腐食速度 (mm/yr)			肉厚減量 (mm)			腐食速度 (mm/yr)		
			側面 (1)	側面 (2)	側面 (1),(2)	側面 (1)	側面 (2)	側面 (1),(2)	側面 (1)	側面 (2)	側面 (1),(2)	側面 (1)	側面 (2)	側面 (1),(2)
6	+0.12	9.2	3.742	2.831	3.287	0.096	0.073	0.084	4.039	3.558	3.799	0.104	0.091	0.097
	-0.01	9.2	3.961	4.188	4.075	0.102	0.107	0.104	3.709	3.677	3.693	0.095	0.094	0.095
	-0.14	9.2	2.885	2.653	2.769	0.074	0.068	0.071	3.899	3.302	3.601	0.100	0.085	0.092
8	+0.32	9.2	4.098	3.350	3.724	0.105	0.086	0.095	3.980	3.855	3.918	0.102	0.099	0.100
	+0.22	9.2	3.985	3.732	3.859	0.102	0.096	0.099	3.912	4.080	3.996	0.100	0.105	0.102
	+0.06	9.2	3.767	3.244	3.506	0.097	0.083	0.090	3.877	3.388	3.633	0.099	0.087	0.093
10	+0.33	8.7	3.136	2.553	2.845	0.080	0.065	0.073	3.376	3.145	3.261	0.087	0.081	0.084
	+0.20	8.7	3.062	3.240	3.151	0.079	0.083	0.081	2.625	3.031	2.828	0.067	0.078	0.073
	+0.07	8.7	3.342	3.125	3.234	0.086	0.080	0.083	2.514	2.787	2.651	0.064	0.071	0.068
12	+0.29	8.7	3.169	3.168	3.169	0.081	0.081	0.081	3.933	3.365	3.649	0.101	0.086	0.094
	+0.16	8.7	2.882	3.140	3.011	0.074	0.081	0.077	3.222	2.778	3.000	0.083	0.071	0.077
	+0.03	8.7	2.736	3.057	2.897	0.070	0.078	0.074	3.427	2.817	3.122	0.088	0.072	0.080

2-6-2 水中切断した銅矢板片の肉厚測定結果

銅矢板 No. 5, 11, 17, 25, 33 についての肉厚測定結果を付表 2-13 に示す。付表 2-13 より腐食量を算出すると表 2-6 の通りである。

一方、銅矢板 No. 2, 6, 10, 14 についての肉厚測定結果は付表 2-8 ~ 11 に、また腐食量は表 2-4 に含めた。

2-6-3 回収した銅矢板ブロックについての非破壊測定結果

超音波式探傷厚み計（陸上用）による肉厚測定は付表 2-14 の通りであり、付表 2-14 より腐食量を算出すると表 2-7 のようになる。表 2-7 より銅矢板 No. 12, 13 の肉厚を図示すると図 2-14 のようになる。

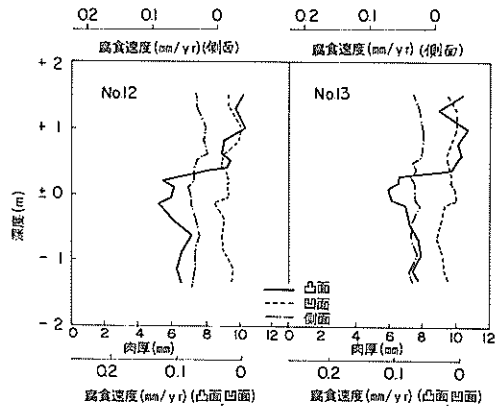


図 2-14 銅矢板の腐食量（超音波式探傷厚み計（陸上用）による）

表 2-6 塩釜港における切り銅矢板片の腐食量

銅矢板片 No.	銅 矢 板 タ イ プ	深 度 (m)	初期肉厚 (mm)	平 端 部			
				肉厚減量 (mm)		腐食速度 (mm/yr)	
				(1)	(2)	(1)	(2)
1	ラルゼンⅢ	-1.89	14.2	2.32	2.24	0.061	0.059
2	ラルゼンⅡ	-1.89	10.2	1.92	1.86	0.051	0.049
3	ラルゼンⅡ	-1.09	10.2	3.10	3.02	0.082	0.079
4	ラルゼンⅡ	-1.69	10.2	2.79	2.91	0.073	0.077
5	ラルゼンⅡ	-1.89	10.2	1.17	1.09	0.031	0.029

表 2-7 塩釜港における鋼矢板肉厚

超音波式探傷厚み計(陸上用)

鋼矢板 名	深 度 (m)	凸 面				凹 面				側 面			
		初期 肉厚 (mm)	現有 肉厚 (mm)	肉厚 減量 (mm)	腐食 速度 (mm/yr)	初期 肉厚 (mm)	現有 肉厚 (mm)	肉厚 減量 (mm)	腐食 速度 (mm/yr)	初期 肉厚 (mm)	現有 肉厚 (mm)	肉厚 減量 (mm)	腐食 速度 (mm/yr)
12	+1.51	10.2	10.2	0.0	0	10.2	9.4	0.8	0.02	8.7	7.4	1.3	0.03
	+1.31	10.2	9.8	0.4	0.01	10.2	9.5	0.7	0.02	8.7	7.5	1.2	0.03
	+1.01	10.2	10.4	0.0	0	10.2	10.2	0.0	0	8.7	8.0	0.7	0.02
	+0.81	10.2	9.1	1.1	0.03	10.2	10.0	0.2	0.01	8.7	7.9	0.8	0.02
	+0.61	10.2	9.0	1.2	0.03	10.2	9.1	1.1	0.03	8.7	8.0	0.7	0.02
	+0.51	10.2	9.5	0.7	0.02	10.2	9.0	1.2	0.03	8.7	7.5	1.2	0.03
	+0.41	10.2	9.3	0.9	0.02	10.2	9.0	1.2	0.03	8.7	7.3	1.4	0.04
	+0.31	10.2	7.1	3.1	0.08	10.2	9.3	0.9	0.02	8.7	7.3	1.4	0.04
	+0.21	10.2	5.4	4.8	0.12	10.2	9.4	0.8	0.02	8.7	7.3	1.4	0.04
	+0.11	10.2	6.1	4.1	0.11	10.2	9.3	0.9	0.02	8.7	7.0	1.7	0.04
	-0.04	10.2	5.9	4.3	0.11	10.2	9.4	0.8	0.02	8.7	7.1	1.6	0.04
	-0.14	10.2	5.2	5.0	0.13	10.2	8.6	1.6	0.04	8.7	7.1	1.6	0.04
	-0.39	10.2	6.0	4.2	0.11	10.2	9.1	1.1	0.03	8.7	7.4	1.3	0.03
	-0.64	10.2	7.2	3.0	0.08	10.2	9.0	1.2	0.03	8.7	7.6	1.1	0.03
	-0.89	10.2	6.6	3.6	0.09	10.2	9.1	1.1	0.03	8.7	7.4	1.3	0.03
	-1.14	10.2	6.3	3.9	0.10	10.2	9.7	0.5	0.01	8.7	7.4	1.3	0.03
	-1.34	10.2	6.5	3.7	0.09	10.2	9.6	0.6	0.02	8.7	7.3	1.4	0.04
13	+1.48	10.2	10.3	0.0	0	10.2	9.5	0.7	0.02	8.7	7.5	1.2	0.03
	+1.28	10.2	9.0	1.2	0.03	10.2	10.0	0.2	0.01	8.7	7.8	0.9	0.02
	+0.98	10.2	10.7	0.0	0	10.2	10.0	0.2	0.01	8.7	8.0	0.7	0.02
	+0.78	10.2	10.1	0.1	0	10.2	9.7	0.5	0.01	8.7	8.0	0.7	0.02
	+0.58	10.2	10.3	0.0	0	10.2	9.4	0.8	0.02	8.7	7.9	0.8	0.02
	+0.48	10.2	10.0	0.0	0	10.2	9.5	0.7	0.02	8.7	7.4	1.3	0.03
	+0.38	10.2	9.8	0.4	0.01	10.2	9.6	0.6	0.02	8.7	7.6	1.1	0.03
	+0.28	10.2	6.6	3.6	0.09	10.2	9.7	0.5	0.01	8.7	7.3	1.4	0.04
	+0.18	10.2	6.5	3.7	0.09	10.2	9.7	0.5	0.01	8.7	7.5	1.2	0.03
	+0.08	10.2	5.9	4.3	0.11	10.2	9.9	0.3	0.01	8.7	7.5	1.2	0.03
	-0.07	10.2	6.1	4.1	0.11	10.2	10.0	0.2	0.01	8.7	7.5	1.2	0.03
	-0.17	10.2	7.0	3.2	0.08	10.2	9.3	0.9	0.02	8.7	7.8	0.9	0.02
	-0.42	10.2	7.2	3.0	0.08	10.2	9.1	1.1	0.03	8.7	7.3	1.4	0.04
	-0.67	10.2	7.7	2.5	0.06	10.2	8.9	1.3	0.03	8.7	7.3	1.4	0.04
	-0.92	10.2	7.9	2.3	0.06	10.2	9.2	1.0	0.03	8.7	7.7	1.0	0.03
	-1.17	10.2	7.4	2.8	0.07	10.2	9.3	0.9	0.02	8.7	7.2	1.5	0.04
	-1.32	10.2	7.7	2.5	0.06	10.2	9.5	0.7	0.02	8.7	7.4	1.3	0.03

2-6-4 観察結果

現地鋼矢板の模様を写真2-5~2-7に、付着物の状況を写真2-8に示す。タイロッドの模様は写真2-2(7), (8)に示す。

一方、切り鋼矢板片(脱錆後)の模様を写真2-9~2-13に示す。

2-6-6 材質試験結果

材質試験結果は表2-8の通りである。

表2-8 鋼矢板の材質分析結果

鋼 矢 板	C	Si	Mn	P	S	Ni	Gr	Cu
Larssen-II	0.24	0.01	0.63	0.080	0.026	0.037	0.009	0.349
Larssen-III	0.24	0.01	0.63	0.056	0.062	0.116	0.077	0.248

2-6-7 水質試験結果

水質試験結果は表2-9の通りである。

表2-9 塩釜港における水質試験結果

採 水：昭和45年

採水地点	深 度 (m)	採水日時	比 重	pH	Cl <sup>-</sup> (g/l)	$\rho$ ( $\Omega$ -cm)	DO (ppm)	Total S (%)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (g/l)	外 観
A	0	7/5 15°10'~15'	1.020	7.10	16.848	19.1	6.82			無 色
	-0.5		1.020	7.30	14.478	18.2	6.00			〃
	-1.0		1.021	7.22	15.185	18.7	4.75			〃
	-2.0		1.022	7.08	14.478	18.4	5.10			〃
	-2.5		1.022	7.20	14.938	18.6	4.80			〃
	0	7/5 15°15'	1.021	7.08	16.968	19.1	5.20	< 0.1	2.50	〃
	-0.5		1.020	7.06	16.930	19.1	5.40			〃
	-1.0		1.021	7.20	14.889	18.2	4.78	< 0.1	2.49	〃
	-2.0		1.021	7.10	14.938	19.1	5.18			〃
	-3.0		1.021	7.40	14.725	18.2	5.42	< 0.1	2.49	〃
0		1.022	7.22	17.126	18.0	5.10			〃	
B	-0.5	7/6 15°36' ~45'	1.022	7.18	14.856	18.3	6.18			〃
	-1.0		1.022	7.20	14.807	18.2	5.80			〃
	-2.0		1.022	6.94	14.971	18.4	5.40			〃
	-3.0		1.022	6.94	14.856	18.3	5.58			〃
	-4.0		1.022	7.40	14.692	18.2	5.22			〃
C	0	7/6	1.020	6.98	14.609	19.5	6.60			〃
	-0.5	16°00'	1.020	7.00	14.198	19.6	4.40			〃
	-1.0	~06'	1.020	6.82	14.198	19.8	4.82			〃

深度0mは採水時の海水面

2-7 考 察

以上のことから次のことが考察される。

(1) 調査鋼矢板の腐食傾向

塩釜港中埠頭における調査鋼矢板は図2-7に示すように底1~底9はラルゼンIII型(初期肉厚14.2mm)、底10~底36はラルゼンII型(初期肉厚10.2mm)である。いま肉厚減少量を深度方向で眺めてみると図2-10, 11に示すように凸面と凹面、側面とでは肉厚減少の傾向が非常に異なる。すなわち、凸面の肉厚減少量は+0.5m以上は1mm内外であるが+0.5mから+0.2~±0.0mに

かけて急増して7~8mmとなる。さらに深度が下がるにつれて肉厚減少量は漸減して行き海底泥面付近では2mm位の肉厚減少量となる。これに対して、凹面と側面の肉厚減少量はどちらも深度による差異はなく2mm位である。

一方、中埠頭では建設後地盤沈下を起しており、以上に述べた深度は調査時(昭和45年7月)の値である。また、建設当初は-4.6mあったと思われるがその後埋設されて浅くなっている。したがって調査時の調査鋼矢板の天端高さや水深を測定してみると図2-15のようになる。図2-15によれば鋼矢板の沈下は中埠頭の先





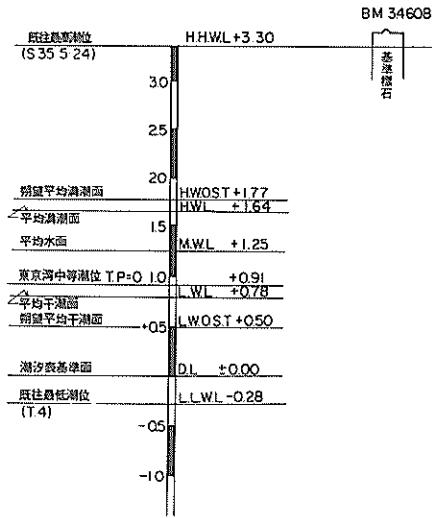


図 2-16 塩釜港潮汐図

ているおり、昭和45年には表2-10のように先端付近では1~1.5m位沈下していることから沈下量の大半は施工後比較的早い期間に起ったものと推察される。沈下の模様を図2-17に示す。この結果、たとえば鋼矢板板14では建設時には+1.75mの深度にあった鋼矢板部分は地盤沈下のために昭和20年以前には+1.75 - 0.95 = +0.80mと変り、昭和45年には+0.50mとなったことになる。鋼矢板板14では+0.5mから+0.2~±0.0mにかけて凸面の肉厚が急減しているが(図2-10)、板6, 8,

10, 12でも大体同様の傾向が認められる(図2-12)。一方、沈下量の少ない板27~板36については肉厚測定をしていないが、観察したところでは水面上の鋼矢板凸面の肉厚のみが急減する傾向は見られなかった。したがって、沈下量の大きいところの鋼矢板凸面に見られる+0.5m以下で腐食が集中する傾向は予め水面上で肉厚減少した鋼矢板が沈下したものではなく、むしろ+0.5m以下に沈下してから発生したものと考えられる。図2-10のように鋼矢板岸壁の断面方向は凸面、深度方向は平均干潮面(塩釜港では+0.78m)直下付近が腐食が大きいとき、中埠頭のように沈下が起ると沈下に応じて平均干潮面直下付近を通過して行くことになる。したがって、先に述べたように中埠頭における鋼矢板の腐食傾向を考えると沈下速度が問題となるが、図2-17に示す沈下状況より見ると比較的短期間で沈下の大半が終ったようである。また建設当初は-4.6mの水深が保たれていたが次第に埋没して調査時のように-2~3mとなったのであろう。したがって、水深が設計水深に近い頃に沈下の大半が進み沈下があまりひどくなる頃には水深も浅くなったように考えられる。このように考えると中埠頭における鋼矢板の腐食傾向は安来港-3.0m物揚場、函館港海岸町A岸壁の鋼矢板と同じく、先に分類した腐食傾向(b)に該当する。

(2) 潮位と腐食

港湾における鋼材の腐食量は乾湿の繰り返しを受ける潮位間(タイダル・ゾーンまたは干満帯とも云う)が最も大きいと云われており、港湾構造物設計基準でもこの

S6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46

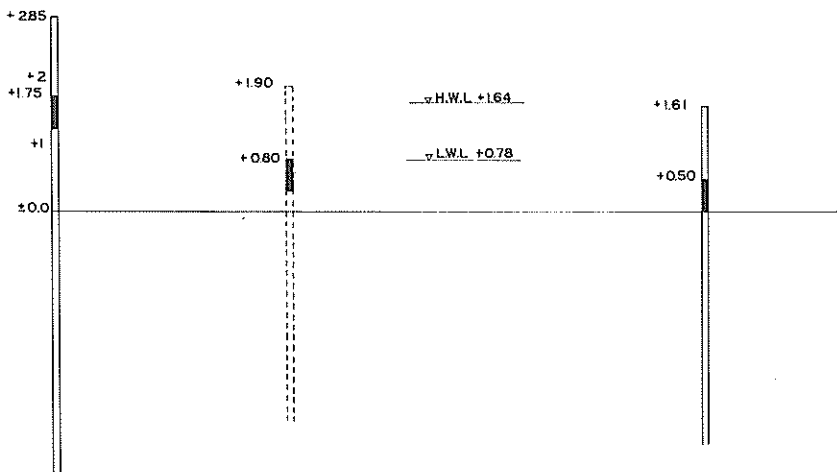


図 2-17 塩釜港中埠頭の沈下状況

考えに従って腐食量が示されている。しかしながら、先に示した腐食調査結果ではむしろ平均干潮面直下付近に腐食が集中しており、腐食傾向が(a)の場合の集中腐食速度は  $0.5 \sim 1.0 \text{ mm/yr}$  にも達し腐食傾向が(b)の場合では  $0.2 \text{ mm/yr}$  程度である。また、腐食が集中するのは断面方向では凸面に限られている。このように現地で30年以上無防食で経過した鋼矢板構造物についての腐食調査結果とこれまでに文献に示されてきた腐食傾向および腐食量とは全く異なる。塩釜港中埠頭の鋼矢板でも腐食傾向(b)が発生することが今回の調査でわかったので、腐食傾向(b)の例として塩釜港中埠頭の鋼矢板、腐食傾向(a)の例として先に調査した恵曇港2号岸壁の鋼矢板について潮位と腐食について検討してみる。

塩釜港中埠頭における鋼矢板凸面の腐食量と塩釜港潮位との関係を示すと図2-18のようになる。一方、恵曇港2号岸壁における鋼矢板凸面の腐食量と恵曇港潮位との関係は図2-19のようになる。ただし、恵曇港の潮位として恵曇港に近い境港の潮位を示す。

図2-19によれば、恵曇港2号岸壁の鋼矢板凸面の腐食量は平均干潮面直下で急増しており腐食速度は  $0.3 \text{ mm/yr}$  近くになる。ただし、 $+0.25 \text{ m}$  は穴があいているがこの穴が何年間であいたのかによって腐食速度は異な

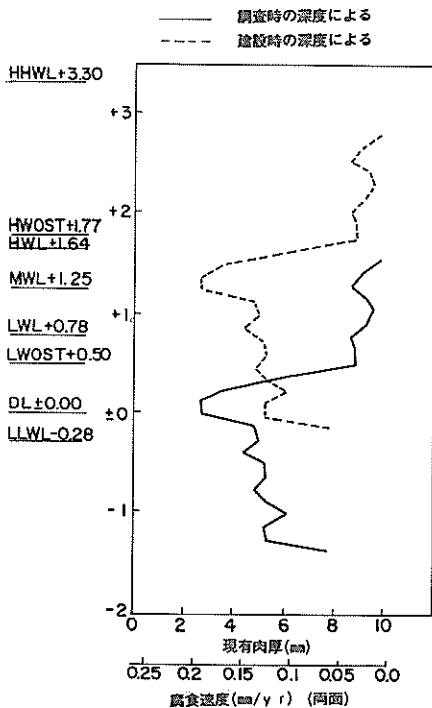


図2-18 塩釜港中埠頭の腐食傾向と潮位の関係

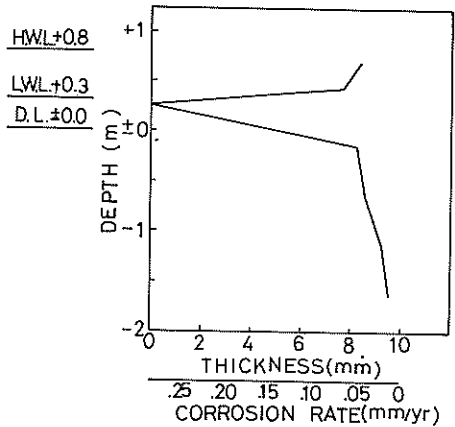


図2-19 恵曇港2号岸壁における鋼矢板腐食傾向(凸面)と潮位

ってくる。図2-19の値は35年間で穴があいたとしたときの腐食速度であるが、実際には12年間で穴があいたのではないかと推定される。もしそうだとすれば、腐食速度は  $10 \text{ mm}/12 \text{ yr} = 0.83 \text{ mm/yr}$  となる。この結果、恵曇港2号岸壁の凸矢板の腐食傾向は平均干潮面直下付近のみの腐食速度が異常に大きいものとなる。このように恵曇港2号岸壁の鋼矢板では凸面に腐食が集中する深度は平均干潮面から30cm位下までの範囲である。これに対して、塩釜港中埠頭では地盤沈下があり調査鋼矢板の沈下量は  $0.6 \sim 1.5 \text{ m}$  である。図2-17を参照してみると凸面で腐食量が急増した深度は調査時では  $+0.5 \sim \pm 0.0 \text{ m}$ 、昭和20年では  $+0.79 \sim +0.22 \text{ m}$ 、昭和6年では  $+1.74 \sim +1.24 \text{ m}$  である。たまたま建設当初の潮位間にあった箇所は39年後の調査時の腐食箇所が位置しているため、沈下を考慮しなくて設計深度のみによれば鋼矢板の腐食が大きい深度は潮位間であると考えられ勝ちである。しかし、建設後地盤沈下が起ったため腐食が大きい箇所が潮位間にあったのは10年未満に過ぎず大半は平均干潮面下にあったことになること、また仮りに建設後10年未満の間に潮位間の腐食が大きかったとすると腐食の大きいのは凸面のみで凹面、側面の腐食がひどくないことが説明できなくなること、沈下の少ない地点では潮位間に大きな腐食が見られないこと、などから、塩釜港中埠頭における調査鋼矢板凸面に腐食が集中した深度は平均干潮面下と考えられる。

### (3) 調査鋼矢板の腐食速度

塩釜港中埠頭は昭和45年度に改造されることになったが、改造に先立って運輸省第二港湾建設局の方で昭和44年度に鋼矢板片を水中切断したので腐食速度を測定

してみると表2-6のようにになった。このときの切断箇所は-1~-2 mで腐食速度は0.03~0.08 mm/yr(両面)である。この結果、-1 m以下では鋼矢板はあまり腐食しておらず10 mm前後の肉厚が現存していると考えられるので、改造計画では-1 mのところまで切断して-1 m以下の鋼矢板はすべり止めの恰好で残されることになった。その後、改造時に調査してみると凸面、凹面の腐食傾向は図2-10のように、側面の腐食傾向は図2-11のようになる。すなわち、凸面の腐食速度(両面)は+0.5 m以上では0.05 mm/yr以下であるが、+0.5~±0.0 mにかけて急増して0.2 mm/yrとなり深度が下るにつれて漸減して行き-1.5 m付近では0.05 mm/yr位となる。これに対して、凹面および側面の腐食速度は深度方向でほとんど大差なく何れも0.05 mm/yr程度である。

改造前にランダムに切取った-1~-2 mの鋼矢板片からのみでは中埠頭鋼矢板の海水中の腐食速度は0.03~0.08 mm/yrとみられたが、これは切断の容易さからみて恐らく凸面の値であろう。改造前の切取りは従来の腐食に対する考え、すなわち海水中の鋼材片の腐食量は構造

物の海水中の腐食量に等しいとする考えに基づいて行なわれたのではないかと予想されるが、改造時の調査によって鋼構造物の腐食量は深度方向、断面方向によって異なることがはっきりした。なお、+1~±0 m付近では写真2-7に見られるように凸面に穴があいている矢板が何枚もあった。この結果、穴の箇所腐食速度は図2-10の平均値より大きくなる。たとえば、穴があくまでの期間を39年とすれば穴の箇所の腐食速度は0.36 mm/yr、20年であいたとすれば0.7 mm/yrとなる。

#### (4) 水質および材質の影響

中埠頭前面の海水は一般の海水と大差なく、また調査鋼矢板の材質も普通の鋼矢板の材質であり、とくに腐食におよぼす影響はなさそうである。

### 3. 伏木港における腐食調査

#### 3-1 調査対象鋼構造物

調査対象鋼構造物は表3-1に示す伏木港左岸3号岸壁である。図3-1に伏木港の位置図および左岸3号岸壁の位置図を図3-2に左岸3号岸壁の新旧断面図を示

表3-1 伏木港における調査鋼構造物

施設名	水深(m)	鋼 矢 板						タイロッド				施工年	調査年
		タイプ	肉厚(mm)		長さ(m)	期間(yr)	防食	外径(mm)	長さ(m)	期間(yr)	防食		
			d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>									
左岸3号岸壁	-5.0	クロックナIII	8	10	10	37	なし	50	15	37	ジュート被覆	S. 8	S. 45.8

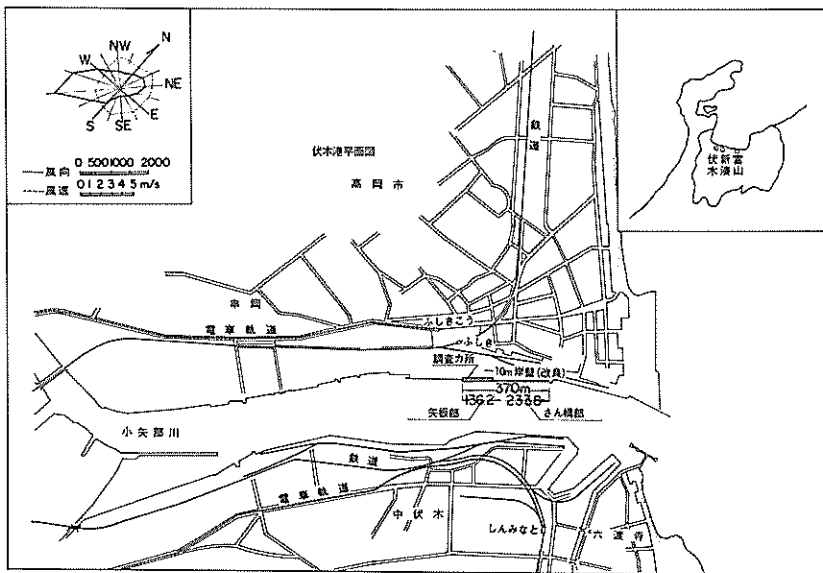


図3-1 伏木港調査箇所

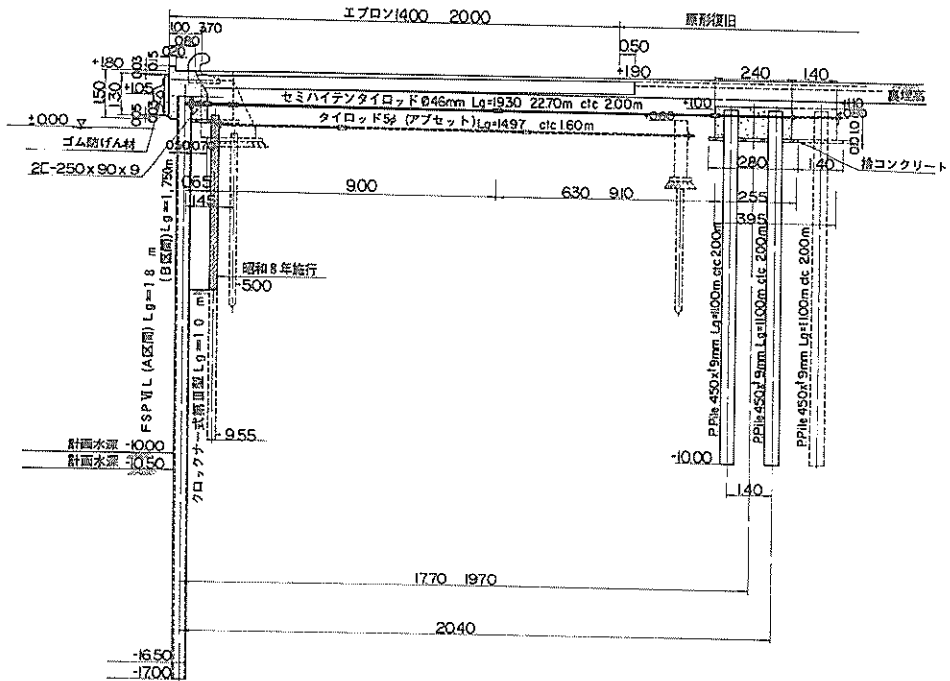


図 3-2 伏木港左岸 3号岸壁の新旧断面図

す。伏木港左岸 3号岸壁は表 3-1 に示すように昭和 8 年に建設された水深 5 m の岸壁であるが、昭和 45 年度に図 3-2 に示すように -10 m の岸壁とされることになった。改造計画では図 3-2 のように旧鋼矢板は埋設されるため、埋設前に旧鋼矢板と旧タイロッドについて腐食調査を実施した。なお、旧鋼矢板にはクロックナー III 型が使用されていた。写真 3-1-1 に伏木港の遠景を示す。

### 3-2 調査年月日

調査は昭和 45 年 8 月 1 日～7 日、8 月 10 日に行なわれた。調査の日程および関係機関は次の通りである。

昭和 45 年 8 月 1 日～5 日

#### ① 付着物除去

※A (-0.2, -0.5, -1.0, -2.0, -3.0, -4.0 m)

※B (-0.2, -0.5, -1.0, -2.0, -3.0, -4.0 m)

※C (-0.2, -0.5, -1.0, -2.0, -3.0, -4.0 m)

昭和 45 年 8 月 6 日

#### ① 現地打合せ

調査関係の機関は次の通りである。

運輸省第一港湾建設局・伏木富山港工事事務所

運輸省第一港湾建設局・新潟調査設計事務所

運輸省港湾技術研究所

#### ② 使用機器の調整

#### ③ 非破壊測定

※A (-0.2, -0.5, -1.0, -2.0, -3.0, -4.0 m)

※B (-0.2, -0.5, -1.0, -2.0, -3.0, -4.0 m)

※C (-0.2, -0.5, -1.0, -2.0, -3.0, -4.0 m)

昭和 45 年 8 月 7 日

#### ① 付着物採取

#### ② 水中切断

#### ③ 採水

昭和 45 年 8 月 10 日

#### ① 水中切断

なお、肉眼観察および写真撮影は肉厚測定、水中切断、採水と平行して行なった。現地作業のうち海水面下鋼矢板面の観察、付着物除去および採取、超音波式厚み計の探触子の鋼矢板面への吸着などの水中作業は請負業者（上田潜水工業 KK）が行ない、海水面上の観察、写真撮影、超音波式厚み計本体による肉厚測定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。

### 3-3 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) 電弧溶接器一式（請負業者）

(3) 基準肉厚鋼板（材質：SY-II）

(4) ハンマおよびスクレーパー

- (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) その他

### 3-4 調査箇所

調査箇所は次の通りである。

#### 3-4-1 肉厚測定箇所

超音波式探傷厚み計による鋼矢板の肉厚測定箇所としては現地打合せの結果、図3-3に示すA、B、Cの3地点を設定した。写真3-1-(2)に測定地点Aの様を示す。各地点における深度方向の測定点は図3-4

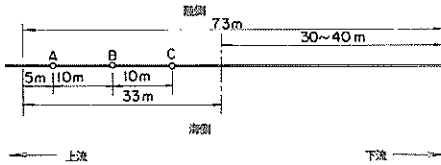


図3-3 非破壊測定地点

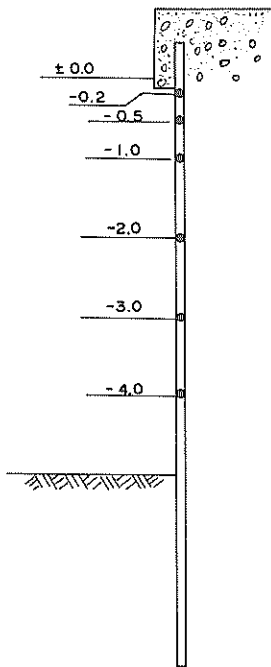


図3-4 測定箇所（深度方向）

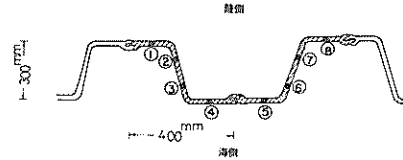


図3-5 鋼矢板間肉厚測定箇所（断面方向）

の通りであり、各深度における断面方向の測定点は図3-5の通りである。

#### 3-4-2 鋼矢板片の切取り箇所

鋼矢板片の切取りは図3-3のCの地点で深度方向は図3-4の6深度、断面方向は図3-6に示す凸部、凹部について行なった。

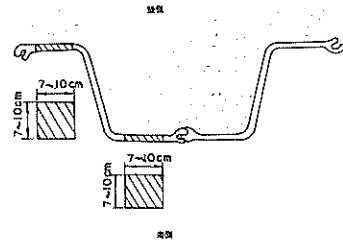


図3-6 鋼矢板片切取り箇所（断面方向）

#### 3-4-3 タイロッドの切取り箇所

上部コンクリートを破壊後、A、B、C、3地点のタイロッドを切取った。調査の対象範囲は図3-2の旧タイロッドの斜線部分で、切断はターンバックルより海側30~40cmの箇所で行なった。

#### 3-4-4 採水箇所

採水は図3-3に示すA前面付近で行なった。

### 3-5 調査項目および調査方法

調査としては非破壊調査、破壊調査および環境調査が行なわれた。非破壊調査としては現地鋼矢板について現有肉厚測定および腐食速度の算出、視察を行ない、破壊調査としては切取り鋼矢板片およびタイロッド片について肉厚測定または外径測定および腐食速度の算出、視察材質試験を行なった。また、環境調査としては採水した試水の水質試験および過去の試験結果を収集した。

調査の方法は次の通りである。

#### 3-5-1 鋼矢板肉厚の現地測定

鋼矢板肉厚の現地測定は超音波式探傷厚み計で行なった。測定はまず測定点の付着物を7cm×7cm程度除去し、付着物を除去した鋼矢板面に厚み計の探触子を吸着させて鋼矢板の現有肉厚を岸壁上に設置した厚み計の本

体で測定した。

付着物の除去は第1報、4-4(付着物の除去および銅材面の研磨、p.32~33)の方法によった。また、超音波式探傷厚み計による肉厚測定は第2報、2-8(超音波式探傷厚み計(水中用)による肉厚測定、p.6~7)の方法によった。写真3-1-1(3)に付着物除去に使用したハンマおよびスクレーラを、写真3-1-1(4)~(6)に現地測定の様相を示す。

### 3-5-2 切取り鋼矢板片の肉厚測定

約10cm角に水中切断された鋼矢板片は港湾技術研究所で脱錆、肉厚測定を行なった。なお、脱錆は第1報、4-9-2(脱錆、p.41)、成型は4-9-3(成型、p.41)の方法によった。また、肉厚測定および重量測定は第1報、4-10(鋼材片の肉厚測定および重量測定、p.42)の方法によった。写真3-1-1(7)、(8)に切断の様相を示す。

### 3-5-3 切取りタイロッド片の外径測定

切取りタイロッド片の外径測定は第1報、4-12-2(外径測定、p.43)の方法によった。

### 3-5-4 腐食速度の算出

現有肉厚測定値および重量測定値からの腐食速度の算

出は第1報、4-12(腐食速度の算出、p.43)の方法によった。

### 3-5-5 観察

現地鋼矢板および切取り鋼矢板片の観察は第1報、4-6(観察、p.33~34)の方法によった。

### 3-5-6 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)の方法によった。

### 3-5-7 材質試験

切取り鋼矢板片およびタイロッド片の材質試験は第1報、4-14(材質試験、p.45~46)の方法によった。

### 3-5-8 水質試験

水質試験は第1報、4-13(水質試験、p.43~45)の方法によったが、その他全硫酸および $SO_4^{--}$ についても港湾調査指針に準拠した。写真3-2-1(1)、(2)に採水の様相を示す。

## 3-6 調査結果

### 3-6-1 現地における鋼矢板肉厚測定結果

超音波式探傷厚み計を用いて鋼矢板の現有肉厚を現地にて測定した結果は付表3-1の通りである。付表3-1で横線の欄は測定不能の箇所である。伏木港左岸3号岸

表3-2 伏木港における鋼矢板腐食量

超音波式探傷厚み計による

測定地点	深 度 (m)	凸 面				凹 面				側 面			
		初期肉厚 (mm)	現有肉厚 (mm)	肉厚減量 (mm)	腐食速度 (mm/yr)	初期肉厚 (mm)	現有肉厚 (mm)	肉厚減量 (mm)	腐食速度 (mm/yr)	初期肉厚 (mm)	現有肉厚 (mm)	肉厚減量 (mm)	腐食速度 (mm/yr)
A	-0.2	10	5.3	4.7	0.127	10	9.1	0.9	0.024	8	8.0	0.0	0.0
	-0.5	10	7.9	2.1	0.057	10	9.5	0.5	0.014	8	7.3	0.7	0.019
	-1.0	10	6.9	3.1	0.084	10	8.5	1.5	0.041	8	7.0	1.0	0.027
	-2.0	10	8.2	1.8	0.049	10	9.2	0.8	0.022	8	7.0	1.0	0.027
	-3.0	10	9.1	0.9	0.024	10	8.3	1.7	0.046	8	7.7	0.3	0.008
	-4.0	10	10.0	0	0	10	9.3	0.7	0.019	8	8.7	0.0	0.0
B	-0.2	10	7.1	2.9	0.078	10	8.2	1.8	0.049	8	6.7	1.3	0.035
	-0.5	10	7.2	2.8	0.076	10	9.1	0.9	0.024	8	—	—	—
	-1.0	10	8.6	1.4	0.039	10	—	—	—	8	7.4	0.6	0.016
	-2.0	10	7.8	2.2	0.059	10	9.6	0.4	0.011	8	6.9	1.1	0.030
	-3.0	10	8.1	1.9	0.051	10	9.5	0.5	0.014	8	7.9	0.1	0.003
	-4.0	10	9.4	0.6	0.016	10	9.8	0.2	0.005	8	8.2	0.0	0.0
C	-0.2	10	—	—	—	10	9.2	0.8	0.022	8	9.0	0.0	0.0
	-0.5	10	6.4	3.6	0.097	10	8.9	1.1	0.030	8	7.8	0.2	0.005
	-1.0	10	6.6	3.4	0.092	10	8.0	2.0	0.054	8	7.0	1.0	0.027
	-2.0	10	8.0	2.0	0.054	10	8.8	1.2	0.032	8	7.3	0.7	0.019
	-3.0	10	8.8	1.2	0.032	10	—	—	—	8	8.0	0.0	0.0
	-4.0	10	9.5	0.5	0.014	10	9.8	1.2	0.005	8	8.3	0.0	0.0

壁は図 3-2 のように鋼矢板の天端は上部コンクリートで被覆されているが、この調査では上部コンクリートを除去しなかったため初期肉厚として上部コンクリート中の鋼矢板の肉厚が利用できない。したがって、ここではカタログ厚を初期肉厚として付表 3-1 の値より肉厚減量および腐食速度（経過期間：35 年）を算出すると表 3-2 のようになる。

3-6-2 切取り鋼矢板片についての測定結果  
切取り鋼矢板片についての重量測定結果を付表 3-2 に、またマイクロメータによる肉厚測定結果を付表 3-3 に示す。付表 3-2～3 よりカタログ厚を初期肉厚として肉厚減量および腐食速度を算出すると表 3-3 のようになる。

表 3-3 伏木港における鋼矢板腐食量

左岸 3 号岸壁

深 度 ( m )	初期肉厚 ( mm )	凸 面				凹 面			
		肉厚減量 ( mm )		腐食速度 ( mm/yr )		肉厚減量 ( mm )		腐食速度 ( mm/yr )	
		(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
-0.2	10	5.144	4.847	0.139	0.131	2.120	1.798	0.057	0.049
-0.5	10	3.462	2.691	0.094	0.070	2.589	2.268	0.070	0.061
-1.0	10	4.929	4.746	0.133	0.128	2.607	2.195	0.070	0.059
-2.0	10	2.099	1.981	0.057	0.054	1.636	1.378	0.044	0.037
-3.0	10	1.519	1.321	0.041	0.036	1.400	1.281	0.038	0.035
-4.0	10	0.925	0.583	0.025	0.016	0.566	0.505	0.015	0.014

(1): 重量測定による。

(2): マイクロ・メータによる。

3-6-3 切取りタイロッド片についての測定結果  
切取りタイロッド片のマイクロ・メータによる外径測定結果を表 3-4 に、重量測定より求めた外径を表 3-5 に示す。

#### 3-6-4 観察結果

観察結果としては鋼矢板岸壁の外観、切取った鋼矢板片およびタイロッド片についての観察結果を含む。

##### (1) 伏木港左岸 3 号岸壁の外観

図 3-2 に示すように 3 号岸壁の上部コンクリートは -0.25 m まで下がっていたため鋼矢板は海水中に没している。また、上部コンクリートの陥没は見られなかった。写真 3-2-1(3)~(5) に 3 号岸壁の状況を示す。なお、前面海水は黒く潜水夫による海水面下鋼矢板面の観察はできなかった。この他、上部コンクリートの角に鋼板（山型）があてであったが、写真 3-2-1(6)~(7) に示すように発錆がひどい。

##### (2) 切取り鋼矢板片

切取り鋼矢板片の成型、脱錆後の模様を写真 3-3 に示す。

##### (3) 切取りタイロッド片

切取りタイロッド片の脱錆前の模様を写真 3-4 に、脱錆後の模様を写真 3-5 に示す。

##### (4) 付着物

潜水夫によれば付着物は貝殻の残骸が 4~5 cm 位海水中鋼矢板面に付着しているとのことである。写真 3-2-1(8) に付着物の一部を示す。

##### 3-6-5 材質試験結果

材質試験結果は表 3-6 の通りである。

##### 3-6-6 水質試験結果

水質試験結果は表 3-7 の通りである。なお、付表 3-4 に過去の水質試験結果を示す。

表 3-4 伏木港左岸 3 号岸壁におけるタイロッドの外径

マイクロ・メータによる

No.	測定点	外径測定値 (mm)					No.	測定点	外径測定値 (mm)				
		①	②	③	m	$\sigma$			①	②	③	m	$\sigma$
1-1	1	50.1	50.2	50.0	50.1	0.03	1-2	1	50.0	50.8	50.4	50.4	0.01
	2	50.2	50.2	49.9				2	50.2	50.8	50.4		
	3	50.0	49.4	50.4				3	50.4	50.4	50.6		
	4	50.0	50.4	50.6				4	50.4	50.0	50.6		
	5	49.4	50.2	50.1				5	50.4	50.4	50.4		
	6	50.2	50.3	50.1				6	50.6	50.4	50.4		
2-1	1	49.6	50.6	49.8	49.7	0.04	2-2	1	50.0	50.8	50.0	50.3	0.06
	2	49.8	49.4	49.9				2	50.4	51.0	50.4		
	3	49.6	49.7	50.0				3	50.4	49.6	51.0		
	4	49.3	49.7	50.2				4	50.4	49.6	51.0		
	5	50.0	49.8	50.0				5	50.4	49.4	50.2		
	6	50.0	49.4	50.0				6	50.8	49.4	50.4		
3-1	1	50.4	49.9	50.0	50.2	0.03	2-3	1	51.0	50.4	50.4	50.6	0.03
	2	50.2	50.2	50.4				2	50.8	50.4	50.6		
	3	50.6	50.2	49.9				3	50.8	51.2	50.6		
	4	50.4	50.2	50.0				4	50.6	51.0	50.4		
	5	49.8	50.0	50.0				5	50.4	50.4	50.6		
	6	49.8	50.4	50.4				6	50.4	50.6	50.6		

表 3-5 伏木港左岸 3 号岸壁におけるタイロッド外径

重量測定による

No.	高 さ (mm)						重 量 (g)	外 径 (mm)
	1	2	3	4	5	m		
1-1	30.4	30.2	30.0	30.6	30.4		463.31	49.8
1-2	27.8	27.4	28.6	27.6	29.4		432.69	49.9
2-1	26.2	26.8	27.4	27.4	26.8		394.89	48.8
2-2	31.0	31.4	31.1	31.0	31.0		465.99	49.3
3-1	31.4	32.0	32.4	31.8	32.4		484.56	49.5
3-2	30.0	30.6	30.4	30.2	30.2		463.76	49.8

表 3-6 鋼矢板およびタイロッドの材質分析結果

%

	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Cu
鋼 矢 板								
タイロッド	0.16	0.17	0.26	0.016	0.031	0.025	0.007	0.235



表 3-7 伏木港における水質試験結果

採水地点	深度 (m)	採水日時	比重	pH	Cl <sup>-</sup> (g/l)	DO (ppm)	Total S (%)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (g/l)	外 観
A	水面	8/7 9°~9°30'	0.997	7.34	0.4078	2.50	< 0.1	0.09	黒褐色沈澱物あり
	-0.5		0.997	7.22	0.5423	4.70			淡褐色沈澱物あり
	-1.0		0.997	7.20	0.5833	3.04	< 0.1	0.10	〃
	-2.0		1.002	7.08	2.9888	6.40			〃
	-3.0		1.002	7.20	4.9542	6.10	< 0.1	0.48	〃
	-4.0		1.002	7.42	3.3191	5.78			
A	水面	8/7 15°~16°	0.996	7.64	0.1916	4.50	< 0.1	0.03	淡白色浮遊物あり
	-0.5		0.996	7.52	0.1346	6.50			〃
	-1.0		0.996	6.98	0.1549	5.00	< 0.1	0.03	淡褐色浮遊物あり
	-2.0		0.996	7.12	0.1753	6.03			〃
	-3.0		0.996	7.08	0.2447	5.60	< 0.1	0.05	
	-4.0		1.000	7.02	2.9929	6.38			

3-7 考 察

以上のことから次のことが考察される。

(1) 調査鋼矢板の腐食傾向

伏木港左岸 3号岸壁における鋼矢板の腐食傾向は図 3-7, 8の通りである。図 3-7, 8に見られるように凸面の腐食速度はコンクリート直下付近が大きく深度が下るにつれて腐食速度は漸減している。これに対して、側面、凹面の腐食速度は何れも深度方向によって大差な

く小さい。3号岸壁ではコンクリート被覆が-0.2mまで下がっているため凸面の腐食速度はコンクリート直下付近が最大となっている。この結果、調査鋼矢板の腐食傾向は先に提案した鋼矢板の腐食傾向(b)に相当する。

(2) 潮位と腐食傾向

伏木港の潮位は昭和 43年 1月~12月の測定結果によれば図 3-9のようになる。図 3-9に示す潮位を図 3-7, 8と照合してみると、大潮干潮面が+6cmである

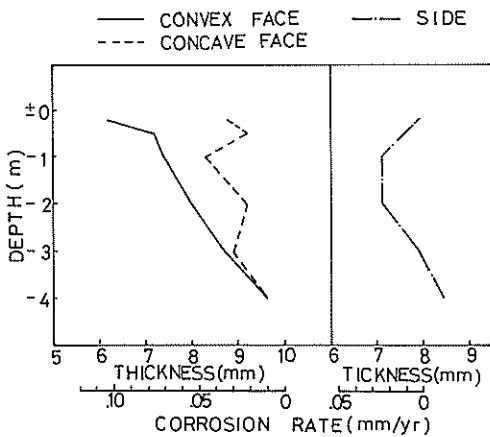


図 3-7 伏木港左岸 3号岸壁鋼矢板の腐食傾向 (超音波式探傷厚み計(水中用)による)

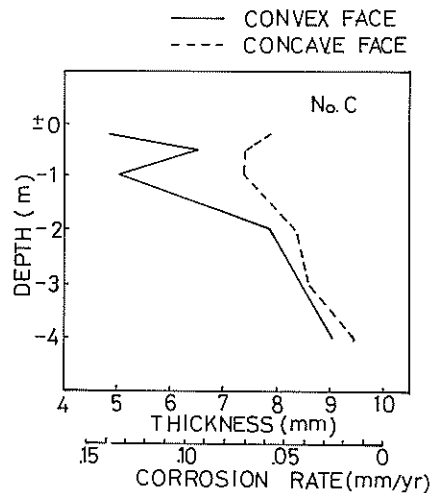


図 3-8 伏木港左岸 3号岸壁鋼矢板の腐食傾向 (重量測定による)

H.H.W.L.	+0.52
HWOST.	+0.38
M.W.L.	+0.21
LWOST.	+0.07
D.L.	±0.0
L.L.W.L.	-0.09

図 3-9 伏木港潮汐図 (S. 43. 1~12)

のに対してコンクリート下端が-2.0 cmまで下がっており、凸面の最大腐食箇所と潮位の関係が明示されない。これはコンクリート中鋼矢板がカソードとなるためコンクリート直下の海水中鋼矢板凸面にマクロ腐食が集中することになるが、このような例としては富山港-3 m物揚場の鋼矢板がある。

#### (3) 水質の影響

伏木港左岸 3号岸壁は小矢部川の川口に位置しているため岸壁前面の海水の川水による希釈が考えられる。付表 3-4 によれば上層部は川水のため塩分濃度が低下しており採水時期によっては 200~1,000 mg/l となることもあり、また数 1,000~10,000 mg/l となることもある。塩分濃度が 1,000 mg/l 以下では比抵抗は数 10~200 Ω-cm 見当となるが、これは雨のため川水が増加したためではなからうか。塩分濃度が 1,000 mg/l 以上では比抵抗はほぼ海水の値に近い。第 4 報で示したように腐食傾向に影響する要因の一つに比抵抗があるが、(1)に示した調査鋼矢板の腐食傾向より 3号岸壁前面の海水比抵抗は 100 Ω-cm 以下の場合が多いのではないかと推定される。

一方、安来港-4.5 m岸壁では鋼矢板の腐食傾向は(c)であった。なお、安来港の潮位は H.W.L.+0.8 m, L.W.L.+0.3 m で伏木港とあまり変わらない。水深、潮位が大差ないのに安来港-4.5 m岸壁では腐食傾向が(c)であるのに伏木港左岸 3号岸壁では腐食傾向が(b)となったのは、後者前面海水が淡水により希釈されることに関係あるものと推定される。

#### (4) 調査鋼矢板およびタイロッドの腐食速度

調査鋼矢板の腐食速度は凸面ではコンクリート直下付

近が 0.1~0.13 mm/yr で深度が下るにつれて漸減し-4 m では 0.025 mm/yr 位になる。これに対して側面、凹面の腐食速度は 0.05 mm/yr 以下である。

一方、タイロッド(初期外径 50 mm)の測定外径は 49~50 mm で初期外径を 50 mm とすると外径の減少量は 0~1 mm となる。しかし、初期外径がはっきりしないのでタイロッドの腐食速度も正確には算出できないが、何れにしても微小である。

#### (5) 非破壊測定値と破壊測定値の比較

伏木港左岸 3号岸壁の鋼矢板腐食調査では測定地点 C において i) 切り取り後の重量測定、ii) 切り取り後の肉厚測定、iii) 切り取り前の超音波式探傷厚み計(水中用)による肉厚測定の三通りを同一箇所について行なった。図 3-10 に三通りの測定法による測定値を比較してみる。図 3-10 によれば、凸面では+1.0 m の深度で破壊

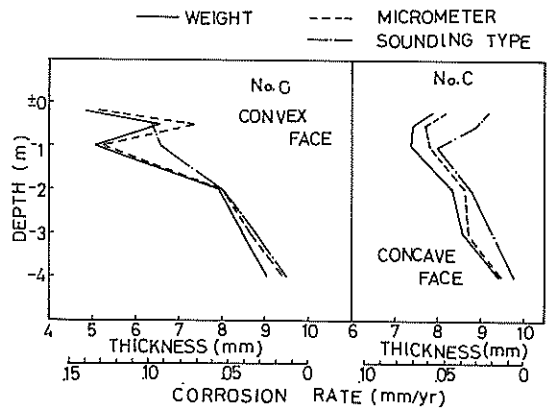


図 3-10 測定法の比較

測定値と非破壊測定値間に 0.03~0.04 mm/yr の差が見られるがその他の深度では両者の差は 0.01 mm/yr もしくは 0.01 mm/yr 以下である。これは写真 3-3 に示すように凸面の+1.0 m の鋼矢板面(海側)はかなりの凸凹があるためであろう。一方、凹面では非破壊測定値は重量測定と肉厚測定による破壊測定値間の中間にあり、むしろ重量測定結果に近似しており両者の差は 0.01 mm/yr 程度である。

#### (6) 材質の影響

鋼矢板およびタイロッドは一般に用いられる材質であり、とくに材質による影響はなさそうである。

#### (7) 被覆材の影響

タイロッドは写真 3-4 に示すように全面にジュート被覆が施されていた。タイロッドの腐食量が非常に小さいことからこれは被覆材のためではないかと考えられ勝ちであるが、被覆されなかった下北埠頭-5.5 m岸壁の

タイロッドの場合も腐食量はほとんどなかった。また、タイロッドは鋼矢板に電気的に接続されておれば、裸のままでも腐食はほとんど起らないことを確かめた実験例<sup>9)</sup>がある。

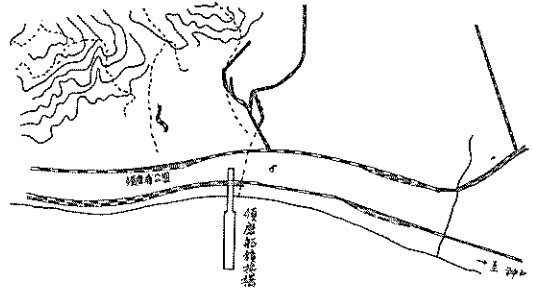


図 4-1 須磨船積橋の位置図

#### 4. 須磨船積橋の腐食調査(鋼管)

##### 4-1 調査対象鋼構造物

調査対象鋼構造物は表 4-1 に示す須磨船積橋基礎鋼管杭である。図 4-1 に橋の位置図を、図 4-2 に橋の平面図、断面図を示す。また、写真 4-1-1(1)に橋の全景を示す。

表 4-1 須磨船積橋基礎鋼管杭

鋼管杭寸法			材 質	施工年	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	STK 41	S. 38	8	なし	8	S. 46. 5
500	7	19.5 ~ 23.0	STK 41	S. 38	8	なし	8	S. 46. 5

単位 : m S : 1/100

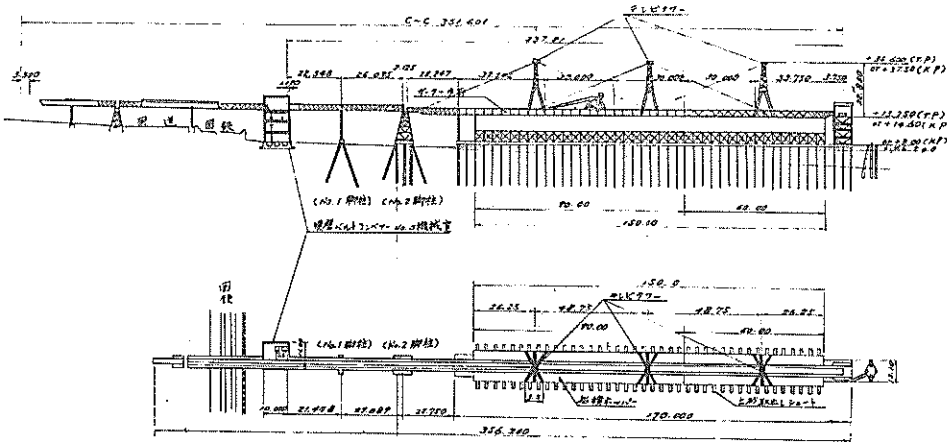


図 4-2 須磨船積設備一般図

須磨船積橋は昭和 38 年に建設され昭和 43 年 4 月に非破壊による腐食調査が行なわれており、現地の都合により再び昭和 46 年 5 月に非破壊調査が行なわれることになった。昭和 43 年の調査時に比べて異なっている点は、昭和 43 年 4 月の調査結果に基づいて土運船の接触で損傷した上部コンクリートの補修が行なわれさらにタイヤによる防敷材が増えていたこと(写真 4-1-1(2), (3)、積出し土砂による水深変化が考えられること、稼動時間を避けて調査を行なうこと(前回は電気、機械系統の修理のため橋の運転中止期間に調査をした)、海水

の汚染がひどくなったこと、取扱いに便利な超音波式探傷厚み計を主に使用したこと(前回は超音波式共振厚み計のみを使用)などである。

##### 4-2 調査年月日

調査は昭和 46 年 5 月 16 日、6 月 1 日～6 日に行なわれた。調査の日程および関係機関は次の通りである。

昭和 46 年 5 月 16 日

現地踏査

なお、関係機関は次の通り。

神戸市臨海開発局

昭和46年6月1日～6日

鋼管杭の肉厚測定

観察

付着物採取

4-3 使用した機器および用具

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、高周波ケーブル等）
- (2) 超音波式共振厚み計一式（本体、探触子、モニタ、高周波ケーブルなど）
- (3) 基準肉厚鋼板（材質：SS 41）
- (4) スクレーパおよびハンマ2本宛
- (5) トランス1箇およびスライダック1箇
- (6) 電源接続用電線
- (7) カメラおよびフィルム
- (8) 記録用紙および筆記用具
- (9) ロープおよび紐
- (10) レッド
- (11) ドライバ、ワイヤ・ブラシ、ビニール・テープ、シリコン・グリス、バケツなど
- (12) その他

4-4 調査箇所

調査箇所は次の通りである。

4-4-1 肉厚測定箇所

超音波式探傷厚み計による肉厚測定箇所は打合せの結果、前回と同じく図4-3に示すように $\phi 700$ mmのA、D列（直杭）でそれぞれ5本、 $\phi 500$ mmの斜杭ではB列の2本、計12本である。また、鋼管杭の断面方向の肉厚測定点は図4-4に示す4方向であり、深度方向の肉厚測定点は図4-5の通りである。

一方、超音波式共振厚み計による肉厚測定は図4-3のA-11、A-41、D-15、D-45の4本について行ったもので、断面方向、深度方向の測定箇所は図4-4、5に同じ箇所である。

4-4-2 観察箇所

肉厚測定箇所を潜水夫が肉眼で観察するとともに、A-31の④、A-41の④、D-25の②、B-43の②の方向の肉厚測定箇所を水中撮影した。

4-4-3 付着物採取箇所

付着物の採取は海水の中のみで行ない海面付近は観察のみにとどめた。

	WEST	SUMA	COAST	EAST
46	○	○	○	○
45	○	○	○	● D45
44	○	○	○	○
43	○	○	● D-43	○
42	○	○	○	○
41	● A-41	○	○	○
40	○	○	○	○
39	○	○	○	○
38	○	○	○	○
37	○	○	○	○
36	○	○	○	○
35	○	○	○	○
34	○	○	○	○
33	○	○	○	○
32	○	○	○	○
31	○	○	○	○
30	○	○	○	○
29	○	○	○	○
28	○	○	○	○
27	○	○	○	○
26	○	○	○	○
25	○	○	○	○
24	○	○	○	○
23	○	○	○	○
22	○	○	○	○
21	○	○	○	○
20	○	○	○	○
19	○	○	○	○
18	○	○	○	○
17	○	○	○	○
16	○	○	○	○
15	○	○	○	○
14	○	○	○	○
13	○	○	○	○
12	○	○	○	○
11	○	○	○	○
10	○	○	○	○
9	○	○	○	○
8	○	○	○	○
7	○	○	○	○
6	○	○	○	○
5	○	○	○	○
4	○	○	○	○
3	○	○	○	○
2	○	○	○	○
1	○	○	○	○
	A	B	C	D

図4-3 調査鋼管杭位置図

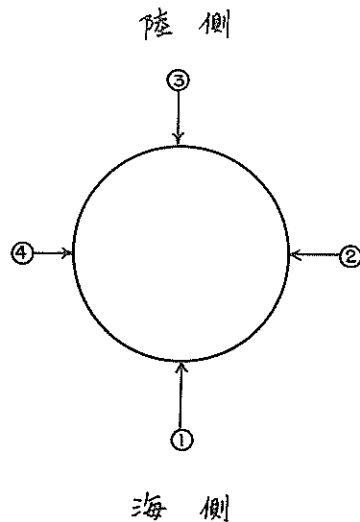


図4-4 断面方向肉厚測定点

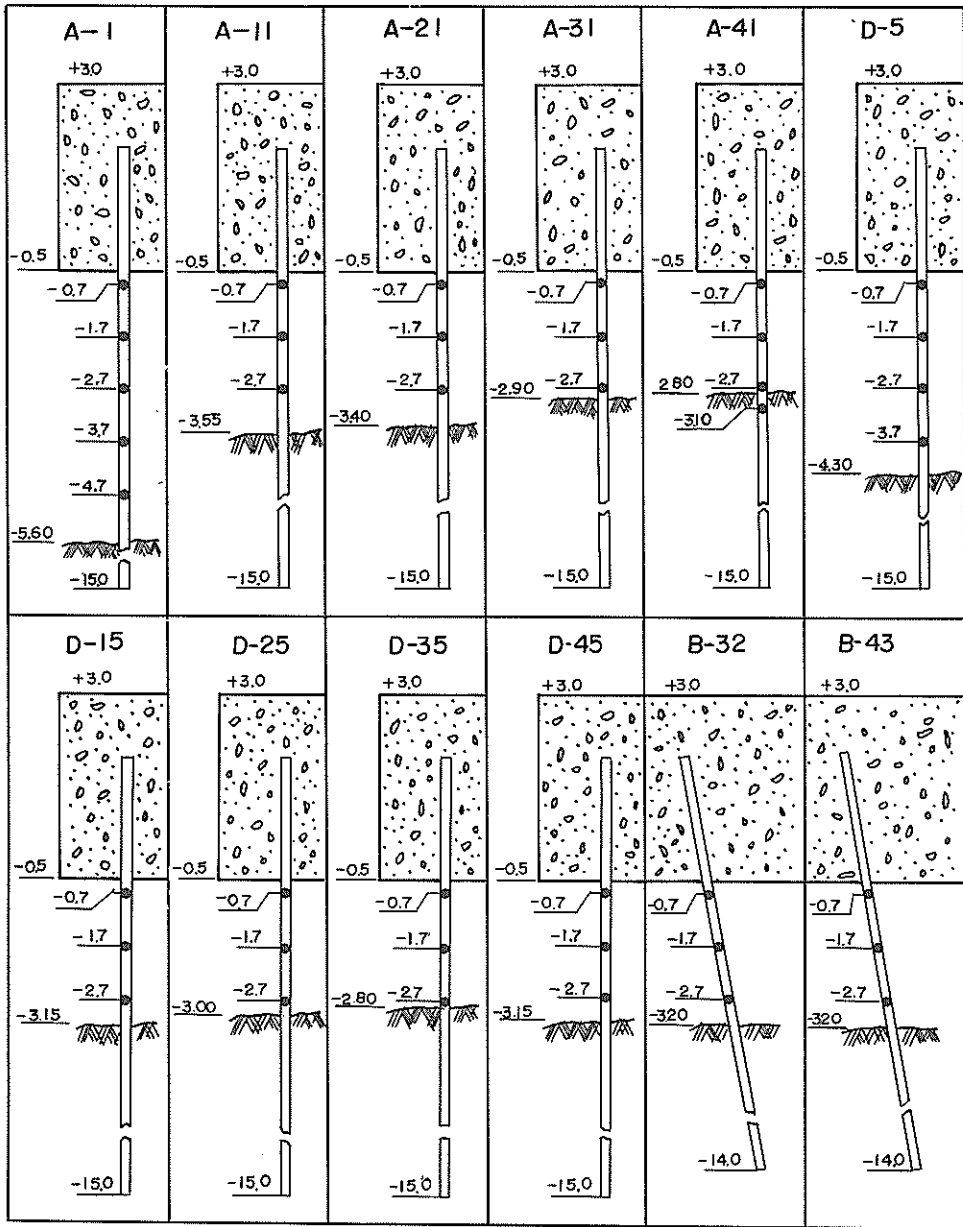


図4-5 水深方向の肉厚測定点

#### 4-5 調査項目および調査方法

調査としては鋼管杭肉厚の非破壊測定、鋼管杭表面の肉眼観察および水中撮影、付着物の採取を行なった。

##### 4-5-1 鋼管杭の現有肉厚測定

鋼管杭の肉厚測定には超音波式探傷厚み計と超音波式共振厚み計を使用した。しかしながら、今回の調査では前回(昭和43年)の調査時と異なって7時~12時、13時~20時の時間帯は写真4-1-(4), (5)のように

土砂積出し作業が行なわれるため、この作業時間をはずして調査する必要がある。これに対して、両厚み計の特長を比較してみると表4-2のようになる。表4-2からわかるように超音波式探傷厚み計は測定時間が非常に短く、重量も軽く電源を必要としないため肉厚測定がびんしょうに行なえる。また、適用率(測定できた点/全測定点×100(%))が超音波式共振厚み計に比べて非常に高いなどの利点もある。したがって、今回の調査で

表 4-2 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	φ 50 mm, マグネット付	φ 50 mm, マグネット付
振 動 子	水 晶 振動子を直接鋼材面にあてるため傷み、取替 えが必要。	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	必 要	不 要
本 体 重 量	14 kg	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 または A.C. 200 V	内臓電池または A.C. 100 V

は超音波式探傷厚み計による測定を主、超音波式共振厚み計による測定を従とした。

鋼管杭の肉厚測定はまず測定点の付着物を 7 cm × 7 cm の面積を除去し、付着物を除去した鋼管杭面に厚み計の探触子を吸着させて鋼管杭の現有肉厚を棧橋上に設置した超音波式厚み計の本体で測定した。付着物の除去は第 1 報、4-4 (付着物の除去および鋼材面の研磨, p.32~33) の方法によった。また、超音波式探傷厚み計による肉厚測定は第 2 報、2-8 (超音波式探傷厚み計 (水中用) による肉厚測定,

p.6~7) の方法に、超音波式共振厚み計による肉厚測定は第 1 報、4-8 (超音波式共振厚み計による肉厚測定, p.37~40) の方法によった。現地における測定の模様を写真 4-1(6)~(10)に示す。

なお、棧橋周辺の海水は写真 4-2- (6) のように汚染されていて海水中は暗いため写真 4-2- (1), (2) のように潜水帽に懐中電燈を灯して作業した。潜水夫の話によれば懐中電燈を使用しても 30 cm 位に接近しないと肉眼で見えないそうである。

4-5-2 観察

須磨船積棧橋の基礎鋼管杭上部のコンクリートの下端は図 4-5 に示すように -0.5 m までであるから鋼管杭面の観察は海水面下に限られる。したがって、観察は潜水夫による肉眼観察と水中撮影である。

4-5-3 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) の方法によった。

4-6 調査結果

4-6-1 鋼管杭の肉厚測定結果

超音波式探傷厚み計による鋼管杭の肉厚測定結果は付表 4-1~付表 4-3 の通りであり、超音波式共振厚み計による鋼管杭の肉厚測定結果は付表 4-4 の通りであ

表 4-3 基礎鋼管杭の測定肉厚

杭 名	※ 厚み計	測 定 肉 厚 (mm)					海泥中
		-0.7m	-1.7m	-2.7m	-3.7m	-4.7m	
A-1	1	7.8	7.8	7.8	7.9	7.9	8.0
A-11	1	7.4	7.4	7.6			
A-21	1	7.8	7.7	7.9			
A-31	1	7.7	7.6	7.6			
A-41	1	7.8	7.9	7.8			
D-5	1	7.4	7.7	7.8	7.6		
D-15	1	7.9	8.0	8.0			
D-25	1	7.4	7.6	7.4			
D-35	1	7.6	7.8	7.9			
D-45	1	8.0	7.9	8.0			
B-32	1	6.8	6.7	6.6			
B-43	1	6.7	6.7	6.8			
A-11	2	7.73	7.82	7.93			
A-41	2	7.75	7.86	7.72			
D-15	2	7.84	7.89	7.85			
D-45	2	7.75	7.90	7.86			

\* 1) 超音波式探傷厚み計 (水中用)  
2) 超音波式共振厚み計 (水中用)

る。付表4-1~4より杭毎の肉厚を求めると表4-3のようになる。

#### 4-6-2 観察結果

##### (1) 鋼管杭面

写真4-1-1(4), (5)のように土運船が接岸する棧橋部分はコンクリートの下端が-0.5mまで下がっているために棧橋の基礎鋼管杭を海面上から観察することはむづかしいが、棧橋付根付近では干潮時には鋼管杭が海面上に曝われる。付根付近の鋼管杭も土運船が接岸する部分の鋼管杭も同じものであるから、参考として干潮時の海面上の鋼管杭面を写真4-2-(3), (5)に示す。

棧橋周辺の海水は写真4-2-(6)に示すように暗褐色に汚染が甚しいので水中撮影を途中で中止した。写真4-2-(7)~(9)に水中撮影の一例を示す。なお、潜水夫の肉眼観察によれば、付着物を除去した鋼管杭面は大部分平滑であるが一部では直径、深さとも1mm未満の穴が点在しているそうである。

##### (2) 付着物

海水面付近のコンクリートには写真4-3-(1), (2)に示すようにムラサキ・イガイが付着しており、その直下付近には写真4-3-(2)にも見られるように白っぽい固まりが多く付着している。海水面下の付着物は写真4-3-(3), (4)に示す

#### 7-4 考察

以上のことから次のことが考察される。

##### (1) 調査鋼管杭の測定肉厚

表4-3より杭毎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示すと図4-6のようになる。比較のために昭和43年に超音波式共振厚み計による値も図4-6に示す。図4-6に見られるように調査鋼管杭の測定肉厚は昭和43年と昭和46年とではほとんど差がない。なお、A-11とD-25では昭和46年の超音波式探傷厚み計による測定肉厚と昭和43年の超音波式共振厚み計による測定肉厚間には0.4~0.5mmの差がある。このうち、A-11については昭和46年に超音波式共振厚み計でも肉厚を測定したところ、昭和43年の測定肉厚と大差をなかった。また、B列では昭和43年(超音波式共振厚み計)の測定肉厚より昭和46年(超音波式探傷厚み計)の測定肉厚の方が0.2~0.3mm大きいところがある。したがって、D-25やB-32, 43についても昭和46年に超音波式共振厚み計による肉厚測定を行なってみたら計測誤差かどうかははっきりしたと思われる。

図4-6には海水中における鋼管杭の肉厚のみを示しているが、A-41では海泥中の肉厚を測定した。海泥

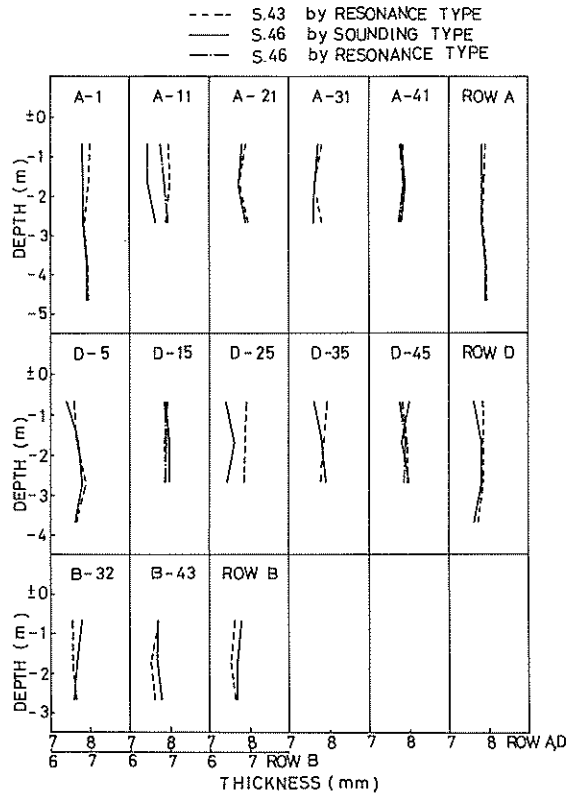


図4-6 須磨船積棧橋基礎鋼管杭の測定肉厚

中の肉厚は昭和43年(超音波式共振厚み計)では7.77mmであったが、昭和46年(超音波式探傷厚み計)では8.0mmであった。この場合も昭和46年の測定肉厚の方が昭和43年の測定肉厚より若干大きい、計測器が異なることのためか測定深度も異なる。すなわち、昭和43年のときはA-41の海底面は-3.45mで海泥中の測定深度は-3.7mであった。しかし、昭和46年には積出し用土砂が堆積して海底面が-2.7mと浅くなっており、測定深度も-3.1mとなった。

このため、海泥中の測定肉厚が昭和43年と昭和46年とで異なるのは同一深度を測定していないことにも一因があろう。

##### (2) 調査鋼管杭の腐食傾向

図4-6に示すように調査鋼管杭の肉厚は深度方向によってほとんど変わらず、肉厚減少量も小さい。もちろん、鋼管杭は断面が円形で鋼矢板のように凸凹がないため腐食傾向を鋼矢板と直接比較できないが、肉厚減少量が小さく、さらに深度方向で変化がない点では調査鋼管杭の腐食傾向は鋼矢板の腐食傾向(c)に類似しているといえよ

う。他方、鋼矢板構造物に見られる三通りの腐食傾向(a), (b), (c)の発生機構がマクロ腐食の立場から説明できるようであるが、もしそうだとすれば断面方向が均一な鋼管杭には大きな集中腐食が発生しないことが予想される。須磨船積棧橋の基礎鋼管杭の腐食調査結果はこのことを裏付けていると思われる。

### (3) 調査鋼管杭の腐食速度

図4-6によれば調査鋼管杭の肉厚減少量は0.1~0.2mm程度のところが多く、中には0.3~0.4mmのところもある。8年間の平均腐食速度(両面)を算出してみると前者は0.01~0.02mm/yr, 後者は0.04~0.05mm/yrとなる。

### (4) 鋼管杭の表面

海水面付近の鋼管杭表面は写真4-2-1(3), (4)に示すように貝などの付着物が厚く付いていて発錆箇所はとくに見られない。一方、棧橋の岸に近いところでは写真4-2-1(5)に示すように干潮時には鋼管杭が砂上に出るところがある。満潮時には半分近く海水中に没し、いわゆる潮位間に鋼管杭の下半分は置かれることになる。潮位間の鋼管杭面は多少錆色をしているが参考として肉厚を測定したところほとんど腐食していなかった。これに対して、海水中の鋼管杭面は潜水夫による肉眼観察と写真撮影を行なったが、写真4-2-1(6)に示すように海水が黒色や赤褐色に着色しておりはきりしなかった。懐中電燈を潜水帽に付けて潜水夫が肉眼観察したところ、海水中の鋼管杭面は写真4-3-1(3), (4)のような付着物で覆われており発錆箇所は認められなかった。

付着物を除くと鋼管杭面は平滑なところが多く、中には深さと外径とも1mm未満の凹みが点在しているところがあったそうである。写真4-2-1(7)~(9)の鋼管杭表面からも以上のことがわかる。

## 5. あとがき

塩釜港中埠頭(鋼矢板)、伏木港左岸3号岸壁(鋼矢板、タイロッド)および須磨船積棧橋(鋼管杭)の腐食調査を実施して、次の結果を得た。

### 塩釜港中埠頭

(1) 調査鋼矢板の腐食傾向は先に提案した鋼矢板腐食傾向の(b)である。

(2) 調査鋼矢板は沈下しているが、腐食傾向(b)は沈下後に発生したものと推定される。

(3) 調査鋼矢板の腐食速度(両面)は、凸面では+0.5m以上は0.05mm/yr以下であるが+0.5~±0.0m付近では0.2mm/yrとなり深度が下るにつれて漸減して行き-1.5m付近では0.05mm/yrとなる。一方、凹面、側面

の腐食速度は深度方向に関係なく0.05mm/yr位である。  
伏木港左岸3号岸壁

(1) 調査鋼矢板の腐食傾向は(b)である。

(2) 潮位、水深が類似している安来港-4.5m岸壁(腐食傾向(c))と腐食傾向が異なるのは、伏木港では小矢部川の川水のため比抵抗が100Ω-cmを越すことがあるためと考えられる。

(3) 調査鋼矢板の腐食速度(両面)は、凸面では上部コンクリートの直下付近が0.10~0.13mm/yrであるが深度が下るにつれて漸減し-4mでは0.025mm/yrとなる。これに対して、凹面、側面の腐食速度は0.05mm/yr以下である。

(4) 調査タイロッドの腐食速度はほとんど0mm/yrである。

### 須磨船積棧橋

(1) 調査鋼管杭の肉厚は3年前(昭和43年)と大差ない。

(2) 調査鋼管杭の腐食速度(両面、8年経過)は0.05mm/yr以下である。

なお、本調査に関係した機関は塩釜港では運輸省第二港湾建設局・塩釜港工事事務所、横浜調査設計事務所、宮城県仙台港建設事務所、伏木港では運輸省第一港湾建設局・伏木富山港工事事務所、新潟調査設計事務所、須磨船積棧橋では神戸市臨海開発局、KK日本港湾コンサルタントである。

最後に、現地測定に協力して頂いた塩釜港工事事務所・齊工事専門官(現、鹿島港工事事務所・建設専門官)、伏木富山港工事事務所・伏木工場・小林工事係長(現、一建企画課資料係長)、KK日本港湾コンサルタント・中島技師の方々に厚く御礼申し上げます。

## 参考文献

- 1) 運輸省港湾局編：港湾調査指針 605~646, 日本港湾協会(1971)
- 2) 善, 阿部：港研資料, ㊦ 49, 1~136 (1968)
- 3) 善, 阿部：港研資料, ㊦ 84, 1~87 (1969)
- 4) 善, 阿部：港研資料, ㊦ 99, 1~99 (1970)
- 5) 善, 阿部：港研資料, ㊦ 111, 1~70 (1971)
- 6) 善, 阿部：港研資料, ㊦ 128, 1~86 (1971)
- 7) 善, 阿部：港研資料, ㊦ 131, 1~85 (1972)
- 8) 善, 阿部：港研資料, ㊦ 133, 1~ (1972)
- 9) 善：防蝕技術, Vol.19, ㊦ 5/6, 18~24 (1970)



付表 2-1 塩釜港における引抜き鋼矢板の肉厚(凸面)

重量測定  
鋼矢板 No. 14

矢板天端からの距離 (m)	深 度 <sup>1)</sup> (m)	寸 法 (mm)				表面積 (cm <sup>2</sup> )	重 量 (g)	肉 厚 (mm)
		a	b	c	d			
0.07	+1.54	97.8	98.0	258.4	258.8	252.95	1,946.80	9.822
0.20	+1.41	98.6	97.8	273.8	257.8	258.23	1,838.09	9.041
0.33	+1.28	91.6	90.2	268.7	270.0	243.98	1,655.00	8.630
0.45	+1.16	82.6	84.0	259.0	268.4	161.29	1,166.02	
0.57	+1.04	95.2	96.8	267.6	270.4	258.24	1,944.00	9.677
0.70	+0.91	97.6	97.6	266.8	267.4	240.69	1,890.70	9.227
0.83	+0.78	92.4	92.8	260.0	260.2	231.69	1,671.50	8.632
0.96	+0.66	68.8	68.8	252.4	252.6	182.44	1,562.40	8.803
1.10	+0.51	102.4	102.8	266.6	268.8	276.17	1,912.00	8.840
1.23	+0.38	96.6	97.4	262.8	266.0	256.27	1,236.10	6.132
1.36	+0.25	107.4	106.4	262.4	262.4	280.51	796.46	2.612
1.48	+0.13	74.4	70.0	258.4	255.6	184.55	334.01	2.633
1.60	+0.01	97.8	93.8	263.8	261.8	251.76	638.16	2.720
1.73	-0.12	96.4	96.6	266.4	268.8	258.34	961.99	4.793
1.86	-0.25	93.0	92.0	260.8	263.6	242.54	958.30	5.011
1.99	-0.38	82.4	82.4	266.0	266.0	168.05	670.64	4.399
2.12	-0.51	101.4	99.4	257.8	267.8	268.87	110.94	5.257
2.25	-0.64	98.4	98.0	266.8	267.6	262.39	1,086.16	6.310
2.38	-0.77	92.0	99.8	262.2	267.0	255.76	1,013.78	4.803
2.49	-0.88	71.0	68.0	266.8	267.4	186.97	772.28	6.303
2.62	-1.01	98.4	97.4	253.0	253.8	248.08	1,192.55	6.116
2.75	-1.14	92.6	93.8	263.2	262.2	236.52	972.69	5.254
2.88	-1.27	101.2	101.6	261.0	261.8	265.06	1,109.18	5.324
2.99	-1.38	100.2	98.4	278.4	262.8	269.56	1,866.50	7.861

1) 調査時 (S. 45年7月)

付表 2-3 塩釜港における引抜き鋼矢板の肉厚(凸面)

マイクロ・メータによる  
鋼矢板 No. 14

矢板天端からの距離 (m)	深 度 <sup>1)</sup> (m)	肉厚測定値 (mm)				
		平均値	標準偏差	最大値	最小値	最大値-最小値
0.07	+1.54	10081	0.449	10654	8628	2026
0.20	+1.41	8193	0.402	8900	8066	1834
0.33	+1.28	8886	0.622	9866	7678	2188
0.45	+1.16	9376	0.359	9930	8256	1664
0.57	+1.04	9755	0.288	10336	8774	1562
0.70	+0.91	9370	0.354	9894	7714	2180
0.83	+0.78	8776	0.822	9932	7032	2900
0.96	+0.66	8088	0.603	10096	7604	2492
1.10	+0.51	9260	0.649	10264	8668	2596
1.23	+0.38	6863	1.496	10282	3622	6760
1.36	+0.25	3707	0.818	5654	2012	3642
1.48	+0.13	2814	1.009	4292	6660	3632
1.60	+0.01	2821	1.133	4940	0352	4588
1.73	-0.12	4887	0.688	6092	3662	2430
1.86	-0.25	5089	0.818	6938	3492	3446
1.99	-0.38	4560	0.594	6808	2726	3082
2.12	-0.51	5446	0.740	6904	2760	3154
2.25	-0.64	6497	0.734	6966	3774	3192
2.38	-0.77	6021	0.691	6574	3322	3252
2.49	-0.88	3665	0.577	6682	3770	2812
2.62	-1.01	6242	0.567	7746	6032	2714
2.75	-1.14	4896	0.966	7184	3856	3328
2.88	-1.27	6471	0.616	8712	3132	2680
2.99	-1.38	7990	0.346	8774	7060	1714

1) 調査時 (S. 46年7月)

付表 2-2 塩釜港における引抜き鋼矢板の肉厚(凹面)

重量測定  
鋼矢板 No. 14

矢板天端からの距離 (m)	深 度 <sup>1)</sup> (m)	寸 法 (mm)				表面積 (cm <sup>2</sup> )	重 量 (g)	肉 厚 (mm)
		a	b	c	d			
0.07	+1.54	103.4	96.0	273.4	268.4	257.69	1,891.80	6.872
0.20	+1.41	84.4	83.8	266.2	268.2	224.72	1,410.82	7.987
0.33	+1.28	97.2	96.4	267.8	268.4	260.01	1,696.60	7.812
0.45	+1.16	63.4	66.2	269.4	268.8	147.47	921.66	7.951
0.57	+1.04	82.0	81.8	270.4	267.8	220.39	1,425.67	8.230
0.70	+0.91	98.6	99.4	262.6	266.0	261.16	1,744.20	8.497
0.83	+0.78	92.8	92.4	268.4	269.6	240.09	1,689.06	8.014
0.96	+0.66	64.6	65.4	266.6	266.0	178.10	1,073.82	7.892
1.10	+0.51	99.0	99.2	252.8	262.4	258.33	1,494.80	7.697
1.23	+0.38	99.0	98.8	256.6	262.0	251.01	1,632.80	7.709
1.36	+0.25	92.4	92.0	256.4	267.0	236.68	1,466.00	7.821
1.48	+0.13	70.8	70.4	258.4	267.8	182.22	1,108.28	7.738
1.60	+0.01	93.8	94.8	262.6	260.8	246.78	1,526.53	7.866
1.73	-0.12	93.2	94.0	261.2	268.8	246.23	1,607.97	7.823
1.86	-0.25	101.2	101.4	266.8	266.8	270.27	1,719.00	8.092
1.99	-0.38	72.8	72.6	266.4	264.8	192.09	1,231.30	8.113
2.12	-0.51	98.2	99.4	273.4	276.4	272.98	1,748.40	8.149
2.25	-0.64	96.4	95.4	273.4	273.2	262.10	1,654.98	8.033
2.38	-0.77	99.0	99.2	269.0	269.0	266.68	1,672.98	7.984
2.49	-0.88	69.0	69.4	266.6	266.4	184.42	1,128.16	7.789
2.62	-1.01	97.4	96.8	279.0	279.0	270.91	1,636.30	7.685
2.75	-1.14	98.6	100.0	276.4	274.0	272.78	1,626.30	7.685

1) 調査時 (S. 46年7月)

付表 2-4 塩釜港における引抜き鋼矢板の肉厚(凹面)

マイクロ・メータによる  
鋼矢板 No. 14

矢板天端からの距離 (m)	深 度 <sup>1)</sup> (m)	肉厚測定値 (mm)				
		平均値	標準偏差	最大値	最小値	最大値-最小値
0.07	+1.54	6924	0.482	7992	6476	2616
0.20	+1.41	8153	0.494	9406	7222	2184
0.33	+1.28	8027	0.482	9276	6378	2898
0.45	+1.16	8071	0.421	8796	7134	1662
0.57	+1.04	8347	0.284	8904	7496	1408
0.70	+0.91	8631	0.299	9498	7744	1752
0.83	+0.78	8088	0.406	8666	6778	1888
0.96	+0.66	8027	0.425	8886	7170	1716
1.10	+0.51	7700	0.343	8840	6850	1890
1.23	+0.38	7898	0.391	8840	6680	2160
1.36	+0.25	7908	0.302	8804	7154	1650
1.48	+0.13	7795	0.431	8736	6970	1766
1.60	+0.01	7966	0.324	8466	7006	1460
1.73	-0.12	7924	0.816	8754	7188	1566
1.86	-0.25	8207	0.265	8720	7434	1286
1.99	-0.38	8206	0.288	8698	7624	1174
2.12	-0.51	8334	0.194	8740	7824	0916
2.25	-0.64	8199	0.271	8936	7446	1490
2.38	-0.77	8170	0.393	8922	7592	1670
2.49	-0.88	7900	0.392	8668	7054	1604
2.62	-1.01	7820	0.329	8632	7152	1480
2.75	-1.14	7760	0.320	8482	7100	1382
2.88	-1.27					
2.99	-1.38					

1) 調査時 (S. 46年7月)

付表 2-5 塩釜港における引抜き鋼矢板の内厚 (凸矢板、側面)

マイクロメータによる  
鋼矢板厚 14

矢板天端からの距離 (m)	深 度 (m)	内厚測定値 (mm)									
		側 面 (1)					側 面 (2)				
		平均値	標 差	最大値	最小値	最大値 - 最小値	平均値	標 差	最大値	最小値	最大値 - 最小値
0.07	+1.54	5.216	0.382	5.972	4.528	1.444	4.928	0.459	5.580	3.808	1.772
0.20	+1.41	4.867	0.540	5.532	3.546	1.986	4.427	0.388	5.160	3.638	1.512
0.33	+1.28	5.675	0.432	6.455	5.186	1.270	5.518	0.655	6.460	4.548	1.912
0.46	+1.16	5.674	0.492	7.452	5.858	1.584	5.799	0.354	6.364	5.184	1.230
0.57	+1.04	5.603	0.690	7.550	4.862	2.688	6.641	0.589	7.822	5.702	2.120
0.70	+0.91	5.683	0.790	7.724	5.170	2.554	6.524	0.726	7.204	4.654	2.550
0.83	+0.78	5.803	0.890	7.256	5.940	1.316	5.992	0.257	6.446	5.566	0.880
0.96	+0.66	5.133	0.831	6.800	5.524	1.276	6.264	0.498	6.694	5.368	1.326
1.10	+0.51	5.801	0.888	6.830	5.024	1.806	5.604	0.623	6.368	4.658	1.710
1.23	+0.38	5.980	0.845	6.488	5.190	1.278	5.513	0.451	6.228	4.354	1.874
1.36	+0.25	5.286	0.878	6.904	5.030	1.874	5.675	0.339	6.344	5.120	1.224
1.48	+0.13	5.872	0.289	6.900	5.220	1.680	5.647	0.257	6.104	5.270	0.834
1.60	+0.01	5.763	0.224	6.202	5.396	0.806	5.226	0.522	6.194	4.174	2.020
1.73	-0.12	5.607	0.394	6.232	5.038	1.194	5.638	0.498	6.474	4.982	1.492
1.86	-0.25	5.456	0.253	5.890	5.070	0.820	5.641	0.326	6.072	4.658	1.404
1.99	-0.38	5.468	0.203	5.714	5.064	0.650	5.881	0.363	6.488	5.508	0.980
2.12	-0.51	5.495	0.373	6.008	4.776	1.232	4.953	0.418	5.474	4.020	1.454
2.25	-0.64	5.046	0.382	6.636	5.290	1.346	5.577	0.499	6.180	4.664	1.516
2.38	-0.77	5.795	0.329	6.362	6.004	1.358	5.887	0.664	6.478	4.932	1.546
2.49	-0.88	5.453	0.429	5.906	4.856	1.050	5.288	0.276	5.840	4.882	0.958
2.62	-1.01	5.106	0.287	5.564	5.460	1.104	5.548	0.388	6.246	4.934	1.312
2.75	-1.14	5.197	0.214	5.448	5.648	0.800	5.834	0.209	6.226	5.476	0.750
2.88	-1.27	5.029	0.475	5.908	5.022	1.506	5.563	0.324	6.244	4.900	1.344
2.99	-1.38	5.923	0.350	6.570	5.400	1.170	5.743	0.385	6.802	4.994	1.808

1) 調査時 (8.45年7月) の深度

付表 2-6 塩釜港における引抜き鋼矢板の内厚 (凹矢板、側面)

マイクロメータによる  
鋼矢板厚 14

矢板天端からの距離 (m)	深 度 (m)	内厚測定値 (mm)									
		側 面 (1)					側 面 (2)				
		平均値	標 差	最大値	最小値	最大値 - 最小値	平均値	標 差	最大値	最小値	最大値 - 最小値
0.07	+1.54	5.052	0.373	5.606	4.896	1.300	4.814	0.384	5.430	4.168	1.262
0.20	+1.41	5.127	0.497	6.192	4.198	1.994	4.773	0.569	5.478	4.274	1.204
0.33	+1.28	6.301	0.248	6.594	4.834	0.860	5.068	0.326	5.720	4.692	1.028
0.46	+1.16	6.492	0.387	7.308	6.020	1.286	5.056	0.480	5.934	4.354	1.580
0.57	+1.04	6.540	0.391	7.132	5.384	1.698	5.570	0.421	6.288	4.884	1.404
0.70	+0.91						5.841	0.573	6.734	3.902	2.832
0.83	+0.78	5.533	0.549	7.494	5.524	1.970	5.454	0.614	6.164	4.568	1.596
0.96	+0.66	5.377	0.248	6.508	5.688	0.820	5.080	0.331	6.344	5.110	1.234
1.10	+0.51	5.975	0.329	6.474	5.304	1.170	5.287	0.561	6.198	4.344	1.854
1.23	+0.38	5.823	0.176	6.156	5.632	0.624	5.698	0.580	6.886	4.924	1.962
1.36	+0.25	5.231	0.243	6.758	4.150	1.608	5.944	0.461	6.892	5.352	1.540
1.48	+0.13	6.025	0.279	6.294	4.460	0.844	6.034	0.300	6.664	5.524	1.160
1.60	+0.01	5.822	0.253	6.374	5.238	1.136	5.946	0.239	6.348	5.518	0.830
1.73	-0.12	5.592	0.281	6.140	5.168	0.974	5.967	0.282	6.478	5.544	0.934
1.86	-0.25	5.122	0.340	6.782	5.628	1.154	5.386	0.433	6.054	4.628	1.426
1.99	-0.38	4.634	0.301	5.316	4.162	1.164	6.271	0.305	6.866	5.760	1.116
2.12	-0.51	5.867	0.212	6.264	5.670	0.594	6.095	0.425	6.738	5.380	1.356
2.25	-0.64	5.190	0.492	6.820	4.104	1.716	5.917	0.299	6.624	4.888	1.736
2.38	-0.77	5.326	0.435	6.478	4.922	1.546	5.986	0.264	6.478	5.574	0.904
2.49	-0.88	4.989	0.401	5.442	4.154	1.288	6.192	0.267	5.660	4.674	0.986
2.62	-1.01	5.817	0.322	6.440	5.148	1.292	6.063	0.168	6.346	5.664	0.682
2.75	-1.14	4.577	0.518	5.566	3.798	1.768	6.083	0.179	6.374	4.928	0.546
2.88	-1.27	5.795	0.375	6.424	5.166	1.258	6.131	0.167	6.444	5.900	0.544
2.99	-1.38						5.812	0.327	6.178	6.054	1.124

2) 調査時 (8.46年7月) の深度

付表 2-7 塩釜港における鋼矢板側面部の内厚

マイクロメータによる  
鋼矢板厚 14

深 度 (m)	内 厚 (mm)			深 度 (m)	内 厚 (mm)		
	凸矢板側面	凹矢板側面	凸凹矢板側面		凸矢板側面	凹矢板側面	凸凹矢板側面
+1.54	5.072	4.933	6.093	+0.01	5.495	5.884	5.690
+1.41	4.647	4.950	4.799	-0.12	5.373	5.780	5.677
+1.28	5.597	5.180	5.389	-0.25	5.549	5.769	5.659
+1.16	5.237	5.774	6.006	-0.38	5.675	5.463	5.564
+1.04	5.522	6.055	6.335	-0.51	5.224	5.976	5.600
+0.91	5.684	5.841	6.223	-0.64	5.812	5.509	5.661
+0.78	6.398	6.009	6.204	-0.77	5.741	5.658	5.699
+0.66	5.703	5.898	5.801	-0.88	5.371	5.501	5.436
+0.51	5.797	5.681	5.689	-1.01	5.877	5.940	5.909
+0.38	5.481	5.761	5.621	-1.14	6.001	5.330	5.666
+0.25	5.760	5.618	5.687	-1.27	5.796	5.963	5.880
+0.13	5.485	5.630	5.512	-1.38	5.333	5.613	5.723

付表 2-8 塩釜港における切取り鋼矢板片の内厚 (1)

直量測定

鋼矢板 凸 (m)	矢板側面 からの距離 (m)	深 度 (m)	寸 法 (mm)				表 面積 ( $\text{cm}^2$ )	重 量 ( $\text{g}$ )	内 厚 (mm)
			a	b	c	d			
2(凸)	2.40	-1.00	92.4	93.4	111.0	112.4	1037.6	892.8	10.270
2(凹)	2.40	-1.00					649.8	567.3	12.871
6(凸)	0.85	+0.59	89.8	89.4	231.2	231.4	2075.4	1993.9	12.241
	0.95	+0.49	88.2	88.4	230.3	230.0	2022.7	1887.6	11.814
	1.32	+0.12	71.4	70.8	261.4	262.2	1861.4	1111.3	7.596
	1.45	-0.01	98.2	97.9	263.4	263.9	2589.9	1374.9	6.762
	1.58	-0.14	69.4	70.0	262.8	263.2	1833.1	974.2	6.766
	2.25	-0.81	85.4	85.2	229.4	229.0	195.51	1147.40	7.467
	2.35	-0.91	84.6	84.5	229.4	229.8	1942.4	1150.00	7.591
3.16	-1.72	87.2	87.2	102.8	104.8	90.51	558.80	9.260	
6(凹)	0.85	+0.59	91.0	91.6	232.0	231.8	2117.2	2085.40	12.532
	0.95	+0.49	84.4	84.2	230.6	230.6	1944.0	1868.20	12.227
	1.32	+0.12	71.4	71.2	264.6	265.2	1888.7	1725.4	11.623
	1.45	-0.01	98.9	98.9	256.6	256.0	2589.4	2449.60	12.129
	1.58	-0.14	69.4	68.8	263.0	262.4	1815.3	1714.82	12.018
	2.25	-0.81	88.6	88.0	232.6	232.8	205.47	1090.76	12.327
	2.35	-0.91	87.6	87.8	231.0	229.8	202.06	1095.62	12.317
3.16	-1.72	88.4	88.6	93.6	93.0	82.57	832.29	12.916	
8(凸)	0.85	+0.79	94.8	95.2	230.6	229.6	1956.9	1944.05	12.648
	0.95	+0.69	85.8	85.2	228.6	228.4	1946.0	1897.40	12.405
	1.32	+0.32	66.6	66.0	269.4	268.2	1843.9	1377.72	9.478
	1.45	+0.22	97.0	97.0	270.2	272.2	2622.6	1377.00	6.655
	1.58	+0.06	69.3	69.6	272.8	273.0	1902.1	919.97	6.153
	2.25	-0.61	88.4	89.6	229.6	229.6	204.34	924.80	5.771
	2.35	-0.71	84.5	84.8	227.8	228.8	1936.0	858.70	6.650
8(凹)	0.85	+0.79	87.4	88.4	231.0	231.0	2020.6	1993.60	12.491
	0.95	+0.69	87.8	87.6	231.8	230.2	2025.0	1935.80	12.167
	1.32	+0.32	69.8	69.6	264.4	264.0	1841.5	1740.25	12.078
	1.45	+0.22	101.4	101.0	272.6	268.1	268.55	2562.00	12.185
	1.58	+0.06	70.0	69.4	270.8	271.6	1803.9	1760.00	11.846
	2.25	-0.61	87.8	87.6	231.0	231.8	2029.4	1950.00	12.225
	2.35	-0.71	87.8	88.6	229.6	231.0	2021.2	1901.40	11.910

付表 2-9 塩害地における切取り鋼矢板の内厚 (2)

質量測定

鋼矢板 No	矢板頭部 からの距離 (m)	深 度 (m)	寸 法 (mm)				表面積 (cm <sup>2</sup> )	重 量 (g)	内 厚 (mm)
			a	b	c	d			
10(凸)	0.85	+0.80	88.0	88.0	230.0	230.0	2024.0	1,322.00	8.316
	0.95	+0.70	88.4	88.2	228.8	228.4	2017.7	1,350.97	8.619
	1.32	+0.33	70.6	72.4	207.0	207.6	1186.2	472.35	5.024
	1.45	+0.20	99.4	101.4	268.6	267.4	2680.7	732.77	3.465
	1.58	+0.07	72.0	73.0	208.2	208.4	1948.8	501.86	3.323
	2.25	-0.60	88.2	88.0	227.0	227.4	2081.6	1,016.00	6.458
	2.35	-0.70	84.6	85.4	228.8	228.0	1932.9	955.50	6.289
	3.13	-1.48	88.0	88.2	113.0	112.0	979.9	474.24	6.157
	0.85	+0.80	88.0	91.0	235.4	234.4	2048.7	1,402.00	8.707
0.95	+0.70	86.4	86.6	227.8	228.0	1948.6	1,210.00	7.901	
1.32	+0.33	73.0	72.6	209.8	208.8	1959.8	528.90	8.117	
1.45	+0.20	97.6	98.0	272.4	272.0	2662.1	1,709.10	8.168	
1.58	+0.07	71.4	70.6	211.0	210.0	1920.6	1,248.00	5.901	
2.25	-0.60	90.0	91.8	231.4	230.2	2098.0	1,385.00	8.278	
2.35	-0.70	92.2	88.4	230.4	228.6	2049.4	1,297.00	8.062	
3.13	-1.48	108.6	108.0	148.2	148.8	1683.2	1,029.75	8.146	
0.85	+0.76	87.4	87.2	235.6	234.0	2041.1	1,404.95	8.757	
0.95	+0.66	84.6	88.6	231.4	232.0	2006.6	953.40	6.045	
1.32	+0.29						679.29		
1.45	+0.16						322.73		
1.58	+0.03	101.8	101.8	270.4	270.0	2780.6	445.70	2.062	
2.25	-0.64	91.0	91.0	229.4	228.6	2083.9	823.00	3.804	
2.35	-0.74	88.0	87.2	228.4	228.0	2083.4	589.60	3.744	
0.85	+0.76	88.4	88.0	231.6	232.2	2087.0	1,425.30	8.818	
0.95	+0.66	87.0	88.0	228.4	228.6	1939.4	1,304.70	8.302	
1.32	+0.29	97.2	97.6	275.8	275.4	2689.2	1,651.80	7.484	
1.45	+0.16	98.8	98.4	275.4	276.2	2747.0	1,698.80	7.873	
1.58	+0.03	100.0	98.4	275.4	276.6	2751.7	1,889.05	7.809	
2.25	-0.64	88.2	87.2	230.4	229.6	2017.1	1,363.60	8.538	
2.35	-0.74	88.4	88.4	230.4	230.0	2035.0	1,344.70	8.407	
14(凸)	2.27	-0.66	132.8	132.8	184.0	184.4	1868.7	784.12	5.623
14(凹)	2.27	-0.66	98.4	97.0	164.0	164.0	1602.2	1,117.43	8.873

付表 2-11 塩害地における切取り鋼矢板の内厚

マイクロ・メータによる

鋼矢板 No	矢板頭部 からの距離 (m)	深 度 (m)	内 厚 測 定 値 (mm)				
			平均値	標準偏差	最大値	最小値	最大値-最小値
10(凸)	0.85	+0.80	8.461	0.327	9.212	7.796	1.416
	0.95	+0.70	8.718	0.410	9.694	7.940	1.754
	1.32	+0.33	3.547	0.812	4.912	1.395	3.516
	1.45	+0.20	3.890	0.493	4.732	2.540	2.192
	1.58	+0.07	3.698	0.628	4.906	1.976	2.930
	2.25	-0.60	6.491	0.728	7.854	6.274	2.580
	2.35	-0.70	6.545	0.411	7.520	5.244	2.276
	3.13	-1.48	6.427	0.532	7.288	6.336	2.432
	0.85	+0.80	8.886	0.299	9.348	8.190	1.158
0.95	+0.70	8.024	0.415	8.850	7.018	1.832	
1.32	+0.33	8.293	0.289	9.150	7.652	1.498	
1.45	+0.20	8.346	0.251	8.974	7.598	1.436	
1.58	+0.07	8.386	0.366	8.922	7.446	1.476	
2.25	-0.60	8.356	0.289	8.884	7.764	1.120	
2.35	-0.70	8.087	0.294	8.688	7.570	1.118	
3.13	-1.48	8.152	0.391	8.870	7.282	1.588	
0.85	+0.76	9.036	0.636	9.846	7.074	2.772	
0.95	+0.66	6.067	0.449	7.022	4.936	2.086	
1.32	+0.29	3.777	1.750	7.660	6.018	7.442	
1.45	+0.16	1.691	0.693	2.972	0.360	2.622	
1.58	+0.03	2.130	0.711	3.446	0.684	2.862	
2.25	-0.64	4.224	0.633	5.674	2.884	2.690	
2.35	-0.74	3.809	0.633	5.052	2.292	2.760	
0.85	+0.76	9.039	0.248	9.470	8.264	1.216	
0.95	+0.66	8.469	0.318	8.950	7.706	1.244	
1.32	+0.29	7.629	0.450	8.312	6.988	2.324	
1.45	+0.16	8.200	0.402	8.768	6.734	2.034	
1.58	+0.03	7.938	0.365	8.816	7.136	1.680	
2.25	-0.64	8.851	0.176	9.016	8.238	0.778	
2.35	-0.74	8.686	0.256	9.336	8.098	1.238	
14(凸)	2.27	-0.66	6.679	0.481	6.410	4.460	1.950
14(凹)	2.27	-0.66	9.106	0.302	9.618	8.460	1.168

付表 2-10 塩害地における切取り鋼矢板の内厚

マイクロ・メータによる

鋼矢板 No	矢板頭部 からの距離 (m)	深 度 (m)	内 厚 測 定 値 (mm)				
			平均値	標準偏差	最大値	最小値	最大値-最小値
2(凸)	2.40	-1.00	10.437	0.306	10.944	9.580	1.364
2(凹)	2.40	-1.00	18.142	0.320	18.828	12.408	6.420
6(凸)	0.85	+0.69	12.429	0.611	13.384	11.094	2.290
	0.95	+0.49	12.013	0.629	12.970	10.394	2.576
	1.32	+0.12	7.148	0.828	8.584	6.002	2.682
	1.45	-0.01	7.848	0.823	8.460	6.316	3.144
	1.58	-0.14	7.022	0.822	8.402	6.432	2.970
	2.25	-0.81	7.702	0.395	8.650	6.686	1.964
	2.35	-0.91	7.906	0.615	8.930	6.240	2.690
	3.16	-1.72	8.419	0.452	10.278	8.432	1.846
	0.85	+0.69	12.808	0.282	13.486	12.052	1.434
0.95	+0.49	12.323	0.396	13.008	11.164	1.844	
1.32	+0.12	11.986	0.470	12.798	10.744	2.044	
1.45	-0.01	12.368	0.524	13.620	10.984	2.636	
1.58	-0.14	12.342	0.666	13.490	10.318	3.172	
2.25	-0.81	12.630	0.570	13.620	11.366	2.252	
2.35	-0.91	12.542	0.676	13.886	11.396	2.490	
3.16	-1.72	13.010	0.440	13.846	12.200	1.646	
0.85	+0.79	12.912	0.294	13.650	12.324	1.226	
0.95	+0.69	12.675	0.325	13.284	11.772	1.492	
1.32	+0.32	8.898	0.745	11.494	7.980	3.514	
1.45	+0.22	8.896	0.671	7.912	4.622	3.290	
1.58	+0.06	8.363	0.740	7.822	4.544	3.078	
2.25	-0.61	6.015	0.748	7.402	4.082	3.320	
2.35	-0.71	6.934	0.788	7.478	4.076	3.402	
0.85	+0.79	12.832	0.386	13.946	11.974	1.972	
0.95	+0.69	12.372	0.365	13.144	11.522	1.622	
1.32	+0.32	12.401	0.563	11.110	11.532	1.678	
1.45	+0.22	12.299	0.462	12.976	10.990	1.986	
1.58	+0.06	12.183	0.467	12.988	11.044	1.944	
2.25	-0.61	12.478	0.359	13.156	11.588	1.568	
2.35	-0.71	12.314	0.488	13.100	11.396	1.704	

付表 2-12 塩害地における鋼矢板の内厚

マイクロ・メータによる

鋼矢板 No	矢板頭部 からの距離 (m)	深 度 (m)	内 厚 測 定 値 (mm)									
			側 面 (b)					側 面 (c)				
			平均値	標準偏差	最大値	最小値	最大値-最小値	平均値	標準偏差	最大値	最小値	最大値-最小値
6(凸)	1.32	+0.12	6.458	0.392	6.014	4.488	1.526	6.349	0.281	6.830	5.782	1.048
	1.45	-0.01	6.239	0.326	5.828	4.692	1.236	6.012	0.484	5.712	3.634	2.178
	1.58	-0.14	6.316	0.480	6.926	4.632	2.294	6.529	0.228	7.228	5.658	1.570
6(凹)	1.32	+0.12	6.161	0.272	5.612	4.804	1.008	5.842	0.201	5.894	5.200	0.694
	1.45	-0.01	5.491	0.309	6.192	5.074	1.118	5.523	0.447	5.970	4.324	1.646
	1.58	-0.14	6.301	0.361	6.930	4.728	1.302	5.898	0.560	6.768	4.868	1.900
8(凸)	1.32	+0.32	5.102	0.456	5.734	4.232	1.502	5.850	0.509	6.874	4.774	1.900
	1.45	+0.22	6.215	0.723	6.026	4.074	1.952	6.468	0.356	6.034	4.840	1.194
	1.58	+0.06	5.433	0.349	5.836	4.760	1.076	5.956	0.651	6.798	5.088	1.708
8(凹)	1.32	+0.32	6.220	0.432	6.854	4.294	1.560	6.346	0.476	6.124	4.660	1.564
	1.45	+0.22	6.208	0.216	6.638	4.790	0.848	5.120	0.273	5.468	4.682	0.786
	1.58	+0.06	6.323	0.383	6.854	4.634	1.220	6.812	0.254	6.302	6.224	1.078
10(凸)	1.32	+0.33	6.584	0.439	6.222	4.540	1.682	6.147	0.352	6.596	5.610	0.986
	1.45	+0.20	6.638	0.405	6.644	4.884	1.760	6.160	0.346	5.994	4.772	1.222
	1.58	+0.07	6.368	0.211	6.664	5.098	0.446	6.676	0.215	6.844	5.114	0.730
10(凹)	1.32	+0.33	6.324	0.191	6.644	5.002	0.842	6.558	0.236	6.824	5.086	0.738
	1.45	+0.20	6.075	0.372	6.654	4.590	1.204	6.669	0.316	6.312	5.164	1.148
	1.58	+0.07	6.186	0.308	6.692	5.628	1.064	6.593	0.372	6.544	5.438	1.106
12(凸)	1.32	+0.29	6.631	0.275	6.934	5.068	0.876	6.532	0.241	6.894	5.056	1.038
	1.45	+0.18	6.818	0.140	6.102	5.540	0.662	6.560	0.286	6.394	5.200	1.194
	1.58	+0.08	6.964	0.211	6.432	5.614	0.818	6.643	0.326	6.204	4.932	1.272
12(凹)	1.32	+0.29	4.767	0.469	5.894	4.268	1.626	6.336	0.465	6.792	4.202	1.590
	1.45	+0.16	6.478	0.370	6.790	4.978	0.812	6.922	0.260	6.694	5.640	0.994
	1.58	+0.08	6.273	0.367	6.844	4.740	1.104	6.883	0.444	6.608	5.044	1.464

付表 3-13 塩浜港における切取り鋼矢板片の測定値

鋼矢板片 No	深 度 (m)	寸 法 (mm)				表面積 (cm <sup>2</sup> )	重 量 (g)	肉 厚 (mm)
		a	b	c	d			
		5	-1.89	13.20	13.10			
11	-1.89	14.22	14.18	13.00	13.71	1,739.4	1,440.0	8.28
17	-1.09	11.00	11.08	8.8	8.46	730.6	518.65	7.10
25	-1.09					530.4	467.27	7.41
33	-1.89	10.50	10.53	6.79	6.70	553.4	502.54	2.03

マイクロメータによる

鋼矢板片 No	深 度 (m)	測定肉厚 (mm)					底 数
		平均値	標準偏差	最大値	最小値	最大値 - 最小値	
		5	-1.89	11.96	0.85	12.53	
11	-1.89	8.34	0.86	8.29	7.50	1.79	157
17	-1.09	7.18	0.16	7.86	6.19	1.67	88
25	-1.09	7.29	0.25	8.19	5.97	2.22	80
33	-1.89	9.11	0.24	8.53	8.41	1.12	75

付表 3-14 塩浜港における鋼矢板肉厚

鋼矢板 No	矢板頂部 からの距離 (m)	深 度 (m)	測定肉厚 (mm)									
			凸 面			凹 面			側 面			
			①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	
12	0.1	+1.61	10.5	10.1	10.0	9.8	9.4	9.4	6.9	8.8	7.4	7.1
	0.3	+1.31	10.0	9.7	9.6	9.1	8.7	8.7	6.8	7.8	7.9	8.1
	0.6	+1.01	10.5	10.1	10.6	10.1	10.3	10.2	7.5	7.6	8.6	8.1
	0.8	+0.81	8.1	8.4	9.9	9.7	10.1	10.3	7.8	7.7	8.4	7.7
	1.0	+0.61	8.9	8.0	10.1	9.8	9.2	8.7	7.1	9.0	8.4	7.4
	1.1	+0.51	9.8	9.5	9.7	8.6	8.9	8.4	7.5	7.1	7.9	7.4
	1.2	+0.41	8.0	10.2	2.4	2.8	8.6	9.0	6.8	7.2	7.5	7.6
	1.3	+0.31	6.4	7.5	7.3	9.1	2.7	9.1	7.0	7.6	7.8	6.8
	1.4	+0.21	5.0	8.0	6.3	9.4	9.8	8.9	6.8	7.4	7.5	7.8
	1.5	+0.11	6.1	6.0	6.1	9.2	9.4	9.8	6.3	6.8	7.9	7.1
	1.65	-0.04	6.3	6.2	6.1	8.2	2.8	8.8	6.0	7.0	7.7	7.1
	1.75	-0.14	5.9	4.8	4.9	8.6	8.8	8.5	6.5	7.6	7.5	8.6
2.0	-0.39	5.6	5.5	6.8	9.0	9.0	2.4	6.5	7.4	8.3	7.5	
2.25	-0.64	6.8	7.7	7.2	8.8	9.1	2.1	7.4	7.6	8.1	7.5	
2.5	-0.89	7.4	6.5	8.0	8.2	2.5	9.5	8.9	7.3	7.4	7.8	
2.75	-1.14	8.4	6.1	6.4	2.3	9.6	10.1	7.1	8.8	8.2	7.6	
2.95	-1.34	6.9	6.2	6.3	2.5	9.6	9.9	6.8	7.4	8.4	8.5	
13	0.1	+1.48	10.2	10.7	10.1	9.5	9.9	2.2	7.4	6.971*	7.8	8.8
	0.3	+1.28	7.8	8.4	9.9	9.6	9.9	10.4	7.8	7.199*	8.5	7.7
	0.5	+0.98	10.7	10.7	10.6	9.8	9.9	10.4	7.9	7.963*	8.0	8.1
	0.8	+0.78	10.2	10.0	10.0	9.1	10.0	9.9	7.7	8.043*	7.9	8.2
	1.0	+0.58	10.1	10.4	10.5	9.0	9.8	9.8	7.0	8.227*	8.2	8.1
	1.1	+0.48	10.2	10.4	10.1	9.1	9.8	2.7	7.1	8.596*	7.5	8.3
	1.2	+0.38	9.5	10.2	2.7	8.6	10.2	10.1	7.6	7.180*	7.6	7.9
	1.3	+0.28	6.8	7.2	6.1	9.8	9.8	10.1	7.2	6.998*	7.5	7.6
	1.4	+0.18	6.8	6.6	8.2	9.9	10.0	8.3	7.6	6.832*	7.5	8.0
	1.5	+0.08	6.1	7.1	4.4	9.8	9.8	10.0	7.6	6.639*	7.9	8.0
	1.65	-0.07	6.3	6.5	5.5	10.1	2.9	9.9	7.8	7.101*	7.4	7.5
	1.75	-0.17	7.8	8.7	8.4	9.5	9.8	9.2	7.8	7.424*	7.9	8.1
2.0	-0.42	7.1	7.5	7.0	9.0	9.1	8.1	7.1	7.434*	7.2	7.5	
2.25	-0.67	7.7	7.6	7.9	7.8	9.4	9.5	6.4	8.081*	7.2	7.6	
2.5	-0.92	8.0	7.5	8.1	8.0	9.0	9.5	7.9	7.740*	7.4	7.6	
2.75	-1.17	7.1	7.9	7.2	8.0	9.6	9.4	7.1	6.197*	7.3	8.1	
2.90	-1.32	7.7	7.9	7.5	8.5	9.5	9.6	7.7	7.666*	7.1	7.1	

\* マイクロメータによる。

付表 3-1 伏木港における鋼矢板肉厚非破壊測定結果

測定地点	深 度 (m)	測定肉厚 (mm)							
		凸 面		凹 面		側 面			
		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
A	-0.2	6.4	4.2	8.6	9.5	9.0	6.0	8.8	8.0
	-0.5	8.0	7.8	8.8	10.2	7.2	8.0	6.4	7.5
	-1.0	7.0	6.8	9.1	7.8	7.2	6.6	7.8	-
	-2.0	8.4	7.9	9.2	-	7.0	-	6.9	7.2
	-3.0	9.3	8.9	8.8	7.8	7.2	8.2	7.6	-
-4.0	9.5	10.4	9.9	8.7	8.0	8.5	8.9	9.5	
B	-0.2	7.3	6.8	-	8.2	-	-	6.2	7.2
	-0.5	7.2	-	9.2	9.0	-	-	-	-
	-1.0	10.0	7.2	-	-	-	-	7.4	-
	-2.0	7.8	-	10.0	9.2	7.0	7.4	6.2	-
	-3.0	8.1	-	9.5	-	7.8	-	8.3	7.6
-4.0	9.8	9.0	9.8	9.7	9.0	8.2	7.3	8.2	
C	-0.2	-	-	9.6	8.8	-	8.0	-	10.0
	-0.5	6.4	-	9.2	8.6	8.9	7.6	7.6	7.0
	-1.0	-	6.6	-	8.0	7.0	7.0	6.2	7.8
	-2.0	8.0	-	8.8	8.7	-	-	7.8	6.7
	-3.0	8.8	-	-	-	-	-	-	8.0
-4.0	10.0	9.0	9.9	9.7	8.1	8.8	8.5	7.9	

付表 3-2 伏木港における切取り鋼矢板片の肉厚

鋼矢板	深 度 (m)	寸 法 (mm)				表面積 (cm <sup>2</sup> )	重 量 (g)	肉 厚 (mm)
		a	b	c	d			
		凸	-0.2	7.82	78.6			
	-0.5	6.84	68.0	8.04	80.4	64.83	281.75	6.538
	-1.0	4.80	47.8	8.44	83.8	40.28	160.55	6.071
	-2.0	5.24	52.0	5.80	60.4	30.90	191.89	7.901
	-3.0	7.96	80.4	9.68	96.4	77.28	516.14	8.481
	-4.0	7.24	70.8	9.20	91.4	66.16	471.90	9.075
凹	-0.2	8.08	83.2	12.00	128.0	105.37	652.63	7.880
	-0.5					64.52	375.83	7.411
	-1.0	9.58	95.4	12.46	124.0	118.83	690.64	7.393
	-2.0	9.34	94.2	9.56	95.2	89.49	588.33	8.364
	-3.0	6.40	66.6	12.56	123.6	81.36	549.92	8.600
-4.0	7.78	77.0	12.82	128.2	99.23	735.84	9.434	

付表 3-3 伏木港における切取り鋼矢板片の肉厚

マイクロ・メータによる

深度 (m)	肉厚測定値 (mm)					
	平均値	標準偏差	最大値	最小値	最大値 - 最小値	
凸	-0.2	5.153	0.579	6.482	3.758	2.724
	-0.5	7.409	0.562	8.016	6.140	1.876
	-1.0	5.254	0.570	6.418	4.206	2.212
	-2.0	8.019	0.302	8.754	7.506	1.248
	-3.0	8.679	0.220	9.090	8.114	0.976
	-4.0	9.417	0.118	9.670	9.188	0.482
凹	-0.2	8.202	0.529	8.992	7.036	1.956
	-0.5	7.732	0.450	8.632	7.080	1.552
	-1.0	7.805	0.513	9.074	6.562	2.512
	-2.0	8.622	0.200	8.904	7.874	1.030
	-3.0	8.719	0.194	9.082	8.304	0.778
	-4.0	9.495	0.284	9.820	8.694	1.126

付表 3-4 伏木港塩分濃度測定結果

深度 (m)	塩分濃度 (mg/l)								
	No. 17			No. 26			No. 34		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
0.5	7,500	896	2,732	161	671	4,510	189	671	5,450
1.0	2,710	896	13,260	268	3,285	4,860	196	1,492	3,916
1.5	5,421	1,045	6,209	497	3,807	7,462	1,109	1,717	4,576
2.0	8,131	1,791	12,710	975	7,913	10,070	1,642	5,001	10,070
2.5	4,617	2,538	15,980	6,733	12,690	13,800	14,969	10,972	9,197
3.0	4,678	9,630	17,810	17,893	15,825	16,260	15,607	15,527	16,070
3.5	17,776	12,317	15,639	18,634	17,095	16,970	2,822	17,916	19,230
4.0	18,940	17,095	18,300	18,480	18,364	19,590	18,668	17,916	19,570
4.5	18,866	18,961	18,800	18,624	18,438	18,220	3,238	19,025	18,680
5.0	18,424	18,737	18,250	5,438	18,588	19,730	18,568	19,110	18,730
5.5	7,828	18,747	18,140	18,982	19,710	18,800	2,028	18,996	18,670
6.0	18,496	19,110	18,610	18,982	6,196	18,590	18,784	18,886	18,830
6.5	18,566	19,036	18,440	18,982	6,942	18,660	18,566	19,110	
7.0	18,496	19,036	18,900	17,120	17,916	18,940		18,961	
7.5	18,424	19,110	18,780	17,692	18,961	19,080			
8.0	18,856	18,810	18,560	17,764	18,438	19,010			
8.5	18,566	17,110	18,730			18,800			
9.0	18,866	18,737	18,730						
9.5	18,716	19,110	18,420						
10.0	18,856	18,900	18,730						
10.5	18,928	18,960	18,960						
11.0		12,616	18,800						
11.5			18,700						

1:昭和42年11月  
2:昭和42年12月  
3:昭和43年2月

付表 4-1 鋼管杭の内厚測定結果

超音波式探傷厚み計  
単位: mm

杭 No.	断面方向	深 度 (m)					海泥中
		-0.7	-1.7	-2.7	-3.7	-4.7	
A-1	①	8.0	7.8	7.9	7.9	7.9	
	②	7.7	7.7	7.7	7.9	7.9	
	③	7.9	7.7	7.7	7.9	7.9	
	④	7.7	8.0	7.8	7.9	7.8	
A-11	①	7.5	7.8	7.7			
	②	7.3	7.7	7.7			
	③	7.7	7.0	7.4			
	④	7.2	7.2	7.7			
A-21	①	7.8	7.8	7.7			
	②	7.6	7.2	7.9			
	③	7.9	7.8	8.0			
	④	7.9	7.8	7.8			
A-31	①	7.7	7.6	7.7			
	②	7.8	7.6	7.4			
	③	7.7	7.7	7.7			
	④	7.7	7.4	7.6			
A-41	①	7.7	8.0	7.8			7.9
	②	7.7	7.7	7.6			8.0
	③	7.8	7.9	8.0			8.0
	④	7.8	7.8	7.7			8.0
平均値		7.7	7.7	7.7	7.9	7.9	8.0
標準偏差		0.19	0.26	0.16	0.0	0.04	0.04

付表 4-2 鋼管杭の内厚測定結果

超音波式探傷厚み計  
単位: mm

杭 No.	断面方向	深 度 (m)			
		-0.7	-1.7	-2.7	-3.7
D-5	①	7.4	8.0	7.6	7.8
	②	7.7	7.6	7.7	7.4
	③	7.8	7.5	8.0	7.7
	④	7.0	7.6	7.7	7.5
D-15	①	7.9	7.8	8.0	
	②	8.0	8.0	8.0	
	③	7.8	8.0	8.0	
	④	7.7	8.0	8.0	
D-25	①	7.4	7.4	7.4	
	②	7.5	7.8	7.4	
	③	7.2	7.5	7.4	
	④	7.4	7.8	7.4	
D-35	①	7.5	7.7	7.8	
	②	7.7	7.6	8.0	
	③	7.6	7.8	7.6	
	④	7.6	7.9	8.0	
D-45	①	8.0	7.8	8.0	
	②	8.0	7.8	8.0	
	③	7.8	7.8	8.0	
	④	8.0	7.6	8.0	
平均値		7.6	7.8	7.8	7.6
標準偏差		0.28	0.18	0.24	0.16

付表 4-3 鋼管杭の肉厚測定結果

超音波式探傷厚み計

単位：mm

杭 名	断面方向	深 度 ( m )		
		- 0.7	- 1.7	- 2.7
B-32	①	6.8	6.8	6.8
	②	6.8	6.6	6.4
	③	6.8	6.8	6.6
	④	6.8	6.6	6.6
B-43	①	6.8	6.6	6.8
	②	6.8	6.8	6.8
	③	6.6	6.6	6.6
	④	6.6	6.8	6.8
平 均 値		6.8	6.7	6.7
標 準 偏 差		0.09	0.10	0.14

付表 4-4 鋼管杭の肉厚測定結果

超音波式共振厚み計

単位：mm

杭 名	断面方向	深 度 ( m )		
		- 0.7	- 1.7	- 2.7
A-11	①	—	7.60	7.93
	②	7.92	7.88	7.93
	③	7.60	7.82	7.98
	④	7.68	7.96	7.87
A-41	①	7.82	7.88	7.68
	②	—	7.94	7.75
	③	7.70	7.87	7.74
	④	7.73	7.73	—
D-15	①	7.70	7.95	7.98
	②	—	—	7.94
	③	7.98	—	7.84
	④	—	7.83	7.62
D-45	①	7.98	—	7.80
	②	7.56	7.94	7.84
	③	7.72	7.73	7.80
	④	7.75	8.02	7.98

注) — : 測定不能

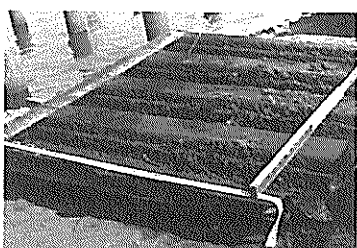
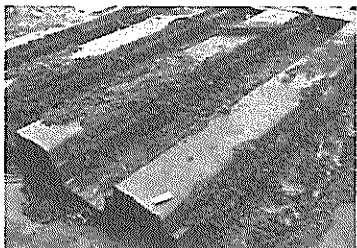
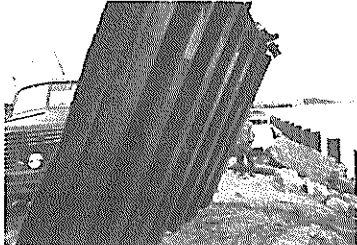
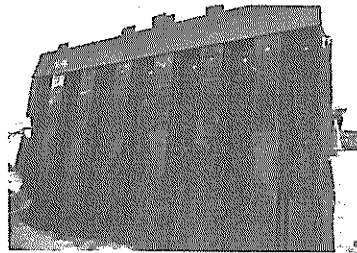


写真 2-1 塩釜港中埠頭調査状況 (1)

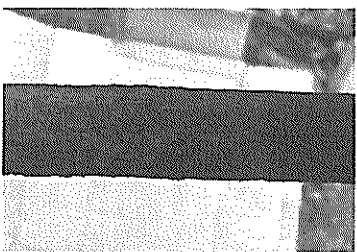
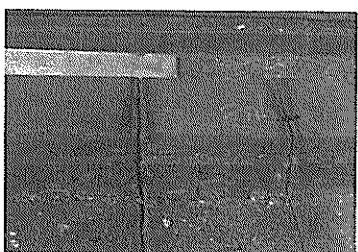
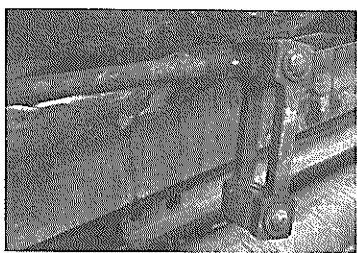
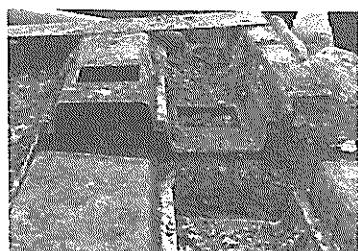
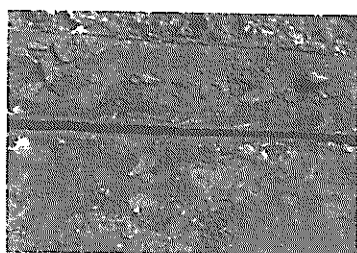
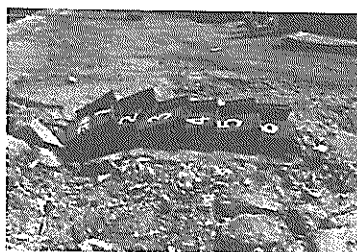
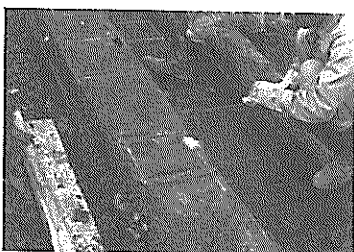


写真 2-2 塩釜港中埠頭調査状況 (2)



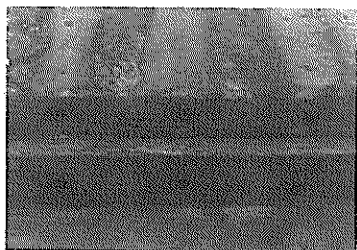
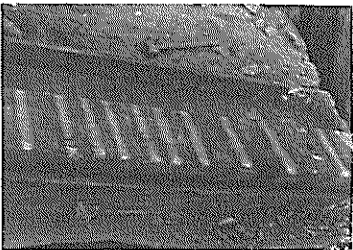
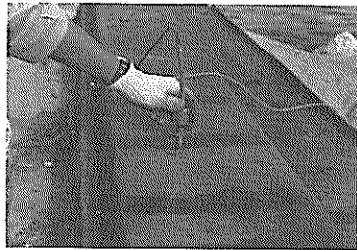
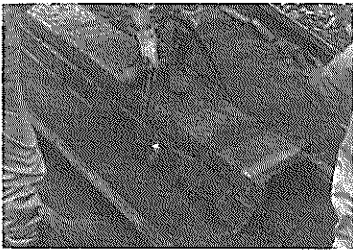
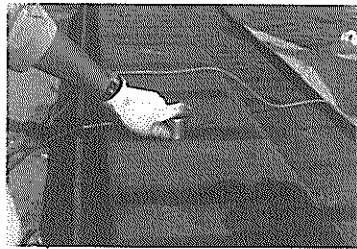
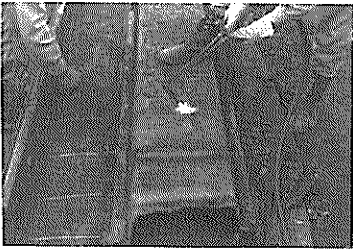
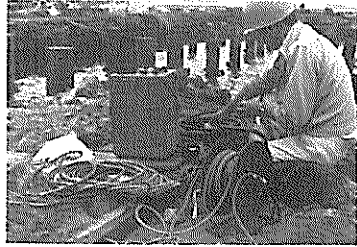
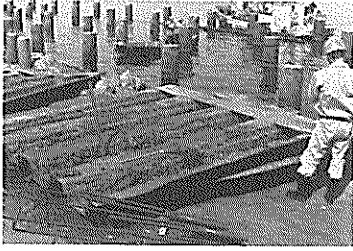


写真 2-3 塩釜港中埠頭調査状況 (3)

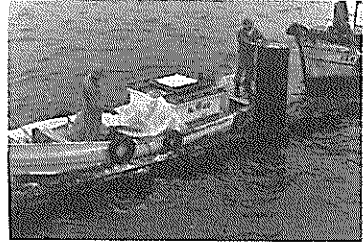
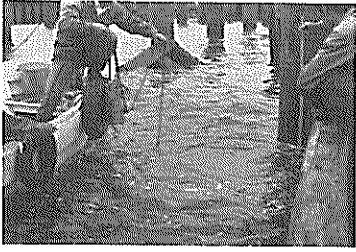
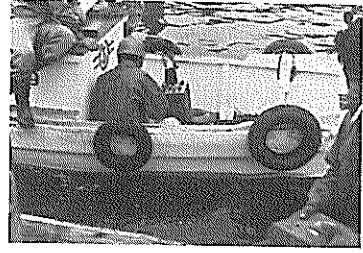
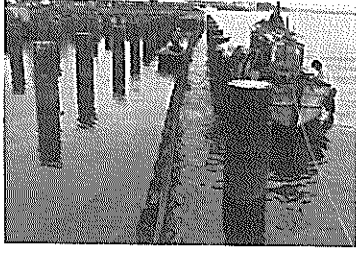


写真2-4 塩釜港中埠頭調査状況 (4)

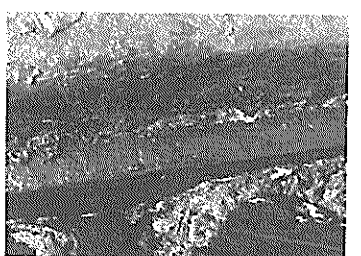
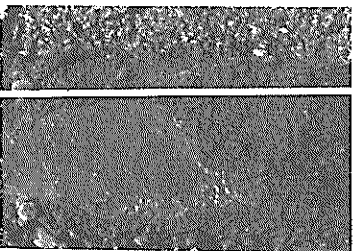
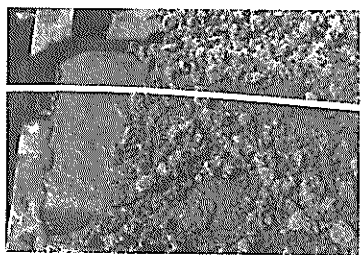
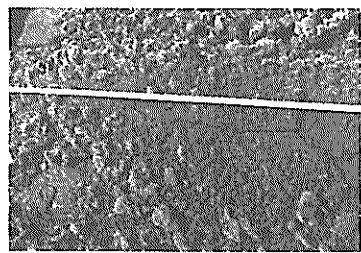
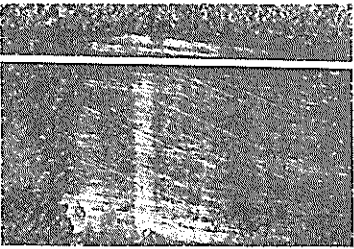
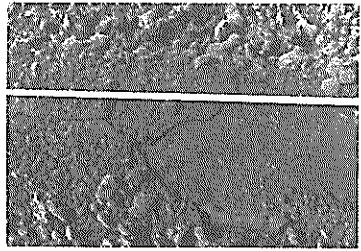
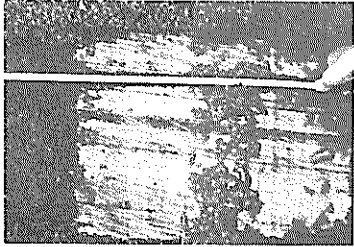
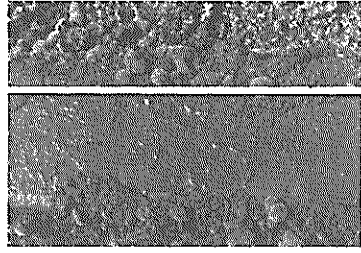
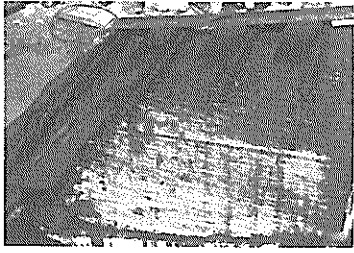


写真 2-5 塩釜港中埠頭銅矢板面 (1)

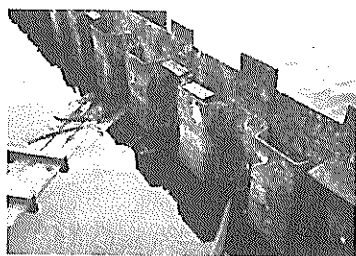
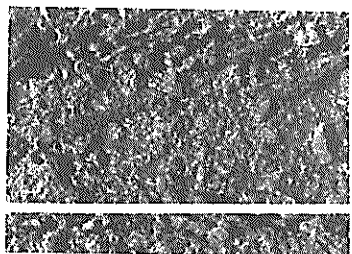
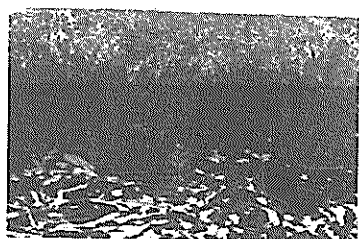
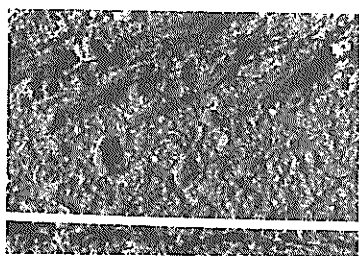
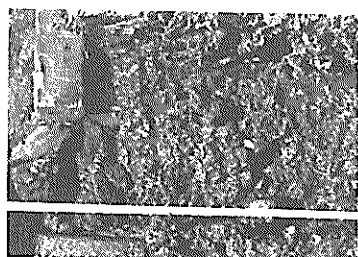
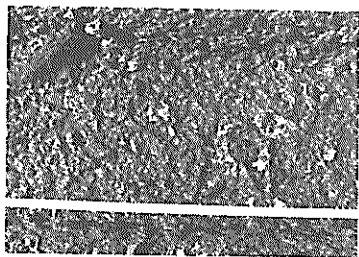
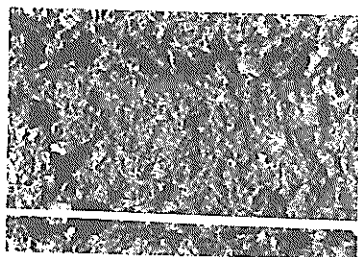
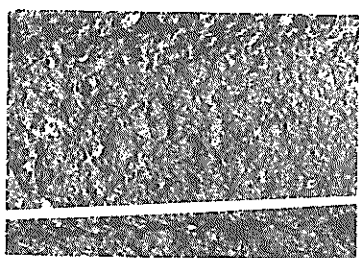
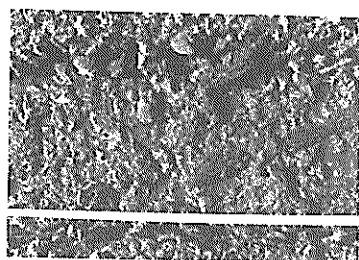
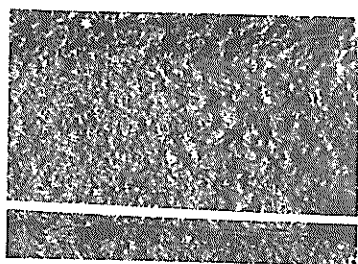


写真 2-6 塩釜港中埠頭銅矢板面 (2)

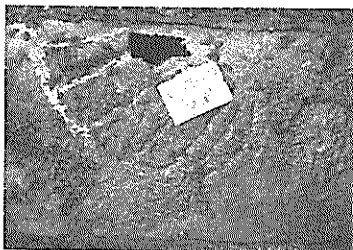
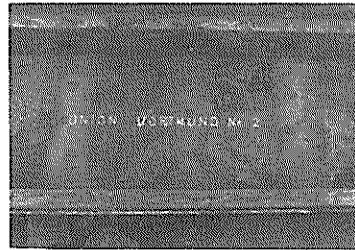
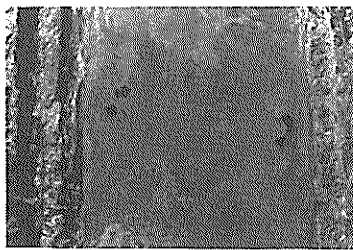
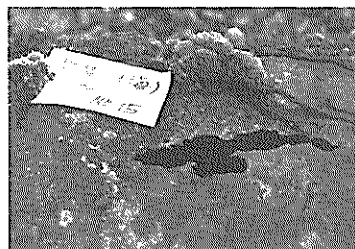
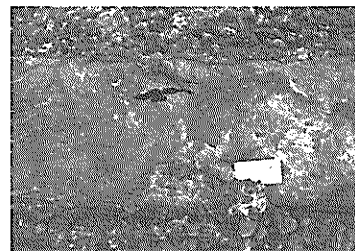
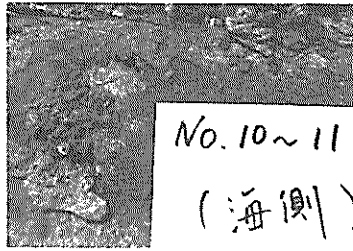
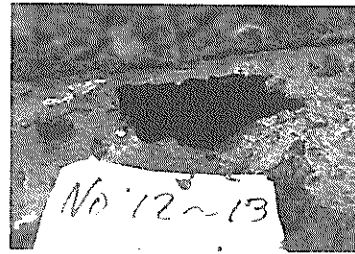
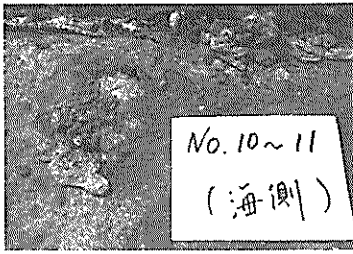


写真 2-7 塩釜港中埠頭銅矢板面 (3)

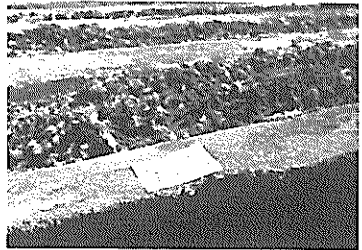
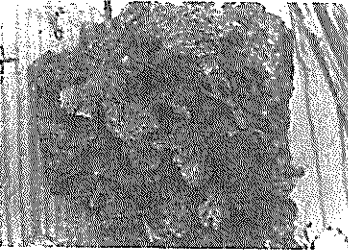
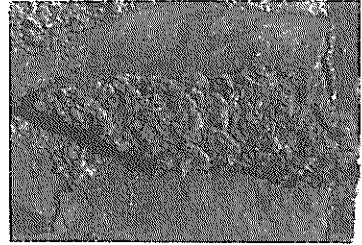
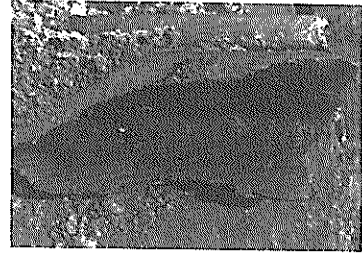
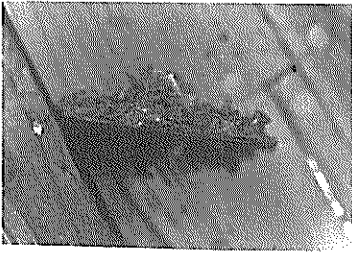
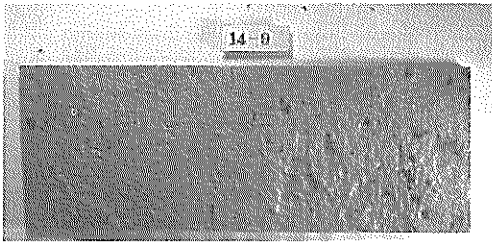
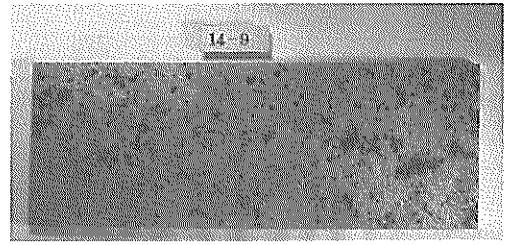


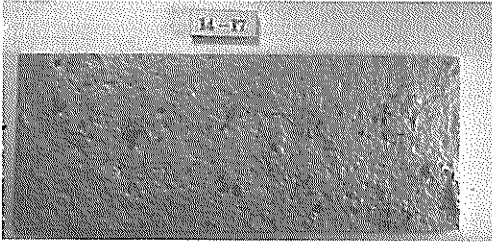
写真 2-8 塩釜港中埠頭付着物



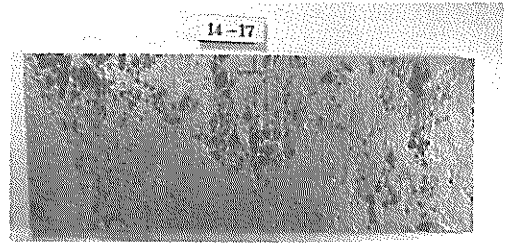
+1.04m (海側)



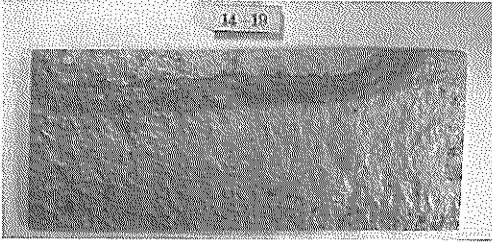
+1.04m (陸側)



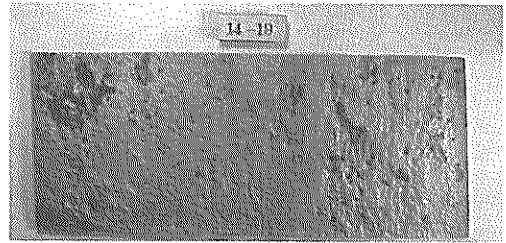
+0.51m (海側)



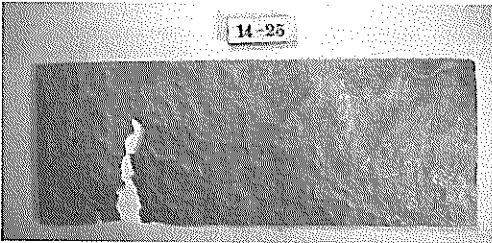
+0.51m (陸側)



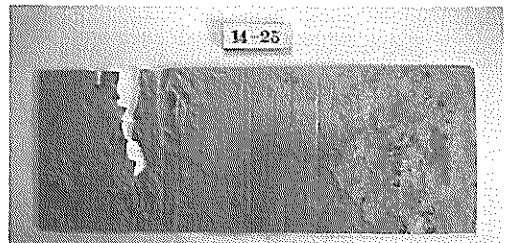
+0.25m (海側)



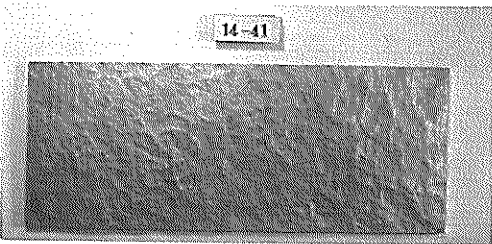
+0.25m (陸側)



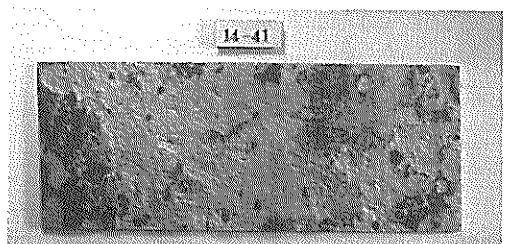
+0.01m (海側)



+0.01m (陸側)

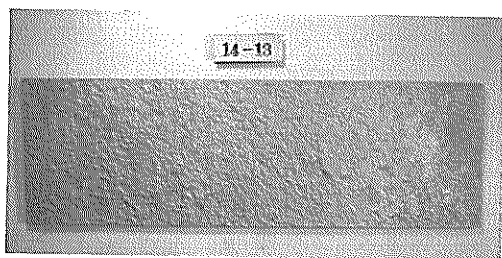


-1.01m (海側)

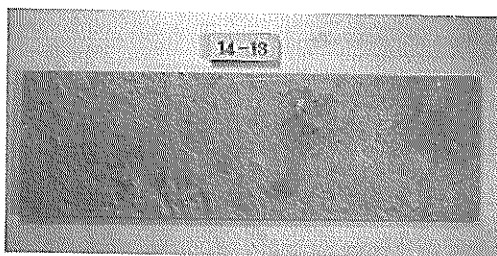


-1.01m (陸側)

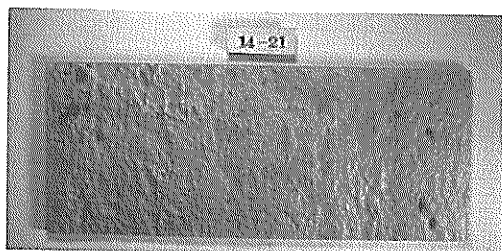
写真2-9 塩釜港における鋼矢板平端部(凸面, №14)



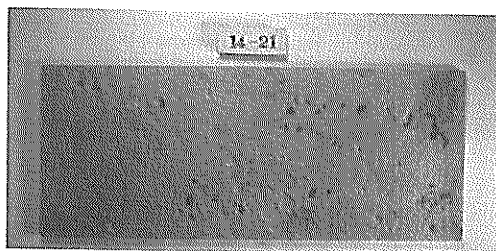
+ 1.04 m (海側)



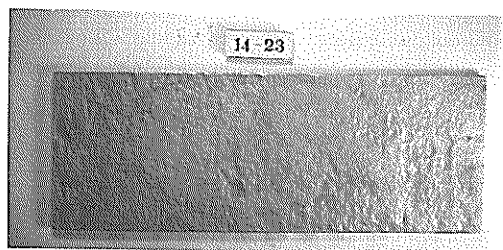
+ 1.04 m (陸側)



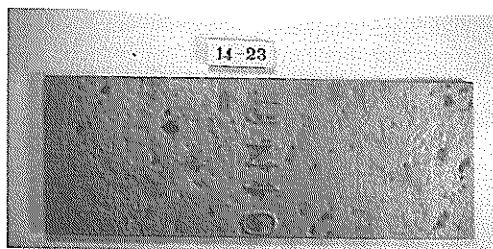
+ 0.51 m (海側)



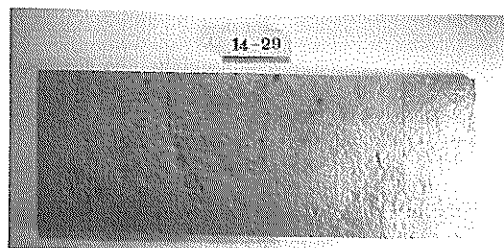
+ 0.51 m (陸側)



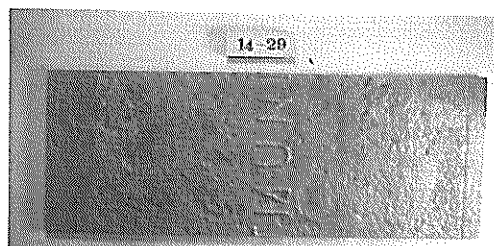
+ 0.25 m (海側)



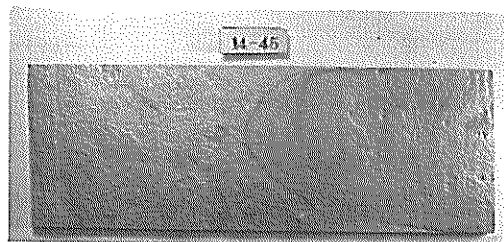
+ 0.25 m (陸側)



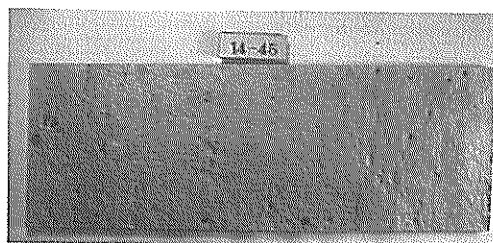
+ 0.01 m (海側)



+ 0.01 m (陸側)



- 1.01 m (海側)



- 1.01 m (陸側)

写真 2-10 塩釜港における鋼矢板平端部(凹面, 系 14)



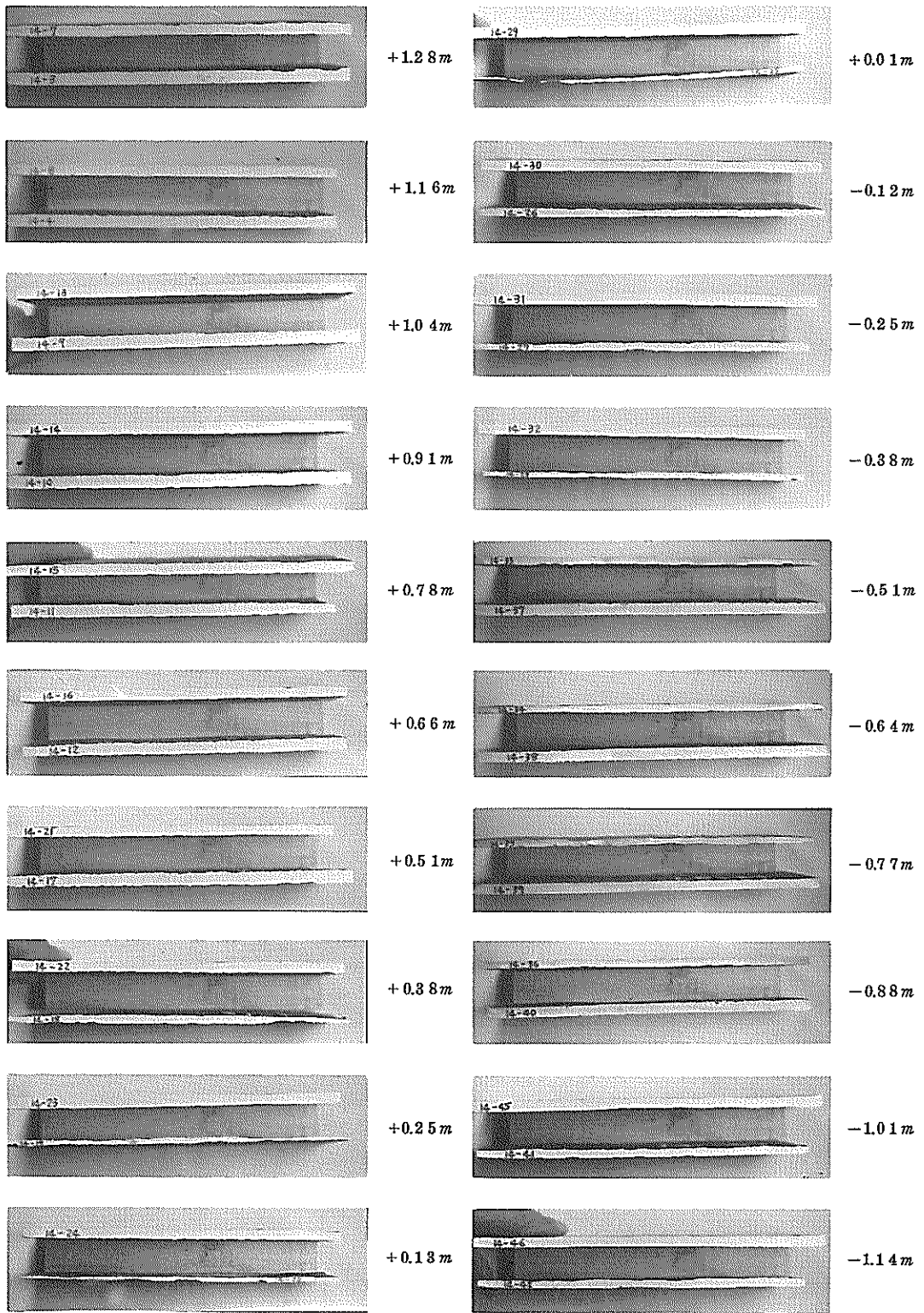


写真2-11 塩釜港における鋼矢板断面(1) (各深度の上側は凹面, 下側は凸面)

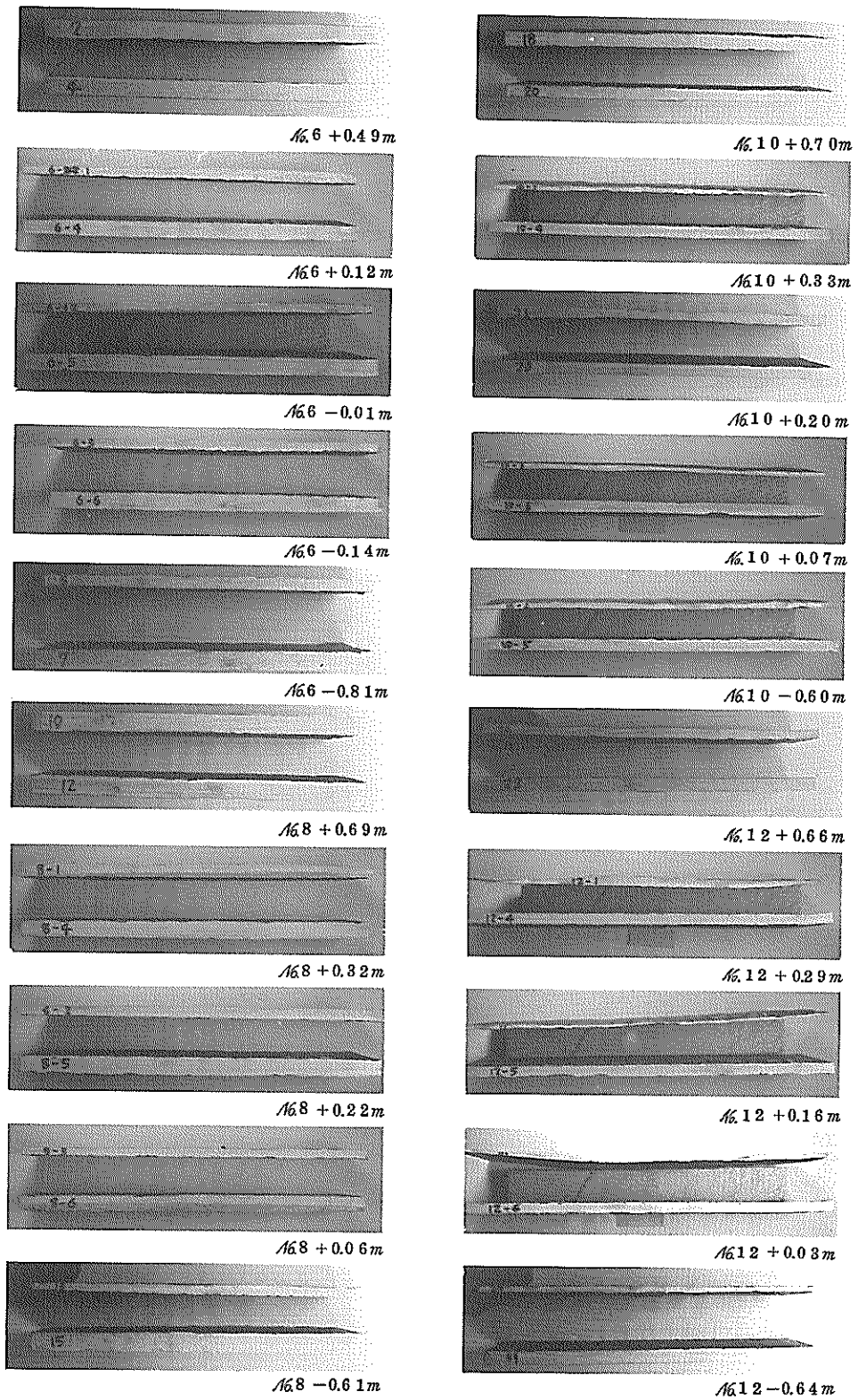
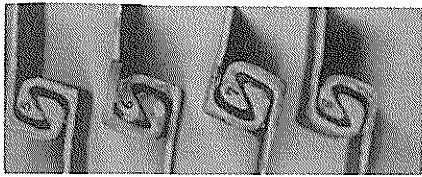
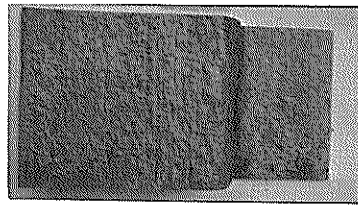


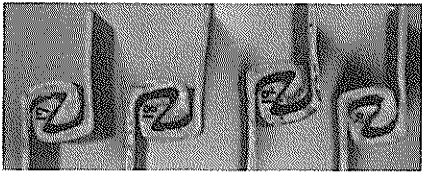
写真 2 - 12 塩釜港における銅矢板 (No. 14) の断面(2) (各深度の上側は凸面, 下側は凹面)



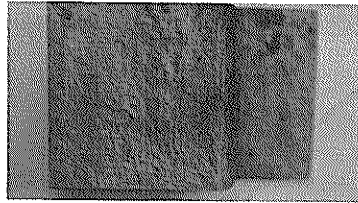
+1.54m    +1.41m    +1.28m    +1.16m



5  
(+1.54m)



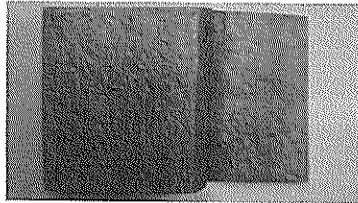
+1.04m    +0.91m    +0.78m    +0.66m



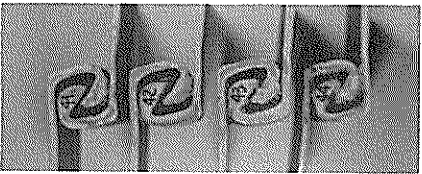
18  
(+0.91m)



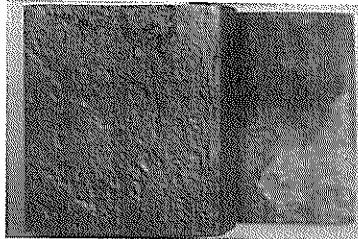
+0.51m    +0.38m    +0.25m    +0.13m



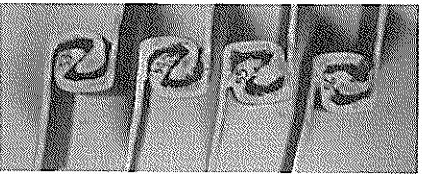
29  
(+0.51m)



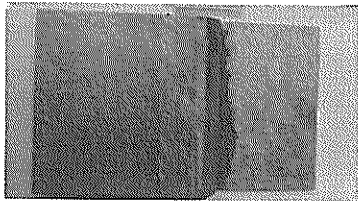
+0.01m    -0.12m    -0.25m    -0.38m



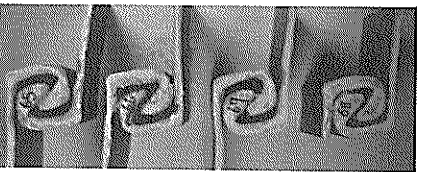
41  
(+0.01m)



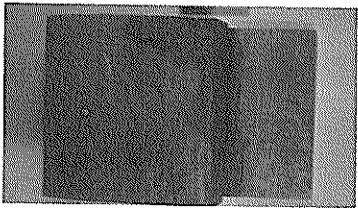
-0.51m    -0.64m    -0.77m    -0.88m



53  
(-0.51m)



-1.01m    -1.14m    -1.27m    -1.38m



65  
(-1.01m)

写真 2-13 塩釜港における鋼矢板爪部（ $\phi 14$  の凸、凹矢板の噛合部）

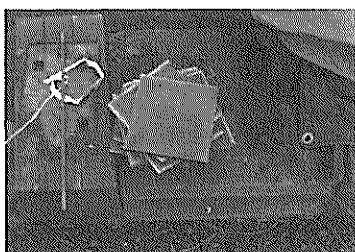
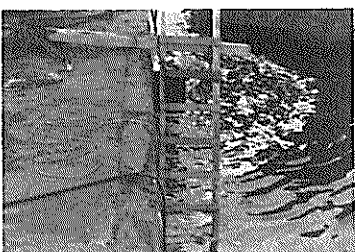
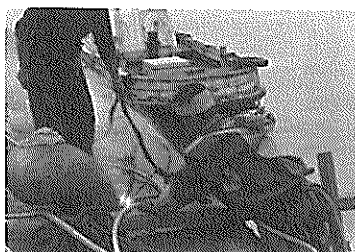
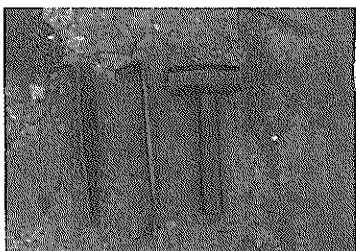
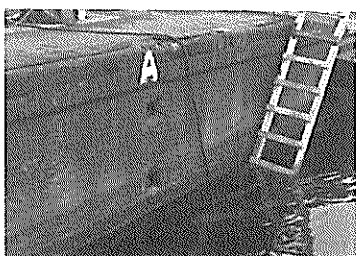
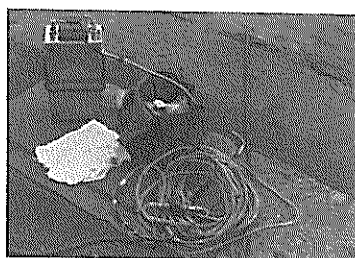


写真 3-1 伏木港左岸 3 号岸壁調査状況 (1)

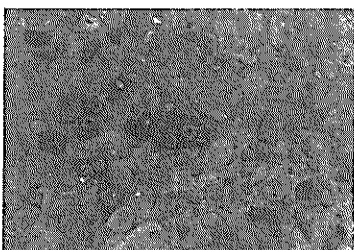
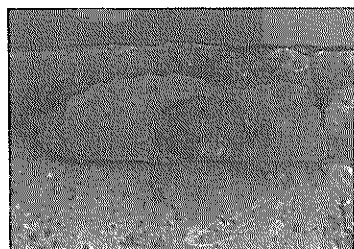
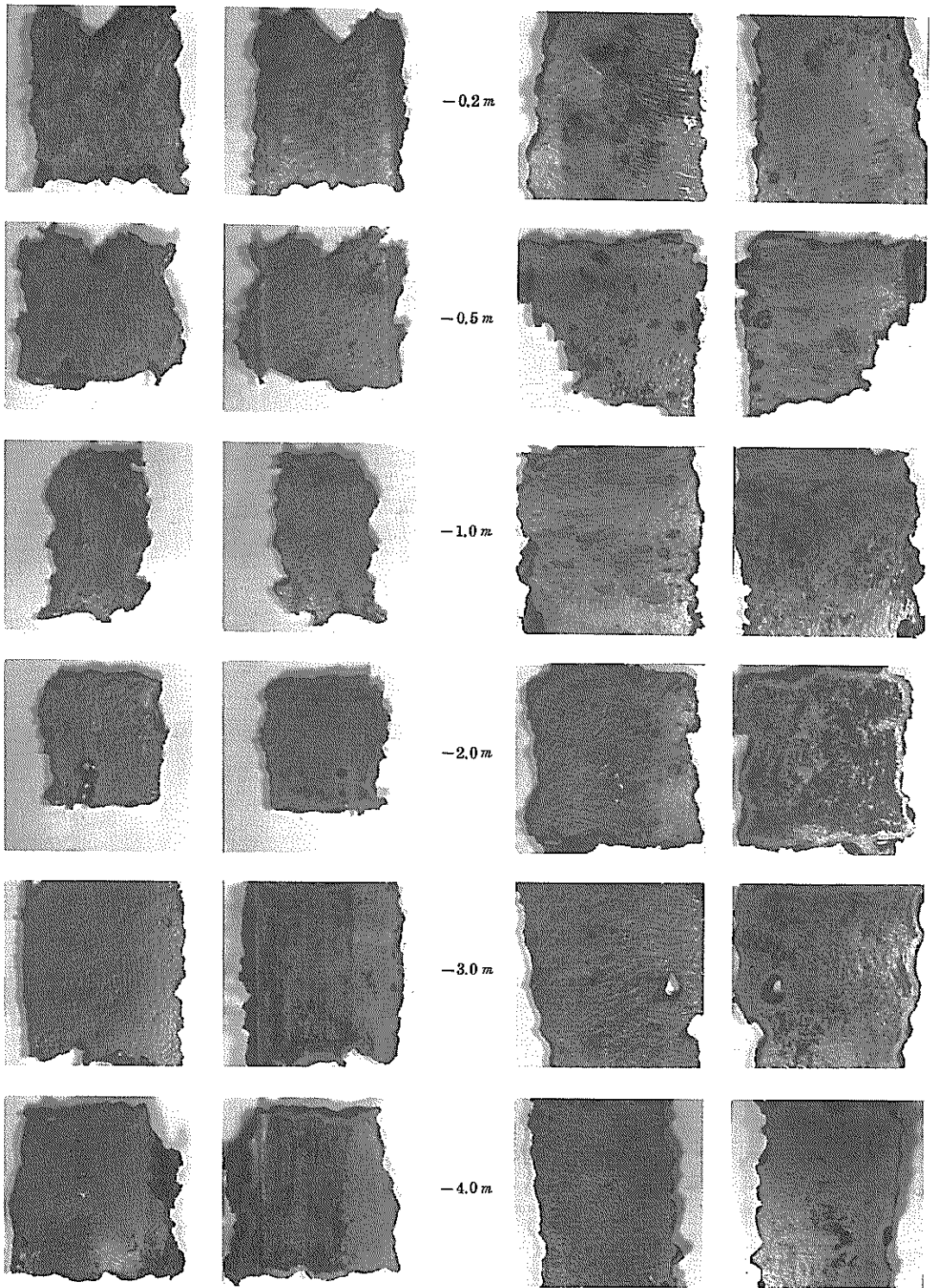


写真 3-2 伏木港左岸 3 号岸壁調査状況 (2)



凸面（海側）

凸面（陸側）

（凹面（陸側）

凹面（陸側）

写真 3-3 伏木港左岸 3 号岸壁における鋼矢板片の表面（脱錆後）

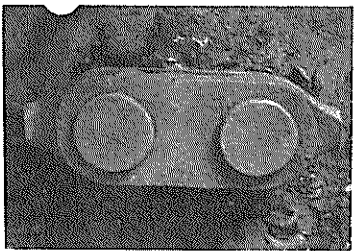
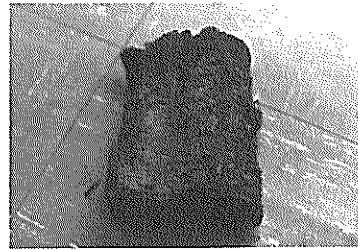
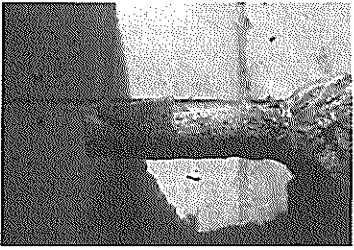
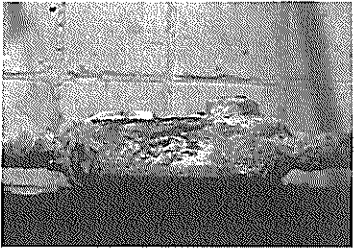
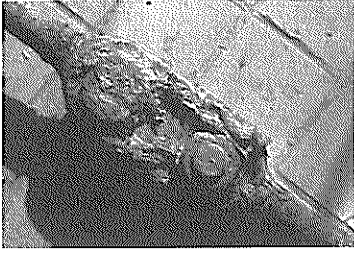


写真3-4 伏木港左岸3号岸壁タイロッド(脱錆前)

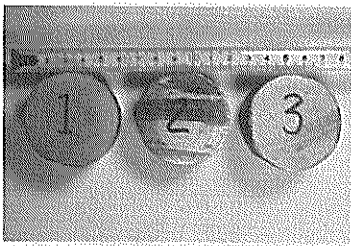
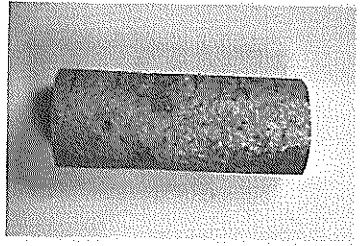
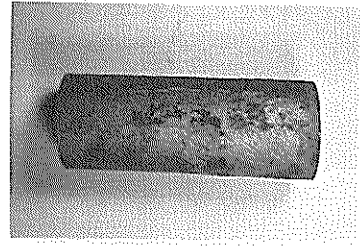
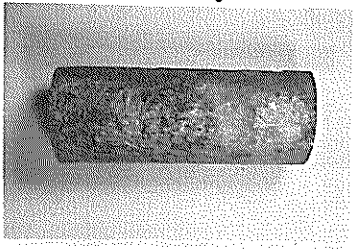
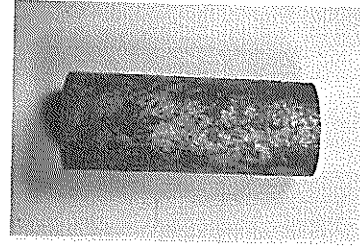


写真 3-5 伏木港左岸 3 号岸壁 タイロッド (脱錆後)



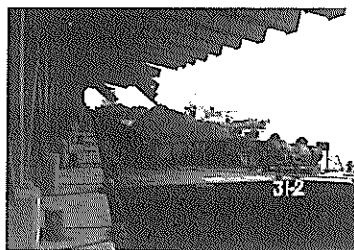
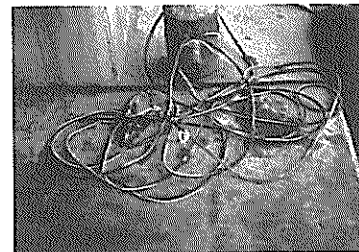
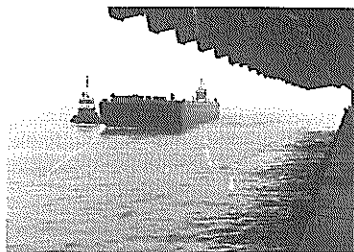
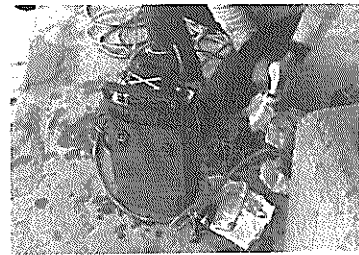
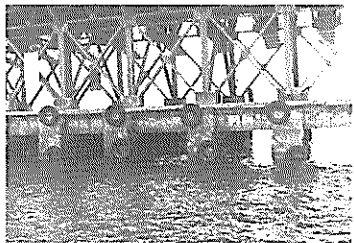
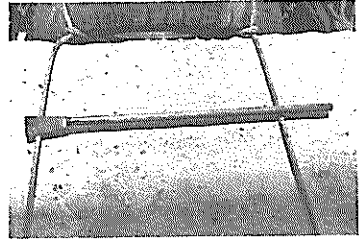
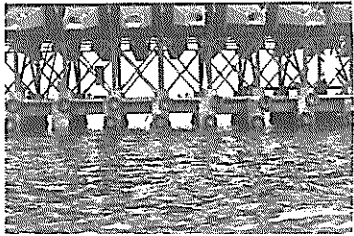
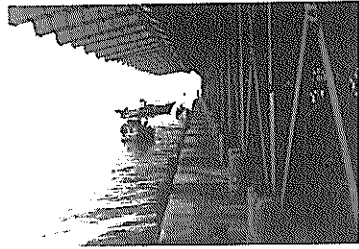
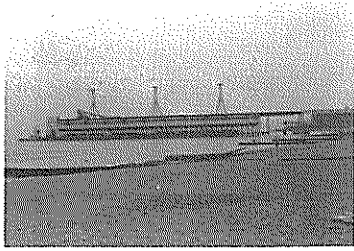


写真4-1 須磨船積棧橋の現況および調査状況

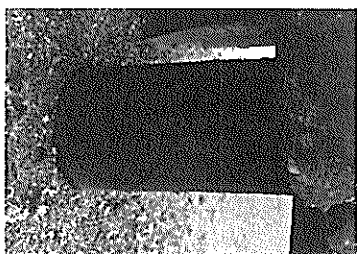
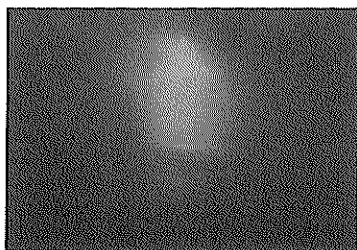
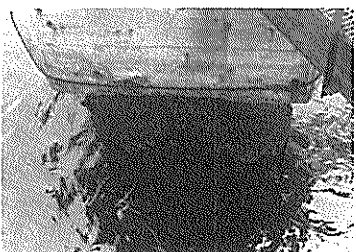
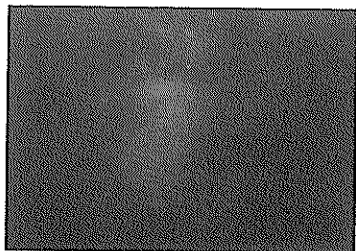
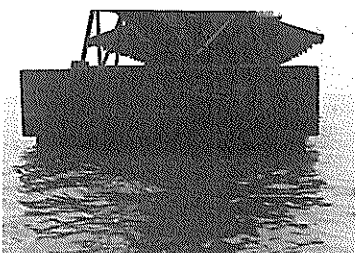
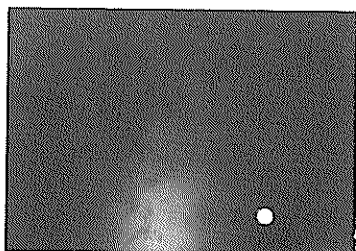
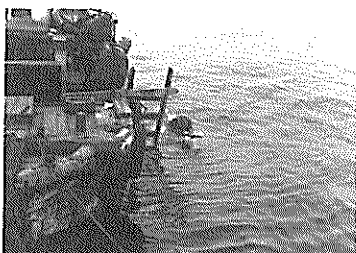
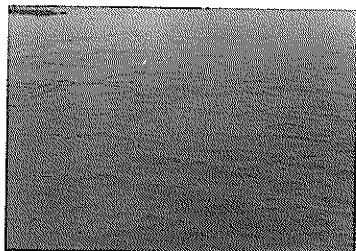


写真4-2 須磨船積枝橋の観察

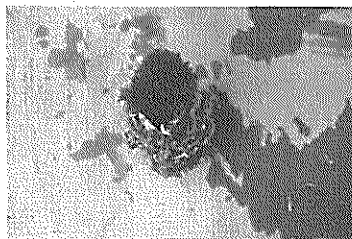
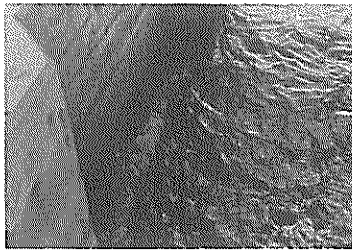
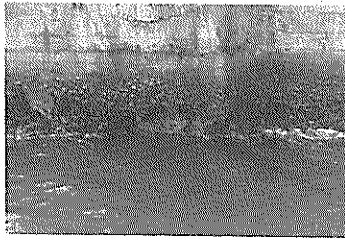


写真4-3 須磨船積棧橋の付着物

港 灣 技 研 資 料      No. 139

1 9 7 2 ・ 6

編集兼発行人      運輸省港湾技術研究所

発 行 所      運輸省港湾技術研究所  
                 横須賀市長瀬3丁目1番1号

印 刷 所      株式会社 東京プリント

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