

港湾技研資料

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

No. 111 Mar. 1971

港湾鋼構造物の腐食調査（第4報）

恵曇港および北湊港における腐食調査

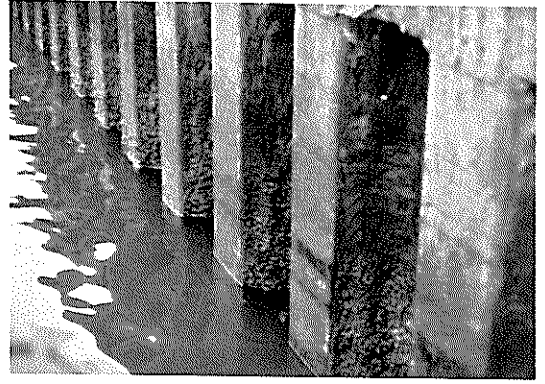
善 一 章
阿 部 正 美

運輸省港湾技術研究所





凸鋼矢板面の損傷状況
(恵曇港、35年経過、最干潮時)



海水面上鋼矢板面
(北湊港、34年経過)



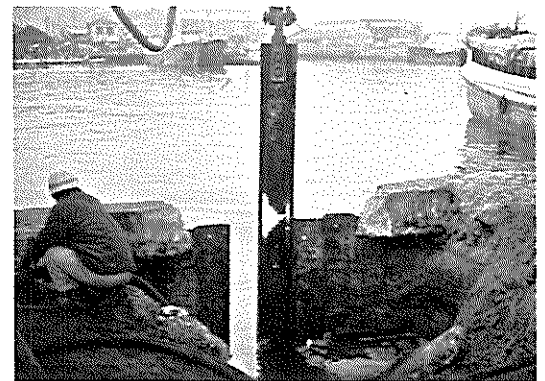
凸鋼矢板面の損傷状況
(恵曇港、35年経過)



凹鋼矢板の引き抜き
(北湊港、34年経過)



凸鋼矢板面の損傷状況
(恵曇港、35年経過、最満潮時)



凸鋼矢板の引き抜き
(北湊港、34年経過)
(平均干潮面直下付近は腐食が集中して
穴があいている。)

港湾鋼構造物の腐食調査（第4報）
恵曇港および北湊港における腐食調査

目 次

要 旨	3
1. ま え が き	3
2. 恵曇港における腐食調査（鋼矢板）	3
3. 北湊港における腐食調査（鋼矢板、タイロッド）	2 4
4. 考 察	5 0
5. あ と が き	5 6
参 考 文 献	5 7

Corrosion Survey of Steel Structures at Harbors (4th Report)

- Corrosion Survey of Steel Structures at Etomo and Kitaminato Harbors -

Kazuaki Zen*

Masami Abe**

Synopsis

We carried out the corrosion survey of No.2 quay wall at Etomo Harbor and -4.5 m quay wall at Kitaminato Harbor, and the following results were obtained:

Both corrosion rates of outward and inward sheet piles with respect to shore from H.W.L to mud zone were 0.05mm/yr or lesser, but only on convex face of outward sheet pile with respect to shore within the distance of about 30cm under the mean low water level, we observed more corrosive phenomenon and measured great corrosion rate, 0.5 to 1.0mm/yr.

It is assumed that the above corrosion tendency depends considerably on existence of tidal range, dimensions of the depth of water and presence of fresh water, and so on.

* Senior Research Engineer, Structures Division

** Member, Structures Division

港湾鋼構造物の腐食調査（第4報）

恵曇港および北湊港における腐食調査

善 一章*

阿部正美**

要 旨

恵曇港2号岸壁および北湊港-4.5m岸壁の腐食調査をして、次の結果を得た。
鋼矢板凸面の平均干潮面から下約30cmの範囲の腐食速度は0.5~1.0mm/yrである。これに対して、平均干潮面直上および平均干潮面下30cm付近から海泥中の凸面の腐食速度、平均干潮面直上から海泥中までの側面および凹面の腐食速度は何れも0.05mm/yrもしくはこれ以下である。

このように、凸面の平均干潮面直下に発生する集中腐食の傾向は、潮位差の有無、水深の大小、淡水の存在などに影響されると思われる。

1. ま え が き

港湾鋼構造物の腐食の実体を正確に把握するために港湾調査指針（案）による腐食調査を、昭和42年度より運輸省港湾建設局、北海道開発局などの協力を得て実施している。これまでの調査^{1)~3)}では腐食による損傷がほとんどないケースが多かった。これに対して、恵曇港2号岸壁および北湊港-4.5m岸壁では上部工の沈下現象が認められた。したがって、このように上部工の沈下現象が発生した鋼矢板構造物の腐食調査の実施希望を運輸省港湾技術研究所より研究協議会へ提出した。恵曇港2号岸壁の調査は昭和43年度の研究協議会で認められたので、運輸省第3港湾建設局と島根県土木部港湾課の協力を得て非破壊調査、環境調査および一部の鋼矢板の切り取りを昭和43年から昭和44年にかけて実施した。一方、北湊港-4.5m岸壁の調査は昭和44年度の研究協議会で承認されたので、運輸省第4港湾建設局と北九州港管理組合の協力を得て昭和44年に実施した。本報

は恵曇港2号岸壁（佐陀川護岸を含む）と北湊港-4.5m岸壁の腐食調査結果である。

2. 恵曇港における腐食調査（鋼矢板）

2・1 調査対象鋼構造物

調査対象鋼構造物は表2・1のように水深-2.7mの鋼矢板岸壁および水深-2.0mの佐陀川護岸である。図2・1に恵曇港の位置図を、図2・2に調査構造物を、図2・3に2号岸壁の断面図を、図2・4に調査護岸の断面図を示す。

2号岸壁および佐陀川護岸に使用されている鋼矢板はテルルージュⅡ型（TR-Ⅱ）で、図2・5のように3箇所の肉厚がカタログに記載されている。図2・1、図2・2に示す佐陀川は松江藩当時にかんがい用水と物資運搬用水路として作られたもので、これの水源は図2・1に示すように宍道湖である。なお、参考として当時の施工状況の1例を図2・6~図2・8に示す。

表2・1 恵曇港における調査鋼構造物

施設名	水深(m)	鋼矢板タイプ	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
			* t ₁	* t ₂	* t ₃						
2号岸壁	-2.7	TR-Ⅱ	10	9	6	166.3	S.8	35	なし	35	S.43・8
佐陀川護岸	-2.0	TR-Ⅱ	10	9	6		S.8	35	なし	35	S.45・4

* 図2・5 参照

* 構造部 主任研究官

** 構造部

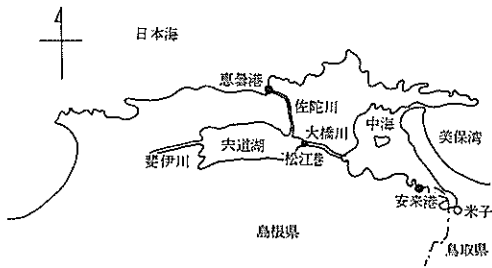


図2・1 恵曇港位置図

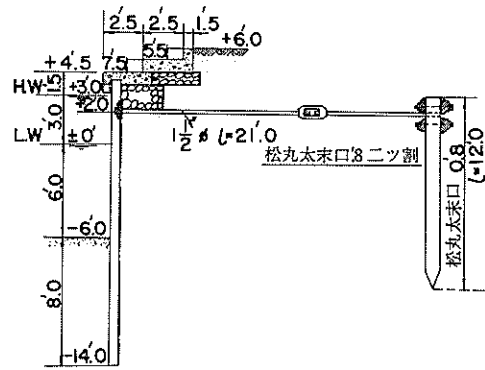


図2・4 佐陀川護岸の断面図

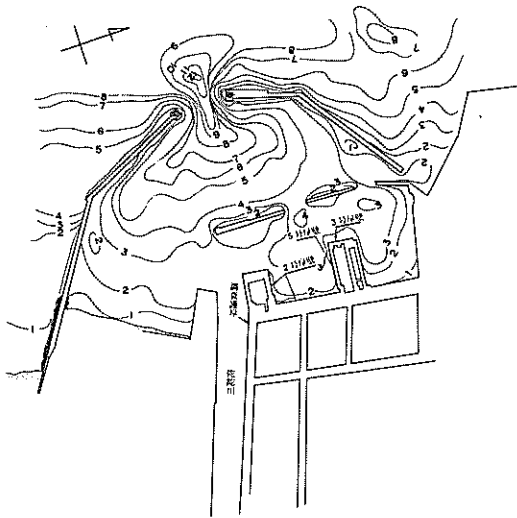


図2・2 調査鋼構造物の位置図

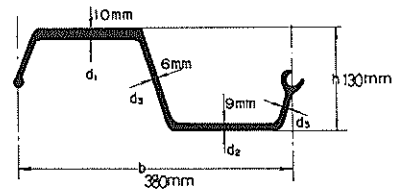


図2・5 テル・ルーシュII型鋼矢板

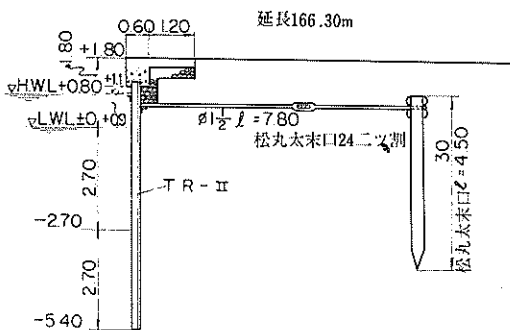


図2・3 恵曇港2号岸壁断面図



図2・6 プリストマン式浚渫機出雲号による埋立作業

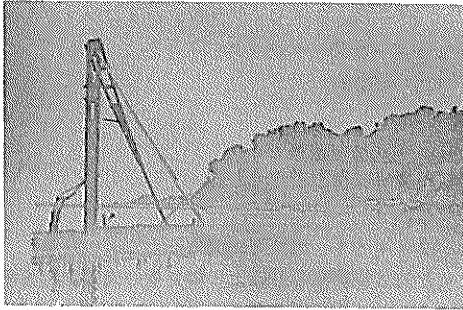


図 2・7 恵曇港 2号岸壁鋼矢板の
打込み作業

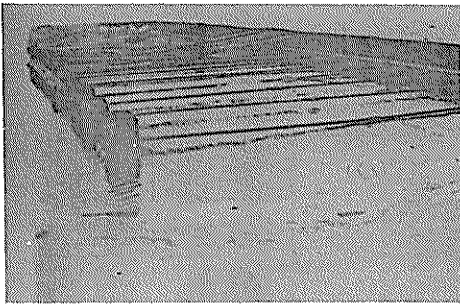


図 2・8 恵曇港 2号岸壁における
タイロッド

2・2 調査年月日

調査は昭和 43 年 8 月 5 日～8 月 7 日，昭和 44 年 10 月 6 日～10 月 8 日，昭和 45 年 2 月 12 日～2 月 13 日，昭和 45 年 4 月末にそれぞれ行なわれた。調査の日程は次の通りである。

昭和 43 年 8 月 5 日

①調査についての打合せ

調査関係機関は次の通りである。

島根県土木部港湾課

運輸省第 3 港湾建設局・神戸調査設計事務所

運輸省第 3 港湾建設局・境港工事事務所

運輸省港湾技術研究所

②現場視察

③使用機器の調整

④肉厚測定 (2号岸壁)

№8 (+0.70, +0.25, -0.15 m)

№9 (+0.70, +0.42, +0.25, -0.15, -0.65 m)

№10 (+0.70, +0.25, -0.15 m)

№11 (+0.70, +0.42, +0.25, -0.15, -0.65 m)

№12 (+0.70, +0.42, +0.25, -0.15, -0.65 m)

№13 (+0.70, +0.42, +0.25, -0.15, -0.65 m)

№14 (+0.70, +0.42, +0.25, -0.15, -0.65 m)

⑤付着物採取

昭和 43 年 8 月 6 日

①肉厚測定 (2号岸壁)

№1 (+0.70, +0.25, -0.15, -0.65, -1.15, -1.65 m)

№2 (+0.70, +0.25, -0.15, -0.65, -1.15 m)

№3 (+0.70, +0.25, -0.15, -0.65, -1.15, -1.65 m)

№4 (+0.70, +0.25, -0.15, -0.65, -1.15, -1.65 m)

№5 (+0.70, +0.25, -0.15 m)

№6 (+0.70, +0.25, -0.15 m)

№7 (+0.70, +0.25, -0.15 m)

№8 (+0.70, +0.25, -0.15 m)

№10 (+0.70, +0.25, -0.15 m)

②採水

③鋼矢板のタイプ確認

④電位測定

昭和 43 年 8 月 7 日

①調査鋼構造物に関する資料収集

②写真撮影

③機器の梱包および発送

昭和 44 年 10 月 6 日～8 日

①採水

②過去の水質試験結果の収集

③観察 (恵曇港, 松江港)

④調査鋼構造物に関する資料収集

昭和 45 年 2 月 12 日～13 日

①採水

②過去の水質試験結果の収集

昭和 45 年 4 月末

①鋼矢板片の切り取り

なお，肉眼観察および写真撮影は肉厚測定と平行して行なった。また，現地作業のうち海水面下鋼矢板面の観

察，付着物の除去および採取，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運輸省第3港湾建設局・境港工事事務所の職員が行ない，海面上鋼矢板面の観察，超音波式厚み計本体による肉厚測定操作などの海面上の作業は運輸省第3港湾建設局・神戸調査設計事務所職員の協力を得て運輸省港湾技術研究所の職員が行なった。

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，探触子，高周波ケーブルなど）
- (2) 基準肉厚鋼板（材質：SY-II）
- (3) ハンマおよびスクレーパ 2本宛
- (4) 探水器（北原式）および貯水瓶
- (5) カメラおよびフィルム
- (6) 記録用紙および筆記用具
- (7) ロープおよび紐

- (8) 折尺
- (9) レッド
- (10) ドライバ，ビニール・テープ，ニッパ，半田鎧，ペーパー，ワイヤ・ブラシ，シリコン・グリス，ビニール袋，マジック・インク
- (11) その他

2・4 調査箇所

調査箇所は次の通りである。

2・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は現地打合せの結果，図2・9に示すようにNo.1～No.14の計14地点を設定した。図2・10，図2・11に測定地点の模様を示す。また，各地点における深度方向の測定点は図2・12の通りであり，各深度における断面方向の測定点は図2・13の通りである。

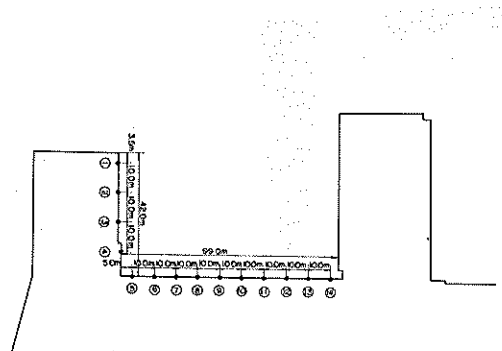


図2・9 恵曇港2号岸壁肉厚測定地点

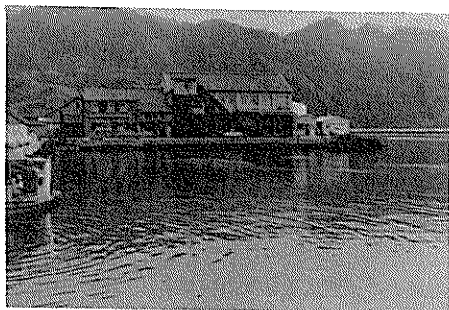


図2・10 測定地点No.1(右)～No.4(左)

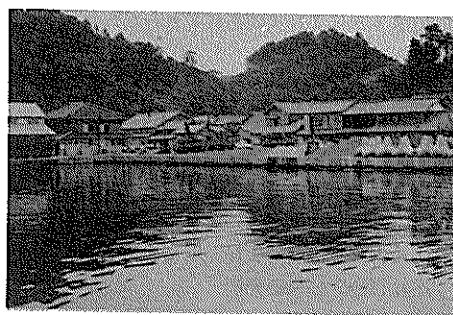


図2・11 測定地点No.5(右)～No.14(左)

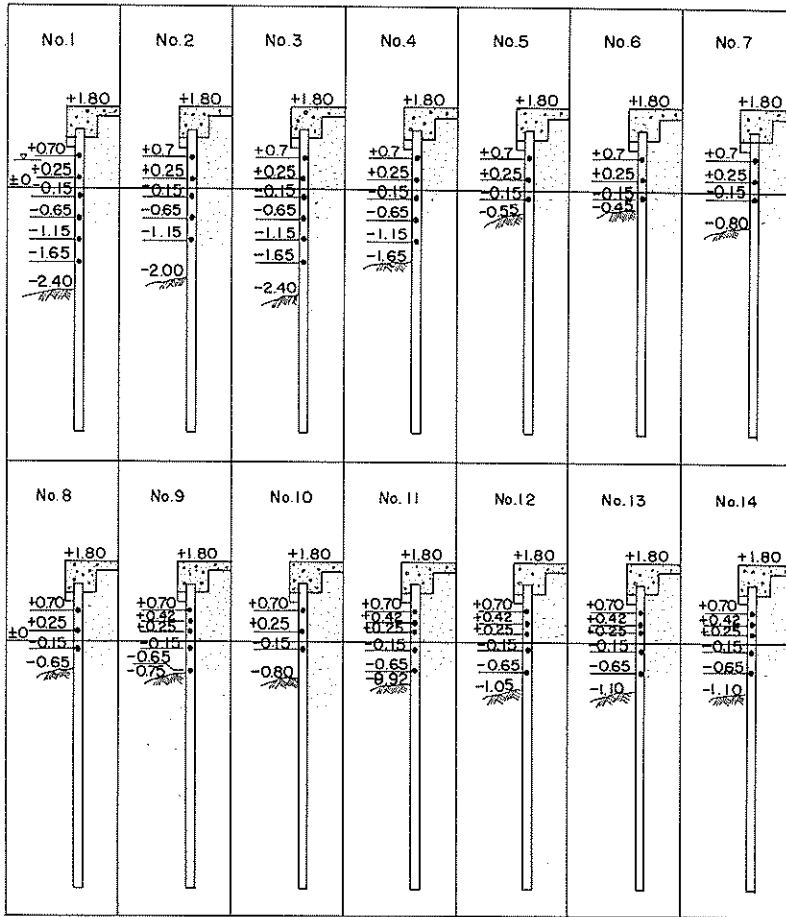


図2・12 恵曇港2号岸壁肉厚測定点(深度方向)

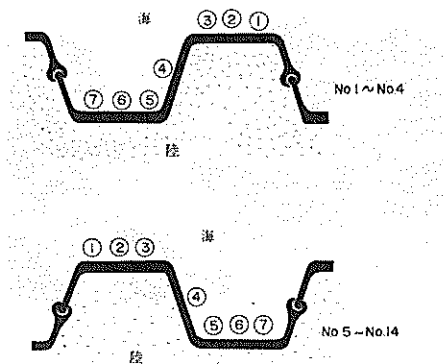


図2・13 恵曇港2号岸壁肉厚測定点(断面方向)

2・4・2 鋼矢板片の切り取り箇所
鋼矢板片の切り取りは図2・2に示す佐陀川の護岸鋼矢板について、海水面上の凸部2枚、凹部1枚を切り取った。

2・4・3 採水箇所
採水は図2・14に示す箇所で行なった。

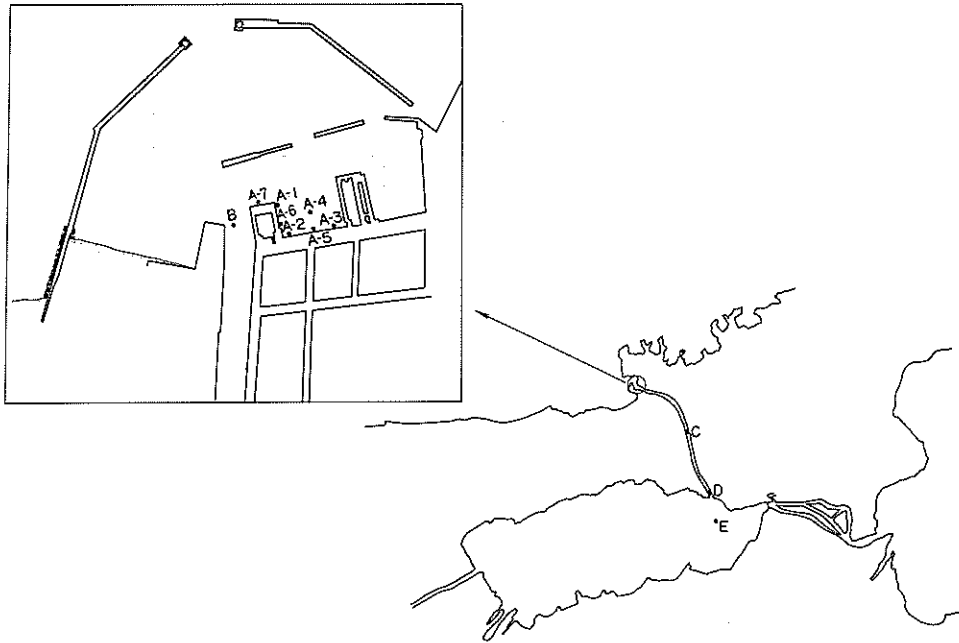


図2・14 恵曇港における採水地点

2・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、観察を行ない、破壊調査としては切り取り鋼矢板片について肉厚測定および腐食速度の算出、観察、材質試験を行なった。環境調査としては採水した試水の水质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。

2・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が、まず測定点の付着物を5cm×5cm程度の面積について除去する。次に、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鋼材面の研摩、pp. 32～33）の方法によって行なった。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、pp. 6～7）の方法によった。なお、海水中の測定に

は水中測定用探触子を、海面上の測定には陸上用探触子を使用した。

以上の方法に基本的には準拠しているが、現地における測定は各現場の状況に則応して行なわれるため以下に現地における肉厚測定状況を記す。

測定に際しては、まず測定地点付近に図2-15のように潜水夫の船を横付けにする。潜水に先立って潜水夫には測定地点の被測定鋼矢板を指示し、鋼矢板前面に図2-

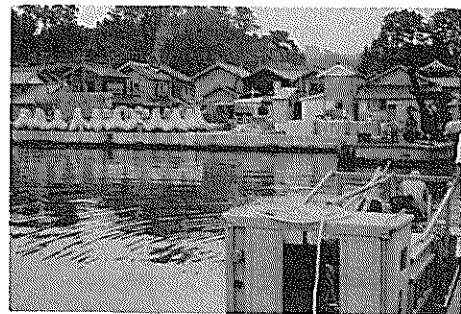


図2・15 潜水夫の船を測定地点付近へ横付けにする。

16のようにレッドを下げて測定深度を示す。潜水夫は図2・13に示す①～⑦が含まれるように所定の深度の付着物を上下方向7cm巾の带状に除去した。

深度が-0.15mにおける付着物除去の様子を図2・17に示す。±0m以下では潜水夫が上から順次付着物を除去して行った。このときの陸上係員と潜水夫との連絡は潜水夫の腰に結び付けられた紐を介して行なわれた。これに対して、±0m以上の付着物除去は船上より係員が行なった。図2・18に带状に付着物を除去した海水面上の鋼矢板面を示す。

1測定地点における各深度の付着物除去が終了したら、次に超音波式探傷厚み計による肉厚測定を行なった。

付着物除去が行なわれている間に陸上では図2・19に示すように超音波式探傷厚み計を調整しておき、付着物の除去が終了したら厚み計の探触子を下げて潜水夫に渡す。潜水夫は右手に探触子を持ち左手は鋼矢板の爪付近を掴まえて潜水服に供給される空気量を加減しながら自分の身体を所定の深度に保ち、探触子を各深度毎に①～⑦の順序で吸着させて行った。測定は上から順次行なったが、測定値に不審な点があるときは一番下の深度の測定が終了して浮上してきた潜水夫にその旨伝えて不審な箇所の測定を繰り返した。このようにして海水面下の測定が終了したら、次に係員が船上から陸上用探触子を海水面上の測定点へ押しあてて肉厚を測定した。このとき陸上用探触子面にはグリースを付けて鋼矢板面へ押しあてた。図2・20にグリースの付いた測定後の鋼矢板面を示す。なお、陸上用探触子と本体間を結ぶ高周波ケーブルの長さは2mであるため、厚み計本体も船上に設置して肉厚を測定した。このため、超音波式探傷厚み計の電源としては本体に内蔵してあるバッテリーを使用した。(なお、この調査後に本体と探触子のケーブルの長さを40mに長くした。)



図2・17 付着物除去(-0.15m)



図2・18 付着物を除去した海面上鋼矢板面

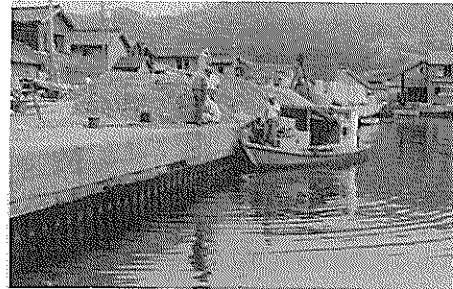


図2・19 海水面下付着物除去の間に厚み計の調整をしておく

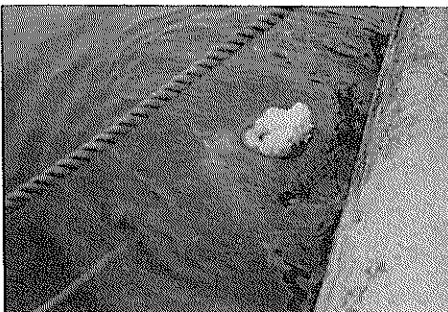


図2・16 レッドにより測定深度を潜水夫へ知らせる



図2・20 超音波式探傷厚み計の陸上用探傷触子による測定跡

2.5.2 切り取り鋼矢板片の肉厚測定

天端から約40cmの長さに切り取ら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, pp. 41), 成型は4-9-3(成型, pp. 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, pp. 42)の方法で行なった。

2.5.3 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, pp. 43)の方法によった。

2.5.4 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, pp. 33~34)の方法によった。

2.5.5 付着物の採取

付着物の採取は第1報、4-5(付着物の採取, pp. 33)によった。

2.5.6 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, pp. 45~46)の方法によった。

2.5.7 水質試験

水質試験は第1報、4-13(水質試験, pp. 43~45)の方法によったが、その他全硫黄およびSO₄²⁻についても港湾調査指針(案)に準拠した。

2.6 調査結果

2.6.1 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で測定した結果は表2.2、表2.3の通りである。表2.2、表2.3で穴とあるのは丁度その個所に腐食による穴のあることを示し、空白のところは都合により測定しなかったところである。2号岸壁は図2.3に示す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肉厚が利用できない。したがって、ここでは設計図通り図2.5に示すカタログ厚みを初期肉厚として表2.2、表2.3の値より肉厚減少量および腐食速度(経過期間3.5年)を算出すると表2.4、表2.5のようになる。表2.4、表2.5より測定地点6.1~6.14の平均値を深度毎に算出してみると表2.6

のようになる。

表2.2 恵曇港における鋼矢板肉厚測定値(1)

超音波式探傷厚み計による

測定地点	深 度 (m)	凸 面			側 面		凹 面	
		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
1	+0.70	8.0	8.6	8.0	6.8	10.0	10.0	10.4
	+0.25	8.3		8.0	6.6			8.7
	-0.15	9.2		9.0		10.5		10.0
	-0.65	9.4		9.4		9.8		8.1
	-1.15	9.1		8.5				10.0
	-1.65	9.6		9.3	6.5		9.4	9.4
2	+0.70	9.0	9.2	8.7	6.4	9.0	10.5	10.0
	+0.25	穴		穴	6.2	10.2		9.5
	-0.15	7.6		8.0	6.4			
	-0.65	8.2		8.5		9.6		
	-1.15	8.5		7.9		10.2		10.3
3	+0.70	8.0	8.6	8.0	6.8	8.2	9.4	9.4
	+0.25	穴		穴		8.2	9.3	9.4
	-0.15	8.0		7.4	5.8	9.3		9.5
	-0.65	7.4		7.3	6.4	8.1		8.8
	-1.15	8.7		8.7		9.6		9.6
	-1.65	8.1		8.1	5.5	8.6		9.0
4	+0.70	8.3	8.3	7.3	6.5	9.0	8.7	7.6
	+0.25	穴		穴	7.2	8.6		7.8
	-0.15	8.4		9.3	4.9	8.7		7.1
	-0.65	8.0		8.3	6.8			9.2
	-1.15	7.5		7.6	5.8	8.8		7.2

表2.3 恵曇漁港における鋼矢板肉厚測定値(2)

超音波式探傷厚み計による

測定地点	深 度 (m)	凸 面			側 面		凹 面	
		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
5	+0.70	8.4	8.8	7.0	7.0	9.8	10.0	8.0
	+0.25	穴		穴	6.3	7.8		9.0
	-0.15	6.7		6.4	5.6	8.5		8.6
6	+0.70	9.2	9.6	9.0	5.8	8.8	8.4	5.0
	+0.25	4.5		9.3	5.3	9.0		8.9
	-0.15	6.6		7.8	5.1	7.3		8.8
7	+0.70	9.0	9.0	8.5	6.5	9.2	9.0	9.0
	+0.25	5.5		7.7	6.3	7.2		7.3
	-0.15	7.2		7.5	5.4	7.9		8.8
8	+0.70	7.6	8.0	7.8	6.8	8.2	8.5	8.0
	+0.25	穴		穴	6.1	8.4		8.9
	-0.15	6.8		8.4	7.5	8.0		8.6
9	+0.70					7.8	7.0	8.0
	+0.42	7.3	7.4	8.0	7.4	6.6	7.0	6.8
	+0.25	5.7		8.0	6.5	9.2		8.9
	-0.15	6.5		8.5	6.1	8.8		8.8
10	+0.70	7.6		9.1	6.3	7.9		8.2
	+0.42	7.3	7.4	8.0	7.4	6.6	7.0	6.8
	+0.25	5.7		8.0	6.5	9.2		8.9
	-0.15	6.5		8.5	6.1	8.8		8.8
11	+0.70	9.0	9.5	9.2	6.5	9.0	9.2	9.0
	+0.42	8.0	7.1	7.3	7.0	7.4	7.5	6.5
	+0.25	穴	穴	穴	5.5	7.2		9.2
	-0.15	9.1		8.6	6.4	8.7		7.7
12	+0.70	8.2	7.5	7.0	6.4	6.5	6.2	8.5
	+0.42	8.0	7.1	7.3	7.0	7.4	7.5	6.5
	+0.25	穴	穴	穴	5.5	7.2		9.2
	-0.15	9.1		8.6	6.4	8.7		7.7
13	+0.70	7.6	8.4	7.4	6.2	7.0	6.8	7.2
	+0.42	8.5	7.4	8.0	6.5	7.9	8.7	6.0
	+0.25							
	-0.15	8.7		7.0	6.1	8.6		8.8
14	+0.70	8.4	8.5	5.0	8.3			8.1
	+0.42	8.4		8.5	5.0	8.3		8.1
	+0.70	7.6	8.4	7.4	6.2	7.0	6.8	7.2
	+0.42	8.5	7.4	8.0	6.5	7.9	8.7	6.0
15	+0.25							
	-0.15	8.4		8.8	7.0	8.6		8.6
	-0.65	8.4		9.0	5.5	8.9		8.4

表・2・4 惠曇漁港における鋼矢板の腐食量(1)

超音波式探傷厚み計による*

測定地点	深 度 (m)	凸 面				側 面				凹 面			
		T ₀ (mm)	T ₁ (mm)	T ₁ -T ₀ (mm)	C (mm/yr)	T ₀ (mm)	T ₁ (mm)	T ₁ -T ₀ (mm)	C (mm/yr)	T ₀ (mm)	T ₁ (mm)	T ₁ -T ₀ (mm)	C (mm/yr)
1	+0.70	9.0	8.2	0.8	0.02	6.0	6.8	0	0	10.0	10.1	0	0
	+0.25	9.0	8.2	0.8	0.02	6.0	6.6	0	0	10.0	9.2	0	0
	-0.15	9.0	9.1	0	0	6.0				10.0	10.3	0	0
	-0.65	9.0	9.4	0	0	6.0				10.0	9.0	1.0	0.03
	-1.15	9.0	8.8	0.2	0.01	6.0				10.0	10.0	0	0
	-1.65	9.0	9.5	0	0	6.0	6.5	0	0	10.0	9.4	0.6	0.02
2	+0.70	9.0	9.0	0	0	6.0	6.4	0	0	10.0	9.5	0.5	0.02
	+0.25	9.0	0	9.0	>0.26	6.0	6.2	0	0	10.0	9.8	0.2	0.01
	-0.15	9.0	7.8	1.2	0.03	6.0	6.4	0	0	10.0	8.4	1.6	0.05
	-0.65	9.0	8.4	0.6	0.02	6.0				10.0	9.6	0.4	0.01
	-1.15	9.0	8.2	0.8	0.02	6.0				10.0	10.2	0	0
	-1.65	9.0	8.2	0.8	0.02	6.0				10.0	10.2	0	0
3	+0.70	9.0	8.2	0.8	0.01	6.0	6.8	0	0	10.0	9.0	1.0	0.03
	+0.25	9.0	0	9.0	>0.26	6.0				10.0	9.0	1.0	0.03
	-0.15	9.0	7.7	1.2	0.03	6.0	5.8	0.2	0.01	10.0	9.4	0.6	0.02
	-0.65	9.0	7.4	1.6	0.05	6.0	6.4	0	0	10.0	7.6	2.4	0.07
	-1.15	9.0	8.7	0.3	0.01	6.0				10.0	9.6	0.4	0.01
	-1.65	9.0	8.1	0.9	0.03	6.0	5.5	0.5	0.02	10.0	8.8	1.2	0.03
4	+0.70	9.0	8.0	1.0	0.02	6.0	6.5	0	0	10.0	8.4	1.6	0.05
	+0.25	9.0	0	9.0	>0.26	6.0	7.2	0	0	10.0	8.2	1.8	0.05
	-0.15	9.0	8.9	0.1	0.003	6.0	4.9	1.1	0.03	10.0	7.9	2.1	0.06
	-0.65	9.0	8.2	0.8	0.02	6.0	6.8	0	0	10.0	9.2	0.8	0.02
	-1.15	9.0	7.6	1.4	0.04	6.0	5.8	0.2	0.01	10.0	8.0	2.0	0.06
	-1.65	9.0	7.6	1.4	0.04	6.0	5.8	0.2	0.01	10.0	8.0	2.0	0.06

* +0.70mは陸上用
+0.25m以下は水中用

表・2・5 惠曇港における鋼矢板肉厚測定値(2)

超音波式探傷厚み計による*

測定地点	深 度 (m)	凸 面				側 面				凹 面			
		T ₀ (mm)	T ₁ (mm)	T ₁ -T ₀ (mm)	C (mm/yr)	T ₀ (mm)	T ₁ (mm)	T ₁ -T ₀ (mm)	C (mm/yr)	T ₀ (mm)	T ₁ (mm)	T ₁ -T ₀ (mm)	C (mm/yr)
5	+0.70	10.0	8.1	1.9	0.05	6.0	7.0	0	0	9.0	9.0	0	0
	+0.25	10.0	0	10.0	>0.29	6.0	6.3	0	0	9.0	8.4	0.6	0.02
	-0.15	10.0	6.6	3.4	0.10	6.0	5.6	0.4	0.01	9.0	8.6	0.4	0.01
6	+0.70	10.0	9.3	0.7	0.02	6.0	5.8	0.2	0.01	9.0	8.7	0.3	0.01
	+0.25	10.0	6.9	3.1	0.09	6.0	5.3	0.7	0.02	9.0	9.0	0	0
	-0.15	10.0	7.2	2.8	0.08	6.0	5.1	0.9	0.03	9.0	8.1	0.9	0.03
7	+0.70	10.0	8.8	1.2	0.03	6.0	6.5	0	0	9.0	9.0	0	0
	+0.25	10.0	6.6	3.4	0.10	6.0	6.3	0	0	9.0	7.3	1.7	0.05
	-0.15	10.0	7.4	2.6	0.07	6.0	5.4	0.6	0.02	9.0	8.4	0.6	0.02
8	+0.70	10.0	7.8	2.2	0.06	6.0	6.8	0	0	9.0	8.2	0.8	0.02
	+0.25	10.0	0	10.0	>0.29	6.0	6.1	0	0	9.0	9.2	0	0
	-0.15	10.0	7.6	2.4	0.07	6.0	7.5	0	0	9.0	8.3	0.7	0.02
9	+0.70	10.0	7.6	2.4	0.07	6.0	7.4	0	0	9.0	7.6	1.4	0.04
	+0.42	10.0	6.9	3.1	0.09	6.0	6.5	0	0	9.0	6.8	2.2	0.06
	-0.15	10.0	7.5	2.5	0.07	6.0	6.1	0	0	9.0	9.0	0	0
	-0.65	10.0	8.5	1.5	0.04	6.0	6.3	0	0	9.0	8.8	0.2	0.01
10	+0.70	10.0	9.2	0.8	0.02	6.0	6.5	0	0	9.0	9.0	0	0
	+0.25	10.0	0	10.0	>0.29	6.0	6.2	0	0	9.0	8.3	0.7	0.02
	-0.15	10.0	8.2	1.8	0.05	6.0	5.5	0.5	0.02	9.0	8.5	0.5	0.02
11	+0.70	10.0	6.9	3.1	0.09	6.0	6.4	0	0	9.0	7.1	1.9	0.05
	+0.42	10.0	7.5	2.5	0.07	6.0	7.0	0	0	9.0	7.1	1.9	0.05
	+0.25	10.0	0	10.0	>0.29	6.0	5.5	0.5	0.02	9.0	8.2	0.9	0.03
	-0.15	10.0	8.9	1.1	0.03	6.0	6.4	0	0	9.0	8.2	0.9	0.03
12	+0.70	10.0	8.5	1.5	0.04	6.0	5.5	0.5	0.02	9.0	9.0	0	0
	+0.70	10.0	7.1	2.9	0.08	6.0	6.2	0	0	9.0	7.0	2.0	0.06
	+0.42	10.0	8.0	2.0	0.06	6.0	6.5	0	0	9.0	6.6	2.4	0.07
	+0.25	10.0	0	10.0	>0.29	6.0	5.6	0.4	0.01	9.0	8.5	0.5	0.02
	-0.15	10.0	7.9	2.1	0.06	6.0	6.1	0	0	9.0	8.7	0.3	0.01
13	+0.70	10.0	8.5	1.5	0.04	6.0	5.0	1.0	0.03	9.0	8.2	0.8	0.02
	+0.70	10.0	6.7	3.3	0.10	6.0	6.0	0	0	9.0	6.9	2.1	0.06
	+0.42	10.0	6.9	3.1	0.09	6.0	6.0	0	0	9.0	7.2	1.8	0.05
	+0.25	10.0	0	10.0	>0.29	6.0	6.4	0	0	9.0	7.6	1.4	0.04
	-0.15	10.0	8.7	1.3	0.04	6.0	5.1	0.9	0.03	9.0	7.6	1.4	0.04
14	+0.70	10.0	7.7	2.3	0.07	6.0	5.2	0.8	0.02	9.0	8.8	0.2	0.01
	+0.70	10.0	7.8	2.2	0.06	6.0	8.5	0	0	9.0	8.5	0.5	0.02
	+0.42	10.0	8.3	1.7	0.05	6.0	5.5	0.5	0.02	9.0	7.6	1.4	0.04
	+0.25	10.0	0	10.0	>0.29	6.0	5.5	0.5	0.02	9.0	8.2	0.8	0.02
	-0.15	10.0	8.6	1.4	0.04	6.0	7.0	0	0	9.0	8.6	0.4	0.01
-0.65	10.0	8.7	1.3	0.04	6.0	5.5	0.5	0.02	9.0	8.7	0.3	0.01	

* +0.42m以上は陸上用
+0.25m以下は水中用

表2・6 惠曇港2号岸壁における
鋼矢板平均腐食速度

超音波式探傷厚み計による

測定地点	深 度 (m)	凸 面		側 面		凹 面	
		$T_1 - T_0$ (mm)	C (mm/yr)	$T_1 - T_0$ (mm)	C (mm/yr)	$T_1 - T_0$ (mm)	C (mm/yr)
1 14	+0.70	1.56	0.04	0.20	0.01	0.86	0.02
	+0.42	2.34	0.07	0.50	0.02	1.94	0.06
	+0.25	7.67	0.22	0.53	0.02	0.69	0.02
	-0.15	1.71	0.05	0.66	0.02	0.76	0.02
	-0.65	1.40	0.04	0.70	0.02	0.76	0.02
	-1.15	0.68	0.02	0.85	0.02	0.60	0.02
	-1.65	0.45	0.01	0.50	0.02	0.90	0.03

2・6・2 切り取り鋼矢板片についての測定結果
マイクロ・メータによる鋼矢板片の肉厚測定結果およびカタログ厚を初期肉厚として算出した肉厚減少量を表2・7に、腐食速度を表2・8に示す。また重量測定結果を表2・9に、これより算出した肉厚減量、腐食速度を表2・10に示す。

表2・7 切り取り鋼矢板片の肉厚

惠曇港, 35年経過
マイクロ・メータによる

No	肉 厚 測 定 値 (mm)				
	平均値	標準偏差	最大値	最小値	最大-最小
1	5.046	0.498	6.314	3.846	2.468
2	4.987	0.656	6.446	2.892	3.554
3	4.836	0.899	5.932	0.972	4.960

表2・8 切り取り鋼矢板片の腐食量

惠曇港, 35年経過
マイクロ・メータによる

No	初期肉厚 (mm)	肉厚減少量 (mm)	腐食速度 (mm/yr)	初期肉厚 (mm)	肉厚減少量 (mm)	腐食速度 (mm/yr)
1	10.0	4.954	0.146	9.0	3.954	0.116
2	10.0	5.013	0.147	9.0	4.013	0.118
3	10.0	5.164	0.152	9.0	4.164	0.122

表2・9 切り取り鋼矢板片の肉厚

惠曇港, 35年経過
重量測定による

No	形 状 寸 法 (cm)				表 面 積 (cm ²)	重 量 (g)	肉 厚 (mm)
	a	b	c	d			
1	12.52	12.52	45.00	45.16	564.402	2167.60	4.886
2	12.08	12.10	47.94	48.32	581.892	2221.90	4.813
3	11.55	11.84	45.29	45.52	531.297	1934.00	4.550

表2・10 切り取り鋼矢板片の腐食量

惠曇港, 35年経過

No	初期肉厚 (mm)	肉厚減少量 (mm)	腐食速度 (mm/yr)	初期肉厚 (mm)	肉厚減少量 (mm)	腐食速度 (mm/yr)
1	10.0	5.114	0.150	9.0	4.114	0.121
2	10.0	5.187	0.153	9.0	4.187	0.123
3	10.0	5.450	0.160	9.0	4.450	0.131

2・6・3 観察結果

ここでは調査した鋼矢板岸壁および護岸の外観，切り取った鋼矢板片についての観察を含む。

(1) 鋼矢板岸壁および護岸の外観

2号岸壁の $\#1\sim\#4$ の上部工には図2・21，図2・22に示すように陥没箇所が見られる。これに対して， $\#5\sim\#14$ の上部工には図2・19のように工事用材料が積まれていたため陥没の様子はわからなかった。また

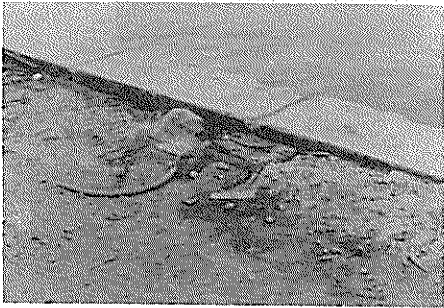
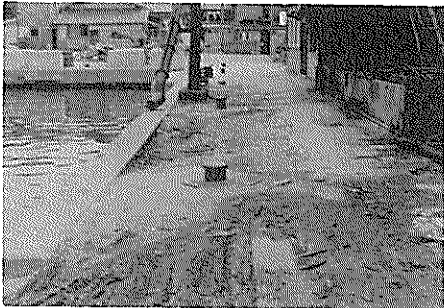


図2・21 恵曇漁港2号岸壁 $\#2\sim\#4$ 付近上部工の陥没

2号岸壁は図2・3のようにコンクリートの下端が $+1.1\text{ m}$ のところまで下がっており，さらに $+1.1\text{ m}$ から $+0.9\text{ m}$ までは木材防舷材が取り付けられている。したがって，鋼矢板面の見えるのは $+0.9\text{ m}$ から海水面までということになる。

海面上の鋼矢板面は図2・23～図2・25に示すように数 mm 程度のスケールで覆われているが，とくに腐食によるひどい損傷はない。H.W.L. ($+0.8\text{ m}$) 付近には図2・26のように白い付着物が付いている。以上のようにH.W.L. 付近にはほとんど腐食による損傷箇所はないが $\#5\sim\#14$ の間で図2・27，図2・28に示す2箇所H.W.L. 付近の鋼矢板面に腐食による穴が認められる。図2・27，図2・28のようにどちらの場合も腐食箇所は淡水が流下しているところに限られている。

一方，L.W.L. 付近には図2・29に示すように鋼矢板に穴があいていたり，図2・30に示すように穴があいていないが発錆が認められる。さらに2号岸壁の海水面下を入念に観察したところ次のような興味ある現象がある。

(1) 穴または発錆が認められるのは凸鋼矢板面に限られ，凹鋼矢板面および側面にはほとんど認められない。

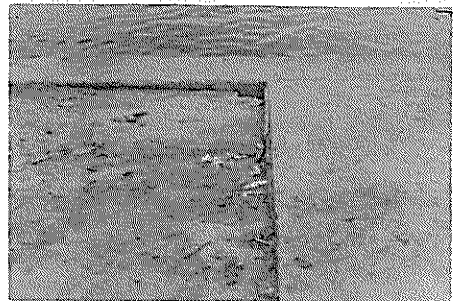


図2・22 恵曇漁港2号岸壁 $\#1$ 付近上部工の陥没

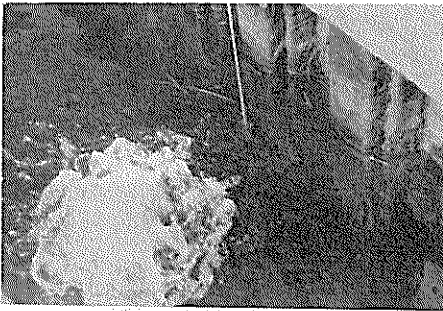
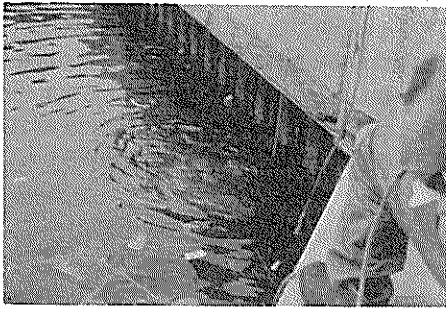
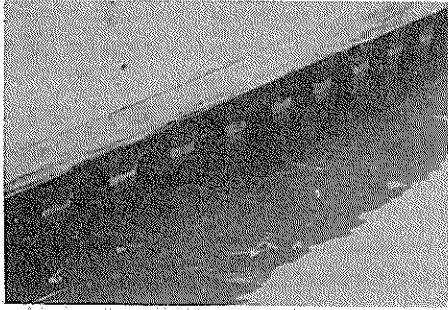


図 2・23 恵曇漁港 2号岸壁
海水上鋼矢板(1)

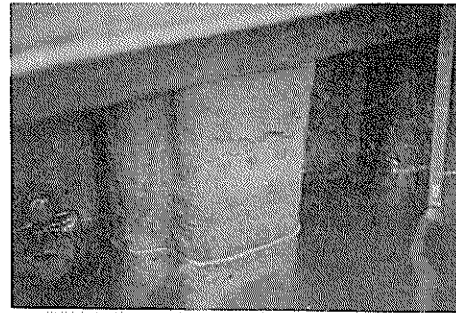


図 2・24 恵曇漁港 2号岸壁の
海水上鋼矢板(2)

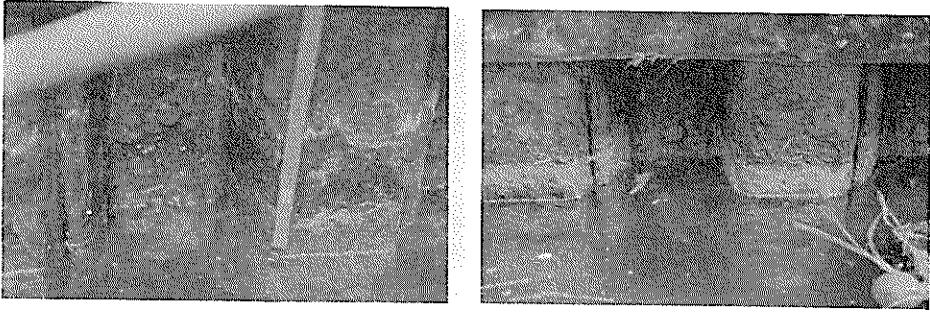


図 2・25 恵曇漁港 2 号岸壁の海水面上鋼矢板(3)



図 2・26 H.W.L.付近の白色付着物

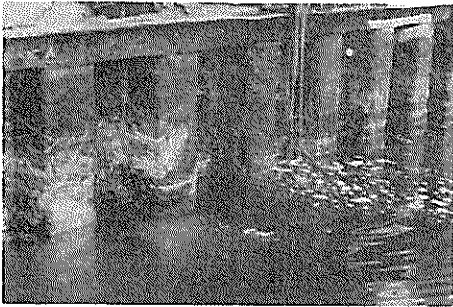


図 2・27 排水による腐食孔

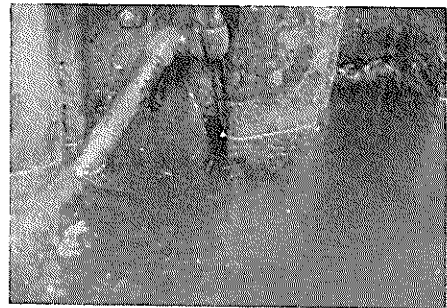


図 2・28 水道水の流下による腐食孔

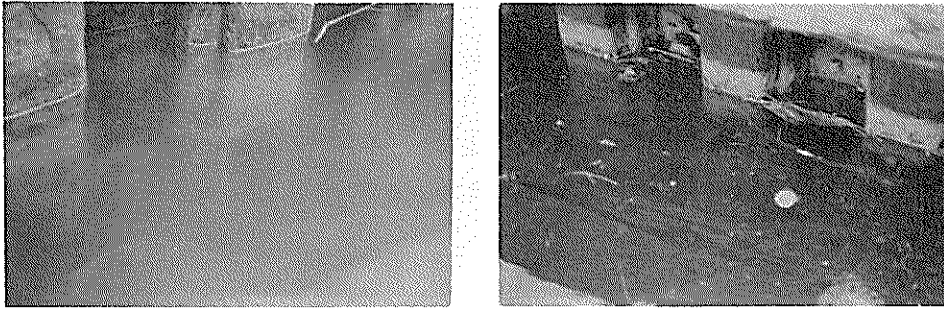


図2・29 海水面下鋼矢板の損傷状況

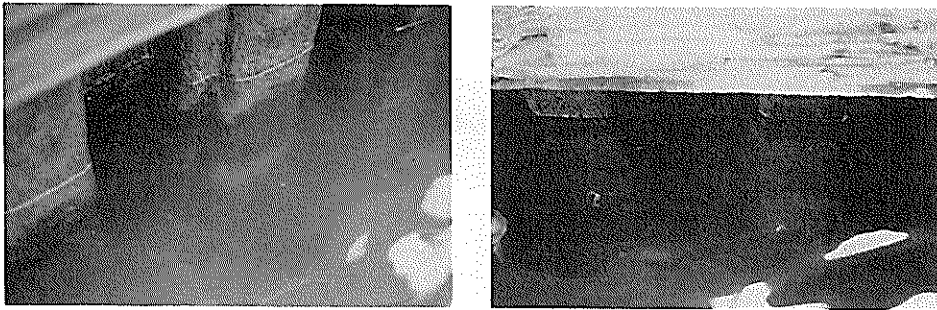


図2・30 海水面下鋼矢板の発錆状況

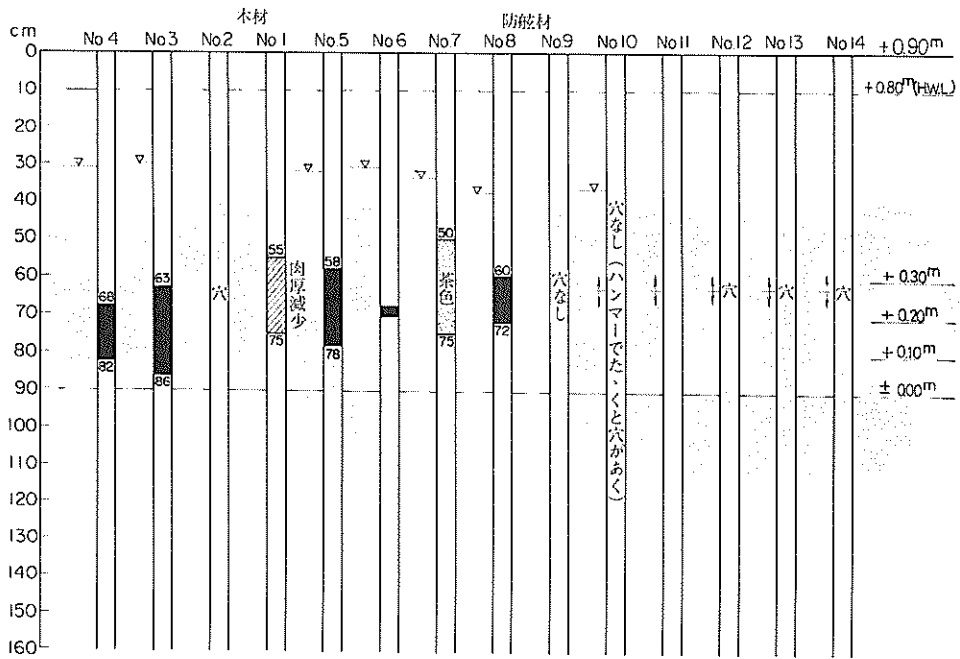


図2・31 恵曇港凸矢板損傷状況列図

表2・11 恵曇港2号岸壁の平均干潮面直下付近の観察結果

凸版1~凸版102:測定地点1~4

凸版103~凸版362:測定地点5~14

凸版	穴の有無	凸版	穴の有無	凸版	穴の有無	凸版	穴の有無	凸版	穴の有無	凸版	穴の有無	凸版	穴の有無
1	○	56	○	111	○	166		221		276		331	○
2	○	57	○	112	○	167		222		277		332	○
3		58	○	113	○	168		223		278		333	
4		59	○	114	○	169		224		279		334	
5		60	○	115	○	170		225	○	280	○	335	
6		61	○	116	○	171		226		281		336	○
7		62	○	117	○	172		227		282		337	○
8		63	○	118	○	173		228		283		338	
9		64	○	119	○	174		229		284	○	339	○
10		65	○	120	○	175	○	230		285		340	○
11		66	○	121	○	176		231		286		341	○
12		67	○	122	○	177		232		287		342	○
13		68	○	123	○	178		233		288	○	343	○
14		69	○	124	○	179		234		289	○	344	○
15		70	○	125		180		235	○	290	○	345	
16	○	71	○	126		181	○	236	○	291	○	346	○
17	○	72	○	127		182	○	237	○	292	○	347	○
18	○	73	○	128		183		238	○	293	○	348	○
19		74	○	129		184	○	239	○	294	○	349	○
20	○	75	○	130		185	○	240	○	295		350	○
21	○	76	○	131		186	○	241	○	296	○	351	○
22	○	77	○	132		187		242	○	297		352	○
23	○	78	○	133		188	○	243	○	298		353	○
24	○	79	○	134		189	○	244	○	299		354	○
25		80	○	135		190		245	○	300		355	○
26	○	81	○	136		191		246	○	301		356	○
27	○	82	○	137		192		247	○	302		357	○
28		83	○	138		193	○	248	○	303		358	○
29		84	○	139	○	194	○	249	○	304		359	○
30		85	○	140		195		250	○	305		360	○
31	○	86	○	141	○	196		251	○	306		361	○
32	○	87	○	142		197		252	○	307		362	○
33	○	88	○	143		198		253	○	308			
34	○	89	○	144		199		254	○	309			
35	○	90	○	145		200		255	○	310			
36	○	91	○	146		201		256		311	○		
37	○	92	○	147		202		257		312	○		
38	○	93	○	148		203		258		313			
39	○	94	○	149		204		259		314			
40	○	95	○	150	○	205		260		315			
41	○	96	○	151		206		261		316			
42	○	97	○	152		207		262		317			
43	○	98	○	153		208		263		318			
44	○	99	○	154		209		264		319			
45	○	100	○	155		210	○	265		320			
46	○	101	○	156		211		266		321			
47		102	○	157		212	○	267		322			
48	○	103	○	158		213		268		323			
49	○	104	○	159		214		269		324			
50	○	105	○	160		215		270		325			
51	○	106	○	161		216		271		326	○		
52	○	107	○	162		217		272	○	327	○		
53	○	108	○	163		218		273		328			
54	○	109	○	164		219		274		329			
55	○	110	○	165		220		275		330			

○:穴あり

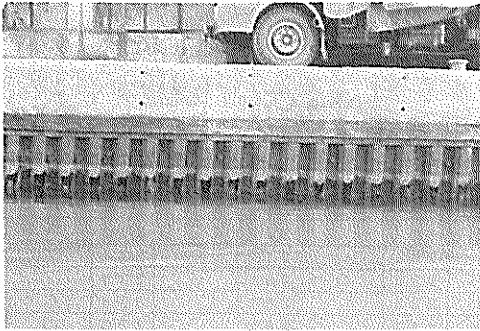


図2・32 凸鋼矢板面の損傷状況
(恵曇港, 最干潮時)

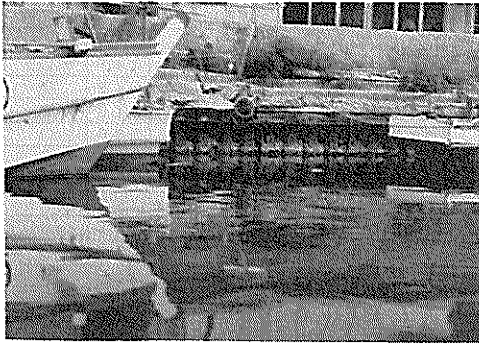


図2・33 凸鋼矢板面の損傷状況
(佐陀川護岸, 干潮時)

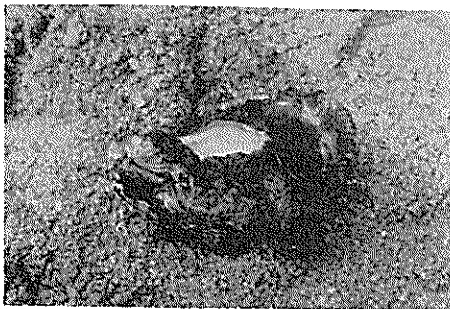
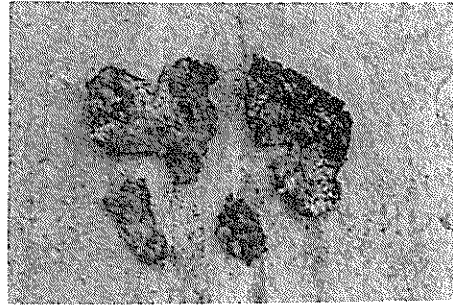
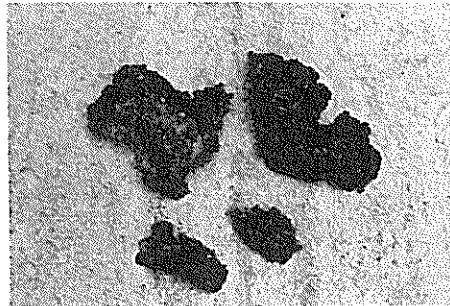


図2・35 -1 m付近以下の付着物



表



裏

図2・34 H.W.L付近の付着物

(ロ) 穴または発錆が認められる深度は大体一定している。 $\#61 \sim \#614$ の肉厚測定鋼矢板では図2・31のように腐食による損傷または発錆箇所は木材防舷材下端(+0.9 m)から50~86 cm(+0.3 m~+0.04 m)の範囲内にあり、その大きさは横方向で約30 cm(鋼矢板凸面の巾)、深度方向は20 cm~25 cm位ある。また、穴のないところはハンマで叩くと穴があく位に非常に薄い。

(ハ) (イ)、(ロ)の現象は $\#61 \sim \#614$ の14枚の鋼矢板に限らず全鋼矢板の凸面に認められる。表2・11にその観察結果を示す。また、図2・31に凸面の損傷状況例を、図2・32に最干潮時に露出した凸面の腐食孔の模様を示す。

また、タイロッドの取り付け金具は図2・24、図2・25に見られるようにとくに腐食による損傷はない。

一方、佐陀川護岸の鋼矢板についても以上のような2号岸壁と全く同じ現象が認められる。図2・33に最干潮時

の鋼矢板面を示す。

(2) 付着物

図2・26に示すようなH, W, L付近の白色付着物を採取してみると図2・34の通りである。一方、海水面下で

2・6・4 材質試験結果

材質試験結果は表2・12の通りである。

図2・12 鋼矢板の材質分析結果 %

鋼矢板	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Cu
TR-II	0.18	0.02	0.73	0.048	0.044	0.043	0.020	0.33

表2・13 恵曇港における
水質試験結果(1)
S.43・8・6採水

採水地点	深度 (m)	PH	Cl ⁻ (g/l)
A-7	水面	7.6	17.61
	-1.55		
	-1.95		
A-1	水面	7.7	17.19
	-1.55		
	-1.95		
A-6	水面	7.8	17.71
	-1.55		
	-1.95		
A-2	水面	7.6	17.71
	-1.55		
	-1.95		
A-6	水面	7.6	17.94
	-1.55		
	-1.95		
A-2	水面	7.6	16.90
	-1.55		
	-1.95		
A-2	水面	7.4	16.94
	-1.55		
	-1.95		
A-5	水面	7.6	17.14
	-1.55		
	-1.95		
A-5	水面	7.6	16.90
	-1.55		
	-1.95		
A-3	水面	7.4	16.90
	-1.55		
	-1.95		
A-3	水面	7.6	16.47
	-1.55		
	-1.95		
A-3	水面	7.6	16.76
	-1.55		
	-1.95		
A-3	水面	7.6	17.57
	-1.55		
	-1.95		
A-3	水面	7.6	17.85
	-1.55		
	-1.95		

は-1m付近まではあまり付着物はないが、-1m以下では図2・35に示すカキが鋼矢板の凸面、凹面に限らず付着している。

表2・14 恵曇港における水質試験結果(2)

S.44・10・6~10・7採水							
採水地点	水深 (m)	採水日 (日)	ρ (Ω -cm)	採水地点	水深 (m)	採水日 (日)	ρ (Ω -cm)
A-1	0	10/6	72.6	C	0	10/6	
	-0.5		71.6		1.0		
	-1.0		68.7		2.0		
	-2.0		21.7		3.0		
	-2.8		22.0				
	0		72.7				180.0
A-1	0	10/7	72.7	D	1.0	10/7	169.4
	-0.5		69.9		1.5		170.8
	-1.0		20.0				
	-2.0		20.7				
	-3.0		19.1				
	0		66.5				
A-2	0	10/6	66.5	D	0	10/7	168.6
	-0.5		67.5		1.0		169.6
	-1.0		64.2		1.2		169.4
	0		71.0				
	-0.5		67.0				
	-1.0		54.7				
A-3	0	10/6	69.3	E	0	10/6	
	-0.5		66.2		1.0		
	-1.0		66.2		2.0		
	0		70.0		3.0		
	-0.5		67.9		4.0		
	-1.0		31.4		5.0		
A-4	0	10/6	68.0	E	0	10/7	177.0
	-0.5		66.3		1.0		171.2
	-1.0		33.5		2.0		170.4
	-2.0		26.6		3.0		170.6
	-3.0		20.5		4.0		163.8
	0		65.5				
A-4	0	10/7	65.5	F	0	10/6	
	-0.5		57.8		1.0		
	-1.0		41.4		2.0		
	-2.0		19.3		3.0		
	0		65.9				
	-0.5		58.4				
A-5	0	10/6	65.9	F	0	10/7	177.0
	-0.5		58.4		0.5		174.2
	-1.0		71.1		1.0		174.0
	0		67.8		2.0		170.7
	-0.5		69.3		2.5		168.8
	-1.0		34.7				
B	0	10/6	158.0	G	0	10/6	478.8
	-0.5		122.0		0		762.3
	-1.0		80.6		0		
	-2.0		30.0		0		142.7
	-2.3				0		55.0
	0		106.0				
	-0.5		74.9				
	-1.0		28.2				
	-2.0		19.9				
	0		106.0				
	-0.5		74.9				
	-1.0		28.2				
-2.0	19.9						

2・6・5 水質試験結果

水質試験結果は表2・13～表2・16の通りである。

なお、宍道湖および中海の水質試験が島根県の方で行なわれているので、これらの試験結果を参考として付表2・1～付表2・5に掲げる。付表の試験結果は何れも島根県衛生研究所より頂いたもので、採水地点は付図2・1の

表2・15 恵曇港における水質試験結果(3)

S.45・2・12採水

採水地点	深度(m)	外観	PH	Cl ⁻ (g/l)	Total S (%)	SO ₄ ²⁻ (p.p.m)	ρ(Ω-cm)
A	0*	無色	6.3	4.43	0.1<	558	55.4
B	0	"			0.1<	346	88.5
C	0	"					
D	0	"	6.8	1.61	0.1<	255	144.1
F	0	"	6.5	1.53	0.1<	130	161.2
L	0	"	7.1	0.08<			1045.6

* 水面

2・7 考察

以上の調査結果から次のことが考察される。

(1) 超音波式厚み計の現地適用性

超音波式探傷厚み計の潮位間および海水中鋼矢板面への適用率(=測定可能な点/全測定点×100%)は次の通りである。

鋼矢板の凸面では

$$\text{適用率} = 120 / 120 \times 100 = 100\%$$

鋼矢板の側面では

$$\text{適用率} = 53 / 59 \times 100 = 90\%$$

鋼矢板の凹面では

$$\text{適用率} = 140 / 144 \times 100 = 97\%$$

以上のように適用率は凸面が100%であるが、側面で90%、凹面で97%と多少凸面に比べて劣る。これは、付着物の除去や探触子の吸着などの水中作業が凸面より側面、凹面の方がやり難いことに起因しているかと思われるが、潜水夫と測定者との意思の疎通がうまくなかったことも大きく影響していると見られる。すなわち、ここでは潜水夫の身体に付けた紐を引張る方法で潜水夫と陸上測定者間の連絡をとったため、通話器のように測定点の確認が円滑に連絡できない場合がいくつかあった。表2・2で測定不能としたのはこのケースのデータ

の通りである。

この外、松江港の水位変化を付図2・2に、境港の水位変化例を付図2・3に示すことにする。なお、付図2・2は島根県松江土木事務所の測定結果を図示したもので、付図2・3は運輸省第3港湾建設局・境港工事事務所の測定結果である。

表2・16 恵曇港における水質試験結果(4)

S.45・3・31採水

採水地点	深度(m)	外観	PH	Cl ⁻ (g/l)	ρ(Ω-cm)
A	0*	無色	6.4	3.44	71.6
B	0	"	7.0	1.19	197.8
C	0	"	7.0	1.06	231.6
D	0	"	6.5	0.60	415.2
F	0	"			
L	0	"			

* 水面

である。このことから、調査に使用する潜水夫には通話機が是非必要である。

(2) 調査鋼矢板の腐食速度

表2・4、表2・5に示すように、恵曇港2号岸壁の鋼矢板の腐食速度は凸矢板面の+0.25mのところの腐食速度のみが異常に大きく、測定地点#1～#4では0.26mm/yr以上、#5～#14では0.29mm/yr以上となっている。これらの値は次のようにして求められたものである。すなわち、#1～#4では図2・5に示すテル・ルージュ型鋼矢板の肉厚9mmのところは凸面、#5～#14では肉厚10mmのところは凸面となるように鋼矢板が打設されており、調査時点(35年後)には+0.25mの深度付近の凸面は穴が生じていたため9mmまたは10mmを35年で割って腐食速度を求めた。しかし、現地管理者の話によれば昭和20年～22年頃にはすでに腐食による穴が認められたそうである。また、図2・2に示す3号岸壁と5号岸壁にも2号岸壁と同様に凸面に穴があき、裏込め土砂の流出、上部工の陥没のために昭和20年代に復旧工事が行なわれている。復旧工事では付図2・4に示すように旧矢板前面にL型ブロックを設置している。このように、特に3号岸壁と5号岸壁が復旧されたのはここが魚市場のためであろう。たとえば昭和20年に腐

食による穴が凸面にあいたとすると、 $\#6.1 \sim \#6.4$ では $9 \text{ mm}/12 \text{ yr} = 0.75 \text{ mm/yr}$ 、 $\#6.5 \sim \#6.14$ では $10 \text{ mm}/12 \text{ yr} = 0.83 \text{ mm/yr}$ の腐食速度となる。同じ凸面でも $\pm 0.3 \text{ m} \sim \pm 0.0 \text{ m}$ 付近以外の腐食速度は 0.05 mm/yr 、またはこれ以下である。また、凹面と側面には凸面に見られるような集中腐食の箇所はなく、 0.05 mm/yr 、またはこれ以下である。 $\#6.1 \sim \#6.14$ における平均腐食速度を図示すると図2-36の通りである。表2-10によれば、佐陀川護岸の鋼矢板の海水上（H.W.L.付近）の腐食速度は初期肉厚をカタログ厚とすると $0.12 \sim 0.15 \text{ mm/yr}$ である。ただし、ここでいう腐食速度は海側と陸側の両面併せての値である。

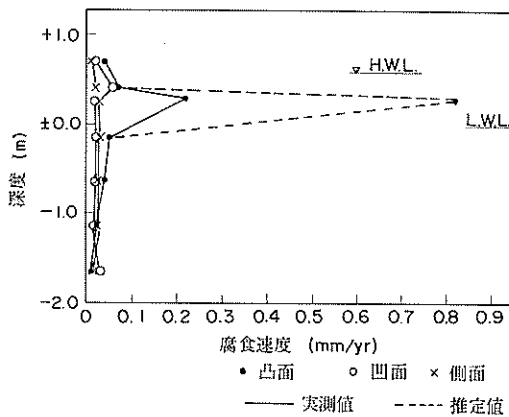


図2-36 恵曇港における鋼矢板の腐食速度 (2号岸壁, 35年経過)

(3) 凸矢板面への集中腐食箇所

凸矢板面の穴の発生率を表2-11より求めると、 $\#6.1 \sim \#6.4$ (全凸矢板102面)では $84 \text{ 面}/102 \text{ 面} \times 100 = 82\%$ 、 $\#6.5 \sim \#6.14$ (全凸矢板260面)では $101 \text{ 面}/260 \text{ 面} \times 100 = 39\%$ であり、 $\#6.1 \sim \#6.14$ では $185 \text{ 面}/362 \text{ 面} \times 100 = 51\%$ となる。この結果、2号岸壁では全凸矢板の半分には集中腐食による穴が発生していることになり、また、2号岸壁では $\#6.1 \sim \#6.4$ の方が $\#6.5 \sim \#6.14$ より穴が発生しやすいことになる。なお、穴が発生していない凸面でも穴の深度に相当するところは図2-30のように橙色をしており、肉厚は非常に薄く、ハンマで叩くと穴があく状態である。

凸矢板面に発生している穴の中は、カラー写真に示すように凸矢板の先端部全面にわたっている。

一方、集中腐食箇所の深度は観察したところ $\pm 0.3 \text{ m} \sim \pm 0.0 \text{ m}$ の範囲である。なお、図2-12に示す非破壊測定では $\pm 0.25 \text{ m}$ 付近となっているが、これは肉厚測定が $\pm 0.70 \text{ m}$ 、 $\pm 0.25 \text{ m}$ 、 -0.15 m 、 -0.65 m のように $0.40 \text{ m} \sim 0.50 \text{ m}$ 間隔で行なわれたためである。恵曇港に近い境港の潮位変化を示す付図2-3によれば、境港の平均干潮面は $\pm 0.3 \text{ m} \sim \pm 0.1 \text{ m}$ のときが多いが、このことは恵曇港にも云えらると思える。この結果、恵曇港2号岸壁の凸矢板面に発生する集中腐食の箇所は平均干潮面から下方約 30 cm の範囲といえよう。

図2-31のみを参照すると、凸矢板面の集中腐食箇所は H.W.L. ($\pm 0.80 \text{ m}$) \sim L.W.L. ($\pm 0.0 \text{ m}$) 間にあるため、鋼矢板構造物の腐食量の最も大きいところは潮位間であると表示され勝ちである。もともと、潮位間は乾湿の繰り返しを受けるところであるから腐食量は大きいと考えられてきているが、潮位間が腐食が激しいとする見方では凸矢板面に集中する腐食現象は説明できない。また、恵曇港の潮位間は $\pm 0.8 \text{ m} \sim \pm 0.0 \text{ m}$ とすると、 $\pm 0.8 \text{ m} \sim \pm 0.3 \text{ m}$ 間の腐食量は小さく、 $\pm 0.3 \text{ m} \sim \pm 0.0 \text{ m}$ 間の腐食は非常に大きい。したがって、鋼構造物の腐食状況を表示するときは単に H.W.L. \sim L.W.L. 間を潮位間とせず、平均干潮面を入れることが必要である。

(4) 調査鋼矢板の腐食傾向

恵曇港2号岸壁における鋼矢板の腐食傾向は、(3)に示すように侵食箇所は凸面の平均干潮面直下に限られ、その他の深度の凸面と凹面、側面の腐食は極く少ない。この腐食傾向はこれまでの調査例では第3報に示した富山港-3.0m物揚場の鋼矢板の腐食傾向に類似している。しかし、富山港-3.0m物揚場の場合は経過期間が10年程度であり、さらに神通川の淡水が港内に流入した期間があいまいなため凸面の平均干潮面直下付近の腐食速度は 0.2 mm/yr 程度となっており、凸面には恵曇港2号岸壁のような腐食孔が生じていない。後述するように、淡水の存在が凸面の集中腐食に関係あるとすれば、10年の経過期間のうち仮りに4年間神通川より淡水が流入したときは腐食速度は $0.2 \text{ mm/yr} \times 2.5 = 0.5 \text{ mm/yr}$ となり、淡水の流入が2年とすれば腐食速度は $0.2 \text{ mm/yr} \times 5 = 1.0 \text{ mm/yr}$ となる。この富山港-3.0m物揚場の $0.5 \text{ mm/yr} \sim 1.0 \text{ mm/yr}$ の値は恵曇港2号岸壁の凸面に集中した腐食の速度 $0.75 \text{ mm/yr} \sim 0.83 \text{ mm/yr}$ に類似する。このように凸面の平均干潮面直下のみに腐食が集中する傾向は何に原因するののかの見当をつけるために、恵曇港2号岸壁、佐陀川護岸、松江港、安来港の各鋼構造物の

腐食傾向および環境条件を比較してみる。

恵曇港 2 号岸壁に近接する鋼構造物には図 2・1 に示す佐陀川護岸、松江港の岸壁、安来港の - 4 m 岸壁と - 3 m 岸壁がある。松江港の岸壁は恵曇港 2 号岸壁と同じ頃に施工され、使用鋼矢板はラルゼン I 型である。図 2・3 7 に断面図を示す。松江港は図 2・1 からわかるように恵曇港と同様に宍道湖の湖水が流出するところにある。しかしながら、松江港における鋼矢板には恵曇港における鋼矢板のような腐食傾向は全く見られず、水面付近の鋼矢板には UNION DORTMUND, N. R. 1 の文字が 30 年以上経た現在でも明瞭に認められる。

(イ) 水質

付表 2・1、付表 2・2 によれば宍道湖の湖水中に含まれる塩分量は大体 0.8 ~ 2% 程度で、多いところは 4 ~ 5% となる。一方、塩分量と比抵抗との関係を海水と水道水で求めてみると図 2・3 8 のようになる。図 2・3 8 を参照すると恵曇港や松江港の鋼矢板が接する電解質溶液の比抵抗はほぼ 300 ~ 600 Ω -cm と見られるが、これは付表 2・2、付表 2・3 の値に近似している。

これに対して、安来港の水質試験結果によれば塩分量は 1.3 ~ 1.5% であり、また、岸壁より沖合の塩分量は表層で 6 ~ 8%、底層で 15% 程度である。図 2・3 8 を参照すれば、鋼矢板前面の水の比抵抗は 40 Ω -cm 位で海水に近いことがわかる。付表 2・2、付表 2・5 によれば溶存酸素量は宍道湖の湖水と安来港前面の海水では大差ないが、後者の底層ではかなり小さいところがある。

(ロ) 潮位変化

恵曇港と安来港の潮位はほぼ境港の潮位に近いと考えると恵曇港と安来港の潮位変化は付図 2・3 のようになる。一方、松江港の水位変化は付図 2・2 のようになる。すなわち、恵曇港と安来港では 1 日の干満差は 20 cm ~ 30 cm あるが、松江港の一日の干満差はほとんどない。

(ハ) 水深

恵曇港 2 号岸壁の水深は - 2.7 m となっているが、調査時点では裏込め土砂の流出や上部工に山積みされた土砂が海中に落ちたことなどのために - 2.7 m より浅いところが多かった。また、佐陀川護岸の水深も浅く、- 2 m である。一方、安来港では - 4.5 m と - 3.0 m の 2 通りある。松江港の水深は - 2 m 程度である。

(ニ) 淡水と海水の成層

表 2・1 4 によれば佐陀川の川口付近は成層現象が見られるが、調査矢板前面では成層の現象はほとんど見られない。これは腐食穴に水が流入したり、穴から流出したりするため一種の攪拌作用が生じて成層現象が腐食矢板前面では見られないのではないかと推察する。一方、図

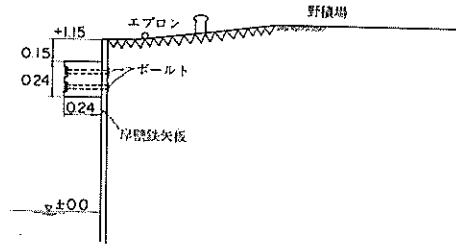


図 2・3 7 松江港岸壁の断面図

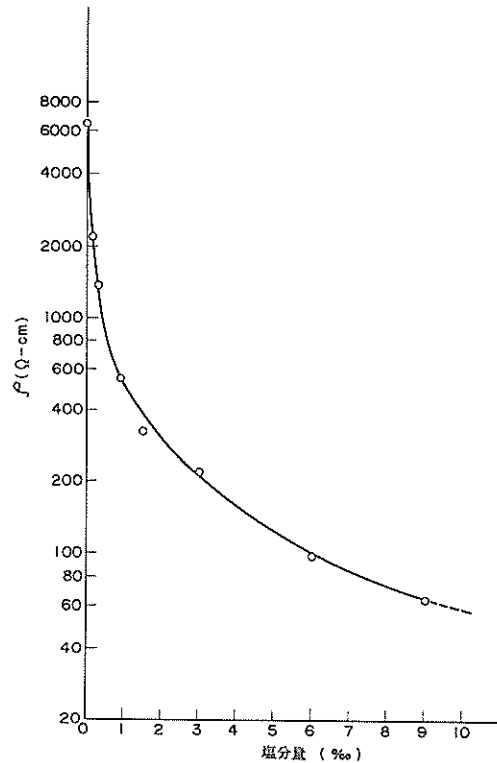


図 2・3 8 塩分濃度と比抵抗の関係

2・2 のように佐陀川の川口前面に堤防があれば、佐陀川護岸はもとより 2 号岸壁、3 号岸壁、5 号岸壁前面の水の表層には淡水が入り込みやすいと思われる。確かに繁

船時には攪拌作用は起るが、ここは漁港であるから出漁中や作業をしない夜などでは成層しやすいと考えられる。

これに対して、松江港岸壁前面の水は上層、下層ともほぼ宍道湖の湖水であり、安来港-4.5m岸壁と-3m岸壁前面の水は淡水と海水がほぼ1:1の割合で均一に混合した水と思われる。

(附) 使用鋼矢板

恵曇港2号岸壁と佐陀川護岸の鋼矢板はテル・ルージュ-II型、松江港岸壁の鋼矢板はラルゼン-I型、安来港-4.5m岸壁と-3m岸壁の鋼矢板はYSP-II型である。これら3種類の鋼矢板は日本の港湾で古くから使用されている鋼矢板の代表的なものであるから、材質的には他の場所で使用されている鋼矢板と大差ない。

ラルゼン型とYSP型は共にU型であるが、テル・ルージュ型は図2-5のように1枚で凸凹がある。しかし、打設後は3種類とも凸面、側面、凹面をそれぞれ有する形となるが、凸面もしくは凹面の平端面の中がラルゼン型とYSP型は広いのにくらべてテル・ルージュ型は図2-5に示すように狭く、U型の約 $\frac{1}{2}$ である。

(イ) 経過期間

恵曇港2号岸壁と佐陀川護岸は35年、安来港の-4.5m岸壁と-3m岸壁はどちらも35年経過しており、松江港の岸壁も同じ位経過している。

(ロ) 淡水と腐食孔

恵曇港と松江港では宍道湖の湖水が流入して比抵抗が数100 Ω -cmの水に接しており、とくに前者では表層が数100 Ω -cmの水、下層は25 Ω -cmの層を成していたと考えられる。一方、安来港では数10 Ω -cmの均一混合水と見られる。これに対して、腐食穴が見られるのは恵曇港(佐陀川護岸を含む)のみで、松江港と安来港では全く見られない。したがって、淡水の存在だけが

腐食穴の発生に原因するとは考えられない。しかし、恵曇港2号岸壁では腐食穴の発生深度はほとんど平均干潮面直下に限られるが、図2-27、図2-28に示すように排水または水道水などの淡水が流下している2箇所だけには平均干潮面より上に腐食穴がある。

(ハ) 腐食による被害

恵曇港2号岸壁と佐陀川護岸では鋼矢板凸面の平均干潮面直下付近に生じた腐食穴より裏込め土砂が流出して、矢板前面の埋没と上部工の陥没の被害が生じている。

3号岸壁と5号岸壁ではこの被害のため改造している。したがって、改造時には施設の利用ができなくなる間接的な被害もある。鋼矢板構造物は一般にタイロッドを凹矢板から取るため、恵曇港における鋼矢板のような腐食傾向が見られるときの被害としては構造物の倒壊は起らず、上部工の陥没にとどまるという特長がある。

一方、安来港、松江港では腐食による被害は何もなかった。

(ニ) 腐食傾向と腐食条件

恵曇港2号岸壁と佐陀川護岸の腐食傾向(イ)、安来港-3m岸壁の腐食傾向(ロ)、安来港-4.5m岸壁と松江港の腐食傾向(ハ)、の3傾向が図2-1に示す地点で見られる。

調査構造物の腐食傾向と腐食条件を比較してみると表2-17のようになる。表2-17によれば、鋼矢板構造物の腐食傾向に影響する項目は潮位差の有無、水深の大小および淡水の有無などで、鋼矢板のタイプ(材質)および経過期間は影響しないようである。

腐食傾向(イ)のように凸矢板面だけに腐食が集中するのは接舷時に凸面のみ摩擦して付着物を取ってしまうことが一因ではないかと思われるかも知れないが、図2-19のようにここでは小さな潜水夫の船でも木材防舷材に接して鋼矢板には直接接触しない。

表2-17 調査構造物の比較

構造物名	腐食傾向	矢板タイプ	潮位差(m)	水深(m)	打込み深度(m)	淡水の有無	防食の有無	経過年数(年)
恵曇港2号岸壁	イ	TR-II	0.3	-2.7	-5.4	有(成層)	無	35
佐陀川護岸	イ	TR-II	0.3	-2		有(成層)	無	35
富山港-3m物揚場	イ	YSP-II	0.3	-3	-5.9	有(成層)	無	10~11
安来港-3m岸壁	ロ	YSP-III	0.3	-3	-8.65	無	無	35
富山港-7.5m岸壁	ハ	TR-II	0.3	-7.5	-12.6	無	無	34
安来港-4.5m岸壁	ハ	YSP-III	0.3	-4.5	-8.65	無	無	35
松江港岸壁	ハ	ラルゼンI	0	-2		有	無	(35)

3. 北湊港における腐食調査（鋼矢板，タイロッド）

3・1 調査対象鋼構造物

調査対象鋼構造物は表3・1のように水深4.5mの鋼矢板岸壁である。図3・1に調査岸壁の位置図を，図3・2に調査岸壁の断面図を示す。表3・1に示すように4.5m岸壁の鋼矢板のタイプは設計図ではYSP-II型相当品となっている。いま鋼矢板のタイプをYSP-II型とすれば初期肉厚（カタログ厚）は1.05mmとなるが，後述のようにコンクリート中の鋼矢板肉厚は1.05mmと多少異なるケースが見られる。また，施工年がはっきりし

ないが，関係書類によれば昭和10年には竣工したことが確認されるのでここでは4.5m岸壁の施工年を昭和10年と見なした。一方，4.5m岸壁の施工経験者の記憶によればタイロッドにはタールと麻布によるジュート巻きが施されたとのことであるが，実際に掘り出してみるとやはりジュート被覆が施されていた。この外，当時鋼矢板をジェットポンプで建込み，さらに2m位をドロップ・ハンマ（1t）で打込んだそうであり，また4.5m岸壁は竣工後しばらく船舶の接岸がなく昭和15年以降に接岸するようになったとのことである。

表3・1 北湊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 φ (mm)	延長 (m)	施工年	経過期間 (年)	防食法	無防食期間 (年)	調査年月
		タイプ	φ (mm)							
4.5m岸壁	4.5	YSP-II ¹⁾	1.05	50	136	S・10	34	ジュート巻 ²⁾	34 ³⁾	S・44・12

- 1) YSP-II相当品
- 2) タイロッドのみ
- 3) 鋼矢板の無防食期間

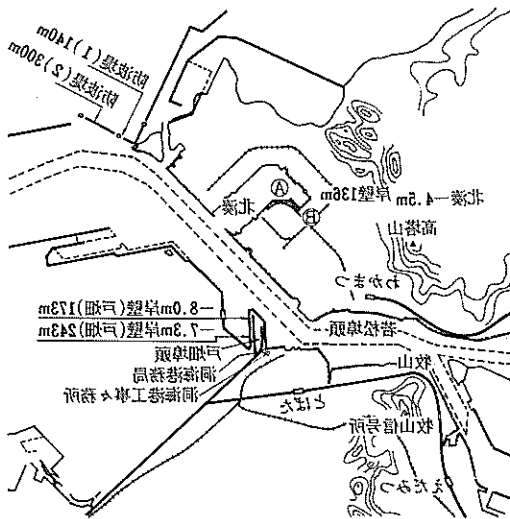


図3・1 北湊港4.5m岸壁位置図

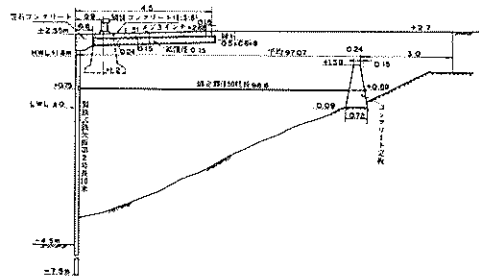


図3・2 北湊港4.5m物揚場岸壁断面図

3・2 調査年月日

調査は昭和44年12月8日～12月12日に行なわれたが、調査の日程は次の通りである。

12月8日

①調査についての打合せ

調査機関は次の通りである。

北九州港管理組合・建設部

運輸省第4港湾建設局・小倉調査設計事務所

運輸省第4港湾建設局・洞海湾工事事務所

運輸省・港湾技術研究所

若築建設KK・九州支店・洞海湾工事事務所

②現場視察

12月9日

①使用機器の調整

②肉厚測定

№3 (+1.8, +1.5, +1.0, +0.5, ±0.0, -0.5, -1.0, -1.5m) (探傷式)

№4 (+1.8, +1.5, +0.5, ±0.0, -0.5, -1.0, -1.5m) (探傷式)

③鋼矢板の引き抜き3枚(凸矢板2枚, 凹矢板1枚)

12月10日

①肉厚測定

№1 (+1.8, +1.5, +1.0, +0.5, ±0.0, -0.5, -1.0, -1.5m) (探傷式)

№2 (+1.8, +1.5, +1.0, +0.5, ±0.0, -0.5, -1.0m) (探傷式)

№3 (+0.5, ±0.0, -0.5, -1.0, -1.5m) (共振式)

№4 (+0.5, ±0.0, -0.5, -1.0, -1.5m) (共振式)

№5 (+1.8, +1.0, +0.5, ±0.0, -0.5, -1.0, -1.5m) (探傷式)

№5 (+0.5, ±0.0, -0.5, -1.0, -1.5m) (共振式)

②引き抜き鋼矢板(3枚)の陸側面附着物除去

12月11日

①肉厚測定

№1 (+0.5, ±0.0, -0.5, -1.0, -1.5m) (共振式)

№5 (+1.5m, +1.0m) (探傷式)

②水中切断(約10cm×10cm)

№1 ±0.0m 凸面1枚, 凹面1枚

№2 ±0.0m 凸面1枚, 凹面1枚

№3 ±0.0m 凸面1枚, 凹面1枚

№4 ±0.0m 凸面1枚, 凹面1枚

№5 ±0.0m 凸面1枚, 凹面1枚

③引き抜き鋼矢板の肉厚測定

A 鋼矢板 (+2.28, +1.8, +1.4, +0.4, +0.3, +0.2, +0.1, ±0.0, -0.1, -1.0, -2.0, -3.0, -4.0, -4.5, -5.0, -6.0, -7.0m)

B 鋼矢板 (+1.4, +1.1, -0.5, -1.5, -2.5, -3.5, -5.5, -6.5, -7.5m)

C 鋼矢板 (+1.4, +1.1, -0.5, -2.5, -3.5, -5.5, -6.5, -7.5m)

④引き抜き鋼矢板の(陸上)切断

A, B, C 3枚の鋼矢板について所定の位置をガス切断

⑤タイロッドの切断

長さ1mもの2本

12月12日

①採水

②引き抜き鋼矢板の(陸上)切断

なお、肉眼観察および写真撮影は肉眼測定と平行して行なった。また、現地作業のうち海水面下鋼矢板面の観察、附着物の除去および採取、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の潜水夫が行ない、海水面上鋼矢板面の観察、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第4港湾建設局・小倉調査設計事務所職員の協力を得て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(水中用)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(水中用)一式(本体, 探触子, モニタ, 高周波ケーブルなど)

(3) エクストラクター式(鋼矢板引き抜き用, 施工業者)

(4) 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)

(5) 基準肉厚鋼板(ss41, 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

(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, プラグ, 半田および半田鍍, 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, ウェスなど

3・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。

3・4・1 引き抜かない鋼矢板の肉厚測定箇所

超音波式探傷厚み計による肉厚測定地点は図3.3に示すように $\#1 \sim \#5$ の計5地点であり, 各地点における測定深度は図3.4の通りである。また, 各深度における断面方向の測定点は図3.5のように①~⑩の計10点である。

一方, 超音波式共振厚み計による肉厚測定地点は図3.3に示す $\#1, \#3, \#4, \#5$ の計4地点である。

各地点における測定深度は図3.6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のうちの②, ③, ④, ⑦, ⑧, ⑨の計6点である。

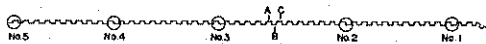


図3・3 北浜港—4.5 m岸壁における測定地点

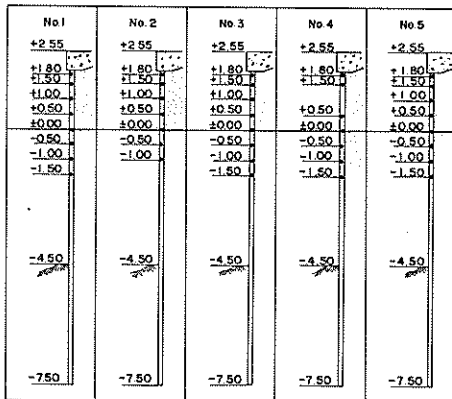


図3・4 北浜港—4.5 m岸壁における非破壊測定点 (深度方向, 超音波式探傷厚み計による)

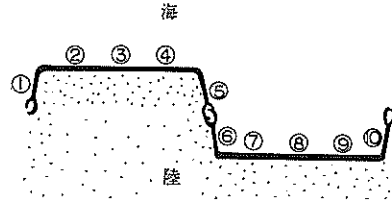


図3・5 北浜港—4.5 m岸壁における鋼矢板の肉厚測定点 (断面方向)

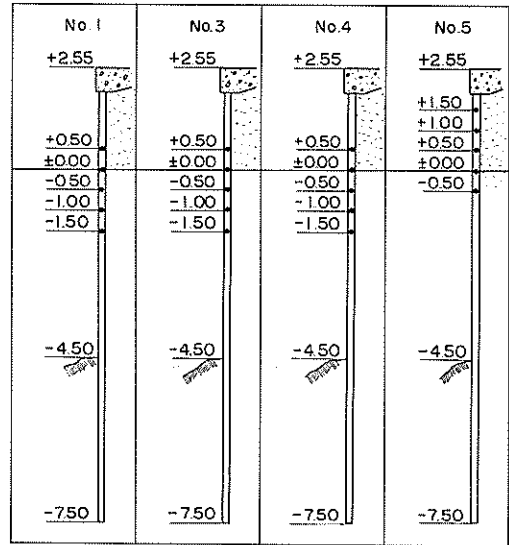


図3・6 北浜港—4.5 m岸壁における非破壊測定点 (深度方向, 超音波式共振厚み計による)

3・4・2 引き抜き鋼矢板の肉厚測定箇所

鋼矢板の引き抜きは図3.3に示すA, B, C 3枚について行なった。A, B, C 3枚についての肉厚測定点は図3.7の通りである。

3・4・3 鋼矢板片の切り取り箇所

引き抜かない鋼矢板からの切り取りは図3.3に示す $\#1 \sim \#5$ の5地点において水中切断した。各地点における切り取り点は深度方向が $\pm 0.0 m$, 断面方向は図3.5に示す③および⑧である。

引き抜いた鋼矢板からの切り取りは引き抜いた鋼矢板3枚のうちのB, C 2枚について行なった。図3.8に切

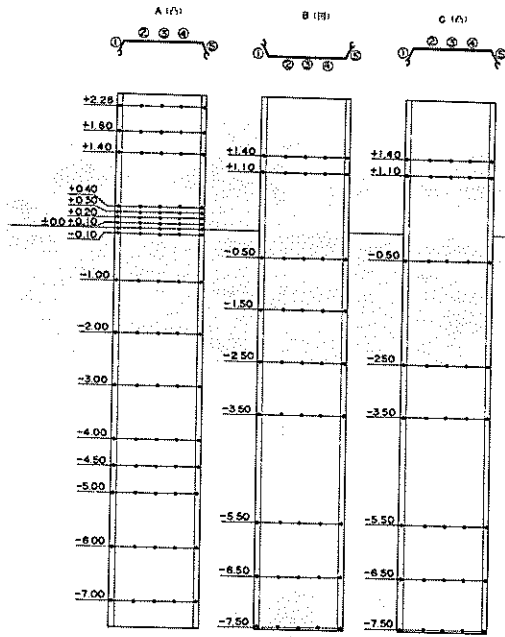


図3・7 北浜港—4.5 m岸壁における引き抜き鋼矢板の内厚測定点

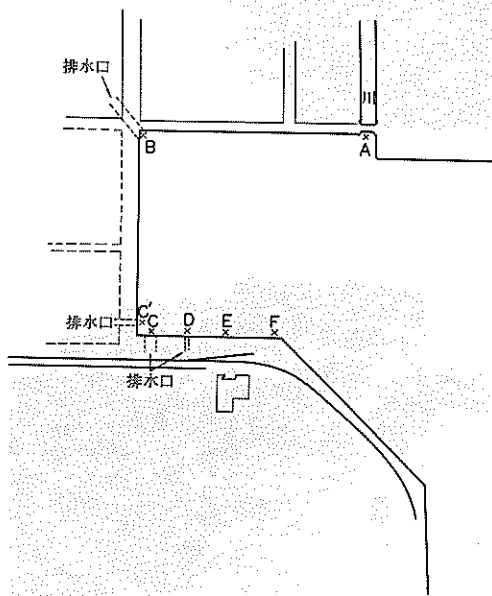


図3・9 北浜港における採水地点

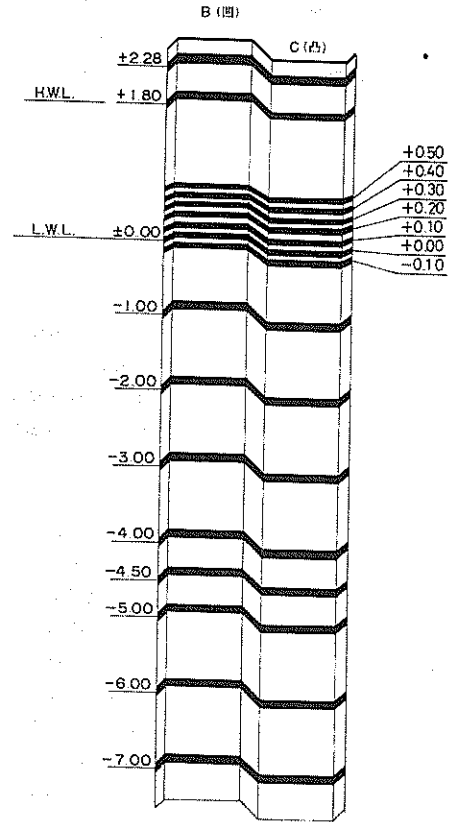


図3・8 北浜港—4.5 m岸壁の引き抜き鋼矢板の切断箇所

断面を示す。

3・4・4 タイロッド片の切り取り箇所
 タイロッド片は引き抜き鋼矢板付近のタイロッドについて、鋼矢板面から約1 mの長さのものを切り取った。

3・4・5 採水箇所
 採水は図3・9に示す箇所で行なった。

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を行なった。非破壊調査としては引き抜かない鋼矢板の現肉厚測定および腐食速度の算出、観察を行なった。破壊調査としては水中切断した鋼矢板片、引き抜いた鋼矢

板および引き抜いた鋼矢板より切り取った鋼矢板片について肉厚測定と腐食速度の算出、観察、材質試験を行ない、タイロッドの切り取り片についても外径測定、腐食速度の算出、観察、材質試験を行なった。また、環境調査として採水した試水の水質試験を行なった。

調査の方法は次の通りである。

3・5・1 引き抜かない鋼矢板の肉厚測定

引き抜かない鋼矢板の肉厚測定は非破壊測定であり超音波式共振厚み計と超音波式探傷厚み計で行なったが、どちらの厚み計による測定も次のように行なった。すなわち、まず測定点において5cm×5cm程度の面積の付着物を除き、付着物を除いた鋼矢板面に超音波式探傷厚み計の探触子を図3.5に示す①～⑩へ順次吸着させて肉厚を測定した。なお、深度方向は上から下の方へ順次測定した。

このようにして1地点における超音波式探傷厚み計による肉厚測定が終了すると、次に超音波式共振厚み計による肉厚測定を超音波式探傷厚み計と同じ要領で行なった。ただし、超音波式共振厚み計による肉厚測定点は鋼矢板の平端部(図3.5の②～④, ⑦～⑩)に限った。

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 PE 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による肉厚測定, pp. 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, pp. 37~40)の方法によった。引き抜かない鋼矢板の肉厚測定は以上の方法に基本的には準拠しているが、現地における測定は現地の状況に則して行なわれるため以下に現地における肉厚測定状況を示す。

現地の都合により腐食調査を開始するときすでに4.5m岸壁の上部コンクリートの除去が図3.10のように、また土砂の除去が図3.11のように始められていた。したがって鋼矢板の調査は図3.3のA.1~A.5の範囲に限定した。海水中鋼矢板に対する付着物の除去および探触子の吸着は図3.12のように所定の深度を示すレッドに従って潜水夫が行なった。また、海面上鋼矢板の付着物の除去は図3.13, 図3.14のように、超音波式探傷厚み計の陸上用探触子の押しあては図3.15のように請負業者が行なった。一方、厚み計本体による肉厚測定は図3.15のように行なったが、雨、みぞれなどが降ったときは図3.16のように調査岸壁上に張ったテント中で測定した。なお、厚み計用電源は測定地点から50m~100m離れたところにある改造工事係員詰所よりとった。



図 3-10



図 3-11

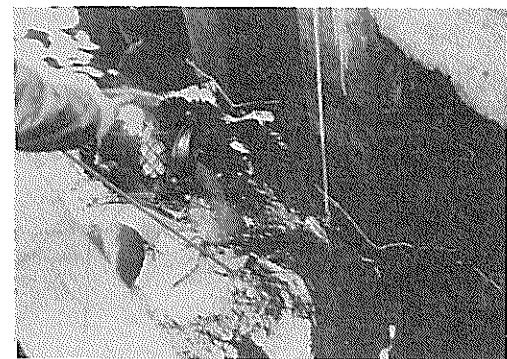


図 3-12

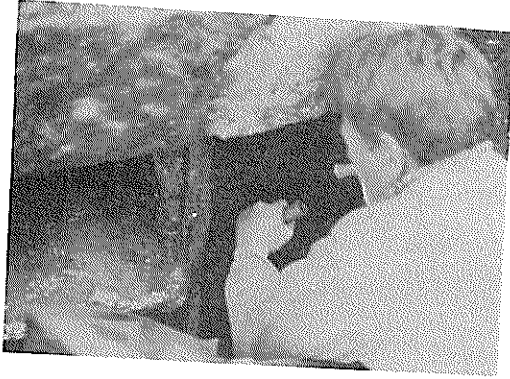


図 3・13

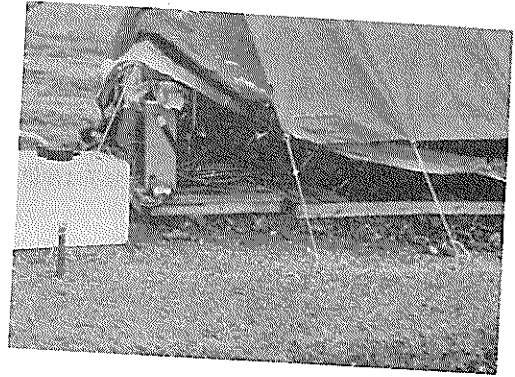


図 3・16

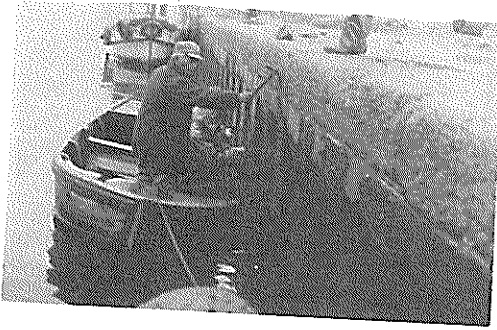


図 3・14

3・5・2 引き抜き鋼矢板の肉厚測定
まず引き抜き地点の上部工を図3・17のように除去し、
引き抜き鋼矢板に引き抜き機械（エクストラクタ）の金
具を固定するための穴を図3・18のようにあける。次に、
図3・19のように引き抜き機械の金具を固定して図3・20、

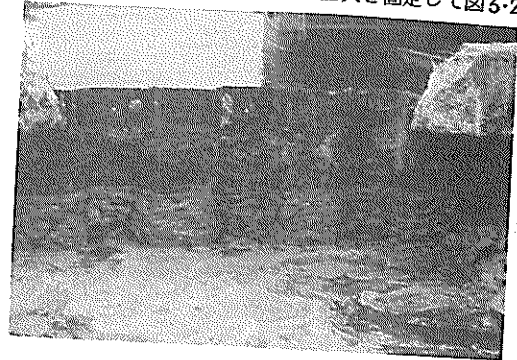


図 3・17

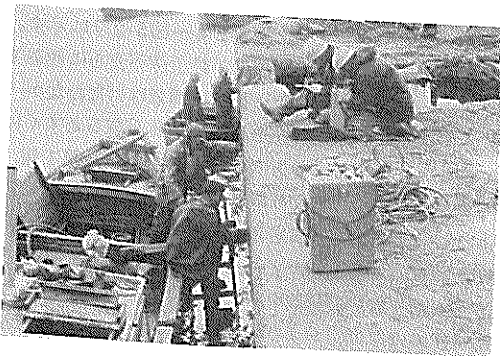


図 3・15



図 3・18

図3・21のように引き抜く。引き抜いた鋼矢板は図3・22のように横たえた。地上に横たえた鋼矢板は観察後、直ちに陸側鋼矢板面を清掃した。その模様を図3・23に示す。さらに清掃面をハンマ、ワイヤブラシで入念に脱錆して超音波式探傷厚み計で所定の箇所の肉厚を測定した。なお、この場合の探触子は陸上用で、探触子は陸側鋼矢板面に適用した。

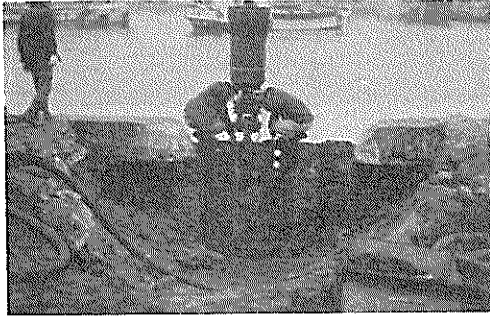


図 3・19

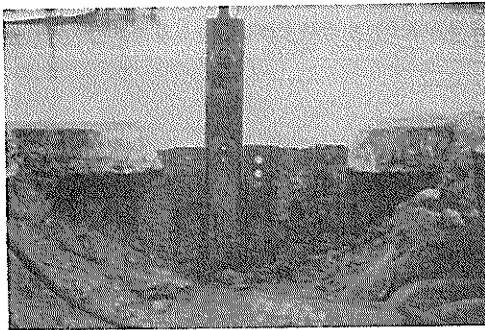


図 3・20

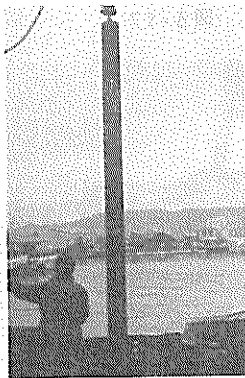


図 3・21

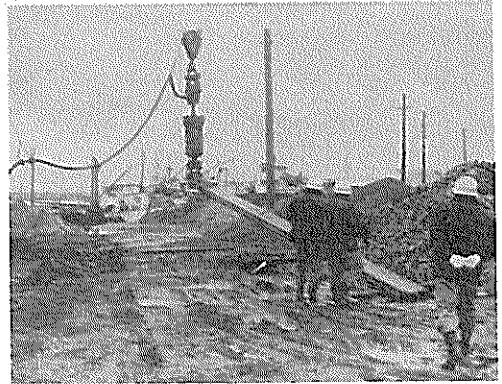


図 3・22



図 3・23

3・5・3 切り取り鋼矢板片の肉厚測定

(イ) 引き抜かない鋼矢板から切り取った鋼矢板片の場合（水中切断）

引き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，pp. 40～41）の方法によったが，作業の状況を図3・24～図3・27に示す。なお，—4.5 m岸壁は腐食調査が終了次第直ちに改造工事が進められるため切り取り箇所の補修は行なわなかった。水中切断した鋼矢板片を潜水夫から受取ると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（鋼材片の切り取り，pp. 40～41）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第1報，4-9-2（脱錆，pp. 41）の方法で鋼矢板片の脱錆をした。次に，第1報，4-10（鋼材片の肉厚測定および重量測定，pp. 42）の方法で鋼矢板片の肉厚測定を行なった。

(回) 引き抜いた鋼矢板から切り取った鋼矢板片の場合
引き抜いた鋼矢板から切り取られよ鋼矢板片は図3・
28に示すように鋼矢板の全断面が残っている。港湾技
術研究所へ到着したこのような形状の鋼矢板片はスケー
ラおよびハンマで錆生成物を除去した後、両側面の付け
根付近をカッタで切断する。カッタで切断した鋼矢板片
(平端部および両側面部)は第1報、4-9-2(脱錆、

pp. 41)の方法で脱錆し、次に第1報、4-10(鋼
材片の肉厚測定および重量測定)の方法で肉厚および重
量を測定する。ただし、重量測定は平端部鋼材片のみで
ある。



図 3-24

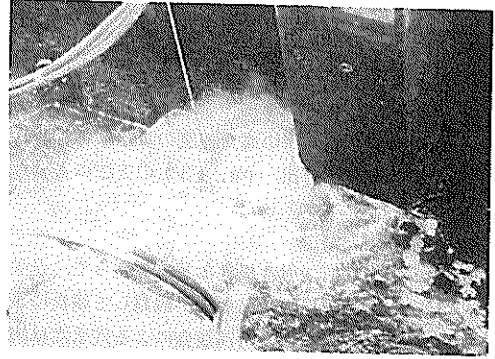


図 3-27

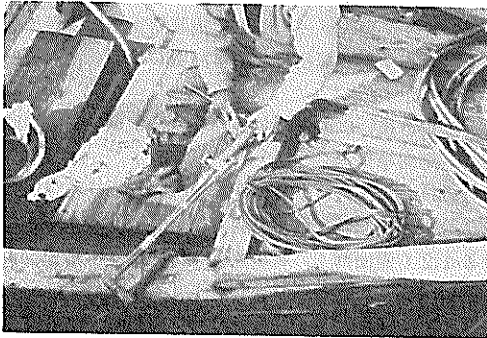


図 3-25

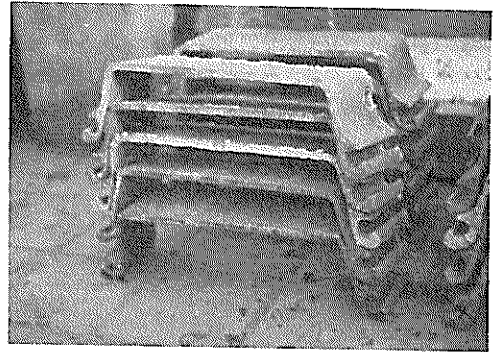


図 3-28

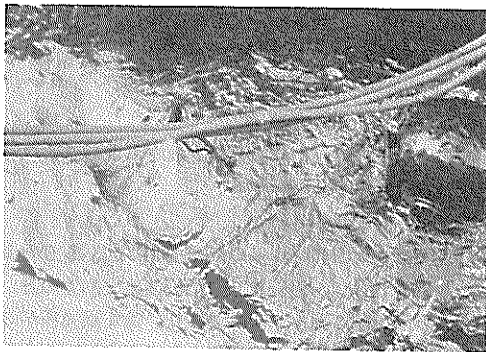


図 3-26

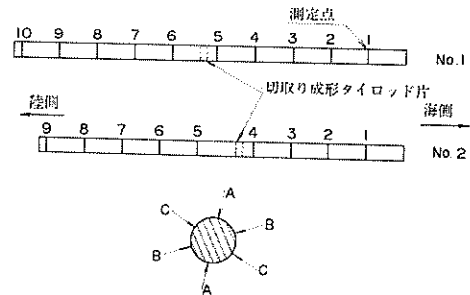


図 3-29 タイロッド片の外径測定箇所
(北浜港 - 4.5 m 岸壁)

3・5・4 タイロッド片の外径測定

2本の切り取りタイロッド片を図3・29に示すように ϕ_1 は10箇所、 ϕ_2 は9箇所においてそれぞれ3方向(A, B, C)より外径をノギスで測定した。また、 ϕ_1 , 2より1箇所図3・29のように成型用小片を切り取って重量測定に供した。外径測定および重量測定は第1報, 4-11-2(外径測定, pp. 43)の方法によった。

3・5・5 腐食速度の算出

鋼矢板およびタイロッドの腐食速度の算出は第1報, 4-12(腐食速度の算出, pp. 43)の方法によった。

3・5・6 観察

肉厚測定, 水中切断, 引き抜きなどに先立って, 全矢板の海底泥面上の鋼矢板面を潜水夫が観察して腐食による損傷箇所を調べる。損傷箇所は腐食による穴または肉厚が非常に薄くなってハンマで叩けば穴があくところとし, 損傷箇所の位置および大きさを記録する。

その他, 海面上の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, pp. 33~34)の方法によった。引き抜いた鋼矢板の観察は引き抜き時および引き抜いて陸上に横たえた直後に行なわれた。このときの観察は肉眼観察と写真撮影(カラー)で鋼矢板の全面について行なわれた。一方, タイロッドの観察は第1報, 4-11-1(観察, pp. 42~43)の方法で切り取らないタイロッドと切り取ったタイロッド片について行なわれた。なお, 引き抜かない鋼矢板の海水中の観察は潜水夫が肉眼で行なった。

3・5・7 材質試験

切り取った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)の方法でC, S, M, P, S, Ni, Cr, Co, の8成分について行なった。

3・5・8 水質試験

水質試験は第1報, 4-13(水質試験 pp. 43~45)の方法によって外観, pH, 比抵抗, Cl^- , 溶存酸素について行なったが, その他全硫酸および SO_4^{2-} についても港湾調査指針(案)に準拠して行なった。その他, 関係資料を収集した。

3・6 調査結果

3・6・1 引き抜かない鋼矢板の肉厚測定結果
超音波式探傷厚み計による引き抜かない鋼矢板の肉厚

測定結果は表3・2の通りである。表3・2よりカタログ肉厚(1.05mm)を初期肉厚として鋼矢板平端部の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。また, 鋼矢板側面部の肉厚減量は表3・4のようになる。

一方, 超音波式共振厚み計による引き抜かない鋼矢板の肉厚測定結果は表3・5の通りである。

3・6・2 引き抜いた鋼矢板の肉厚測定結果

超音波式探傷厚み計による引き抜き鋼矢板の肉厚測定結果は表3・6の通りである。表3・6よりカタログ肉厚(平端部1.05mm)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・7のようになる。また, コンクリート中鋼矢板の肉厚を初期肉厚として鋼矢板の平端部および側面部の肉厚減量と腐食速度を算出すると表3・8のようになる。

3・6・3 切り取り鋼矢板片の肉厚測定結果

(イ) 引き抜かない鋼矢板から切り取った鋼矢板片の肉厚測定結果

引き抜かない鋼矢板から切り取った(水中切断)鋼矢板片のマイクロ・メータによる肉厚測定結果を表3・9に示す。表3・9より算出した肉厚減量および腐食速度を表3・10に示す。

(ロ) 引き抜いた鋼矢板から切り取った鋼矢板片の肉厚測定結果

引き抜いた鋼矢板から切り取った鋼矢板片についてマイクロ・メータによる肉厚測定結果を表3・11(平端部), 表3・12(側面部), 表3・13(側面部)に示す。また, 重量測定より求めた肉厚を表3・14(平端部)に示す。表3・11~表3・14より算出した肉厚減量および腐食速度は表3・15, 表3・16の通りである。

3・6・4 切り取りタイロッド片の外径測定結果

ノギスによる切り取りタイロッド片の外径測定結果は表3・17, 表3・18の通りである。

3・6・5 観察結果

調査岸壁の外観, 切り取り鋼矢板片およびタイロッドについての観察を含む。

(1) 鋼矢板岸壁の外観

延長136mの調査岸壁の海面上は図3・30のようになる。(ただし, 図3・30の上段右は図3・1のB, 図3・30の下段左は図3・1のAであり, 途中鋼矢板が3枚欠損しているところは破壊調査として引き抜いたところである。また, 図3・30のうち上部工直下付近で2箇所

表 3・2 北漢港における鋼矢板肉厚測定結果

超音波式探傷厚み計による*

測定地点	深度 (m)	平 端 部						側 面 部			
		凸 鋼 矢 板			凹 鋼 矢 板			凸 鋼 矢 板		凹 鋼 矢 板	
		②	③	④	⑦	⑧	⑨	①	⑤	⑥	⑩
No 1	+1.8	1 0.2	1 0.4	1 0.3	9.7	1 0.2	1 0.1	8.0	7.5	7.2	7.0
	+1.5	1 0.5	1 0.4	9.4	1 0.0	9.1	1 0.0	6.5	6.9	7.0	7.6
	+1.0	1 0.4	1 0.6	1 0.6	1 0.6	1 0.9	1 0.7	8.6	7.3	6.1	7.9
	+0.5	7.1	7.9	5.1	9.0	8.9	8.7	6.0	8.0	8.1	8.1
	±0.0	8.3	9.0	5.6	9.2	9.0	8.7	5.6	7.7	—	7.1
	-0.5	8.4	9.4	8.4	9.3	8.7	1 0.0	7.1	5.7	7.3	7.1
	-1.0	9.3	8.9	7.9	9.8	8.0	8.2	6.2	6.2	7.1	5.6
	-1.5	8.5	7.2	7.4	7.6	9.0	8.2	6.7	6.0	6.5	6.2
No 2	+1.8	1 0.1	1 0.4	1 0.1	1 0.4	1 0.2	1 0.3	8.0	7.9	8.1	7.6
	+1.5	8.2	1 0.0	8.7	9.9	9.0	9.2	7.2	7.0	7.0	6.0
	+1.0	9.5	1 0.0	1 0.0	1 0.2	1 0.4	1 0.0	8.1	8.4	8.6	7.5
	+0.5	7.2	8.7	7.4	8.5	8.0	8.9	6.1	8.3	8.3	6.2
	±0.0	7.5	8.8	8.6	8.7	7.5	8.1	6.5	6.2	8.4	7.8
	-0.5	7.9	8.9	7.7	8.6	8.8	8.5	6.8	7.0	8.3	8.2
	-1.0	9.0	8.9	7.6	6.7	7.6	7.2	6.6	6.7	6.8	7.5
	-1.5	9.9	1 0.2	1 0.2	1 0.4	1 0.0	1 0.2	8.0	8.6	7.0	9.0
No 3	+1.8	1 0.1	9.8	9.0	9.6	9.7	9.7	6.8	8.8	8.0	6.2
	+1.5	8.3	1 0.3	1 0.3	1 0.0	1 0.2	1 0.1	6.7	8.4	8.2	7.2
	+1.0	8.3	1 0.3	1 0.3	1 0.0	1 0.2	1 0.1	6.7	8.4	8.2	7.2
	+0.5	9.3	9.1	9.4	9.9	1 0.0	8.5	—	7.4	8.4	7.8
	±0.0	7.8	8.9	9.0	9.8	9.5	8.8	7.0	6.6	6.9	8.0
	-0.5	9.9	1 0.5	1 0.4	8.9	1 0.1	8.9	7.6	7.4	6.2	6.2
	-1.0	9.8	1 0.5	9.5	8.5	9.8	—	7.3	7.8	8.0	6.9
	-1.5	9.7	9.4	9.3	9.9	9.1	1 0.0	7.8	5.8	—	7.5
No 4	+1.8	8.2	1 0.2	9.5	8.0	9.4	1 0.1	7.5	8.2	7.9	7.0
	+1.5	1 0.3	9.3	9.5	9.3	1 0.0	9.8	8.4	5.4	6.1	7.2
	+1.0	8.3	6.6	5.5	8.3	9.0	7.0	6.8	6.6	9.0	6.4
	+0.5	8.3	6.6	5.5	8.3	9.0	7.0	6.8	6.6	9.0	6.4
	± 0	9.9	8.9	6.9	1 0.0	8.2	—	8.5	5.9	8.2	7.8
	-0.5	9.4	8.3	7.1	8.6	8.9	8.0	6.1	7.1	7.9	5.4
	-1.0	7.5	9.5	9.2	9.0	9.5	6.3	8.8	6.9	7.1	6.4
	-1.5	8.4	9.3	8.5	8.9	8.2	8.0	7.0	7.2	9.1	6.4
No 5	+1.8	8.9	7.8	6.3	1 0.1	9.3	8.7	6.8	6.1	9.0	8.0
	+1.5	9.3	9.8	8.1	9.7	1 0.2	1 0.1	7.4	7.3	6.9	8.3
	+1.0	9.6	9.0	9.0	1 0.1	9.1	9.3	7.6	7.1	6.5	6.9
	+0.5	9.4	9.7	8.5	1 0.0	1 0.2	1 0.0	6.9	7.0	8.8	7.2
	±0.0	穴	7.3	7.9	9.5	9.4	9.2	6.4	7.1	8.0	5.8
	-0.5	7.6	6.7	7.6	9.6	8.4	9.0	6.0	6.7	8.0	6.3
	-1.0	8.5	8.0	7.6	9.2	9.0	9.1	6.0	6.8	8.0	8.3
	-1.5	7.8	9.1	7.5	9.2	8.9	1 0.1	6.3	7.2	9.0	7.1

* +1.0 m 以上は陸上用
+0.5 m 以下は水中用

表3・3 北湊港における鋼矢板（平端部）腐食量

超音波式探傷厚み計による

測定地点	深度 (m)	初期肉厚 (mm)	現 有 肉 厚 (mm)				肉厚減量 (mm)		腐食速度(mm/yr)	
			凸 鋼 矢 板		凹 鋼 矢 板		凸矢板	凹矢板	凸矢板	凹矢板
			平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	平均値	平均値	平均値
No.1	+1.8	10.5	10.3		10.0		0.2	0.5	0.01	0.01
	+1.5	10.5	10.1		9.7		0.4	0.4	0.01	0.01
	+1.0	10.5	10.5		10.7			-0.2		
	+0.5	10.5	6.7		8.9		3.8	1.6	0.11	0.05
	±0.0	10.5	7.6		9.0		2.9	1.5	0.09	0.04
	-0.5	10.5	8.7		9.3		1.8	1.2	0.05	0.04
	-1.0	10.5	8.7		8.7		1.8	1.8	0.05	0.05
	-1.5	10.5	7.7		8.3		2.8	2.2	0.08	0.06
No.2	+1.8	10.5	10.2		10.3		0.3	0.2	0.01	0.01
	+1.5	10.5	9.0		9.4		1.5	1.1	0.05	0.03
	+1.0	10.5	9.8		10.2		0.7	0.3	0.02	0.01
	+0.5	10.5	7.8		8.5		2.7	2.0	0.08	0.06
	±0.0	10.5	8.0		8.1		2.5	2.4	0.07	0.07
	-0.5	10.5	8.2		8.6		2.3	1.9	0.07	0.06
	-1.0	10.5	8.5		7.2		2.0	3.3	0.06	0.10
	No.3	+1.8	10.5	10.1		10.2		0.4	0.3	0.01
+1.5		10.5	9.6		9.7		0.9	0.8	0.03	0.02
+1.0		10.5	9.6		10.1		0.9	0.4	0.03	0.01
+0.5		10.5	9.3		9.5		1.2	1.0	0.04	0.03
±0.0		10.5	8.6		9.4		1.9	1.1	0.06	0.03
-0.5		10.5	10.3		9.3		0.2	1.2	0.01	0.04
-1.0		10.5	9.9		7.9		0.6	2.6	0.02	0.08
-1.5		10.5	9.5		9.7		1.0	0.8	0.03	0.02
No.4	+1.8	10.5	9.3		9.2		1.2	1.3	0.04	0.04
	+1.5	10.5	9.7		9.7		0.8	0.8	0.02	0.02
	+0.5	10.5	6.8		7.6		3.7	2.9	0.11	0.09
	±0.0	10.5	8.6		8.3		1.9	2.2	0.06	0.06
	-0.5	10.5	8.3		8.5		2.2	2.0	0.06	0.06
	-1.0	10.5	8.7		8.3		1.8	2.2	0.05	0.06
	-1.5	10.5	8.7		8.4		1.8	2.1	0.06	0.06
	No.5	+1.8	10.5	7.7		9.4		2.8	1.1	0.08
+1.5		10.5	9.1		10.0		1.4	0.5	0.04	0.01
+1.0		10.5	9.2		9.5		1.3	1.0	0.04	0.03
+0.5		10.5	9.2		9.6		1.3	0.9	0.04	0.03
±0.0		10.5	穴		9.4			1.1		0.03
-0.5		10.5	7.3		9.0		3.2	1.5	0.09	0.04
-1.0		10.5	8.0		9.1		2.5	1.4	0.07	0.04
-1.5		10.5	8.1		9.4		2.4	1.1	0.07	0.03

表3・4 北湊港における鋼矢板(側面部)の内厚

超音波式探傷厚み計による

測定地点	深度 (m)	現 有 肉 厚 (mm)			
		凸矢板 平均値	凹矢板 平均値	凸 凹 矢 板	
				平均値	標準偏差
No.1	+1.8	7.8	7.1	7.4	
	+1.5	6.7	7.3	7.0	
	+1.0	8.0	7.0	7.5	
	+0.5	7.0	8.1	7.6	
	±0.0	6.7	3.6	5.1	
	-0.5	6.4	7.2	6.8	
	-1.0	6.2	6.4	6.3	
	-1.5	6.4	6.4	6.4	
No.2	+1.8	8.0	7.9	7.9	
	+1.5	7.1	6.5	6.8	
	+1.0	8.3	8.1	8.1	
	+0.5	7.2	7.3	7.2	
	±0.0	6.4	8.1	7.2	
	-0.5	6.9	8.3	7.6	
-1.0	6.7	7.2	6.9		
No.3	+1.8	8.3	8.0	8.2	
	+1.5	7.8	7.1	7.5	
	+1.0	7.6	7.7	7.6	
	+0.5	3.7	8.1	5.9	
	±0.0	6.8	7.5	7.1	
	-0.5	7.5	6.2	6.9	
	-1.0	7.6	7.5	7.5	
	-1.5	6.8	3.8	5.3	
No.4	+1.8	7.9	7.5	7.7	
	+1.5	6.9	6.7	6.8	
	+0.5	6.7	7.7	7.2	
	±0.0	7.2	8.0	7.6	
	-0.5	6.6	6.7	6.7	
	-1.0	7.9	6.8	7.4	
	-1.5	7.1	7.8	7.5	
No.5	+1.8	6.5	8.5	7.5	
	+1.5	7.4	7.6	7.5	
	+1.0	7.4	6.7	7.1	
	±0.0	6.8	6.9	6.9	
	-0.5	6.4	7.2	6.8	
	-1.0	6.4	8.3	7.4	
	-1.5	6.8	8.1	7.5	

表3・5 北湊港における鋼矢板肉厚測定結果

超音波式共振厚み計による

測定地点	深度 (m)	平 端 部					
		凸 鋼 矢 板			凹 鋼 矢 板		
		①	②	③	④	⑤	⑥
No.1	+0.5	—	—	—	—	—	—
	±0.0	—	—	—	—	—	—
	-0.5	—	—	—	—	—	—
	-1.0	—	—	—	—	9.16	—
	-1.5	—	—	—	—	8.78	—
No.3	+0.5	—	—	—	—	—	—
	±0.0	—	—	—	—	—	9.14
	-0.5	—	—	—	—	—	—
	-1.0	9.48	—	—	—	—	—
	-1.5	—	—	—	—	—	—
No.4	+0.5	—	—	—	—	—	—
	±0.0	—	—	—	—	—	—
	-0.5	9.24	8.82	—	—	7.10	—
	-1.0	—	—	—	—	—	—
	-1.5	—	9.08	—	—	—	9.82
No.5	+1.5	—	—	—	9.26	—	—
	+1.0	—	—	—	—	—	—
	+0.5	—	—	—	—	—	—
	±0.0	—	—	—	—	—	—
	-0.5	—	—	—	—	—	—

表3・6 引き抜き鋼矢板の内厚測定結果

超音波式探傷厚み計による

鋼矢板	深度 (m)	環 境	凸 面 部			側 面 部	
			①	②	③	④	⑤
A (凸)	+2.28	コンクリート	10.0	9.9	9.8	7.5	7.4
	+1.8	H.W.L.	8.9	9.4	8.5	6.5	7.1
	+1.4	潮位間	9.9	8.8	9.0	7.0	5.0
	+0.4	海水	6.3	7.0	6.3	5.8	4.9
	+0.3	"	3.8	5.6	6.2	5.2	5.1
	+0.2	"	3.8	4.3	5.1	3.9	5.1
	+0.1	"	3.6	3.9	4.6	4.3	4.8
	±0.0	"	4.4	4.8	6.0	4.8	6.0
	-0.1	"	6.0	6.6	6.8	4.3	6.1
	-1.0	"	8.6	8.6	8.8	5.1	5.8
	-2.0	"	8.3	8.9	8.7	6.1	6.0
	-3.0	"	9.1	9.5	9.6	7.0	7.1
	-4.0	"	9.3	9.4	9.5	6.9	7.0
	-4.5	海底面	8.7	9.5	9.0	6.5	7.0
-5.0	海泥	8.7	9.5	9.4	6.8	7.0	
-6.0	"	9.5	9.6	9.5	7.0	7.0	
-7.0	"	9.5	9.7	9.6	7.4	7.0	
B (凹)	+1.4	潮位間	9.5	9.1	9.3	7.5	6.2
	+1.1	"	10.2	10.2	10.2	7.6	7.3
	-0.5	海水	10.0	10.0	9.7	7.3	7.0
	-1.5	"	9.0	9.7	9.8	6.7	6.3
	-2.5	"	9.8	10.2	10.0	7.5	7.0
	-3.5	"	10.0	9.9	9.9	7.2	7.0
	-5.5	海泥	10.1	10.4	10.4	7.8	7.5
	-6.5	"	10.1	10.4	10.2	7.3	7.3
-7.5	"	10.0	10.4	10.4	7.5	7.5	
C (凸)	+1.4	潮位間	9.0	9.1	7.6	6.0	6.9
	+1.1	"	9.3	10.0	10.0	6.8	8.7
	-0.5	海水	7.7	7.5	7.5	5.1	6.0
	-2.5	"	8.7	9.0	8.8	6.0	6.6
	-3.5	"	8.7	8.9	8.9	6.0	6.9
	-5.5	海泥	9.5	9.6	9.4	6.8	7.4
	-6.5	"	8.9	9.0	9.5	6.7	7.4
	-7.5	"	9.2	9.2	9.5	7.0	7.1

表3・7 引き抜き鋼矢板の腐食量(1)

超音波式探傷厚み計による

鋼矢板	深 度 (m)	凸 面 部				側 面 部					
		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)
			平 均 値	標準偏差				平 均 値	標準偏差		
A (凸)	+2.28	1 0.5	9.9		0.6	0.0 2		7.5			
	+1.8	1 0.5	8.9		1.6	0.0 5		6.8			
	+1.4	1 0.5	9.2		1.3	0.0 4		6.0			
	+0.4	1 0.5	6.5		4.0	0.1 2		5.4			
	+0.3	1 0.5	5.2		5.3	0.1 6		5.2			
	+0.2	1 0.5	4.4		6.1	0.1 8		4.5			
	+0.1	1 0.5	4.0		6.5	0.1 9		4.6			
	±0.0	1 0.5	5.1		5.4	0.1 6		5.4			
	-0.1	1 0.5	6.5		4.0	0.1 2		5.2			
	-1.0	1 0.5	8.7		1.8	0.0 5		5.5			
	-2.0	1 0.5	8.6		1.9	0.0 6		6.1			
	-3.0	1 0.5	9.4		1.1	0.0 3		7.1			
	-4.0	1 0.5	9.4		1.1	0.0 3		7.0			
	-4.5	1 0.5	9.1		1.4	0.0 4		6.8			
-5.0	1 0.5	9.2		1.3	0.0 4		6.9				
-6.0	1 0.5	9.5		1.0	0.0 3		7.0				
-7.0	1 0.5	9.6		0.9	0.0 3		7.2				
B (凹)	+1.4	1 0.5	9.3		1.2	0.0 4		6.9			
	+1.1	1 0.5	1 0.2		0.3	0.0 1		7.5			
	-0.5	1 0.5	9.9		0.6	0.0 2		7.2			
	-1.5	1 0.5	9.5		1.0	0.0 3		6.5			
	-2.5	1 0.5	1 0.0		0.5	0.0 1		7.3			
	-3.5	1 0.5	9.9		0.6	0.0 2		7.1			
	-5.5	1 0.5	1 0.3		0.2	0.0 1		7.7			
	-6.5	1 0.5	1 0.3		0.2	0.0 1		7.3			
-7.5	1 0.5	1 0.3		0.2	0.0 1		7.5				
C (凸)	+1.4	1 0.5	8.6		1.9	0.0 6		6.5			
	+1.1	1 0.5	9.8		0.7	0.0 2		7.8			
	-0.5	1 0.5	7.6		2.9	0.0 9		5.6			
	-2.5	1 0.5	8.8		1.7	0.0 5		6.3			
	-3.5	1 0.5	8.8		1.7	0.0 5		6.5			
	-5.5	1 0.5	9.5		1.0	0.0 3		7.1			
	-6.5	1 0.5	9.1		1.4	0.0 4		7.1			
-7.5	1 0.5	9.3		1.2	0.0 4		7.1				

表 3・8 引き抜き鋼矢板の腐食量(2)

超音波式探傷厚み計による

鋼矢板	深度 (m)	天 端 部				側 面 部			
		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 (凸)	+2.28	9.9	9.9	—	—	7.5	7.5	—	—
	+1.8	9.9	8.9	1.0	0.029	7.5	6.8	0.7	0.021
	+1.4	9.9	9.2	0.7	0.021	7.5	6.0	1.5	0.044
	+0.4	9.9	6.5	3.4	0.100	7.5	5.4	2.1	0.062
	+0.3	9.9	5.2	4.7	0.138	7.5	5.2	2.3	0.068
	+0.2	9.9	4.4	5.5	0.162	7.5	4.5	3.0	0.088
	+0.1	9.9	4.0	5.9	0.174	7.5	4.6	2.9	0.085
	±0.0	9.9	5.1	4.8	0.141	7.5	5.4	2.1	0.062
	-0.1	9.9	6.5	3.4	0.100	7.5	5.2	2.3	0.068
	-1.0	9.9	8.7	1.2	0.035	7.5	5.5	2.0	0.059
	-2.0	9.9	8.6	1.3	0.038	7.5	6.1	1.4	0.041
	-3.0	9.9	9.4	0.5	0.016	7.5	7.1	0.4	0.012
	-4.0	9.9	9.4	0.5	0.016	7.5	7.0	0.5	0.016
	-4.5	9.9	9.1	0.8	0.024	7.5	6.8	0.7	0.021
	-5.0	9.9	9.2	0.7	0.021	7.5	6.9	0.6	0.018
	-6.0	9.9	9.5	0.4	0.012	7.5	7.0	0.5	0.016
	-7.0	9.9	9.6	0.3	0.009	7.5	7.2	0.3	0.009

表 3・9 水中切断した鋼矢板片の肉厚測定結果

北浜港(34年経過)
マイクロ・メータによる

No	水深 (m)	肉 厚 測 定 値 (mm)				
		平均値	標準偏差	最大値	最小値	最大最小値の差
1	±0.0凸	4.979	0.572	6.032	3.946	2.086
	±0.0凹	10.576	0.236	10.984	10.028	0.956
2	±0.0凸	4.298	0.413	4.760	3.282	1.478
	±0.0凹	9.026	0.256	9.440	8.586	0.854
3	±0.0凸	8.278	0.278	8.930	7.820	1.110
	±0.0凹	9.762	0.256	10.284	9.340	0.944
4	±0.0凸	7.253	0.316	7.898	6.468	1.430
	±0.0凹	10.484	0.248	10.808	9.986	0.822
5	±0.0凸	1.982	1.196	3.986	0.392	3.594
	±0.0凹	10.031	0.344	10.694	9.322	1.372

表 3・10 水中切断した鋼矢板片の腐食量(平端部)

北浜港(34年経過)
マイクロ・メータによる

鋼材片 No	深 度 (m)	肉厚減少量 (mm)		腐 食 速 度 (mm/yr)	
		(1)	(2)	(1)	(2)
1 (凸)	±0.0	5.52	5.32	0.162	0.156
	1 (凹)	0	0	0	0
2 (凸)	±0.0	6.20	5.90	0.182	0.174
	2 (凹)	1.47	1.27	0.043	0.037
3 (凸)	±0.0	2.22	1.82	0.065	0.054
	3 (凹)	0.74	0.44	0.022	0.013
4 (凸)	±0.0	3.25	2.05	0.096	0.060
	4 (凹)	0.02	0	0	0
5 (凸)	±0.0	8.52	7.12	0.252	0.209
	5 (凹)	0.47	0	0.014	0

- (1) 初期肉厚を10.5mmとした場合
(2) 初期肉厚をコンクリート中鋼矢板の肉厚とした場合

表3・11 引き抜き鋼矢板の内厚(平端部)

北湊港(34年経過)
マイクロ・メータによる

板	水深 (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
B (凹)	+2.28	11.481	0.192	11.828	10.462	1.366
	+1.80	10.550	0.847	11.962	8.186	3.776
	+0.50	10.570	0.357	11.116	9.544	1.572
	+0.40	10.641	0.448	11.494	9.940	1.554
	+0.30	10.560	0.463	11.186	8.934	2.252
	+0.20	10.737	0.433	11.600	9.220	2.380
	+0.10	10.692	0.456	11.560	9.500	2.060
	±0.00	10.678	0.470	11.692	9.294	2.398
	-0.10	10.667	0.394	11.168	9.210	1.958
	-1.00	10.628	0.329	11.590	9.790	1.800
	-2.00	10.548	0.421	11.246	9.018	2.228
	-3.00	11.183	0.146	11.508	10.676	0.832
	-4.00	11.209	0.165	11.706	10.784	0.922
	-4.50	11.458	0.089	11.660	11.204	0.456
	-5.00	11.547	0.080	11.772	11.232	0.540
	-6.00	11.752	0.085	11.910	11.512	0.398
	-7.00	11.677	0.133	11.886	10.900	0.986
C (凸)	+2.28	9.776	0.286	10.196	8.532	1.664
	+1.80	8.745	0.559	9.692	6.680	3.012
	+0.50	8.627	1.545	9.906	1.940	7.966
	+0.40	5.464	1.684	7.968	1.416	6.552
	+0.30	2.017	0.953	4.330	0.374	3.956
	+0.20	0.835	0.247	1.290	0.250	1.040
	+0.10	1.240	0.438	1.906	0.428	1.478
	±0.00	1.895	0.619	2.940	0.606	2.334
	-0.10	3.256	0.641	4.428	2.048	2.380
	-1.00	8.580	0.327	9.048	7.344	1.704
	-2.00	9.027	0.516	9.656	7.496	2.160
	-3.00	9.889	0.184	10.326	9.314	1.012
	-4.00	9.747	0.131	10.016	9.396	0.620
	-4.50	10.019		10.290	9.732	0.558
	-5.00	10.031	0.183	10.310	9.598	0.712
	-6.00	10.305	0.131	10.550	9.950	0.600
	-7.00	10.171	0.137	10.612	9.712	0.900

表3・12 引き抜き鋼矢板の内厚(側面部)

北湊港(34年経過)
マイクロ・メータによる

板	水深 (m)	左右	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
+2.28		左	8.359		8.644	7.926	0.718
		右	8.240	0.263	8.718	7.786	0.932
+1.80		左	6.859	0.682	8.016	5.662	2.354
		右	6.705	0.741	7.784	5.106	2.678
+0.50		左	7.000	0.198	7.244	6.556	0.688
		右	7.042	0.187	7.370	6.814	0.556
+0.40		左	6.706	0.165	7.000	6.460	0.540
		右	6.870	0.095	7.078	6.704	0.374
+0.30		左	6.997	0.253	7.430	6.712	0.718
		右	6.596	0.242	6.900	5.938	0.962
+0.20		左	7.017	0.201	7.396	6.534	0.862
		右	6.353	0.400	6.910	5.716	1.194

B (凹)	水深 (m)	左右	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
+0.10		左	6.796	0.145	7.044	6.520	0.524
		右	6.705	0.132	6.954	6.460	0.494
±0.00		左	7.182	0.258	7.226	6.614	0.612
		右	6.808	0.263	7.272	6.300	0.972
-0.10		左	7.258	0.290	7.750	6.716	1.034
		右	6.985	0.325	7.950	6.524	1.426
-1.00		左	6.994	0.189	7.290	6.414	0.876
		右	6.968	0.223	7.364	6.620	0.744
-2.00		左	7.263	0.321	7.724	6.600	1.124
		右	7.041	0.232	7.408	6.432	0.976
-3.00		左	7.714	0.207	7.982	7.272	0.710
		右	8.070	0.221	8.384	7.682	0.702
-4.00		左	7.854	0.262	8.226	7.504	0.722
		右	7.542	0.311	8.034	7.124	0.910
-4.50		左	7.905	0.155	8.234	7.574	0.660
		右	7.957	0.344	8.470	7.362	1.108
-5.00		左	5.802	0.205	6.170	5.280	0.890
		右	7.966	0.242	8.456	7.524	0.932
-6.00		左	6.245	0.215	6.646	5.810	0.836
		右	7.920	0.174	8.216	7.630	0.586
-7.00		左	8.194	0.182	8.490	7.804	0.686
		右	8.049	0.185	8.344	7.776	0.568

表3・13 引き抜き鋼矢板の内厚測定結果(側面部)

北湊港(34年経過)
マイクロ・メータによる

板	水深 (m)	左右	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
+2.28		左	7.093	0.384	7.620	6.314	1.306
		右	7.723	0.269	8.072	7.006	1.066
+1.80		左	6.193	0.412	6.900	5.414	1.486
		右	6.676	0.488	7.948	5.856	2.092
+0.50		左	5.197	0.413	5.664	4.178	1.486
		右	5.108	0.551	5.760	4.182	1.578
+0.40		左	3.853	0.725	4.976	3.096	1.880
		右	4.654	0.348	5.150	3.900	1.250
+0.30		左	3.827	0.458	4.284	2.816	1.468
		右	3.750	0.356	4.470	3.034	1.436
+0.20		左	3.894	0.373	4.210	3.072	1.138
		右	4.442	0.527	5.458	3.614	1.844
+0.10		左	4.184	0.265	4.534	3.674	0.860
		右	4.429	0.607	5.426	3.328	2.098
±0.00		左	4.593	0.476	5.386	4.182	1.204
		右	4.296	0.176	4.564	3.826	0.738
-0.10		左	3.865	0.246	4.048	3.244	0.804
		右	4.494	0.404	5.068	3.500	1.568
-1.00		左	5.808	0.200	6.074	5.168	0.906
		右	8.015	0.290	8.556	7.518	1.038
-2.00		左	4.519	0.839	5.940	3.020	2.920
		右	8.149	0.223	8.460	7.792	0.668
-3.00		左	6.649	0.188	6.984	6.276	0.708
		右	7.068	0.283	7.362	6.186	1.176
-4.00		左	6.693	0.268	7.100	6.234	0.866
		右	7.040	0.312	7.596	6.322	1.274
-4.50		左	6.756	0.288	7.224	6.220	1.004
		右	7.077	0.238	7.440	6.528	0.912
-5.00		左	6.829	0.383	7.374	6.106	1.268
		右	7.459	0.251	7.810	7.026	0.784
-6.00		左	6.886	0.302	7.314	6.406	0.908
		右	7.520		7.842	7.258	0.584
-7.00		左	6.988	0.303	7.348	6.192	1.156
		右	7.474	0.188	7.766	7.068	0.698

表 3・14 引き抜き鋼矢板の肉厚(平端部)

北浜港(34年経過)
重量測定による

No.	水深 (m)	形状寸法(mm)				表面積 (cm ²)	重量 (g)	肉厚 (mm)
		a	b	c	d			
B (凹)	+2.28	98.0	97.0	272.8	272.8	265.98	2,350.0	11.241
	+1.80					169.82	1,347.0	10.092
	+0.50	73.6	73.2	274.7	274.1	201.41	1,625.5	10.268
	+0.40	70.3	70.5	274.2	273.6	192.83	1,576.5	10.402
	+0.30	68.7	68.2	271.2	271.3	185.67	1,514.6	10.378
	+0.20	69.7	69.1	270.0	270.5	187.55	1,541.3	10.455
	+0.10	71.0	71.4	272.3	274.3	194.59	1,592.5	10.412
	±0.00			271.3	273.8		1,552.0	
	-0.10	72.3	72.3	256.9	250.2	183.35	1,514.5	9.516
	-1.00	96.4	98.4	281.0	281.0	273.69	2,230.0	10.366
	-2.00	98.0	96.8	279.4	278.0	271.45	2,167.0	10.156
	-3.00	99.0	98.8	276.6	281.8	276.13	2,366.0	10.901
	-4.00	96.6	95.8	276.8	276.2	265.99	2,299.5	10.998
	-4.50	96.4	96.4	280.2	280.6	270.31	2,389.0	11.244
	-5.00	97.4	97.2	277.0	276.4	269.23	2,395.0	11.317
	-6.00	96.4	96.8	283.6	281.8	273.09	2,469.0	11.502
	-7.00	97.0	98.8	280.6	281.4	275.10	2,478.0	11.460
	C (凸)	+2.28	96.0	97.4	276.6	276.8	267.57	2,007.0
+1.80		96.8	96.4	276.2	280.2	268.74	1,803.5	8.538
+0.50		74.0	72.6	306.0	304.8	223.7	1,414.8	8.046
+0.40		70.2	69.6				661.0	
+0.30		67.9	69.6				195.6	
+0.20							14.4	
+0.10		72.8	71.8				88.1	
±0.00		70.9	68.9				208.3	
-0.10		67.0	69.4	270.6	269.3	184.1	430.7	2.976
-1.00		100.0	99.0	277.2	282.4	278.40	1,807.0	8.241
-2.00		97.0	96.6	271.8	270.2	262.33	1,809.0	8.763
-3.00		98.2	96.4	274.2	277.0	268.16	2,027.0	8.582
-4.00		97.4	98.4	274.4	273.8	268.34	2,014.0	9.548
-4.50		97.4	96.8	279.0	279.2	271.01	2,089.5	9.809
-5.00		98.4	97.0	278.4	277.0	271.31	2,089.5	9.798
-6.00		98.6	97.8	277.2	274.0	270.64	2,123.0	9.980
-7.00		96.6	95.8	278.8	278.8	268.21	2,096.0	9.942

表3・15 引き抜き鋼矢板の腐食量(平端部)

北湊港(34年経過)

No.	水深 (m)	マイクロ・メータによる				重量測定による			
		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)
B (凹)	+2.28	-0.981	—	0	—	-0.741	—	0	—
	+1.80	-0.050	0.931	0	0.027	0.408	1.149	0.012	0.034
	+0.50	-0.570	0.911	0	0.027	0.232	0.973	0.007	0.029
	+0.40	-0.141	0.840	0	0.025	0.098	0.839	0.003	0.025
	+0.30	-0.060	0.921	0	0.027	0.122	0.863	0.004	0.025
	+0.20	-0.237	0.744	0	0.022	0.045	0.786	0.001	0.023
	+0.10	-0.192	0.789	0	0.023	0.088	0.829	0.003	0.024
	±0.00	-0.178	0.803	0	0.024				
	-0.10	-0.167	0.814	0	0.024	0.984	1.725	0.029	0.051
	-1.00	-0.128	0.853	0	0.025	0.134	0.875	0.004	0.026
	-2.00	-0.048	0.933	0	0.027	0.344	1.085	0.010	0.032
	-3.00	-0.683	0.298	0	0.009	-0.401	0.340	0	0.010
	-4.00	-0.709	0.272	0	0.008	-0.498	0.243	0	0.007
	-4.50	-0.958	0.023	0	0.001	-0.744	-0.003	0	0
	-5.00	-1.047	-0.066	0	0	-0.817	-0.076	0	0
	-6.00	-1.252	-0.271	0	0	-1.002	-0.261	0	0
-7.00	-1.177	-0.196	0	0	-0.960	-0.219	0	0	
C (凸)	+2.28	0.724	—	0.021	—	0.957	—	0.028	—
	+1.80	1.755	1.031	0.052	0.030	1.962	1.005	0.058	0.030
	+0.50	1.873	1.149	0.055	0.034	2.454	1.497	0.072	0.044
	+0.40	5.036	4.312	0.148	0.127				
	+0.30	8.483	7.759	0.250	0.228				
	+0.20	9.665	8.941	0.284	0.263				
	+0.10	9.260	8.020	0.272	0.236				
	±0.00	8.605	7.881	0.253	0.232				
	-0.10	7.244	6.520	0.213	0.192	7.524	6.567	0.221	0.193
	-1.00	1.920	1.196	0.057	0.035	2.259	1.302	0.066	0.038
	-2.00	1.473	0.749	0.043	0.022	1.737	0.780	0.051	0.023
	-3.00	0.611	-0.113	0.018	0	1.918	0.961	0.056	0.028
	-4.00	0.753	0.029	0.022	0.001	0.952	-0.005	0.028	0
	-4.50	0.481	-0.243	0.014	0	0.691	-0.266	0.020	0
	-5.00	0.469	-0.255	0.014	0	0.702	-0.255	0.021	0
	-6.00	0.195	-0.529	0.006	0	0.520	-0.437	0.015	0
-7.00	0.329	-0.395	0.010	0	0.558	-0.399	0.016	0	

- (1) 初期肉厚をカタログ厚1.05mmとしたとき
(2) 初期肉厚をコンクリート中の肉厚としたとき

表3・16 引き抜き鋼矢板の腐食量(側面部)

北浜港(34年経過)
マイクロ・メータによる

No.	深度 (m)	肉厚減量(mm)			腐食速度(mm/yr)		
		左	右	左右	左	右	左右
B (凹)	+2.28	—	—	—	—	—	—
	+1.80	1.500	1.535	1.518	0.044	0.045	0.045
	+0.50	1.359	1.198	1.279	0.040	0.035	0.038
	+0.40	1.653	1.370	1.512	0.049	0.040	0.045
	+0.30	1.362	1.644	1.503	0.040	0.048	0.044
	+0.20	1.342	1.887	1.615	0.040	0.056	0.048
	+0.10	1.563	1.535	1.549	0.046	0.045	0.046
	±0.00	1.177	1.432	1.305	0.035	0.042	0.038
	-0.10	1.101	1.255	1.178	0.032	0.037	0.035
	-1.00	1.365	1.272	1.319	0.040	0.037	0.039
	-2.00	1.096	1.199	2.148	0.032	0.035	0.063
	-3.00	0.645	0.170	0.408	0.019	0.005	0.012
	-4.00	0.505	0.698	0.602	0.015	0.021	0.018
	-4.50	0.454	0.283	0.369	0.013	0.008	0.011
	-5.00	2.557	0.274	1.416	0.075	0.008	0.042
	-6.00	2.114	0.320	1.217	0.062	0.009	0.036
-7.00	0.165	0.191	0.178	0.005	0.006	0.005	
C (凸)	+2.28	—	—	—	—	—	—
	+1.80	0.900	1.047	0.973	0.026	0.031	0.029
	+0.50	1.896	2.615	2.255	0.056	0.077	0.066
	+0.40	3.240	3.069	3.154	0.095	0.090	0.093
	+0.30	3.266	3.973	3.619	0.096	0.117	0.106
	+0.20	3.199	3.281	3.240	0.094	0.097	0.095
	+0.10	2.909	3.294	3.107	0.086	0.097	0.091
	±0.00	2.500	3.427	2.963	0.074	0.101	0.087
	-0.10	3.228	3.229	3.228	0.095	0.095	0.095
	-1.00	1.285	-0.292	0.496	0.038	0	0.015
	-2.00	2.574	-0.426	1.074	0.076	0	0.032
	-3.00	0.444	0.655	0.549	0.013	0.019	0.016
	-4.00	0.400	0.683	0.541	0.012	0.020	0.016
	-4.50	0.337	0.646	0.491	0.010	0.019	0.014
	-5.00	0.264	0.264	0.264	0.008	0.008	0.008
	-6.00	0.207	0.203	0.205	0.006	0.006	0.006
-7.00	0.105	0.249	0.177	0.003	0.007	0.005	

表3・17 タイロッドの外径測定結果

北浜港(34年経過)

ロッド No.	延長方向 測定点		外 径 (mm)				ロッド No.	延長方向 測定値		外 径 (mm)			
			①	②	③	平均				①	②	③	平均
1	1	A	49.7	49.8	49.7	49.7	2	1	A	50.2	50.2	50.2	50.2
		B	49.4	49.4	49.4	49.4			B	49.7	49.7	49.7	49.7
		C	49.7	49.7	49.7	49.7			C	49.6	49.6	49.7	49.6
1	2	A	50.1	50.1	50.0	50.1	2	2	A	50.0	50.0	50.0	50.0
		B	49.9	49.7	49.8	49.8			B	49.6	49.6	49.6	49.6
		C	50.4	50.4	50.4	50.4			C	49.4	49.5	49.4	49.4
1	3	A	50.2	50.2	50.2	50.2	2	3	A	49.9	49.9	49.9	49.9
		B	49.3	49.2	49.2	49.2			B	49.5	49.4	49.4	49.4
		C	49.9	49.9	49.9	49.9			C	49.4	49.4	49.5	49.4
1	4	A	50.1	50.1	50.1	50.1	2	4	A	50.0	50.0	50.0	50.0
		B	49.0	49.0	49.0	49.0			B	49.1	49.1	49.2	49.1
		C	49.7	49.8	49.8	49.8			C	49.8	49.8	49.8	49.8
1	5	A	49.9	49.8	49.8	49.8	2	5	A	50.2	50.1	50.0	50.1
		B	49.3	49.3	49.3	49.3			B	49.7	49.6	49.7	49.7
		C	49.8	49.8	49.7	49.8			C	49.5	49.5	49.5	49.5
1	6	A	49.9	49.8	49.9	49.9	2	6	A	49.7	49.7	49.6	49.7
		B	49.4	49.4	49.4	49.4			B	50.0	50.0	50.0	50.0
		C	50.2	50.2	50.2	50.2			C	49.4	49.4	49.4	49.4
1	7	A	49.9	49.9	49.9	49.9	2	7	A	49.7	49.7	49.7	49.7
		B	49.0	49.2	49.2	49.1			B	50.0	50.0	50.1	50.0
		C	50.5	50.5	50.5	50.5			C	49.8	49.8	49.7	49.8
1	8	A	49.9	49.9	49.8	49.9	2	8	A	49.6	49.6	49.6	49.6
		B	49.9	49.9	49.9	49.9			B	49.6	49.6	49.6	49.6
		C	50.4	50.4	50.4	50.4			C	49.2	49.2	49.2	49.2
1	9	A	49.8	49.8	49.8	49.8	2	9	A	49.9	49.9	50.0	49.9
		B	49.9	49.9	49.9	49.9			B	49.8	49.9	49.8	49.8
		C	50.2	50.2	50.2	50.2			C	49.3	49.3	49.3	49.3
平均値			49.8	標準偏差		0.381	2	10	A	49.2	49.2	49.2	49.2
									B	49.8	49.7	49.8	49.8
									C	49.4	49.3	49.4	49.4
							平均値		49.7	標準偏差		0.285	

表3・18 成形タイ・ロッド片についての測定値

	外 径(mm) ¹⁾		肉 厚(mm) ²⁾		重 量(g)	
	板 1	板 2	板 1	板 2	板 1	板 2
1	4 9.6	4 9.4	21.088	19.038	322.43	286.12
2	4 9.6	4 9.2	21.076	19.010		
3	5 0.1	4 9.5	21.400	18.970		
4	5 0.1	4 9.6	21.400	18.944		
5	4 9.0	4 9.9	20.856	18.952		
6	4 9.8	4 9.8	21.160	18.996		
7	4 9.9	4 9.4	21.274	19.022		
8	4 9.4	4 9.1	21.400	18.956		
9	4 9.6	4 9.8	21.418	18.948		
10	4 9.9	4 9.5	21.008	19.056		
11	5 0.2	4 9.5	21.210	19.054		
12	4 9.9	4 9.4	21.282	19.000		
13			21.444	19.000		
14			21.532	19.004		
15			21.540	18.988		
16			21.594	19.030		
17			21.628	18.880		
18			21.488	18.940		
19			21.350	19.006		
20			21.152	19.010		
21			21.548	19.032		
平均値	4 9.8	4 9.5	21.326	18.992	4 9.5	4 9.4
標準偏差	0.3 2 9	0.2 2 9	0.205	0.056		

1) : ノギスによる測定値

2) : 両球型マイクロ・メータによる測定値

1) : ノギスによる測定値

2) : 両球型マイクロ・メータによる測定値

に見られるコンクリート穴は排水口である。図3・30に示すように海水面上の鋼矢板面には腐食による侵食箇所はとくに見られない。凸面は付着物もほとんどなく綺麗な平滑面であるが、凹面および側面には黒っぽい付着物

が見られる。これに対して海水面下の全鋼矢板面を潜水夫が肉眼で観察すると図3・31に示すように凸矢板面の特定の深度のみに腐食が集中した現象が見られる。図3・31によれば腐食が集中している深度は大体天端から2.1 m～2.7 m付近である。図3・2に示すように天端の深度が+2.5 5 mであるから侵食箇所は+0.4 5 m～-0.2 mの範囲になる。また、深度が+0.4 5 m～-0.2 mであっても腐食のひどいのは凸面に限られている。

(2) 引き抜き鋼矢板面

引き抜いた凹鋼矢板(板B)面を図3・32に、凸鋼矢板(板C)面を図3・33に示す。図3・33に示すように凸鋼矢板の+0.4 5 m～-0.2 mでは平端部のみが腐食のために4 0～5 0 cm長さ(深度方向)穴があいているが、図3・32の凹鋼矢板では±0.0 m付近に腐食が集中した形跡は全く見られない。一方、側面部は凸、凹鋼矢板とも腐食による被害はほとんど見られない。

(3) 切り取り鋼矢板片

切り取り鋼矢板の断面を図3・34～図3・36に示す。

(4) 切り取りタイロッド片

切り取ったタイロッド面を図3・37、図3・38に示す。

3・6・6 材質試験結果

鋼矢板およびタイロッドの材質試験結果は表3・19の通りである。

3・6・7 水質試験結果

採水した試水の水質試験結果は表3・20、表3・21の通りである。

参考として、付図3・1の地点の潮位変化例を付図3・2に示す。

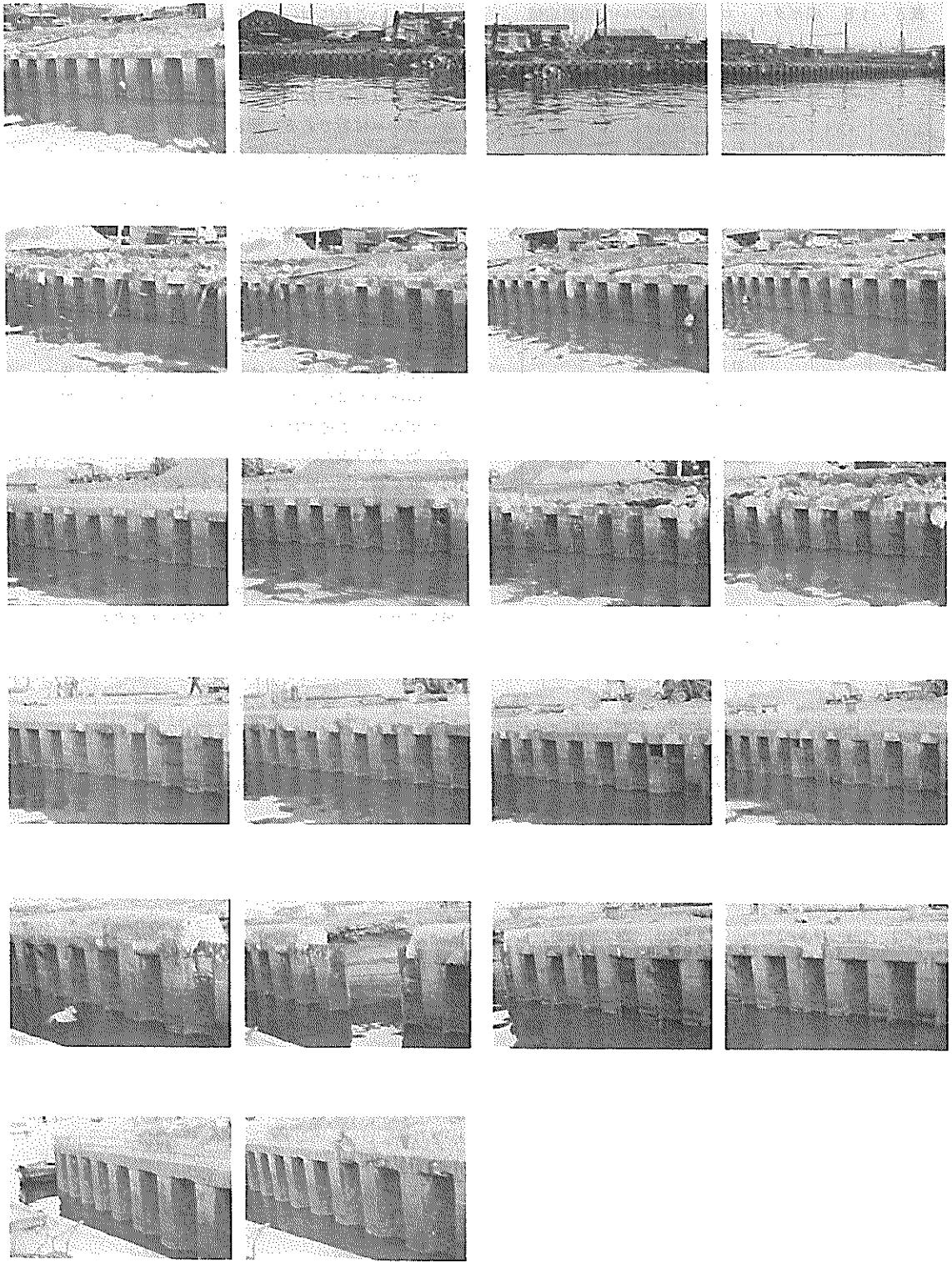


圖 3 · 3 0 海水上鋼矢板 (北澳港, 3 4 年經過)

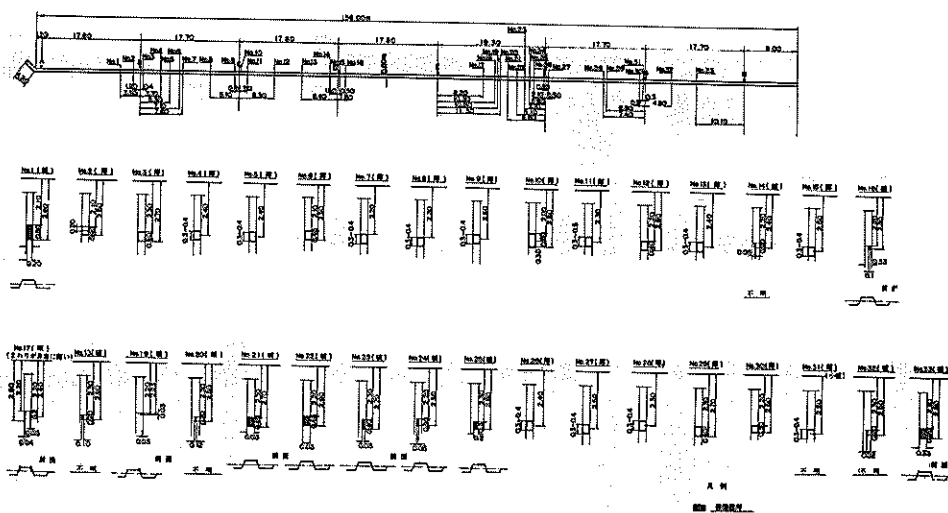


図3・31 北浜港—4.5 m岸壁損傷状況調査図 天端からの距離 (m)

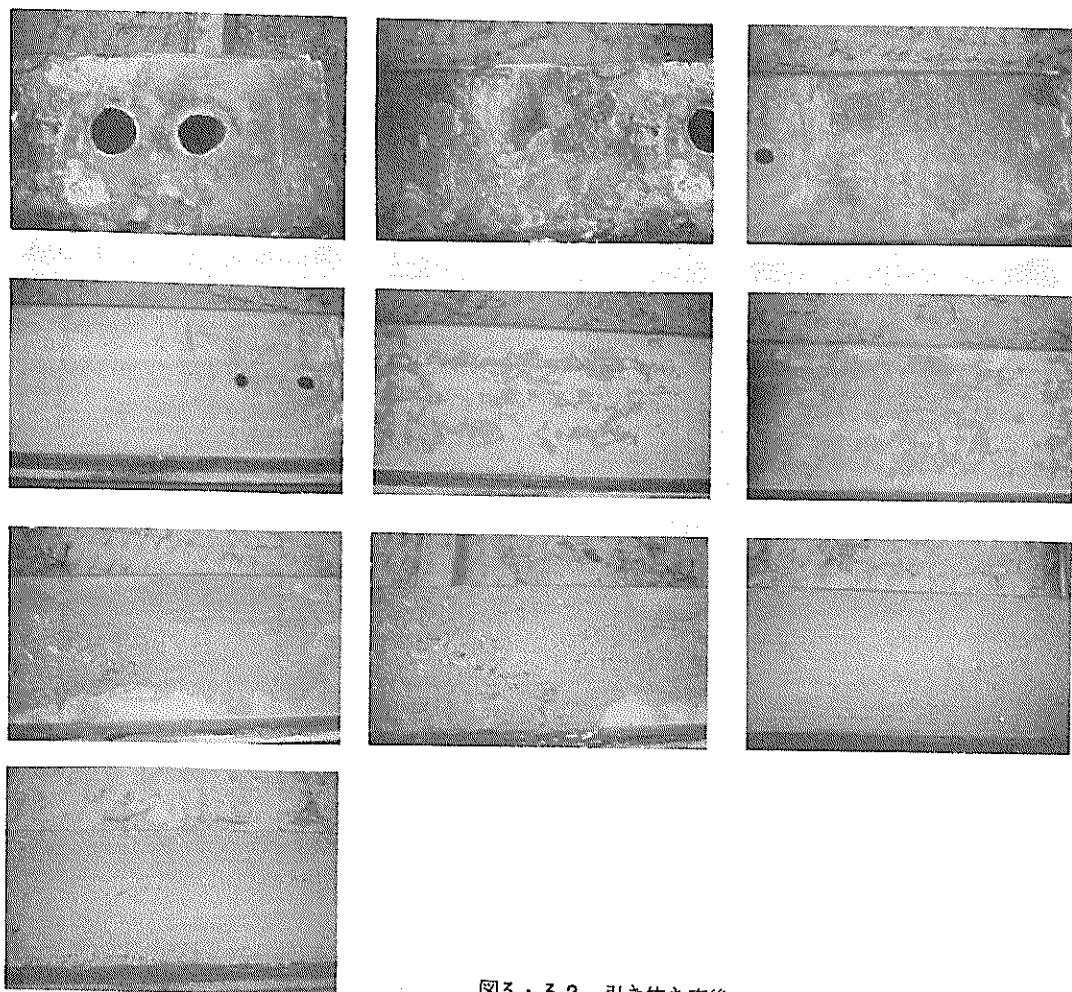


図3・32 引き抜き直後の凹鋼矢板面(陸側)

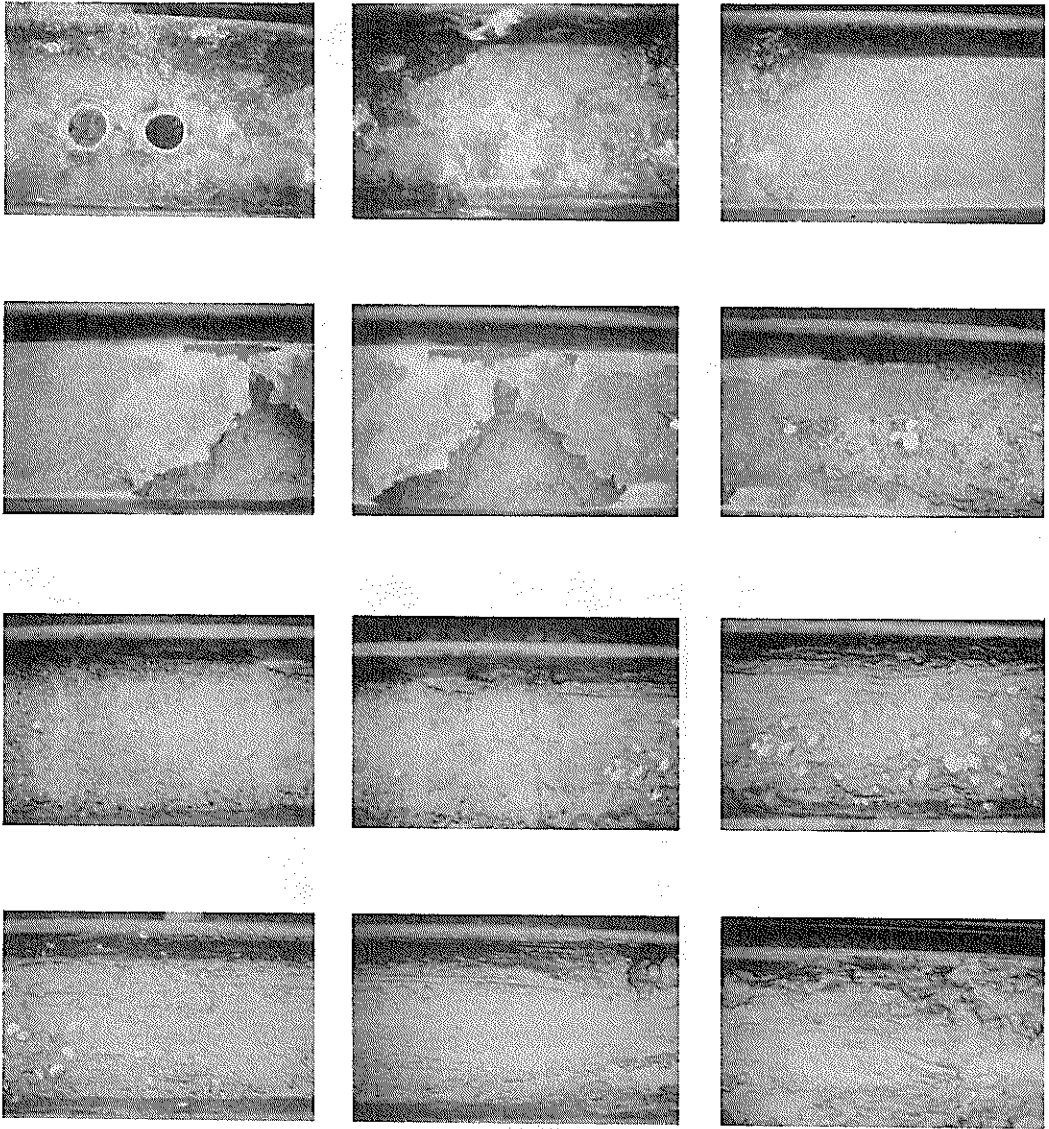
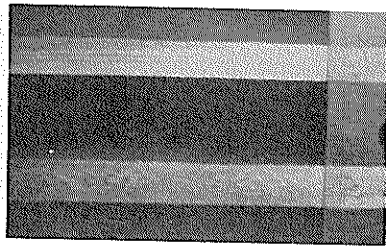
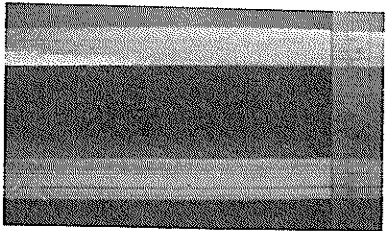


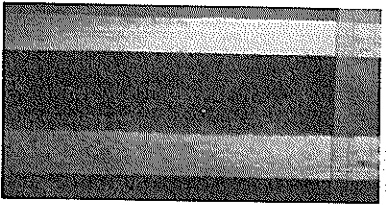
図3・33 引き抜き直後の凸鋼矢板面（陸側）



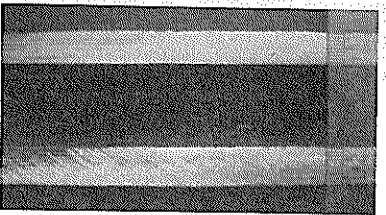
+2.28 m (コンクリート中)



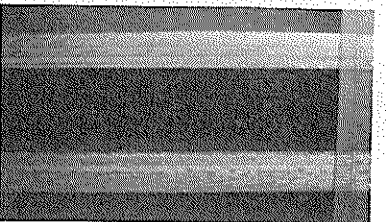
+1.80 m (H.W.L.)



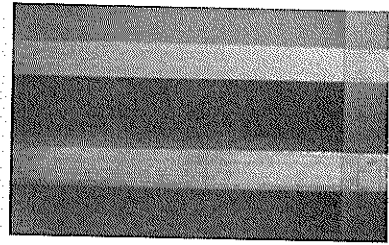
-1.0 m (海水中)



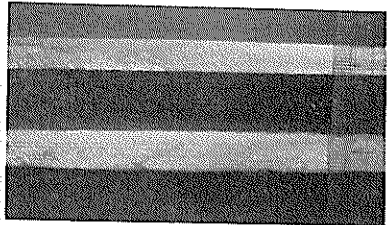
-2.0 m (海水中)



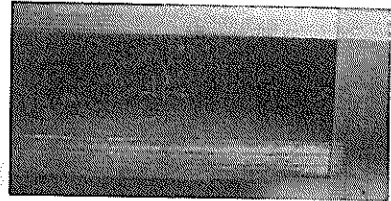
-3.0 m (海水中)



-4.0 m (海水中)



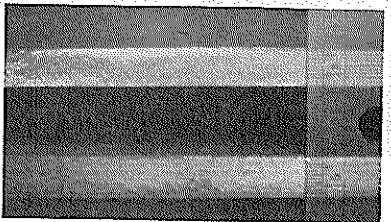
-4.5 m (海底泥層面付近)



-5.0 m (海泥中)

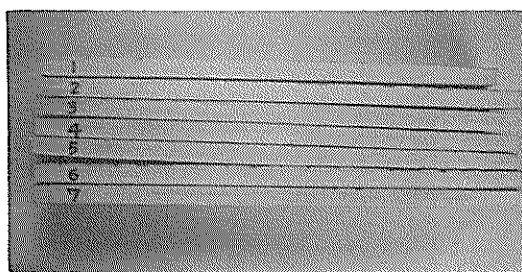


-6.0 m (海泥中)

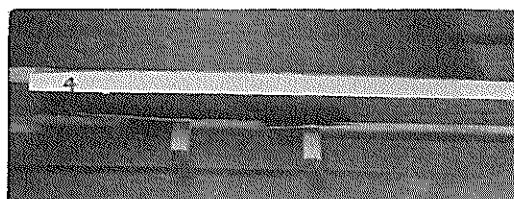


-7.0 m (海泥中)

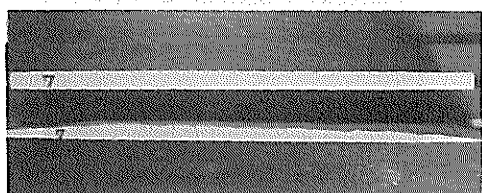
図3・34 引き抜き鋼矢板の切断面(1) (平端部)
(上:凸矢板, 下:凹矢板)



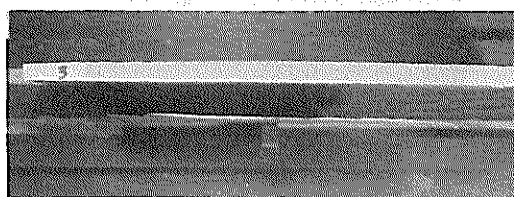
凹矢板 7 : +0.5 m 4 : +0.2 m 1 : -0.1 m
 6 : +0.4 m 3 : +0.1 m
 5 : +0.3 m 2 : ±0.0 m



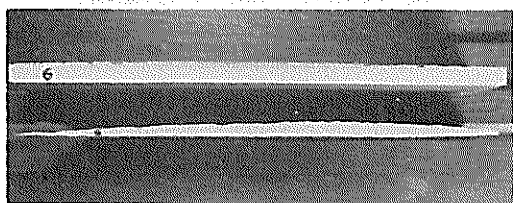
+0.2 m 上：凹矢板
 下：凸矢板



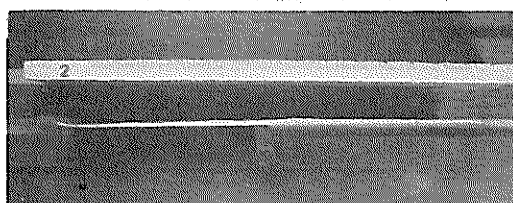
+0.5 m 上：凹矢板
 下：凸矢板



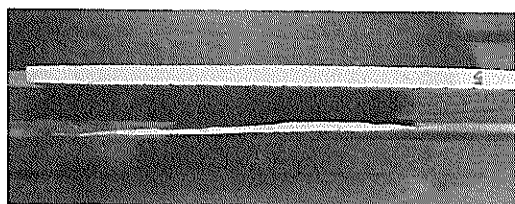
+0.1 m 上：凹矢板
 下：凸矢板



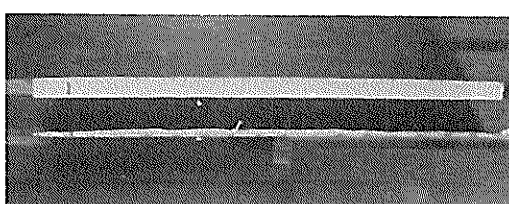
+0.4 m 上：凹矢板
 下：凸矢板



±0.0 m 上：凹矢板
 下：凸矢板

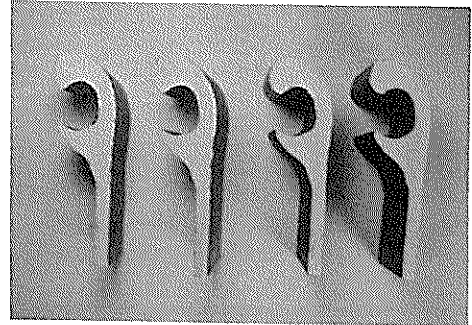
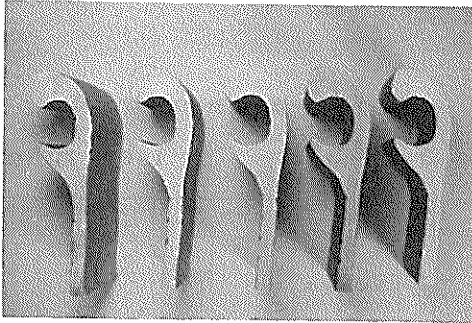
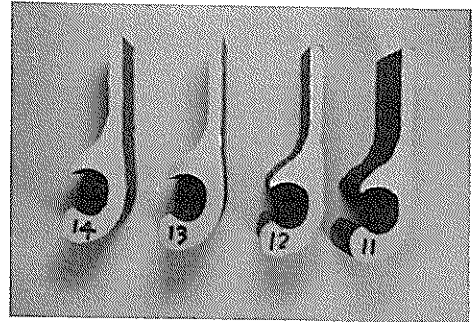
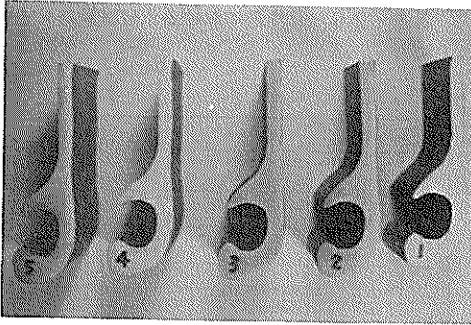


+0.3 m 上：凹矢板
 下：凸矢板

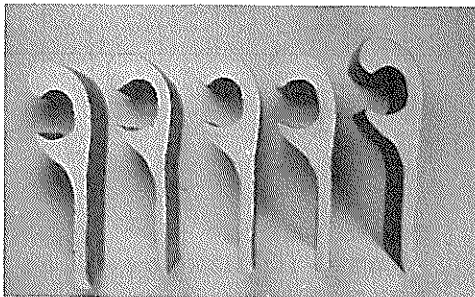
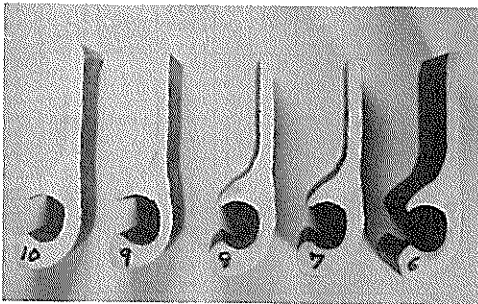


-0.1 m 上：凹矢板
 下：凸矢板

図3・35 引き抜き鋼矢板の切断面(2) (平端部)



11, 12, 13, 14, の裏



6, 7, 8, 9, 10, の裏

№	深度(m)	左右
1	-0.1	左
2	±0.0	左
3	+0.1	左
4	+0.2	左
5	+0.3	左
6	+0.4	左
7	+0.5	左
8	-0.1	右
9	±0.0	右
10	+0.1	右
11	+0.2	右
12	+0.3	右
13	+0.4	右
14	+0.5	右

図3・36 引き抜き鋼矢板の切断面(3) (爪部)

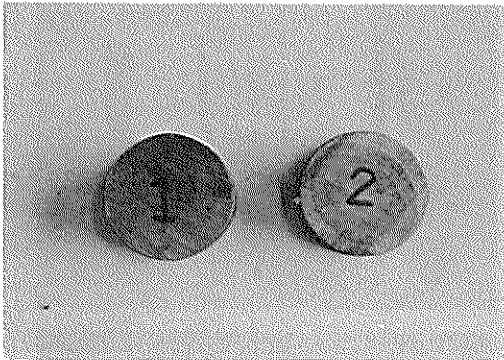


図3・37 タイロッド片(1)

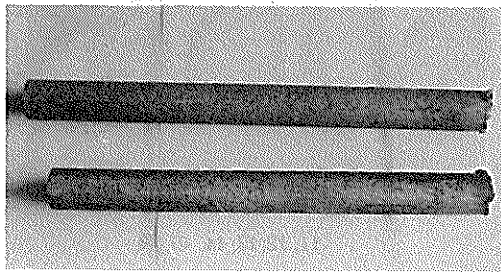


図3・38 タイロッド片(2)

表3・19 北浜港における切取り矢板片の分析結果

単位：%

	C	S ₁	M _n	P	S	N _i	C _r	C _u
YSP-I	0.40	0.43	0.56	0.036	0.043	0.027	0.017	0.27
タイロッド	0.39	0.54	0.48	0.010	0.036	0.020	0.012	0.02

4. 考察

以上の調査結果より、次のことが考察される。

(1) 超音波式厚み計の現地適用性

厚み計の現地への適用率=測定可能な点/全測定点×100%と考えて両厚み計の適用率を算出してみると次のようになる。

超音波式探傷厚み計の適用率

H.W.L. 潮位間および海水中鋼矢板面への超音波式探傷厚み計の適用率は次の通り。

表3・20 北浜港における水質試験結果(1)

1969・7・16採水

採水地点	採水時間	深 度 (m)	外 観	PH	Ca ²⁺ (0/00)	Mg ²⁺ (0/00)	ρ (g/cm ³)
1	17°00'	-0.5	浮遊物なし	6.95	1.278	2.106	2.26
	10°30'	-1.7	"	6.57	1.315	2.168	2.17
2	17°00'	-0.5	"	7.07	0.526	0.867	5.63
	10°30'	-1.7	"	6.67	1.691	2.788	1.65
3	17°00'	-0.5	"	6.77	13.155	21.684	2.5
	10°30'	-1.7	"	6.67	14.000	23.078	2.4
4	17°00'	-0.5	"	6.57	15.128	24.937	2.2
	10°30'	-1.7	薄茶色の浮遊物あり	6.75	15.410	25.402	2.2
5	17°00'	-0.5	浮遊物なし	7.29	14.752	24.317	2.3
	10°30'	-1.7	"	7.27	15.372	25.340	2.2

表3・21 北浜港における水質試験結果(2)

1969・12月採水

採水地点	採水時間	水 深 (m)	外 観	PH	Ca ²⁺ (0/00)	Total S (%)	SO ₄ ²⁻ (PPm)	比抵抗 (Ω-cm)
1	9°43'	水面	無色	6.6	9.57			2.57
2	9°28'	採水	無色	6.7	3.87			3.40
	9°07'	水面	無色	6.6	13.55			2.28
3	9°09'	-0.5	"	6.6	13.16			2.33
	9°10'	-1.0	"	6.8	14.43			2.57
	15°10'	水面	"	6.6	12.69	0.1以下	2.263	2.44
	15°10'	-0.5	"	6.5	13.72			2.50
	15°10'	-1.0	"	6.6	15.00			2.28
3'	15°11'	水面	無色	6.5	14.36	0.1以下	2.249	2.59
	15°13'	-0.5	"	6.8	14.29			2.38
	15°15'	-1.0	"	6.9	14.93			2.28
	9°35'	採水	"	6.7	14.11			2.28
4	9°10'	水面	無色	6.8	12.98			2.49
	9°15'	-0.5	"	6.8	15.14			2.29
	9°15'	-1.0	"	7.0	15.03			2.27
	15°22'	水面	"	6.7	13.83	0.1以下	2.283	2.45
	15°22'	-0.5	"	6.7	14.64			2.37
	15°23'	-1.0	"	6.8	12.30			2.80
	9°10'	採水	"	7.3	0.36			11.96
15°15'	採水	"	7.2	0.57			47.46	
5	9°20'	水面	無色	6.9	14.75			2.33
	9°23'	-0.5	"	6.6	15.03			2.30
	9°23'	-1.0	"	6.9	14.57			2.47
	15°25'	水面	"	6.9	14.86	0.1以下	2.461	2.35
	15°27'	-0.5	"	7.1	14.75			2.49
6	9°26'	水面	無色	6.8	15.14			2.28
	9°28'	-0.5	"	7.0	15.32			2.48
	9°28'	-1.0	"	6.9	15.03			2.40
	15°28'	水面	"	7.1	14.47	0.1以下	2.358	2.50
15°29'	-0.5	"	7.2	14.64			2.51	

凹鋼矢板の側面部では

$$\text{適用率} = 74/76 \times 100 = 97\%$$

超音波式共振厚み計の適用率

潮位間と海水中の鋼矢板面への超音波式共振厚み計の適用率は次の通り。

凸鋼矢板の平端部では

$$\text{適用率} = 4/56 \times 100 = 7\%$$

凹鋼矢板の平端部では

$$\text{適用率} = 6/57 \times 100 = 11\%$$

平端部での適用率がこのように低率であるため、超音波式共振厚み計の側面部への適用は中止した。

超音波式探傷厚み計の適用率は鋼矢板の平端部および側面部とも100%に近いので、この厚み計は適用率の点からは現場向きといえる。なお、数箇所測定不能となっているが、数回以上測定を繰り返したとき測定できたり測定できなかったりするところを測定不能とした。これは、潜水夫の探触子をあてる箇所が一定していないためか、または測定箇所の矢板面の凹みがひどいため測定にむらがあるのではないと思われる。

一方、超音波式共振厚み計の適用率は僅か10%程度であるので、長期間経過した鋼構造物の肉厚測定には適用率の点からは不向きと思われる。

(2) 測定精度

(イ) 引き抜かない鋼矢板についての比較

同一測定点についての超音波式探傷厚み計、超音波式共振厚み計による測定値と厚み計による測定と同一箇所

表3・22 引き抜かない鋼矢板についての測定肉厚の比較

測定地点	深度 (m)	凸凹	T ₁ (mm)	T ₂ (mm)	T ₃ (mm)	T ₁ -T ₃ (mm)	T ₂ -T ₃ (mm)
点1	+0.0	凸面	7.6		4.979	2.62	
	+0.0	凹面	9.0		10.576	1.58	
点2	±0.0	凸面	8.0		4.298	3.70	
	±0.0	凹面	8.1		9.026	0.93	
点3	±0.0	凸面	8.6		8.278	0.32	
	±0.0	凹面	9.4	9.14	9.762	-0.36	-0.62
点4	±0.0	凸面	8.6		7.253	1.35	
	±0.0	凹面	8.3		10.484	-2.18	
点5	±0.0	凸面	穴		1.982		
	±0.0	凹面	9.4		10.031	-0.63	

T₁ : 超音波式探傷厚み計による肉厚

T₂ : 超音波式共振厚み計による肉厚

T₃ : マイクロ・メータによる切り取り鋼矢板片の肉厚

から水中切断した鋼矢板片についての測定値を比較すると表3・22のようになる。

表3・22によれば、超音波式探傷厚み計による肉厚とマイクロ・メータによる肉厚との差は最大3.7mmに達する。これからだけでは、超音波式探傷厚み計の精度はかなり劣る印象を与えるが、共通測定値として選んだ±0mの深度の凸面は腐食が丁度集中したところであるから測定点が多少ずれても肉厚はかなり変ることが予想される。これに対して、凹面では何れも超音波式探傷厚み計の方がマイクロ・メータより薄目に測定している。

一方、超音波式共振厚み計では共通測定点の測定値は1つしかないからはっきりしたことはわからないが、マイクロ・メータによる値との差は1mm以内である。

(ロ) 引き抜き鋼矢板についての比較

引き抜き鋼矢板について、超音波式探傷厚み計による肉厚とマイクロ・メータによる肉厚および重量測定値から算出した肉厚とを比較してみると表3・23のようになる。ただし、表3・23は同一深度についての三者の測定値がないため、近以の深度について比較したものである。

表3・23によれば、平端部では超音波式探傷厚み計の方がマイクロ・メータや重量測定より約1mm薄く肉厚を測定している。後二者の測定値が実測の肉厚とすると超音波式探傷厚み計による測定誤差は10%見当である。一方、側面部についても超音波式探傷厚み計とマイクロ・メータ間の測定誤差は10%未満と考えられる。(凸矢板の+1.10mのT₁と+0.50mのT₃との差は2.6mmにも達するが、これは測定深度が同一でないことによることに主として起因するものと思われる。)

(3) 調査鋼矢板の腐食速度

引き抜き(凸)鋼矢板の現有肉厚を現地で超音波式探傷厚み計により測定した結果は図3・39のようになる。

一方、引き抜き鋼矢板の肉厚を室内で重量測定またはマイクロ・メータで測定した結果は、図3・40の通りである。図3・2によれば、+2.28mはコンクリート中、+1.8mはH.W.L.、±0.0mはL.W.L.、-4.5mは海底泥面である。

次に、マイクロ・メータによる測定値について、コンクリート中の肉厚を初期肉厚としたときの腐食速度を図示すると図3・41のようになる。図3・39～図3・41よりわかるように+0.5m～±0.0m付近の凸矢板面には集中腐食が発生している。図3・31によれば、凸矢板面の+0.5m～±0.0m付近に腐食穴が発生する割合は凸凹全矢板に対して4.4%、凸矢板のみに対して8.8%であり、また、この部位の矢板肉厚が極端に薄いところの発生割合は凸凹全矢板に対して5.3%、凸矢板のみに対して10.6%となる。また、穴と薄肉の箇所を腐食によ

表3・23 引き抜き鋼矢板についての測定肉厚の比較

北湊港(34年経過)

鋼矢板	深 度		平 端 部				側 面 部			
	(m)		T ₁	T ₃	T ₄	T ₁ -T ₃	T ₁ -T ₄	T ₁	T ₃	T ₁ -T ₃
	T ₁	T ₃ , T ₄	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
B (凹)		+2.28		11.481	11.241				8.300	
	+1.40	+1.80	9.3	10.550	10.092	-1.250	-0.792	6.9	6.782	0.118
	+1.10	+0.50	10.2	10.570	10.268	-0.370	-0.068	7.5	7.021	0.479
		+0.40		10.641	10.402				6.788	
		+0.30		10.560	10.378				6.797	
		+0.20		10.737	10.455				6.685	
		+0.10		10.692	10.412				6.751	
		±0.00		10.678					6.995	
		-0.10		10.667	9.516				7.122	
	-0.50	-1.00	9.9	10.628	10.366	-0.728	-0.466	7.2	6.981	0.219
	-1.50	-2.00	9.5	10.548	10.156	-1.048	-0.656	6.5	6.152	0.348
	-2.50	-3.00	10.0	11.183	10.901	-1.183	-0.901	7.3	7.892	-0.592
	-3.50	-4.00	9.9	11.209	10.998	-1.309	-1.098	7.1	7.698	-0.598
		-4.50		11.458	11.244				7.931	
	-5.50	-5.00	10.3	11.547	11.317	-1.247	-1.017	7.7	6.884	0.816
-6.50	-6.00	10.3	11.752	11.502	-1.452	-1.202	7.3	7.083	0.217	
-7.50	-7.00	10.3	11.677	11.460	-1.377	-1.160	7.5	8.122	-0.622	
C (凸)		+2.28		9.776	9.543				7.408	
	+1.40	+1.80	8.6	8.745	8.538	-0.145	0.062	6.5	6.435	0.065
	+1.10	+0.50	9.8	8.627	8.046	1.173	1.754	7.8	5.153	2.647
		+0.40		5.464					4.254	
		+0.30		2.017					3.789	
		+0.20		0.835					4.168	
		+0.10		1.240					4.301	
		±0.00		1.895					4.445	
		-0.10		3.256	2.976				4.180	
	-0.50	-1.00	7.6	8.580	8.241	-0.980	-0.641	5.6	6.912	-1.312
		-2.00		9.027	8.763				6.334	
	-2.50	-3.00	8.8	9.889	8.582	-1.089	0.218	6.3	6.859	-0.559
	-3.50	-4.00	8.8	9.747	9.548	-0.947	-0.748	6.5	6.867	-0.367
		-4.50		10.019	9.809				6.917	
	-5.50	-5.00	9.5	10.031	9.798	-0.531	-0.298	7.1	7.144	-0.044
-6.50	-6.00	9.1	10.305	9.980	-1.205	-0.880	7.1	7.203	-0.103	
-7.50	-7.00	9.3	10.171	9.942	-0.871	-0.642	7.1	7.231	-0.131	

T₁ : 超音波式探傷厚み計による肉厚T₂ : マイクロ・メータによる肉厚T₃ : 重量より算出した肉厚

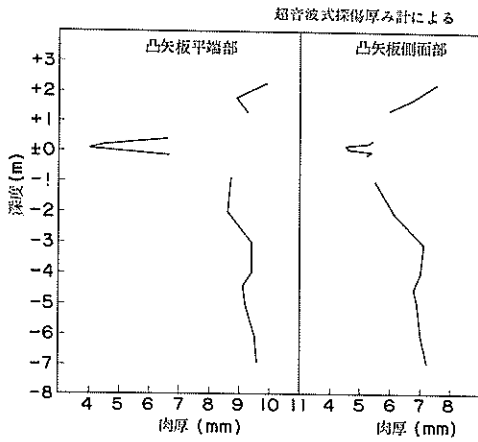


図3・39 北浜港における引き抜き鋼矢板の肉厚(34年経過)

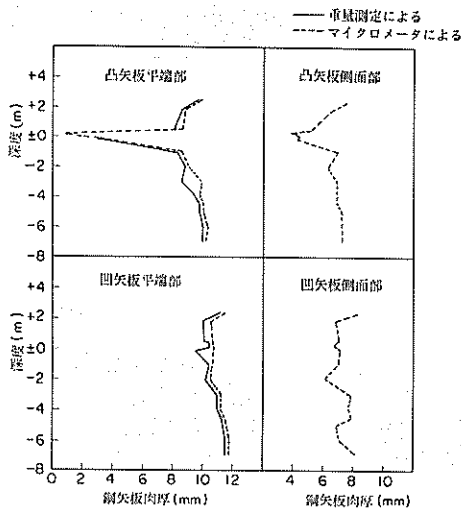


図3・40 北浜港における引き抜き鋼矢板の肉厚(34年経過)

る損傷箇所とすると、この発生割合は凸凹全矢板に対して9.7%、凸矢板のみに対して17.5%となる。結局、約2割の凸矢板に腐食による損傷が潜水夫により確認されたが、残り8割の凸矢板の+0.5m~-0.2mの深度の面には橙色の錆が認められ、腐食が進行していることが十分

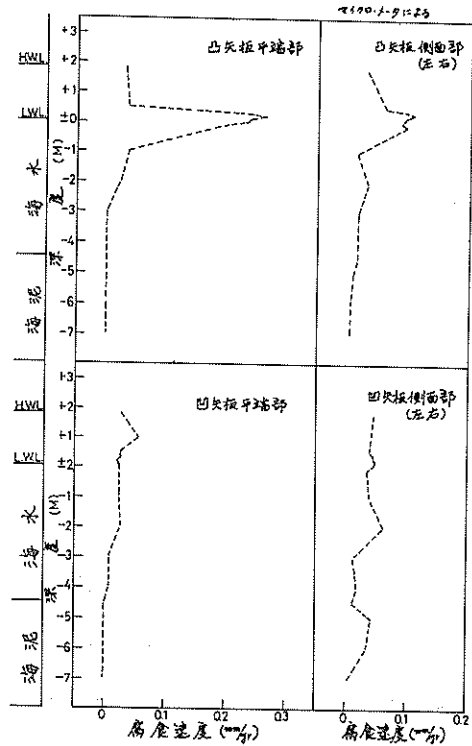


図3・41 引き抜き鋼矢板の腐食速度(北浜港, 34年経過)

うかがわれる。いま、34年間で穴があいたとするとこの箇所の腐食速度は $1.05 \text{ mm}/34 \text{ yr} \approx 0.31 \text{ mm/yr}$ となるが、調査時点以前にすでに上部工の陥没が認められている。したがって、腐食による穴があくまでの期間を適宜仮定してみると腐食速度は次のようになる。

穴があくまでの期間 (yr)	腐食速度 (mm/yr)
25	0.42
20	0.53
15	0.70
10	1.05

このように平端部では、凸面は+0.5m~-0.2m間は大きな腐食速度であるが、この深度以外の凸面および全深度の凹面の腐食速度は小さく0.05mm/yr以下である。一方、側面部では、凸鋼矢板の場合+0.5m~-0.2m間の腐食速度は0.1mm/yr程度であるが、その他の深度の凸鋼矢板側面および全深度の凹矢板の側面の腐食速度は小さく、0.05mm/yr以下である。ただし、ここでいう腐食速度は陸側と海側合わせての値である。

(4) 集中腐食箇所の深度

図3.8のように引き抜き鋼矢板から鋼材片の切り取りをして、脱錆後マイクロ・メータによる肉厚測定および重量測定から肉厚を算出してみると図3.40、図3.41のように凸鋼矢板の+0.5 m～-0.2 m間に腐食が集中しており、とくに平端部にこの傾向が激しい。しかし、集中腐食箇所の鋼材片の切り取り深度は図3.8のように+0.5 m～-0.2 m間のみであるから、+0.5 mより少し上、または-0.2 mより少し下の腐食量ははっきりしない。参考として、+0.5 mと-0.2 mの凸鋼矢板平端部の上下方向の切断面を見てみると図3.42のようにな

る。図3.42によれば、+0.5 m上には集中腐食は発生していないことが認められるが、-0.2 m下にもまだ集中腐食の箇所が残っていることがわかる。一方、図3.40、図3.41によれば-1.0 mでは集中腐食はほとんど発生しない範囲である。この結果、凸鋼矢板面に発生する集中腐食の深度は+0.5 m以下-0.1 m～-1.0 m間までということになる。これに対して、付図3.2によれば北浜港の干潮面は大体+0.8 m～+0.1 mの範囲にあり、平均干潮面は+0.5 m付近と見られる。したがって、集中腐食の発生深度は上限は平均干潮面(+0.5 m)、下限は最低干潮面下数10 cmの範囲である。

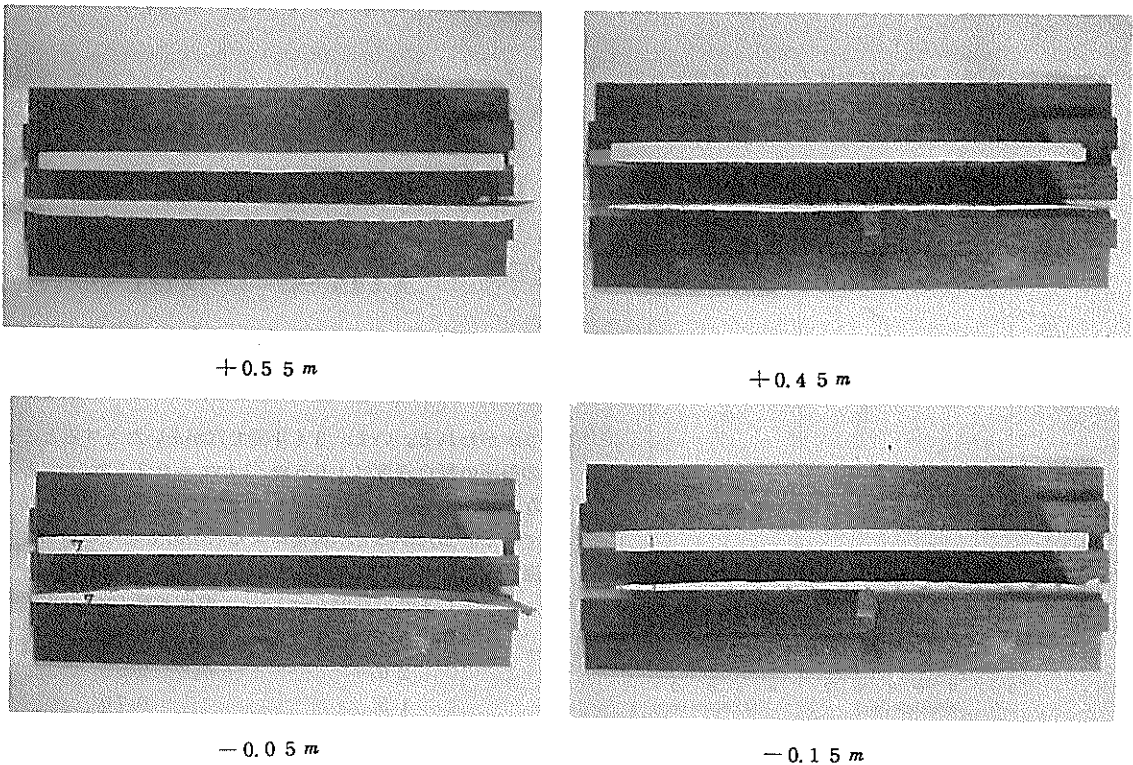


図3.42 +0.5 mと-0.1 mの凸鋼矢板(平端部)切断面

(5) 調査タイロッドの腐食速度

表3.1に示すように北浜港-4.5 m岸壁で使用されたタイロッドの外径は50 mmである。これに対して、34年後の外径は表3.18に示すように49.5～49.8 mmである。したがって、初期外径が50 mmであればタイロッドの外径は34年後に0.2～0.5 mm減少したことになる。

これを腐食速度で示すと0.006～0.014 mm/yrである。

一方、初期外径の誤差がどの程度あったか不明であり、また、タイロッドはシュート被覆が施されていたためタイロッドの腐食量はほとんどなかったものと予想される。

(6) 調査鋼矢板の腐食傾向

図3・4 0, 図3・4 1によれば, 調査鋼矢板の腐食傾向は恵曇港2号岸壁や富山港-3 m物揚場と同じく(イ)であることがわかる。比較のために恵曇港などと同じ要領で腐食傾向や腐食条件を整理してみると表3・2 4のように

表3・2 4 北湊港-4.5 m岸壁の腐食傾向および腐食条件

構造物名	腐食傾向	矢板タイプ	潮位差(m)	水深(m)	打込み深(m)	淡水の有無	防食の有無	経過年数(年)
北湊港-4.5 m岸壁	イ	YSP-II	0.7~1	-4.5	-7.5	有	無	3 4

(イ) 潮位差

表2.1 7では調査構造物が何れも日本海に面していたので潮位差は0.3 mであったが, 表3・2 4では0.7 m~1 mと大きい。このことから, 腐食傾向(イ)の発生には大小に拘らず潮位差の存在が必要と思われる。したがって, 腐食傾向(イ)は日本海側に限らず太平洋側でも他の発生条件が揃えば発生することが予想される。

(ロ) 水深

表2.1 7では腐食傾向(イ)の発生した構造物の水深は何れも浅く, -3 m~-3 m未満である。これに対して, 表3・2 4では-4.5 mで表2.1 7の-3 mより大きいにも拘らず腐食傾向は(イ)となっている。このことは, 腐食傾向(イ)の発生要因として潮位差と水深を別々に考えず, 潮位差と水深の大小を一諸に考慮する必要のあることを示している。すなわち, 潮位差が大きくなるにつれて腐食傾向(イ)の発生する構造物の水深も深くなるが予想されて非常に興味深い。

(ハ) 淡水の有無

表3・2 0, 表3・2 1によれば鋼矢板前面の水の比抵抗は2 2~3 0 Ω-cmでほとんど海水である。しかし, 採水地点No.1, No.2, No.4では2 0 0~5 0 0 Ω-cm位の水が港内に流入している。No.1, No.2, No.4から港内に流入する淡水量は雨量などによって当然異なるが, 7月と1 2月に採水した試水に数1 0 0 Ω-cmの水が検出されたことや, No.1は市7 m位の川でほとんど濁水しないことなどから, 北湊港の港内には淡水が流入していたと考えられる。しかし, それにも拘らず鋼矢板前面ではほとんど海水に近い比抵抗を示したこととの関連が疑問視される。調査構造物は昭和1 0年から昭和4 4年まで経過したもので, 表3・2 0と表3・2 1の採水は昭和4 4年に行なわれたものであるから昭和4 4年以前に生じた腐

なる。

表2.1 7によれば, 腐食傾向(イ)の発生には淡水の有無, 潮位差の有無, 水深の大小が影響しているようである。このことを表3・2 4について検討してみると次のようになる。

食穴の原因を究明する資料としてはあまり十分とは云えないようである。むしろ集中腐食の速度からみて建設時から1 0年, 1 5年間の資料が望まれる。しかし, 過去の水質調査結果はないために一つの手掛りとして北湊港-4.5 m岸壁の建設を担当した当時の現場監督者や当時の潜水業者の方々にいろいろ当時の模様を尋ねてみた。その結果, -4.5 m岸壁は竣工後数年間はほとんど使用されなかったこと, 港内で潜水すると採水地点No.1からの淡水が流入する上層部は水温が冷たくて作業に困ったことなどがわかった。このことから, 竣工後当分の間は港内に入る船がないため船による攪拌がなく, 港内は淡水と海水の成層であったことがうかがえる。この結果, 表3・2 4の淡水の有無の欄は有とした。

図3-1によれば, 調査岸壁は北湊港の一番奥深いところに位置するため淡水が流入した場合港口よりも成層しやすい。したがって, もし, 港口または港外に鋼矢板構造物が在れば腐食傾向の比較に都合がよいと思われる。これに対して港口付近には鋼構造物はないが, 港外にある鋼矢板構造物では腐食傾向(イ)は見

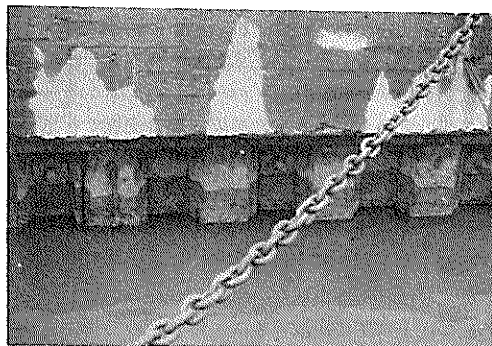


図3・4 3

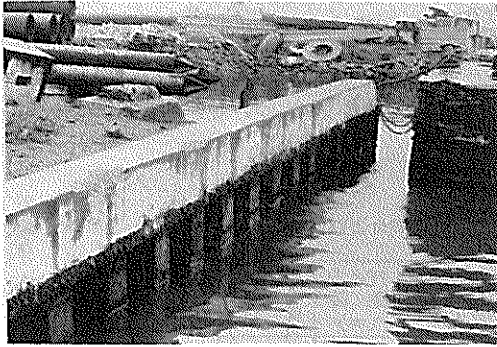


図3-44

られない。図3-43, 図3-44に港外の鋼矢板構造物を示す。このことから、腐食傾向(1)の発生には淡水の流入と波による攪拌作用が少ないことが重要なことがわかる。

(7) 腐食調査法

図3-40, 図3-41などからわかるように北湊港-4.5m岸壁の鋼矢板には凸矢板の+0.5m~-0.2m付近に集中腐食が発生する。したがって、鋼矢板の腐食調査では深度方向と断面方向に小刻みに測定点を設けて肉厚を測定することが必要である。従来の肉厚測定は鋼矢板の平端面の肉厚測定用の大きな計測器で断面方向は凸矢板の平端面のみについて、深度方向はH.W.L., 潮位間、海水中(1~2深度)についてのみ行なわれた。このことはマイクロ腐食の立場からのみ鋼矢板構造物の腐食を考えてきたことに外ならない。また、厚み計による非破壊調査のみが主として行なわれてきたが、できるだけ引き抜き、または切り取りなどの破壊調査を併用することが大切である。北湊港-4.5m岸壁のように凸矢板の+0.5~-0.2m付近に腐食が集中して穴が凸面にあいても図3-45のように十分引き抜きできることが立証された。これは、凸面のみに腐食が集中して図3-36のように爪付近がほとんど原寸のまま残っていることに起因する。

第3報の富山港-3.0m物揚場の腐食調査でも指摘されたように、鋼矢板の腐食量が断面方向(凸面, 側面, 凹面)と深度方向によって著しく異なる箇所のあることが恵曇港, 北湊港の腐食調査によって一層ははっきりした。

凸面の平均干潮面直下付近に発生する集中腐食は最干潮とならなければ露出しないため、余程の関心がない限り一般には上部工の陥没現象によって始めて集中腐食による穴の存在に気付くことが多い。従来のように、鋼構造物の海水中の腐食量はどの深度でも同じであり、また、

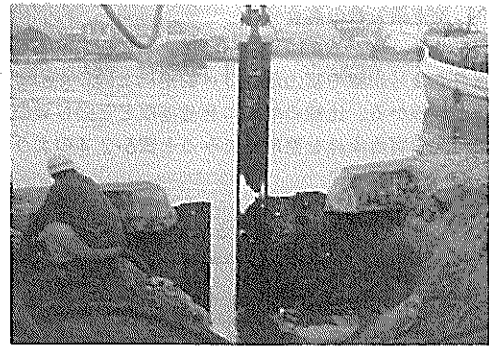


図3-45

海水中の鋼材片の腐食量に等しいとする観点からの腐食調査では、到底鋼構造物の腐食の実体を知るための資料は得られない。

5. あとがき

今回は、第1報~第3報の調査対象物と異なって腐食による被害として上部工の陥没した恵曇港2号岸壁(島根県)と北湊港-4.5m岸壁(北九州市)を、港湾調査指針(案)で腐食調査した。

調査結果は次の通りである。

(1) 超音波式厚み計の適用性

超音波式探傷厚み計の適用率は90%~100%と常に高いが、超音波式共振厚み計の適用率は反対に10%内外と低い。この結果、長期間経過した鋼材の肉厚測定には前者が適している。一方、超音波式探傷厚み計の測定誤差は大体10%未満であるが、平均干潮面直下の凸面のように腐食が集中するところでは20~30%に達することがある。したがって、恵曇港, 北湊港のように集中腐食の発生する鋼矢板構造物の平均干潮面付近の凸面の肉厚測定には超音波式探傷厚み計による測定のみに限らず、切り取りまたは引き抜きによる破壊調査を併せて行なうことが望まれる。

(2) 調査鋼矢板の腐食傾向および腐食速度

恵曇港2号岸壁, 佐陀川護岸および北湊港-4.5m岸壁の鋼矢板は、何れも平均干潮面から下30cm位までの範囲の凸矢板面に腐食が集中した格好で、ひどいところでは穴があいており腐食速度は0.5~1.0mm/yrにも達する。これに反して、平均干潮面直下付近以外の凸面, 平均干潮面下の側面および凹面の腐食速度は0.05mm/yrまたはこれ以下である。このような腐食傾向を鋼矢板の腐食傾向(1)とする。

腐食傾向(イ)は富山港—3.0 m物揚場の鋼矢板³⁾にも見られる。一方、凸面の方が凹面より腐食量は大きい、腐食傾向(イ)のように集中腐食までには至らない腐食傾向を鋼矢板の腐食傾向(ロ)、凸面と凹面の腐食量に差がなく共に小さい腐食傾向を鋼矢板の腐食傾向(ハ)とする。腐食傾向(ロ)は安来港—3.0 m岸壁に、腐食傾向(ハ)は富山港—7.5 m岸壁、安来港—4.5 m岸壁、松江港岸壁などに見られる。このような腐食傾向に影響する要因は、潮位差の有無、水深の大小、淡水の存在などであることが予想される。この外、接舷時の凸矢板面と船との接触が懸念されるが、恵曇港では小さな潜水夫船でも木材防舷材と接触するし、富山港—3.0 m物揚場ではコンクリート被覆が—0.1 mまで下っているため船と矢板との接触は全く起らない。したがって、接舷状態は腐食傾向(イ)には影響しないと考えられる。

(3) 調査タイロッドの腐食速度

北淡港—4.5 m岸壁のタイロッドの腐食速度はほとんど0である。

(4) 腐食による鋼矢板構造物の被害

腐食による鋼矢板構造物の被害発生は腐食傾向(イ)の場合に限られる。鋼矢板構造物は一般に凹矢板面からタイロッドを取るため、腐食傾向(イ)が発生しても倒壊などの致命的な被害は起らないが、平均干潮面直下付近の凸面に発生した穴から裏込め土砂が流出して上部工の陥没および前面の埋没が起る。

以上のように鋼矢板構造物の腐食傾向は3通り程度のパターンに分類できそうなこと、腐食傾向(イ)では平均干潮面直下付近の凸矢板面に集中腐食が発生すること、腐食傾向に影響する要因として構造物のおかれる条件が考えられることなどがわかった。これらのことから、港湾鋼構造物の腐食はマクロ腐食の立場から考えるとの必要性が十分うかがえる。また、腐食による被害は一般の港湾構造物条件では上部工の陥没程度であるが、鋼矢板の使用条件が変ればマクロ腐食の集中する⁴⁾箇所も変ることが当然考えられる。

最後に、本調査の実施に協力して頂いた各関係機関の方々に感謝するとともに、現地測定に協力された恵曇港関係の元運輸省第3港湾建設局・神戸調査設計事務所・松尾構造係長(現、和歌山港工事事務所)、島根県土木部港湾課・須藤技師、北淡港関係の運輸省第4港湾建設局・小倉調査設計事務所・山口検査係長、また、宍道湖および中海の水質試験結果を頂いた島根県衛生研究所・公害科の方々に厚くお礼申し上げます。

参考文献

- 1 善、阿部：港湾鋼構造物の腐食調査(第1報)
港研資料No.49, 1~136(1968)
- 2 善、阿部：港湾鋼構造物の腐食調査(第2報)
港研資料No.87, 1~87(1969)
- 3) 善、阿部：港湾鋼構造物の腐食調査(第3報)
港研資料No.99, 1~99(1970)
- 4) 善：鋼矢板構造物の腐食(1), 第17回腐食防食討論会要旨集(1970)
(1970.12.22受付)

付表 2・1 中海共道湖の塩分濃度について(1) 調査記録 (S. 33・3) のうち佐陀川沖

採水日	時刻	気温(℃)	深度(m)	水温(℃)	Cl ⁻ (0/00)	全塩量(0/00)
S. 32 6・13	10°55'	27	0.0	23.6	1.10	2.016
			1.0	23.1	1.13	2.070
			2.0	21.6	1.11	2.034
			3.0	21.3	1.15	2.106
S. 32 7・16	15°00'	27.5	0.0	25.7	0.44	0.824
			1.0	25.5	0.46	0.860
			2.0	25.5	0.46	0.860
			3.0	25.5	0.46	0.860
S. 32 8・13	10°49'	25.5	0.0	27	1.62	2.954
			1.0	26.7	1.51	2.756
			2.0	26.5	1.52	2.774
			3.0	26.3	1.57	2.864
S. 32 8・28	11°30'	25.5	0.0	29.0	0.55	1.023
			1.0	28.9	0.56	1.041
			2.0	28.2	0.57	1.059
			3.0	28.0	0.62	1.149
S. 32 9・28	10°13'	21.0	0.0	21.4	1.06	1.943
			1.0	21.1	1.05	1.925
			2.0	20.9	1.06	1.943
			3.0	21.0	0.11	2.034
S. 32 10・22	10°12'	18.3	0.0	17.2	1.11	2.034
			1.0	16.5	1.14	2.088
			2.0	16.3	1.13	2.070
			3.0	16.2	1.13	2.070
S. 32 11・25	10°34'	16.9	0.0	13.0	2.72	4.940
			1.0	12.9	2.73	4.958
			2.0	12.7	2.79	4.976
			2.5	12.6	2.71	4.922
S. 32 12・21	11°00'	8.4	0.0	7.2	2.61	4.741
			1.0	6.8	2.70	4.904
			2.0	6.7	2.59	4.705
			3.0	6.5	2.64	4.795
S. 33 1・25	11°04'	3.7	0.0	2.1	—	—
			1.0	2.0	2.04	3.712
			2.0	1.9	2.04	3.712
			2.5	2.1	2.07	3.766
S. 33 2・21	10°21'	9.9	0.0	6.1	1.09	1.997
			1.0	5.2	1.10	2.016
			2.0	5.1	1.08	1.979
			2.5	5.1	1.12	2.052
S. 33 3・14	9°58'	15	0.0	8.7	1.04	1.907
			1.0	8.7	1.05	1.925
			2.0	8.5	1.07	1.961
			3.0	8.5	1.07	1.961

付表2・2 宍道湖の水質試験結果

採水		採水地点	水深 (m)	気温 (°C)	水温 (°C)	PH	溶存酸素量 (ppm)	BOD (ppm)	COD (ppm)	Cl ⁻ (ppm)	SO ₄ ⁻ (ppm)	EC (μS/cm)
年月日	時刻											
S. 41 1・30	10°30'	a				7.1	1 286	4.31	0.78	1 220	1 83.9	
	11°00'	b				7.2	1 192	3.96	0.78	866	1 03.9	
	11°40'	c				7.1	1 266	4.20	0.78	850	1 32.1	
	12°50'	d				7.2	1 233	3.90	1.76	785	1 08.5	
	14°00'	e				7.2	1 257	4.10	0.98	835	65.5	
	14°40'	f				7.3	1 244	4.64	1 7.60	831	1 21.3	
S. 41 2・27	11°05'	a		8.5	6.0	6.8	1 197	3.80	0.59	1 153	21 6.1	
	11°30'	b		9.0	6.0	6.8	1 116	2.90	0.54	1 287	3 66.2	
	12°00'	c		8.0	6.5	6.8	1 156	3.90	0.47	987	15 1.7	
	12°50'	d		8.0	7.0	6.8	1 118	4.15	0.63	902	1 66.2	
	13°50'	e		8.0	8.0	6.8	1 101	4.17	2.13	442	89.2	
	14°35'	f		8.0	7.5	6.8	1 085	4.08	1.95	930	1 75.9	
S. 41 3・27	10°30'	a		9.0	9.0	7.2	1 126	3.86	0.85	962	14 5.3	
	11°00'	b		11.0	10.0	7.2	1 090	3.47	0.75	814	94.8	
	11°15'	c		9.5	10.0	7.4	1 160	3.13	0.80	665	11 4.6	
	11°30'	d		11.5	10.0	7.2	1 162	3.77	1.69	569	92.7	
	12°40'	e		14.0	12.0	7.1	1 112	4.15	1.59	580	15 9.7	
	13°20'	f		14.0	12.5	6.5	1 003	3.98	1.57	1 012	13 4.1	
S. 41 4・		a				7.5			1.19	1 199	19 6.1	
		b				6.8			0.50	998	15 3.9	
		c				6.7			1.52	748	12 9.3	
		d				6.6			1.31	783	12 8.6	
		e				6.8			1.40	641	11 2.5	
		f				6.9			2.98	1 033	18 1.6	
S. 41 5・29	13°00'	a		20.5	21.0	7.7	786	4.31	2.01	2 499	37 3.9	
	13°25'	b		20.5	20.5	8.6	824	5.74	0.89	1 531	17 8.0	
	13°45'	c		18.5	21.0	8.1	830	6.00	1.76	1 317	38 0.5	
	14°00'	d		18.8	20.0	7.4	709	5.36	2.34	1 378	17 5.5	
	14°50'	e		19.6	20.9	8.1	812	4.23	1.93	1 275	18 0.6	
		f				7.8	809	5.22	2.50	1 267	19 7.8	
S. 41 7・30		a		28.0	28.0	7.15	5.77	1.72	2.58	6 693	20 8.7	14,000
		b		29.0	28.0	7.05	7.11	3.39	3.12	1 317	52.1	5,800
		c		29.0		7.00	7.34	3.07	2.50	1 317	50.7	5,500
		d		29.5	28.0	7.15	7.33	3.05	2.70	1 264	48.1	5,400
		e		32.5	29.0	7.20	7.16	4.43	2.80	1 817	49.2	5,600
		f		30.5	28.0	7.00	7.67	4.29	3.00	1 353	48.4	5,700
S. 41 8・21	10°00'	a		30.0	28.0	7.0	5.97	3.20	5.56	1 820	65 5.8	
	10°20'	b		32.5	28.0	7.0	7.41	2.22	3.50	1 759	63 6.0	
	10°40'	c		34.0	28.5	7.1	6.15	3.17	5.42	1 704	55 9.7	
	10°55'	d			29.0	7.0	7.48	3.62	5.70	1 520	54 3.1	
	11°35'	e		31.0	28.5	7.2	6.34	4.34	5.88	1 241	45 0.9	
	12°00'	f		32.0	29.0	7.1	6.68	3.73	5.64	1 568	55 7.2	

採 水		採水 地点	水 深 (m)	氣 温 (°C)	水 温 (°C)	P H	溶存酸素 量(ppm)	BOD (ppm)	C O D (ppm)	Cℓ ⁻ (ppm)	SO ₄ ²⁻ (ppm)	E C (μU/cm)	
年 月 日	時 刻												
S. 41 9·25	10°30'	a		2.05	21.0	6.9	8.99	3.16	2.78	1.895	686.3		
	10°55'	b		2.10	21.0	6.8	8.99	2.93	2.94	1.875	684.8		
	11°25'	c		2.13	19.2	6.8	9.30	3.55	3.54	1.302	483.9		
	11°30'	d		1.95	18.5	7.0	9.38	3.58	5.58	375	147.2		
	12°50'	e		2.15	19.0	7.0	9.35	2.39	2.52	484	183.1		
	13°30'	f		2.10	20.5	6.9	9.04	3.14	3.34	1.527	584.7		
S. 41 10·30	10°40'	a		1.85	14.5	6.45	8.73	2.72	1.41	2.214	328.6	4,600	
	11°00'	b		1.80	14.5	6.70	9.60	3.62	1.58	1.030	174.8	2,200	
	11°30'	c		1.75	16.5	6.40	9.44	2.12	0.96	1.048	151.5	2,290	
	11°40'	d		1.85	15.0	6.92	9.92	2.26	2.23	993	143.5	2,240	
	14°30'	e		2.00	17.0	6.51	10.19	2.64	1.27	729	109.6	1,740	
	15°20'	f		1.75	16.0	6.68	8.60	8.60	1.25	920	248.1	2,100	
S. 41 11·27	10°40'	a		9.5	9.0	7.2	1.053	1.41	2.10	180.7	273.6	3,900	
	11°10'	b		11.0	9.0	7.1	1.053	2.52	1.89	132.2	221.4	3,000	
	11°30'	c		1.05	9.3	7.3	1.048	1.95	1.68	129.2	203.4	2,900	
	11°50'	d		1.00	10.1	7.2	9.82	2.39	1.91	120.6	238.8	2,800	
	13°00'	e		1.02	9.8	7.1	1.083	2.47	2.18	101.5	178.9	2,400	
	13°30'	f		1.02	9.0	7.0	1.036	3.87	3.31	120.5	184.9	2,800	
S. 41 12·20	11°30'	a		8.0	6.0	7.1	1.206	2.48	1.54	154.5	216.8	3,500	
	11°50'	b		8.0	7.5	6.9	1.144	2.32	1.37	127.0	142.3	3,000	
	12°05'	c		7.2	6.5	7.0	1.171	2.30	1.33	71.2	105.4	1,800	
	12°20'	d		7.5	6.5	7.0	1.135	1.70	0.50	42.6	75.9	1,120	
	13°30'	e		9.0	7.0	7.2	1.177	4.68	2.83	127.0			
	14°00'	f		6.0	5.5	7.2	1.182	6.12	2.10	51.5	226.9	3,600	
S. 43 12·20	13°27'	1	上 中 下	1.00	9.5	8.0	1.109	2.91	2.24	1745.6	235.8	4,800	
					9.5	7.9	1.015	2.21	1.64	1741.7	236.2	4,500	
	14°25'	2	上 中 下	1.05	1.00	7.5	1.102	2.46	1.68	1320.7	173.0	3,400	
					9.0	7.6	1.115	2.77	2.32	1515.9	205.8	3,800	
						9.0	7.9	1.022	2.06	1.82	1663.3	222.4	4,300
						9.1	7.7	1.105	2.39	1.78	1402.9	181.5	3,300
	14°07'	3	上 中 下	1.10	1.00	7.9	1.015	1.80	1.74	1540.8	204.3	3,900	
					9.0	7.9	1.149	2.86	2.12	1602.0		3,950	
	12°25'	4	上 中 下	1.05	9.0	8.05	1.109	2.78	2.26	1630.7	222.2	4,100	
					9.0	7.3	9.07	1.38	1.92	1845.1	247.3		
	12°05'	5	上 中 下	1.01	9.0	8.1	8.47	0.51	2.40	1575.2	207.8	3,500	
					9.2	7.3	8.91	1.16	1.66	1780.0	197.1		
	15°18'	6	上 中 下	1.00	9.0	7.8	1.081	2.32	1.70	1657.5	216.4	4,200	
					9.0	7.7	1.016	1.81	1.86	1739.8	236.2		
14°40'	7	上 中 下	1.18	9.0	7.7	1.085	2.42	1.76	1487.2	202.0	3,450		
				9.0	7.7	1.083	2.61	2.06	1556.1	207.2	3,800		
				9.0	7.4	9.32	1.44	1.52	1751.3	244.8			

採水		採水地点	水深 (m)	気温 (°C)	水温 (°C)	PH	溶存酸素量 (ppm)	BOD (ppm)	COD (ppm)	Cl ⁻ (ppm)	SO ₄ ⁻ (ppm)	EC (μS/cm)
年月日	時刻											
S. 43 12-20	13°50'	8	上	11.0	9.7	7.5	1.095	2.03	1.52	1286.2	177.2	3,400
			中		9.0	7.8	1.106	2.74	2.18	1559.9	207.0	
			下		9.0	7.7	1.008	1.46	1.62	1751.3	195.7	
	13°00'	9	上	9.5	9.1	7.8	1.120	2.85	1.88	1504.4	202.5	4,000
			中		8.9	8.0	1.118	3.43	2.75	1584.8	206.2	
	11°45'	10	上	9.9	9.0	8.0	1.133	2.72	2.12	1506.3	208.2	4,000
			中		9.0	8.3	1.123	3.00	2.83	1533.1	200.8	
	15°06'	11	上	10.0	9.4	7.95	1.118	2.87	2.16	1718.8	231.3	4,400
中			9.0		8.03	1.025	2.07	2.38	1718.8	215.0		
14°52'	12	上	11.5	9.0	7.55	1.028	3.02	2.10	1785.8	243.2	4,500	
		中		9.2	7.6	1.076	2.44	1.92	1621.2	215.2		
13°38'	13	上	11.0	9.0	7.65	1.115	2.62	2.32	1247.9	166.7	3,300	
		中		9.0	7.5	9.27	1.43	1.64	1713.0	231.1		
13°20'	14	上	11.5	9.5	7.5	1.090	2.56	1.64	999.1	134.8	2,700	
		中		9.0	7.75	1.123	2.25	2.70	1445.1	245.0		
11°30'	15	上	10.5	8.9	7.5	1.086	2.22	1.96	792.1	91.1	2,000	
		中		9.0	7.4	9.64	1.39	1.74	1579.1	211.3		
S. 44 2-17	9°58'	1	上	6.5	6.5	7.4	1.171	1.47	1.41	1626		2,000
			下		5.2	7.4	1.182	2.07	1.33	1608		
	10°23'	2	上	7.2	5.8	7.5	1.176	1.79	1.04	1608		2,050
			中		5.5	7.5	1.167	2.14	1.08	1627		
			下		5.8	7.5	1.167	2.23	1.41	1646		
	10°46'	3	上	7.9	5.6	7.5	1.167	2.00	0.62	1684		2,100
中			5.5		7.5	1.115	0.31	1.21	1703			
11°00'	4	上	10.5	5.8	7.5	1.165	1.45	0.75	1608	111.7	2,100	
		中		6.0	7.5	1.162	2.13	0.75	1608	106.6		
11°20'	5	上	8.0	5.9	7.4	1.142	1.34	0.83	1416	87.0	1,750	
		中		5.9	7.4	1.153	1.37	0.83	1302	84.2		
10°10'	1	上	5.5	4.3	7.21	1.248	2.03	3.89	608.7	77.0	1,650	
		中		4.0	7.45	1.250	2.69	2.87	605.2	74.7		
11°45'	2	上	5.0	4.9	7.43	1.245	2.19	3.55	605.2	78.4	1,700	
		中		4.9	7.42	1.243	2.07	3.70	597.9	71.2		
S. 44 3-4	11°45'	2	上	5.0	4.9	7.41	1.268	1.28	2.59	608.7	78.6	
			中		5.0	7.41	1.268	1.28	2.59	608.7	78.6	

水深：上 水面下50cm
中 水面下200cm
下 湖底下50cm

採水		採水地点	水深(m)	気温(°C)	水温(°C)	PH	溶存酸素量(ppm)	BOD(ppm)	COD(ppm)	Cl ⁻ (ppm)	SO ₄ ⁻ (ppm)	EC(μV/cm)
年月日	時刻											
S. 44 3-4	12°30'	3	上	4.2	4.9	7.45	1388	3.82	3.89	537.1	60.7	
			—5.1		4.9	7.38	1230	2.10	3.65	537.1	66.3	
			下		4.8	7.30	1241	1.80	2.64	372.9	74.9	
	10°20'	6	上		4.9	7.56	1369	2.82	3.84	648.1	94.9	
			—4.7		4.6	7.38	1261	2.36	4.34	658.9	83.5	
	11°25'	7	上		5.0	7.10	1259	2.18	3.75	640.9	83.9	
			—5.3		4.8	7.33	1254	1.33	3.52	644.5	77.4	
	12°40'	8	上		4.7	7.35	1240	2.10	3.54	576.5	68.3	
			—5.6		4.5	7.44	1268	2.16	3.47	576.5	75.9	
	10°45'	11	上		4.5	7.60	1264	2.36	3.60	655.3	86.0	
—4.5			4.5		7.40	1266	2.55	3.94	662.4	88.1		
		下		4.5	7.55	1273	2.00	2.56	687.5	86.8		
S. 44 3-26	12°31'	4	上	19.1	10.9	7.50	1248	2.18	2.17	401.1		1320
			下		7.9	6.91	1233	1.49	1.42	433.1		1475
	11°51'	5	上	19.7	11.9	7.27	1160	1.10	2.17	290.0		963
			下		8.9	7.39	1226	1.20	1.42	426.1		1390
	9°38'	6	上	16.9	9.8	7.38	1223	1.43	2.74	440.4		1390
			下		7.4	7.75	1219	1.51	1.79	533.5		1760
	10°01'	7	上	15.5	9.6	7.72	1316	0.25	2.93	483.4		1615
			下		7.8	7.66	1241	1.03	1.79	512.1		1685
	10°21'	8	上	16.8	8.6	7.53	1315	2.22	2.36	461.9		1490
			下		7.5	7.53	1226	1.37	1.68	515.6		1710
	10°36'	9	上	15.1	9.7	7.55	1266	1.53	2.64	433.3		1450
			下		7.8	7.62	1214	1.58	1.91	515.6		1690
10°27'	10	上	19.0	11.5	7.36	1180	1.42	2.08	304.4		930	
		下		8.4	7.50	1288	2.11	1.61	469.1		1535	
13°44'	11	上	19.8	8.9	7.64	1259	2.57	2.97	476.2		1555	
		下		7.1	7.80	1231	1.57	2.21	551.4		1820	
13°26'	12	上	18.7	8.7	7.52	1254	1.39	2.89	469.1			
		下		7.5	7.61	1171	1.32	2.55	519.2			
13°12'	13	上	18.9	8.9	7.30	1231	1.07	3.12	451.2			
		下		8.1	7.66	1215	1.38	2.42	501.3			
12°50'	14	上	18.9	8.9	7.31	1222	0.33	0.34	408.2			
		下		8.0	7.50	1191	1.17	2.36	447.6			
11°12'	15	上	16.5	10.8	7.35	1211	1.19	0.08	340.2			
		下		8.1	7.40	1222	2.12	2.10	418.9			
S. 44 4-23	14°22'	2	中	25.5	16.5 14.6 14.2	8.45	1074	2.40	4.09	495.4		1730
	13°56'	4	中	24.0	16.6 15.0 14.9	8.54	1086	3.64	3.66	473.4		1680

採水		採水地点	水深(m)	気温(°C)	水温(°C)	PH	溶存酸素量(ppm)	BOD(ppm)	COD(ppm)	Cl ⁻ (ppm)	SO ₄ ⁻ (ppm)	EC(μS/cm)
年月日	時刻											
S. 44 4.23	10°07'	6	上下	22.8	15.1 14.8 15.2	8.35 8.18	10.79 10.07	2.61 2.87	4.04 6.48	535.8 1311.9		1,865 4,335
	10°38'	7	上下	23.8	14.7 14.6 14.3	8.39 8.13	10.91 10.09	2.51 2.60	1.81 4.48	451.4 908.2		1,585 3,065
	10°02'	8	上下	21.9	15.2 14.7 13.9	8.50 8.35	10.60 10.31	2.51 2.47	3.14 3.39	473.4 544.9		1,650 1,890
S. 44 4.23	11°18'	9	上下	22.8	15.1 14.3 14.0	8.45 8.54	10.77 10.74	1.69 2.00	3.39 3.47	495.4 493.4		1,675 1,725
	11°42'	10	上下	20.5	15.8 15.0 14.5	8.32 8.35	10.40 10.53	2.43 2.54	2.86 3.43	513.7 522.9		1,805 1,830
	13°11'	13	中	23.8	17.5 14.3 13.9	8.25	10.70	2.52	2.48	502.7		1,735
	12°53'	14	中	25.0	16.5 14.5 14.2	8.49	10.60	2.43	4.19	515.6		1,780
	11°58'	15	中	22.3	15.9 14.2 14.0	8.44	10.69	2.49	2.00			1,675
	13°38'	3~8	中	23.9	18.0 14.5 13.8	8.53	11.49	3.12	2.10			1,720
S. 44 5.22	11°53'	3	上中下	26.2		7.44 7.48 7.40	8.00 8.07 7.92	0.20 0.14 0.10	5.23 5.52 6.08	1236 1246 1287		3,855 3,780 3,925
	11°42'	4	上中下	26.2		7.58 7.50 7.17	8.19 8.20 8.18	(-0.22) 0.00 0.14 (-0.18) 0.00	6.31 5.78 6.12	1269 1269 1332		3,925 3,940 4,190
	11°15'	5	上中下	24.6		7.32 7.45 7.28	8.32 8.45 7.44	0.29 0.60 0.23	6.13 6.08 6.81	1197 1199 1483		3,745 3,750 4,635
	9°28'	6	上中下	21.2		7.64 7.55 7.37	8.00 6.57 7.98	0.31 -1.31 0.48	5.32 5.68 5.90	1187 1199 1311		3,835 3,290 4,100
	9°53'	7	上中下	22.2		6.51 7.54 7.33	8.31 8.20 8.28	0.35 0.07 0.38	4.87 5.29 5.58	1193 1201 1230		3,850 3,815 4,005
	10°17'	8	上中下	22.0		7.72 7.43 7.34	8.28 8.55 8.36	0.12 0.27 0.14	5.77 5.58 5.94	1244 1256 1275		3,980 4,125 4,140

採水		採水地点	水深 (m)	気温 (°C)	水温 (°C)	PH	溶存酸素量 (ppm)	BOD (ppm)	COD (ppm)	Cl ⁻ (ppm)	SO ₄ ²⁻ (ppm)	EC (μV/cm)	
年月日	時刻												
S. 44 5.22	10°36'	9	上	21.8		7.70	8.48	0.14	6.49	1234		3,900	
			中			7.70	7.82	-0.33	6.18	1232		3,885	
			下			7.40	8.60	0.37	6.44	1254		3,950	
	10°55'	10	上	23.5		7.50	8.37	0.45	5.70	1262		4,020	
			中			7.63	8.42	-0.52	5.78	1283		3,980	
			下			7.30	1.91	0.54	9.94	3930		1,170	
	12°42'	14	上			7.61	8.28	-0.45	6.13	1248		3,955	
			中			7.60	8.36	0.32	6.22	1252		3,865	
			下			7.32	8.21	0.26	6.18	1250		3,940	
	S. 44 7.11	9°50'	6	上	21.0		8.55	8.62	0.80	3.86	633.4		2,170
				中			8.51	8.20	0.17	3.74	731.5		2,470
				下			8.21	7.17	-0.27	2.76	1445.7		4,850
10°50'		7	上	22.5		8.01	8.27	0.56	2.90	531.5		1,785	
			中			8.25	8.55	0.59	3.57	948.4		3,135	
			下			8.05	7.34	0.00	2.74	1494.6		4,835	
11°10'		8	上	22.0		7.67	8.38	0.87	2.52	555.6		1,835	
			中			7.85	8.32	0.74	3.15	787.1		2,645	
			下			7.88	8.50	0.93	2.60	1231.6		4,060	
11°35'		9	上	30.0		7.45	8.69	1.45	2.29	412.9		1,370	
			中			7.55	8.30	0.77	2.11	555.6		1,820	
			下			7.40	7.39	0.47	2.38	1709.4		5,480	
11°55'	10	上	29.0		7.25	9.68	0.97	1.30	168.5		5,405		
		中			7.25	9.38	0.95	1.71	277.8		910		
		下			7.40	7.79	0.25	2.31	1396.4		4,470		
S. 44 8.28	10°10'	6	上			9.48	8.33	1.71	3.28	1389.6		4,670	
			中			9.25	8.75	3.82	3.12	1425.8		4,630	
			下			9.40	7.80	2.46	2.91	1430.0		4,605	
	10°45'	7	上			9.40	8.13	2.72	2.70	1359.8		4,505	
			中			9.50	8.65	3.11	3.12	1366.2		4,480	
			下			9.12	6.78	1.68	2.85	1802.4		5,860	
11°40'	8	上			9.60	8.37	2.46	2.91	1383.2		4,555		
		中			8.23	3.25	2.80	2.29	491.78		15,000		
		下			7.53	9.09	0.75	2.14	1608.8		5,235		
S. 44 10.17		1	上			7.25	9.24	1.00	2.42	1632.2		5,360	
			中			8.60	12.12	5.70	4.05	1521.5		5,020	
		3	上			6.92	4.88	0.95	2.31	3340.9		10,550	
			下			8.33	10.31	1.68	2.14	1542.8		5,035	
		4	上			7.10	8.38	1.49	2.16	1747.1		5,675	
			下			8.80	11.09	2.31	2.69	1615.2		5,225	
		5	上			7.01	8.28	2.00	2.01	1772.6		5,800	
			下			8.76	10.43	2.22	3.07	1642.8		5,390	
		6	上			8.04	10.33	1.74	2.73	1651.3	219.7	5,370	
			中			7.90	9.89	1.76	2.52	2351.4		7,585	

採水		採水地点	水深 (m)	気温 (°C)	水温 (°C)	PH	溶存酸素量 (ppm)	BOD (ppm)	COD (ppm)	Cl ⁻ (ppm)	SO ₄ ⁻ (ppm)	EC (μS/cm)
年月日	時刻											
S. 44 10・17	7	上 中 下	7.68	1 0.08	1.7 0	1.9 5	1685.4	2 2 2.8	5,5 9 0			
			7.90	9.5 4	1.2 9	1.8 2	1702.4		5,5 9 5			
			7.57	8.4 8	1.2 6	2.2 0	3506.9		11,1 5 0			
	8	上 中 下	8.62	1 0.4 3	1.5 9	2.2 5	1606.6	2 0 9.7	5,3 4 5			
			8.03	1 0.7 5	2.1 8	2.1 4	1649.2		5,3 7 0			
			7.70	7.4 2	2.9 5	2.3 7	5915.8		1,7 6 5 0			
	9	上 中 下	8.54	1 3.5 1	4.1 7	2.2 7	1600.3	2 1 2.3	5,3 1 5			
			8.40	1 1.4 5	2.9 9	1.4 2	1634.4		5,3 4 0			
			7.35	6.7 2	1.8 1	2.8 8	4211.3		13,1 5 0			
	10	上 中 下	7.88	1 1.2 0	3.1 7	1.8 2	1319.4	1 6 8.9	4,3 8 0			
			7.70			2.4 8	1615.2		5,3 3 5			
			7.21	7.2 0	2.1 2	1.8 4	2989.8		9,5 9 0			
	11	上 中 下	8.09	1 0.4 0	1.8 5	2.5 2	1723.7		5,7 5 0			
			8.20	1 0.4 9	1.6 8	2.4 8	1719.4		5,6 6 5			
7.39			8.5 2	1.3 1	2.5 9	2983.5	9,5 9 0					
12	上 下	8.51	1 0.9 7	2.3 3	2.6 1	1725.8		5,7 1 0				
		7.17	7.6 4	1.7 7	2.4 0	3532.5		11,2 5 0				
13	上 下	7.92	1 0.0 0	1.9 5	2.5 2	1715.2		5,7 2 0				
		7.11	7.2 8	0.9 7	2.5 6	2800.4		9,0 7 0				
15	上 下	8.37	1 0.6 7	2.4 1	3.0 1	1632.8		5,4 9 5				
		6.80	5.8 9	0.8 9	2.1 2	2037.5		6,6 9 0				
S. 44 11・13	1	上 下	8.35	9.9 8	0.8 9	3.1 6	2 2 4 3	3 1 0.7	7,4 8 0			
			7.90	8.3 7	0.6 6	2.6 1	3 0 6 1		4 7 1.6	11,5 0 0		
	2	上 下	8.35	1 0.6 2	2.2 1	2.9 9	2 3 1 4	2 3 3.7	7,7 0 0			
			7.70	9.5 2	0.9 5	1.7 5	2 3 2 1		3 2 4.1	7,7 2 5		
	3	上 下	8.1	9.9 1	0.8 8	1.9 1	2 2 7 1	3 0 3.9	7,4 6 0			
			7.83	9.4 4	0.8 5	1.9 6	2 3 5 0		3 1 8.9	7,8 3 0		
	4	上 下	8.00	1 0.0 1	0.9 8	2.0 6	2 2 7 5	2 9 9.4	7,5 5 5			
				9.2 7	0.9 8							
	5	上 下	8.05	1 0.5 0	1.1 1	2.5 3	2 2 3 9	3 0 4.5	7,4 7 5			
			7.50	9.5 1	0.9 8	2.1 0	2 3 6 8		3 1 1.3	7,7 1 5		
	6	上 中 下	8.35	1 0.3 2	1.6 9	2.2 2	2 2 5 4	2 9 6.9	7,7 0 5			
			8.20	9.7 3	0.9 3	2.3 0	2 2 5 7		7,4 6 0			
			8.00	8.8 3	1.2 7	1.8 1	4 0 5 2		5 5 2.2	13,0 0 0		
	7	上 中 下	8.05	1 0.2 3	1.6 7	2.0 8	2 2 3 6	3 0 2.9	7,7 3 0			
			8.10	9.5 9	0.7 2	2.0 0	2 2 7 9		7,8 4 0			
			7.89	9.6 2	0.7 3	2.1 6	2 3 3 2		3 1 2.9	7,7 3 5		
	8	上 中 下	8.34	1 0.6 1	1.5 2	1.8 9	2 2 4 7	3 0 0.4	7,7 3 0			
			8.45	1 0.5 2	2.3 3	2.4 9	2 3 4 6		7,8 8 0			
7.91			9.6 4	1.1 1	2.0 0	2 3 8 9	3 1 1.7		7,7 6 0			
9	上 中 下	8.35	1 0.8 3	1.7 1	2.0 2	2 3 1 1	3 0 8.0	7,8 8 0				
		8.4	1 0.2 6	2.5 2	2.2 0	2 3 5 3		7,7 1 5				
		7.93	9.7 3	1.3 9	1.9 3	2 3 6 0		3 3 0.6	7,7 6 0			

採水		採水地点	水深 (m)	気温 (°C)	水温 (°C)	PH	溶存酸素量 (ppm)	BOD (ppm)	COD (ppm)	Cl ⁻ (ppm)	SO ₄ ⁻ (ppm)	EC (μS/cm)
年月日	時刻											
S. 44 11・13		10	上			8.1	10.86	1.88	2.00	2289	305.1	7895
			中			8.12	10.31	1.87	2.08	2300		7585
			下			7.64	9.50	1.19	1.93	2467	325.9	8110
		11	上			8.15	9.96	0.89	2.47	2250	296.9	10200
			下			7.9	8.89	0.66	2.20	3126	417.3	7540
		12	上			8.2	10.06	1.44	2.59	2243	298.7	7595
			下			7.0	9.28	0.93	2.20	2449	307.4	8170
		13	上			7.6	10.24	0.83	2.24	2232	294.4	7660
			下			7.6	9.42	0.86	1.69	2389	312.5	7975
		14	上			8.2	10.49	1.03	1.98	2318	290.5	7865
			下			7.7	9.50	0.95	2.22	2328	305.3	7815
		15	上			8.45	10.89	2.04	2.30	2296	293.8	7785
下					7.6	9.27	0.54	1.68	2279	294.2	7760	

付表 2・3 穴道湖の湖水の比抵抗

単位: Ω-cm

採水地点 水深 (m)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0	263.2	344.8	370.4	277.8	307.7	270.3	303.0	370.4	285.7	270.3	270.3	277.8	416.7	500.0	671.1
-1	263.2	312.5	344.8	277.8	303.0	270.3	303.0	312.5	285.7	270.3	270.3	277.8	333.3	294.1	377.4
-2	263.2	294.1	333.3	277.8	303.0	270.3	294.1	307.7	281.7	270.3	270.3	270.3	312.5	294.1	339.0
-3	263.2	294.1	333.3	274.9	294.1	270.3	294.1	294.1	277.7	263.2	270.3	263.2	294.1	294.1	327.9
-4		294.1	333.3	269.5	294.1	263.2	294.1	277.8	270.3	250.0	263.2	256.4	277.8	263.2	
-5		263.2	303.0	243.9		263.2	285.7	263.2	263.2	204.1			256.4		
-5.3										113.6					
-5.5				125.0					185.2				166.7	104.2	

付表 2・4 穴道湖泥質試験結果

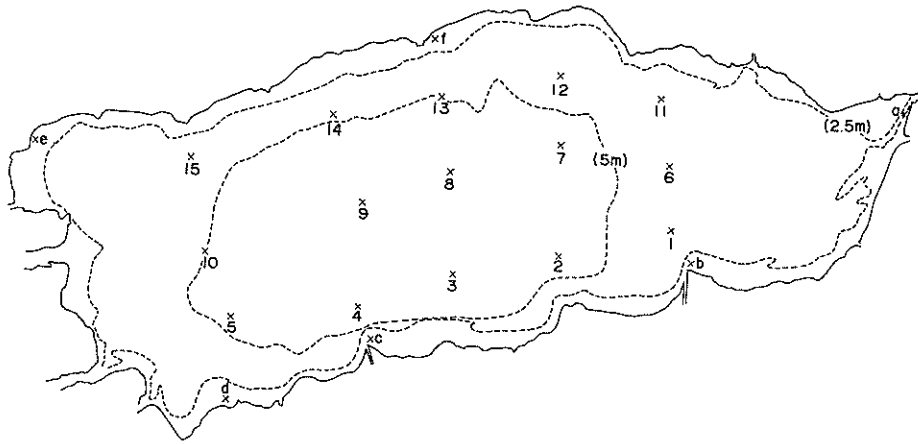
採泥年月日	採泥地点	PH	硫化物	還元電位 対カロメル (mv)	強熱減量 (%)	含水量 (%)	
S. 44 4・23	2	7.15	2.66	-374	10.36	60.6	
	6	7.04	1.25	-338	9.90	57.3	
	7	7.28	0.78	-370	12.25	64.6	
	8	7.38	1.22	-350	11.49	65.1	
	9	7.30	3.19	-380	11.88	63.4	
	10	7.34	3.80	-355	11.87	61.8	
	11		2.32		12.68	64.0	
	13	6.92	1.37	-355	13.36	63.3	
	14	7.33		-370			
	15	6.96	2.05	-390	10.90	57.8	
	3~8	7.38	1.43	-374	11.39	64.8	
	S. 44 5・22	3	7.51	0.883	-331	93.98	30.60
		4	7.18	1.590	-285	90.39	57.31
5		7.31	0.571	-320	91.62	38.87	
6		7.48	0.411	-325	92.20	40.33	
7		7.71	0.518	-345	92.73	36.25	
8		7.65	0.765	-345	94.20	30.98	
9		7.61	0.974	-355	93.40	32.22	
10		7.41	1.233	-352	92.95	32.67	
14		7.64	0.895	-349	92.18	36.83	
15		7.45	0.542	-335	90.66	42.60	

付表 2・5 安来港海水の水質

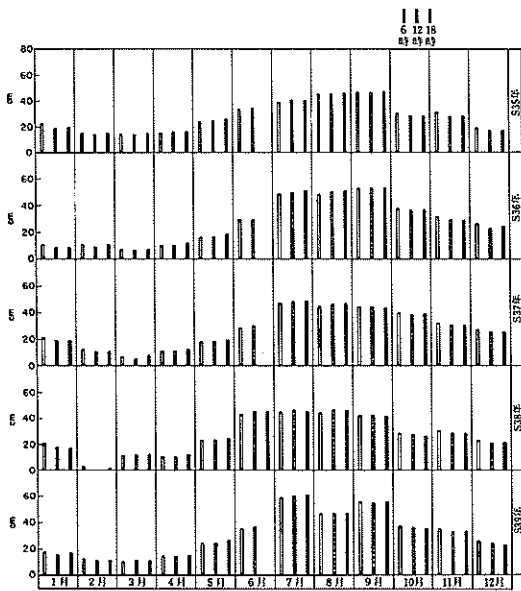
島根県：中海水質調査報告（資料編）

採水深度	採水時	採水地点の 水深(m)	気温 (°C)	水温 (°C)	透視度	PH	DO (ppm)	BOD (ppm)	COD (ppm)	Cl ⁻ (0/00)
表層	S. 43・7・13 - 17°10'	-6.1	20.5	24.3	18.0	7.95	9.3	4.6	3.75	5.66
	S. 43・8・7 - 13°30'	-5.8	27.0	28.5	25.0	8.69	10.5	7.2	3.13	7.79
	S. 43・9・5 - 16°25'	-6.0	26.7	25.5	21.0	8.92	13.1	9.6	5.36	6.97
底層*	S. 43・8・7 - 13°30'	-5.8			30.0	7.43	1.4		0.83	14.57

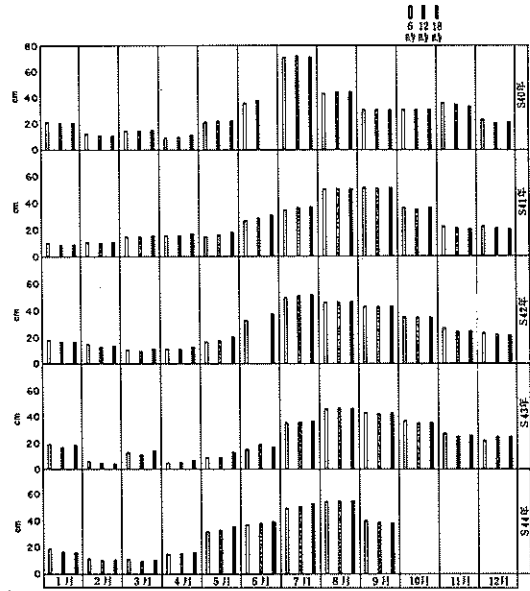
* 海底より 3.50 m 上



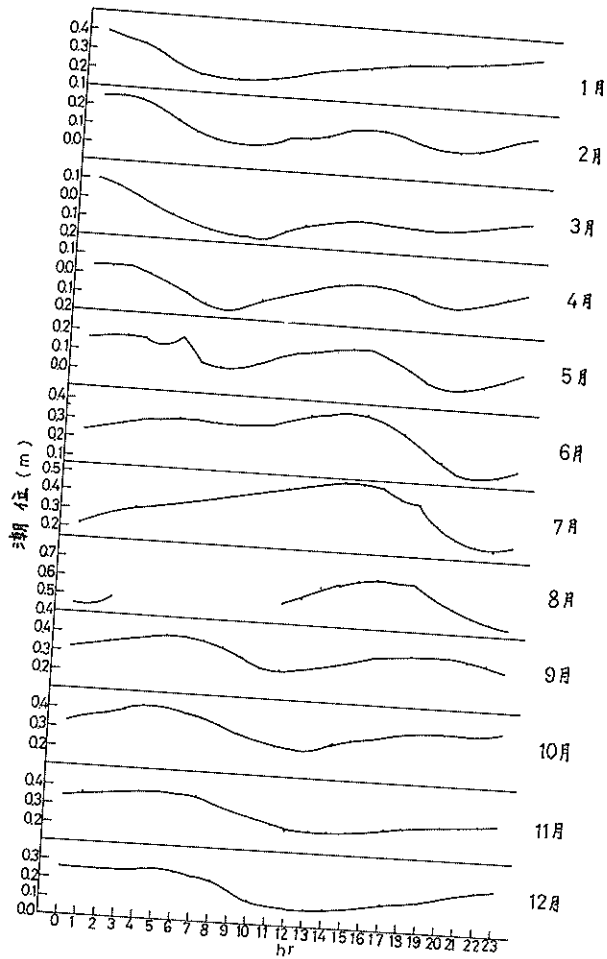
付図2・1 大湖探水地点



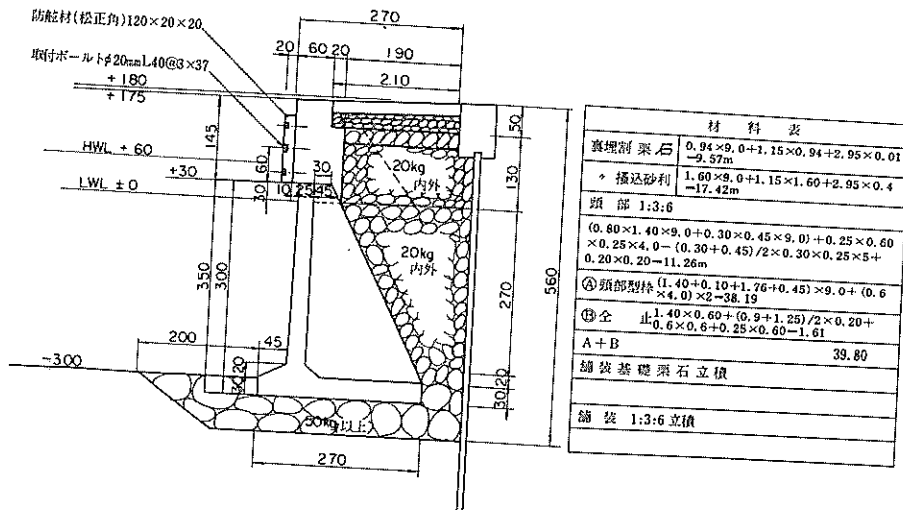
付図2・2 松江港の水位変化(1)



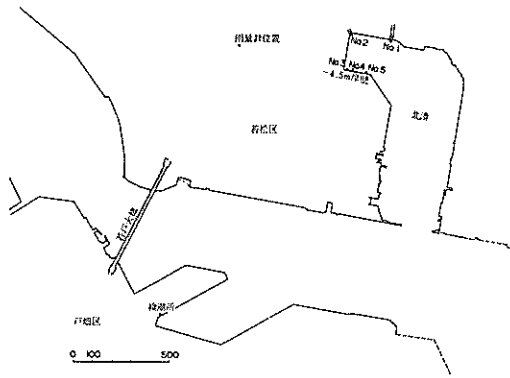
付図2・2 松江港の水位変化(2)



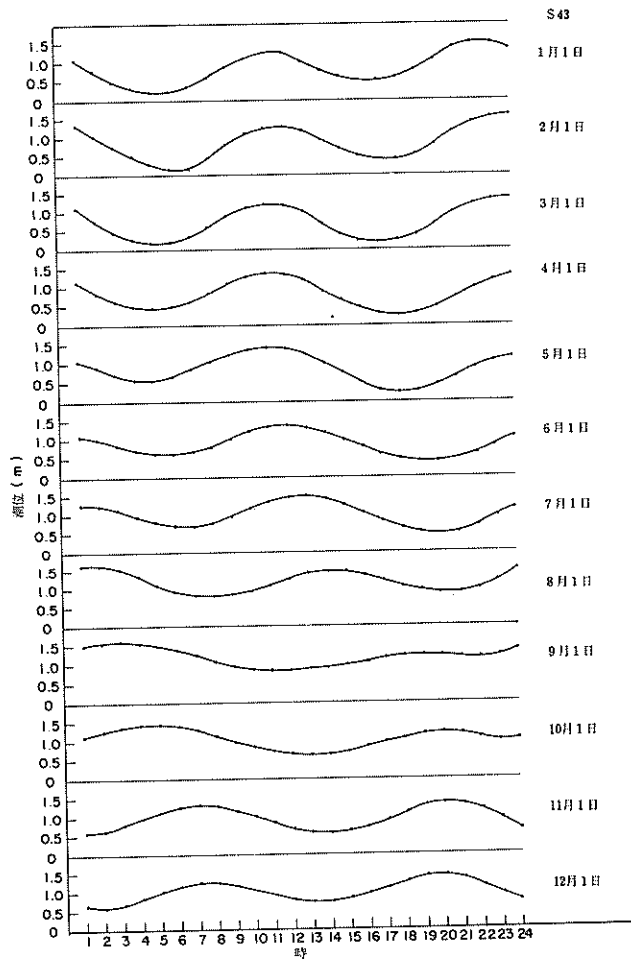
付図2・3 境港潮位变化例



付図2・4 惠曇港第3号岸壁、第5号岸壁、改造断面図



付図3・1 潮位測定地点



付図3・2 洞海湾の潮位変化

港湾技研資料 No.111

1971・3

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 日本青写真株式会社
東京都内神田2-5-6

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