

港湾技研資料

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

No. 229

Dec. 1975

東京港月島岸壁, 尼ヶ崎港才一閘門および浜坂漁港
内東防波堤における腐食調査

善 一 章
阿 部 正 美

運輸省港湾技術研究所



目 次

要 旨	3
1 ま え が き	3
2 東京港月島岸壁の腐食調査	3
2.1 調査構造物	3
2.2 調査年月および調査関係機関	4
2.3 使用機器および用具	4
2.4 調査箇所	4
2.5 調査項目および調査方法	4
2.6 調査結果	4
2.7 考 察	6
3 尼崎港第一閘門の腐食調査	7
3.1 調査構造物	7
3.2 調査年および調査関係機関	8
3.3 調査箇所	8
3.4 調査項目および調査方法	8
3.5 調査結果	11
3.6 考 察	11
4 浜坂漁港内東防波堤の腐食調査	12
4.1 調査構造物	12
4.2 調査年月および調査関係機関	12
4.3 使用機器および用具	12
4.4 調査箇所	12
4.5 調査項目および調査方法	12
4.6 調査結果	12
4.7 考 察	12
5 あ と が き	15
参考文献	15

Corrosion surveys of Tsukishima quay wall at Tokyo harbour, the first lock gate at Amagasaki harbour and Uchihigashi breakwater at fishery port of Hamasaka

Kazuaki ZEN *

Masami ABE **

Synopsis

The corrosion surveys of Tsukishima quay wall at Tokyo harbour, the first lock gate at Amagasaki harbour and Uchihigashi breakwater at fishery port of Hamasaka have been carried out, and the following results were obtained.

(1) At Tsukishima quay wall at Tokyo harbour, corrosion was concentrated only on the flat portion of convex steel piles directly under mean low water level, and holes were observed on the flat portions of 33 percent of total convex steel piles and their corrosion rates were about 1 mm/yr . This tendency is corresponded to steel sheet pile corrosion tendency (a) reported previously. On the other hand, at splash zone holes occurred on the surface of those of 7 percent of all steel sheet piles, i.e. convex and concave steel sheet piles.

(2) Concentrated corrosion occurred at protruding parts of members (i.e. edges of reinforcement) in the area within $+0.7 \text{ m}$ to -0.7 m at the first lock gate at Amagasaki harbour, and at extreme places corrosion rates exceeded 2 mm/yr (one side). However, there was such tendency that when edges of reinforcement touched closely other steel members within $+0.7 \text{ m}$ to -0.7 m either by welding or rivetting, concentrated corrosion didn't almost occur at these portions.

(3) At Uchihigashi breakwater at fishery port of Hamasaka, cracks occurred mainly at curved portions of steel sheet piles and steel piles ruptured finally in less than 17 years. It was supposed that such phenomenon was an example of corrosion fatigue in the field.

* Senior Research Engineer, Structures Division

** Member of the Materials Laboratory, Structures Division

東京港月島岸壁・尼崎港第一閘門および 浜坂漁港内東防波堤における腐食調査

善 一 章 *
阿 部 正 美 **

要 旨

東京港月島岸壁，尼崎港第一閘門，浜坂漁港内東防波堤の腐食調査を行なって，次の結果を得た。

1. 東京港月島岸壁では平均干潮面直下の凸矢板平坦面に腐食が集中し凸矢板の 33 % に穴があき，集中腐食速度は約 1 mm / yr であった。これは鋼矢板の腐食傾向(a)に該当する。いつぼろ飛沫帯では凸・凹矢板の 7 % に穴が発生した。

2. 尼崎港第一閘門では補剛材，補助材の突出部（エッジ部）の +0.7 ~ -0.7 m 間に腐食が集中し，最も著しい箇所の腐食速度は 2 mm / yr（片面）以上であった。しかし，+0.7 ~ -0.7 m 間で補強材のエッジ部が他の部材に接続したところでは，集中腐食は接続部分以外のエッジ部に発生した。

3. 浜坂漁港内東防波堤では鋼矢板にキレツが発生し 17 年未満で破断した。これは現地における腐食疲労の一例と思われる。

1 ま え が き

東京港豊海水産埠頭ドルフィンの腐食調査から，脚柱鋼管杭の平均干潮面直下部に集中腐食が発生し 10 年未満で輪切り状態となった例がある。¹⁾ 豊海水産埠頭は隅田川の下流に位置しており，集中腐食の発生は川水の流入による淡水層の影響と推察された。今回の東京港月島岸壁は先に調査した豊海水産埠頭より少し隅田川の上流に位置しているが，両施設は近接している。月島岸壁では上部工が陥没して一部改造されることになったので，この機会に改造部分については M.S.L. からの切取り調査を，未改造部分については平均干潮面直下部の集中腐食の状況と飛沫帯の腐食状況の調査を実施することにした。

尼崎港では昭和 45 年度に第一閘門の腐食調査，昭和 46 年度に蘆川水門の腐食調査が運輸省と兵庫県の協力によって行なわれたが，昭和 47 年度に第一閘門後扉の補修で補剛材と補助材の山型鋼が切取られた。第一閘門

後扉の破壊調査は先の調査では行なわれておらず，また，切取られた補剛材，補助材は集中腐食の発生深度に取付けられていたため，前回行なった閘・水門施設の腐食調査の延長としてこれら切取り山型鋼の腐食量を測定することにした。

浜坂漁港内東防波堤では使用鋼矢板が 17 年未満で破損したが，これは腐食疲労による破損例と考えられるので，鋼矢板を回収して破損状況と腐食状況を調査することにした。

2 東京港月島岸壁の腐食調査

2.1 調査構造物

調査構造物は表 2.1 に示す東京港月島岸壁である。

付図 2.1 に月島岸壁の位置図を，付図 2.2 に月島岸壁の平面図を，付図 2.3 に月島岸壁の断面図を示す。なお，月島岸壁は後述するように上部工陥没のため前面に新矢

表 2.1 東京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
月島岸壁	-2.0	YSP III	13.0	250			無し		S.49.3 S.50.1

* 構造部 防食主任研究官

** 構造部 材料施工研究室

板を打込み旧矢板を埋め殺しとすることになった。付図2・3は新旧断面を示す。月島岸壁の経過期間は表2・1に示すにはつきりせず、鋼矢板も寄せ集めて使用したため必ずしもYSP-Ⅲ型のみでなく他のタイプの鋼矢板も混用されている。

2・2 調査年月および調査関係機関

調査は昭和49年3月(観察)、50年1月(切取り)に行なわれた。

調査に関係した機関は次のとおりである。

東京都港湾局建設部港湾設計課

東京都港湾局東京港建設事務所

運輸省第2港湾建設局横浜調査設計事務所

運輸省港湾技術研究所

なお調査作業の中、鋼矢板、タイロッドおよび腹起し材からの試験片切出し作業は東京港建設事務所が、現地での観察は東京港建設事務所と運輸省港湾技術研究所が、室内における肉厚測定、観察は運輸省港湾技術研究所が行なった。

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とおりである。

- (1) ガス切断機一式(施工業者所有)(鋼材片切取り)
- (2) カメラ
- (3) マイクロメータ
- (4) 天秤

2・4 調査箇所

(1) 鋼材片切取り箇所

鋼矢板片(+1.4mの深度)の切取り箇所は付図2・4に示す。なお、図中のAは隅田川寄りを基点とした凹矢板のAを示す。また、タイロッドおよび腹起し材(溝型鋼)は付図2・4のA4附近で切断した。

(2) 鋼矢板における穴の発生状況観察位置

鋼矢板面の穴の発生状況観察は付図2・5に示すようにけい船柱4からけい船柱13間で行なった。

2・5 調査項目および調査方法

調査としては鋼材片切取りによる破壊調査と現地鋼矢板面の観察(干潮面上)が行なわれた。破壊調査は回収鋼矢板片、タイロッド片、腹起し材の肉厚測定、重量測定、および観察である。

(1) 肉厚測定

鋼矢板片の切取りは付図2・4に示す凹矢板(深度+1.4

m)について行なわれたが、凹矢板A5, 6, 20, 23, 24は平坦面のみ、凹矢板A4, 14, 21は側面のみ、凹矢板A2, 3, 15, 16, 17, 18, 19, 25, 26, 27は平坦面と側面を切取った。鋼矢板片は平坦面と側面に分けて成型、脱錆し、平坦面と側面をそれぞれ基盤目状に両球型マイクロメータで測定した。

溝型鋼は成型、脱錆後、平坦面のみを基盤目状に16箇所を両球型マイクロメータで肉厚を測定した。

タイロッド片は約5cm長に成型し直径をノギスで測定した。付図2・6にタイロッド片の切取り箇所を示す。

なお、写真2・1⑤のように海側に突出している方を基点としてタイロッドの切取りAを付けた。A1-1~A1-3まではネジ山のある部分であるが、A2の方はA2-1, 2の部分が切取られておらず、A2-3から始まっている。

(2) 重量測定

鋼矢板片(平坦面)、溝型鋼片、タイロッド片は成型、脱錆後重量を測定した。なお、鋼矢板片(平坦面)については次式より平均現有肉厚 t を算出した。

$$t(\text{mm}) = \frac{W(\text{g}) \times 10}{A(\text{cm}^2) \times 7.86}$$

ただし、W:測定重量

A:成型片の(底面)表面積

(3) 観察

干潮時(観察時の潮位+0.2m)の海水面上鋼矢板を観察(肉眼観察とカラー写真撮影)して鋼矢板面の穴の発生状況(穴の発生箇所、穴の発生率)を主として調べた。また、切取り片については脱錆前後の鋼材表面を観察した。

2・6 調査結果

(1) 観察結果

月島岸壁の鋼矢板の損傷状況を写真2・1に示す。月島岸壁鋼矢板の海水面(観察時の海水面+0.2m)上は写真2・1③に示すように海水面附近と鋼矢板天端部に穴が見られる。穴の発生状況(発生箇所および発生頻度)を調べてみると図2・1のとおりである。図2・1に示すように月島岸壁鋼矢板での穴の発生深度はH.W.L.(+2.10m)直上部と+0.5m直下部の2深度である。H.W.L.直上部は一般に飛沫帯(またはスプラッシュ・ゾーン)と呼ばれ、港湾における厳しい腐食環境の一つである。いっぽう+0.5m直下部は東京港の平均干潮面直下部に相当する。飛沫帯で穴が発生した鋼矢板は29枚あり、この中凸矢板20枚、凹矢板9枚で、凸矢板と凹矢板の区別に関係なく穴が発生している。これに対して平均干潮面直下部の穴

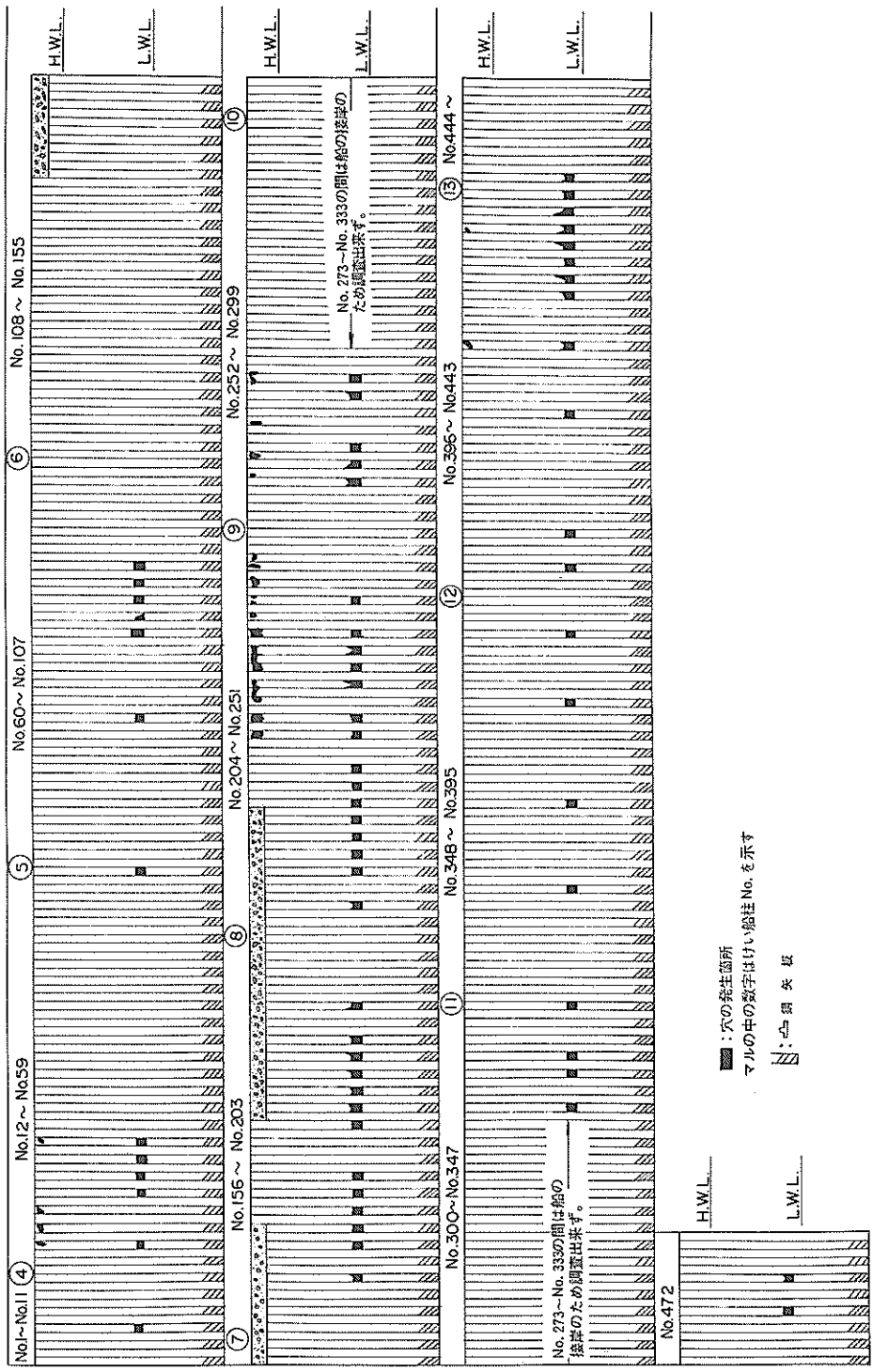


図 2.1 東京港月島岸壁鋼矢板における穴の発生状況

は凸矢板（平坦面）のみで、調査凸矢板 206 枚中 68 枚（発生率 33%）に穴が発生している。なお、鋼矢板 No.273 ~ No.333 間では船が接岸していたため精しく観察できなかったが、平均干潮面直下部の穴は散見された。この他海水面下の鋼矢板面を肉眼観察したり竹竿で穴を探してみたところ、海水面附近の凸矢板面の穴は±0 m 附近迄で終わっており、その他の鋼矢板面には穴は見つからなかった。また、図 2・1 で鋼矢板天端部がコンクリートで被覆されている箇所は写真 2・1 ⑤に示すように、鋼矢板面から裏込め土砂が流出して写真 2・1 ⑥のように上部工が陥没したために補修したところである。写真 2・2 に鋼矢板片の切り取り箇所（凹矢板、+1.4m）と鋼矢板片の表面状況例を示す。写真 2・2 ①のように旧矢板の前面に打込まれた新鋼矢板用のタイロッドを通すために +1.4 m 深度の旧凹矢板面に穴をあけたので、この鋼材片を観察と肉厚測定用に使用した。なお、写真 2・1 に示すように鋼矢板面に生じた穴から裏込め土砂が流出して上部工が陥没したため、+1.4m の深度の鋼矢板面の腐食環境は当初海側が潮位間（MSL = +1.10m 上）、陸側が裏込め土砂であったものが、陥没後は海側、陸側とも潮位間と変化している。写真 2・3 に腹起し材（溝型鋼）とタイロッドの腐食状況を示す。

(2) 鋼矢板の肉厚測定結果

深度 +1.40 m から切取った鋼矢板（凹）の平坦面、側面の肉厚測定結果は図 2・2、図 2・3 の通りである。

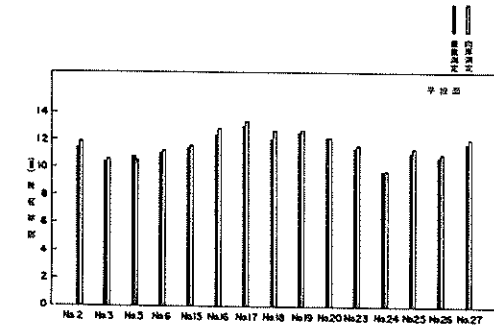


図 2・2 東京港月島岸壁における鋼矢板 (+1.4m) の現有肉厚

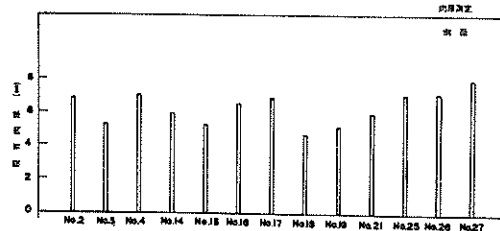


図 2・3 東京港月島岸壁における鋼矢板 (+1.4m) の現有肉厚

表 2・1 に示すように鋼矢板のタイプは YSP-III 型となっているが、他の型の鋼矢板も混用したらしい。このことは図 2・2 の No.17（平坦面）の肉厚が YSP-III 型の肉厚 13.0 mm より大きいことからもうなづける。

(3) タイロッドの外径および重量測定結果

付図 2・6 のように切取って成型したタイロッド片の外径と重量の測定結果を付表 2・1 に示す。なお、付表 2・1 の外径は 3 方向について測定した外径の平均値である。

(4) 腹起し材（溝型鋼）の肉厚、重量、幅測定結果

溝型鋼の肉厚測定結果を付表 2・2 に、重量および幅測定結果を付表 2・3 に示す。

2・7 考 察

(1) 調査鋼矢板の腐食傾向

東京港月島岸壁の鋼矢板は図 2・1 や写真 2・1 に見られるように、平均干潮面直下部（+0.5m ~ ±0.0m）の凸矢板平坦面に腐食が集中して穴があいている。月島岸壁の経過期間はあまり明確でないが、昭和 30 年前後に建設され、昭和 40 年代には上記の穴が発生して裏込め土砂の流出、上部工陥没の補修工事が何回かに分けて行なわれている。これらのことを参照すると、平均干潮面直下部の凸面の穴は 10 年 ~ 10 数年で発生したのではないかと推定される。穴が発生するまでの期間を 10 年 ~ 15 年と仮定すると、平均干潮面直下部の集中腐食速度は、

$$13.0\text{mm}/10\sim 15\text{yr} = 1.30\sim 0.87\text{mm/yr} \text{ (両面=海側+陸側) となる。}$$

いっぽう日本の港湾における鋼矢板構造物の腐食調査結果によれば、鋼矢板の腐食傾向は図 2・4 に示すように HWL 下の腐食状況によって (a) ~ (e) の 5 通りに分類される。²⁾ すなわち、(a) は平均干潮面直下附近の凸面のみで腐食が集中して集中腐食度は 0.5 ~ 1.0 mm/yr (両面 = 海側

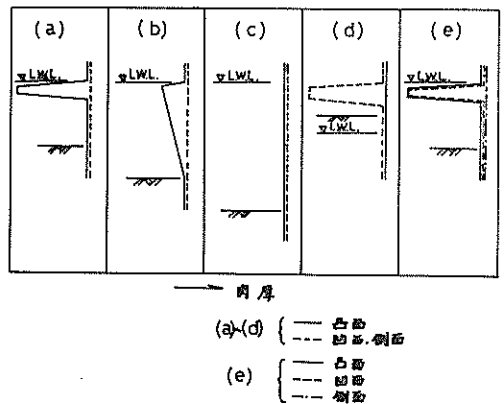


図 2・4 鋼矢板の腐食傾向

+陸側), (b)は(a)と(c)の中間で平均干潮面直下部の集中腐食速度は $0.1\sim 0.2\text{mm}/\text{yr}$, (c)は平均干潮面直下部に集中腐食が発生しない, (d)残留水位直下部の凹矢板面に腐食が集中し, 集中腐食速度は $0.8\text{mm}/\text{yr}$, (e)は平均干潮面直下附近の凸面と凹面に腐食が集中し, 集中腐食速度は $0.5\sim 1.0\text{mm}/\text{yr}$ である。図2・4を参照すると東京港月島岸壁鋼矢板の腐食傾向は(a)に該当する。

(2) 調査鋼矢板構造物の腐食量

鋼 矢 板

飛沫帯では図2・1, 写真2・1に示すように調査時点(20年以上経過)で穴が散見されたが, 穴の発生割合は $\frac{29}{412} \times 100 \div 7\%$ である。穴の箇所の腐食速度は $13\text{mm}/20\text{yr} = 0.65\text{mm}/\text{yr}$ (両面=海側+陸側)以上となるが穴があいていない箇所の腐食速度は $0.65\text{mm}/\text{yr}$ (両面)以下となる。ただし, 飛沫帯における鋼矢板の腐食環境は当初海側が飛沫帯, 陸側が裏込め土砂であったものが, 中途から裏込め土砂の流出によって陸側が空洞化したため, 海, 陸側とも飛沫帯にさらされたことになる。

+1.4mから切取った(凹)鋼矢板片には図2・2に示すように約 $10\sim 13\text{mm}$ の肉厚が平坦面では残っている。したがって, 初期肉厚を 13.0mm (YSP-Ⅲ型)とすると腐食速度は $0.15\text{mm}/\text{yr}$ ($=\frac{3\text{mm}}{20\text{yr}}$, 両面=海側+陸側)以下となる。+1.4mの深度でも平均干潮面直下部凸面からの裏込め土砂流出により鋼矢板陸側面は空洞化したため, 腐食環境は空洞化するまでは海側は潮位間(M.S.L.附近), 陸側は裏込め土砂であったが空洞化後は海陸側とも潮位間(M.S.L.附近)となった。

平均干潮面直下部の凸面は $10\sim 10$ 数年未満で穴があいたため腐食速度は $1\text{mm}/\text{yr}$ (両面=海側+陸側)程度であるが, 平均干潮面直下部の凹面では穴の発生は全くなく, ほとんど損傷していない。なお, 他の調査例³⁾を参照すると, 腐食傾向が(a)のときの平均干潮面直下部の凹面の腐食速度は $0.1\text{mm}/\text{yr}$ 以下であった。

タイロッド

月島岸壁では旧タイロッドの取付け深度が場所によって異なっている。すなわち, 隅田川寄りでは+0.6m附近に取付けられている(写真2・1③)が, 隅田川寄りでない方ではM.S.L.(+1.10m)附近に取付けられている(写真2・1④)。また, タイロッドの多くは凹矢板に取付けられているが, 中には凸矢板に取付けられている箇所もある(写真2・1⑤)。月島岸壁の改造箇所は最も隅田川寄りであるから, タイロッドの取付け深度は+0.6m附近と考えられる。付表2・1のタイロッド片 $\#1-1\sim\#1-3$ と $\#2-3$ はネジ山のあった部分であるが, 回収時点

ではネジ山はほとんどなくなってしまっていた(写真2・3③, ④)。 $\#1-4\sim\#1-7$ と $\#2-4\sim\#2-7$ の部分はロッド部分で裏込め土砂中に埋設されていた。しかし, 写真2・1⑥に見られるように, 平均干潮面直下部の凸面に集中腐食が発生して裏込め土砂が流出した時点から, 腐食環境は+0.6mの海側と大差なくなった。タイロッドの初期寸法が不明のため付表2・1の測定結果からは腐食速度は算出できなかった。

腹起し材(溝型钢)

腹起し材としての溝型钢はほぼタイロッドの深度附近の陸側に取付けてあった。したがって, タイロッドと同様に裏込め材の流出による鋼矢板陸側の空洞化の前後で腐食環境が異なる。付表2・2によれば溝型钢A面の肉厚減量は $1.7\sim 1.8\text{mm}$ であるから, 腐食期間を20年とすれば腐食速度は $0.043\sim 0.045\text{mm}/\text{yr}$ (片面)となる。また, 付表2・3によれば切り取り約 10cm 長の重量減量は $540\sim 440\text{g}$ 程度であり, 幅(B)の減量は 3cm 内外である。溝型钢は $180 \times 75 \times 7$ ($A \times B \times t$)であるから切り取り長 1cm 当りの表面積を 62.5cm^2 として重量減量から腐食速度を算出してみると $0.044\sim 0.055\text{mm}/\text{yr}$ (片面, 期間20年)となる。また, 幅(B)方向の腐食速度は $0.07\sim 0.09\text{mm}/\text{yr}$ (片面, 期間20年)となる。

(3) 集中腐食

月島岸壁の鋼矢板では平均干潮面直下附近(+0.5 \sim ±0.0m)の凸面に腐食が集中して穴があき, 裏込め土砂の流出, 上部工の陥没の被害があった。このような平均干潮面直下附近の集中腐食は月島岸壁に限らず, 東京港では他の施設でも発生している。例えば付図2・1の月島岸壁に近接する豊海水産埠頭ドルフィンの鋼管杭(鋼管杭腐食傾向(a)), 豊州石炭埠頭護岸鋼矢板(鋼矢板腐食傾向(a))等でも集中腐食が発生している。鋼矢板の腐食傾向(a)は潮位差があり, 水深が浅く(-3m以浅), コンクリート被覆が平均干潮面まで下がついていない等のときに発生しやすいが, また水深が深くても淡水が流入して淡水と海水の層を成すときにも発生しやすい。月島岸壁鋼矢板では潮位差があり, 水深が-1.8mと浅く, 鋼矢板は天端まで裸のままであるから鋼矢板の腐食傾向(a)が発生しやすいが, さらに隅田川沿いに位置するため淡水の流入が期待され, 一層集中腐食の発生に有利であると考えられる。

3 尼崎港第一開門の腐食調査

3・1 調査構造物

調査構造物は表3・1に示す尼崎港第一開門である。

表3・1 尼ヶ崎港における調査鋼構造物

施設名	水深 (m)	補剛材および補助材 (mm)	施工年	経過期間 (年)	防食法の有無	調査年月
尼ヶ崎港 第一閘門	- 5.35	75 × 75 × 12 75 × 75 × 9	S・31	16.2	塗料	S・47・6

付図3・1に第一閘門の位置図を、付図3・2に第一閘門補剛材取付け位置図(垂直方向)を、付図3・3に第一閘門補剛材取付け位置図(水平方向)を、付図3・4に第一閘門補助材取付け位置図(垂直方向)を示す。

3・2 調査年および調査関係機関

尼ヶ崎港における閘・水門施設については運輸省(港湾局, 第三港湾建設局, 港湾技術研究所)と兵庫県(港湾課, 尼ヶ崎港管理事務所)が共同で第一閘門(昭和45年度), 蓬川水門(昭和46年度)の腐食調査を行なった。昭和45年度の第一閘門調査では門扉については前扉をドライにして破壊調査と非破壊調査を実施したが, 後扉(堤内側の門扉)については破壊調査をしていない。昭和45,46年の2年度にわたる腐食調査によって閘・水門の腐食調査法と腐食傾向に関する資料は得られた。さらに, 昭和45,46年の調査の延長として昭和47年に兵庫県が第一閘門後扉補修の際, 門扉の補剛材と補助材の損傷が著しい箇所の切取りをした。したがって, 今回はこの切取り部材(山型鋼)について集中腐食の発生状況を港研室内において入念に調査した。

3・3 調査箇所

切取った補剛材(付図3・2の斜線部分, №1~№4)は付図3・5に示すように東西の後扉から躯体側1本, 航路側1本計2本宛である。したがって, 付図3・2の№1~№4は西側の躯体側1本(№1), 西側の航路側1本(№2), 東側の躯体側1本(№3), 東側の航路側1本(№4)の計4本を意味する。切取った4本の補剛材は山型鋼であるから付図3・2に示すようにリベット側と溶接側の2方向がある。補剛材の取付け深度は付図3・2に示すように+2.05m~-0.80m間であるが, +0.8m以上はほとんど腐食による損傷が認められないので+0.8m附近を切断の上限とした。いっぽう切断の下限深度は現地の都合によって, 東側門扉では-0.8m附近, 西側門扉では-0.1mと-0.4m附近となっている。付図3・3に西側門扉から切取った補助材1本の位置が示されているが, 西側門扉と対称的である東側門扉からも補助材1本を切取っ

た。補助材は付図3・4に示すように+0.60m~-1.05m間に取付けられており, この深度間は集中腐食が著しいのでリベットをはずして全長を回収した。補助材も山型鋼で, 付図3・3に示すようにスキンプレートに垂直方向とスキンプレートに平行の2方向がある。

3・4 調査項目および調査方法

第一閘門後扉の補剛材(山型鋼 75×75×12)4本と補助材(山型鋼, 西側75×75×12, 東側75×75×9)について腐食量測定と観察を行なった。

(1) 腐食量測定

幅測定

補剛材は付図3・2に示すリベット側と溶接側の2方向の幅を, 補助材は付図3・3に示すスキンプレートに垂直と平行の2方向の幅をノギスで深度方向2cmピッチで測定した。幅方向の腐食速度は次式より算出した。

$$C = (D_0 - D) / T \quad (\text{mm/yr})$$

ただし, C: 幅方向の腐食速度 (mm/yr)

D_0 : 初期幅(補剛材, 補助材とも75mm)

D: 現有幅 (mm)

T: 腐食期間 16.2 yr

重量測定

切取った補剛材と補助材を約20cm長に切断し成型, 脱錆後各片の重量を測定した。次式より平均腐食速度Cを算出した。

$$C = \frac{(W_0 - W) \times 10}{A \times 7.86 \times T} \quad (\text{mm/yr})(\text{片面})$$

ただし, W_0 : 初期重量(g) (補剛材および西側補助材はカタログ重量130Kg/mを, 東側補助材はカタログ重量9.96Kg/mを参照)

W: 現有重量(g)

A: 表面積 (cm²) (カタログ寸法より算出)

T: 腐食期間, 16.2 yr

肉厚測定

重量を測定した成型片について両球型マイクロメーターで基準目状に肉厚を測定した。東西の補剛材と西側補助材の初期肉厚は12mm, 東側補助材の初期肉厚は9mm

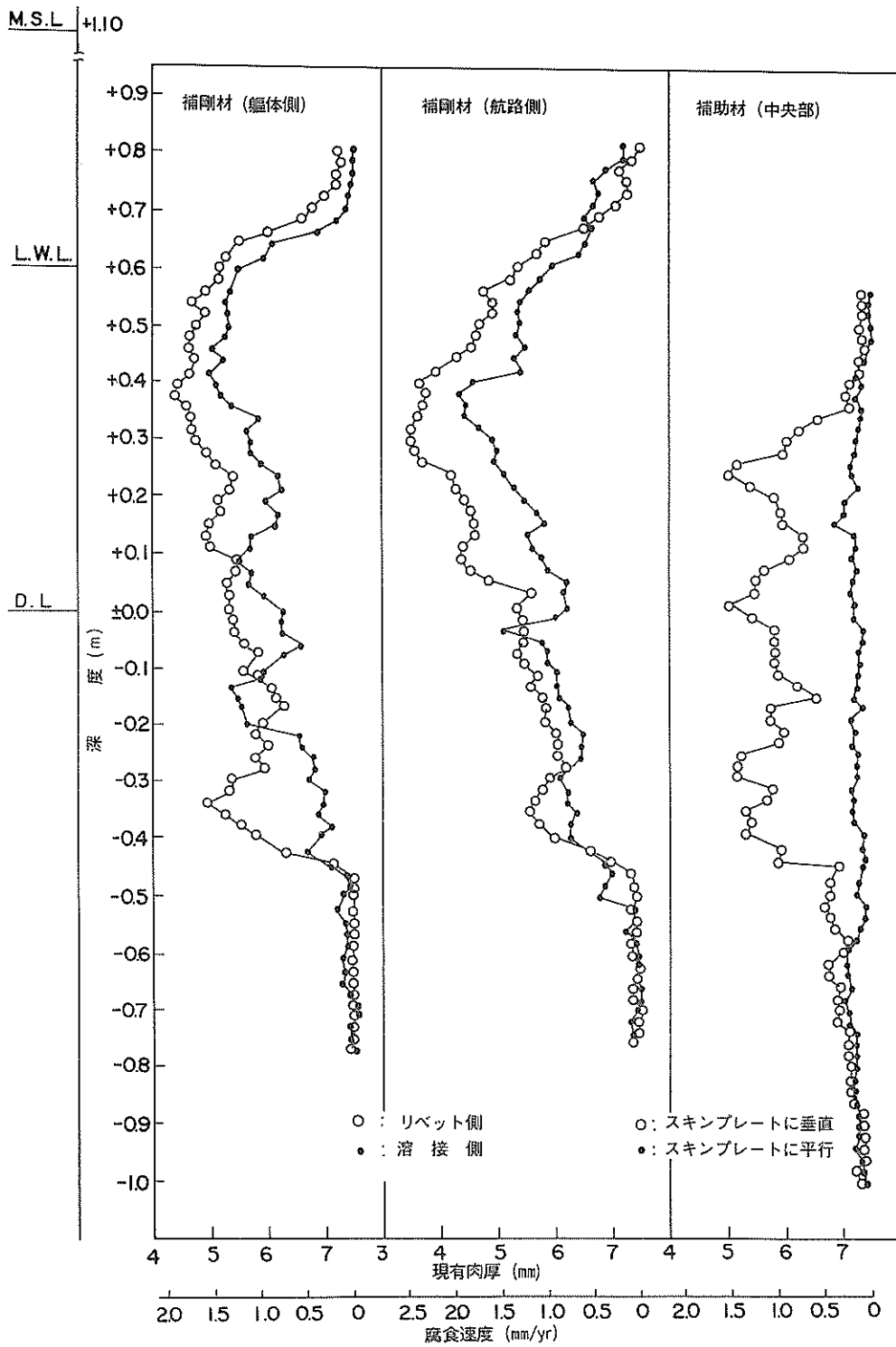


図3・1 ニヶ崎港第一開門後扉（東側）補剛材，補助材の腐食傾向（幅方向）

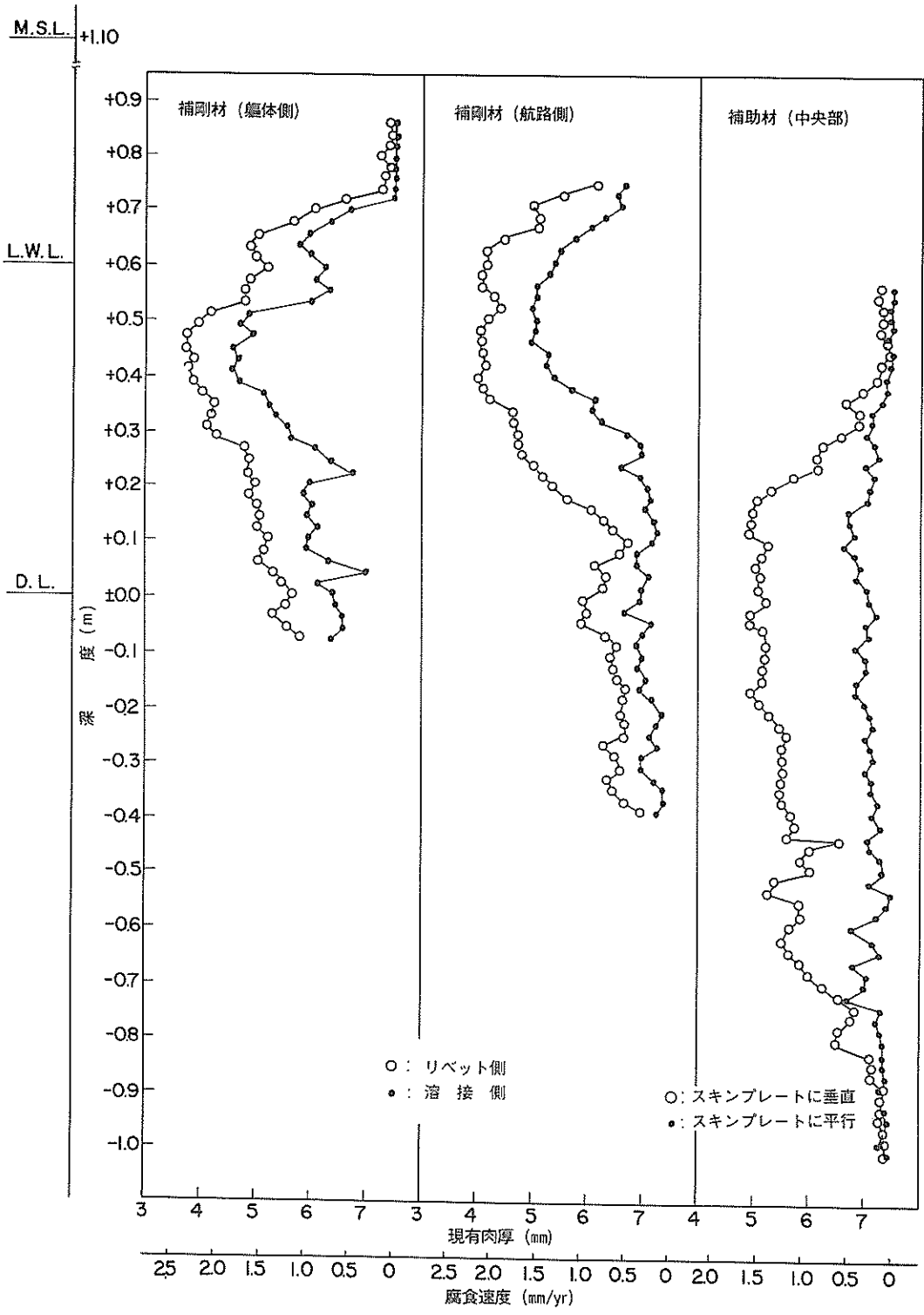


図3-2 尼ヶ崎港第一開門後扉(西側)補剛材, 補助材の腐食傾向(幅方向)

であるが、現有肉厚測定は現存している箇所の肉厚を対象として腐食してしまった幅エッジ部の肉厚0mmは含まれていないため、現有肉厚を参考として示した。

観 察

脱錆前後の鋼材表面を肉眼観察および写真撮影した。

3.5 調査結果

(1) 腐食量測定結果

尼崎港第一開門後扉の補剛材(4本)と補助材(2本)についての腐食量測定結果は次の通りである。

幅測定結果

補剛材と補助材の幅測定結果は東側門扉については図3.1、西側門扉については図3.2の通りである。

重量測定結果

補剛材と補助材の重量測定結果は図3.3の通りである。

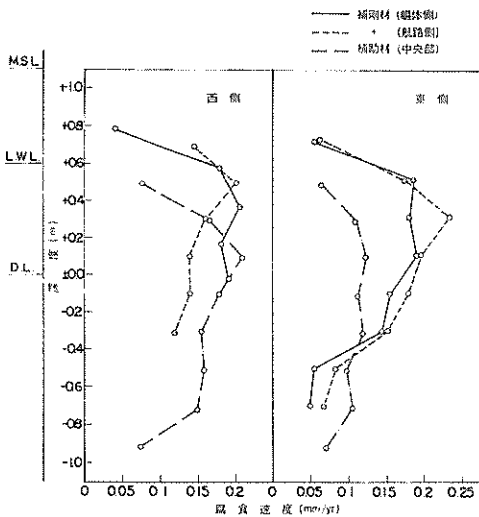


図3.3 尼ヶ崎港第一開門後扉補剛材、補助材の腐食傾向(重量減量)

図3.1, 2では深度方向2cmピッチで幅測定値が示されているが、図3.3では補剛材と補助材の各成型片(長さ約20cm)の中心深度毎に重量測定結果を示してある。

肉厚測定結果

補剛材、補助材の肉厚測定結果を付表3.1に示す。

(2) 観 察 結 果

観察結果を写真3.1~写真3.5に示す。

3.6 考 察

昭和45, 46年の腐食調査では門扉の補剛材(山型鋼)、補助材(山型鋼)ヤスクリーンのプレート(細長い板材)、補剛材(溝型鋼)等のエッジ部の+0.8m~-0.3m附近

に集中腐食が発生し、集中腐食速度は0.5~1.0mm/yr位が測定されている。これらの測定結果の中には現地で測定した値も含まれており、また、幅の測定ピッチも15~20cm程度と大きい。したがって、今回は室内で深度方向2cmピッチで入念に補剛材と補助材の幅を測定した。

第一開門後扉の補剛材は+2.05m~-0.80m間に取付けられている(付図3.2参照)が、回収した範囲は東側門扉では+0.8m~-0.8m、西側門扉では+0.9m~-0.1mと+0.75m~-0.4mである。東西回収補剛材の中、東側2本は上端は切断、下端はリベットを除去した状態であり、西側2本は上、下端とも切断されている。このような回収状態を考慮して図3.1, 2の補剛材の幅方向の腐食傾向を見てみると、集中腐食が発生する上限の深度は+0.7m附近と判断できる。しかし、東側補剛材の下端はリベットで他の部材と接続されており、また西側補剛材は途中で切断されているため、図3.1, 2に示す補剛材の幅測定結果からは尼ヶ崎港第一開門における集中腐食発生深度の下限は明確に指摘できない。いっぽう、補助材は東側、西側とも上、下端のリベットをはずして全寸が回収されている。補助材では集中腐食が+0.4m附近から発生しているが、これは+0.4m附近以上の補助材部分が他の部材にリベットで接続しているためと考えられる。補助材の集中腐食発生の下端深度は東側では-0.5m附近、西側では-0.7m附近である。西側補助材では-0.7m附近まで集中腐食が発生しているが、-0.7m附近で集中腐食は収斂しているように思われる。この結果、尼ヶ崎港第一開門後扉における集中腐食の発生深度は+0.7~-0.7mと推定される。

集中腐食速度は補剛材では+0.5m~+0.4m附近が最も大きく2~2.5mm/yrであるが、補助材では+0.2m~-0.4m(東側)、+0.2m~-0.6m(西側)の範囲は大差なく1.5mm/yr程度である。また、集中腐食速度は補剛材、補助材とも山型鋼の向きによって異なっている。すなわち、補剛材では溶接側よりリベット側の方が集中腐食速度は大きく、補助材ではスキムプレートに平行方向より垂直方向の方が大きい。このような傾向は同じ部材(山型鋼)であっても、マクロ腐食電流の流出に難易な方向が生ずることを示唆していると思われる。いっぽう、補剛材、補助材の山型鋼の幅方向に見られる集中腐食に対して、重量減量から算出した平均腐食速度は図3.3に示すように0.1~0.2mm/yr程度であり、幅方向の腐食速度の1/10以下である。

表 4・1 浜坂漁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
内東防波堤		YSP III	13.0		S・32	17	無し	17	S・49・10

4 浜坂漁港内東防波堤の腐食調査

4・1 調査構造物

調査構造物は表 4・1 に示す浜坂漁港内東防波堤である。付図 4・1 に浜坂漁港の位置図を、付図 4・2 に浜坂漁港平面図を、付図 4・3 に浜坂漁港内東防波堤断面図を示す。内東防波堤の鋼矢板は昭和 32 年～昭和 49 年までの 17 年間経過しているが、昭和 42 年頃鋼矢板の揺れを止めるため鋼矢板天端部をコンクリートで被覆したり、YSP-III 型鋼矢板間に YSP-II 型を継ぎ足したりして補強工事が何度か行なわれている。

4・2 調査年月および調査関係機関

調査は昭和 49 年 10 月に行なわれた。調査に関係した機関は次の通りである。

兵庫県土木部港湾課
 兵庫県浜坂土木事務所
 運輸省第三港湾建設局神戸調査設計事務所
 運輸省港湾技術研究所

なお、現地作業の中、鋼矢板の回収工事は浜坂土木事務所が行ない、現地での鋼矢板の観察は浜坂土木事務所と港湾技術研究所が行なった。室内における鋼矢板の観察および肉厚測定は港湾技術研究所が行なった。

4・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) クレーン船（施工業者所有）
- (2) ガス切断機一式（施工業者所有）
- (3) サク岩機（上部コンクリート除去用、施工業者所有）
- (4) カメラ
- (5) マイクロメーター
- (6) 天秤

4・4 調査箇所

内東防波堤では昭和 49 年 10 月に鋼矢板を除去しコンクリート構造物とする改造工事が始められた。この時に鋼矢板を 13 枚陸上に回収して調査した。また、昭和 32 年の建設時に打込みに失敗したらしく、そのまま海泥中に埋設されていた鋼矢板が 1 枚見つかったので、これを

回収して調査した。

4・5 調査項目および調査方法

調査としては回収鋼矢板について観察および腐食量測定を行なった。

(1) 観察

観察は主としてキレツの発生箇所、破断箇所の位置と鋼矢板の腐食状況について行なった。

(2) 腐食量測定

回収した鋼矢板の中、付図 4・4 に示すように、回収鋼矢板 7,9 について切断して切断片を港研に送付した。送付した鋼矢板片をさらに平坦面と側面に切断、成型後脱錆して肉厚測定および重量測定を行なった。

4・6 調査結果

(1) 観察結果

浜坂漁港内東防波堤鋼矢板のキレツおよび破断状況を図 4・1 に示す。図 4・1 によれば鋼矢板の破断深度は、① ±0.0m 附近、② -0.8m 附近、③ -1.3m 附近、④ -1.8m 附近、⑤ -2.9m 附近、の 5 通りがある。また、キレツ発生深度は ① +0.3m 附近、② -0.3m 附近、③ -0.7m 附近、④ -1.3m 附近、⑤ -2.8m 附近であり、断面方向は平坦面と側面の接する角附近に限られている。

写真 4・1 に浜坂漁港内東防波堤鋼矢板の腐食調査状況を、写真 4・2～写真 4・4 に回収鋼矢板の破断状況を、写真 4・5～写真 4・7 に鋼矢板表面状況を示す。また、キレツの発生状況を写真 4・8 に示す。

(2) 腐食量測定結果

内東防波堤鋼矢板の腐食傾向を図 4・2, 3 に示す。付表 4・1 にコンクリート中 (+1.0m) の鋼矢板腐食量 (鋼矢板 5, 10) を、付表 4・2 に溝型鋼の腐食量を、付表 4・3 に泥中鋼矢板の腐食量を示す。

4・7 考察

(1) 調査鋼矢板の腐食傾向

浜坂漁港内東防波堤鋼矢板の腐食傾向は図 4・2, 3 に示すように、HWL～海水中は平坦面で 6～8mm、側面で

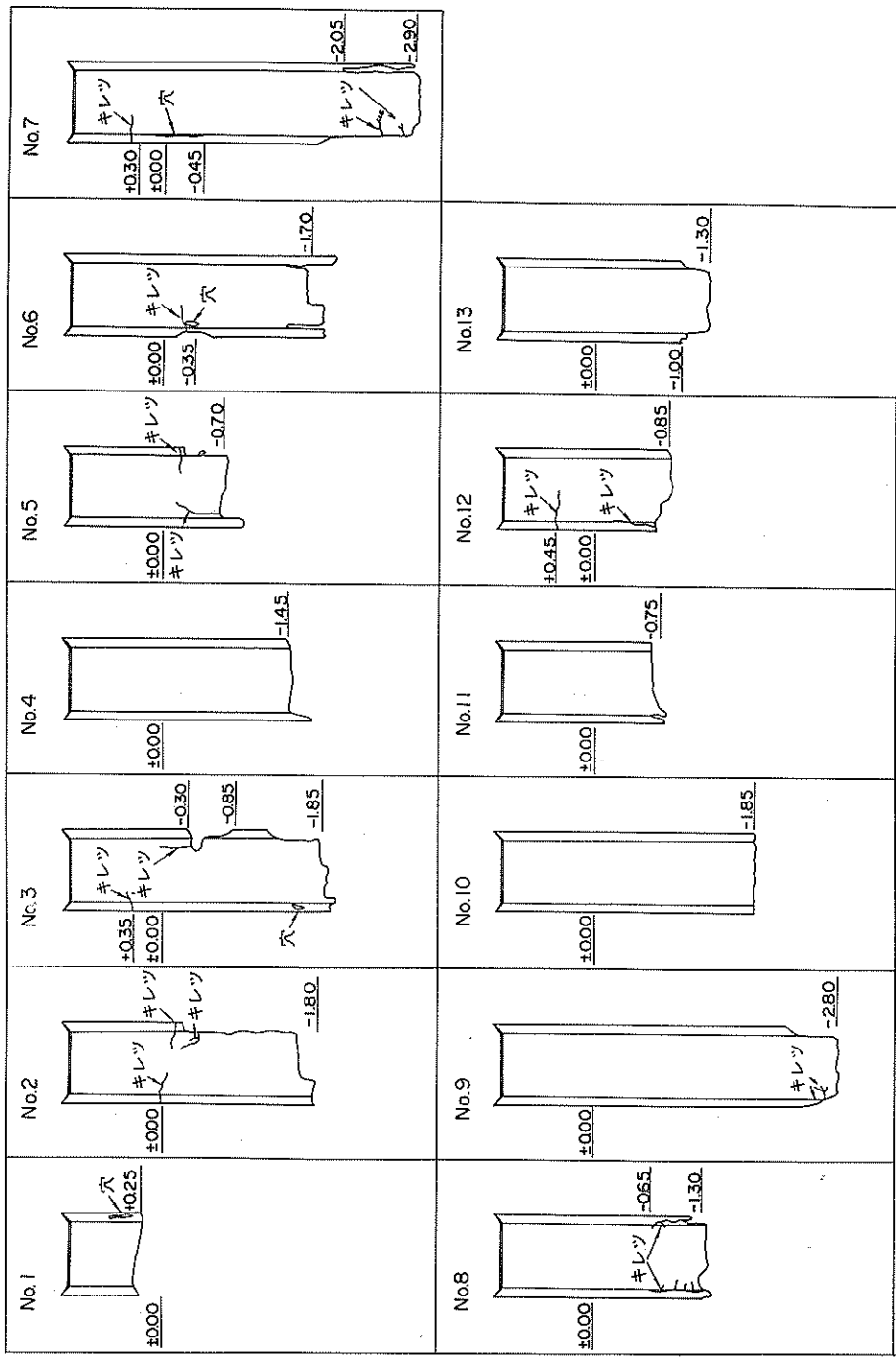


図 4.1 浜坂漁港内東防波堤鋼矢板のキレツ，破断状況

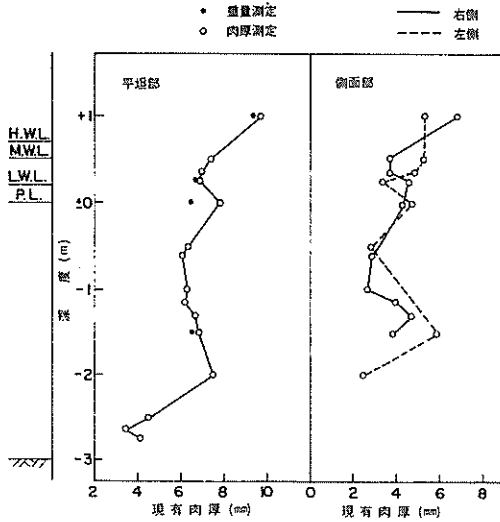


図4.2 浜坂漁港防波堤鋼矢板(№7)の腐食傾向
 (腐食期間: 17年
 (ただし、深度+1.0mのみ
 裸10年、コンクリート被覆中7年)

数mmの肉厚が残っているが、破断面に近づくると肉厚が平坦面、側面とも2mm位に急減している。ただし、図4.2、3では成型片についての測定結果であって破断箇所の肉厚は含まれていない。平坦面の破断箇所は写真4.9に示すようにナイフ状に尖鋭化している場合(№9)もあり、1~2mm位の肉厚が残っている場合(№7)もある。いっぽう、側面の破断面はほとんどナイフ状に尖鋭化している。

内東防波堤鋼矢板は両面とも同じ環境に接しており、鋼矢板けい船岸のように海側、陸側の環境の区別はない。コンクリート中鋼矢板は裸で10年、コンクリート中で7年という経過のため、初期肉厚としてコンクリート中の鋼矢板肉厚を利用できない。鋼矢板のタイプをYSP-Ⅲ型とすると平坦面のカタログ肉厚は13mmとなるから、海水中鋼矢板の肉厚減量は5~7mm(№7)、4~6mm(№9)となり、腐食速度は0.12~0.21mm/yr(片面)である。破断面に近くなると腐食速度は0.3mm/yrで、破断箇所での腐食速度は0.77mm/yr(≒13mm/17yr)以上となる。鋼矢板けい船岸では鋼矢板の腐食傾向は図2.4に示す5通りに分類されるが、内東防波堤鋼矢板の腐食傾向は図2.4の5通りのいずれにも該当しない。これは防波堤に鋼矢板を使用したため、内東防波堤の場合は写真4.1②に見られるように鋼矢板間の爪の噛合は不完全で海水が通過しており、海水中に打込まれた1本の鋼矢板のケースに類似している。しかし、内東防波堤鋼矢板の腐食速度が0.1mm/yr(片面)より大きいのは、付図4.3のよ

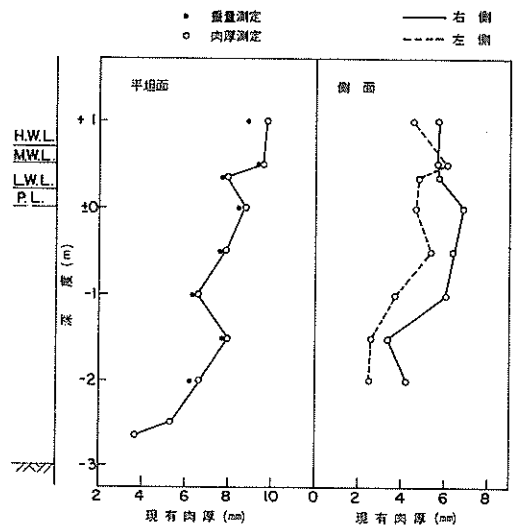


図4.3 浜坂漁港防波堤鋼矢板(№9)の腐食傾向
 (腐食期間: 17年
 (ただし、+1.0mのみ裸10年
 コンクリート被覆中7年)

うに鋼矢板の片面がケーソン、片面がケーソンと石積に囲まれており、波によって鋼矢板が揺れる度にケーソン等に接触することにより一因があるのではないかと考えられる。17年間海中に落としていた鋼矢板の腐食速度は0.08~0.09mm/yr(片面)である。この場合鋼矢板がどのような状態におかれていたのかが不明であり、また砂の移動状況もはっきりしないが、一般の海泥中の腐食速度より数倍大きい。また、溝型鋼の腐食速度は0.04mm/yr(片面)程度であった。

(2) 腐食疲労の現象

浜坂漁港内東防波堤鋼矢板は現場の状況から60cpm程度の繰返し応力を受け、さらにこれに腐食が併存したのではないかと予想される。このように疲労と腐食が共存することを腐食疲労(または腐食つかれ)という。腐食疲労の機構としては繰返し応力が金属面の不活性膜を破損し、腐食液が絶えず新しい金属面に浸透してクラックや点食を生ずるようになり、これらの点食部では酸素濃淡電池を生じやすくなり、また、引張集中応力は底部を他の部に対して陽極にする等があげられている。腐食疲労試験は、例えば1450cpmで 10^7 回繰返しの際の強度と比較するが、①繰返し速度が一定で荷重が変る場合(変動荷重下の腐食疲労)、②組合せ応力のときの腐食疲労、③高応力少繰返しの際の腐食疲労等に関するデータは少ない。内東防波堤鋼矢板の場合は①、②、③いずれのケースにも関係があると思われる。

5 あとがき

東京港月島岸壁(鋼矢板), 尼崎港第一閘門後扉補剛材, 補助材(山型鋼), 浜坂漁港内東防波堤(鋼矢板)の腐食調査から次のことがわかった。

1. 東京港月島岸壁鋼矢板では平均干潮面直下附近の凸面に腐食が集中し, 集中腐食速度は 1 mm/yr (両面)程度であった。また, 平均干潮面直下部凸面の損傷はひどく穴の発生率は33%であった。このような現象は鋼矢板腐食傾向(a)に該当する。平均干潮面直下部の他に飛沫帯でも鋼矢板に穴が少し発生しており, 穴の発生率は7%であった。飛沫帯の穴は平均干潮面直下部に比べて小さく, 穴の発生箇所としては凸矢板, 凹矢板の区別は特になく, 穴の箇所の腐食速度は 0.65 mm/yr (両面)もしくはこれ以上であった。

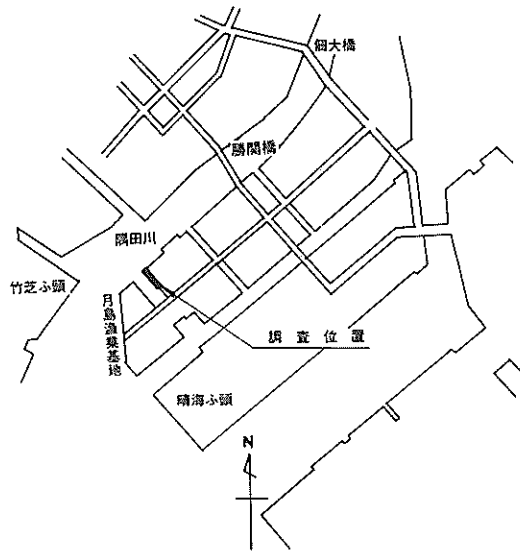
2. 尼崎港第一閘門後扉補剛材, 補助材の山型鋼では平均干潮面直下部のエッジ部に集中腐食が発生した。補剛材では集中腐食の発生深度は $+0.7\sim-0.7\text{ m}$ 間で, 集中腐食速度(エッジ部幅方向)は $+0.5\text{ m}$ 附近が最も大きく $2\sim2.5\text{ mm/yr}$ であった。いっぽう補助材の集中腐食発生深度は $+0.4\text{ m}$ 以下であったが, これは補助材の $+0.4\text{ m}$ 上は他の部材に接していたため, 他の部材が $+0.7\text{ m}\sim+0.4\text{ m}$ 間で犠牲鉄板の役目をしたためである。このような現象は集中腐食の発生機構がマクロ腐食によることを示す一例と考えられる。なお, 補助材の集中腐食速度の最大は $+0.2\sim-0.4\text{ m}$ 附近で, 約 1.5 mm/yr であった。

3. 浜坂漁港内東防波堤の鋼矢板では17年未満でキレツ, 破断が発生したが, これは腐食疲労現象の現地における一例である。なお, 破断箇所の腐食速度は 0.77 mm/yr (両面)以上であった。

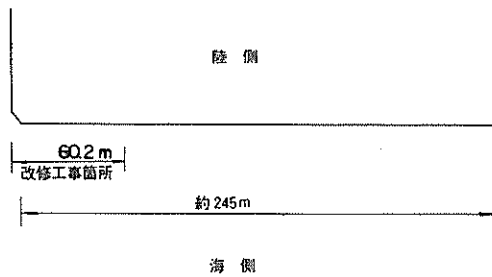
最後に, 現地測定に協力して頂いた関係機関の方々に厚くお礼申し上げます。

参考文献

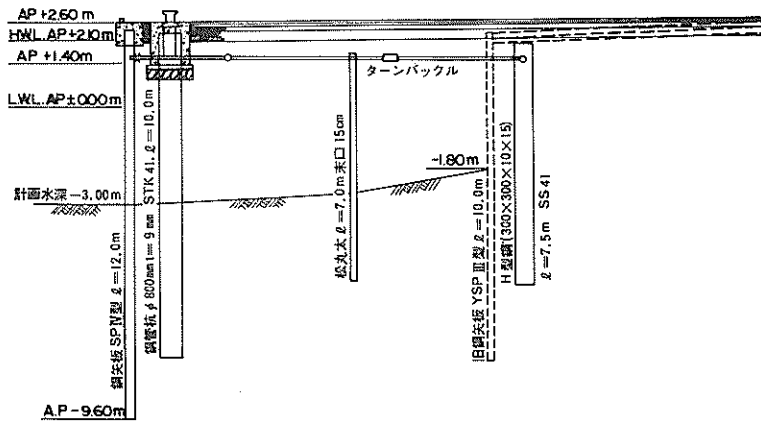
- 1) 菅, 阿部: 港研資料, ㉞190, PP1~22 (1974)
- 2) 菅: 港研報告, Vol.12, ㉞1, PP179 (1973)
- 3) 菅: 海中構造物 腐食の実態と対策, 鹿島出版会, PP1~194 (1974)



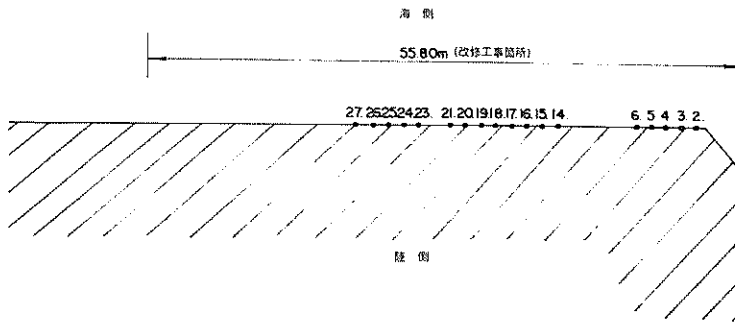
付図2.1 東京港月島岸壁位置図



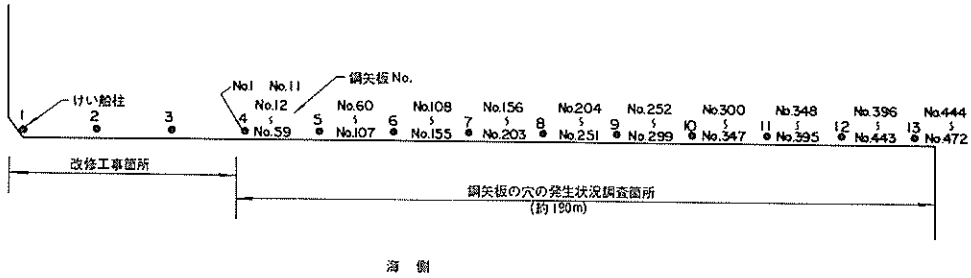
付図2.2 東京港月島岸壁平面図



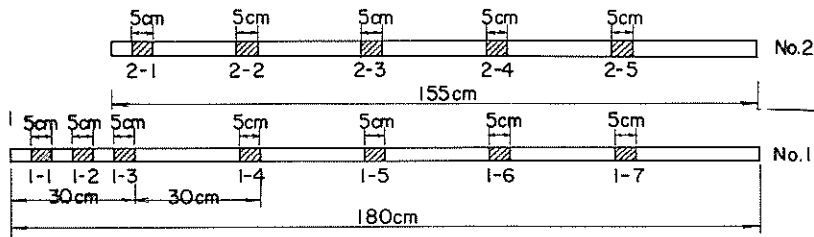
付図2.3 東京港月島岸壁(新旧)断面図



付図2・4 鋼矢板切り取り位置（東京港月島岸壁，深度+1.4m）



付図2・5 鋼矢板の穴の発生状況調査位置図



切り取り成型箇所

付図2・6 回収したタイロッドの切り取り，成型箇所

付表2・1 東京港月島岸壁におけるタイロッド片の外径および重量測定結果

No	高さ (cm)	外径 (cm)	現有重量 (g)
1-1	4.88	2.66	197.91
1-2	4.90	2.77	225.82
1-3	4.87	2.80	230.85
1-4	5.00	3.50	367.25
1-5	5.03	3.52	373.09
1-6	5.00	3.54	378.78
1-7	5.00	3.55	375.83
2-3	5.18	2.67	224.05
2-4	5.00	3.53	370.85
2-5	5.00	3.54	373.78
2-6	4.98	3.53	372.19
2-7	4.98	3.57	382.65

付表2・2 東京港月島岸壁における腹起し材（溝形鋼）の肉厚測定結果

両球型マイクロメーターによる

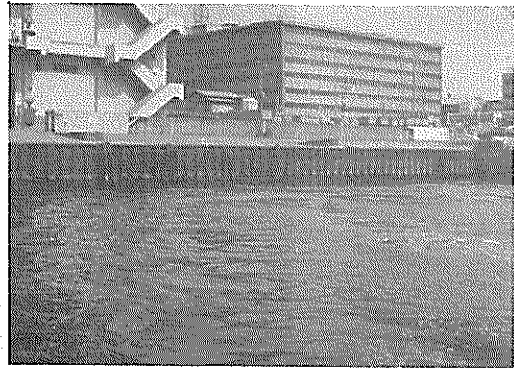
No	初期肉厚 (mm)	現有肉厚 (mm)	平均肉厚減少量 (mm)	最大肉厚減少量 (mm)	最少肉厚減少量 (mm)
1	7.0	4.768	2.232	2.524	1.736
2	7.0	4.896	2.104	2.700	1.804

付表2・3 東京港月島岸壁における腹起し材（溝形鋼）の重量および幅測定結果

No	寸法 (cm)	初期重量 (g)	現有重量 (g)	重量減量 (g)	初期巾 (mm)	現有巾 (mm)	巾減量 (mm)
1	9.98	2136	1600	536	75.0	72.2	2.8
2	9.95	2129	1695	434	75.0	71.4	3.6



① 月島岸壁（隅田川寄り）



② 月島岸壁（隅田川から最も離れたところ）



③ 海水面（+0.2 m）面上の鋼矢板面



④ 海水面（+0.2m）付近の鋼矢板損傷状況

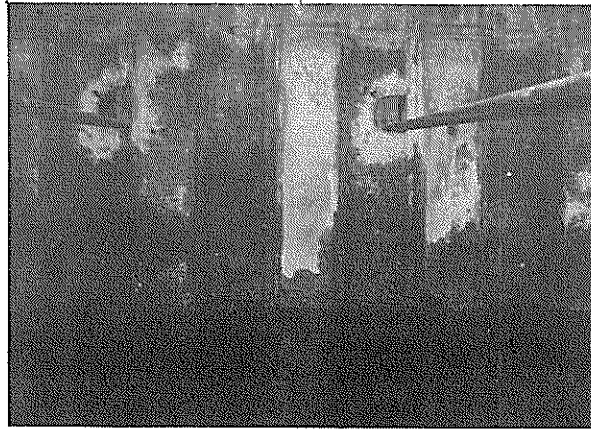


⑤ 海水面（+0.2 m）付近の凸矢板の穴

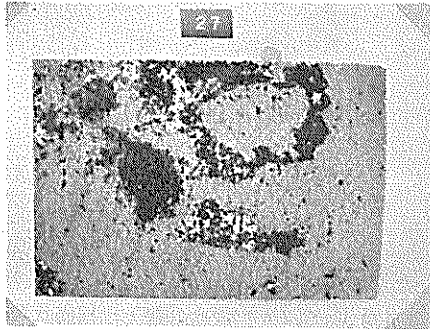


⑥ 上部工の陥没状況

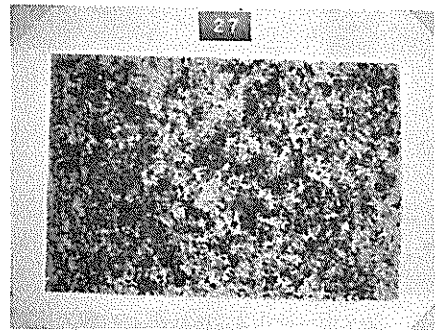
写真2・1 東京港月島岸壁の損傷状況



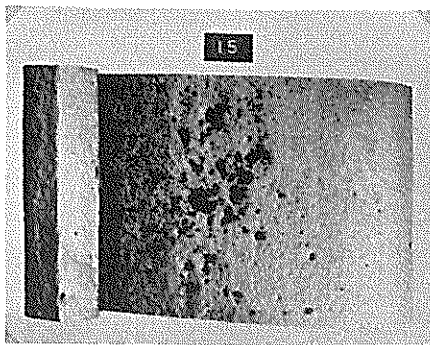
① 鋼矢板片切り箇所



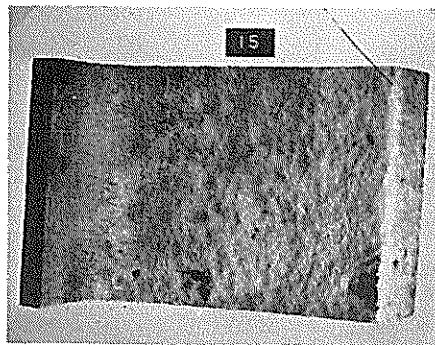
② 鋼矢板平坦面 (+1.4m, 凹矢板, 海側)



③ 鋼矢板平坦面 (+1.4m, 凹矢板, 陸側)

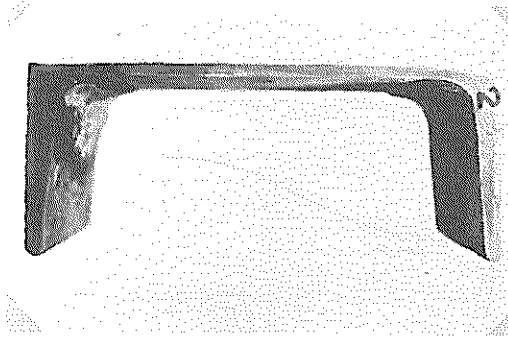


④ 鋼矢板側面 (+1.4m, 凹矢板, 海側)

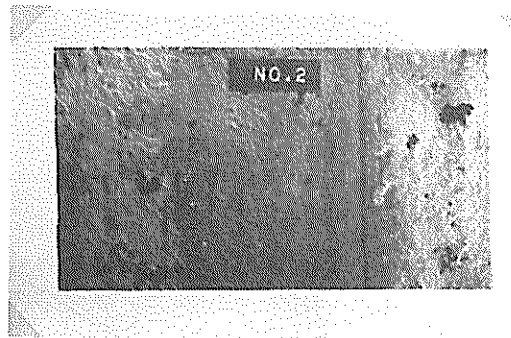


⑤ 鋼矢板側面 (+1.4m, 凹矢板, 陸側)

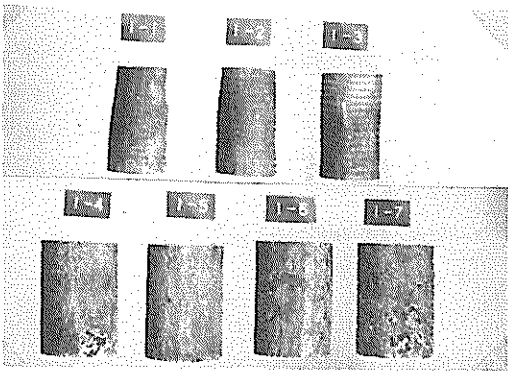
写真 2・2 東京港月島岸壁における鋼矢板片切り箇所
および切り鋼矢板片の表面状況



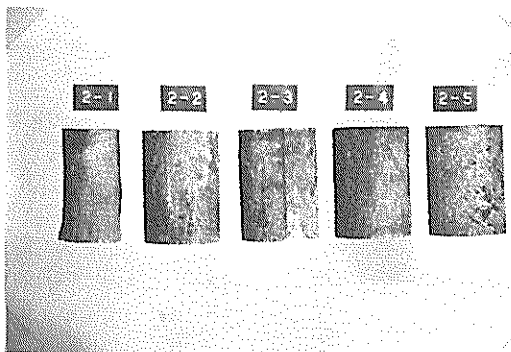
① 溝型鋼の断面 (+ m)



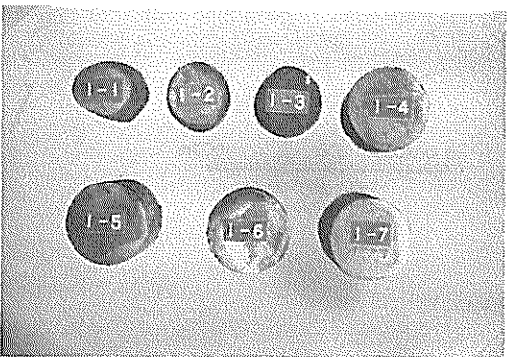
② 溝型鋼の表面 (+ m)



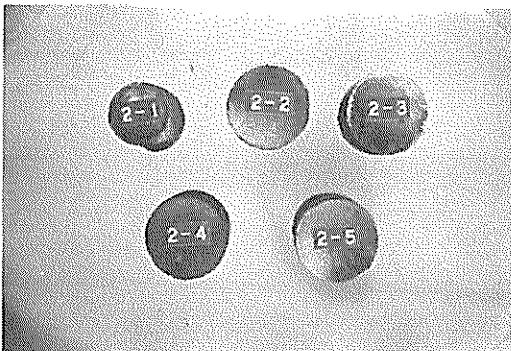
③ タイロッドの腐食状況, No. 1-1 ~ No. 1-7



④ タイロッドの腐食状況, No. 2-1 ~ No. 2-5

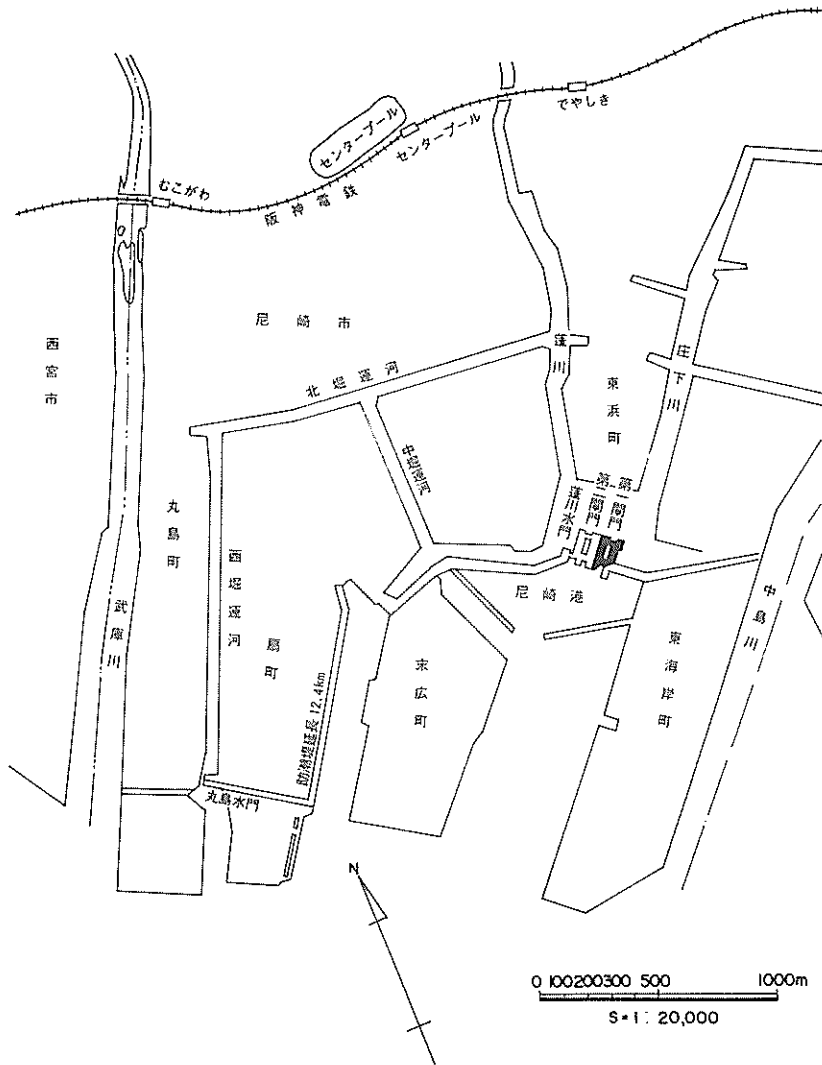


⑤ タイロッドの腐食状況, (断面) No. 1-1 ~ No. 1-7

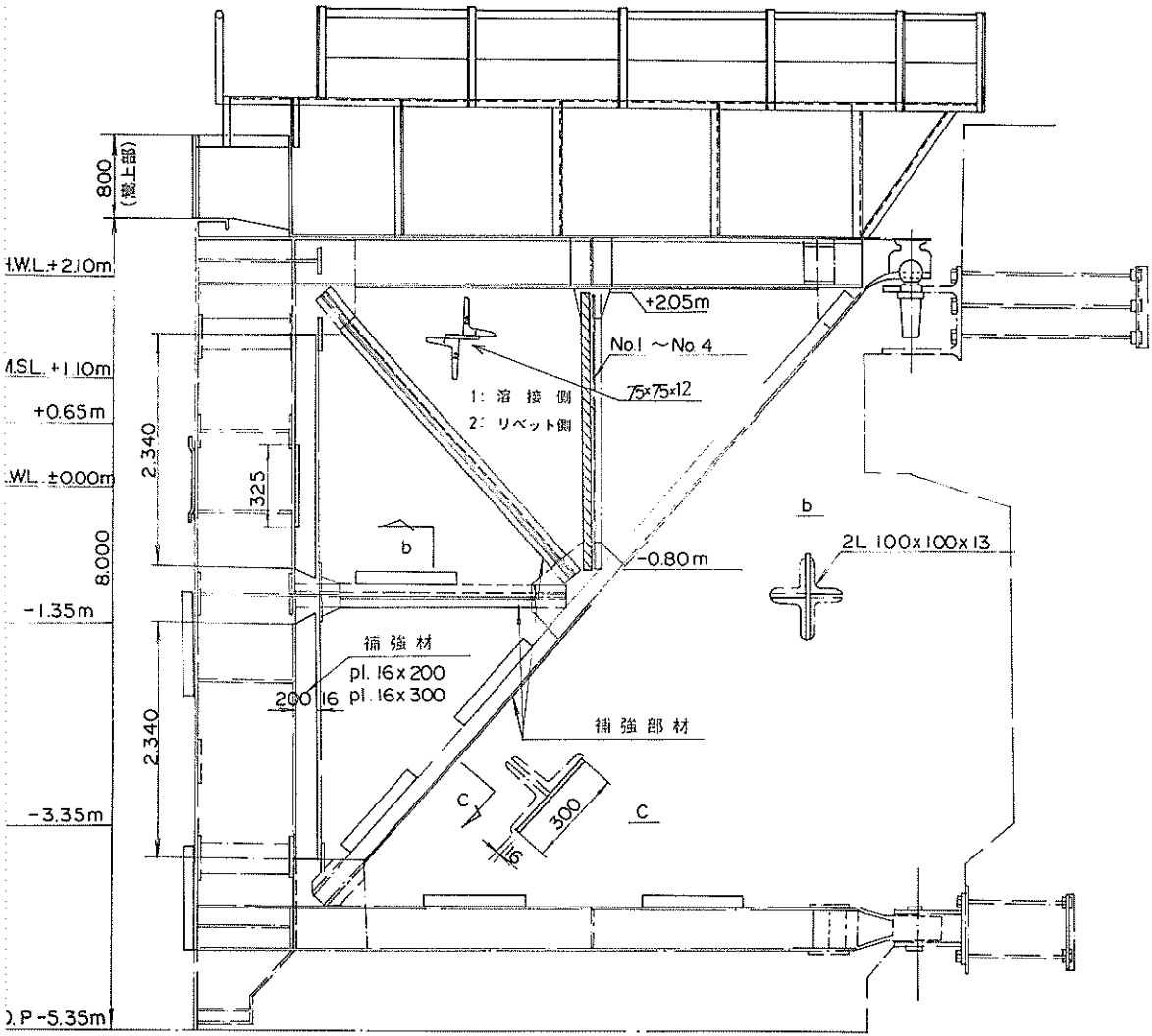


⑥ タイロッドの腐食状況 (断面) No. 2-1 ~ No. 2-5

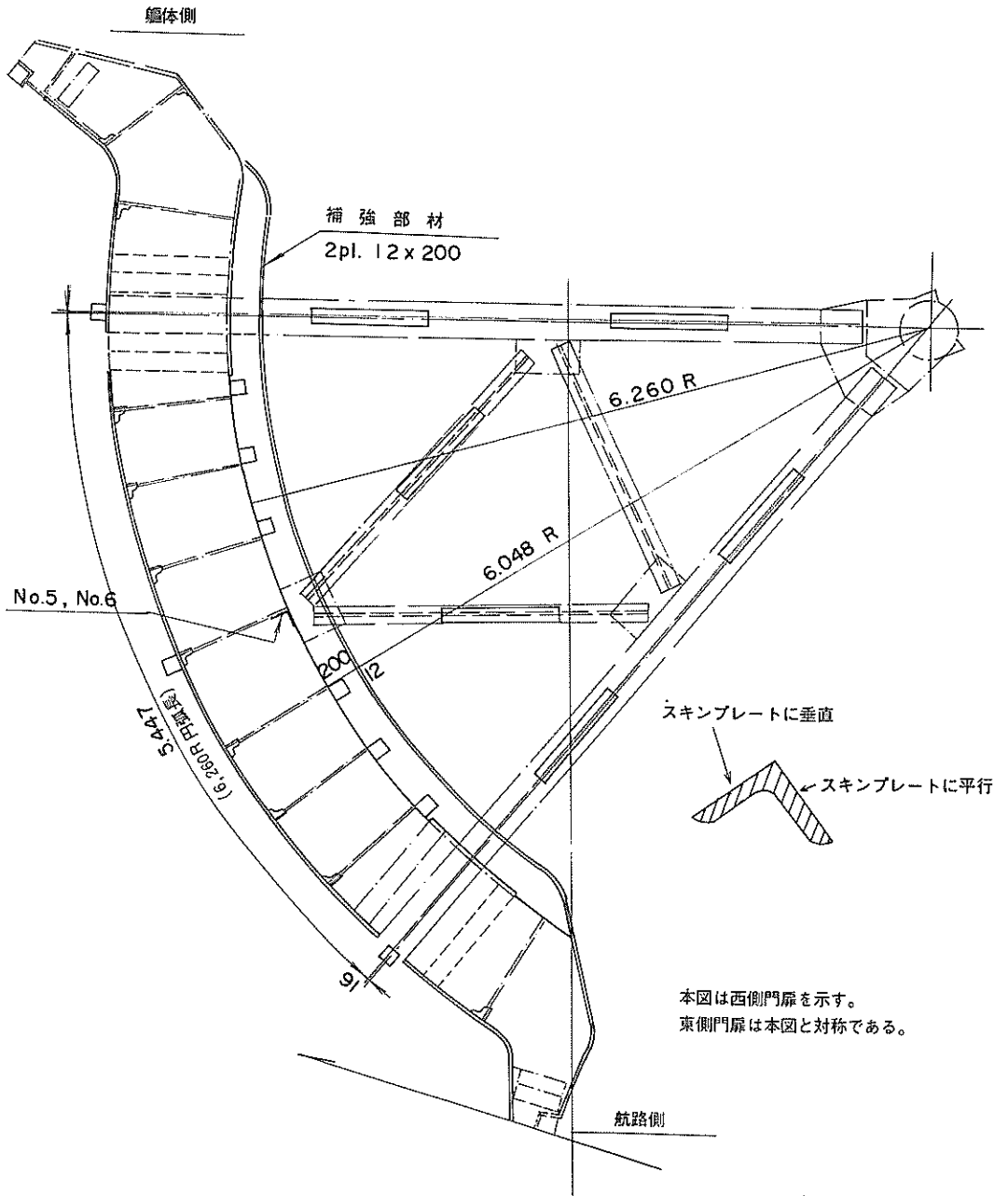
写真 2・3 東京港月島岸壁より切取った腹起し材 (溝型鋼) 片と
タイロッド片の腐食状況



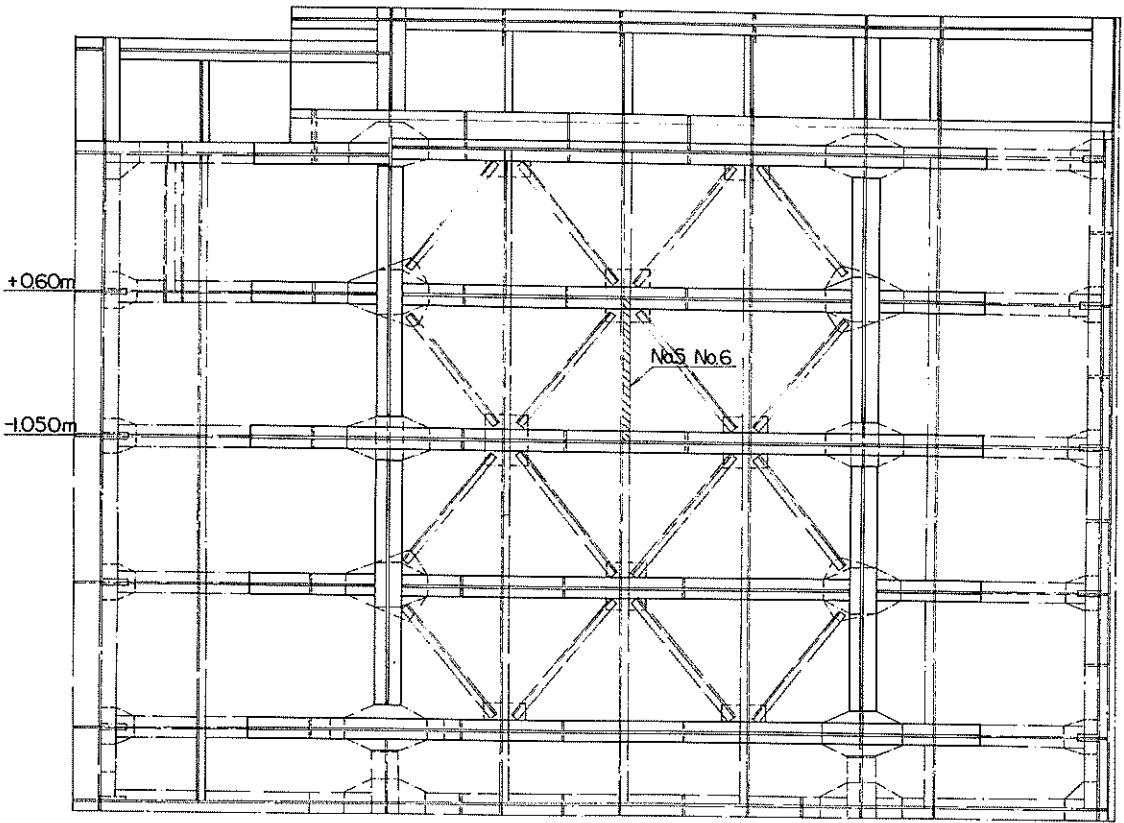
付図3・1 尼ヶ崎港第一関門位置図



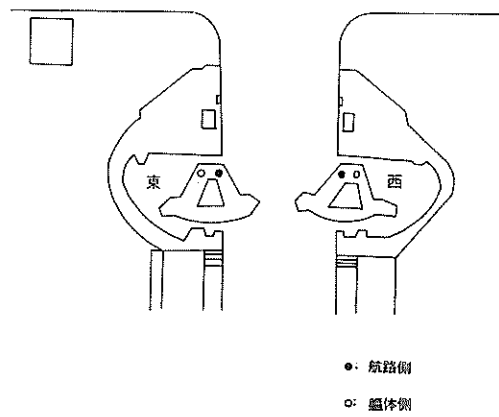
付図3・2 尼ヶ崎港第一開門補剛材取付け位置図(垂直方向)



付図3・3 尼ヶ崎港第一閘門補助材取付け位置図(水平方向)



付図3・4 尼ヶ崎港第一閘門補助材取付け位置図（垂直方向）

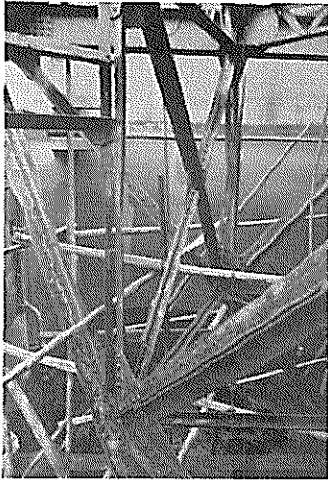


付図3・5 尼ヶ崎港第一閘門（後扉）における補助材の回収位置図

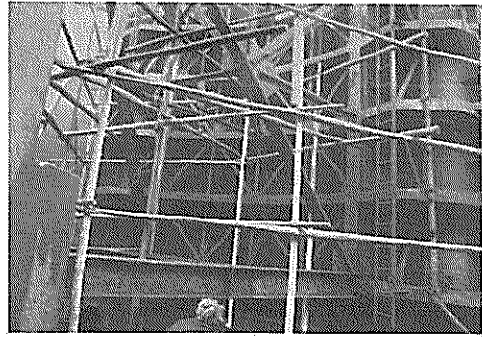
付表3・1 尼ヶ崎港第一閘門における補剛材および補助材の肉厚測定結果

両球型マイクロ・メーターによる

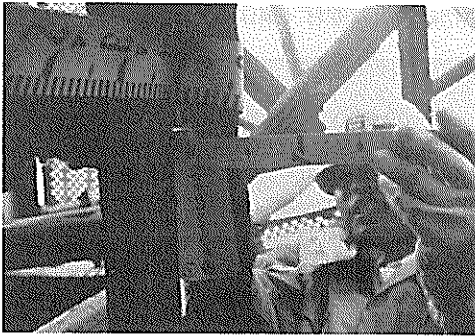
No	深 度 (m)	度 数 (n)	肉 厚 測 定 値 (mm)				
			最 大 値	最 小 値	最大-最小	平 均 値	標 準 偏 差
1	+ 0.779	53	11.906	10.132	1.774	11.234	0.481
	+ 0.575	44	11.654	6.072	5.582	9.820	1.659
	+ 0.370	46	11.110	5.354	5.756	9.361	1.362
	+ 0.166	45	11.030	6.674	4.356	8.998	1.263
	- 0.016	41	9.806	6.534	3.272	7.944	0.866
2	+ 0.690	35	11.824	7.486	4.338	10.343	1.076
	+ 0.505	45	11.730	7.194	4.536	9.800	1.083
	+ 0.309	44	11.534	8.276	3.258	10.197	0.708
	+ 0.102	52	11.210	6.334	4.876	8.879	1.176
	- 0.103	54	10.446	6.400	4.046	8.878	0.890
	- 0.311	52	10.620	8.060	2.560	9.422	0.612
3	+ 0.725	52	11.852	10.118	1.734	10.850	0.420
	+ 0.520	35	11.540	7.616	3.924	9.775	0.998
	+ 0.315	36	11.694	7.818	3.876	9.732	0.949
	+ 0.110	47	10.780	5.834	4.946	8.261	1.167
	- 0.096	55	10.638	6.038	4.600	9.283	0.893
	- 0.301	81	10.546	7.094	3.452	9.097	0.737
	- 0.506	51	11.908	9.284	2.624	10.884	0.682
	- 0.700	45	11.692	9.254	2.438	10.673	0.697
4	+ 0.733	52	11.970	9.984	1.986	11.127	0.517
	+ 0.526	36	11.818	7.896	3.922	10.410	0.897
	+ 0.320	27	10.920	6.000	4.920	8.769	1.246
	+ 0.115	45	11.858	6.272	5.586	8.880	1.267
	- 0.090	51	10.082	6.402	3.580	8.254	0.887
	- 0.295	54	10.594	5.994	4.598	9.493	0.791
	- 0.500	51	11.674	8.204	3.470	10.168	0.899
	- 0.700	47	11.634	7.930	3.704	10.204	0.970
5	+ 0.308	35	10.358	8.006	2.352	9.771	0.447
	+ 0.301	51	8.876	5.400	3.476	7.481	0.784
	+ 0.097	44	8.140	5.862	2.278	7.162	0.586
	- 0.107	45	10.152	6.962	3.190	8.339	0.800
	- 0.311	45	10.614	7.590	3.024	8.981	0.730
	- 0.515	49	10.926	7.092	3.834	8.954	1.118
	- 0.719	27	9.540	6.476	3.064	8.288	0.678
	- 0.921	49	11.432	6.370	5.062	9.932	1.039
6	+ 0.388	41	8.554	5.742	2.812	7.162	0.640
	+ 0.301	54	7.210	1.518	5.692	6.077	1.123
	+ 0.097	76	7.364	3.692	3.672	6.304	0.685
	- 0.107	51	7.874	4.860	3.014	6.752	0.575
	- 0.311	42	7.828	5.558	2.270	6.663	0.635
	- 0.515	53	7.860	4.654	3.206	6.705	0.883
	- 0.719	54	7.932	5.042	2.890	6.206	0.633
	- 0.921	39	7.664	5.256	2.408	6.957	0.540



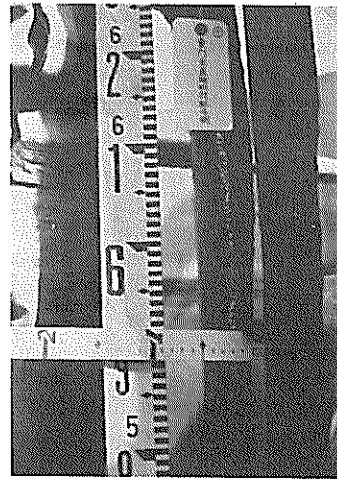
フレームの構成(1)



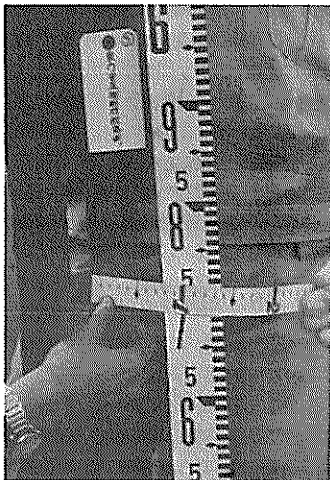
フレームの構成(2)



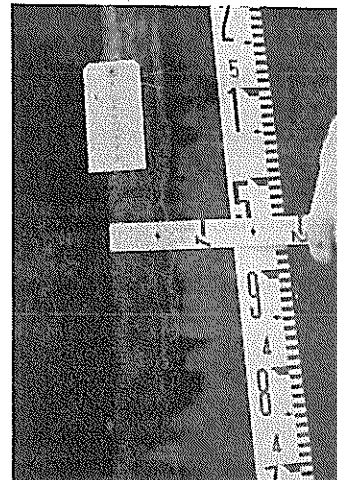
東側門扉垂直補剛材（航路側）



東側門扉垂直補剛材（艦体側）

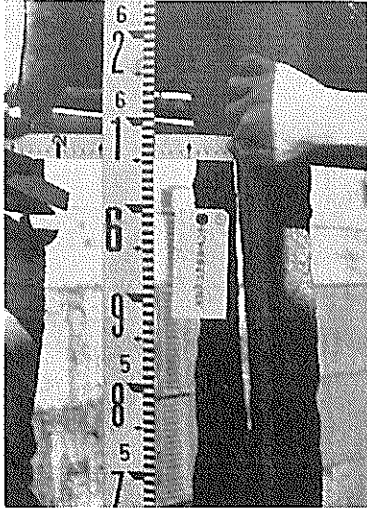


東側門扉垂直補剛材（航路側）



東側門扉垂直補助材（中央部）

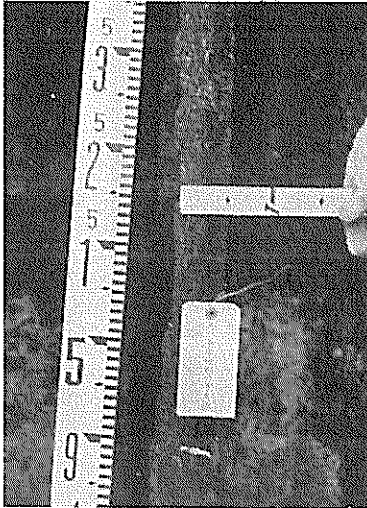
写真3・1 尼ヶ崎港オ一閘門における補剛材および補助材の腐食状況(1)



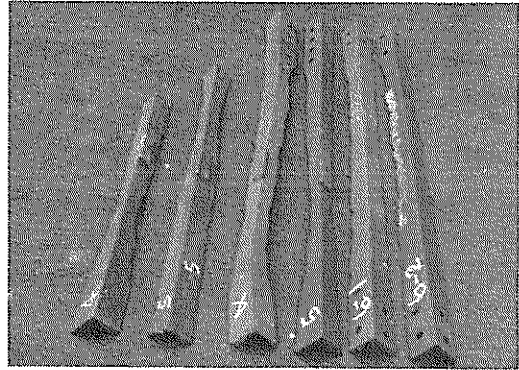
西側門扉垂直補剛材（航路側）



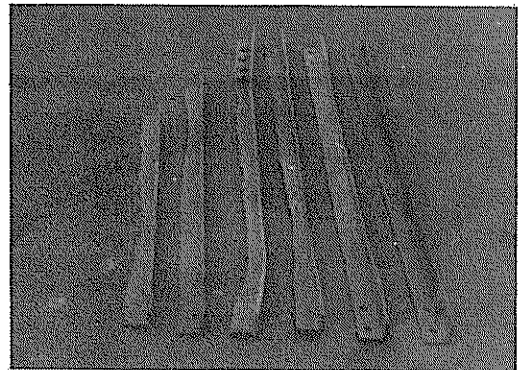
西側門扉垂直補剛材（軀体側）



西側門扉垂直補助材（中央部）

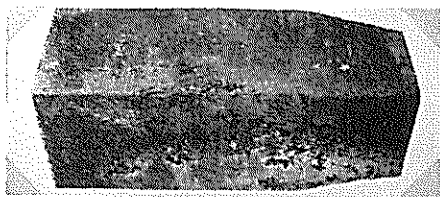


回収した補剛材および補助材(1)

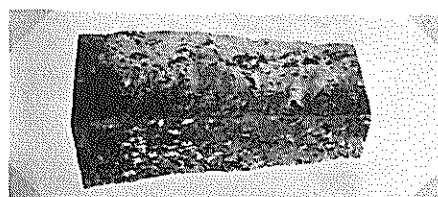


回収した補剛材および補助材(2)

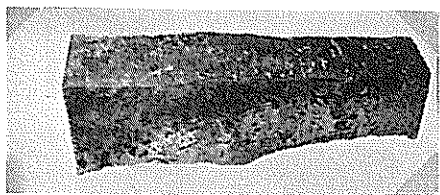
写真3・2 尾ヶ崎港オ一閘門における補剛材および補助材の腐食状況(2)



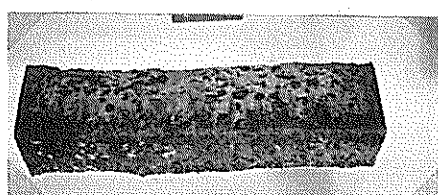
No. 1 +0.779m



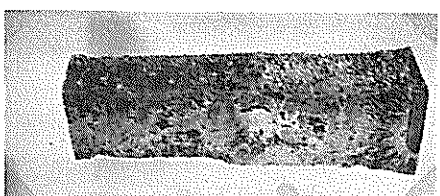
No. 2 +0.690m



No. 1 +0.575m



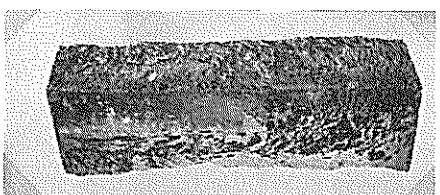
No. 2 +0.505m



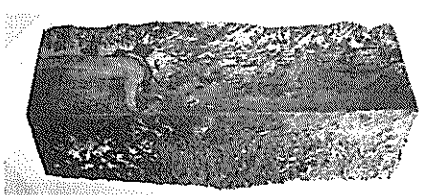
No. 1 +0.370m



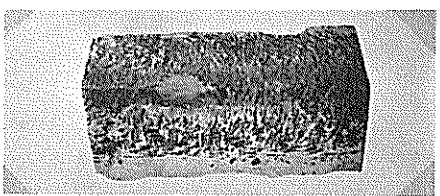
No. 2 +0.309m



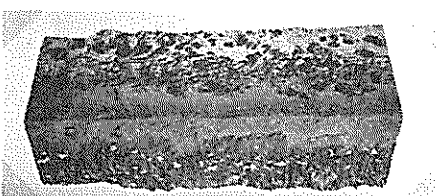
No. 1 +0.166m



No. 2 +0.102m

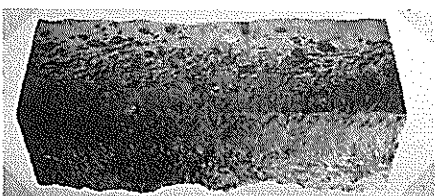


No. 1 -0.016m



No. 2 -0.103m

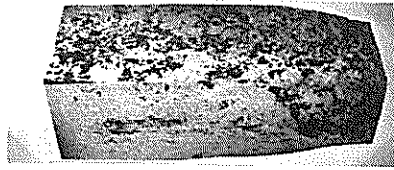
軀体側



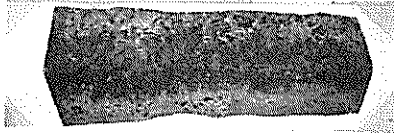
No. 2 -0.311m

航路側

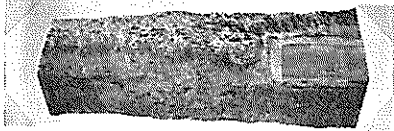
写真3・3 尼崎港才一閘門後扉（西側）補剛材の腐食状況



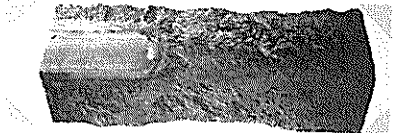
No. 3 +0.725m



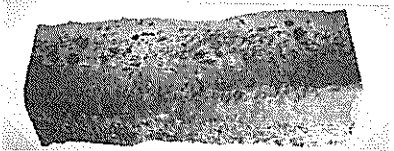
No. 3 +0.520m



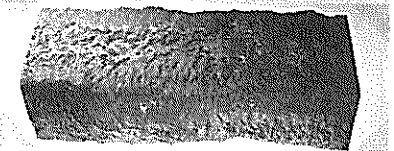
No. 3 +0.315m



No. 3 +0.110m



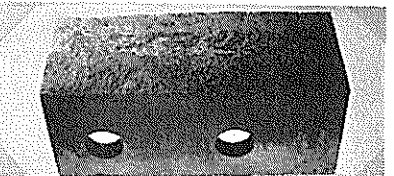
No. 3 -0.096m



No. 3 -0.301m

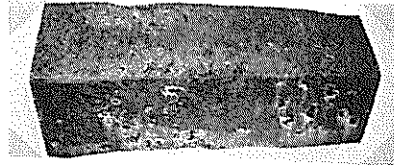


No. 3 -0.506m

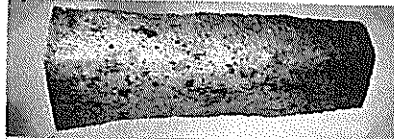


No. 3 -0.700m

船体側



No. 4 +0.733m



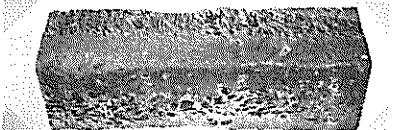
No. 4 +0.526m



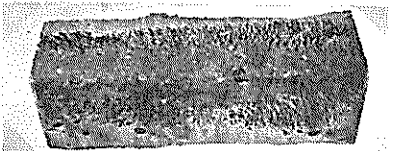
No. 4 +0.320m



No. 4 +0.115m



No. 4 -0.090m



No. 4 -0.295m



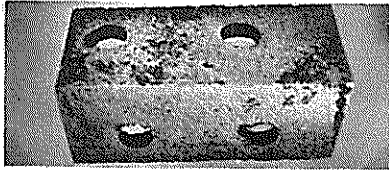
No. 4 -0.500m



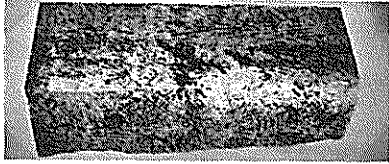
No. 4 -0.700m

航路側

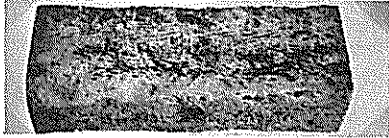
写真 3・4 尼ヶ崎港第一閘門後扉（東側）補剛材の腐食状況



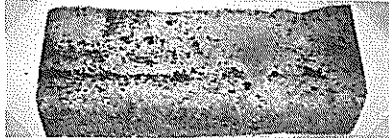
No. 5 +0.388 m



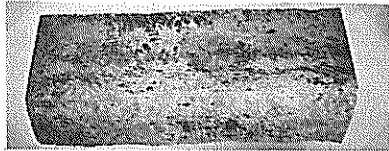
No. 5 +0.301 m



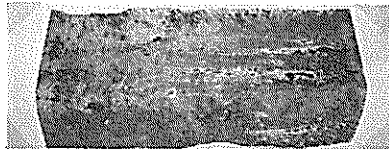
No. 5 +0.097 m



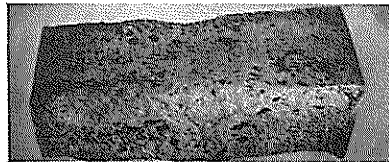
No. 5 -0.107 m



No. 5 -0.311 m



No. 5 -0.515 m

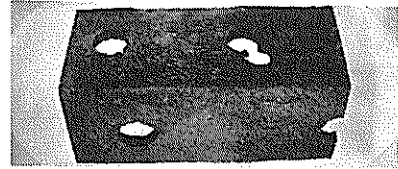


No. 5 -0.719 m

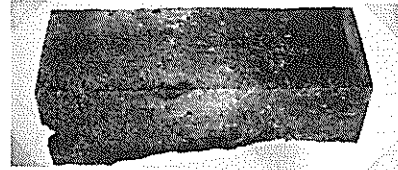


No. 5 -0.921 m

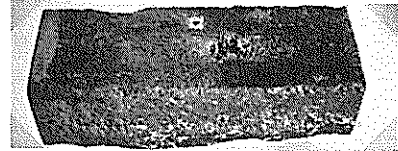
西側



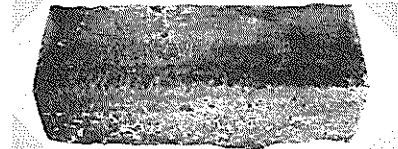
No. 6 +0.388 m



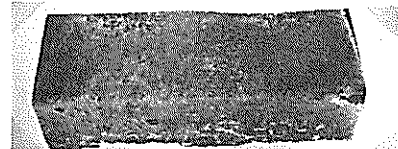
No. 6 +0.301 m



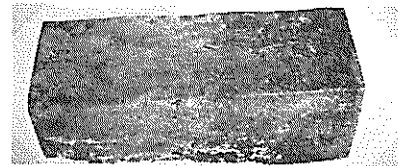
No. 6 +0.097 m



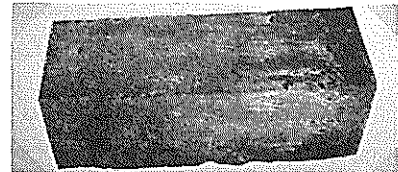
No. 6 -0.107 m



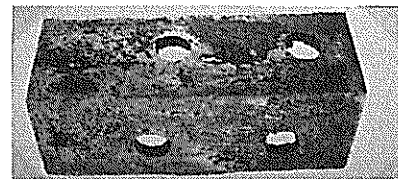
No. 6 -0.311 m



No. 6 -0.515 m



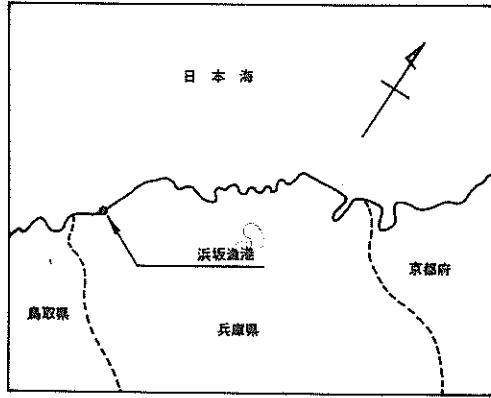
No. 6 -0.719 m



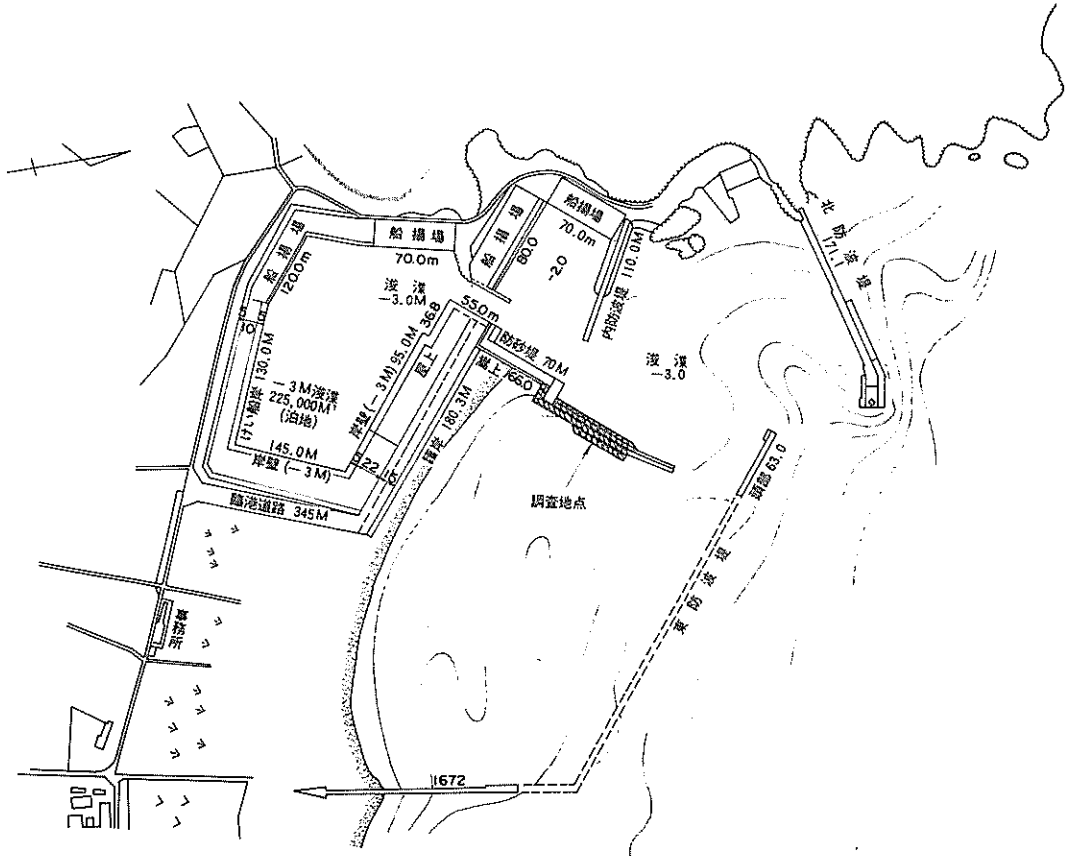
No. 6 -0.921 m

東側

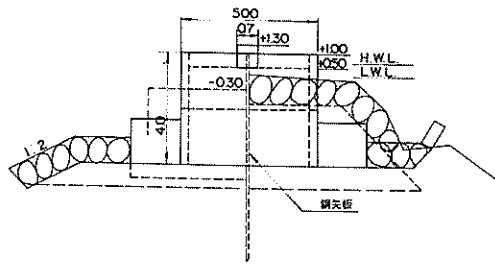
写真3・5 尼ヶ崎港第一閘門補助材の腐食状況



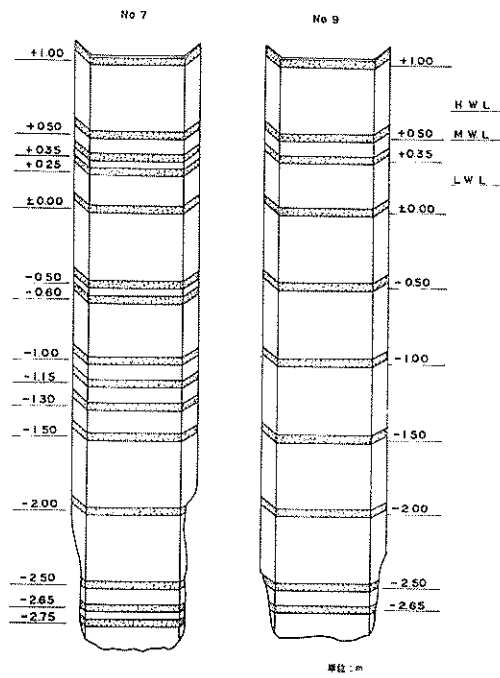
付図4・1 浜坂漁港位置図



付図4・2 浜坂漁港平面図



付図4・3 浜坂漁港内東防波堤断面図



付図4・4 引抜き鋼矢板の切取り箇所

付表4・1 浜坂港におけるコンクリート中鋼矢板の腐食量

両球型マイクロ・メーターによる

No	深 度 (m)	初期肉厚 (mm)	現有肉厚 (mm)	肉厚減少量 (mm)	腐食速度 (mm/yr)	腐食期間 (yr)
5	+ 1.00	13.0	10.910	2.090	0.209	10
7	+ 1.00	13.0	9.678	3.322	0.332	10
9	+ 1.00	13.0	9.759	3.241	0.324	10
10	+ 1.00	13.0	8.470	4.530	0.453	10

付表4・2 浜坂港における溝型鋼の腐食量

両球型マイクロ・メーターによる

No	初期肉厚 (mm)	現有肉厚 (mm)	肉厚減少量 (mm)	腐食速度 (mm/yr)	腐食期間 (yr)
1	6.5	5.609	0.891	0.052	17
2	6.5	5.002	1.498	0.088	17

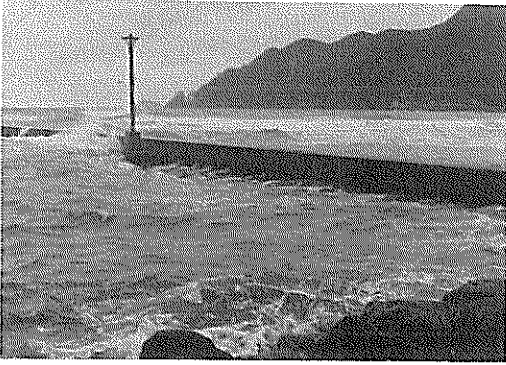
重量測定による

No	寸 法 (cm)	初期重量 (g)	現有重量 (g)	重量減量 (g)	腐食速度 (mm/yr)
1	10.01	1862	1630	232	0.031
2	10.01	1862	1500	362	0.048

付表4・3 浜坂港における泥中鋼矢板の腐食量

両球型マイクロ・メーターによる

No	初期肉厚 (mm)	現有肉厚 (mm)	肉厚減少量 (mm)	腐食速度 (mm/yr)	腐食期間 (yr)
1	13.0	10.135	2.865	0.169	17
2	13.0	10.307	2.693	0.158	17



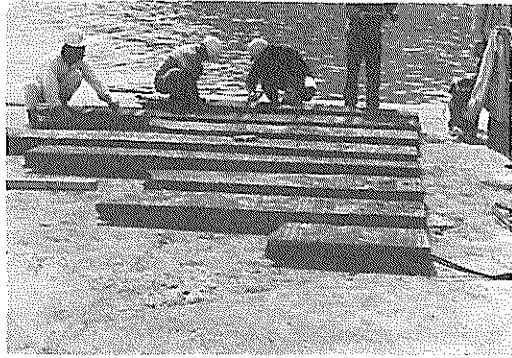
① 内東防波堤



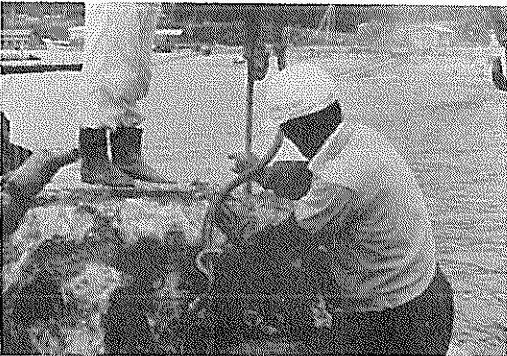
② 内東防波堤



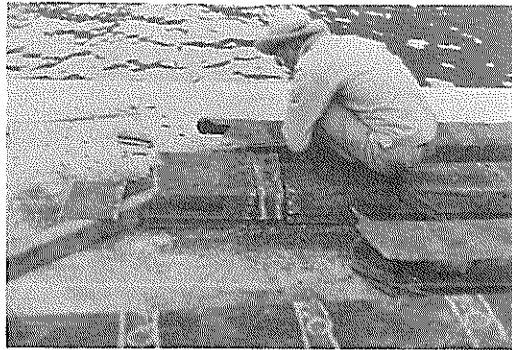
③ 内東防波堤



④ 回収鋼矢板



⑤ 上部コンクリートの除去

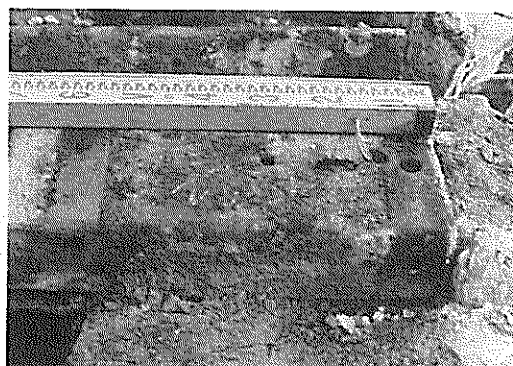


⑥ 試験片の切取り

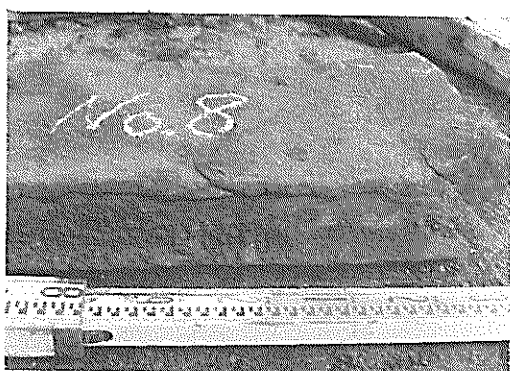
写真4・1 浜坂漁港内東防波堤鋼矢板腐食調査状況



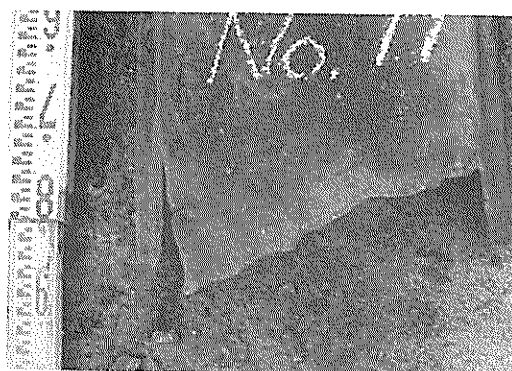
① 上部コンクリートの除去



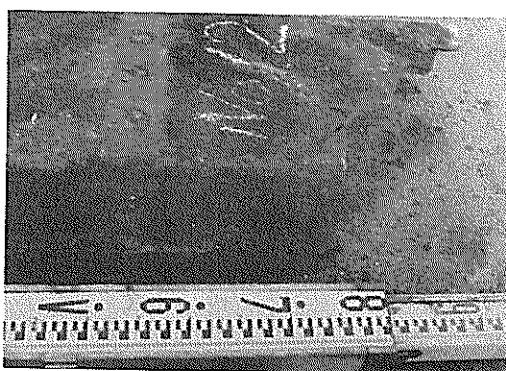
②コンクリート中の鋼矢板 (No.5)



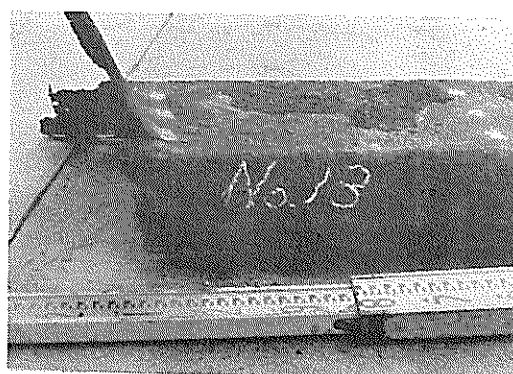
③ 鋼矢板の破断状況 (No.8)



④ 鋼矢板の破断状況 (No.11)

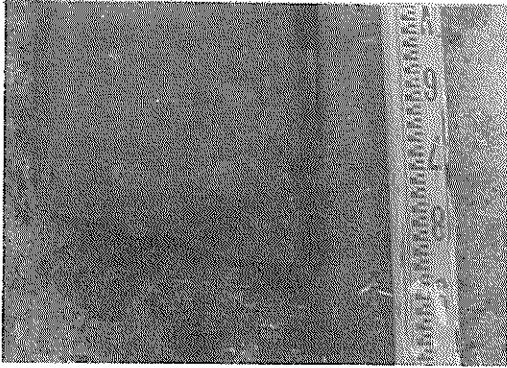


⑤ 鋼矢板の破断状況 (No.12)

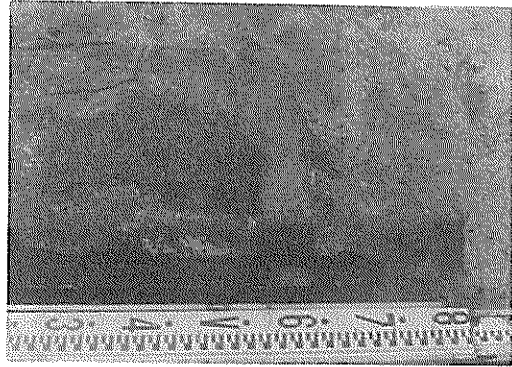


⑥ 鋼矢板の破断状況 (No.13)

写真4・2 浜坂漁港内東防波堤鋼矢板腐食調査状況(1)



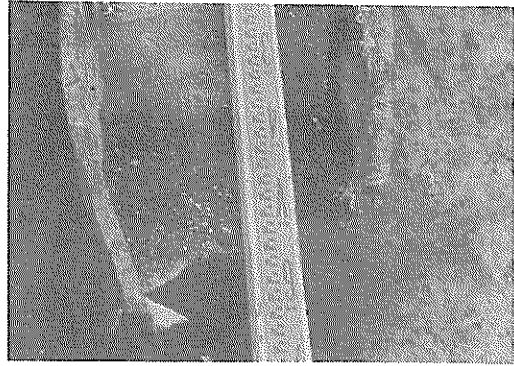
① 鋼矢板No.1の破断状況



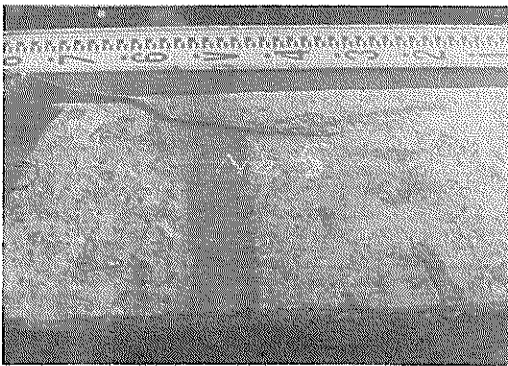
② 鋼矢板No.2の破断状況



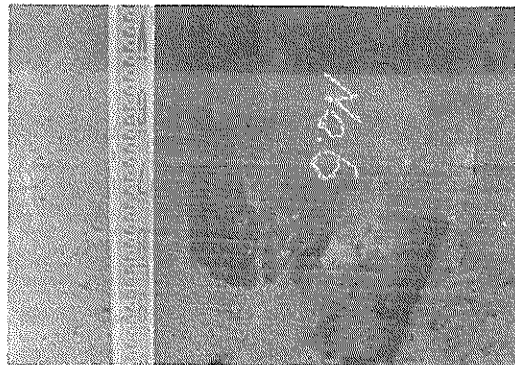
③ 鋼矢板No.3の破断状況



④ 鋼矢板No.4の破断状況

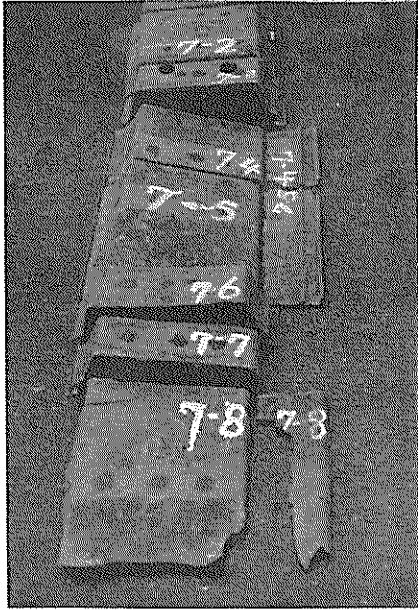


⑤ 鋼矢板No.5の破断状況

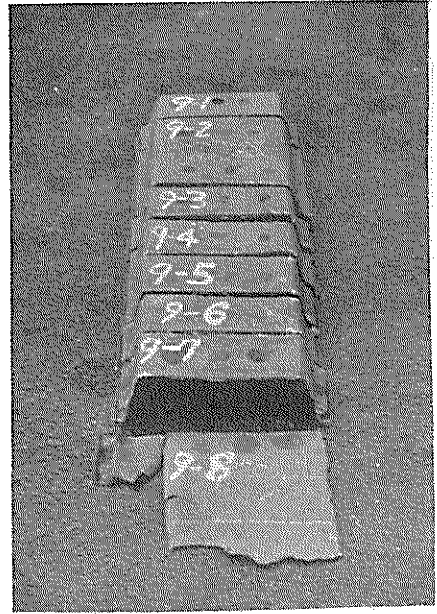


⑥ 鋼矢板No.6の破断状況

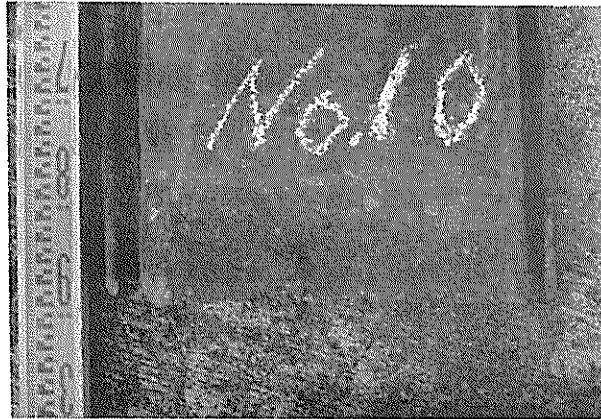
写真4・3 浜坂漁港内東防波堤鋼矢板腐食状況(2)



① 鋼矢板No. 7 の試験片

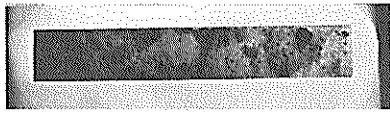


② 鋼矢板No. 9 の試験片

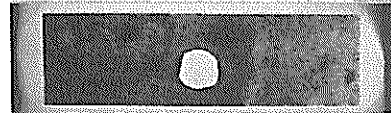


③ 鋼矢板No.10の破断状況

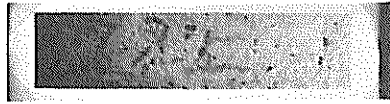
写真4・4 浜坂漁港内東防波堤鋼矢板腐食状況(3)



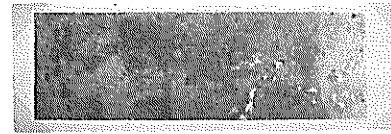
No. 7 +1.00m (コンクリート中)



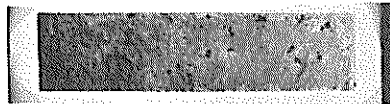
No. 9 +1.00m (コンクリート中)



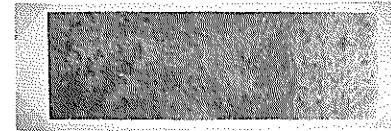
No. 7 +0.50m



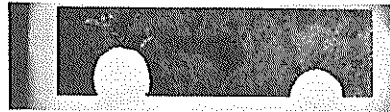
No. 9 +0.50m



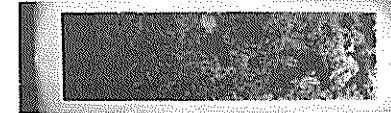
No. 7 +0.25m



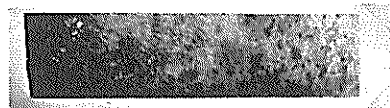
No. 9 +0.35m



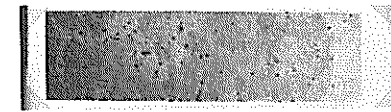
No. 7 ±0.00m



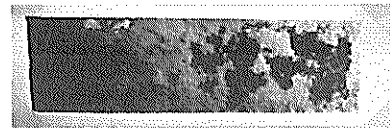
No. 9 ±0.00m



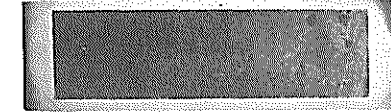
No. 7 -0.60m



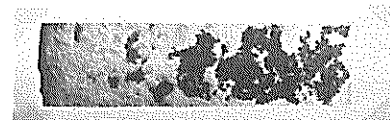
No. 9 -0.50m



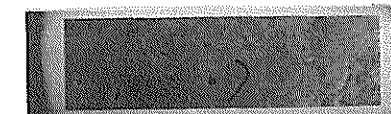
No. 7 -1.00m



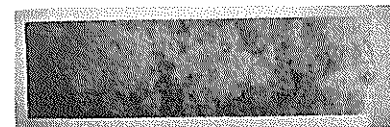
No. 9 -1.00m



No. 7 -1.15m



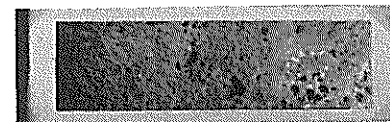
No. 9 -1.50m



No. 7 -1.30m

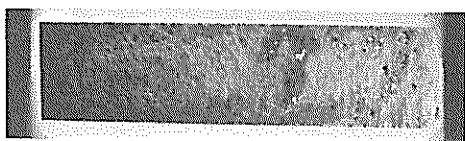


No. 9 -2.00m

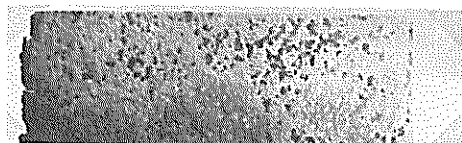


No. 7 -1.50m

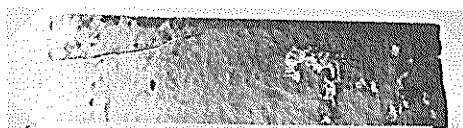
写真4・5 浜坂港における切取り鋼矢板(平担部)の腐食状況(1)



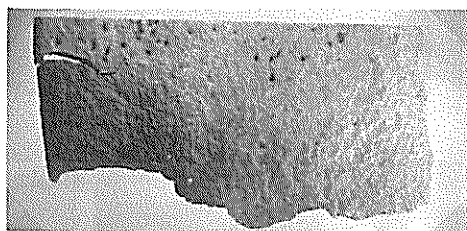
No. 7 - 2.00m



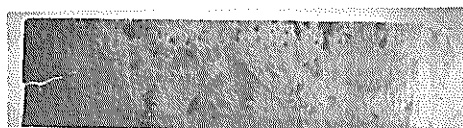
No. 9 - 2.50m



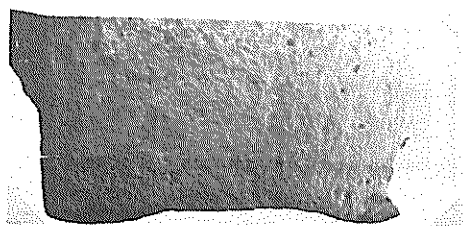
No. 7 - 2.50m



No. 9 - 2.65m



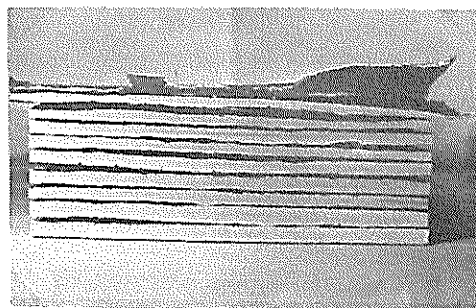
No. 7 - 2.65m



No. 7 - 2.75m



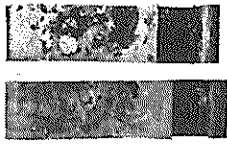
鋼矢板（平坦部）の断面 No. 7



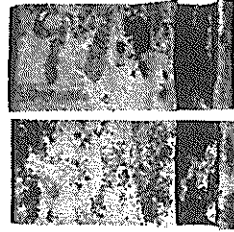
鋼矢板（平坦部）の断面 No. 9

下より, +1.00m, +0.50m, +0.35m, +0.25m, , 下より, +1.00m, +0.50m, +0.35m, ±0.00m, ±0.00m, -0.50m, -0.60m, -1.00m, -1.15m, -0.50m, -1.00m, -1.50m, -2.00m, -2.50m, -1.30m, -1.50m, -2.00m, -2.50m, -2.65m, -2.65m, -2.75m.

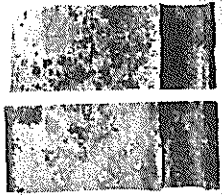
写真4・6 浜坂港における切取り鋼矢板（平坦部）の腐食状況(2)



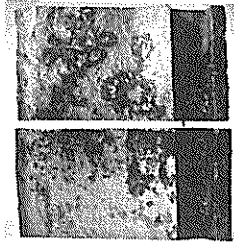
No. 7
+1.00m



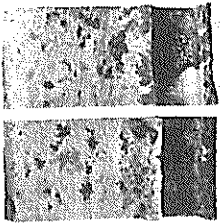
No. 9
+1.00m



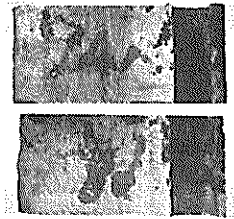
No. 7
+0.25m



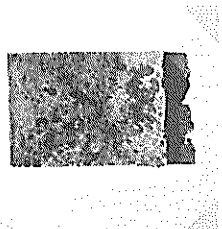
No. 9
+0.35m



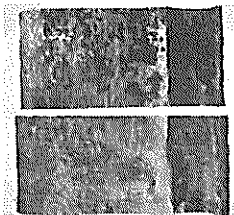
No. 7
±0.00m



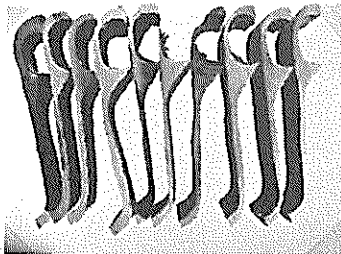
No. 9
±0.00m



No. 7
-1.00m

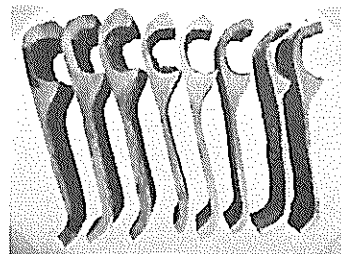


No. 9
-1.00m



鋼矢板（側面部）の断面No. 7

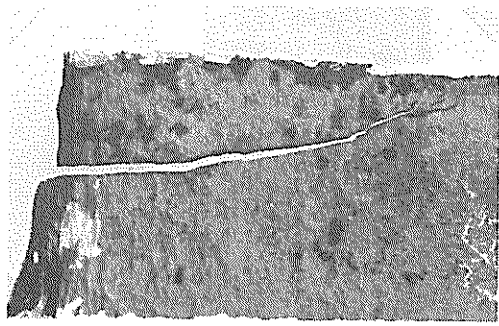
左より, +1.00m, +0.50m, +0.25m, ±0.00m, -0.60m, -1.00m, -1.15m, -1.30m, -1.50m, -2.00m.



鋼矢板（側面部）の断面No. 9

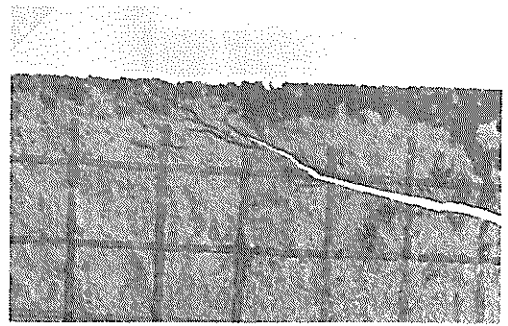
左より, +1.00m, +0.50m, +0.35m, ±0.00m, -0.50m, -1.00m, -1.50m, -2.00m

写真4・7 浜坂港における切り取り鋼矢板（側面部）片の腐食状況(3)

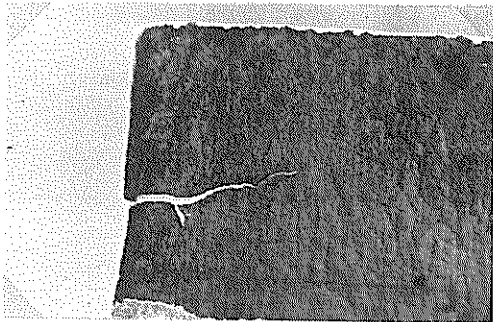


おもて

No. 7 - 2.50m

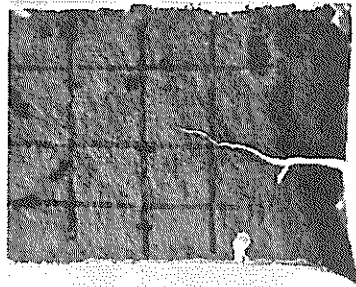


うら

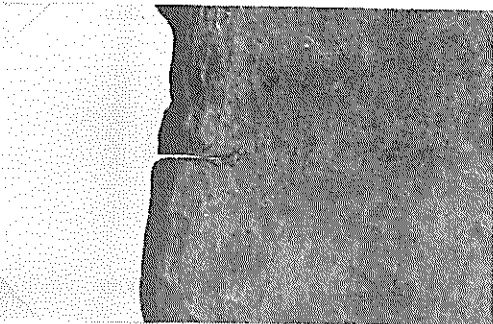


おもて

No. 7 - 2.65m

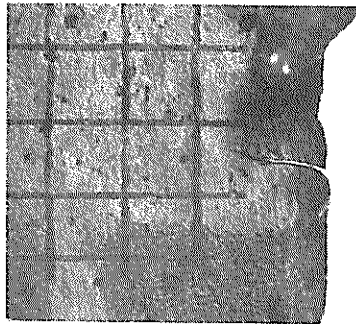


うら

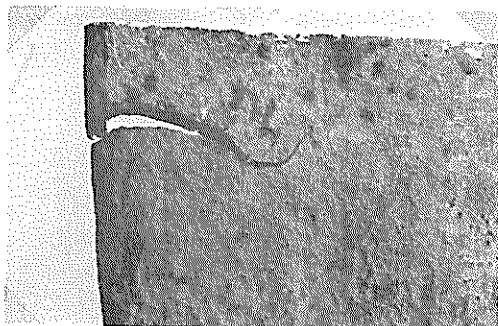


おもて

No. 7 - 2.75m



うら



おもて

No. 9 - 2.65m



うら

写真4・8 浜坂港における切取り鋼矢板のキレツ状況

港湾技研資料 No. 229

1975・12

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 (有) 葵印刷工業

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