

# クラス CRUS工法

鋼管杭・鋼矢板・鋼管矢板

腐食・老朽化した港湾施設を  
補強と防食で護る!!



腐食で穴の明いた鋼管杭

腐食港湾施設への補強・防食技術CRUS工法は、当社で開発した技術です。  
… 永年に亘り日本全国の腐食港湾施設の対策に、設計と施工で多くの実績を重ねてきました …



港湾構造物の補強／防食・腐食調査・健全度評価（構造設計）

吉川海事興業株式会社

# クラス CRUS工法 技術の沿革

本工法をご案内する前に、技術の沿革をご紹介いたします。

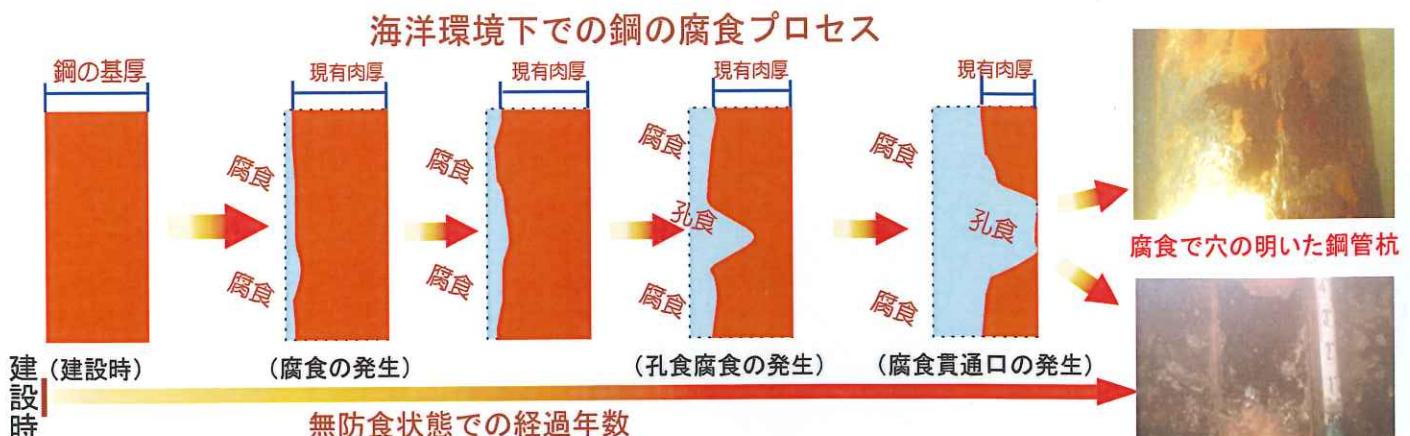
- 1982年 四国工業技術試験所と当社が共同研究して「水中スタッド溶接技術」を開発。
- 1983年 腐食鋼管杭・鋼矢板を補強/防食する「CRUS工法」を開発した。
- 1983年 神奈川県川崎市の某埠頭と、神奈川県横須賀市にある海洋科学技術センターにおいて「公開実験」と「技術説明会」を開き、広くCRUS工法を公開した。
- 1984年 (財) 沿岸開発技術研究センター発行の「港湾鋼構造物 防食・補修マニュアル」作成ワーキングメンバーに参加。完成まで約2年間を要する。
- 1985年 茨城県の波崎にある運輸省の海洋観測桟橋鋼管杭に施工した防食工法の海洋暴露試験を目的とした「鋼管杭の防食法に関する共同研究」に参加、現在も調査研究が継続参加している。
- 1990年 「防食・補修工法研究会」大手鉄鋼メーカー・大手港湾建設会社・塗料メーカー  
・主要防食会社等で設立。設立時から参加。  
○ 調査診断分科会……………参加  
○ ペトロラタムライニング工法分科会  
○ 塗装・有機ライニング工法  
○ 無機ライニング・補強工法分科会……………参加  
○ 電気防食工法分科会

## 港湾鋼構造物



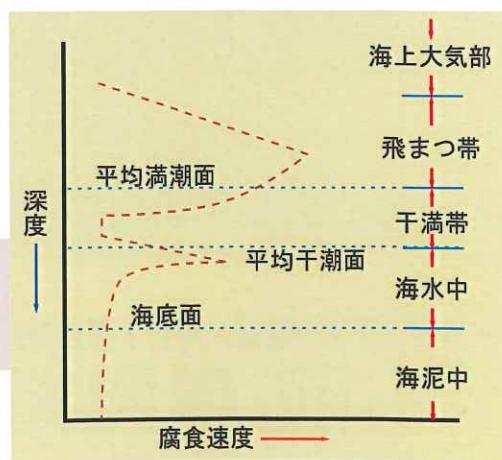
## 港湾鋼構造物の腐食

港湾鋼構造物は、海洋環境中に暴露されているため、陸上鋼構造物に比較して厳しい腐食環境下に位置しています。海洋環境は、鋼に海水と酸素が常時積極的に作用する環境で、陸上感覚の予想を越えたスピードで腐食が進むことが知られています。



港湾鋼構造物が設置されている腐食環境は、海上大気部・飛沫帯・干満帯・海水中・海泥中・背土面中部の6つに区分されます。

無防食の鋼管杭について、それぞれ腐食環境区分に対する腐食速度を板厚減少プロフィールとして模式的に表したものを作成しました。



鋼矢板に発生した孔食

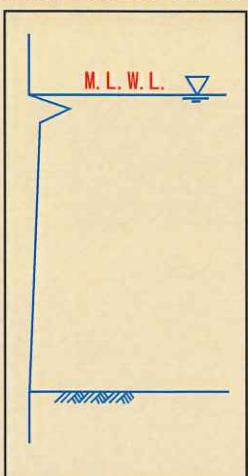
# 鋼管杭と鋼矢板の腐食パターン例

平均干潮面（M. L. W. L.）直下に、大きな集中腐食が発生している場合

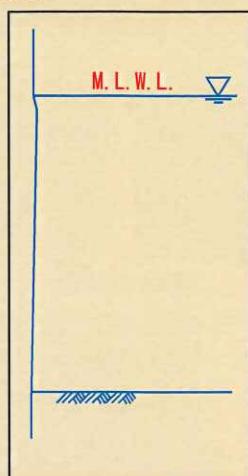
鋼管杭の例



平均干潮面（M. L. W. L.）直下に、約0.2~0.1mm/yの腐食速度で進む大きな腐食が発生している場合

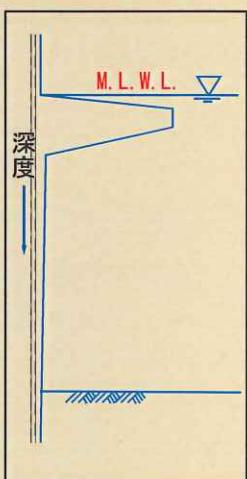


平均干潮面（M. L. W. L.）直下に、明瞭な集中腐食が無く、平均腐食速度も0.1mm/y以下の場合

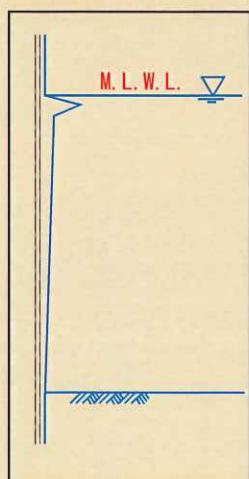


平均干潮面（M. L. W. L.）直下の凸部に、大きな集中腐食が発生している場合

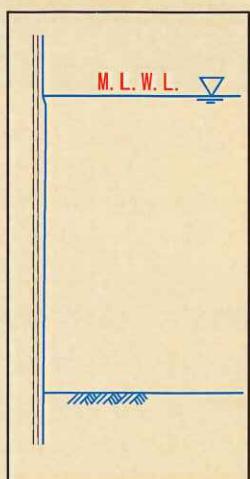
鋼矢板の例



平均干潮面（M. L. W. L.）直下の凸部に、大きな集中腐食が発生し、深くなるにつれて腐食速度が低下する場合



平均干潮面（M. L. W. L.）直下に、明瞭な集中腐食が無く、平均腐食速度も全体にわたり小さな値の場合



出典：港湾鋼構造物防食・補修マニュアル

## 港湾鋼構造物への腐食調査の実施

先ず港湾鋼構造物の現状把握のため、腐食調査を実施します。

腐食調査には・・・

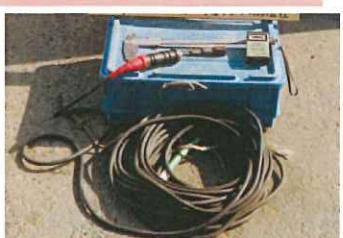
目視調査  
調査専門の潜水士により孔食（集中腐食）の状況  
・貫通口の位置・寸法等の計測調査。

肉厚測定  
構造部材の各調査個所の残存肉厚を超音波肉厚測定器で計測。



超音波肉厚計測による「肉厚測定」状況 鋼矢板の肉厚測定個所

港湾鋼構造物の現在の構造耐力は…？



肉厚測定器

## 調査診断

当社では調査診断によって、現状を把握し、将来に向かっての対策をご提案しています。

当社の調査診断は、先ず対象となる港湾鋼構造物の構造形式によって特有な設計条件を、建設時の設計図書・計算書等から把握し、対象鋼構造物にとって最も合理的な腐食調査を根拠をもってご提案いたします。

そしてご承認頂いた後に調査計画書を作成し、腐食調査を実施します。

腐食調査によって得られた調査データを、お客様が把握し易い統計解析図表にまとめて表すと共に、専門の構造設計者が鋼構造物の現状耐力を調べるなど、「健全度の評価」及び対策検討を加えた「総合評価」を実施して、「調査診断・結果報告書」として納入いたします。



## 港湾鋼構造物へのLCCの考え方

## 工法選定のポイント

### 港湾鋼構造物の ライフサイクル コストの低減

#### LCC (Life Cycle Cost)



護岸や岸壁は、機械や装置と異なり短年で寿命が終わったり、小まめにお金を掛け手をかけて維持しなくてはならないものではなく、大地に続く、忘れる程の耐久力を有するものでなくてはなりません。

防食への認識を向上させて来た今までの時代は、対症療法的に多種多様の防食工法を選択・実施して來たのですが、現在の様に防食対策が当たり前のように実施され、更にLCCの考え方方が顕在化しつつある現状では、あのぞと防食工法の選択範囲も定まってくるものと思われます。

即ち対症療法的な方法で選択しなくてはならなかつた従来型に対し、これからの方の未来型の考え方とは、経営面から捕らえた期待最長供用期間を「施設の一生」と考え、その生涯に掛かる維持管理費用を計算し、その総コストを出来るだけ低減させようとするLCCの考え方とはグローバル時代にマッチした先進的な考え方であると言えます。

#### 岸壁・護岸の LCCを考える

大地に続く忘れる程の耐久力が  
工法選定のポイントです。



適正価格が  
LCCを満足させます。

行き過ぎた競争で得た低価格（価格破壊）は  
結果としてLCCを満足させることは出来ません

ヨシカワ式の

## 水中スタッド溶接 PAT.



水中スタッド溶接

水中の優れた接合技術



1984年に科学技術庁長官から  
「注目発明選定証」を受ける

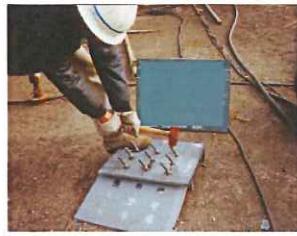
### (既設) 腐食鋼矢板と鉄筋コンクリートを強固に一体化する

- 当社で開発した水中スタッド溶接装置は、母材に吸着固定するなど半自動溶接によって、水中の母材に陸上溶接と同様の環境を保持して、溶接する画期的な技術です。
- Φ16の頭付きスタッド溶接の機械試験結果で全数8~11ton確保。
- 水中で完全ドライ空間で溶接されるため、陸上溶接に匹敵する溶接品質を有します。

#### 頭付き・ネジ式 STUD

ヨシカワ式は…・空気・ドライ式・機械固定式

フリーハンド式…? ウエット式…? では、  
安定した良好な溶接を得ることは…困難!



施工前の打撃試験状況



水中スタッド溶接の破壊試験

#### ●コンクリートの完全埋込みアンカーの条件

- 完全シヤコーンのコンクリート引抜耐力

$$P_{uc} = \phi C K A_f c \sqrt{f'_c}$$

- 完全埋込みアンカーの装備間隔

$$R = \frac{9Ds}{C \sqrt{\frac{f'_c}{5000}}}$$

## CRUS工法

「補強」と「防食」を併せ持つ工法…「防食」のみの工法

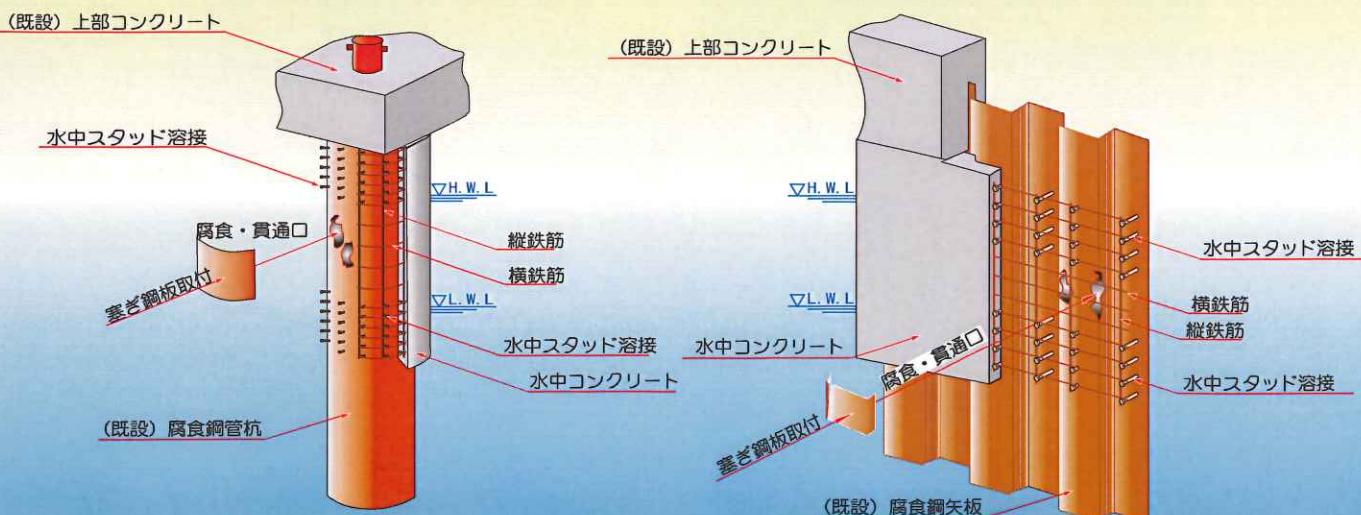
当社で開発したCRUS工法は、港湾都市横浜から全国に広がって認められた画期的な技術です。

**特長** 港湾構造物の鋼管杭・鋼矢板・鋼管矢板が腐食放置され、構造耐力を減少された場合に、建設時の強度に構造補強し、併せて防食する画期的な補強／防食の無機ライニング工法です。

最も「耐久性」に優れた…補強／防食工法です。

#### 鋼管杭の補強／防食

#### 鋼矢板の補強／防食



CRUS工法の目的を得るために、最も重要な技術は「水中スタッド溶接」です。

CRUS工法の構造設計は、水中スタッド溶接が陸上溶接と同等の品質を有していることを前提にしております。

補強を目的とするCRUS工法に、一般的な水中溶接やウエット式と称する水中スタッド溶接では、構造物内部に掛かる荷重の伝達が目的通りにならないことが考えられます。

良好な陸上溶接には、絶対に水を関係させません。仮に溶接時に水が加わりますと溶融金属が変化し、水素や酸素による脆化・焼き入れ・プローホールの発生等、接合技術としてあってはならない溶接不良が起こります。

### 施工フロー



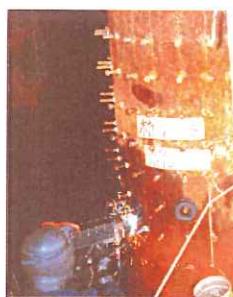
**補強／防食タイプ**

**防食タイプ**

下地処理工の程度は塗装と異なり、ウォータージェットやエアー工具等を用いて、鋼材表面に付いた海洋生物及びさび等の付着物を粗方除去する程度で仕上げます。

水中スタッド溶接の前に行う「表面処理」は、エアーサンダーを用いてΦ2.5cm程度に鋼材表面の不純物を除去するように磨きます。

コンクリートは、当社が開発した水中不分離コンクリート打設工法か、水中不分離性コンクリートを用いて施工します。



鋼管杭の補強（水中スタッド溶接状況）



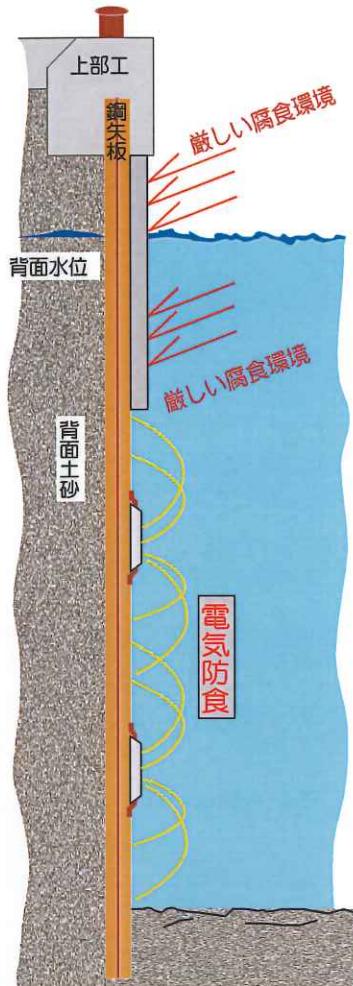
鋼管杭の型枠取り付け

型枠取り付け完了状況

**CRUS工法によって蘇った鋼管杭（補強・防食）**

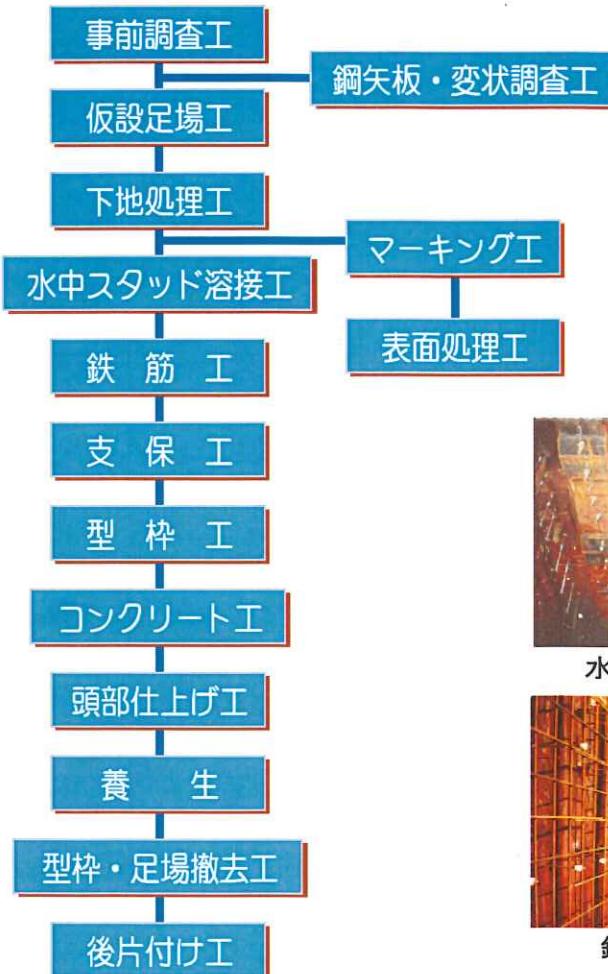


## 施工フロー



## 欠かせない鋼矢板・変状調査

既設鋼矢板壁は、鋼矢板のジャンクション部が自由に曲がるため、鋼矢板壁面が垂直方向や水平方向に凹凸に変形している場合が多い。このため型枠を当てるとき、狭くなる部分と広くなり過ぎる部分が発生する。よってコンクリート量が設計量と大きく異なることになってしまいます。そのため施工前に変状調査（計測）をしておく必要があります。



防食タイプ

補強／防食タイプ



水中スタッド溶接



鉄筋取り付け



型枠取り付け



鋼製型枠の組み立て



CRUS工法によって補強・防食された鋼矢板

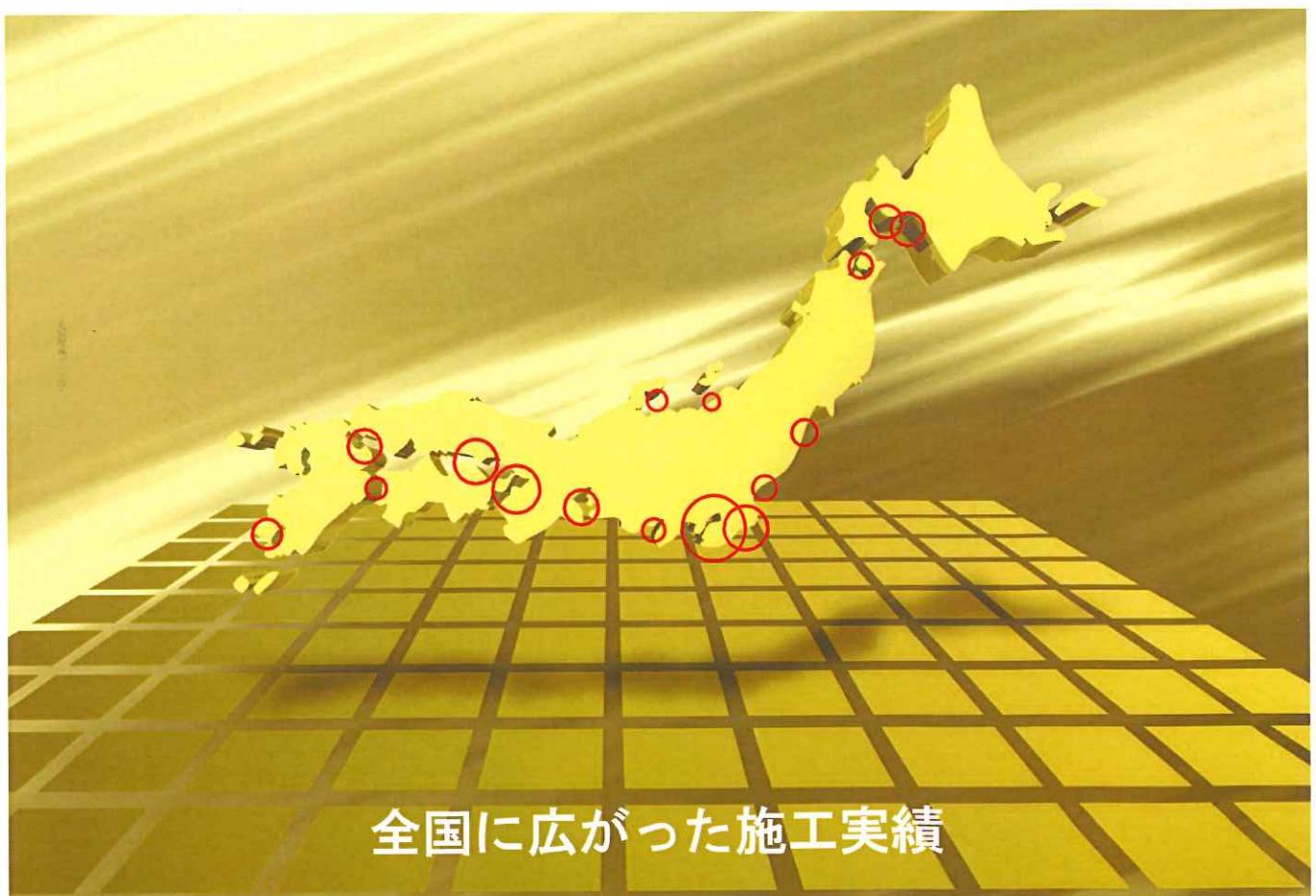


コンクリート打設





*The construction industry of the new style*



**yoshikawa-kaiji CO.,LTD.**  
〒221-0045 横浜市神奈川区神奈川2-8-8 第1川島ビル

TEL: 045-451-1104  
FAX: 045-451-1004