

№45 2005

NAKABOH REPORT



株式会社 **ナカボーテック**
NAKABOHTEC CORROSION PROTECTING CO. LTD.

NAKABOH REPORT

第45号 2005年12月

—目 次—

● 塩素と腐食・防食

技術顧問 小玉 俊明 1

● 港湾鋼構造物の建設の推移と防食技術の変遷

技術顧問 阿部 正美 3

● 特殊ウレタン系樹脂による鋼構造物の被覆防食工法

技術統括部	大野 泰彦
事業推進部技術部	田中 一弘
事業推進部企画部	小松 秀樹
技術研究所	志鶴 真介
東京支店	中村 定好 10

● 西湘バイパス上部工塩害劣化補修工事に適用された電気防食工法

事業推進部 小城 守 14

● デジタル計測器を使用した電気防食装置管理点検

東京支店 地中・陸上技術部 橋本 幸治 18

塩素と腐食・防食

技術顧問 小玉 俊明

1985年スイスのウスターでコンクリート室内プールのコンクリート製天井が崩落し12名が死亡するという事故が起こった。これは天井を吊り下げていた304ステンレス鋼製棒が応力腐食割れ(SCC)により破断したためであることが判明した。

この事故に続いて2001年にオランダでまた2003年にフィンランドで同様に室内プールの天井崩落事故が発生したが、後2者の例では死者はなかった。これらの事故は日本ではあまり話題にはならなかったが、ヨーロッパでは大きな衝撃を与えたようで、ヨーロッパ各国分担で詳細な事故解析が行なわれ、イギリス保健・安全庁(HSE)からその対策指針が示された⁽¹⁾。

水泳プールでの腐食問題といえば、殺菌用に加えられる塩素あるいは次亜塩素酸塩がSCCの犯人であろうということはすぐ推測されることである。しかし従来55℃以下の温度でステンレス鋼はSCCを発生しないというのが定説であった。しかも破断したステンレス棒は冠水部でなく大気中に設置されていた。HSEの指針によれば室内プールの大気部のように塩素濃度は低くても乾湿が繰り返される環境では、使用温度が30℃であっても304や316のような普通のステンレス鋼はSCCを引き起こす可能性があることが実験上も実証され、この対策としてSCC感受性の低い鋼に代替するとか、定期的に検査をするなど指示がなされている。

筆者も給湯用銅管の孔食の主な原因が水道水に殺菌目的で添加されている残留塩素(次亜塩素酸)にあることを示したことがある。確かに残留塩素は銅管に孔食が起こるほど貴な電位にもたらし、しかし水中には酸化剤としては当量濃度比で残留塩素の100倍以上もの溶存酸素が存在し、これら酸化剤のカソード反応はいわ

ゆる拡散支配にあると思われる。もし拡散支配反応であるならば酸化力は弱くても酸素の影響のほうが強いはずであると当初は理解に苦しんだ。しかし、濃度としては酸素よりはるかに低い残留塩素がある種の金属については腐食を加速する主因となる事例はいくつも報告されていた。とくに水泳プールの例のようにステンレスなどの不動態金属を貴な電位にもたらし、不動態を破壊する効果は確実のようである。

塩素は原水に含まれる細菌や微生物を殺し、アンモニアや有機物を分解するために加えられる。塩素ガスの代わりに次亜塩素酸塩が使用されることもあるが、効果はほぼ同じである。というより塩素ガスは水に溶けると塩化物イオン(Cl^-)と次亜塩素酸(HClO)に分解するため、塩素ガスの殺菌効果の実態は次亜塩素酸にあるといっていよい。次亜塩素酸は遊離残留塩素とも呼ばれる。加えられた次亜塩素酸がすべて消費されたのでは衛生管理上問題があるので、次亜塩素酸は少し過剰に加えられ、末端の蛇口でも遊離残留塩素として0.1mg/L以上あることが飲料水水質基準で要求されている⁽²⁾。

殺菌剤としての塩素は抜群の効用を示す。飲料水の塩素殺菌が完全に行われている地域では、赤痢、コレラ、チフスなど感染症が駆逐された。その一方で、塩素殺菌の副次的生成物としてトリハロメタンの存在が顕在化してきている。トリハロメタンとは化学式が CHX_3 (XはClまたはBr)で表される有機ハロゲン化合物である。汚れた原水を浄化すると、水に含まれるフミン質が残留塩素と反応してこれが生成するといわれ、またこれが発ガン性を有するというで話題となった。

現在の水道水の水質基準では浄水中の総トリハロメタンが0.1mg/L以下に抑えることが定

められている。トリハロメタン生成を抑制する目的から塩素に代わる殺菌剤の探索がおこなわれ、オゾン処理や活性炭処理など高度浄水処理が開発されてきた。このような流れにもかかわらず、水質基準として 0.1mg/L 以上の遊離残留塩素の義務付けは変更されることはなく、むしろ現状では塩素殺菌が強化される方向にある。

発ガンリスクのある物質の抑制は重要な課題であるが、一方で塩素殺菌の緩和した場合に予見される細菌性の感染症の蔓延はそれよりはるかに大きな健康リスクとなるからである。

2003年建築物衛生法関連の厚生労働省令が改正され、床面積 3000m²以上のビルでは給湯設備で供給される湯もその温度が 55℃以上である場合を除き、0.1 mg/L以上の遊離残留塩素レベルが維持されることが要求されるようになった⁽³⁾。それまでは配管給湯水は飲料でないから残留塩素の規制からは除外されたものと考えられていた。さらに 2003 年厚生労働省告示により、循環使用される入浴水の場合、浴槽水中で 0.2 から 0.4mg/Lの遊離残留塩素が維持されることが、また貯湯槽中で温度は 60℃以上を保つことが指示された⁽⁴⁾。これは公衆浴場や温泉水によるレジオネラ症感染が社会問題となりその対策のため出されたものである。

いずれにせよこれらの法規を遵守するとなるとビル内の給湯中で遊離残留塩素レベルを高くするかまたは水温を上げる必要があり、給湯設備で多用されるステンレスや銅は、SCCをはじめ各種局部腐食をこれまで以上に受けやすくなる。

規制の強化はわが国の建築設備関係者に衝撃を与えたようで、新たな環境に対応した材料選定、水処理、設備設計の再検討が進められつつある⁽⁵⁾。

海水外電防食で発生する塩素は海洋構造物への生物付着を防止し防汚効果をもたらすとともに環境に対しては塩素の発生源となるなど功罪なかばするものである。今後は塩素の環境及び健康へのリスクを正確に評価して最適な対処を追及していく必要がある。

参考文献

- (1) “ Steress Corrosion Cracking of Stainless Steels in Swimming Pool Buildings ” ,Health and Safety Executive SIM 5/2002/18
- (2) 厚生労働省令 第 101 号;「新しい水質基準等の制度の制定・改正」
www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/kenkou/suido/kijun/seido.html
- (3) 建築物衛生法関連政省令の概要
www.mhlw.go.jp/topics/2002/12/tp1218-2a.html
- (4) 「レジオネラ症を予防するために必要な措置に関する技術上の指針」厚生労働省令告示第 264 号
- (5) 「建築設備の給湯配管材料とレジオネラ対策」第 152 回腐食防食シンポジウム,6 月 (2005)。

港湾鋼構造物の建設の推移と防食技術の変遷

技術顧問 阿部 正美

鋼材は海洋環境においても、古い時代から現在まで社会基盤を形成する建設材料として広く利用されている。ここでは、はじめに港湾鋼構造物の建設の推移についてふれ、次に、鋼材で建設された港湾施設が何故多いのかを説明し、さらに、鋼材は腐食するという宿命的な欠点があるので古くから防食には心がけていたようであるが、防食対策もその時代、時代によって移り変わり多くの防食工法が開発されてきているので、その防食対策等の変遷について述べる。

1. 港湾鋼構造物の建設の推移

鋼材を最初に用いた港湾構造物は、明治9年に工部省鉄道寮が神戸港内に輸入スクリュースパイルを脚とする鉄製栈橋を建設した記録がある⁽¹⁾。その後、スクリュースパイルを用いた栈橋が横浜、名古屋、大阪、敦賀に造られ、このうち最も有名なのが横浜港山下大栈橋で、明治23年から建設され4年後に完成した。その断面図を図1に示す。ここでの使用材料は铸铁2,518トン、鍛鉄1,100トン、鋼鉄が12トンである。この栈橋は、その後明治39年から大正6年までかって水深10.5mに増築した。

その後、関東大震災により旧栈橋は座屈陥落し、杭(丸鋼棒)は沈下した。復旧構造は直径17.5cmの丸鋼を用いた同様な栈橋として建設された。当時の栈橋の状況を写真1に示す。この形式の栈橋は大正時代になっても敦賀、釜山等に造られた。しかし、許容載荷重が小さいこととブレーシングの腐食等のために、その後は鉄筋コンクリート柱の栈橋にとってかわられるようになった⁽²⁾。

大正末期には関東大震災の復旧のために鋼矢板が輸入された。港湾においては、当初は鋼材の腐食が懸念され仮設工に用いられたが、施工が容易であること、工期が短いことから本構造物としても用いられるようになった。

最初の鋼矢板式係船岸は、大正15年大阪尻無川の2.4m物揚場と言われる⁽³⁾。昭和に入ると鋼矢板の輸入量も増え、昭和初期には毎年2.5万～3.5万トンの鋼矢板が輸入された⁽⁴⁾。また、昭和4年に鋼矢板の試作が官営八幡製鉄所で行われ昭和5年に生産が始まり、国産鋼矢板が最初に使われたのは、昭和6年宮古港の3m物揚

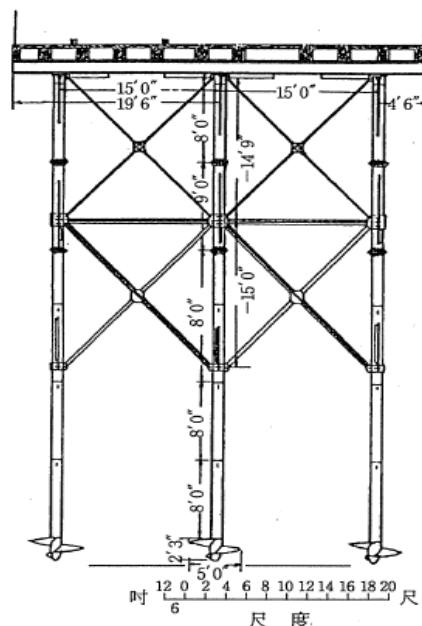


図1. 横浜港大栈橋断面図



写真1. 当時の大栈橋の全景

場といわれる⁽⁵⁾。昭和初期に鋼矢板式係船岸が造られた主な港湾は大阪、名古屋、伏木、函館、留萌などである。しかし、腐食の問題があるので、当時は主要な施設よりもむしろ地方港湾の小型係船岸で多く使われた。大阪、名古屋は9mの大型岸壁であるが、これは地盤が軟弱なためである。

戦後になると、鋼管杭が港湾構造物に用いられるようになり、昭和29年塩釜港の米軍LST栈橋を契機に、栈橋基礎杭等に多く用いられた。

また、直線鋼矢板を用いたセル式係船岸が塩釜港貞山1号岸壁で最初に造られた(昭和29年着工, 34年完成)。セル式係船岸はその後戸畑(鉱石岸壁)、名古屋(六号地岸壁)、直江津(西埠頭)、青森(浜町埠頭)、横浜(出田町石炭埠頭)等各地で建設された。また、直線鋼矢板の代わりに鋼板で円筒形を造り、それを現場に据え付ける鋼板セル工法が考案され、最初に昭和32年神戸港の波除堤に用いられた。

昭和30年代半ばになると、図2に示すように鋼杭栈橋工法の開発に伴い急増する港湾貨物に対応するために、港湾施設の整備が急務となり大型の係船岸が各地で造られるようになった。その代表が横浜港山下埠頭と神戸港摩耶埠頭である。山下、摩耶埠頭における鋼構造物の成功により、その後全国各地に鋼構造物が大量に建設されるようになった。

その後も鋼管矢板の使用等鋼材の種類の多様化、鋼矢板セルのプレハブ化や根入鋼板セル等の施工法の改良が続けられた。根入鋼板セル工法は関西国際空港の護岸、名古屋港ポートアイランド護岸等に用いられている。

最近では図3に見られるように施工の早さや軟弱地盤への対応としてジャケット式の鋼構造物が建設されるようになってきた。その代表的なものに大井埠頭コンテナバースがある。以上のように港湾鋼構造物の建設は発展し続け、現在係船岸のほぼ二分の一は鋼構造物で占めるに至り我が国の港湾構造物の特徴となった。

2. 我が国における港湾構造物の特徴

前述したように我が国の係船岸のほぼ二分の一は鋼構造物である。これは世界的にみると我が国の係船岸のひとつの特徴である。特に栈橋杭は、海外ではコンクリート杭が多いのに対して我が国では鋼管杭がほとんどである。

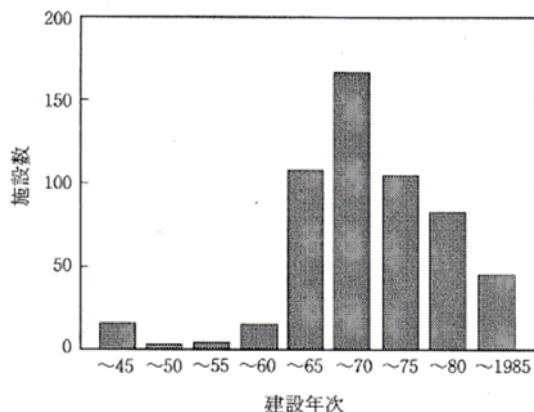


図2. 直轄施工鋼構造物建設年度別施設数

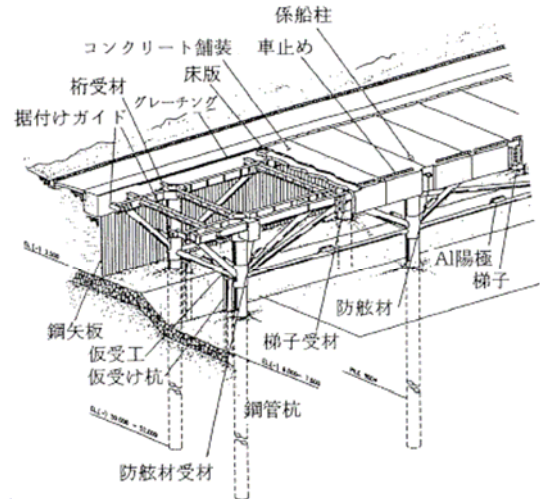


図3. ジャケット式係船岸

鋼材が大量に使われる理由は、鋼材の需要動向⁽⁶⁾にも見られるように製鉄業が昭和30年代後半から40年代にかけての高度経済成長の中核として発展し、鋼材を大量かつ安価に提供できるようになったためである。また、鋼材の形状寸法が豊富にあるので、設計条件に合った鋼材を容易に選択できることも経済性の点で有利であった。さらに、鋼材の高強度と品質の均一性が構造材料として優れているためでもある。

その上、鋼構造物に有利な条件として、我が国の港湾地域には軟弱地盤が多いことがあげられる。重力式構造物が堅固な基礎を必要とするのに対して杭構造物は支持地盤まで杭を打ち込むことにより、上層の軟弱地盤の影響を軽減できる。鋼矢板式構造物も根入れの安定が得られるならば、少々地盤の悪さには対応できる。

施工に対しても、一般に鋼構造物はコンクリート構造物に比べて工期が短いことが利点である。特に、昭和30年代後半からの高度経済成長に対応した急速な港湾整備の要請に応えるために、施工の早さが鋼構造物を採用する理由のひとつでもあった。

以上のように、鋼構造物の長所が高度経済成長期における大型岸壁を地盤条件の必ずしも良くない場所で急速に施工しなければならないという時代の要請に合致していたことが、鋼構造物を発展させた理由といえる。なお、平成8年度における鋼管杭、鋼管矢板の部門別需要によると、土木分野の需要が大半を占め、その中でも港湾分野における需要の割合は増加している。

昭和59年の統計を参照すると船舶が係留される部分の水深が4.5m以上の係船岸(岸壁、栈橋、ドルフィン、浮栈橋等)で見ると、公共施設で50%強、民間施設で70%程度が鋼構造

物である。それら鋼材を用いた係船岸の延長は約490kmに及んでいる。大型の係船岸だけをみても上記のようであるからその他の岸壁、防波堤、小型の係船岸にも鋼材は使われているのでさらに延長される。

東京港だけを見ても、図4⁽⁷⁾に示すように昭和40年代以降急速に伸びている。東京都が所管する港湾施設の延長（防波堤、波除堤等の施設を含む）は200km以上となり、そのうち鋼製施設の延長は150kmを越えており全体の70%以上の割合を占めている。また、兵庫県南部地震による港湾施設の被災復旧に施工の早さを考慮して鋼管杭が大量に使用された。

3. 港湾鋼構造物への防食法の経緯

鋼材は錆びる、つまり腐食するという致命的な欠点があり、とくに港湾環境は腐食に対して厳しいので、昔から港湾鋼構造物の鋼材への防食の意識はわずかではあるがあったようである。その事例として、昭和9年に建設された富山港—7.5m岸壁の腐食調査を昭和42年に実施した際に、写真2に見られるように回収したタイロッドにはコールタールを含浸したジュートが2回（約3mm厚）巻かれており、タイロッドに腐食は認められていなかった⁽⁸⁾。上記の例は特別なもののようであり、この当時の港湾鋼構造物の主な防食法は腐食しろによる方法で、耐用年数に見合った腐食量の分だけあらかじめ鋼材の肉厚を厚くしておく方法が一般的なようであった。

電気防食が港湾鋼構造物に初めて適用されたのは、昭和28年に尼崎港防潮堤の水門扉にMg合金陽極を用いた流電陽極方式である。同港では昭和29年に閘門鋼矢板式岸壁に外部電源方式による電気防食が実施された。表1の「港湾工事共通仕様書解説」に示すように1960年代になると各所で電気防食の外部電源方式の適用が

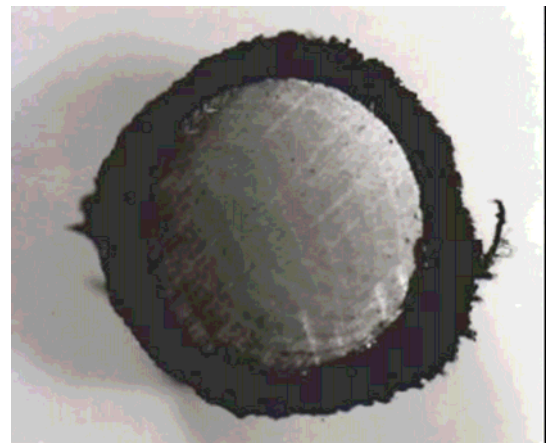


写真2. ジュート巻きしたタイロッドの切断面

試みられた。しかし、電気防食工法が紹介されていたにもかかわらず普及が進まなかったのは、施設完成後の電気防食の適正な作動に関する防食電流密度や防食電位の定期的な点検等の維持管理に対する認識が十分でなく、また公共の施設において維持管理に要する経費は港湾管理者の負担とする制度が関係して、経費不足のために適切な電気防食がなされなかったためである。塗装では油性塗料による防食と昭和35～40年頃タールエポキシ樹脂塗料が開発され海水中より上部の環境で適用されるようになった。

昭和40年代には、前述したように高度経済成長に伴い、鋼材が港湾の建設に大量に使われはじめた頃、港湾鋼構造物の海水中の腐食は、海水中に浸漬した鋼材片の腐食と等しいと考える傾向が強かったが、港湾鋼構造物は長尺鋼材が異種環境（干満帯、海水中、海底土中部）を貫通した状態でおかれるので環境差に起因するマクロ腐食が発生することが予想されたが、腐食の実態は明らかにされていなかった。

そこで、無防食で長期間経過した既設の鋼構造物は腐食の実態を把握するには格好の対象物であるから厚み計を用い、全国的な規模で運輸省港湾技術研究所〔現(独)港湾空港技術研究所〕に在職していた当時の善一章博士と著者により腐食調査法の検討および腐食の実態を明らかにすることを目的に活動を始めた。

しかし、当時使用されていた厚み計は防水型でないために海水中には適用できず、干満帯より上部についてのみ測定可能であり、また、鋼矢板平坦部のみに適用されるものであった。そのため、この厚み計を用いた調査方法は海水中への適用ができないことと精度そのものも低く正確な肉厚を測定することが難しいために、構造物全体の腐食調査に対しては不向きであった。

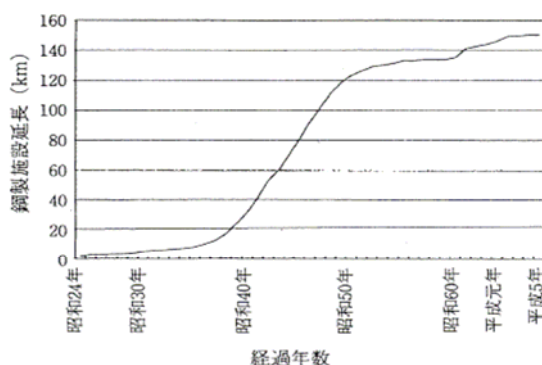


図4. 東京湾における鋼製施設延長の推移

表1. 腐食および防食に関する各基準及び解説の内容 (1964～1979年)

基準、解説等の名称	港湾工事共通仕様書解説 (1964年3月)	港湾構造物設計基準 (1967年4月)	港湾の技術上の基準・同解説 (1979年3月)
制定機関	日本港湾協会	日本港湾協会	日本港湾協会
防食法	電気防食法の紹介 主に外部電源方式の電源発生装置、 電極装置、配管装置の紹介。 防食電流密度(外部電源方式) 海水中: 100mA/m ² 海土中: 20mA/m ² 陸土中: 10mA/m ² 防食塗装(油性ペイント) 防食テープ	電気防食法 適用範囲をMSL以下とする。 基準電極の防食電位の規定 外部電源方式の電流消費量節減する 電源装置の説明。 流電陽極方式のZn陽極より寿命の 長いAl陽極の紹介。 被覆(セメント硬化体、タールエポ キシ塗料、Zn系塗料) 腐食しろが十分にとれる場合は電気 防食を適用しなくてよい。	電気防食法 適用範囲をMSL以下とする。 基準電極の防食電位の規定。 防食電流密度 海水中: 100mA/m ² 石積部: 50mA/m ² 海土中: 20mA/m ² 陸土中: 10mA/m ² 長寿命Al陽極の開発によりAl陽極 の適用が主となる。 被覆(セメント硬化体、重防食塗装、 金属ライニング) 腐食しろが十分にとれる場合は電気 防食を適用しなくてよい。
腐食に対する事項		鋼材の腐食環境における腐食速度の 規定。	鋼材の腐食環境における腐食速度の 規定。 MLWL直下部分の集中腐食の指摘。

そこで港湾環境で適用可能な厚み計の開発が必要となり、昭和41年から腐食調査を実施するとともに超音波を利用した水中用厚み計の試作品を実鋼構造物へ適用し数年間の試行錯誤の末に現在使われている超音波式探傷厚み計を開発した。開発した計測器も当初は真空管を使用した計測器であったが、昭和52年頃からICの登場により小型化、精度でも飛躍的に発展したものが作られた。

本計測器の開発のおかげで、港湾鋼構造物の腐食の実態が明らかとなり、その役割は多大なものがあつた。また、この当時、錆で錆を防ぐ方法として鋼材表面に緻密な錆を作り腐食速度を遅らせる技術としてUSスチール社より耐候性鋼および耐海水性鋼が技術導入され、特に飛沫帯において普通鋼よりも耐食性に優れているといわれたが、常にそれだけの効果が得られなかったり、腐食は鋼種よりも腐食環境に大きく影響されることから、使用実績はあまり伸びなかった。

被覆防食ではジンクリッチペイントが開発され、タールエポキシ樹脂塗料の下塗り塗料として適用された。また、電気防食の効果のない海面上の防食には、上部コンクリートをできるだけ低い位置まで下げて施工したり、栈橋鋼管杭の上部をコンクリートで被覆した。

しかし、この当時は現在のように水中不分離性コンクリート等は開発されていなかったため、コンクリート被覆工の施工は海水に洗われるため必ずしも十分に施工できず、クラックや剥離

を生じる例もみられ防食性能面では完成されたものではなかった。昭和45年頃に塩化ゴム系塗料、続いて昭和47年頃にウレタン塗料が開発された。

電気防食では性能の良いアルミニウム合金陽極(以下Al陽極と呼ぶ)が開発され本格的な流電陽極方式の適用が行われた。さらに水中溶接の技術が昭和45年頃に開発されAl陽極の取り付けに対して工期の短縮と安全性が確保されるようになった。しかし、この当時の港湾鋼構造物の主な防食法はいぜんとして腐食しろによる方法が主流であった。

昭和50年代に入ると、港湾の設計基準に新設鋼構造物に対する海水中の防食法として電気防食の適用が示された。

昭和50年代後半になると各種の耐久性の良い被覆防食工法が開発された。たとえば、セメントモルタル/FRPカバー工法、ペトロラタムライニング工法、水中硬化型ライニング工法等である。昭和57年頃には製鉄会社によるポリエチレンライニング、続いてポリウレタンライニングが開発された(いわゆる重防食と称するもの)。塗装系では超厚膜型エポキシ樹脂塗料および耐候性に優れたふっ素樹脂塗料がみられるようになった。

さらに、電気分解により生成される石灰質物質を鋼材表面へ析出させ、その被膜を防食層とする電気防食を応用した電着工法の現地試験(於:波崎観測栈橋)が行われ本工法の実用化が示された。

しかし、この当時は電気防食や被覆防食工法の開発がなされてはいたが、すべての港湾施設に防食が適切に適用されていたわけではなく、腐食しうで対応した無防食鋼構造物も多く存在していたのが実状である。

その結果、昭和58年に写真3に示すように横浜港山下埠頭棧橋の鋼管杭が、大きな腐食を受けコンクリート上部工の陥没が起こったのを契機に、1960～1970年代にかけて建設された鋼構造物の腐食の問題がにわかに顕在化した。

すなわち、従来、鋼材の防食を腐食しうで対応してきたが、腐食しうでは対応できない程大きな集中腐食が平均干潮面直下付近に発生し鋼構造物に大きな被害が認められるようになったことから、鋼構造物の防食対策が大きな問題となり、昭和59年から当時の運輸省港湾局を主体とした全国的な鋼構造物の腐食調査を開始した。

昭和63年に発行された「港湾の施設の技術上の基準・同解説」⁽⁹⁾には平均干潮面直下付近の集中腐食が取り上げられ、海水中および海底土中部の防食法として既設鋼構造物に対しても補修工法として電気防食（流電陽極方式）の適用と、干満帯以上には被覆材による防食が示された。なお、写真4に示すように昭和59年に各種の防食工法の防食効果や耐久性を検証する目的のために運輸省港湾技術研究所〔現(独)港湾空港技術研究所〕、(財)沿岸開発技術研究センター〔現(独)沿岸技術研究センター〕、鋼管杭協会の3者によって茨城県波崎に位置する波崎海洋研究施設砕波帯観測用棧橋を利用して「鋼管杭の防食法に関する研究」と題して共同研究が開始され、現在も継続、実施している。

同年、旧建設省土木研究所を中心に静岡県駿河湾で曝露ステーションを設置して供試体を主体とした曝露試験が開始された（写真5）。

昭和60年代に入ると、これまで港湾および海洋鋼構造物の防食に関する、まとまった基準等を整理したものがなかったが、腐食、防食に係る専門家が参集して検討委員会を設置し、昭和61年に沿岸開発技術研究センターから「港湾鋼構造物防食マニュアル、補修マニュアル」が発刊された。続いて昭和63年に海洋鋼構造物の腐食、防食に関する啓蒙普及と発展を目的に民間会社42社からなる防食補修工法研究会が設立され、平成2年に防食および補修の実務者向けの実用書として「港湾鋼構造物調査診断・防食補修工法」が発刊された。

平成元年に日本の防食会社4社からなる電気防食工業会が設立され、海洋環境の電気防食に関する基準作りへの対応や運輸省港湾技術研究所との共同研究により大きな研究成果をあげ、



写真3. 横浜港山下埠頭棧橋の陥没事故状況

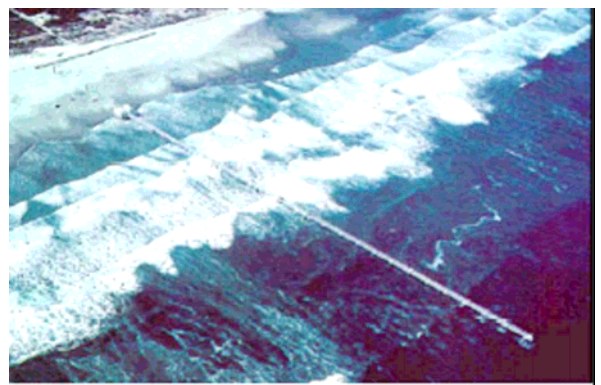


写真4. 茨城県波崎観測棧橋



写真5. 静岡県駿河湾の曝露試験ステーション

その成果は防食マニュアル等へ広く反映されている。さらに最近ではISOへの対応等の活動が続いている。

また、この時期に防食カバー材として長期耐用を目的としたチタン材の適用、チタンクラッドライニングおよびステンレスライニングの実用化がみられるようになった。

チタン材の海洋環境下での初めての適用は、波崎観測栈橋において鋼管杭の干満帯より上部の防食法としてペトラタムライニング工法のカバー材にチタンの薄板が適用され、本事例は海洋構造物の防食を目的としてチタンを適用した我が国では初めての試みであり、その後のチタンを防食材料として適用するきっかけとなった。代表的な事例として、図5に示す東京湾横断道路の橋脚〔水深-2～+3mの範囲〕や夢舞大橋〔可動式浮体橋〕への適用がある。また、ステンレスライニングは前述した大井埠頭の改良工事にジャケット式栈橋が採用され、その構造物の-1mより上の防食対策として適用された（写真6）。

鉄鋼、造船および重工業各社の出資によるメガフロート技術研究組合では平成7～9年度にかけて横須賀の追浜沖において大型のモデル浮体を海上で制作した。これは埋め立ての代替として海上空港等への利用を目指し100年という長期耐用を考慮した海上構造物の実用化を検討するためである。この中で最も腐食環境として

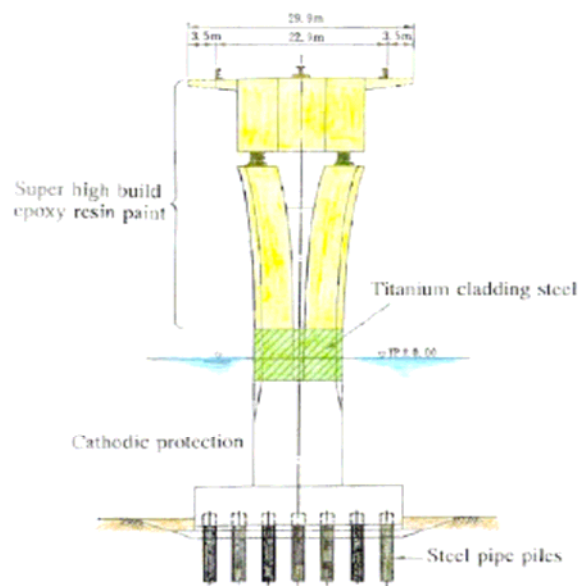


図5. 東京湾横断道路橋脚

過酷な浮体構造物の側面への防食法としてSUS316L、アロイ625およびチタンクラッド厚板の適用性について検討されている。

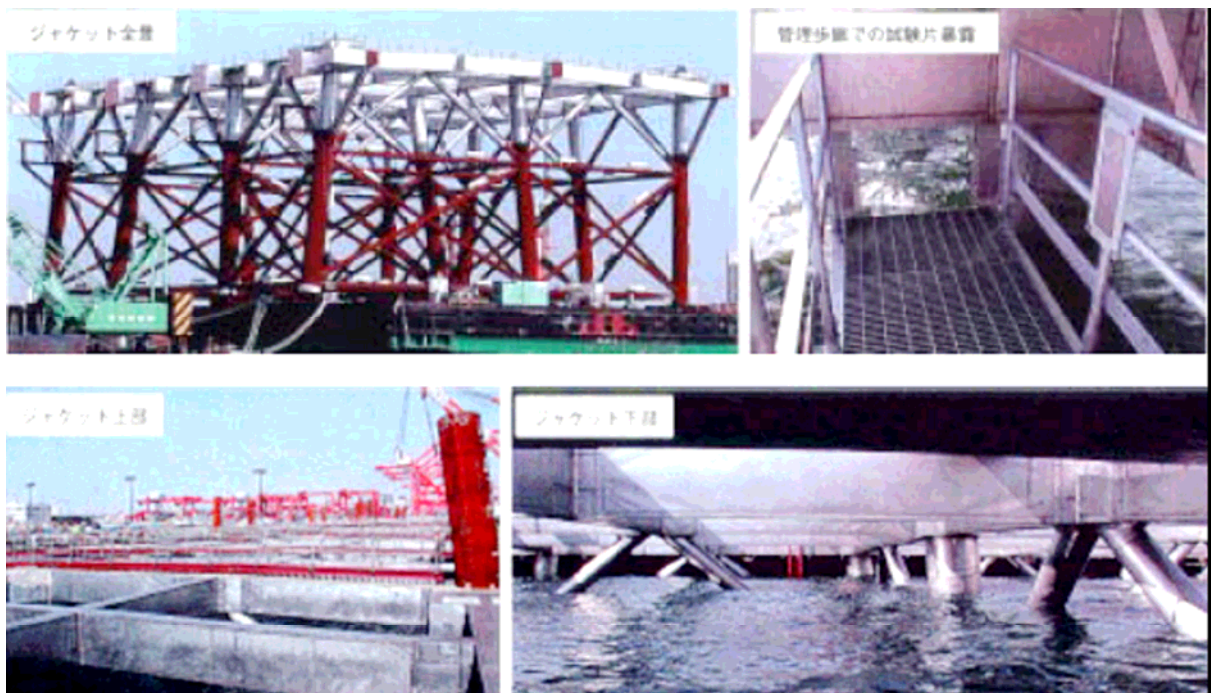


写真6. 大井埠頭ジャケット式栈橋

さらに平成9年には「港湾鋼構造物防食・補修マニュアル」の改訂版が発刊された。平成11年4月に改訂された「港湾の施設の技術上の基準・同解説」⁽¹⁰⁾では鋼構造物の防食法として腐食しるによる方法を用いないこととし、平均干潮面以下には電気防食を、平均干潮面以下1mより上の部分には被覆防食工法によって防食対策を行うことを示した。現在では、実用性のある各種防食・補修工法が積極的に開発・適用されてきている。

4. おわりに

今後、日本の経済は前述したような高度成長を望むことは難しくなるから、鋼構造物が腐食により大きな被害を受けても、容易に改造や改修等を実施できる状況下にはないであろう。鋼構造物を長期にわたり使用する場合は、現存する鋼構造物を上手く維持管理して良好な状態で稼働させていく必要がある。そのためには、腐食により大きな被害が起きないように適切な補修と防食対策を行うことが大切である。

平成9年に(社)腐食防食協会で行きまとめられた「国内の腐食損失評価に関する調査」によると我が国における腐食対策費は3.9兆円にものぼるという報告がある。このような現状において、今後、ますます構造物の防食、補修ならびに維持管理が大きな課題となってくることは間違いない。

21世紀の時代は、新たに建設されるリニューアルな時代ではなく現存する鋼構造物を長く維持管理していくことが重要となり、建設の時代から維持管理する時代へと進んでいくことが考えられることから、今後とも50年、100年といった長期耐用を可能にする防食・補修技術の確立が望まれる。そのためには現在適用されている防食技術をもう一度見直し、確認、改善、改良すべき事項を取り上げ各項目毎に吟味し長期耐用を可能とする方向性を見出すことが大切である。

日本の次の10年はこの分野における維持管理に係る腐食防食技術の展開が重要となってくる。キーワードとなるのは維持管理と長期耐用である。これには適切な防食設計、長期耐用のための評価法の確立が要望されている。

「荒廃した日本」とならないように社会資本を適切に維持管理し、施設が健全な状態で長期に亘り稼働できるように日ごろから防食への対策をおこたることのないように心がけることが大切である。使い捨て一色の時代から、長く大切に使うことにやっと目覚めた現在、今後さらにLCMやLCCの考え方が浸透して適切な管理や経済性を考慮した方向へ向かうと思われるが、そのためには腐食コスト最小化と適切な防食対策のためのシナリオの明確化が要望される。

一方、腐食知識の啓蒙・普及は腐食防止のために最も有効な手段と考えられるので、将来性を考慮して団塊世代(一般に昭和22年から昭和24年に生まれた約700万人を指す)のリタイア時期には専門的な技術者が不足する。そこで腐食、防食に携わる専門技術者の養成が急務であるとともに、リタイアを余儀なくされた経験豊かな腐食防食専門家を上手く組織化して、その知識を活用することが社会コストの低減のためにも強く望まれる。

参考文献

- (1) 神戸開港100年史(建設編):神戸市, p.74~75, 1970.
- (2) 鈴木雅次:港工学, p.255, 1978.
- (3) 松並仁茂:埋立護岸の形式による土木材料の変遷, 土木学会誌, p.22, 10, 1978.
- (4) 石黒健, 白石基雄, 海輪博之:鋼矢板工法(上), 山海堂, p.7, 1982.
- (5) 前出, (4)
- (6) 鋼管杭協会:防食ハンドブック, p.1-1, 1998.
- (7) 東京都港湾局:東京港腐食対策手引書(改訂版), p.2, 1998.
- (8) 善一章, 阿部正美:港湾技研資料No.99, 港湾鋼構造物の腐食調査(第3報), 下北埠頭-5.5m岸壁および富山港-7.5m岸壁, -3.0m物揚場の腐食調査, p.29~99, 1970,
- (9) 日本港湾協会編:港湾の施設の技術上の基準・同解説, pp.3-9~3-20, 1988.
- (10) 日本港湾協会編:港湾の施設の技術上の基準・同解説(改訂版), p.323, 1999.

特殊ウレタン系樹脂による鋼構造物の被覆防食工法

技術統括部
事業推進部技術部
技術研究所

大野 泰彦
田中 一弘 同企画部 小松 秀樹
志鶴 真介 東京支店 中村 定好

1. はじめに

海洋鋼構造物において飛沫・干満帯は最も激しい腐食環境となるため、構造物を長期間維持していくためには、飛沫・干満帯部分の防食は必要不可欠である。

従来採用されてきた工法の一つである「水中塗装（有機ライニング工法）」は、ブラストによる素地調整（ISO Sa2.5以上）が必要とされている。ところが、実際の現場においては素地調整作業と塗布作業との間には時間遅れが生じることがあり、また作業員の技量差などから塗膜の付着不良や早期剥離などの問題を発生する場合があった。またエポキシ系水中用塗料は外力により生じる構造物の振動の影響により塗膜の割れ・剥離などを生じることがあった。

このような問題を解決し、且つ防食性能を長期間維持することが可能な新塗覆装工法を開発した。本稿では新工法の開発コンセプト、特徴、防食性能および施工事例等について報告する。

2. 特殊ウレタン系樹脂の開発

新塗覆装工法の開発では、腐食環境が厳しい飛沫・干満帯および水中部にある鋼材に対し良好且つ安定した付着性を保持する材料の開発が鍵であった。また、波浪等の影響による構造物の振動で塗膜に割れや剥離が起らないようにするため、従来のエポキシ系樹脂には無い伸縮性を備えた樹脂としてウレタン系樹脂を基材とすることを検討した。

一般にウレタン樹脂は硬化反応の際に水と反応し、種類によっては炭酸ガスを発生するものもあるが、ガスが発生しない数種類の樹脂の中から基材になるものを探した。さらに、水中における付着性と防食性を高めるための添加剤の検討を行った。

3. 本工法の特徴

本工法は、水中での付着に優れた二液性の特殊ウレタン系樹脂（写真1）を塗布したFRPカバーを被覆することで、鋼材を腐食環境から遮断し防食する工法である。表1に、防食仕様を示す。

特徴としては、有機ライニング工法のように高級な素地調整を必要とせず、ペトロラタムラ

イニング工法同様の低級な素地調整（ISO St2

程度）で施工可能なことにある。防食層となる特殊ウレタン系樹脂は、吸水性高分子材等の添加により水中部にある鋼材への付着性が得られると共に、樹脂が凹凸の激しい鋼材表面に対して隙間なく充填されることで良好な防食効果を発揮する。



写真1 特殊ウレタン系樹脂

表1 防食仕様

工 種	品名・仕様
素 地 調 整	ISO St2 以上
防 食 被 覆	特殊ウレタン系樹脂
保 護 被 覆	FRP 保護カバー
被 覆 材 固 定	ストッパーバンド
端 部 処 理	水中硬化形エポキシ樹脂

この特殊ウレタン系樹脂は、弾性に富み、外的衝撃や振動を吸収し、割れが発生しにくい特徴を有している。また、樹脂成分については、溶出試験結果において人体に影響を及ぼす化学物質を溶出しないことが確認されている⁽¹⁾。この樹脂を強度的に優れるFRPと複合した工法とする事により長期的な寿命が得られる。標準被覆図を図1に示す。

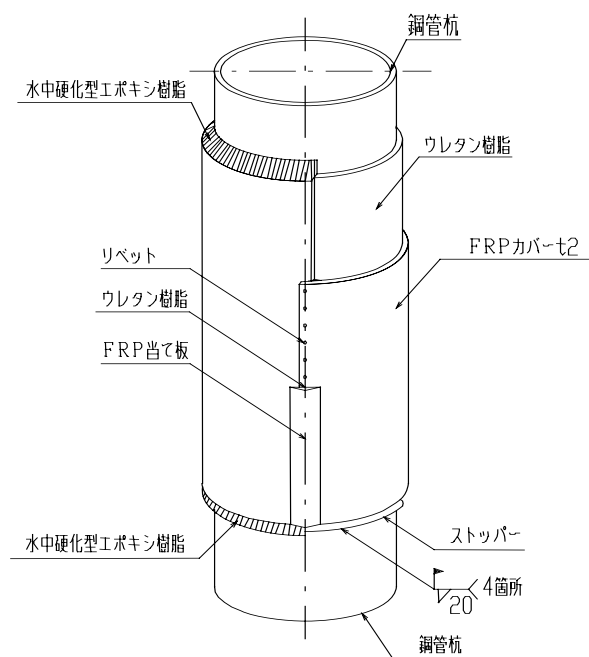


図1 標準被覆図

4. 防食性能

表2に、塩水噴霧試験および温海水浸漬試験における防食率の結果を示す⁽²⁾。防食性能については、最も実績があり、優れた防食効果を有するペトロラタム系防食材との比較を行った。図2に、試験材の外観を示す。

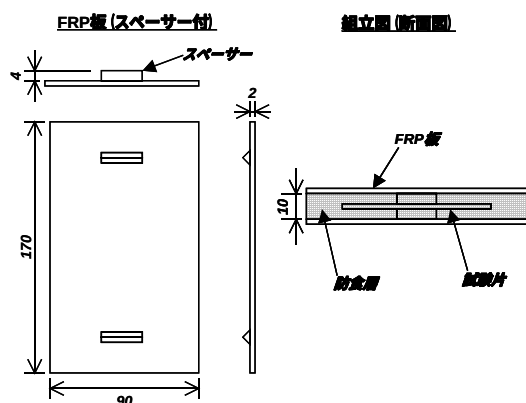


図2 試験材外観図

塩水噴霧試験における特殊ウレタン系樹脂の防食率は、99.9%以上と高い防食効果を有し、ペトロラタム系防食材と比較しても同等の防食性能を有することが確認された。また、より条件の厳しい温海水浸漬試験においても防食率

表2. 塩水噴霧および温海水浸漬試験における防食率

塩水噴霧試験における防食率 (%)			
試験材	1000 時間	2000 時間	3000 時間
特殊ウレタン	99.9	99.9	99.9
ペトロラタム	99.9	99.6	—
温海水浸漬試験における防食率 (%)			
試験材	1000 時間	2000 時間	3000 時間
特殊ウレタン	99.5	99.9	99.9
ペトロラタム	98.1	97.6	—

塩水噴霧試験；JIS K 5600-7-1

温海水浸漬試験；40℃ 通気あり

99.5%以上を示し、ペトロラタム系防食材より温度に対して防食性能面で優れていることが示唆された。

防食層の特殊ウレタン系樹脂は、ペトロラタム系防食材より強度的に優れ、また水分の浸透やサーマルショックなどの劣化因子に対しても優れていると判断できる。また、防食層をFRP保護カバーで被覆するため、特殊ウレタン系樹脂の紫外線や吸水による劣化をFRP保護カバーにより防ぐことが可能となる。

さらに、保護カバーのFRP材は、ペトロラタムライニング工法において20年以上の耐久実績が示されている。これらのことから、本工法においてもペトロラタムライニング工法と同等もしくはそれ以上の耐久性が期待できるものと考えられる。

5. 施工

栈橋鋼管杭における施工事例を示す。

5.1 被覆構成

FRP保護カバーはフランジのない半割り形状であり、内面に樹脂保持シートと特殊ウレタン系樹脂を有する。FRP保護カバーは、従来のボルト締めによる固定方法に代わり、保護カバー重ね部をリベットにて固定（接合）することでフランジ不要タイプを実現している。また、保護カバー重ね部にウレタン系樹脂を充填した当板によるシールを施すことで、重ね部からの腐食因子の侵入を防ぎ、漂流物の衝突等による保護カバーの損傷を防止する構造となっている。

5.2 施工方法

図3に施工フローを示す。

1) 素地調整

素地調整状況を写真2に示す。素地調整グレードはISO St2程度とし、鋼管杭表面に形成した錆層をスクレーパー、ワイヤーブラシ等の手工具または動力工具により浮き錆等を除去する。

2) 樹脂塗布

樹脂塗布状況を写真3に示す。半割りのFR



図3 施工フロー

P保護カバー内面にあらかじめ貼り付けられた樹脂保持シートへ特殊ウレタン系樹脂をゴムベラ等により均一に含浸塗布する。

3) 保護カバー取付

保護カバー取付状況を写真4に示す。特殊ウレタン系樹脂が塗布されたFRP保護カバーを互いにカバー端部が重なり合うように鋼管杭へ取り付け、ラッシングベルトで十分締め付ける。

4) 保護カバー固定

保護カバー固定状況を写真5に示す。FRP保護カバー重ね部にドリルを用いて下穴を開けた後、リベットで固定（接合）する。

5) 当板貼付

当板貼付状況を写真6に示す。FRP保護カバーをリベットで固定（接合）後、ラッシングベルトを取り外し、陸上でウレタン系樹脂を塗布した当板を用いて重ね部を被覆する。

6) 端部処理

端部処理状況を写真7に示す。保護カバー端部の腐食を防止するため、水中硬化形エポキシ樹脂でシールする。また、下端部には防食体のずれ防止のための固定用金具を取り付ける。

6. 今後の展開

本工法は、防食性能に優れ、強度的にも優れた工法ではあるが、施工実績が少ないため、複雑な形状の部材に対しては、施工方法についてまだ検討する部分もある。

今後は、実績を積み重ねることにより工法の完成度を高め、これまで被覆防食の未開拓分野とされていた河川・湖沼環境の鋼構造物に対しても適用を図り、長期耐用の被覆防食方法として普及することを期待している。

本工法は平成15年に特許を登録している。
登録No.3408188；有機材料による被覆防食方法
登録No.3459559；有機材料による被覆防食方法

参考文献

- (1) 環境庁告示第59号；「人の健康の保護に関する環境基準（26項目）」
- (2) 第25回防錆防食技術発表大会（予稿集）；「ウレタン系樹脂による既設鋼構造物の長期防食工法の開発」，2005。



写真2 素地調整状況



写真6 当板貼付状況



写真3 樹脂塗布状況



写真7 端部処理状況



写真4 保護カバー取付状況



写真8 施工後外観状況



写真5 保護カバー固定状況

西湘バイパス上部工塩害劣化補修工事に適用された電気防食工法

事業推進部 小城 守

西湘バイパスは、神奈川県中郡大磯町と小田原市早川間を通る国道1号線の迂回道路で、1970年の供用開始から中日本高速道路株式会社（旧日本道路公団）によって管理されている。

バイパスは海岸沿いに位置するため、強風時や台風時には海水が道路上まで吹き上げる程の厳しい環境に晒されており塩害劣化が著しいので、過去に断面修復工法や表面被覆工法による補修工事が幾度か実施されてきたが、従来工法の限界と電気防食工法の確立に伴い、1999年度の試験施工から近年電気防食工法による塩害対策が実施されている。その電気防食工法の適用事例について紹介する。



写真1 西湘バイパス全景

1. 施設概要

西湘バイパスは、延長が14.5kmでほぼ全域が橋梁構造である。橋梁の構造形式は、PC-T桁（一部鋼製桁）が採用されており、建設区間の大部分は海岸付近を走っており、その下は砂浜や海上である（図1および写真1）。

橋梁構造としては主にPC-T桁（図2、3）であることから塩害による鉄筋腐食が生じている。特に海側桁と山側桁の劣化が顕著なので、含有塩化物イオン濃度調査や断面修復工事等が行われてきた。



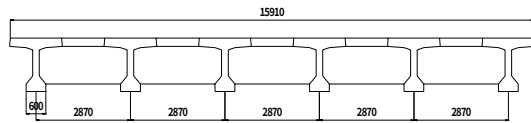


図2 標準断面図

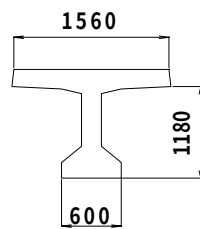


図3 主桁断面図

2. 電気防食適用履歴

西湘バイパスの電気防食施工は 1999 年度より適用された。施工実績を表1に示す。1999 年度～2000 年度までは点状陽極（チタンロッド方式）、帯状陽極（チタングリッド方式）および面状陽極方式（チタン溶射方式）を試験的に行い、施工性や経済性を確認し、2001 年度以降は帯状陽極（リボンメッシュ方式）を標準工法として適用している。（写真2～6）

本構造物は複数の主桁で構成されているが、塩害劣化が進行している海側桁および陸側桁を優先的に施工している。最終目標は、全ての主桁に電気防食を適用することで、2005 年度についても帯状陽極方式にて施工中である。

表1 施工実績

施工年度	施工箇所	防食方式	防食面積
1999 年度	漁橋	チタンロッド方式	84 m ²
	漁橋	チタングリッド方式	84 m ²
2000 年度	金波橋	チタン溶射方式	480 m ²
2001 年度	金波橋	リボンメッシュ方式	2,591 m ²
2003 年度	漁橋	リボンメッシュ方式	626 m ²
	滄浪橋	リボンメッシュ方式	744 m ²
2004 年度	滄浪橋	リボンメッシュ方式	2,947 m ²



写真2 漁橋チタンロッド方式



写真3 漁橋チタングリッド方式



写真4 金波橋チタン溶射方式



写真5 金波橋リボンメッシュ方式



写真6 滄浪橋リボンメッシュ方式

3. 施工概要と注意点

電気防食方式は、ここ数年帯状陽極方式が標準となっているので、帯状陽極方式の施工概要と注意点について述べる。

帯状陽極方式は、いわゆるエキスパンドメタル状に加工したチタン基材に貴金属酸化物を被覆した陽極材を用いる。この陽極材をコンクリート表面に切削された溝(幅15mm×深さ15mm)内に補修用モルタルを用いて埋設する。陽極幹線を直流電源装置の+側へ、鉄筋幹線を直流電源装置の-側へ接続し、防食電流を供給する。

本外部電源方式における施工上の最重要管理項目は、陽極・鉄筋間の絶縁の確保である。例えば、土中埋設構造物(パイプライン等)の外部電源方式では、防食対象配管とその他の金属の絶縁確保が重要視される。

一方、コンクリート構造物では、陽極材と鉄筋との間の電解質容積が少なく、コンクリートの抵抗が高いため、防食電流が広範囲に分布しない。したがって、防食対象(防食可能)範囲が限定されるため、防食対象範囲外の金属との絶縁確保は必要ない。

しかしながら、陽極・鉄筋間の距離が近接している(極端に鉄筋かぶりが小さいこともある)ため、陽極・鉄筋間の絶縁が確保できない場合がある。陽極・鉄筋間の絶縁が確保されないと、電気防食回路が構成できないため、防食効果を得ることができない。その一例として、陽極埋設用溝内に鉄筋が露出するケースがある。鉄筋が溝内に露出した状態で陽極を設置した場合、陽極と鉄筋が導通状態となる。また、鉄筋ではなく鉄筋相互を結束している結束線が溝内に露出している場合もある。溝形成後、陽極設置までの間に溝内を確実に点検することによって、これらの溝内に露出している金属体等は容易に確認できる。

溝内に露出した金属が確認された場合、構造筋であると撤去することが困難であり、連続して溝内に鉄筋が露出することも考えられる。このような場合、陽極材と鉄筋が接触する面において鉄筋表面にエポキシ系樹脂を被覆して陽極材と鉄筋の絶縁を確保する(写真7)。

さらに、複数の主桁を1つの電気防食回路にて通電を行うため、各桁間の供給電流バランスを調整する必要がある。水分を多く含んだコンクリートでは回路抵抗が小さく、乾燥したコンクリートでは回路抵抗が大きくなる。主桁は海側から山側へと連続していることから、コンクリート中の水分量が異なる可能性がある。

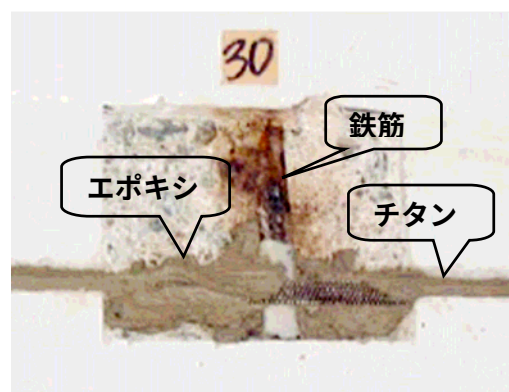


写真7 溝内露出鉄筋の絶縁処理

また、鉄筋の腐食状態によって必要防食電流密度も異なり、腐食が大きいほど防食電流密度も大きくなる。これらの現象を確認し、均一な電流分布と健全な防食状態を確保するために、各桁への仮通電試験や全体を結線した状態における電流分配試験等により適正な電気防食回路を構成する必要がある。

4. 今後の展望

西湘バイパスでは、ほぼ全域において塩害環境にあることは前述のとおりであり、劣化の程度は大小あるものの塩害劣化が進行していることは周知の事実である。土木学会では「コンクリート標準示方書(維持管理編)」において塩害劣化過程を示している。西湘バイパスの各上部工は、含有塩化物イオン濃度や変状等で塩害の進展期～加速期に相当している。

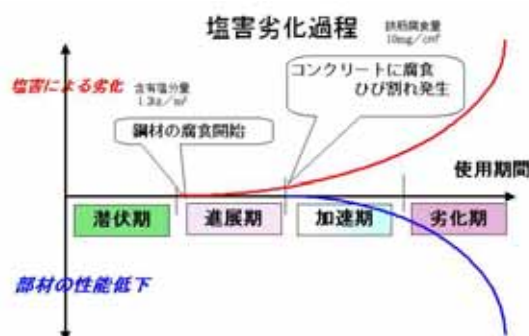


図4 塩害劣化過程

本バイパス橋梁の場合は、劣化の著しい箇所（図4で示す加速期に相当）から順に補修対策を実施しているが、長期間での経済性も考慮に入れると進展期程度にまで時期を繰り上げて保全的に電気防食工法を適用するのが望ましい。これは、加速期以降になるとコンクリート表面にひび割れ等の劣化が生じるため断面修復等の費用が加算されるからである。

しかし、本施設は高速道路であるという観点から一部に不備が生じても危険が伴うため、劣化が進行した桁を優先して補修しているのが現状である。とは言え、環境条件等から見てほとんどの箇所が塩害進展期にあるものと予想されるから、今後加速期に移行する可能性が非常に高いので、何らかの対策を出来るだけ早く実施するのが望ましいと考えられる。

電気防食を適用した施設については、電位測定を行えば防食効果が発揮されているか否か即

座に確認できるため、他の補修工法にはない優れた利点がある。西湘バイパスの場合は、定期的実施された電位測定等の点検結果によって施工当初から安定した防食状態にあることが確認されている。その結果、電気防食工法の適用が塩害劣化対策に非常に有効な手段であることは道路管理者らに認知して頂いている。

道路橋以外にも社会で大きな役割を果たしているコンクリート製構造物が数多く建設されてきたが、これらの大切な財産を長期にわたり健全な状態に維持管理して行くには鉄筋の防食対策が極めて重要である。今後は、コンクリート構造物中の鉄筋に対する電気防食工法のなお一層の技術改良とコストダウンを推進して行くと共に、劣化進展期からの積極的な適用の展開を含め、塩害劣化補修対策の一つの工法としての役割が担えるよう努力する所存である。

デジタル計測器を使用した電気防食装置管理点検

東京支店 地中・陸上技術部 橋本 幸治

埋設配管に適用される電気防食装置の定期的管理点検は、施設を正常に稼働していく上で非常に重要なことである。しかし管理対象となる施設が多くなると、点検に長時間を要することとなり、管理点検の効率化は大きな課題となっていた。そこで弊社ではこの対策として、点検データをデジタル化して収集し、従来よりも短時間で点検結果をまとめることが可能なシステムの開発に数年前から取り組んできた。このほど小型データロガーを用いた新たな点検システムを開発したので、その概要を紹介する。

1. 従来の点検方法

従来は、EPR（Electronic Poly Recorder）型高感度記録計（写真1）を用いてアナログ形式のデータ収集による管理点検を行っていた。この方法は、測定データがチャート紙に記録されるのでデータを直読できるメリットがあった。しかし、道路

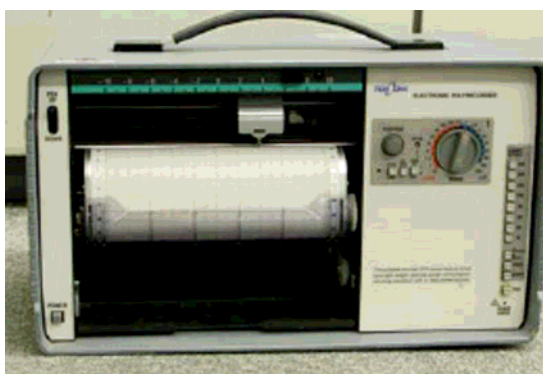


写真1 EPR型高感度記録計

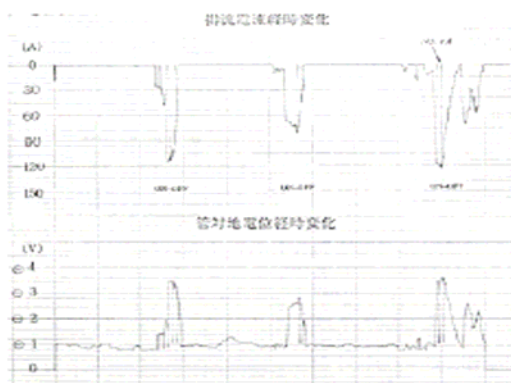


図1 データ整理したチャート紙

上で記録計を用いて測定する場合には、作業帯を設けねばならない等の制約を受けることが多かった。また測定されたデータから必要な情報を取り出す作業はすべて点検作業が行うため、測定結果を図1のようなチャートにまとめるには多くの時間と手間を要していた。

約10年ほど前から一部の管理点検では、デジタル計測器としてポテンシャルロガーTYPE PL-02A（図2）が使用されるようになった。しかしこの測定器は形状が大きいため通常の測定用ボックス内に収納することができず、しばしば測定上支障を来す場合があった。

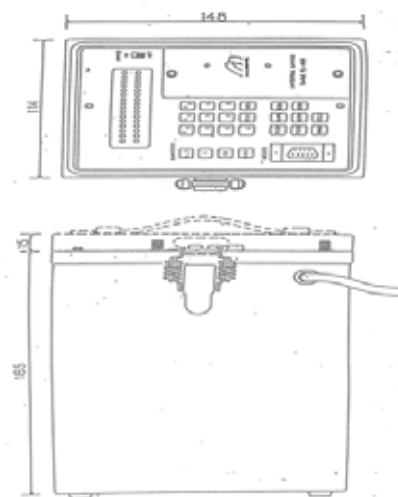


図2 ポテンシャルロガー外觀

2. デジタル計測器の開発

ポテンシャルロガーTYPE PL-02A とこのほど開発した新たなデジタル計測器ポケレコ PL-03（写真2）について主な性能の比較を表1に示す。

開発当初、市販の小型デジタル計測器の適用を検討したが、市販品ではサンプリングデータ数やサンプリング時間などの性能について、従来のTYPE PL-02A よりも劣ってしまうことが分かったため、計測器メーカーとの共同開発に着手した。

その結果、表1に示すように TYPE PL-02A と同等もしくはそれ以上の性能を有する計測器が完成した。新たに開発したポケレコ PL-03 は、形状を小型化することにより測定ボックス内でデータ収集することが可能となり、これまでの課題であった測定上の問題（例えば長時間測定、計測器設置スペースの確保など）が大幅に改善され

表1 デジタル計測器の性能比較

	ポテンシャルロガー TYPE PL-02A	ポケレコ PL-03
形状	114×148×200 (mm)	57.5×86.5×30 (mm)
質量	約3Kg	約130g (電池含む)
データメモリー数	86400	96000
最小サンプリング時間	0.5sec	0.5sec
最大測定レンジ	±200V	±200V
入力インピーダンス	1MΩ (サージアブソーバ付き)	2MΩ (サージアブソーバ付き)
チャンネル数	1CH	1CH
電源	単1 4本 外部電源可	単4 4本 外部電源不可
最長連続測定時間 (電池使用の場合)	約1日	約10日
インターフェース	RS232C	赤外光通信, RS232C
データバックアップ機能	有り	有り
データ送信速度	約36 データ/秒	約250 データ/秒

た(写真3, 写真4)。

改良した主なハードとしては

- ・パソコンまたはパソコンとのインターフェースに使用する 3911 コミュニケーションベースから測定開始および終了時間を指定することが可能。



写真2 ナカボーポケレコ2(左)
コミュニケーションベース外観(右)



写真3 ポケレコ現場作業状況1



写真4 ポケレコ現場作業状況2

- ・測定終了時に測定値の最大, 最小および平均値を表示することができ, 現場にパソコンを携帯しなくても, 測定の信頼性を判断できる。
- ・過去の最大, 最小および平均値を表示することができ, ピークホールドメータとしても使用できる。

などが上げられる。

3. ソフトについて

開発したソフトは操作ソフトと処理ソフトの2種類に分かれており, 現場におけるデータ収集では操作ソフト, 報告書作成では処理ソフトを使用する。特に処理ソフトについては, 従来の管理報告書と同様のフォーマットとなるように工夫されており, 施設管理者の利便性を図っている。また報告書作成の作業性を向上させるために, データの読み取り, 作表, 電位分布図, 度数分布をクリック操作のみで出力できるようにした(表2, 図3, 図4)。さらにこれまでは手作業で行っていた前回データの入力や測定値の判定なども, クリック操作のみで表示できるようにした。

このソフトではデータ処理速度が大幅に向上されているが, さらにデータは添付ファイルとしてメールで送信することもできる。このため測定現場から事務所に直ちにデータを送信できるので報告書がより早く作成できるようになった。

4. 今後の管理点検について

今回弊社が開発した電気防食装置管理点検システムでは, 小型デジタル計測器と専用ソフトを用いることにより, 従来よりも効率的な管理点検が行えるようになった。また, 点検結果をまとめる上で必要な技術情報が処理ソフトに入力されているため, 正確で迅速なデータ処理が可能になった。今後はモニター機能や防水機能などをさらに改善し, 現場における技術としてさらに優れた管理点検システムを提供することにより, 貴重な施設を腐食から守る管理技術として役立てていただけることを期待している。

表 2 測定結果表

測定点名	測定開始 年月日時	測定時間	単位	測定項目	最大・ 最小値	平均値	最小・ 最大値	判定	備考	付 録
Nt.1 P/S	2005/06/14 11:36:00	0:10:0	V	管対地電位	-1.305	-1.329	-1.354	○		1-1
Nt.1 M/I	2005/06/14 11:36:00	0:10:0	A	M/I線発生電流	0.009	0.008	0.005	—		1-1
Nt.2 P/S	2005/06/14 13:15:00	0:10:0	V	管対地電位	-1.327	-1.350	-1.366	○		1-1
Nt.2 M/I	2005/06/14 13:15:00	0:10:0	A	M/I線発生電流	0.008	0.007	0.006	—		1-1
Nt.3 P/S	2005/06/14 13:21:00	0:10:0	V	管対地電位	-1.349	-1.367	-1.384	○		1-2
Nt.3 M/I	2005/06/14 13:21:00	0:10:0	A	M/I線発生電流	0.012	0.011	0.011	—		1-2
Nt.4 P/S	2005/06/14 13:28:00	0:10:0	V	管対地電位	-1.320	-1.337	-1.352	○		1-2
Nt.4 M/I	2005/06/14 13:28:00	0:10:0	A	M/I線発生電流	0.015	0.014	0.013	—		1-2
Nt.5 P/S	2005/06/14 13:32:00	0:10:0	V	管対地電位	-1.308	-1.331	-1.345	○		1-3
Nt.5 M/I	2005/06/14 13:33:00	0:10:0	A	M/I線発生電流	0.009	0.008	0.007	—		1-3
Nt.6 P/S	2005/06/14 13:40:00	0:10:0	V	管対地電位	-1.319	-1.341	-1.354	○		1-3
Nt.6 M/I	2005/06/14 13:40:00	0:10:0	A	M/I線発生電流	0.016	0.014	0.013	—		1-3
Nt.7 P/S	2005/06/14 13:45:00	0:10:0	V	管対地電位	-1.238	-1.275	-1.290	○		1-4
Nt.7 M/I	2005/06/14 13:45:00	0:10:0	A	M/I線発生電流	0.015	0.012	0.011	—		1-4
Nt.8 P/S	2005/06/14 13:55:00	0:10:0	V	管対地電位	-1.287	-1.323	-1.344	○		1-4
Nt.8 M/I	2005/06/14 13:55:00	0:10:0	A	M/I線発生電流	0.014	0.012	0.011	—		1-4
Nt.9 P/S	2005/06/14 13:59:00	0:10:0	V	管対地電位	-1.300	-1.333	-1.350	○		1-5
Nt.9 M/I	2005/06/14 13:59:00	0:10:0	A	M/I線発生電流	0.016	0.014	0.012	—		1-5
Nt.10 P/S	2005/06/14 14:05:00	0:10:0	V	管対地電位	-1.321	-1.355	-1.378	○		1-5

図3 電位分布図

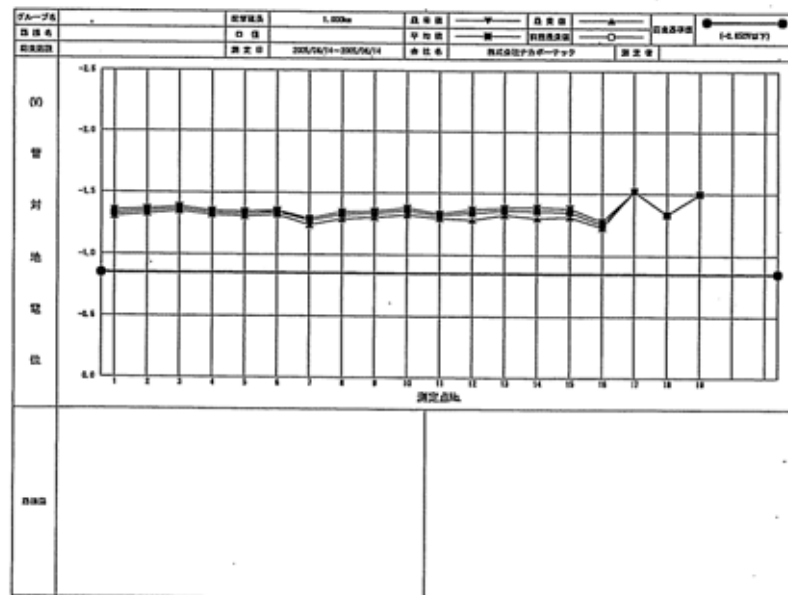
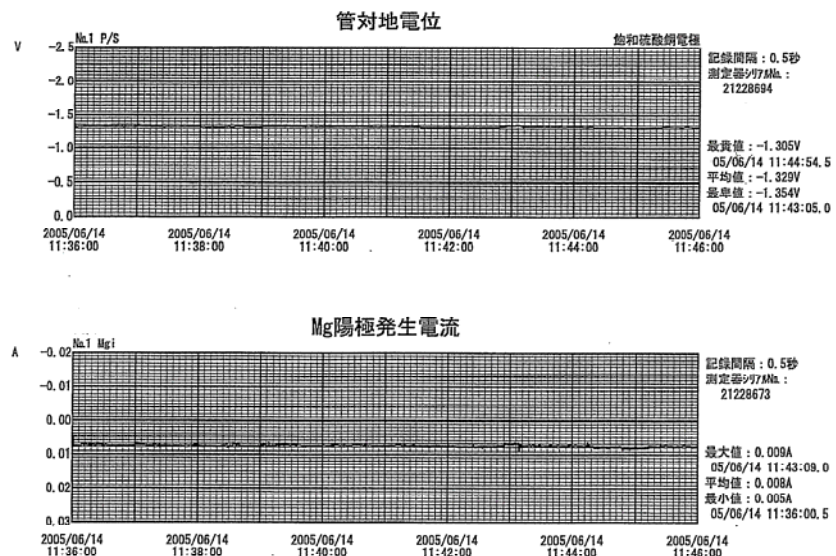


図4 測定チャート図



《編集後記》

本誌の昔の名前は『中川防蝕技報』で、1971 年の創刊号から 1991 年までの 20 年間に №39 号まで発行されました。1991 年の社名変更に伴い、№40 号から誌名を『ナカボーレポート』に変更して 1993 年の №42 号まで 3 年間発行されましたが、その後は諸般の事情により長らく休刊していました。

2003 年の №43 号より、電子媒体を活用してホームページへの掲載とし年 1 回の予定で復刊してから 3 年目に入ります。インターネットの特性上いつでも簡単に掲載できるので、『少し位遅れても何とかなるだろう』という考えがつい頭をもたげますが、この油断が長期休刊への甘い誘い水になるかもしれません。振り返ってみますと、休刊中の 10 年は巷間で口にされる失われた 10 年と重なるようですが、無事は名馬の諺の通りに出来るだけ休まず掲載し続けますので、今後ともご支援のほど宜しくお願い申し上げます。

本誌をホームページ上で読んで戴くシステムに替えてから 3 回目の発行になりますが、ご意見などございましたら御一報下さるようお願い申し上げます。

NAKABOH REPORT

№45, 2005 年 12 月 20 日発行

編集発行人 山田 哲也

(非売品, 無断転載を禁ず)

発行所 株式会社ナカボーテック
技術統括部

〒104-0033

東京都中央区新川 2 丁目 5 番 2 号

Tel.03-5541-5814

Fax.03-5541-5835

<http://nakabohtec.co.jp/>



株式会社 **ナカボーテック**
NAKABOHTEC CORROSION PROTECTING CO., LTD.