

下関フィッシングパーク棧橋のマイティCF施工と22年の航跡  
および  
沿岸部による暴露試験（国土交通省秋田河川国道工事事務所）報告

平成19年2月  
マイティ化学株式会社

## 1. はじめに

マイティCFは炭素繊維強化無機系防錆材料です。マイティCFの開発に当っては、開発者の船舶用エンジン周りでの「錆」を抑える問題意識が、この材料の開発に行き着きました。そのため、当初から高温耐久性、長期耐候性、及び重防食性能が主眼となって開発された製品です。

マイティCFの開発初期段階で、いくつかのテスト的な施工がありましたが、当時では非常に未知の防錆材料にもかかわらず下関市のご理解のもと、新設された下関フィッシングパーク釣用棧橋での防錆施工が行われ、その後この棧橋が、大きな補修を行うことなく現在でも錆の発生が最小限に抑えられている状況が何時でも見学できるため、マイティCFの防錆能力の持続性を証明できる非常に大きな位置づけとなっております。

下関フィッシングパークは2006年9月で施工後22年を迎えました。これを機会に、施工当時の状況、22年間の航跡及び現在の状況をまとめてみたのがこの報告書です。

## 2. マイティCFとは

前述したとおり、マイティCFは炭素繊維強化無機系防錆材料です。マイティCFはセメント系コンパウンドとそのコンパウンドを結合させるためのエマルジョンの組み合わせで成り立っています。

コンパウンドは基本的に白色セメント、微細粒硅砂、炭素繊維及びカルシューム系アルカリ付与材から成り立っています。白色セメントはアルカリ性の付与及び圧縮強度の向上に役立っており、固化物の物理的特性を高める主原材料です。微細粒硅砂は白色セメントと組み合わせることにより、緻密な層を形成し、接着強度、引張り強度及び防水性能の向上に寄与します。また、短繊維に切断された炭素繊維は、塗膜強度の向上、割れの発生防止、及び屈曲強度の向上に寄与します。更に、カルシューム系アルカリ付与材は強いアルカリ性の付与及び維持に寄与し、この強いアルカリ性により残存する赤錆（酸化第一鉄）を安定な黒錆（酸化第二鉄）に変換し、結果として不動態皮膜構成を形成し、長期間の発錆を防止いたします。

エマルジョンは、基本的には前述したごとく、コンパウンドを固化するためのもの

のです。エマルジョンは、長期耐久性を鑑み、アクリル酸エステル共重合体、付着強度向上剤及び高温耐久性付与剤で構成されています。アクリル酸エステル共重合体は付着強度の向上、粒子間結合力の向上及び防水性能の向上に寄与いたします。また、付着強度向上剤及び高温耐久性付与剤は言葉のとおり、付着強度の更なる向上と、高温耐久性を瞬間的には360度まで、長期的には240度まで高める働きをします。

以上の内容をまとめた表が、以下の表一1です。

コンパウンド	白色セメント	アルカリ性	圧縮強度	
	珪砂（微細粒）	緻密な層	接着性向上	防水性向上
	炭素繊維	塗膜強度向上	割れ防止	屈曲強度向上
	カルシューム系アルカリ付与剤	アルカリ性	不動態皮膜（黒錆）の形成	
エマルジョン	アクリル酸エステル共重合体	接着強度	粒子間結合力強化	
	付着強度向上剤	接着強度		
	高温耐久性付与剤	活性分解温度（360度）		

表一1 マイティCFの構成材料と役割

### 3. 下関フィッシングパークとは

下関フィッシングパークは、釣レジャーを身近で手軽に味わえるために、下関市が1984年に建設した釣専用の栈橋で、図一1の様に海上に直線状に伸びた200mの栈橋と、そこから角度を持って設置された100mの釣用デッキで構成されています。

図一2に示したように、下関フィッシングパークは、山口県下関市吉見古宿10番1号に建設され、下関市の北西に位置し、有料の釣り場です。この釣用栈橋は、美しい日本海に前述のとおり300m突出しており、船に乗らなくても大物を釣ることが出来る施設として、市民はもちろんのこと近隣の住民に親しまれ、利用されている施設です。この栈橋の釣用デッキ部分は水深10m以上の所まで伸びており、栈橋には手摺も設置されており、安全



図一1 下関フィッシングパーク全景

に歩いていける構造になっています。また、図一3に示したように、男女のトイレや釣用具やお土産を販売するショップもあり、市民の憩いの場として絶好の施設となって

います。

この設備では、黒鯛、かさご、カレイ、鯆、鯖、ボラ、ひらめやふぐが、よく釣れている魚の種類です。この設備が建設されたのが1984年で、下関市港湾局からの要請で、マイティCFが重防食材料として発注されました。マイティCFは、栈橋の桁、梁に採用され、1㎡当たり1.0kg塗布され、その上から塩化ゴム系のトップコート300ミクロン塗装致しました。又、栈橋床版はエクспанメタルで構成されており、手摺り等を含めて亜鉛メッキが採用されています。

図一3のショップも新設時は一般の塗装を鋼製壁面に塗布した状況にありましたが、数年で腐食により膨れた状況が発生し、現在ではマイティCFで防錆塗装されております。このショップの前面には、広い駐車場があり、多数の車両が利用できるようになっています。図一3の左下にあるように、釣客は先端の釣用デッキで時間を忘れて釣りに専念出来るよう、至れり尽くせりの設備となっています。



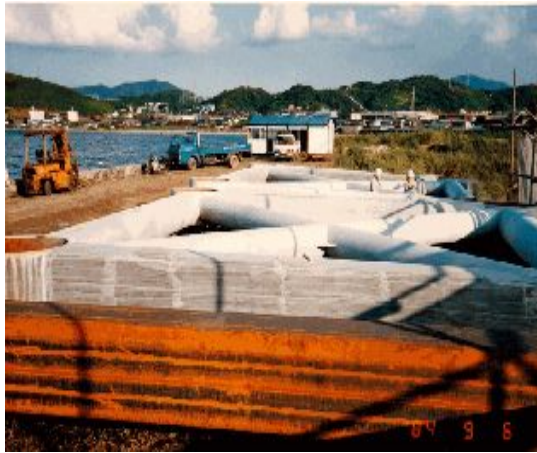
図一2 下関フィッシングパーク位置



図一3 フィッシングパークショップ

#### 4. 新設時の栈橋防食施工状況

栈橋へのマイティCFによる重防食施工の状況を、当時の写真にのっとり説明いたします。栈橋構造物の重防食塗装は建設場所近辺の陸上部で行われました。施工は、1984年9月に実施され、鋼材表面に赤錆が存在する状況で、簡単なケレン（三種ケレン）を行ったうえで、マイティCFを吹き付け塗装されました。吹き付けは二回に分けて行われ、一回の吹き付けで、リシンガンにより、㎡当たり約0.5KgのマイティCFを塗布し、結果として二回で、㎡当たり1.0KgのマイティCFが塗布されました。その施工状況を、図一4、5、6に示しましたが、赤錆の上に、一層目を塗布した状況では、赤錆とマイティCFが混ざった状況で、薄赤色になっているのがよくわかると思います。



図一４ 脚頭連結梁の塗装状況



図一５ 栈橋床版設置用桁

図一５、６は脚頭連結梁の上に設置される桁にマイティCFを塗布している状況です。図一六に示されるように、今回はリシンガン吹き付け施工を採用しました。

今回のリシンガン吹き付け施工の条件としては、混合比をエマルジョンとコンパウンド比1：2.3とし、自在リシンガンを使用、ノズル口径は、3.2mm～4.5mmを使用しました。エア吹き出し口とノズル先端の距離を5mm程度に調整し、エア圧は6



図一六 リシンガンによる吹き付け

kg/cm<sup>2</sup>程度に調節しました。また、今回は二回塗り重ねを行いました。塗り重ねは、指触乾燥を確認後行いました。今回の施工は、夏場（9月）でしたので比較的短時間（30分程度）で指触乾燥に至ることが確認されました。

更に、マイティCF塗布、完全硬化を確認後、トップコート塗布しました。この当時は塩化ゴムの使用が可能であったため、当フィッシングパーク栈橋では、塩化ゴム二回塗りを行って、防錆塗装を完了しました。

## 5. 施工後22年間の経過

下関フィッシングパーク栈橋は、非常に腐食環境の厳しい場所に位置しているにもかかわらず、1984年9月の新規建設時から現在まで、22年を越える年月にわたり、大きな補修を行うことなしに、マイティCFの防錆機能により新設時の鋼構造機能を維持してきました。このことは、マイティCFの卓越した防錆機能の大きな検証といえます。現在までの22年の間、殆ど毎年にもわたる現場での検証、調査等を継続しており、

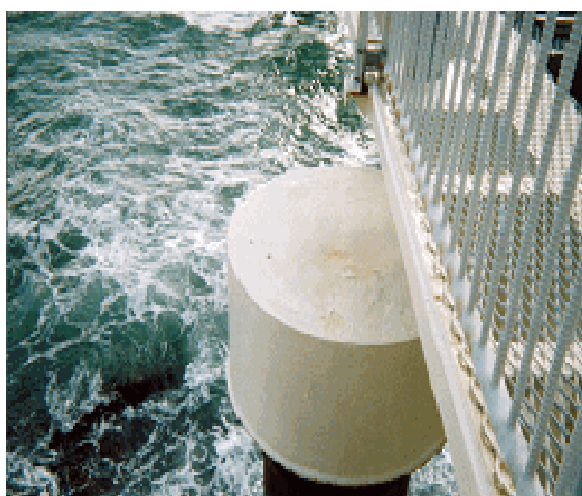


その中にはいくつかの問題点が見つかり、補修を行いました。その補修の内容を以下に示します。

まず第一は新規施工後4年程度経過した時点の平成元年に先端釣用デッキ下の構造物で、何らかの浮遊物衝突による塗膜の損傷が発見され、その部分に発錆を確認しました。そのためこの部分についてマイティCFの再塗装が実施され、同じような状況の補修を平成2年にも再度行いました。第二の補修は、平成3年に行われ鋼製中空脚の防錆補修です。元々この橋脚部分は、当初からエポキシ塗装が施されていました。しかしながら、非常に厳しい条件下で、新設から6～7年経過後この部分に発錆が確認され、マイティCFで桁下80cmの部分だけ変更再塗装しました。この際は、エポキシ樹脂塗装面をケレンし、マイティCFを、トップコートを含め他の構造部分と同様に塗布施工しました。更に、この橋脚上部塗装は、平成4年から残った橋脚の防錆が実施され、全ての橋脚120本を平成6年に終了しました。第三の補修は、手摺部分である。手摺部分は元々一般的塗装が施されていたが、年月と厳しい環境でやはり、発錆が多数確認され、この部分もマイティCFに変更再塗装されました。

以上のように、大きな再補修は三回行われたましたが、殆どの部分は新設時にマイティCF以外の防錆塗装が施されていなかった部分であり、フィッシングパーク釣用デッキ下部の再補修は、何らかの事故による物理的な損傷の再補修です。この様に、基本的にマイティCFの防錆機能不全による補修は殆ど無かったといえます。ただし前述したごとく、下関フィッシングパーク栈橋は現在まで毎年点検、調査を行っており、その際必ず少量のマイティCFを持参して、点錆等発錆の前兆が確認された場所には、レタッチが行われていることは確かです。

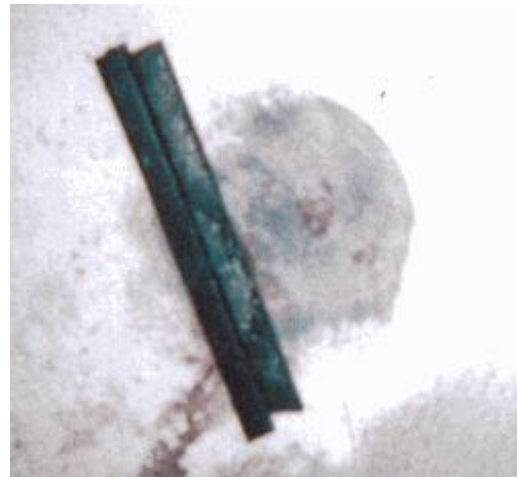
更に、平成14年には、トップコートの劣化と美観上の問題から、トップコート再塗装が行われている。今回使用されたトップコートはウレタン系塗材で、二回塗りを行いました。また、平成18年9月には脚頭部分での黒錆化確認調査をコスモエンジニアリング社様により客観的に行いましたが、このときの状況について報告します。図一7は脚頭部分を写したもので、この部分の下地状況を確認する作業を行いました。表面のトップコートをサンダーディスクで軽く研磨し、表面のトップコートを削除し、下面のマイティCFを露出させました。そのときの



図一7 栈橋脚頭部分



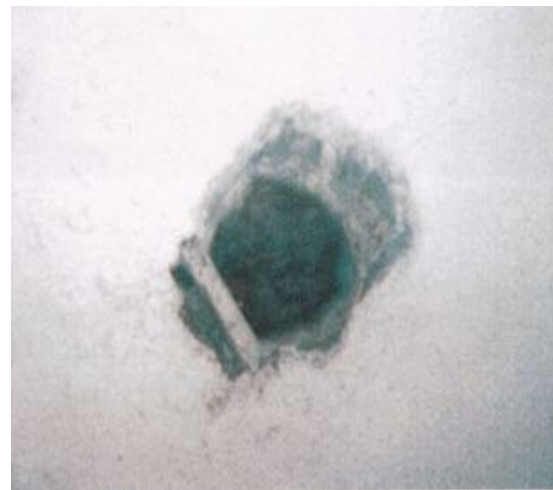
図一八 トップコートの削除



図一九 削除部分の拡大写真

写真が図一八で削除部分を拡大したものが図一九です。図一九でマイティCFの健全性を確認後、このマイティCF表面上から建研式による接着強度試験を実施したところ、1.4Nの接着強度が確認され、施工後22年経過しても十分マイティCFが強固に鋼材面に接着している事が確認されました。

ついで図一九の面を更にサンダーディスクにより研磨削除し、地金の部分を露出させました。その写真が図一〇で、この写真からもわかるとおり、施工時は赤錆状態であったところが黒錆に変換され、安定状態の不動態膜が形成された状態になっていることが確認され、マイティCFの防錆能力、赤錆から黒錆への転換能力、及び長期防錆持続機能が確認される結果となりました。



図一〇 脚頭部分の下地黒錆化確認

現在の下関フィッシングパーク栈橋は、全体として2～3%の部分で発錆が観測されて 図一〇 脚頭部分の下地黒錆化確認していますが、この様な状況においても大規模塗替補修作業の必要性は認められず、今後何年でどの程度の部分まで錆が進行するか、注意深く観察していく必要があります。現時点では少なくとも後8年、即ち新設施工から30年間は十分な防錆機能を維持し続けると予想しています。

## 6. 各種の組織で曝露試験や特殊試験が実施されている

この22年間のマイティCFの軌跡の中で、ここ10年間程度は各種の公的、または私企業による曝露試験や特殊な使用目的のための試験が実施されてきました。この章では、これらの試験についていくつかの結果を紹介いたします。

曝露試験としては、国土交通省秋田河川国道工事事務所と旧日本道路公団研究所

で行われているものがあります。日本道路公団の曝露試験は現状の報告が分割民営化の影響もあり遅れているので、この項では国土交通省東北地方整備局秋田河川国道工事事務所が行っている荒磯防食材料研究会の現在の状況を報告します。当曝露試験は秋田河川国道工事事務所の責任と費用で行われているもので、平成12年9月より曝露が開始された。現在5年目の報告書が出ています。この試験に供された防食被覆仕様は7系統20仕様であり、その中に炭素繊維入りポリマーセメント系塗料系統として、マイティCFが採用され、塗装仕様は6種類曝露されています。

マイティCFとしては、この機会に考えられる全ての仕様について曝露試験を行っていただくとの趣旨で、6仕様の塗装曝露試験体を作成し曝露を行いました。

- 仕様1. マイティCF 0.5 Kg/m<sup>2</sup>
- 仕様2. マイティCF 1.0 Kg/m<sup>2</sup>
- 仕様3. マイティCF 1.0 Kg/m<sup>2</sup> + アクリルトップコート
- 仕様4. マイティCF 1.5 Kg/m<sup>2</sup>
- 仕様5. マイティCF 1.5 Kg/m<sup>2</sup> + アクリルトップコート
- 仕様6. マイティCF 1.0 Kg/m<sup>2</sup> + ポリシロキサントップコート



図一11 施工仕様3の5年目



図一12 施工仕様4の5年目

上記のような仕様で曝露試験を行った結果、5年目では1、2はマイティCFの塗布量不足による点錆の発生、6のポリシロキサントップコートでは、このポリシロキサンの耐久性の問題から割れが入ったのを除けば、3、4、5の三仕様では防錆能力を維持している状況です。今後10年後報告が楽しみです。図一11、12、13を見てみると、曝露している場所により汚染の付着状況には差異がありますが、赤錆は殆ど観察されず、細かく見れば微小なクラックが発生していますが、



図一13 施工仕様5の5年目



それが原因で、錆の発生は確認されていません。

第二に確認されたマイティCFの特殊な性能は、金属との接着面が非常に大きなせん断力を与えても破壊されないことです。この実験は住友金属工業で行われたもので、鋼床版上にマイティCFで防錆塗装を行ったあとに、アスファルト施工を行う場合を想定し、キャタピラー走行のフィニッシャーをジグザグ走行させ、マイティCFの塗膜の健全性を見る物です。



図一14 キャタピラー車全景



図一15 キャタピラー部分

キャタピラー車は図一14に示すように、自重3トン程度に1.5トンの荷物を載せたものを使用しました。また、キャタピラー部分は硬質ゴムで出来ているものです。この車両を使用し直線走行10往復、段差部位を蛇行2回走行させました。段差部位は溶接等を行った上を施工走行することを想定し、鋼床版上に厚さ9mmの鋼板を溶接し、そのエッジ部分にもマイティCFを塗布し、エッジ部分でのマイティCFの剥離を肉眼観察し



図一16 蛇行走行後の確認作業



図一17 9mm鋼板段差部拡大

ました。その結果、マイティCF  $1.0 \text{ Kg/m}^2$ 及び $1.5 \text{ Kg/m}^2$ 共に、エッジ部分のマイティCF剥離現象は観察されませんでした。このことは、マイティCFの鋼板との接着強度が如何に高いか、また、マイティCFのそれ自体のせん断強度が如何に高いかを証明した結果となりました。



## 7. 最近の大型施工案件の紹介

上述のような下関フィッシングパークでの長期実構造物での実績、及び各種特殊試験によるマイティCFの優れた特性が認められ、多くの大型施工案件での採用がなされてきました。最近のマイティCFが採用された大型案件について、以下に簡単に説明いたします。

旧日本道路公団東海北陸自動車道が2003年開通に併せて、2002年8月からマイティCFの施工が始まった栗が谷高架橋は、住友金属工業株式会社の合成床版であるTRC床版が採用されました。この下面防錆にマイティCFが採用されました。施工面積は、約3,000㎡で併せてむき出し鉄筋の防錆にも採用されました。



図一18 栗が谷高架橋全景



図一19 合成床版下面塗装

また、図一20に示したように、国土交通省中部地方整備局名四国道工事事務所管内の国道23号線西中跨線橋防錆塗装塗替え補修に2003年11月から採用されました。こ



図一20 西中跨線橋全景



図一21 マイティCF塗装

の橋梁は図一20でもお判りの通り、東海道新幹線を跨ぐ橋梁であり、7年やそこらで何度も塗替えが出来ないとの事情から、出来るだけ長い塗替え時期にしたいためマイテ

マイティCFが選択されました。施工面積約8,000㎡にものぼり、現在でもマイティCF採用の最大採用案件です。トップコートには塩化ゴムが採用されています。

## 8. まとめ

2007年1月現在、下関フィッシングパーク栈橋は22年と4ヶ月を経過しました。この22年4ヶ月が経過しても、依然として発錆率は全構造物の2～3%と推測され、マイティCFの長期防錆維持機能が証明されています。前述したごとく、22年間で大きな補修を行わずにこの状況を保ってきたことは、驚異的な事実といえます。この材料を開発した者としては、誇りに思うだけでなく最近各方面に採用が広がっていることは嬉しい限りです。これらは開発者だけの努力では出来ないものであり、このマイティCFを理解し、採用していただいた国土交通省の皆さんはもとより、日本道路公団、各地方公共団体、関連する企業の皆さんにこの場を借りて御礼申し上げたいと思います。

マイティCFは、国土交通省の新技术情報提供システムであるNETISにも登録されており、また、秋田河川国道工事事務所による荒磯防錆材料研究会での曝露試験や日本道路公団の曝露試験は継続中ですが、22年経過した現在、今までの経過と現在の状況をまとめておくことも重要と考え、この文章を作成しました。今後、下関フィッシングパーク栈橋の現状が何時まで続くか非常に興味のわくことです。

平成14年に出された国土交通省社会資本整備審議会道路分科会第8回基本政策部会から提唱され、平成18年の同上道路分科会で整理された「今後の道路政策の基本方向について」でも言われているように、日本の高齢化する道路ストックに対応した戦略的道路管理が必要とされます。明治から戦後にかけて建設されてきたこれらのストックに加え、戦後の高度経済成長期に建設された既存ストックが一斉に取替えを余儀なくされる状況は、ある一定の時期に社会資本の莫大な投資を余儀なくされます。このような状況を避けるためには、既存のストックを徹底的に利用しながら、効率的な補修補強を行い出来るだけ長期間利用し続ける政策が必要となります。このためにも、ライフサイクルコスト(LCC)を考え、出来るだけ長期耐久性のある工法が選ばれ採用していくことが重要です。22年間ほぼ無補修で防錆機能維持が確認されてきたマイティCFが、少しでも役に立てば幸いです。