

### 微生物による見えない脅威。

#### The unseen threat from microbes

#### 概要

微生物による海中の鋼構造物(特に鋼杭)に対する腐食の現状、仕組み、対策、問題点等の報告。

腐食に悩まされている港湾施設は、陸上の産業界が長年かけて培った経験の蓄積を活用する事ができる。ウィリー・ソングが報告する。

港における損害は干潮面付近の腐食により増大される場合がある。微生物によって誘発された腐食は、スプリンクラー施設やコンデンサーのようないくつかの産業製品の中で長い間その存在が知られていたが、過去 25 年間にわたる調査により、自然水の中の鋼矢板にも大規模な影響を与えている事がわかった。

防食対策が不十分で、自然水にさらされる固定された鋼構造物も微生物によって誘発された腐食の影響を受けやすい。微生物によって誘発された腐食は干潮面直下の腐食の加速原因にもなりうる。微生物によって誘発された腐食が一度始まると、海水にさらされた鋼管は淡水や河口で塩水と真水が混じる感潮水中にある岸壁と同様に急速に腐食する。

通常、肉厚 1cm の鋼板構造による岸壁は 50~60 年程度利用出来ると予測されている。この予測は、港湾技術者が参照しているマニュアルに述べられている腐食率で裏付けされている。この様な対応がなされているので、既存の構造物や、新設する杭構造物の侵食が将来的に大問題化することは無いであろう。

しかし、防食対策がなされていない杭構造物については、地上で最も厳しい環境下においては 1 年あたり最高 5mm の腐食量を記録したとの報告もある。

自然水にさらされる鋼杭への微生物によって誘発された腐食は鋼杭面に黒いヘドロ状の層となって付着し、そのヘドロの表面をオレンジの腐食生成物で徐々に覆っていく特徴を持っている。

貝が付着している箇所や藻などの生物膜で覆われている箇所におけるバクテリアの活動は、鉄の腐食を促進する副産物を生成する。硫酸はその一つである。実験室での条件下では、10%の濃度の硫酸が1年あたり 58mm の速度で鉄を溶かす事が実験的に立証されている。

硫化水素は鉄と反応して鋼材を溶かし鋼材の表面に黒い硫化鉄の層を作る。そして、硫化鉄の層の表面にオレンジ色の腐食物を付着させる。

黒いヘドロを洗い流すと特徴的な腐食された鋼材の表面が姿を現す。鉄イオンは、絶え間なく活動を続ける。微生物によって誘発された腐食は急速に鋼杭を悪化(腐食)させるだろう。それにより、大きな費用を要する補修や場合によっては全面的な構造物の改修が必要となる。補修工事は費用がかさみ、時間もかかる。港の活動は中断するだろう。港湾施設が全て使えないのであれば、財政的な問題が発生してくる。

腐食した鋼管に空いた穴から埋立柱材が吸い出されるとコンクリートエプロンの下が空洞化する事がある。このように強度が低下した状態で、大量の貨物を岸壁で荷役し続けられれば、構造物は崩壊する恐れがある。港のクレーンの稼働についても危険である。

微生物によって誘発された腐食は水面下で密かに始まる。それがいつ始まるのかを明白に予測する事は簡単ではない。バクテリアは水の中に常にいて、もし、汚染かあるいは他の刺激によって触発される事があれば、その数は爆発的に増加するからである。これは鉄鋼の表面にある生物膜の中に硫酸塩を還元するバクテリアがある場合に起こりうる現象である。

もし、未処置のままにされるのであれば、干潮面直下の腐食は加速し、海面周辺の構造は急激に弱まり崩壊するであろうと国際航路会議は結論づけた。

腐食は金属と液体の相互作用であると考えられる。例えば鉄鋼と水の様な。しかしながら、腐食対策のない鋼材が水に接するような環境下では自然水における生物作用の影響のため第三の因子が関わってくる。

鋼材の表面を覆っている膜(生物による膜)の間にいる微生物による腐食率は、非生物学的な腐食率より 1,000~100,000 倍高いであろう。

どんな建築物や海洋構造物に用いられる鋼材の表面も、さびに対して保護を施し、慎重に維持されているが、自然水の防食対策までは施されない。激しい腐食の危険性が最も高いところでは、防食対策に対するいくつかの手段が仕様に含まれるべきである。

なにより、杭全体を保護することをお薦めする。防食剤の先行塗布による個々の杭への保護は最も安いオプションであるが、大きな弱点を持っている。組み合わせる際の擦り傷や摩擦によって燃える被覆剤、それから結合によって弱まる強度に対してである。(それらの損失は予想寿命をかなり減少させるであろう。)また、杭を打ち込む振動でも強度は弱まるであろ

う。

防食剤の先行塗布では、必ずしも寿命が延びるとは言えない。しかしながら、先行塗布は鋼材の劣化を防ぎ、計画寿命の間メンテナンスフリーにする効果はある。1985年以降、世界中で杭の約280,000m<sup>2</sup>が、このように保護されている。

海中構造物は、出来る限り安全な点検と維持を最適に行えるよう設計されるべきである。全ての海中にある構造物は、干潮面付近での腐食の兆候がないか点検されるべきである。乾燥状態に設定する設備として知られている可動堰を使って水面を下げ、施工場所を乾燥状態にすることで、20年以上の実績を持つ技術を活用して高品質な調査、修理、および防止策の施工が可能である。港湾資産の管理のための危険度評価戦略は重要である。

国際航路会議は防食対策が採られていない鋼構造物に起こる干潮面直下の集中腐食の発生に対して、専門家のワーキンググループを通して20世紀前半より遙か昔に検討を行っていた。港湾施設の全ての所有者は干潮面直下の集中腐食対策を講じることを強く求められている。国際航路会議はこの課題に関してMarCom作業部会44の検討結果を報告書として発表している。

ACOTECのEric Van Draege技術部長(MarCom作業部会44のメンバーで、かつ海中構造物の為に新たに設立されたInCom作業部会30のメンバー)によると、国の基準として干潮面直下の集中腐食に関するガイダンスをまとめているものは無いとのことである。

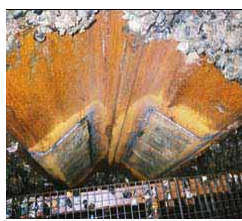
唯一例外的に、総論的な解説と警告を提供しているのは英国の団体のみで、Maritime Structures Code BS6349-1:2000だ。

それにもかかわらず、コーティングやラッピング、被覆や溶接それから電気防食といった様な手段は干潮面直下の集中腐食を防ぐか修理する為に有効である事が知られており、中でも電気防食を複合で行えば非常に効果的である。海中構造物は、集中腐食が予想される場所の付近について、曲げモーメントが大きくなる様に設計されなければならない。

もし、未処置のままにされるのであれば、干潮面直下の腐食は加速し、海面周辺の構造物は急激に弱まり、穴が空き、崩壊するであろうと国際航路会議は結論づけた。安全性の確保、資産価値の保護をする為に、港湾施設の所有者と労働者は点検、維持管理、補修を行い、鋼による海の構造物の健全度を保たなければならないのだ。

ウィリー・ソクはACOTEC NVの常務である。

インフォメーション:[www.pianc-aipcn.org](http://www.pianc-aipcn.org) と [www.acotec.be](http://www.acotec.be)



(抄訳者 四国地方整備局 小松島港湾・空港整備事務所 徳島飛行場建設事務所  
建設管理官 西尾 裕二)

(校閲 株式会社 大本組 常務執行役員 上田 寛)