

リスクベースメンテナンス（RBM）を用いた 港湾鋼構造物の維持管理

Maintenance of Coastal Steel Structures Using Risk-Based Maintenance, RBM

堀川 浩之 HIROYUKI Horikawa JFE エンジニアリング エンジニアリング研究所 エネルギー研究部 副課長
吉川 正樹 MASAKI Yoshikawa JFE エンジニアリング エンジニアリング研究所 エネルギー研究部 副課長・工博
橋本 光行 MITSUYUKI Hashimoto JFE エンジニアリング 鋼構造事業部 課長・Ph.D.

要旨

JFE エンジニアリングでは、設備の維持管理予算の効率的な配分や有効な検査計画の立案を目的として、さまざまな劣化モデルや損傷のデータベースを含む独自のリスクベースメンテナンス（RBM）システムを開発し、構造物維持管理への適用を検討している。本論文では、港湾鋼構造物の腐食損傷に関して、腐食環境区分に対応した劣化シナリオを想定し、定量的な信頼性解析と極値統計法を併用した防食機能の維持管理手法を提案する。

Abstract

1. はじめに

港湾鋼構造物は厳しい海洋環境に晒されるため腐食には十分な配慮が必要である^{1~3)}。本論文では、海洋環境下の大型鋼構造物を対象に防食機能の適切な維持管理に関する検討を行った。港湾鋼構造物の腐食環境区分に対しての劣化シナリオを想定し、合理的な評価によって信頼性と経済性を両立させる設備管理手法 RBM (risk-based maintenance)^{4,5)} で用いられている定量的な信頼性解析と極値統計法を併用した防食機能の維持管理手法を提案する。

2. RBM による維持管理

2.1 リスクの定義

RBM は、リスクを指標として維持管理の順位付けや方法の選択を行うことを特徴としている。リスクは以下のように定義される。

Risk = $LoF \cdot fi$ は腐食が発生した際の補修コストに該当する。通常、

港湾鋼構造物では腐食部の補修において、局部的に防食仕様を異なる系統のものに変更することはなく、同じ防食仕様であれば場所によって補修コストにそれほど大きな差はないと考えられる。そのため、本論文では補修コストの評価は省略し、よりリスクへの寄与が大きい損傷確率を基準とした維持管理手法を示す。

2.3 損傷確率の算出方法

RBM における損傷確率評価方法として、応力-損傷モデルを用いた算出方法を示す。応力-損傷モデルでは、損傷

の差で表される。損傷状態 $G = 0$ は、 $R = L$ すなわち

外力が抵抗力を超えている状態を意味する。

損傷確率評価を行うにあたっては、抵抗力項 R と外力項 L の変動を考慮する。材料強度や構造強度、

(2) 飛沫・干満部

耐食金属ライニングには通常は安定した不動態膜が形成され、著しい腐食は進展しないと考えられているが、長期的には表面の発錆、もらい錆などの局部腐食が進展する可能性を想定しておくことが必要と考えられる。また、漂流物などによる不動態膜の破壊も懸念される。

と腐食深さの分布を考慮し、限界状態関数 G を (6) 式のように設定する。

$$G = t_L - d_L \dots \dots \dots (6)$$

ここで、 t_L : 板厚 (mm), d_L : 腐食深さ (mm) とする。
腐食深さ d_L は、(7)式で表される。

$$d_L = d_0 + a \cdot T_L \dots \dots \dots (7)$$

ここで、 T_L : 経過年数 (年), d_0 : 検査で確定した腐食深さ (mm), a : 腐食進展率 (mm/年) とする。

腐食進展率 a は、ばらつきを持つとして分布 $N(\mu_a, \sigma_a^2)$ を考える。Fig. 5(a) における 1 回目の腐食進展率 a の分布は、総点検で判明した腐食深さ d_0 に対する腐食進展率を平均腐食進展率 μ_a とし、総点検で得られた劣化度 Δ へ



さ d_c が被覆膜厚 t_c を超える確率を求めることができる。CI の拡散係数に関しては多くの公表値^{17~20)}があるが、環境条件によってオーダーが大きく変わる場合もある。したがって、ここでは鋼構造物の供用開始と同時に同一の実環境に曝露された複数の試験片のデータから求められた拡散係数 D の分布 $N(\mu_D, D^2)$ を用いることで環境条件の影響を包含させる。

海上大気部の腐食損傷確率評価における限界状態関数 G を (10) 式に示す。

$$G = t_c - d_c \dots \dots \dots (10)$$

ここで、 t_c : 被覆膜厚 (mm), d_c : 浸透深さ (mm) とする。

被覆膜厚 t_c の分布は、施工時の品質検査における膜厚測定²¹⁾のデータを活用し、浸透深さ d_c の分布は拡散係数 D の分布から求める。

損傷確率は t_c, d_c の分布から、 μ_G, σ_G を求めることで、(5) 式より得ることができる。

Fig 6 に本論文で提案する海上大気部の維持管理方法を示す。損傷確率の評価後、しきい値に到達したサンプルレ

材料と環境, vol. 45, 1996, p. 244-255.

10) 沿岸開発技術研究センター, 港湾構造物の維持・補修マニュアル

W

f