

V-268

土木構造物の腐食診断・設計3

港湾鋼構造物の電気防食及び異種金属接触腐食の数値シミュレーション

新日本製鐵㈱ 正会員○広沢 規行

伊藤 勲

1. はじめに

港湾鋼構造物の海中部分において、電気防食や異種金属接触腐食等、マクロセルを形成する腐食系の評価は、鋼材の防食設計上重要な課題である。最近では、この腐食系の電位・電流分布シミュレーションに有限要素法や境界要素法などの数値解析を適用する研究が種々行われてきた。しかし、金属表面の電位電流関係（分極特性）の非線形性のため、複雑な構造物になると解の安定性が損なわれたり精度が低下したりするという問題が残されていた。そこで、収束解法として電位差増分法を提案し、この問題の解決を図った。本報告では、開発した数値解析手法を紹介すると共に、これを用いて港湾鋼構造物の電気防食及び異種金属接触腐食の電位電流分布解析に適用した例を報告する。

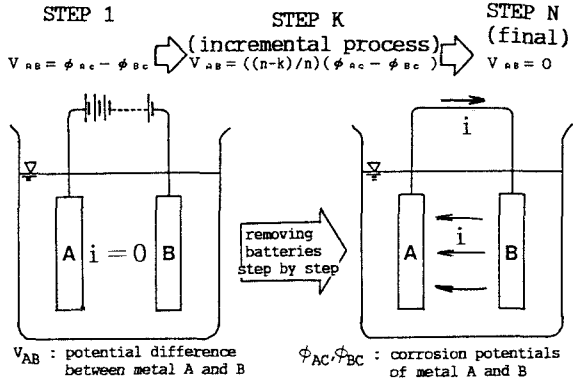


図1 電位差増分法概念図

2. 数値解析手法

マクロセルを形成する溶液中の電気化学反応系の電場問題は、分極特性を有する境界条件の下でラプラス方程式を解く問題に帰着する。本法はラプラス方程式の解法として、高次要素を用いた2次元有限要素法、2次元境界要素法、3次元境界要素法を採用した。また、境界条件の非線形性を汎用的にかつ精度良く処理するために電位差増分法を導入した。

互いに短絡された異種金属A、Bを溶液中に浸漬した腐食系を用いて、電位差増分法の考え方を説明する（図1参照）。まず初期設定段階において、金属A、Bの間に互いの腐食電位の差分だけ逆方向に電圧をかけ、マクロセル電流が0の状態を設定する。次に電圧を徐々に解放してゆき、各増分過程において非線形性の緩和された増分方程式を構成して、わずかな電位増分・電流増分の釣合解を求める。最終的に外部電圧が0になった時の電位・電流分布が求める解となる。

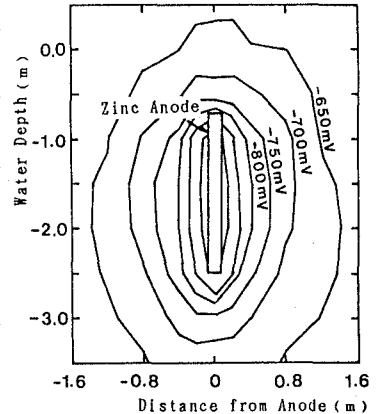


図2 鋼矢板表面の等電位線図（測定結果）

3. 鋼矢板護岸の電気防食への適用

水深LWL-3.5mの港湾域のZ型鋼矢板護岸に、断面積258cm²、長さ1.8mの亜鉛陽極を設置して電気防食したときの電場を考える。図2は、Ag/AgCl参照極を用いて鋼矢板表面の電位分布を実測したときの等電位線図である。図3は、室内実験で求めた鋼矢板材（SY30）及び亜鉛陽極材の分極曲線である。この分極曲線を境界条件として設定し、2次元有限要素法解析、2次元及び3次元境界要素法解析を行った。

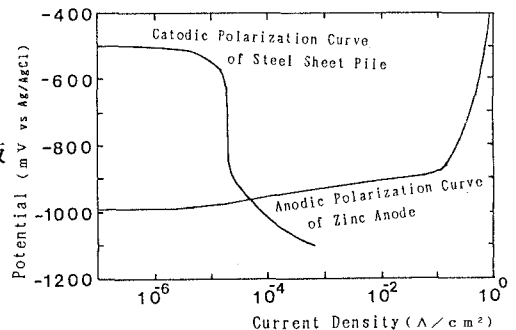


図3 亜鉛陽極及び鋼矢板材の分極曲線

解析結果として、鋼矢板表面の水平断面電位分布を図4に示す。2次元解析結果と3次元解析結果の差異、及び3次元解析における水深方向の電位分布の変化から、鋼矢板の電気防食設計において3次的電場評価の重要性が示唆される。次に、実測した電位分布と3次元解析の電位分布を比較すると、分布形状は類似しているものの、各々の絶対値は大きく相違している。これは、分極曲線が表面状態に大きく影響され、腐食生成物の付着した実鋼矢板と研磨された測定サンプルでは、腐食電位にして100mVも相違しているためと考える。実際に分極曲線を正確に捉えることが、数値シミュレーションの精度向上の上で最大の課題である。

なお、解析過程において、ニュートンラプソン法のための収束計算では解が発散してしまったが、電位差増分法の導入により安定した収束解が得られた。

4. 鋼製護岸の異種金属接触腐食への適用

港湾鋼構造物において、しばしば異種鋼材が併用される。図5は、鋼管矢板（一般炭素鋼）と鋼矢板（0.3%Cu含有炭素鋼）を併用した護岸における矢板表面の実測電位分布である。鋼管矢板側の電位が相対的に低いことから、鋼管矢板から鋼矢板へマクロセル電流が流れる異種金属接触腐食が懸念された。そこで、LWL-2mの水平断面を対象に2次元有限要素法を用いて電位分布解析を行った。境界条件を設定するために、実構造物の鋼管矢板、鋼矢板表面に電気化学測定用3電極式センサー¹⁾をセットして各々の分極曲線を測定した。

図6に電位分布の解析結果を示す。本解析は、異種矢板の接合部近傍にマクロセル電流が集中し、鋼管矢板の腐食が2倍程度加速されることをシミュレートしている。このことから、異種鋼材接合部は、電気防食等の防食が不可欠であることが明らかになった。

5. まとめ

- 1) マクロセルを生ずる腐食系の電場解析において、電位差増分法の導入により安定した収束解が得られる。
- 2) 鋼矢板の電気防食設計には3次元解析が必要である。
- 3) 本解析法は、異種金属接触腐食問題のシミュレーションに有効である。

<参考文献>

- 1) 岡扶樹、紀平寛、伊藤毅：土木学会第40回年次学術講演会概要集第6部、p.191、1985

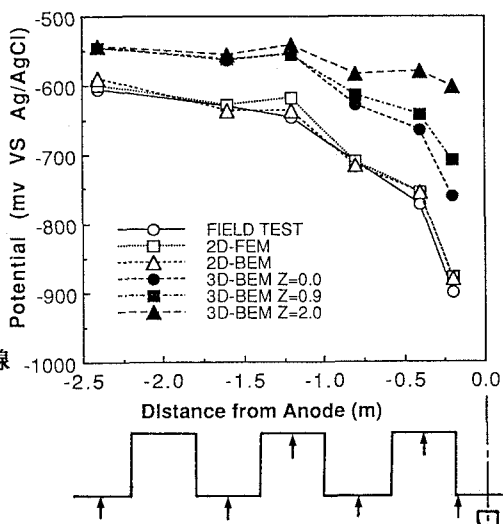


図4 鋼矢板表面の電位分布（解析結果）

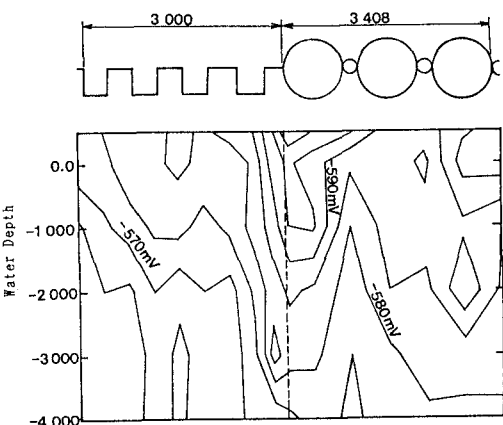


図5 異種鋼材併用護岸における矢板表面の等電位線図（測定結果）

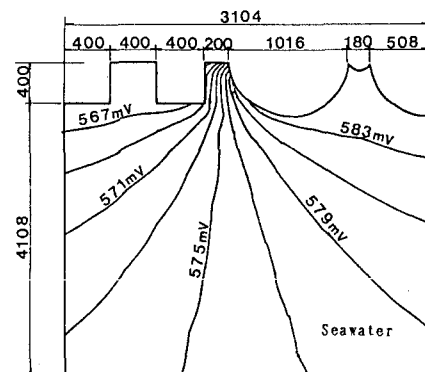


図6 矢板護岸水平断面の等電位線図（解析結果）