

水輸送用鋼管の基礎知識

④ 電気防食

1. はじめに

電気防食とは、水溶液環境に接している金属製構造物の電極電位を操作することによって、その構造物の腐食を防止する技術です。水輸送用鋼管は外面にプラスチック被覆(ポリウレタン被覆、ポリエチレン被覆、ジョイントコート)が施され、十分な長期の耐久性や耐水性を有し絶縁抵抗が非常に高いため、通常は電気防食の対策が不要となります。しかし、水輸送用鋼管の外面被覆が施工後に他工事などにより疵が付いた場合には、迷走電流等による腐食が懸念されることから、送水停止が許されないような重要な管路や海底配管など維持管理が困難な鋼管路においては電気防食法が採用されることがあります。

2. 電気防食の原理

(1) 金属の腐食について

地中埋設金属体は材料自体に不均一な部分があるため、電解質溶液(例：水や土壌など)と接すると金属表面には無数の局部電池を形成され、陽極部から陰極部に腐食電流が流れることにより陽極部が腐食します。この現象は一般的に電食といわれています。図-1はこの腐食状態を示しています。

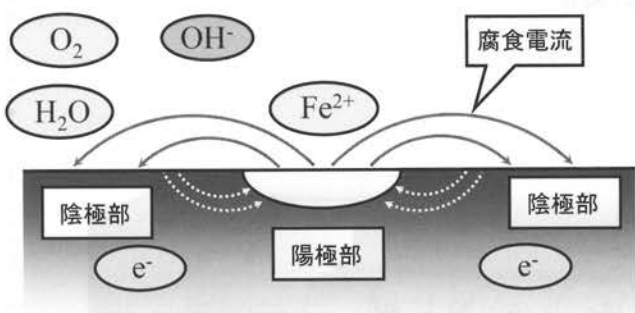


図-1 電気化学作用による腐食の概念

電気防食法は、この陽極より電解溶液に流出する腐食電流と逆方向に外部より電流を加え(図-3、図-4参照)腐食電流を防止する方法です。

(2) 鉄の腐食防止方法

金属の腐食がどのような環境条件で起こるのか、または起こらないのかを把握するには、電位-pH図が有

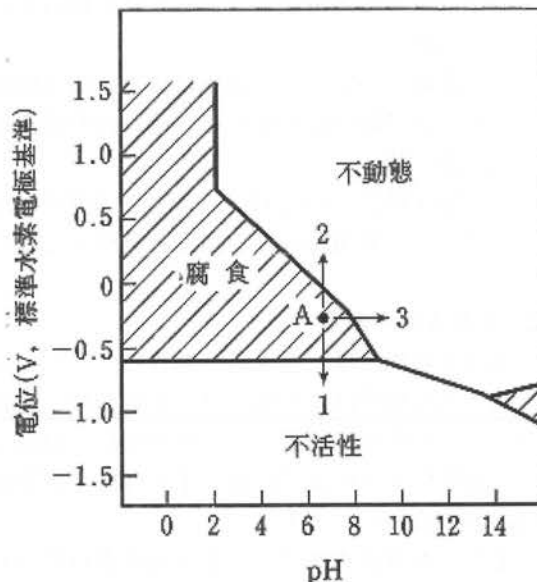


図-2 電位-pH線図

用です。図-2は、鉄の電位-pH図を示しますが、この図では、腐食の起こり得ない領域(不活性域)、腐食の進行する領域(腐食域)および鉄表面が不動態皮膜に覆われて腐食の進行しない領域(不動態域)の3領域が示されています。

いま、通常の土壌中や海洋中のような中性環境中における鉄の腐食防止について考えます。典型的な例として鉄が自然腐食状態にありA点の値を示すとすると、この鉄の腐食を防止するには次の三つの方法があります。

- ①鉄の電位を不活性域まで卑方向(電位がマイナスになる方向)へ移動させる。
- ②環鉄の電位を不動態域まで貴方向(電位がプラスになる方向)へ移動させる。
- ③環境のpHを増大させ、不動態域まで移動させる。

①の方法がカソード(陰極)防食法(cathodic protection)であり、②の方法がアノード(陽極)防食法(anodic protection)です。①と②の腐食防止法は、いずれも外部より電氣的なしかけを用いて初めて可能となるため、両者を合わせて電気防食法といいます。ただし、アノード防食法は適用が特定の環境条件に限られ、実用例が少ないため、通常電気防食法とい

えばカソード防食法を指します。③による効果は、例えばアルカリ性のコンクリート中の鉄筋が不動態化して腐食しにくい現象を示します。

3. 電気防食法

埋設管の電気防食法には、流電陽極方式と外部電源方式とがあります。

(1) 流電陽極方式

流電陽極方式は、防食対象物にそれよりも卑な金属を電氣的に接続し、両者間の電位差を利用して防食電流を流す方法です。卑な金属（イオン化傾向の高い金属）は流電陽極（galvanic anode）、または鉄よりも早く溶け自ら犠牲となり防食電流を発生させるため犠牲陽極（sacrificial anode）と称されます。流電陽極は、使用期間中、防食対象物に対して有効な電位差を保ち、しかも単位重量当たりの発生電気量が大きく、溶解が均一であることが要求されます。実用化されている流電陽極材料としては亜鉛、マグネシウムおよびアルミニウムの金属または合金などがありますが、現在マグネシウム合金が最も多く使用されている土壌埋設パイプライン用犠牲陽極材料です。

土壌中で流電陽極を使用する場合には、陽極の接地抵抗を低くする目的と陽極の局部腐食を低減する目的で、陽極の周囲にバックフィルと称する充填材を使用することが一般的です。バックフィルの組成は一般に、石膏、ベントナイト、ぼう硝（硫酸ナトリウム）を3：6：1の割合に混合したものです。土壌抵抗率が200Ω・cm以下と低い場合には不要です。犠牲陽極と防食対象物との間に、犠牲陽極から防食対象物に流れる直流電流を定期的にモニタリングする装置を接続し、犠牲陽極の寿命を把握する方法を用いる例もあります。

現在、犠牲陽極は単に防食の目的のみに使用されているわけではありません。高圧架空送電線や電気鉄道に起因する電磁誘導電圧低減対策や雷対策として使用されることもあります。

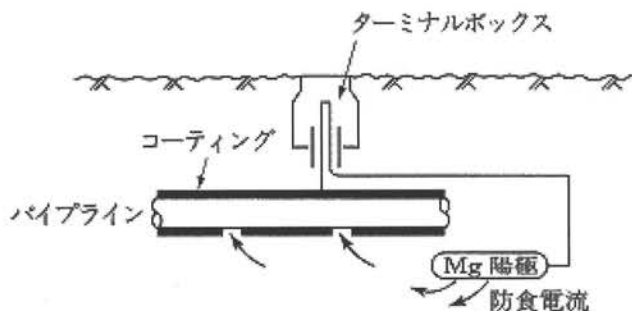


図-3 流電陽極方式による電気防食の例

(2) 外部電源方式

外部電源方式は直流電源を用い、補助電極をアノードとし、防食対象物をカソードとして通電して防食電流を流す方法です(図-4)。防食電流は直流のため、直流電源を必要とします。補助電極には、鉄鋼、アルミニウムなどの消耗性電極を使用することもあります。が、長期間の使用に耐える耐久性電極（鉄、炭素および人造黒鉛など）を使用することが一般的です。

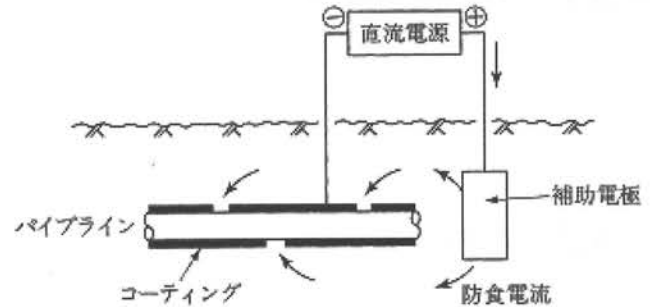


図-4 外部電源方式による電気防食の例

4. 流電陽極方式と外部電源方式の比較

流電陽極方式と外部電源方式とを比較すると、表-1のような得失があります。

表-1 流電陽極方式と外部電源方式の比較

流電陽極方式	外部電源方式
①電源の利用しにくい場所で適用できる	①電源の適用し難い場所では適用困難。
②小規模または塗装された対象物に適するが、高抵抗の環境には適さない。	②高抵抗や腐食性の激しい環境でも適用できる。
③施工が比較的簡単で維持管理を必要としない。	③維持管理や維持電力費を必要とする。
④防食電流の調節はできないが、陽極数の追加が可能で、自己自動制御性をもつ。	④防食電流の大幅な調節ができ、自動制御も可能。
⑤陽極寿命が比較的短く、取り替えを要する。	⑤防食装置の寿命が長く、長年月取り替えを必要としない。
⑥隣接構造物への影響が少なく、陽極の選択により過防食が避けられる。	⑥使用電圧が高いため、過防食や隣接構造物への影響に留意する必要がある。
⑦電位分布がかなり均一である。	⑦電位は電極近傍で最大となり、遠方へ向かって減衰する。

5. まとめ

水輸送用鋼管の電気防食法の選定は、防食対象物の設置環境や流電陽極方式と外部電源方式の得失などを考慮する必要があります。

参考資料) WSP 050-2008 (水道用途覆装鋼管の電気防食指針)

今回は、劣化診断について紹介します。