



写真2 ボルト・ナット損失状況



写真3 ボルト頭損失・腐食状況

土中における鉄鋼系材料の腐食の種類は、図-2のように分類される。また、腐食環境調査には一般的には図-3のような手順で行われることが多く、先行事例においてもこの手順により調査を進めている。

本地区での漏水箇所について、この分類と手順に現地条件を照らし合わせると、周辺に電食を起こす要因は無いことから自然腐食となる。また、鉄筋を用いたコンクリート中ではなく、異種金属の接触や土質差などの通気差条件も無かったことから、マクロセル腐食も考え難い。従って、残る腐食要因としてマイクロセル腐食であることの可能性が高く、腐食性評価として土壌調査が必要となる。

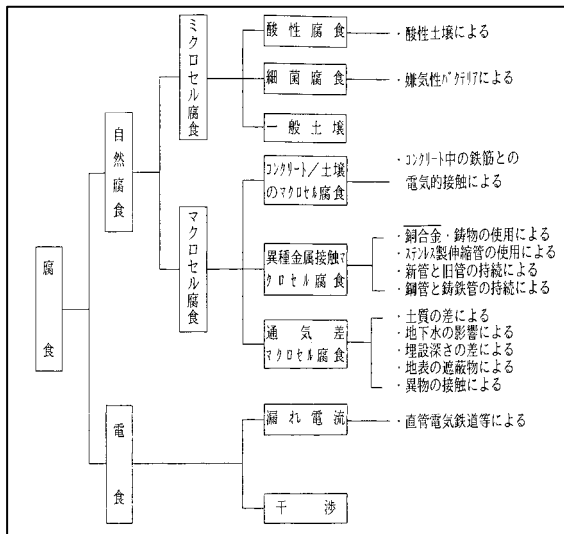


図-2 土中の腐食の分類

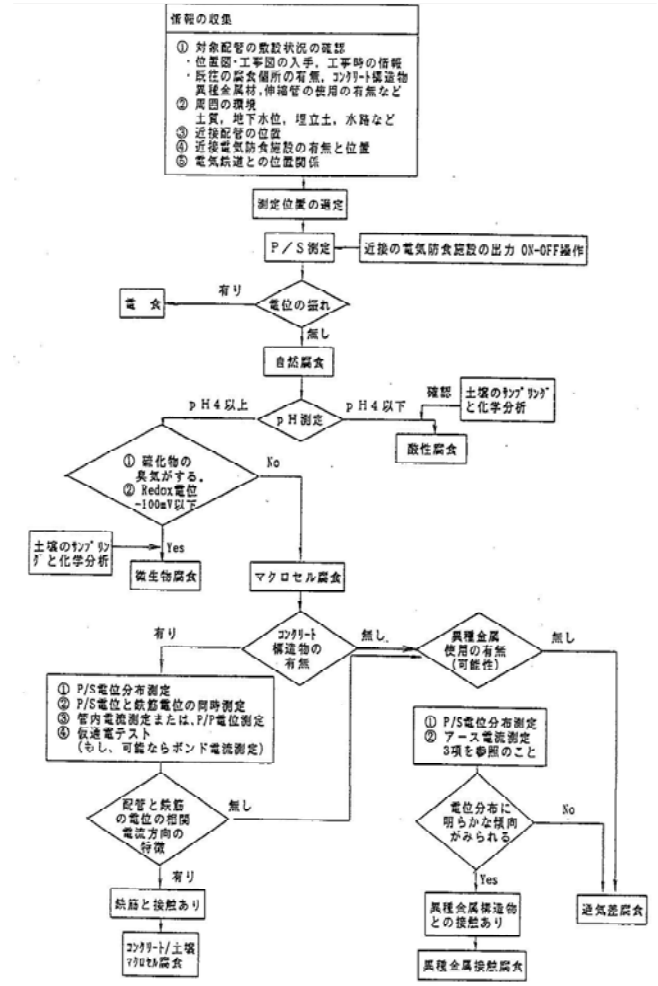


図-3 腐食環境調査手順

4. 腐食性評価

土壌環境を要因とするマイクロセル腐食において、腐食性が強いかを検討する腐食性評価を行うことにより、さらなる要因特定や防食対策の検討につながっていく。

腐食性評価は土壌調査結果等を基に判定されることになるが、要因形成や腐食の進行度合いは現地の土質や地下水位などの条件が複合することから、先行事例のようにコンクリート構造物においてマクロセル腐食の懸念が特に高い場合を除いては、それぞれの調査項目から短絡的に判断することはできない。

今般、土壌環境を調査する項目について総合的な評価を行う手法として、先行事例の調査、評価手法を参考にしつつ施設機能診断調査マニュアル(調査編)IVにも示されているアメリカ国家規格(American National Standard Institute)による評価基準(以下、略して「ANSI」という。表-1参照)を採用し、土壌調査の測定結果を点数化し、総合得点で評価している。

合計点が10点以上の場合腐食性が強い劣化度ランクIIとし、10点未満はIIIとすることになっている。

表-1 ANSI A-21.5による土壌の腐食性評価基準

| 項目 | 測定結果 | 点数 | 項目 | 測定結果 | 点数 | |
|------------------|-----------|----|-----------------------------|---------------------|-----|-----|
| 土壌の比抵抗 (Ω-cm) | 700以下 | 10 | 酸化還元電位 [Redox電位 (mV)] | 100以上 | 0 | |
| | 700~1000 | 8 | | 50~100 | 3.5 | |
| | 1000~1200 | 5 | | 0~50 | 4 | |
| | 1200~1500 | 2 | | マイナス | 5 | |
| | 1500~2000 | 1 | 水分 | 非常に悪い 常に湿潤 | 2 | |
| | 2000以上 | 0 | | 排水かなり良好 一般に湿っている | 1 | |
| PH値 | 2以下 | 5 | 水分 | 排水良好 一般に乾燥している | 0 | |
| | 2~4 | 3 | | 硫化物 | あり | 3.5 |
| | 4~6.5 | 0 | | | 微量 | 2 |
| | 6.5~7.5 | 0 | なし | | 0 | |
| | 7.5~8.5 | 0 | | | | |
| | 8.5以上 | 3 | | | | |

注) 硫化物が存在し、かつ酸化還元電位が、Redox電位(100mv)以下を示す場合は、3点を加算する。

5. 調査結果及び考察

当該箇所の現地状況調査の概要を表-2に、土壌調査の結果と評価点数を表-3に示す。現地状況調査及び土壌調査では、地域での腐食性土壌の分布傾向や今後の漏水発生危険性を推し量る目的も兼ねて、比較として漏水箇所以外においても試掘調査と併せて行っている。

表-2 現地状況調査結果

| | 漏水箇所 (風烈布第1号幹線用水路) | 試掘調査箇所 (音標6号支線用水路) | 備考 |
|--------|--------------------------|-----------------------|----|
| 土地利用状況 | 牧草地 | 宅地 | |
| 土質 | 単一土質である 「強風化岩(礫まじり砂)」 | 単一土質である 「粘性土」 | |
| 地下水位 | あり | あり | |
| 構造 | 分岐(T字管と制水弁工) 分岐部の沈下 | 制水弁工単独 | |

表-3 腐食性土壌調査結果一覧表

| 採取 試 料 諸 元 | 位 置 | 施 設 | 漏水箇所 | | 試掘調査箇所 | |
|------------------------|------------|---------|------------------------------------|-----------------|-----------------|--|
| | | 試料番号 | No.1-1 | No.2-1 | No.2-2 | |
| | | 北 緯 | 44° 42' 57" | 44° 41' 39" | 44° 41' 39" | |
| | | 東 経 | 142° 44' 34" | 142° 49' 00" | 142° 49' 00" | |
| 腐食性土壌 評価試験結果 | 水分 | 目視判定 | 強風化岩 (礫まじり砂) 湿っている (排水良好) | 湿っている (排水悪い) | 湿っている (排水良好) | |
| | | 点 数 | 2 | 2 | 2 | |
| | pH値 | pH値 | 5.71 | 6.94 | 6.42 | |
| | | 点 数 | 0 | 0 | 0 | |
| | 酸化還元電位 | Eh (mv) | 594 | 463 | 343 | |
| | | 点 数 | 0 | 0 | 0 | |
| | 硫化物 | 測定結果 | なし | 微量 | 微量 | |
| | | 点 数 | 0 | 2 | 2 | |
| 土壌の比抵抗 | 比抵抗 (Ω・cm) | 24,100 | 2,900 | 17,200 | | |
| | 点 数 | 0 | 0 | 0 | | |
| 土 壌 評 価 点 数 計 | | | 2 | 4 | 4 | |
| 付記事項 | | | 地下水位以深 | | 地下水位以深 | |

評価点数より、漏水箇所及び試掘箇所においても10点未満であり、双方とも腐食性の強い土壌ではないと判定され試掘調査箇所に対して漏水箇所において顕著な調査結果の差は確認されない。

これにより、フランジ部におけるボルト・ナットの損失、腐食の要因を以下のとおり考察する。

土壌中における鉄鋼系管材では、陰極面積と陽極面積の比率によりその腐食速度が定まり、この比率が大であるときには陽極部に激しい腐食が生じることとなる。メカニカルジョイント（フランジの接合部など）のボルト・ナットは、ちょうどこの面積比が大きくなる場合に相当し、ボルト・ナットが鉄管や押輪に対して陽極となり、面積比率が極端に小さいため局部電池が形成されると、腐食電流がボルト・ナットに集中し腐食する。

ボルト・ナットが鉄管や押輪に対して陽極（電位が低くなる）となるのは、ボルト・ナットがネジ加工されるため、ネジ部分の電位が低下することや、鉄管と押輪が比較的確実に塗装されているのに対して、ボルト・ナットの塗装は薄く耐久性が劣ること及び接合作業時に塗装が傷つきやすく、それらの部分の電位が低くなるなどが考えられる。（図-4のイメージ図参照）また、これらについては、日本ダクタイル鉄管協会による「JDPA埋設管路の腐食原因とその防食について」の中でもその詳細が示されている。

なお、ボルト・ナットの頭が損失したことについて、当該漏水箇所以外では確認されておらず、漏水箇所の開削調査で確認された分岐工の沈下による外力の影響が考えられる。

損失したボルト・ナットの位置が上部2箇所であることも勘案すれば、沈下による応力集中と腐食による強度低下が重なり、損失に至ったものと推察される。

なお、分岐工の沈下の要因については、次年度に補足現地調査等を行い検討することとしている。

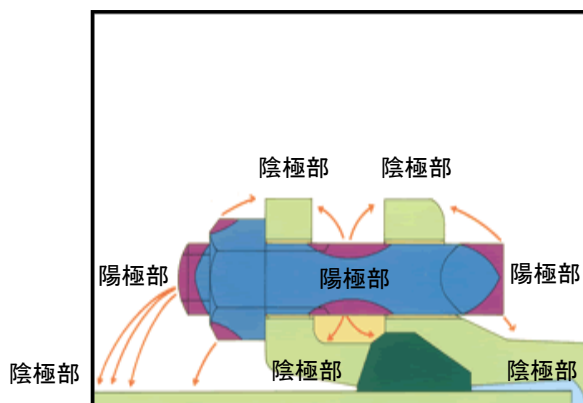


図-4 ボルト・ナット電流イメージ

6. あとがき

今回発生した漏水箇所におけるボルト・ナットの腐食は、当時の設計・施工基準で選定が可能とされていたダクタイル鋳鉄製であったことによるが、現在では耐久性で優位となるステンレス製を標準として使用することになっており、前述の要因による腐食発生の懸念がなくなっている。

しかし、現時点においてもダクタイル鋳鉄製などの鉄鋼系のボルト・ナットを使用している管水路においては、塩分などを多く含むような低い比抵抗の土壌中では腐食が進む可能性が高いことから、ANSIによる腐食性評価を行うことなどにより、先行してボルト・ナットを交換するなどの予防保全対策を取ることが有効と考えられる。

また、鉄鋼系管材は塗装で絶縁することにより防止ができる腐食であることから、製作及び施工時の塗装を入念に行うことはもとより、メカニカルジョイント部やボルト・ナットにも傷を付けないよう丁寧な施工及び徹底した管理を行うことが肝要となる。

ANSIによる評価基準は、調査項目自体は従来よりそれぞれが必要な現地及び試験項目として実施されるものであることから、現地の対応として新たな手間となるものではない。

従って、前述のとおり評価時において現地の複合条件をより総合的に評価することができることに加え、本地区では極めて安価に実施することができたことから、施設機能診断においても有効的な調査手法となるものと考えられる。

参考文献

- ・土地改良事業計画設計基準・設計「パイプライン」
- ・施設機能診断調査マニュアル（調査編）
- ・日本ダクタイル鉄管協会「JDPA埋設管路の腐食原因とその防食について」
- ・日本水道鋼管協会「WSPマクロセル腐食防食指針」
- ・農業土木事業協会九州支部「腐食防食マニュアル」