

管水路の機能診断における 腐食要因調査手法とその有効性

小樽開発建設部 農業開発課 ○宮武 功
佐々木 孝宏
伊藤 定由

農業用管水路においては鉄鋼系管材を用いることは多く、主たる性能低下要因として材料の腐食が上げられる。ストックマネジメントで実施される管水路の現況調査でも、管内面での腐食状況を調査項目としており、施設の機能診断または健全度評価や長寿命化を図る対策工法を検討するうえで、腐食の要因を特定することが重要となってくる。

本報告では、施工後20年余りを経過した管水路鋼製異形管の腐食変状について、「土壌比抵抗調査」などの間接調査を用いて要因解明を行った事例を紹介する。

キーワード：機能診断、調査手法、腐食

1 はじめに

農業用管水路の設計、施工に当たっては土地改良事業計画設計基準・技術書設計「パイプライン」などに示されるとおり、鉄鋼系管材の使用においては土壌中での管の耐食性と腐食の種類を十分に把握した上で検討する必要があるとされている。

しかし、鉄鋼系管材を用いた管水路では造成後に想定していない腐食の発生が確認され、施設の供用及び維持管理に支障が来す場合が少なくない。

国営造成水利施設保全対策指導事業において行う機能診断では、腐食発生の要因を的確に評価し、今後の維持管理及び改修計画に反映することが肝要であり、要因不明のまま不用意な補修を行っても抜本的な解決とならず不効率なマネジメントとなる。

しかし、自然腐食による要因に係る調査事例は少ないことから、本報告では、それ等の技術進展や確立に資するべく調査・診断事例を紹介するものである。

2 調査目的、視点

鉄鋼系管材に使用されている鉄は、酸化物や硫化物等の鉱石として化学的に安定して存在していたものを、人工的に還元して作ったものである。したがって、これを一般の環境の中に置くと、最も安定した酸化の状態に戻ろうとする。この現象が腐食である。

鉄鋼系管材における腐食要因は図-1のように分類される。

現況の施設において鉄鋼系鋼材に腐食が確認された場合、この分類に示す要因についてその発生の可能性を調査することになるが、特に要因がマクロセル腐食とされた場合、腐食の進行が早く管体への影響も大きく、抜本

的対策には構造的欠点を改善する必要も想定されることから、適正な維持管理には甚大な支障となる。

したがって、ここではマクロセル腐食に係る調査について注目して取り上げることにする。

これらの要因の特定に当たっては、管水路が地中構造物であり不可視部分が多いことから現地で得られる情報が限られるため、効率的かつ確実な機能診断評価を行うには調査実績を積み上げることが最良となる。

できるだけ多くのケーススタディの中でトレンド（傾向）を示すことができれば、事象の入口から合理的な機能診断を行うことができる。

管水路において一般的に多いC/S（コンクリート/土（ソイル））マクロセル腐食の構造メカニズムは図-2のように考えられる。

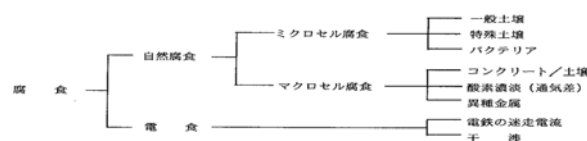


図-1 鉄鋼系腐食の分類⁽¹⁾

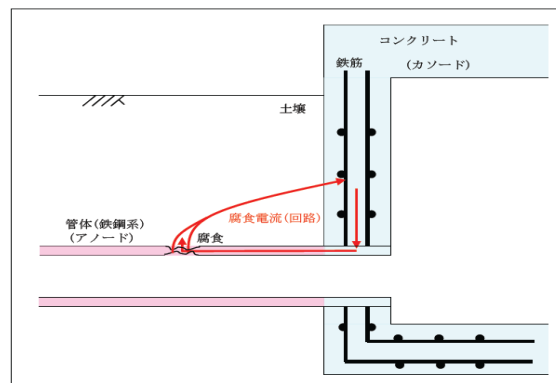


図-2 C/Sマクロセル腐食構造メカニズム

管水路の付帯作工にあつては管体がコンクリートと直接に接触し、コンクリート内の鉄筋とも接触（メタルタッチ）する場合がある。

土壌に比べコンクリートはアルカリ性であるため、コンクリートにある鉄筋及び管体の自然電位は相対的に高くカソード部を形成し、電位の低い土壌中の管体及び土壌中へと電流が流れる回路が形成される。

この電流回路において、卑な電位側のアノード部となる土壌中の管体では、腐食電流が作用し鉄イオンが溶出するという事象が発生するものであり、管体を保護する塗装に傷などがあつた場合はその損傷部に腐食が集中することになる。

3 調査手法、対象施設

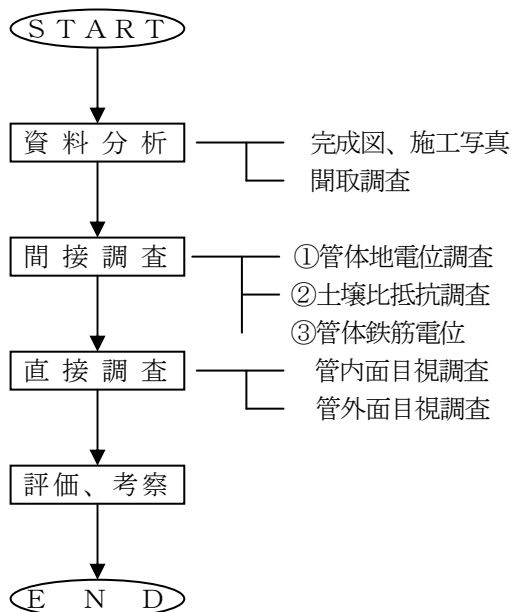
前節での説明のとおり、コンクリート中の鉄筋～管体～土壌において腐食電流が大きくなる条件となつた場合、C/Sマクロセル腐食が要因で腐食が発生すると考えられる。

当部管内において過年度に造成した水利施設においても、付帯作工のコンクリート躯体に鋼製異形管が配置されている構造が多く、オープンタイプの管水路における調圧スタンド工においては、管理受託者から鋼管部に錆が見受けられるとの報告があつた。

図-3にその構造を示し、写真-1には昭和56年度当時の施工状況を示す。

写真からも、躯体の鉄筋が鋼製異形管と接触（メタルタッチ）している様子が見受けられ、C/Sマクロセル腐食が発生しやすい状況が確認できる。

本事例ではこの調圧スタンド工における調査内容を示す。フローは以下のとおりである。



管対地電位とは、鋼管及び鉄筋とコンクリート近傍の土壌との電位差であり「-400mVより貴な電位は導通状態であり、-400mVより卑な電位は非導通状態」⁽²⁾とされている。

また、土壌比抵抗では表-1に示すとおり、土壌比抵抗が小さいほど腐食性ははげしくなる傾向にあり、電流密度が大きければ腐食が進行することになる。

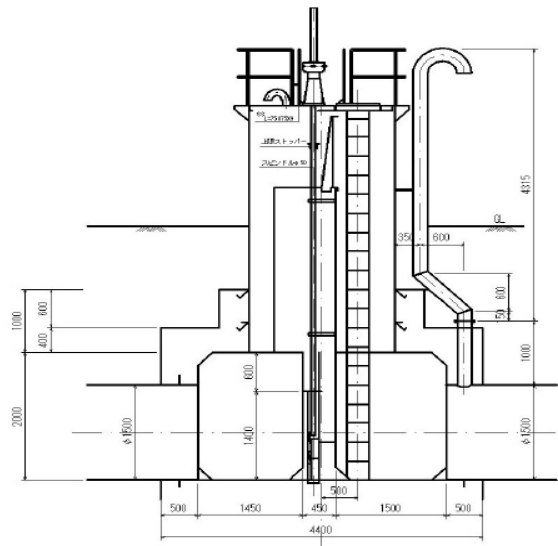
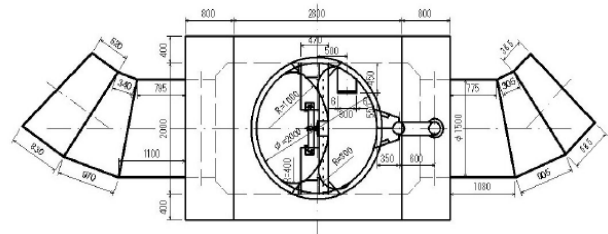


図-3 調圧スタンド工構造図



写真-1 施工状況（昭和56年度）

表-1 土壌比抵抗と腐食の関係⁽³⁾

比抵抗 (Ω・cm)	腐食性
10,000 以上	はなはだ緩慢
5,000~10,000	緩 慢
2,300~5,000	中 位
900~2,300	はげしい
0~900	非常にはげしい

4 調査結果

①間接調査

調査対象とした調圧スタンド工は、同一の導水路路線において6箇所わたって設置されている。

ここでは、上流側よりA~F地点として表記する。

間接調査結果は表-2のとおりである。

管対地(鉄筋)電位差は表-1及び3に示す評価基準に照らし合わせるとA、B地点でC/Sマクロセルの可能性が高いと評価できる。

しかし、土壌比抵抗測定では、いずれも「10,000Ω・cm以上、腐食性がはなはだ緩慢」となる大きい抵抗値を示し、腐食電流が大きくなる傾向が伺える。

管対地(鉄筋)電位差は電位差計により測定し、土壌比抵抗は交流抵抗計により測定を行った。

なお、本調査で実施した管対地電位調査及び土壌抵抗調査の調査方法について図-4に示す。

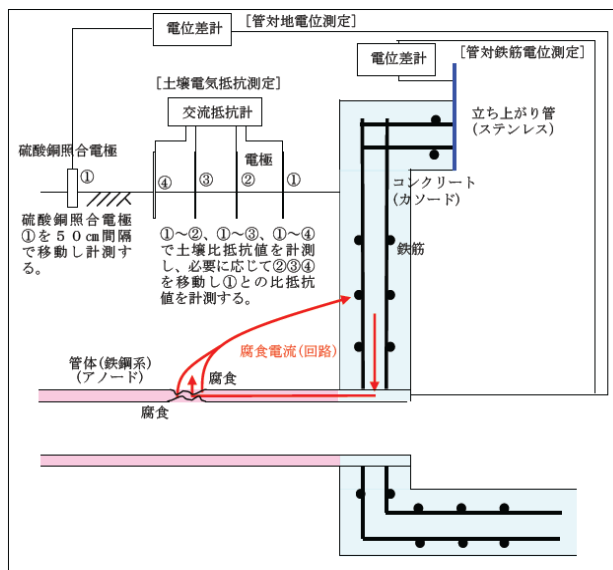


図-4 調査方法概念図

②現地調査

現地における管内面視調査では、前述のとおり管理受託者からの報告にもあったように、鋼製異形管に腐食状況が確認され、おびただしく集中している箇所もあった。(写真-2、3及び図-5参照)

表-2 間接調査結果

地点	管対地電位分布測定 (mV)						管対鉄筋の電位差・抵抗		土壌抵抗率測定 (Ω・cm)						評 価
	0.0m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m	管対鉄筋電位差 (mV)	管~鉄筋間抵抗 (Ω)	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	3.0m	5.0m	
A	-20	-110	-160	-210			0	0.9	64,056	63,428	71,592	62,800	48,984	34,854	C/Sマクロセルの可能性高
B	-270	-280	-300	-300			0	0.0	73,790	48,356	47,100	45,216	35,796	19,468	C/Sマクロセルの可能性高
C	-370	-420	-450	-460	-460	-480	0	0.4	47,100	52,124	57,252	43,960	23,550	21,980	C/Sマクロセルの可能性中
D	-510	-520	-530	-540	-560		200	8000.0	19,625	22,300	24,020	20,995	25,340	17,210	C/Sマクロセルの可能性低
E	-420	-430	-440	-440	-460		0	9.0	19,782	22,608	24,115	27,758	25,246	16,014	C/Sマクロセルの可能性低
F	-460	-480	-510	-520	-520		190	2500.0	19,468	21,980	23,927	18,212	25,434	20,410	C/Sマクロセルの可能性低

表-3 電位差と腐食の関係⁽⁴⁾

鉄筋と鋼管の抵抗値又は電位差		抵抗値	
		500Ω以上	500Ω未満
電位差	200mV 以上	可能性なし	可能性なし
	200mV 未満	可能性なし	可能性あり (詳細調査)

しかし、この内面の腐食では著しい損傷の進行や貫通部は確認されず、表面的な腐食の状況と見受けられた。

この内、メタルタッチの状況や管対地(鉄筋)電位差による間接調査からA地点においては特にC/Sマクロセルの懸念が最も高いと考えられ、直接的に外面を目視する掘削、露出を行うこととした。

掘削後の外面状況調査は写真-4のとおりであり、外面には腐食箇所は見受けられず塗装状態は施工当時の光沢を保ち健全で良好であることが確認できた。

また、損傷などもなく布設状況も良好であったことが伺える。



写真-2 鉄鋼系管材発錆状況 (A地点底部)



写真-3 鉄鋼系管材発錆状況 (B地点側部)

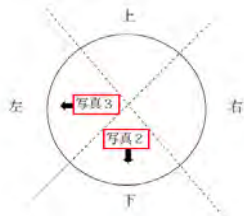


図-5 写真撮影位置図



写真-4 鉄鋼系管材外面状況 (A地点)

5 評価、考察

本調圧スタンド工における鋼製異形管内に発生した腐

食は、管外面への腐食発生が無かったことから、土壌を介して腐食電流が大きく流れて発生するC/Sマクロセル腐食ではないことが判明した。

内面の腐食は、金属表面の結晶において部分的にプラス極とマイナス極が形成されて起こるマイクロセル腐食と考えられる。

これは、付帯して調査した「土壌の成分調査」、「土壌のpH分布」、「微生物培養試験」、「水質試験～水の腐食性」の実施結果より、前述図-1に示した腐食分類からも微生物関与と併せて可能性が高いものと判断したものである。

腐食発生箇所が塗装損傷部に多いことも確認され、錆の撤去及び塗装補修により十分な対策を取ることが可能と考えられる。

今回の調査結果では、管内面腐食の要因について、管対地及び管対鉄筋の電位差が小さくとも土壌比抵抗値が大きいことで、C/Sマクロセル腐食の可能性が低いことが実証として証明された。

前述のとおりC/Sマクロセル腐食となれば、腐食電流回路を形成させない対策が必要となり管外面塗装を完全な状態で補修するなどにより、大規模な経費を要することになる。

しかし、要因が該当した場合、放っておけば腐食進行は早く漏水を起こすなど甚大な被害を及ぼしかねず、機能診断における評価が重要となる。

今般の結果等は、今後、同様な条件下で大掛かりな調査を要さずとも一定の結論を導く事例に活用できるようになるものと考えられる。

6 おわりに

鉄鋼系管材において自然腐食を要因とする事象では、土壌比抵抗調査による間接調査で、C/Sマクロセルの可能性を入口として否定できる有効性が確認できた。

今回の調査においても鋼管の腐食が集中したり、多く発生している箇所は、塗装の損傷部がほとんどであった。

例えば、土壌電気抵抗値が著しく低い特殊土壌において鋼管を用いるような場合、塗装厚を厚くするなどのC/Sマクロセル腐食発生の防止対策を取ったとしても、施工時に与えるわずかの塗装への損傷が、対策を台無しにしてしまうことになる。

鋼管を現地で布設する際には丁寧な施工管理が肝要となることが改めて認識される。

7 参考文献

- (1) 土地改良事業計画設計基準・技術書 設計「パイプライン」
- (2) 財団法人水道技術研究センター：鋼管路の診断及び更新・更正計画策定マニュアル
- (3)(4) 日本水道鋼管協会：マクロセル腐食防食指針