

Title	埋設鋼構造物の腐食・防食評価法と対策に関する研究
Author(s)	西川, 明伸
Citation	大阪大学, 2016, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/55979
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

論文内容の要旨

氏 名 (西 川 明 伸)

論文題名

埋設鋼構造物の腐食・防食評価法と対策に関する研究

論文内容の要旨

埋設鋼構造物の腐食・防食評価は直接的な観察・測定が困難な場合が多いため厳密な評価はあまり行われていない。そこで本研究では、埋設鋼構造物に対する腐食評価法や電気防食効果、干渉対策法、交流腐食評価法について実地での評価も含め検討した。さらに埋設鋼構造物の防食状態を可視化する数値解析技術について検討した。本論文は7章から構成される。各章で得られた成果について以下に示す。

第1章では、埋設鋼構造物の腐食と防食について概要を述べ、本研究の目的と構成について示した。

第2章では、嫌気性バクテリアである硫酸塩還元菌が活発に活動している実際の地下水中で、腐食生成物が堆積した鋼に対する腐食モニタリング法を検討した。通常と比べて大電流かつ長時間の直流定電流を印加する分極抵抗測定が腐食モニタリング法として適用可能であり、さらに重量減少量との相関から得られた腐食速度換算係数は約2mVで、従来の値の約1/10になることを明らかにした。

第3章では、埋設鋼管の塗覆装に生じた長大な隙間内部への電気防食効果について検討を行った。実験室試験の結果、隙間内部への電気防食効果は隙間内の溶存酸素量と密接に関係していること、また7.2年間の実地埋設試験の結果、電気防食は隙間構造の有無に関係なく十分な効果があることを明らかにした。さらに自然腐食状態下では隙間内部の溶存酸素が自然腐食によって還元されるため、同じ状態下の裸鋼材に比べ隙間内部の腐食速度は37～38%小さくなることが明らかとなった。

第4章では、葉処理された高温高压水系熱供給管理設部に電気防食を施した際に、絶縁継手部での干渉電流によって熱供給管内面に生じる腐食を軽減する方法を検討・評価した。安定した不動態皮膜を有する耐食性金属短管を両端絶縁継手として挿入することにより干渉電流を大幅に軽減させることが可能であり、その材質としてチタンが適していることを明らかにした。さらに本対策を14年間実施した配管の防食効果を調査した結果、長期にわたり干渉電流は1/40～1/10に低減しており、炭素鋼製厚肉短管をアノード側に用いることにより20年以上の連続使用が可能で、チタン製短管に腐食減肉は発生せず、水素脆化の可能性も低いことを明らかにした。さらに現場の溶液抵抗と金属材料の分極挙動とを用いて、実機での干渉の影響をある程度推定できることを明らかにした。

第5章では、交流腐食の影響評価法として、電気防食下の鋼製プローブの電位 (IR-free電位) の適用について実験室および実地にて検討を行った。防食電流に交流が重畳された鋼製プローブのピーク電位が-0.85 V vs. Cu/CuSO₄より卑であれば、大きな腐食を生じず、またピーク電位が自然電位より100mV以上卑であれば、平均腐食速度、局部腐食深さの観点から、炭素鋼の防食は達成されていることを明らかにした。さらに土質によって鋼の交流腐食への感受性が異なることを明らかにした。

第6章では、埋設鋼構造物の電気防食状態を推定するための数値解析技術に関する基礎方程式および境界条件について検討を行った。ラプラス方程式を基礎方程式とした境界要素法による解析手法が妥当であることを明らかにした。また境界条件となるカソード分極曲線測定において、用いる試験片の固体差やカソード電流印加時間の違いにより異なる挙動が得られることを明らかにし、実地の電気防食状態を推定するには精度良いカソード分極曲線の設定が重要であることを示した。さらに数値解析技術を用いた腐食・防食問題への現在の取組状況についてまとめ、腐食・防食分野への更なる応用展開が見込まれることを示した。

第7章では、本研究の成果を総括した。

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (西 川 明 伸)			
審査担当者	(職)	氏 名	
	主 査	教授	藤 本 慎 司
	副 査	教授	荒 木 秀 樹
	副 査	教授	宇 都 宮 裕

論文審査の結果の要旨

本研究は、埋設鋼構造物の腐食診断と対策、すなわち腐食の計測・評価および防食に関し、電気防食効果計測、干渉対策、交流腐食評価について、実地での評価も含め検討している。さらに埋設鋼構造物の防食状態を可視化する数値解析技術についても検討している。本論文は以下の7章から構成されている。

第1章では、埋設鋼構造物の腐食と防食について概要を述べ、本研究の目的と構成を示している。

第2章では、嫌気性バクテリアである硫酸塩還元菌が活発に活動している実際の地下水中にて、腐食生成物が堆積した鋼に対する腐食モニタリング法を検討している。大電流かつ長時間の直流定電流を印加する分極抵抗測定が腐食モニタリング法として適用可能で、さらに重量減少量との相関から得られた腐食速度換算係数は約2mVで、従来の値の約1/10になることを明らかにしている。

第3章では、埋設鋼管の塗覆装に生じた長大な隙間内部への電気防食効果を検討している。実験室試験より、隙間内部への電気防食効果は隙間内の溶存酸素量と密接に関係していること、また7.2年間の実地埋設試験で、電気防食は隙間構造の有無に関係なく十分な効果があることを明らかにしている。さらに自然腐食状態下では隙間内部の溶存酸素が自然腐食によって還元されるため、同じ状態下の裸鋼材に比べ隙間内部の腐食速度は37～38%小さくなることを明らかにしている。

第4章では、腐食抑制剤を添加した高温高压水系熱供給管埋設部に電気防食を施した際に、絶縁継手部内面にて干渉電流によって生じる腐食を軽減する方法を検討・評価している。安定した不動態皮膜を形成する耐食性金属短管を両端絶縁継手として挿入することで干渉電流を大幅に軽減させることが可能であり、その材質としてチタンが適していることを明らかにしている。14年間実使用した配管への防食効果を調査した結果、本対策によって干渉電流は1/40～1/10に低減し、炭素鋼製厚肉短管をアノード側に用いると20年以上の連続使用が可能で、またチタン製短管に腐食減肉は生じず、水素脆化の可能性も低いことを明らかにしている。さらに現場で測定した溶液抵抗と金属材料の分極挙動とを用いて、実機での干渉の影響をある程度推定できることを明らかにしている。

第5章では、交流腐食の影響評価法として、電気防食下の鋼製プローブの電位 (IR-free電位) の適用について実験室および実地での検討を行っている。防食電流に交流が重畳された鋼製プローブのピーク電位が-0.85 V vs. Cu/CuSO₄より卑であれば、大きな腐食を生じず、またピーク電位が自然電位より100mV以上卑であれば炭素鋼の防食が達成されることを明らかにしている。さらに土質によって鋼の交流腐食への感受性が異なることを明らかにしている。

第6章では、埋設鋼構造物の電気防食状態を推定するための数値解析技術に関する基礎方程式および境界条件について検討し、ラプラス方程式に基づく境界要素法を用いた解析が妥当であることを明らかにしている。また境界条件となるカソード分極曲線が測定に用いる試験片の個体差やカソード電流印加時間により異なることを明らかにし、電気防食状態を推定するにはカソード分極曲線の適切な条件での測定が不可欠であることを示している。さらに数値解析技術の腐食・防食問題への適用の現状を調査し、これらの分野へのさらなる応用展開が見込まれることを示している。

第7章では、本研究の成果を総括している。

以上のように、本論文は埋設鋼構造物の腐食・防食の評価と対策を広範囲に検討し、さらにこれらを実埋設物に対して実施して、これらの有効性と適用範囲を明らかにしており、金属材料の健全な使用のための新たな知見をもたらして材料学の発展に寄与している。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。