

迷走電流環境における土壌埋設管の腐食特性に関する研究

永井, 智之

<https://hdl.handle.net/2324/7363754>

出版情報 : Kyushu University, 2024, 博士 (工学), 課程博士
バージョン :
権利関係 :



氏 名 : 永井 智之

論文名 : 迷走電流環境における土壌埋設管の腐食特性に関する研究

区 分 : 甲

論文内容の要旨

迷走電流の影響を受ける埋設管においては電食の防止が最優先の課題となる。埋設管として現在も多く使用されているダクタイル鋳鉄管では迷走電流の影響により腐食が促進され、機械的破損につながる事が懸念される。しかし、ダクタイル鋳鉄管において腐食によって生じる機械的破損に関しては研究事例が僅少であり、そのメカニズムなどは明らかとなっていない。鋳鉄管において腐食により生じる機械的破損の原因となり得る現象の一つとして、応力と腐食との相互作用により生じる「フィッシャー・コロージョン」と呼ばれる特徴的な減肉が知られている。ダクタイル鋳鉄管のフィッシャー・コロージョンに関し、先行研究では降伏応力を超えた応力の作用下で鋸歯様に U 形状の溝状減肉が形成されることが実験的に確認されており、地震や地盤沈下などの過大な応力が作用した場合には溝状減肉の底が応力集中の起点となる可能性がある。ダクタイル鋳鉄のフィッシャー・コロージョンについては迷走電流が及ぼす影響は明らかとされておらず、また溝状減肉が形成されるメカニズムも解明されていない。

ダクタイル鋳鉄管で腐食や機械的破損が懸念される場合は鋼管への更新が検討されることになるが、埋設鋼管では迷走電流による短時間の電位上昇やアノード電流が防食状態に影響を及ぼす可能性がある。先行研究では電位上昇の発生状況を調査した結果や、電位上昇によるアノード電流が防食状態に及ぼす影響に関して評価した結果が報告されている。しかし、それらは電流もしくは IR 損（溶液抵抗損；土壌等の抵抗と電流との積による電圧降下）を含んだ管対地電位のみで測定や評価が行われており、IR 損を含まない分極電位で評価した電位上昇の発生状況や防食状態に及ぼす影響は明らかとされていない。

そこで本研究では迷走電流環境における土壌埋設管のより安全な維持管理指標を提案することを目的とし、既設のダクタイル鋳鉄管において機械的破損の原因となる可能性があるフィッシャー・コロージョンに関して迷走電流と応力が及ぼす影響を明らかにするとともに、溝状減肉が形成されるメカニズムを示した。また、鋼管に更新した際に懸念される迷走電流による短時間の電位上昇に関し、分極電位で評価した実際の発生状況を示すとともに、その防食状態に及ぼす影響を明らかにし、さらに電位上昇によるアノード電流の要因を解明した。

本論文は第 1 章から第 8 章で構成されている。各章の概要は以下の通りである。

第 2 章では、応力と迷走電流がフィッシャー・コロージョンに及ぼす影響を明らかにするために、曲げ応力または引張応力が作用したダクタイル鋳鉄に対して迷走電流を想定したアノード電流を印加する腐食試験を行った。試験の結果より、フィッシャー・コロージョンが生じる応力とアノード電流を示した。

第 3 章では、フィッシャー・コロージョンによる溝状減肉の形成メカニズムを解明した。まず、第 2 章の曲げ試験により得られたフィッシャー・コロージョンが生じたダクタイル鋳鉄試験片に対

し、金属組織観察や腐食生成物の元素分析、および金属組織の結晶方位解析を行い、応力と金属組織との関係性を評価した。また、有限要素法により溝状減肉部における応力分布を解析した。さらに引張試験と電気化学試験を組み合わせた試験により応力による分極曲線の変化を明らかにした。

第4章では、鋳鉄管から鋼管への更新がフィッシャー・コロージョンの対策として有効であることを検証した。そのために、第2章と同様に曲げ応力が作用した鋼試験片に対して迷走電流を想定したアノード電流を印加する試験を実施し、ダクタイル鋳鉄での試験結果との比較評価を行った。

第5章では、電気防食された埋設鋼管における迷走電流の影響による電位上昇の発生状況を明らかにするために、過去の維持管理データより迷走電流の影響が比較的大きいと推定された地点においてIR損の影響を低減可能なプローブを用いた分極電位と埋設鋼管の流出入電流の測定を行った。

第6章では、第5章の調査結果を踏まえた短時間の電位上昇に関し、防食管理上問題ない電位上昇値や継続時間を明らかにした。そのために、長期間電気防食が施された埋設鋼管を模擬した試験装置を構築し、様々な土壌中において電位上昇を繰り返し印加する試験を行うことで電位上昇値と継続時間に対する腐食量を評価した。また、電位上昇により生じるアノード電流と腐食量との関係を示した。

第7章では、第6章の試験で測定された電位上昇により生じるアノード電流の要因を解明した。まず、分極曲線の測定により土壌環境における鋼の腐食傾向や鋼表面の状態を評価した。また、想定される要因として、鋼表面と土壌との界面からの充放電電流や土壌中に含まれる還元体の酸化反応、および鋼表面さびの酸化反応について、アノード電流への影響を評価した。

第8章では、本論文で得られた知見や結果を要約し、また結論を総括して迷走電流に対する埋設管の維持管理指標について総説した。