

氏 名	なか うち たか はる 中 内 啓 雅
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	論 工 博 第 3886 号
学位授与の日付	平 成 18 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	地中レーダによる配管工事用探査システムの開発

論文調査委員	(主 査) 教 授 芦 田 讓	教 授 松 岡 俊 文	教 授 朝 倉 俊 弘
--------	--------------------	-------------	-------------

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、配管工事に伴う道路面の掘削作業の際に、地下に敷設されているガス管、水道管、電力ケーブル、通信ケーブルなどを接触事故から守るための埋設物位置探査システムを構築することを目的として行った研究をまとめたものである。

第1章は緒論である。本研究の背景、目的および本論文の構成と内容について述べている。

第2章では、配管工事に伴う掘削作業の際に事前調査として使用する地中レーダの探査性能に関わる問題の要因について検討し、その対策について述べている。特に土質の影響や、季節の平均温度差が探査性能に影響があることを検証し、アンテナからの送信信号の低周波数化による減衰の抑制、およびハードウェア上での加算平均処理などのランダムノイズ低減手法により探査性能を補うことによって、従来の探査装置における探査可能深度よりも高い性能を実現した。従来から用いられている地中レーダでは金属・非金属管両方を検知できるメリットはあるものの、探査限界は1.5 m程度であり、それより深い埋設管を検知することが難しいなどの問題があった。本章では、この問題を解決するために地中レーダの探査深度の向上について検討した内容について述べている。

第3章では、配管工事の一手法である非開削工法における水平ボーリングのドリルヘッド位置計測手法の問題について整理し、それらの改善策を検討している。水平ボーリング工法において2つの磁気センサを用いたドリルヘッド位置計測手法を提案し、計測システムを試作した内容について述べている。従来、計測が不可能であった交通の激しい環境や水路の下越しの際に必要なドリルヘッドの深さ、水平位置の計測精度について実験により検証している。特に、都市部における地磁気を歪める外乱の影響を低減し、水路下など歩行不能な場所においてもドリルヘッド位置を精度良く計測できる磁気センサについて検討した結果を述べている。

第4章では、非開削工法における水平ボーリングのドリルヘッド部に探査用の地中レーダを搭載し、前方および側方の埋設物を検知する技術について基礎検討を行った結果について述べている。特に都市部において非開削工法を用いてガス管の敷設を行う場合、輻輳している地下埋設物の破損を防止することが重要である。交通の事情により地表を走査する探査装置を用いた埋設物探査が不可能である場合があるため、ボーリング装置先端に搭載可能な小型レーダシステムを基本設計し、さらに試作品の性能を確認した結果について述べている。従来の探査システムに比べS/N比の改善を行い、またアンテナの耐震性向上により、振動の激しい水平ボーリング工法への適用が可能となった。実際の配管工事現場において適用し、ドリルヘッドに近接する地下埋設物を検出できた事例を挙げている。

第5章では、石油・天然ガス鉱床を探査するためのボーリング孔を利用した弾性波探査手法に用いられる等走時面を利用した3次元深度変換について述べている。3次元地震探査における従来の重合前マイグレーション手法はデータ量が膨大なことから、さらに高速性が要求されていた。本章では処理時間を最小限に抑えた画像処理手法として、反射法地震探査、各種のVSP、坑井間反射法地震探査のデータが統一的に取り扱える手法について検討した結果を述べている。結論として等走時面の利用による3次元深度変換の手法により、処理時間が飛躍的に短縮できた検討結果を述べている。

第6章では、第5章の等走時面を利用した深度変換手法を応用し非開削工法用の地中レーダシステムに使用する画像処理

アルゴリズムを構築した。非開削工法に用いられる水平ボーリングにおいて、4章で述べた前方探査システムを適用する場合、埋設管などの破損を防止するために掘削従事者の見落としを避けるシステムが必要である。ここでは、得られた前方探査データの処理時間を最小限に抑えたりリアルタイムでの画像処理システムを構築し、実験・検証を通して精度良く埋設管を検出できた結果について述べている。

第7章は結論であり、本論文で得られた成果について要約している。

論文審査の結果の要旨

本論文は、地中における配管工事の際の埋設物位置検知技術の性能向上、および実用化を図るため、地中での電磁波の減衰要因を明らかにするとともに、埋設物探査用地中レーダシステムを開発し、実際の現場においてその有効性を検証した結果をまとめたもので、その主な成果は以下の通りである。

- (1) 地表走査型地中レーダの探査性能に関わる電磁波減衰の要因について検討し、その対策を行った。特に土質の影響や、季節の平均温度差が探査性能に影響があることを検証し、アンテナからの送信信号の低周波数化による減衰の抑制、およびハードウェア上での加算平均処理などのランダムノイズ低減により探査性能を補うことによって従来の探査装置における探査可能深度よりも高い性能を実現した。
- (2) 水平ボーリング工法において2つの磁気センサを用いたドリルヘッド位置計測手法を考案し、計測システムを開発した。ドリルヘッドの近傍にノイズ源が存在する場合においても、必要な精度を確保してドリルヘッド位置を検知することが可能となった。
- (3) 水平ボーリング工法のドリルヘッド部に前方探査用の小型地中レーダを搭載し、従来の探査システムに比べS/N比の改善を行った。また、アンテナの耐震性向上により、振動の激しい水平ボーリング工法への適用が可能となった。
- (4) 探査データの3次元深度変換の手法として等走時面を利用する方法を提案した。従来、非常に多くの処理時間を要していた探査データの3次元マイグレーション処理が、本手法により少ない計算時間、かつ少ないコアメモリーで簡便に行えるようになった。前方に存在する埋設管までの距離推定、方位推定の実現可能性について考察を行い、実験を通して既存埋設物検知システムとして有効であることが明らかになった。

以上、本論文は地中レーダを用いた配管工事用探査システム技術確立し、開発した地表走査型レーダシステム技術を用いて従来よりも深い位置の埋設物検知を可能とし、また、水平ボーリング搭載用のドリルヘッド位置検知技術と前方埋設物探査用地中レーダ技術により、水平ボーリング中に前方の埋設物をリアルタイムに捉えられることを実証し、地中レーダの、配管工事への安全利用の促進、埋設管破損防止のための調査への有効的活用の可能性を拓いたもので、学術上、實際上寄与するところが少なくない。

よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成18年2月17日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。