

機械システム調査開発

29-D-1

光ファイバーを用いた新たな地盤探査技術を線状
土木構造物へ展開することに関する戦略策定
報告書

平成 30 年 3 月

一般財団法人 機械システム振興協会

委託先 一般財団法人エンジニアリング協会

序

現在、我が国では、国の成長戦略の柱である第4次産業革命の実現に向けて、IoT・人工知能・ロボット等々の最先端技術を活用した新たな試みが始まっていますが、こうした動きを一層促進するには、長年培ってきた多種多様な技術革新の芽を大きく育てる仕組み、すなわち関係者がじっくりと議論を行い、戦略にまとめあげることが必要です。

一般財団法人機械システム振興協会では、平成26年度から、外部の関係組織の皆様とともに「イノベーション戦略策定事業」を進めており、平成29年度は、その4年目を迎えました。本事業は、新技術・新システムを社会に円滑に導入するために、革新的・先進的技術を基にした具体的なイノベーション戦略づくりを行う制度ですが、そのために、構想段階において多様な関係者が自由闊達な議論を行うこととしております。

「光ファイバーを用いた新たな地盤探査技術を線状土木構築物へ展開することに関する戦略策定」は、上記事業の一環として、石油・天然ガス領域で開発された4Dタイムラプス技術とDAS技術を組み合わせた最新鋭地盤探査技術(DAS-4Dタイムラプス技術)を異分野である線状土木構造物(盛土、橋梁等)の維持管理に応用展開を図るための戦略策定を行うこと目指し、一般財団法人エンジニアリング協会に委託して実施しました。この中で、多様な分野の関係者とともに弊協会も参加して議論・検討を行いました。また、弊協会に設置しております「機械システム開発委員会」(委員長:東大名誉教授 大場 善次郎氏)のご指導・ご助言を受けました。

この成果が、機械システムによる経済・社会の変革に寄与することとなれば幸いです。

平成30年3月

一般財団法人機械システム振興協会

はじめに

近年、石油・天然ガス開発では非在来型の探査と開発が精力的に進められている。例えば、地下の貯留層のある場所とその性質がどう変化したかを時間的追い、増産に最適な場所を掘削し革新的な石油・天然ガス開発に繋げるものである。

この技術は2つの主要なものがある。それはタイムラプス(時間変化を追い変化をイメージする方法)と光ファイバーDAS(分布型音響センサ)である。

ここ数年石油・天然ガス開発とCO₂地下貯留の監視にタイムラプス技術を用いる努力を行ってきた(Kasahara and Hasada 2016)。光ファイバーDASはこのタイムラプス技術において最も威力を発揮できると考えられる。光ファイバーDASは安価な光ファイバーを用い、距離20 kmに及ぶ範囲にわたり数m毎の場所の地震動や温度の時間変化を検出できる能力がある。

このタイムラプスと光ファイバーDASは石油・天然ガス開発ばかりでなく他にも非常に広い応用範囲がある。線形土木構造のメンテナンスとか線形土木構造の劣化に伴うアラートに対しても非常に有効であろう。例えば、豪雨や河川の氾濫がおきると堤防の物性状況(V_p, V_s , 密度)が変化する。もしこの異常を早期に検知し、維持慣例組織に対しアラートを発信できれば被害を最小にできる。また、堤防や道路、トンネルや橋梁、ビルなどの経年劣化の状態を把握し、構造物のメンテナンスを要所要所だけにできれば、メンテナンスコストを最小にできるだろう。

本事業では、石油・天然ガス開発で行われてきた技術を土木などインフラの維持管理、アラートに応用し革新的な技術を作ろうというものである。

今年度は、光ファイバーDASの能力を評価し、その応用を検討してDAS-4Dタイムラプス簡易実証試験を行った。その結果、通常地震計に並ぶ性能を持っていることが確認でき、地下の状態変化の指標となる表面波解析を用い、常時微動により容易に表面波の性質が得られた。DASで計測できる物理量を通常地震計の計測物理量と比較し、受信地震波がお互い正確に再現できることが分かった。タイムラプスの可能性を評価した結果、降雨があると浅層の状況が変わるのを示すこと、さらに波形インバージョン法を開発し、地下の状態変化をモニタリングできることから、観測した地震波形を用い地下貯留層のイメージができた。DASの評価、シミュレーションの技術開発を通して本事業において線形土木構造の維持管理、およびリスクアラート発信もできるインフラの整備も有用と考えられる。

本報告書を発行するにあたり、貴重な時間をさいて成果をあげていただいた委員のご尽力にこころから謝辞を捧げます。

平成30年3月

一般財団法人エンジにリング協会

目次

| | |
|--------------------------------------|-----|
| 序 | |
| はじめに | |
| 1 事業の目的 | 1 |
| 2 事業の実施体制 | 2 |
| 3 事業の内容 | 7 |
| 第1章 インフラ維持管理の課題 | 9 |
| 1.1 社会インフラの現状と課題 | 9 |
| 1.2 インフラ維持管理のための政府の計画 | 11 |
| 1.3 インフラ維持管理のための政府の研究開発 | 13 |
| 第2章 DAS-4D タイムラプス技術への期待 | 16 |
| 2.1 DAS-4D タイムラプス技術よインフラ維持管理 | 16 |
| 2.2 DAS-4D タイムラプス技術の利用実績 | 18 |
| 第3章 各WGの検討結果 | 22 |
| 3.1 DASWGの検討結果 | 22 |
| 3.2 盛土WGの検討結果 | 58 |
| 3.3 橋梁WGの検討結果 | 68 |
| 3.4 タイムラプスWGの検討結果 | 76 |
| 3.5 将来構想WGの検討結果 | 93 |
| 第4章 DAS-4D タイムラプス簡易実証試験 | 95 |
| 4.1 試験概要 | 95 |
| 4.2 試験方法 | 96 |
| 4.3 データ解析手法 | 104 |
| 4.4 データ解析結果 | 109 |
| 4.5 DASの測線に沿った振幅比の検討 | 118 |
| 4.6 まとめ | 121 |
| 第5章 インフラ維持管理への適用に関する戦略策定と課題 | 123 |
| 5.1 DAS-4D タイムラプス技術をインフラ維持管理に適用する可能性 | 123 |
| 5.2 戦略策定 | 125 |
| 4 事業の成果(まとめ) | 128 |
| 5 今後の課題 | 130 |