# 分布型音響センシング(DAS)技術を用いた表面波の計測

鹿島建設(株) 正会員 〇中嶌誠門 野中隼人 横田泰宏 伊達健介 升元一彦 カリフォルニア大学バークレー校 Peter Hubbard Kenichi Soga 応用地質株式会社 林 宏一

## 1. はじめに

安全かつ合理的に地下構造物を建設する上で、ボーリ ングや物理探査により地下の地質状況を適切に評価す ることは重要である.近年、新たな振動計測ツールとし て、光ファイバによる計測技術の一つである分布型音響 センシング(Distributed Acoustic Sensing: DAS)が注目さ れている.栗原ら<sup>1)</sup>は弾性波探査に対して適用するなど、 物理探査分野での活用の期待が高まっている.本研究で は、異なる被覆構造の光ファイバケーブルを用いてアク ティブ振源による表面波の計測を行い、表面波探査に対 する適用性と光ケーブルの種類による影響を評価した.

### 2. 分布型音響センシング(DAS)技術の概要

光ファイバ内に光パルスを入射すると、その一部が後 方散乱光として逆方向に伝搬する.後方散乱光の一種で あるレイリー散乱光は、振動が光ファイバに到達し光フ ァイバにひずみが生じることでその強度や位相が変化 する.DASはこのレイリー散乱光を光ファイバの全長で 検知し、それぞれの場所において散乱光の強度もしくは 位相の時間変化を解析することで、空間的に連続した振 動を計測する技術である.図-1 に位相差による DAS 計測の基本原理<sup>1)</sup>を示す.DASの利点として、光ファイ バ自体がセンサーと導線の両方の機能を有するため付 加的な導線を必要としないことや、光ファイバに沿って 長距離かつ高密度(一般的に、数10kmにわたり数mの 間隔)でデータを取得できることなどが挙げられる.

# 3. 光ファイバセンサの敷設と計測の概要

図-2 に本試験における光ファイバセンサの敷設状況 を示す. 直線状に約 97m 掘削したトレンチに光ファイバ センサを直接埋設した. 埋戻し後は, ケーブルと周辺地



図-1 位相差による DAS 計測の基本原理の概念図



図-2 光ファイバセンサの設置状況

表-1 光ファイバケーブルの概要

	ケーブルA	ケーブルB
基本用途	ひずみ計測	光通信
構造	タイトバッファ	ルーズチューブ
断面直径	3.2mm	10.5mm

盤との結合を高めるために締固めを行った.本検討では,表-1に示す構造の異なる2種類のケーブルを使用 した.ケーブルAはタイトバッファと呼ばれる構造で,光ファイバが緩衝材と強く結合している.ケーブルB は光通信用として広く使用されており,ルーズチューブと呼ばれる構造で,光ファイバが径の大きなチューブ に入れられているため被覆材と光ファイバの隙間が大きい.また,計測は OptaSense 社の ODH-4 を用いて, ゲージ長 4m,計測間隔 1m でデータの取得を行った.

キーワード 光ファイバセンサ,分布型音響センシング,DAS,表面波計測 連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株) 技術研究所 TEL042-489-6598

## 4. DASによる表面波の計測

アクティブ振源としてケーブル端部から 2 m 外側に 離れた位置で金属ハンマーによる打撃を行い, DAS によ る計測を行った.計測されたデータには,前処理として 0.5-150Hz のバンドパスフィルタを適用した後に最大値 による正規化を行った.

図-3に光ファイバと周辺被覆部との結合が強いケー ブルAの計測記録を示しているが、ケーブルに沿って端 部まで表面波が伝播している様子を明瞭に確認するこ とができる. 図-4 は結合が比較的弱いケーブル B の計 測記録を示している.ケーブルBでは、距離が離れるに つれて相対的に周辺のノイズレベルが高くなることで 波形が不明瞭となっており、約 60m 以降ではほとんど 認識できない結果となった. このように、光ファイバの 結合状態に関わるケーブルの構造が振動検知に対する 感度に影響を及ぼすことが確認された.次に、感度の向 上を目的としてケーブル B について 10 回分の打撃振動 データをスタッキングした. 図-5 にスタック前後の距 離 40m での波形データのパワースペクトルを示す.1回 の打撃では通常時と振動発生時で得られるスペクトル の差(青ハッチ)は小さいが、スタック後(赤ハッチ) では通常時におけるノイズが低減され表面波が強調さ れたことで、特に 5-50Hz において SN 比が向上した. 図-6にスタック後のケーブルBの波形記録を示すが、 後半部も表面波の伝播を良好に確認でき, 高感度のケー ブルAと遜色ない結果となった.

### 5. おわりに

今回の実験から, DAS 技術を用いてアクティブ振源 による表面波を良好に計測できることを確認し,浅層物 理探査に対する適用可能性が示唆された.また,光ファ イバと周辺被覆との結合状態の違いが振動の計測性能 に影響を及ぼすことを確認した.一方で,結合力の低い 光通信用ケーブルでもデータの処理方法を工夫するこ とで感度に改善がみられたことから,センシング用途以 外のケーブルについても DAS 計測への活用の可能性が 示された. 今後は DAS による物理探査技術の確立に向 けて実績を蓄積するとともに,様々な用途への DAS の 展開を見据えて適用性の検討を進めていく.

### 参考文献

1) 栗原ら: 光ファイバによる分布型音響センシング(DAS)の弾
性波探査への適用,第75回土木学会年次学術講演会概要集,III-428,2020



図-3 ケーブルAによる表面波計測記録







