

分布型光ファイバセンサを用いた河川堤防モニタリング技術に関する実験的検討 —その2 DAS計測—

山口大学 学生会員 ○中村仁美 正会員 森 啓年 佐古俊介
鹿島建設(株) 正会員 梶谷麻衣 永谷英基 川野健一 今井道男

1. はじめに

分布型光ファイバセンサ(以下、光ファイバ)を用いた河川堤防モニタリング技術の開発を目的とし、河川堤防の越水とそれに伴う侵食を対象に模型実験を実施した。本稿では、DAS計測による振動の計測結果を報告する。

2. 分布型音響センシング (Distributed Acoustic Sensing : DAS)

光ファイバによる計測は、捉える散乱光の種類によりいくつかの計測方式があるが、本実験で採用したDAS計測では最も感度の高いレイリー散乱を用いることが一般的である。数十kmにわたる振動分布を高密度に計測することが可能であり、近年では海底ケーブルを利用した地震探査²⁾、弾性波探査³⁾、建設振動計測⁴⁾などに適用した事例が報告されている。振動が光ファイバに到達すると、光ファイバにひずみが生じ、レイリー散乱の振幅(強度)およびランダムパターンの位相が変化する。この振幅の変化と位相差を解析することで、光ファイバの延長方向に発生しているひずみの動的計測が可能である。

3. 試験方法

模型の作成方法および試験手順等は前報⁵⁾に記載した。表-1に本実験で使用したDAS計測用アナライザの仕様を示す。サンプリング周波数は4.0kHzとした。DAS計測用光ファイバは、計測する振動強度を確保するため、空間分解能に相当する長さ(2.8m)を巻いた状態で埋設した。光ファイバ埋設状況を図-1に示す。振動計測時間はStep2で90sec、Step3~5で60sec、Step6で100secとし、計測開始から20sec後に貯水槽への給水を開始した。

4. 振動計測結果

1) 振動分布

越水時の光ファイバ延長に生じた振動分布を図-2に示す。縦軸はアナライザ接続部を0mとした光ファイバ長、横軸は時間を示し、光ファイバに加わる動的ひずみをコンター表示している。これより、越水時には、計測線-2~5において振動が生じていたことがわかる。一方、計測線-1では明確な振動が生じていないことから、越流水の検知に対しては裏法面での振動計測が有効であることを示唆している。また、越水の前後も微小な振動を計測しているが、これは周囲の環境音による振動と考えられ、こうしたノイズのフィルタリング処理が必要になると考えられる。

表-1 DAS計測アナライザ仕様

光ファイバ長 (m)	50~50k
発光波長 (nm)	1550±0.01
周波数範囲 (Hz)	1.0~2.5k
サンプリング周波数(Hz)	0.5~5.0k
空間分解能 (m)	2.8
サンプリング間隔 (m)	0.2



図-1 光ファイバ埋設状況

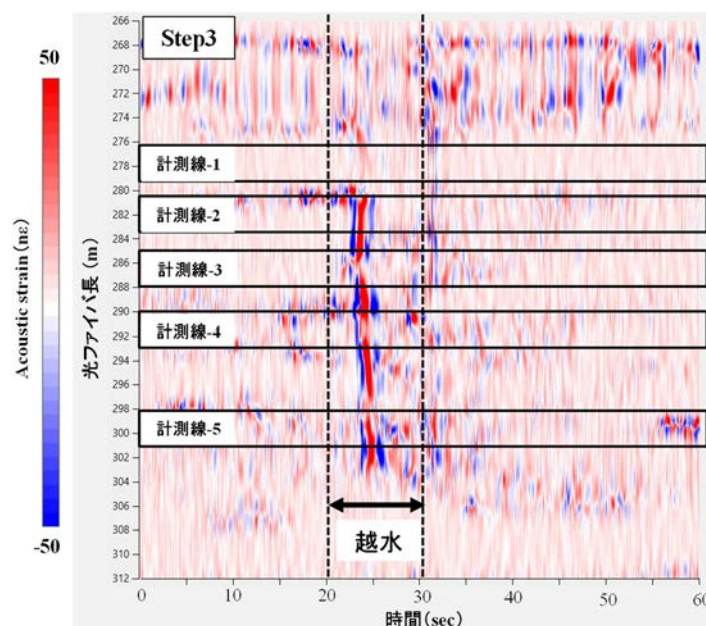


図-2 振動分布 (Step3)

キーワード 河川堤防, モニタリング, 越水, 振動, 分散型光ファイバセンサ, DAS

連絡先 〒755-8611 山口県宇部市常盤台 2-16-1 山口大学工学部 TEL (0836) 85-9300

2) 侵食・堆積状況と振動の変化

各計測線の中央にあたる光ファイバ位置で計測した振動を図-3に示す。ここで、各ステップ後の累積の侵食・堆積深を併記した。ただし正を堆積、負を侵食とする。

Step2の貯水時にも振動が生じたことから、河川水位の上昇を振動として検知できることを示唆している。

法肩の計測線-2では、越水による侵食が進行し、また、ひずみの振幅もわずかに増加した(Step3,6)。これは、埋設した光ファイバが地表面に露出していくことで、越流水の流れから生じた振動が減衰することなく光ファイバに伝播したためであると考えられる。一方で法先の計測線-4では、流出した土砂が堆積し、この時、ひずみの振幅も大幅に増加した(Step3,6)。法先で計測した振動は、水や土砂が衝突する衝撃で生じていると考えられ、計測線-2と比較したとき、水流による振動よりも土砂の堆積による振動のほうが大きな振幅を生じることがわかった。

以上の結果から、DASによる振動計測で

は、河川水位の上昇や越水に伴う侵食・堆積といった事象を、堤体に埋設した光ファイバで検知できることが示されたが、それらの事象を計測結果に基づいて判定するには、周波数解析などを行う必要があると考えられる。

5. まとめ

河川堤防の模型実験を実施し、堤体に生じる振動を分布型光ファイバセンサを用いて計測した。本結果から、水位上昇や越水によって発生する微小な振動を光ファイバ延長方向に計測できることがわかった。つまり、堤体内に生じたクラックやパイピングが生じる際の水みちが形成される音や振動等を計測できる可能性が期待できる。しかし、振動の有無や大小は検知可能であるが、具体的な振動発生源の評価には、環境音などの周辺環境ノイズを除去する必要があると考えられる。今後は、一定周波数の継続時間などを判定条件に加えるなど、信号処理および解析手法について技術開発を進める所存である。

参考文献

- 1) 今井道男, 青鹿弘行, 吉村雄一, 川端淳一, 永谷英基: レイリー散乱光を用いた分布型光ファイバセンサの基礎検討, 第76回土木学会年次学術講演会概要集, CS9-50, 2021.
- 2) 木村恒久, 荒木英一郎, 横引貴史: 海底光ファイバケーブルとDASテクノロジーを使った海底地震と波の同時観測, 日本地球惑星科学連合大会予稿集, SCG65-01, 2018.
- 3) 栗原啓丞, 黒川紗季, 小泉悠, 宮石雅子, 升元一彦, 今井道男, 川端淳一: 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
- 4) 吉村雄一, 坂根英之, 大林信彦, 今井道男, 青鹿弘行, 中島拓巳, 永谷英基, 川端淳一: DASによる建設振動の計測に関する検討, 第76回土木学会年次学術講演会概要集, CS9-51, 2021.
- 5) 榭谷麻衣, 永谷英基, 川野健一, 今井道男, 中村仁美, 森啓年, 佐古俊介: 分布型光ファイバセンサを用いた河川堤防モニタリング技術に関する実験的検討—その1 ひずみ計測—, 第77回土木学会年次学術講演会概要集, 2022. (投稿中)

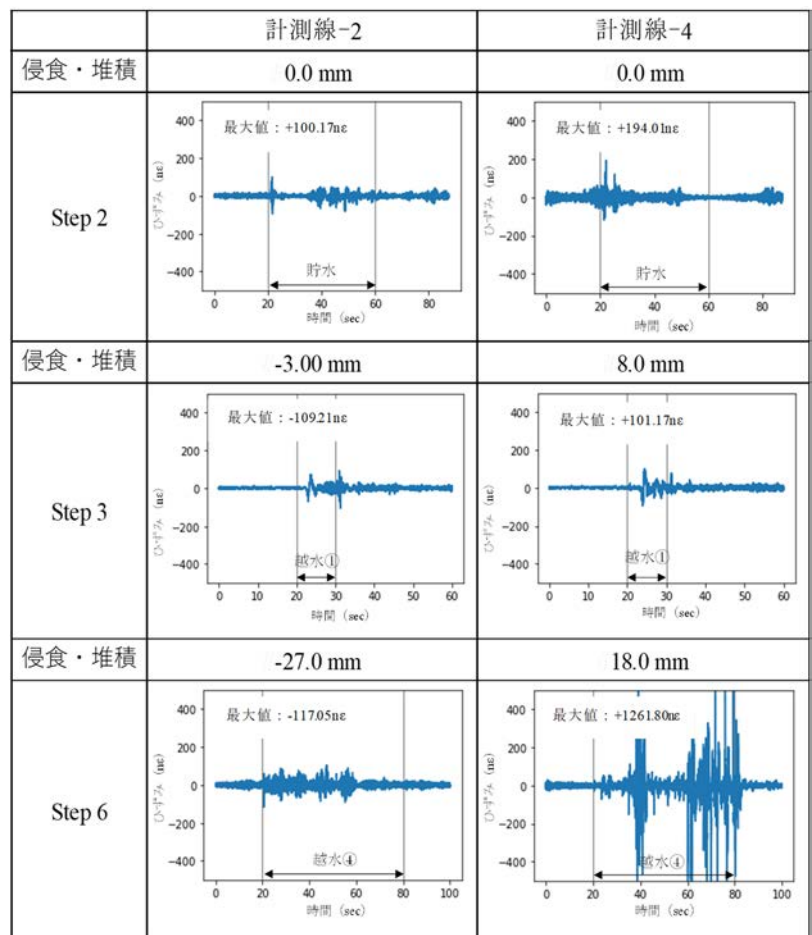


図-3 光ファイバ振動計測結果