

光ファイバを用いた杭構造物周辺の局所洗掘に対する経時変化計測

東洋建設株式会社

正会員 ○山野 貴司

東洋建設株式会社

フェロー会員

藤原 隆一

大阪市立大学

田邊 彩佳

1. はじめに

外洋に面した侵食性海岸の対策は、今後予想される海面上昇量を勘案すると喫緊の国家的課題である。その対策の一つとして、著者らは水平スリットを有する3枚の鉛直壁で構成された有脚式離岸堤を考案し、その性能等について検討を行ってきた。有脚式離岸堤は杭式構造物のため、その構造的特徴として堤体周辺で局所洗掘が発生する。局所洗掘は堤体の安定性に大きな影響を及ぼすため、その特性を把握することは重要である。現地における実構造物を対象とした場合、台風や時化等の高波浪時に洗掘深が最大となるが、その時間帯での洗掘深の計測は極めて困難であり、海域が静穏となった後に計測を行うこととなる。しかしながら、その頃では埋め戻しにより本来の最大洗掘深を捉えることができない。そこで、高波浪襲来時にもリアルタイムに洗掘深の経時変化を捉える手段として、光ファイバを用いた計測手法を考案した。本研究では、その計測手法の有用性について、移動床水理模型実験により検討した結果を述べる。

2. 実験方法

図-1 に、光ファイバ計測器の計測イメージを示し、写真-1 にその外観を示す。本研究で対象とする構造物は杭のみとし、鉛直方向に5mm 間隔で全16Ch（計測長75mm）のファイバセンサ（LS3：（株）レーザック製（OSV 研究会）、FS-N11MN：（株）キーエンス製）を杭模型に設置した。各センサ位置での光の透過の有無を底質の有無として判定し、それを時々刻々計測することで、杭直下の地盤高の経時変化を捉えるものである。実験は図-2 に示すように水路内に仮設床を設け、一部を移動床とした。移動床は厚さ30cm、長さ6mで、中心に杭径 $D=4.3\text{cm}$ の杭模型を設置し、模型の沖側は1/70の海底勾配を設けた。底質は中央粒径 $d_{50}=0.19\text{mm}$ のフラタリーサンドを用いた。波浪条件は高波浪時を想定し、 $H_0'=12.2\text{cm}$ 、 $T(T_{1/3})=2.19\text{s}$ （シーلز数 $\phi=0.207$ ）の規則波および不規則波を地形が安定するまで作用させた。波浪作用後には別途地盤高も計測した。

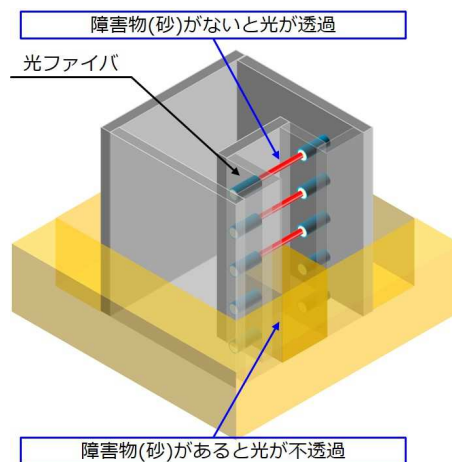


図-1 光ファイバ計測イメージ

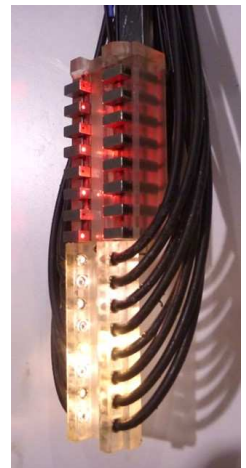


写真-1 光ファイバセンサ

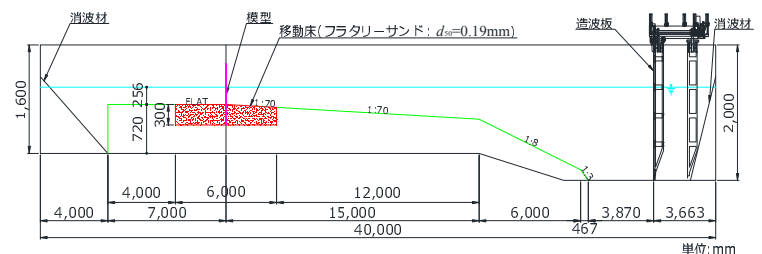


図-2 模型配置

3. 実験結果

図-3 に、規則波を作用させた場合の、初期地盤高さから5mm下（Ch1）と10mm下（Ch2）に設置された光ファイバで計測された電圧値と、杭設置位置での水位の時系列を示す。光ファイバ電圧値は、光の透過の程度

キーワード 光ファイバ、局所洗掘、杭構造物、有脚式離岸堤

連絡先 〒663-8142 兵庫県西宮市鳴尾浜 1-25-1 東洋建設(株)鳴尾研究所 TEL. 0798-43-5902

を表し、約 1V の場合はその位置は地盤中に埋まっており、約 5V の場合は完全に水中に露出していると判断する。図より、Ch1 ではほぼ 5V の値を示し、Ch2 は 1V 程度であることから、造波から 100 波付近の時刻では杭直下の地盤高は -5

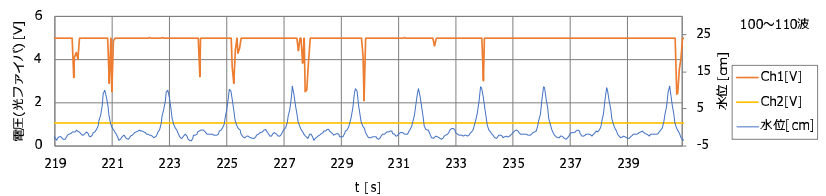


図-3 光ファイバ電圧値と水位の時系列

～10mm の位置にあるということがわかる。また、杭位置に波峰が到達した直後に Ch1 の電圧値が瞬間的に 2～3V 程度まで下がる傾向が見られる。波峰通過後に杭直下で底質が巻き上げられることで濁りのような状態となり、その結果光の透過量が減衰したと考えられ、1 波ごとに変動する杭直下の地盤高の様子が捉えられた。

図-4 に、不規則波を作用させた場合の Ch1(-5mm)～Ch3(-15mm)の位置における電圧値の時系列を示す。横軸には、時刻を有義波周期で割った実質的な波数とした。図より、各 Ch において、波数の増加に伴って順番に、地盤中に埋まっていたファイバセンサが水中に露出していく様子が捉えられている。水中に露出して光が透過した後、底質の巻き上がりによる光の減衰が繰り返されている。

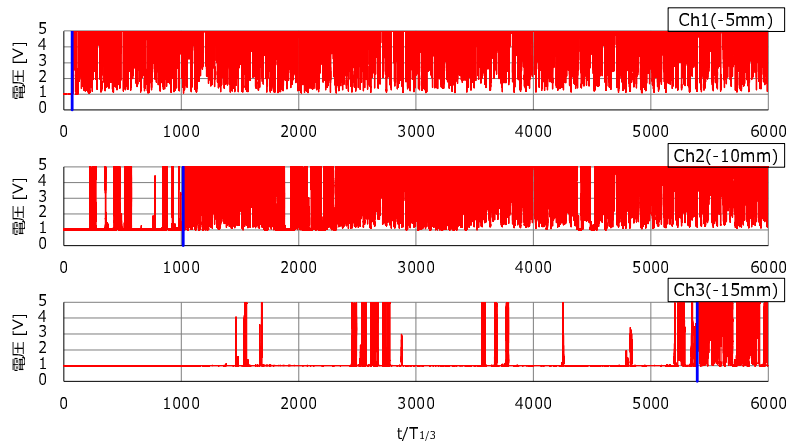


図-4 光ファイバ電圧値の時系列

各 Ch で光が完全に透過し、水中に露出した時刻を、その Ch の設置高さに地盤高が達した時刻と判断し（図-4 中の青線）、地盤高（洗掘深 Z_s ）を管径 D で無次元化した経時変化としてプロットした結果を図-5 に示す。図中には、各造波（2000, 4000, 6000 波）終了後に杭直下の地盤高を計測した結果を併せて示す。造波開始から早い段階で局所洗掘が進行し、時間とともに変化が小さくなる傾向としては、これまでの研究と同様である。これまでの研究では、一定の波数で造波終了後にその都度地盤高を計測する必要があったが、光ファイバによる計測は時々刻々計測を行えるため、経時変化をより詳細に把握可能であることがわかる。2000 波を超えたところから、光ファイバによる計測結果が地盤高計測結果に比べて 0.2 程度小さくなっている。本研究で採用した手法は杭に溝を有した構造であるため、その部分に砂が溜まることで、実際の地盤高よりも高くなるのが原因であり、ファイバセンサ部の構造も含め今後の課題である。

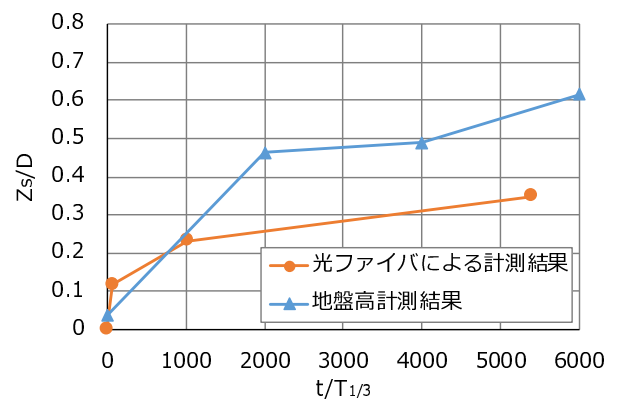


図-5 地盤高の経時変化

4. まとめ

本研究で用いた光ファイバによる局所洗掘計測は、構造的な課題は残るが、1 波ごとの地盤高の変動に加え、時々刻々の経時変化を詳細に捉えることができる有用性の高い手法である。

参考文献

- 1) 藤原・山野・野村：低天端有脚式離岸堤の局所洗掘に関する水理模型実験。土木学会論文集 B3(海洋開発), Vol.67, No.2, pp.208-213, 2011.
- 2) 山野・藤原・野村：海底勾配の違いによる低天端有脚式離岸堤の洗掘特性と対策工の効果に関する実験的研究。土木学会論文集 B3(海洋開発), Vol.68, No.2, pp.738-743, 2012.
- 3) 山野・藤原・野村・白木：有脚式構造物の脚部局所洗掘に対する平面的特性とその対策工の効果。土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol.69, No.2, pp.591-595, 2013.
- 4) 山野・藤原・野村・白木：杭周辺の局所洗掘に関する現地観測およびその再現実験。土木学会論文集 B3(海洋開発), Vol.69, No.2, pp.874-879, 2013.