

## 波浪を受けるサクシオン基礎の光ファイバセンサによるひずみ計測

東洋建設株式会社 正会員 ○伊藤 輝  
 正会員 鶴ヶ崎 和博  
 正会員 角田 紘子

### 1. 目的

近年、洋上風力発電基礎としてサクシオン基礎の研究・開発が進められている。また、光ファイバセンサは防食や電氣的保護が低コストで行える点から様々なモニタリングシステムに活用されている<sup>1)</sup>。本研究では、サクシオン基礎が波浪による地盤の液状化によって傾斜する実験において、ひずみゲージと光ファイバセンサの応答を計測し、実海域に応用できる光ファイバによるモニタリング手法の提案を行った。

### 2. 実験概要

実験は、東洋建設(株)鳴尾研究所のドラム型遠心載荷装置の水路を用いて行った。実験模式図を図-1に示す。実験は遠心力場70Gで行った。模型断面を図-2に示す。実験に用いた光ファイバセンサはFBG(Fiber Bragg Grating)方式である。このセンサは温度や外力によって生じたファイバの変形を光の波長の変化としてとらえることができる。また、FBGセンサは1本の光ファイバに計測点をいくつか設置できる点や、ファイバの長さが1kmを超えても距離減衰が十分小さい点から、洋上の構造物基礎に設置する上でひずみゲージに優位である。

模型地盤は東北珪砂6号を水中落下させることによって作成した。サクシオン基礎はバケット径80mm(実規模で5.6m)、高さ70mm(実規模で4.9m)とした。これは実際に使用されるサクシオン基礎の1/2~1/3程度のスケールである。また、模型バケットの素材は鉄製で、厚さは2mmとした。また、波浪によるタワー部分の外力を再現するため、風力発電の主塔を模した高さ13cmのタワーを取り付けた。ひずみゲージ及び光ファイバセンサはバケット高さの中間部分に設置した。ひずみゲージは防水のため樹脂コーティングされているものを使用し、標準の接着剤を用いてバケット壁面の表と裏に接着した。光ファイバセンサは瞬間接着剤を用いて接着し、接着剤が砂によって削られないようセロハンで表面を保護した。図-3にひずみゲージと光ファイバセンサの取付状況を示す。

載荷した波浪は徐々に振幅が大きくなるsin波である。周期は0.1秒であり、実規模で7秒程度の波浪である。地表面で得られた波圧を図-4に示す。海底面が受ける最大波圧は10kPa程度であった。

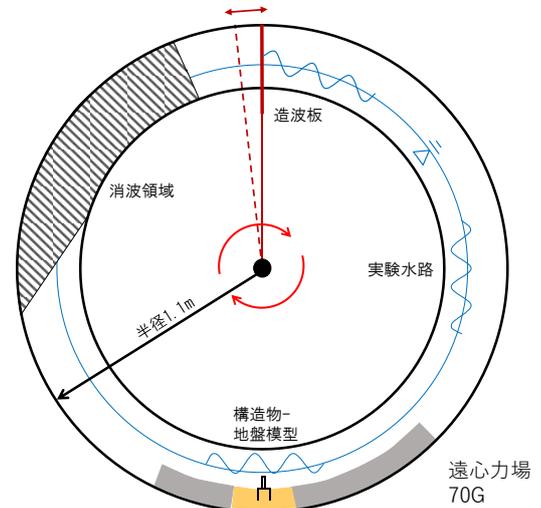


図-1 ドラム遠心載荷実験模式図

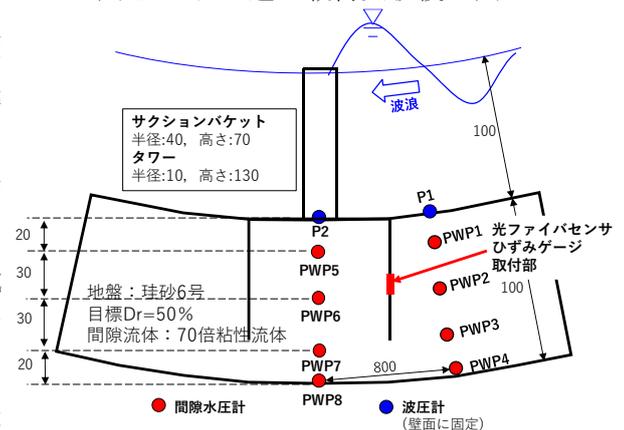


図-2 実験断面図(mm)

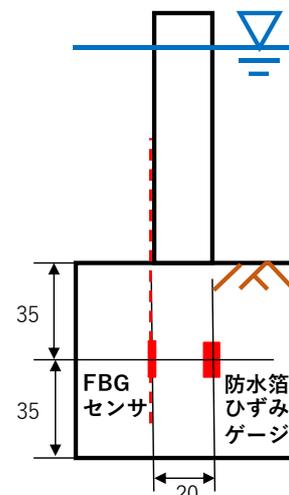


図-3 センサ取付状況

キーワード 光ファイバセンサ, サクシオン基礎, 液状化, 遠心模型実験, ひずみ測定

連絡先 〒663-8142 兵庫県西宮市鳴尾浜1丁目25番1号 東洋建設(株)鳴尾研究所 TEL. (0798)43-5903

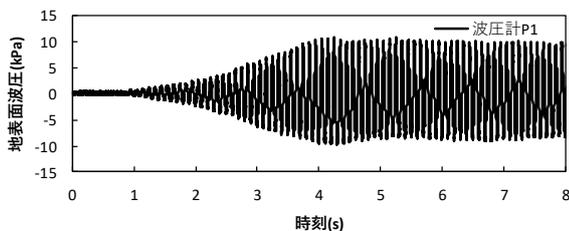


図-4 地表面波圧

### 3. 実験結果

図-5 に波浪载荷前後の状況を示す。波浪を载荷したことにより地盤全体が液状化に至り、沈下した。また、サクシオンバケットは沖側に大きく傾斜し、一部地上に露出した。

図-6 にバケット周辺の過剰間隙水圧を示す。波浪によって過剰間隙水圧が上昇し、各層で液状化に至っている。液状化発生後、バケットが右側へ傾斜し、地盤の変状や上载荷重の変化のため、液状化後の過剰間隙水圧が変動した。その後、深い地点から順に消散した。図-7 にひずみゲージによるバケット表面ひずみ時刻歴を示す。波浪が载荷されるとバケット表面にひずみが発生し、波浪と同じ振動成分をもって変化した。また、地盤下部の層で消散が始まると（図-6 PWP3 参照）、図-5 に示すようにサクシオン基礎が剛性の回復した地盤に支えられることからひずみは大きく変化している。この傾向は光ファイバでも見られた。図-8 に光ファイバのピーク波長時刻歴を示す。光ファイバについても、PWP3 の消散が始まると大きく変化した。また、図-9 に液状化発生前のバケット表面のひずみと光ファイバの波長の詳しい変化を示す。光ファイバの波長はひずみと同様に波浪と同じ振動成分をもって変化した。以上のことから、光ファイバはひずみゲージと同様に構造物の大きなひずみから微小なひずみまで計測できることを確認した。

### 4. まとめ

サクシオンバケットにひずみゲージと光ファイバセンサを設置して波浪载荷実験を行った。波浪を载荷することで地盤は液状化し、サクシオンバケットは傾斜した。その際発生したひずみを光ファイバセンサを用いることでひずみゲージと同様に計測が可能であることが示され、ひずみゲージに比べて海洋構造物のモニタリングでメリットの多い光ファイバによる計測が適用可能であることを確認した。

### 参考文献

1) N. Müller et al. (2017) Fiber Bragg Grating sensors and signal based detection method for failure detection of an offshore wind turbine grouted connection. ISOPE' 27, 25-30.

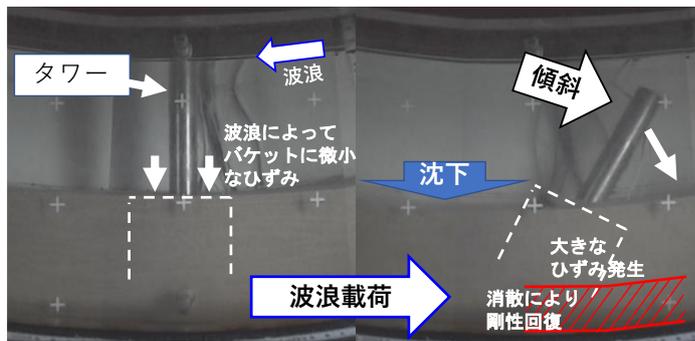


図-5 実験前後

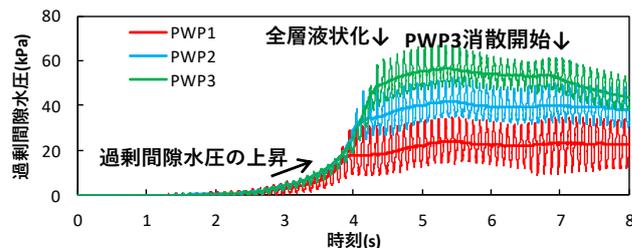


図-6 過剰間隙水圧時刻歴(PWP5~8)

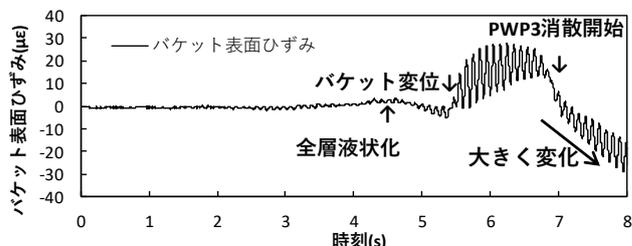


図-7 バケット表面ひずみ時刻歴

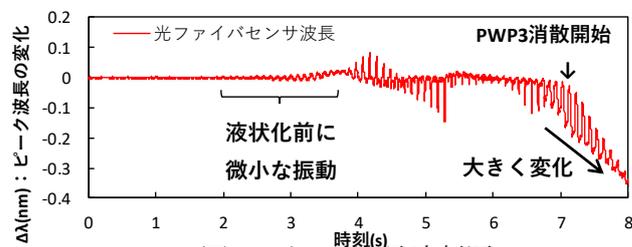


図-8 ピーク波長時刻歴

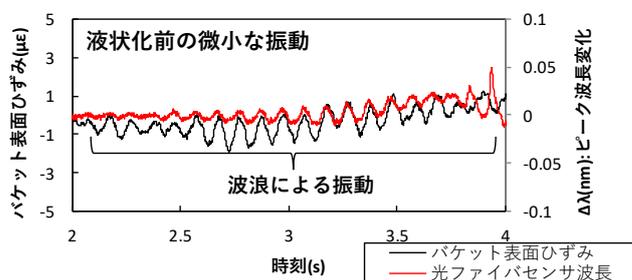


図-9 液状化発生前のバケット表面ひずみと光ファイバ応答