

分布型光ファイバを用いた圧入式オープンケーソンの動態観測

鹿島建設(株) 正会員 ○松井貴志 那須郁香 笹岡里衣 永谷英基 平 陽兵 今井道男
向 弘晴 岡 直彦 文村昌史
阪神電気鉄道(株) 杉垣直哉

1. はじめに

圧入式オープンケーソン工法は沈設時の沈下抵抗力に対して、躯体重量と油圧ジャッキによる圧入力によってケーソン基礎を沈設する施工方法である。ケーソン基礎沈設時は事前に算出した圧入力を参考にして、オペレーターがジャッキ荷重を制御するが、圧入力や摩擦力が想定と異なる場合、躯体にひび割れが発生する等のトラブルが懸念される。沈設時のトラブルを回避できるかはオペレーターの経験に依存しており、沈設不能などの予兆を定量的に捉えることは難しい。そこで、トラブルの予兆を定量的に見える化することを目的に、高速・高精度な分布型光ファイバセンサを用いたケーソン基礎圧入時の動態観測を行ったので報告する。

2. ケーソン基礎沈設時の動態観測概要

(1) ケーソン基礎諸元

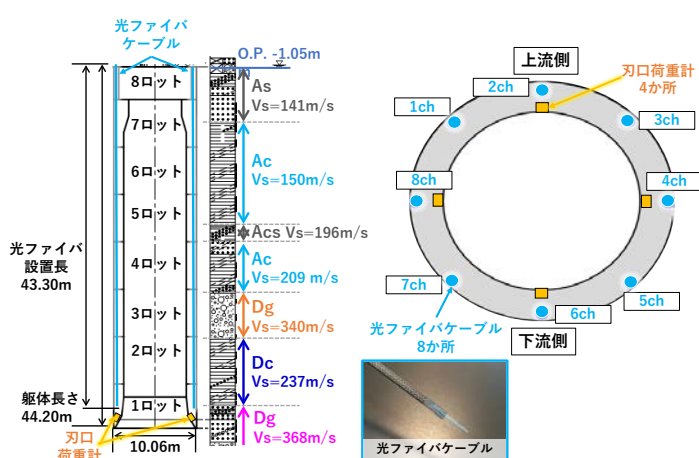
検討対象としたオープンケーソン基礎は躯体全長 44.20 m、直径 10.06 m である。図-1(a)に躯体の外観写真を、図-1(b)に地層構成と断面図を示す¹⁾。ケーソン基礎の構築はコンクリート打設を8ロットに分けて行うこととし、1ロット毎に計8台の油圧ジャッキを操作して沈設を行う。1ロット当たりの躯体高さは約5mで、クラムシェルによる地盤の掘削と油圧ジャッキによる圧入を繰り返して所定の深度まで沈設させる(図-1(b))。

(2) 光ファイバの敷設と計測概要

円周方向8か所に光ファイバを深度方向全長に亘って設置し、それぞれ1~8chとした(図-1(b))。光ファイバは、結束線を用いて鉄筋に仮留めした後、コンクリートを打設することで躯体と一体化させた。その後、ケーソン基礎の沈設開始直前に初期軸ひずみ値を計測し、沈設中に生じる軸ひずみを計測間隔5cmで計測した。今回はケーソン基礎に生じる微小な軸ひずみを計測することから、 $\pm 1\mu\epsilon$ の分解能で計測可能なレイリー方式²⁾を採用した。ケーソン沈設時の施工管理に活用するため、計測した軸ひずみ分布を可視化システム上に3Dコンターとしてリアルタイムに表示し、油圧ジャッキ制御による軸ひずみの変化を現場で確認できるようにした(図-2)。さらに、施工管理のために、刃先の円周方向4か所に刃先荷重計を設置し、圧入時のジャッキ荷重は荷重計により計測した。



(a) ケーソン基礎外観



(b) 地層構成と断面図

図-1 ケーソン基礎計測概要

キーワード 分布型光ファイバ、ケーソン工法、オープンケーソン、レイリー計測

連絡先 〒540-0001 大阪府大阪市中央区城見 2-2-22 マルイト OBP ビル 鹿島建設(株)関西支店 TEL06-6946-3311

3. 計測結果

6 ロット沈設中の軸ひずみの計測結果の 2D コンター図を図-3 に示す。縦軸が刃先からの計測距離を示し、横軸は円筒状のケーソンを円周方向に展開した際の計測チャンネル位置を示している。光ファイバの軸ひずみ分布より、沈設荷重による圧縮ひずみが躯体全体に作用しており、特にケーソン基礎の刃先においては圧縮方向の大きな軸ひずみの増加が確認できた。G.L.付近においては引張ひずみや局所的な圧縮ひずみが発生しているが、施工時胴締めなどの沈設不能は確認されなかった。G.L.付近のひずみは躯体の一部が地表面より上部にあることからジャッキ載荷にともなう躯体の微小なはらみや日射による温度変化が影響していると推察する。

図-4(a)に沈設時のジャッキ荷重の時系列グラフを、図-4(b)に沈設時の刃先の先端反力の時系列グラフを示す。図-4(a)に示すとおり、沈設中にジャッキ荷重が増加していることが分かる。図-4(b)に示す先端反力は、光ファイバの先端 1m の軸ひずみ計測結果を使用して、式(1)を用いて算出した値である。ここで、光ファイバ計測結果と刃口荷重計の値を比較すると、概ね同様の値を示した。刃口荷重計の値の方が若干大きくなっている理由は、光ファイバは 1 ロットの側壁部から設置しているため感度が鈍感になったことが影響していると考えられる。

4. おわりに

分布型光ファイバを用いて圧入式オープンケーソンの動態観測を試みた結果、ケーソン基礎の軸ひずみを高精度に計測することができた。さらに、先端反力を従来の刃口荷重計と同様に評価でき、オペレーターがジャッキ荷重制御の際に参考にできる施工管理システムを構築できた。今後、ケーソン工法への適用展開を進め、基礎構造物の維持管理への利活用についても検討を進める。

参考文献

- 1) 笹岡ら、数値解析によるオープンケーソン基礎の沈設挙動の予測、土木学会第 78 回年次学術講演会, 2023. (投稿中)
- 2) 平ら、ニューマチックケーソン沈設時における光ファイバを用いた RC 躯体のひずみ分布計測、土木学会第 75 回年次学術講演会, 2020.

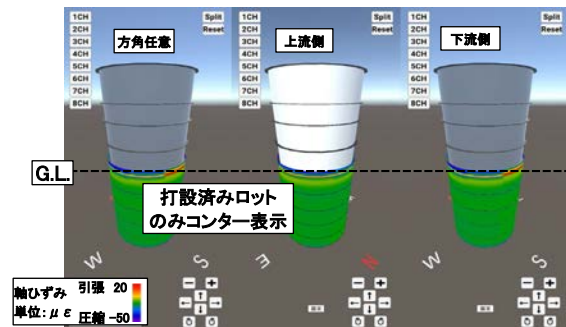


図-2 3D 可視化システム

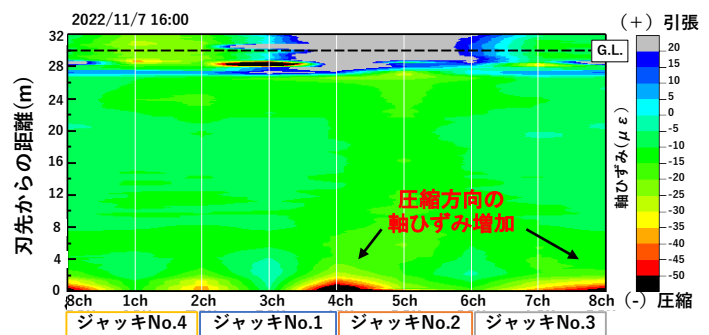


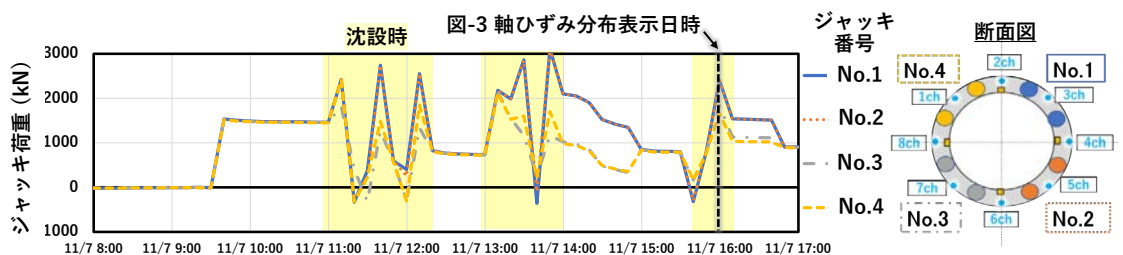
図-3 軸ひずみ計測結果(2022/11/7 16:00)

$$Q = \varepsilon_{AVE} \times E_{con} \quad (1)$$

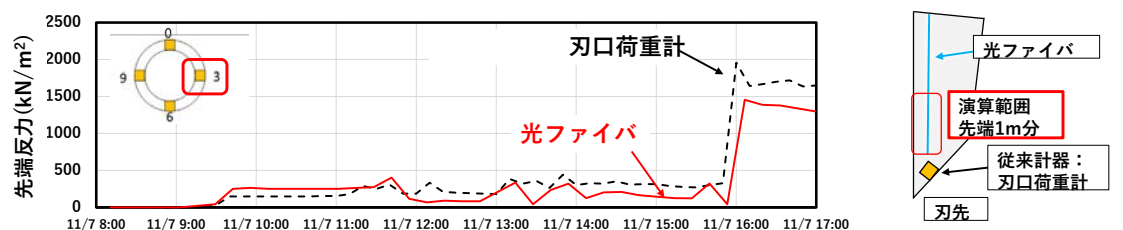
ここに、 Q : 先端反力(kN/m^2),

ε_{AVE} : 光ファイバ先端 1m 分のひずみ平均値,

E_{con} : コンクリートのヤング係数($25 \times 10^6 \text{kN/m}^2$)



(a) ジャッキ荷重



(b) 先端反力(3 時方向)

図-4 時系列グラフ