

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

鹿島建設(株) 正会員 ○笹岡里衣 那須郁香 永谷英基 岡本道孝
向 弘晴 岡 直彦 文村昌史 松井貴志
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では、躯体天端の変位量や躯体、地盤などの諸条件から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して躯体を沈設させる。この方法はオペレーターの技量に依存する部分が大きく、また沈設不能などのトラブルの予兆を定量的に捉えることが難しい。これに対して、筆者らは数値解析によって沈設挙動を予測し、その結果を踏まえたジャッキ制御によって沈設管理を高度化することを目指している。本報では3次元の弾性FEM解析で評価した沈設挙動と現場計測値の比較結果について報告する。

2. 概要

検討対象としたオープンケーソン基礎は躯体全長 44.20m、直径 10.06m である。図-1 に基礎の断面図と地層構成を示す。各層の N 値は 3~20 だが、支持層である Dg 層の N 値は 40 以上である。施工は躯体を 8 ロットに分け、1 ロットの構築毎に計 8 台の圧入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、地盤の掘削と圧入を繰り返して所定の深度まで沈設させる（図-2）。なお、沈設に伴う周辺施設の変状防止を目的として、基礎周囲の 3 面に SP-IV、長さ $L=11.0\text{m}$ 、1 面に SP-IVw、 $L=30.5\text{m}$ の鋼矢板を設置している。躯体には光ファイバ、変位計および周面摩擦計を図-2

の断面図のように設置した。光ファイバは躯体内の鉄筋に沿わせて配線し、50mm 間隔で躯体の軸方向ひずみ（以降、軸ひずみとする）を計測したり、

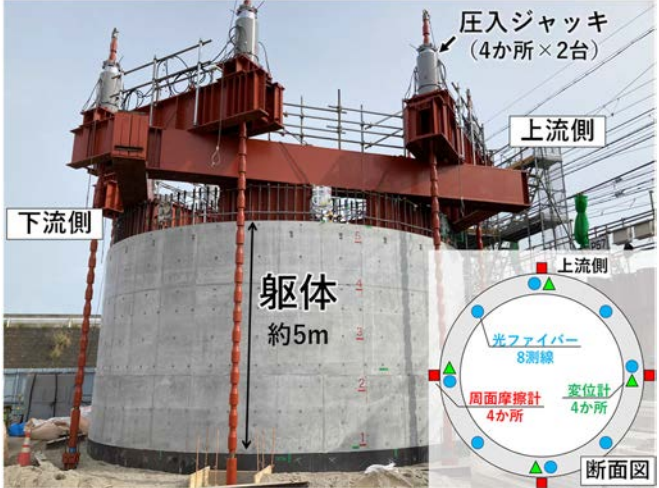
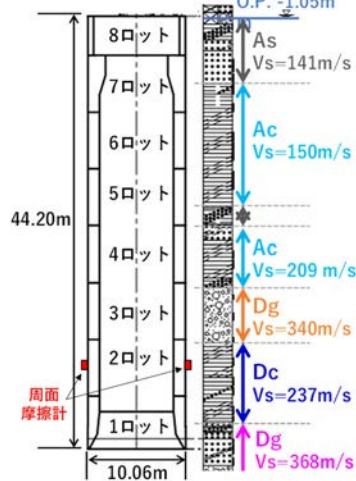


図-1 オープンケーソン基礎の断面図と地層構成

図-2 施工風景と基礎の断面図

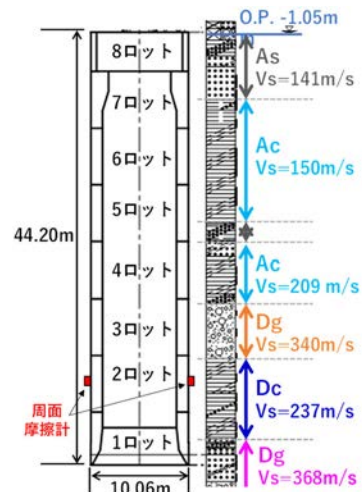


図-1 ケーソン断面図と柱状図

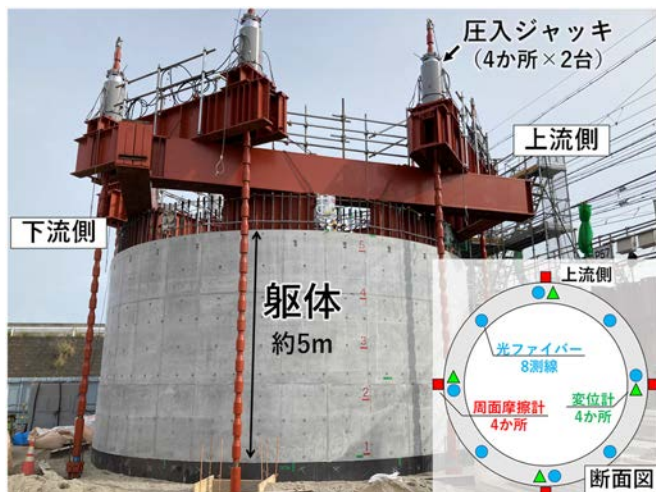
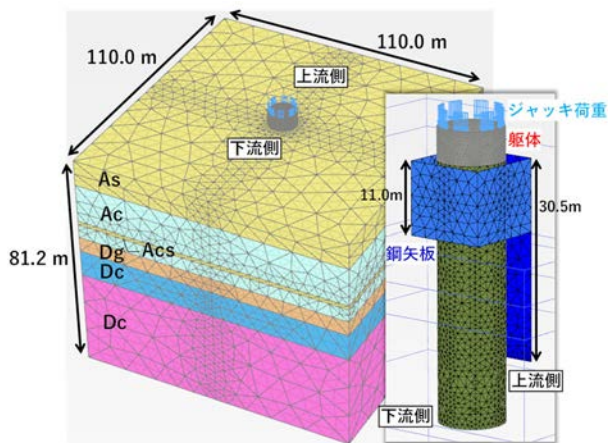


図-2 施工全景および躯体断面図



図一3 解析モデル

表一1 解析用物性値

地盤	単位体積重量	16.8~20.8 kN/m ³	
	ポアソン比	0.333	
	変形係数	Vs (PS検層) に基づく	
インターフェイス要素	法線剛性(Kn)	1.0 × 10 ⁶ (kN/m ²)/m	
	せん断剛性(Ks)	1.0 × 10 ⁶ (kN/m ²)/m	
躯体	単位体積重量	24.5 kN/m ³	
	ポアソン比	0.167	
	ヤング係数	26.5 kN/mm ²	
鋼矢板	断面積	SP-IV	242.5 × 10 ⁻⁴ m ² /m
		SP-IVw	225.5 × 10 ⁻⁴ m ² /m
	断面二次モーメント	SP-IV	38600 × 10 ⁻⁶ m ⁴ /m
		SP-IVw	56700 × 10 ⁻⁶ m ⁴ /m

キーワード 情報化施工, ケーソン工法, オープンケーソン基礎, 数値解析, 有限要素法

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 TEL 042-485-1111

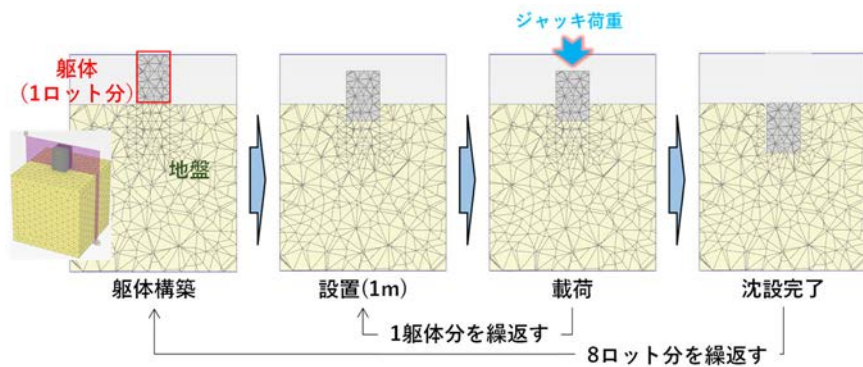


図-4 解析ステップ

沈設中の躯体の姿勢制御のために、躯体天端の4か所に変位計を設置した。周面摩擦計は地盤と躯体間に生じる摩擦応力を計測するために、躯体外周の刃先から8.3mの位置(図-1)に設置した。

3. 数値解析

3.1 計算方法

解析には汎用解析ソフト PLAXIS 3D を用いて、躯体を中心として一辺 110.0m、深度 81.2m の範囲をモデル化した。解析モデルを図-3 に示す。モデルには周辺の鋼矢板をモデル化している。躯体の外側にはインターフェイス要素を設けた。地盤ならびにインターフェイス要素は、計算の簡便性を考慮して線形弾性体としてモデル化し、鋼矢板は板要素としてモデル化した。表-1 に解析用物性値を示す。数値計算では、深度 1m 毎に設置と圧入を繰り返すことで躯体の沈設を再現した(図-4)。

3.2 解析結果

1 ロット沈設時の最上流側における軸ひずみの解析値と計測値の比較を図-5 に示す。ひずみは引張を正としている。先端から 2.5m 以内では、解析値と計測値は概ね一致したが、それより浅い深度では解析値よりも計測値の方が大きな圧縮ひずみを示した。この差異の要因のひとつには地下水位による影響が挙げられる。なお、今回の解析モデルでは、地下水位に因らず、一律の物性値を As 層に付与している。一方で、飽和度が低い地表部は、地下水位以深と比べて剛性が大きくなると考えられる。この影響で地表付近の躯体には、地下水位以深と比べて大きな摩擦力が作用し、結果として軸ひずみが大きくなったと考えられる。

図-6 に 3 ロット沈設時の地盤の変形を示すが、下流側への傾斜が大きい結果となった。これは、鋼矢板の剛性が小さく、根入れが短い下流側の方が水平方向の拘束圧が小さくなるために沈下が生じやすくなった影響と考えられる。図-7 に周面摩擦応力(実線)と相対変位(破線)の経時変化を示す。相対変位は上流側を基準とした標高差であり、負値は上流側より天端位置が低いことを表す。図-7 では、下流側の周面摩擦応力が小さく、沈下が先行する挙動が確認されており、図-6 の解析結果と傾向が一致している。

4. おわりに

オープンケーソン沈設中の軸ひずみや沈下傾向を数値解析によってシミュレートできる見通しを得た。ケーソン工法のトラブル防止や施工精度向上に向け、解析結果を活用した施工管理技術の確立を目指す。

参考文献 1) 那須ら, 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, 土木学会第 78 回年次学術講演会, 2023. (投稿中)

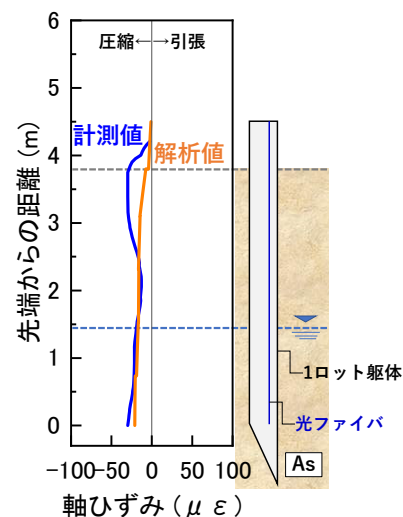


図-5 解析値と計測値の比較

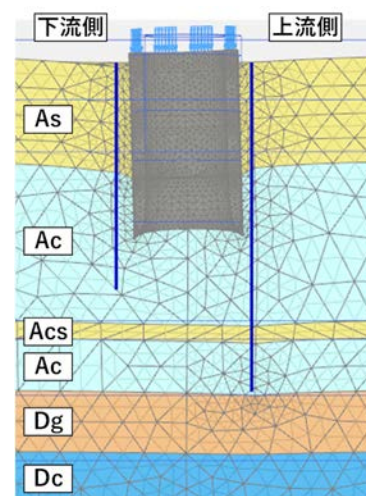


図-6 解析結果(変形倍率 200 倍)

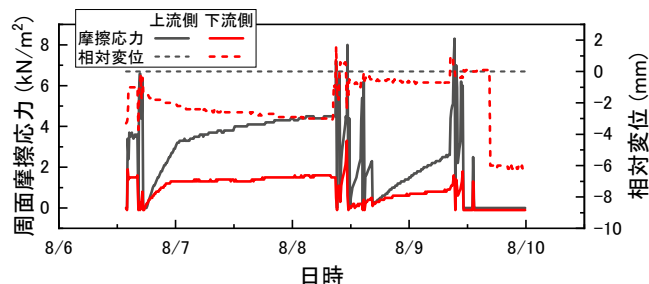


図-7 周面摩擦応力と相対変位の経時変化