

ニューマチックケーソン工法への統合可視化システムの適用

鹿島建設(株) 正会員 ○西山卓朗 上田智広 平 陽兵 小嶋進太郎

1. はじめに

ニューマチックケーソン工法における沈設管理では、ケーソンの傾斜や位置が許容範囲内となること、ケーソン作業室（函内）の作業者の安全を確保すること、および周辺地盤・施設への影響を抑制することが重要であり、沈設中のケーソンの位置・傾斜や函内圧、周辺地盤・施設の状態など、多くの項目を計測する必要がある（表－1）。さらに近年では従来の計測に加えて、より広範囲の状況を網羅的に把握することが期待できる技術として、GNSS 測量による位置情報の計測、3D スキャナによる函内土砂掘残し状況の計測や光ファイバによるケーソン躯体のひずみ分布計測などの適用が進められている^{1) 2)}。しかしながら、それぞれの計測システムは独立していることから、沈設管理におけるケーソンの姿勢制御や掘削範囲・量の判断にリアルタイムで計測結果を活用しにくいことが課題として挙がっており、計測データを集約して可視化するシステム（以下、統合可視化システム）の構築が求められている。本稿では、ニューマチックケーソン工法の沈設管理を目的とした統合可視化システムを新たに構築し、同システムを実施工で試適用したのでその内容を報告する。

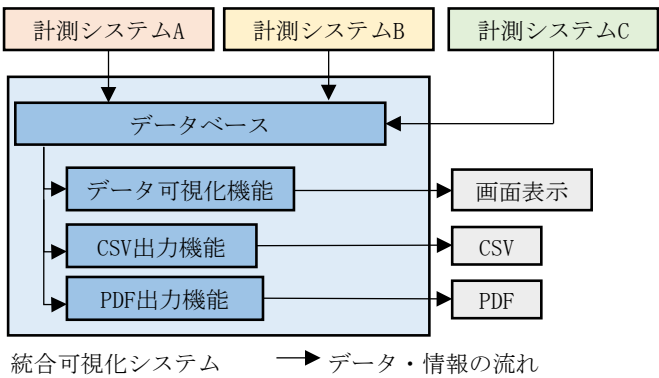
表－1 一般的なケーソン計測項目の一例

計測対象	沈設管理における目的	計測項目
ケーソン 関連	ケーソンの位置把握	標高
		水平変位
	ケーソンの姿勢把握	傾斜
	ケーソン作用力の把握	刃口反力
		周面摩擦
		土圧
		水圧
		水荷重
	ケーソン躯体の応答把握	ひずみ・応力
		変形
	ケーソン函内の安全管理	函内気圧
周辺地盤 周辺施設	周辺地盤・施設 への影響把握	鉛直変位
		水平変位
		傾斜

2. 統合可視化システムの概要

(1) システム構成

図－1 に統合可視化システムの構成を示す。前述の課題に対して、共通のデータベース上に計測データを集約することで、ケーソンの状態を統合的に可視化できるシステムを構築した。統合可視化システムは各計測システムからの異なる形式・フォーマットのデータを保管できるデータベースと、データベースに保管したデータを組み合わせて可視化する機能、データベースに保管したデータを CSV 出力する機能、任意に設定した描画内容を自動で PDF 出力できる機能を有する。統合可視化システムと各計測システムのデータ連携については、計測頻度やデータ保管場所、ならびにデータ量に応じて個別のデータ連携方法を採用した。



図－1 統合可視化システムの構成

(2) ケーソンの沈設管理で求められる計測頻度とデータ連携方法

ニューマチックケーソン工法では、ケーソンの姿勢制御や周辺地盤への影響を抑制する観点から、ケーソン沈下の兆候をリアルタイムに捉えることが重要であり、一部の計測項目については数秒に 1 回の頻度といっ

キーワード ニューマチックケーソン工法、計測、沈設管理、統合可視化
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

た高頻度の計測を行う必要がある。この高頻度の計測に対しては、対象となる計測システム用 PC と統合可視化システム用 PC を有線ケーブルで接続し、統合可視化システムのデータベースへ計測頻度に間に合う速度でデータを転送できるようにした。一方、数分に 1 回程度の計測頻度のものに関しては、データ連携の簡便性から、各計測システムから出力した計測結果のファイルを統合可視化システムで読み込む方法を採用した。この方法の場合、出力されたファイルを介してのデータのやり取りとなるため、計測データがクラウドにアップロードされるような仕様の計測システムとの連携も容易となる。

(3) データベース

統合可視化システムには各計測システムからの計測頻度や計測時刻が異なるデータがそれぞれ集約される。このようなデータを保管するためのデータベースとして、リレーショナル型と呼ばれるタイプを採用した。このタイプは、データを表形式の個別ストレージ（以下、テーブル）に分割して保管することができ、さらに複数のテーブルを関連付けることで複雑なデータを構成することが可能なものである。統合可視化システムにおいては計測システムごとに 1 つのテーブルを作成することを基本とし、異なる計測時刻のデータを用いて演算処理を行う場合には、新たに別のテーブルを追加した上で計測時刻の近いデータを抽出して演算を行えるようにした。

3. 適用実績

ニューマチックケーソン工法により大規模な地下構造物を建設する工事において、統合可視化システムを試適用した。本工事では、電気式センサ、GNSS 測量など複数の異なる計測システムが運用されており、統合可視化システムにより各計測システムのデータを集約し、計測結果を組み合わせる表示できるようにした。

図-2 は統合可視化システムによるモニタリング画面の一例で、ケーソンの動きをモニタリングして、沈設管理に活用するためのものである。画面左下のケーソンの傾斜状況は、電気式センサによるケーソン 4 隅の相対鉛直変位量と GNSS 測量によるケーソン隅の水平変位量を組み合わせて示したものである。今回、電気式センサによる計測結果は外部ネットワークに接続されていない計測用 PC に収録され、GNSS 測量による計測データはクラウド上に保存される仕様であったが、本可視化システムで異なる仕様の両計測データを連携できたことで、ケーソンの位置・傾斜状況を同時かつリアルタイムに把握できるようになった。今後、沈設中におけるケーソンの姿勢を制御するために上記画面を活用していく予定である。

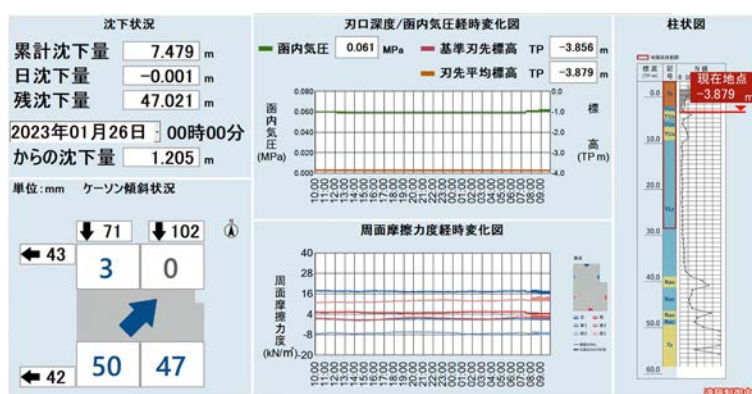


図-2 沈下・傾斜状況モニタリング画面

4. おわりに

ニューマチックケーソン工法における沈設管理の合理化を目的として、多様な計測データを集約して可視化できる統合可視化システムを構築し、実際の現場において試適用した。本システムは、従来の計測結果を統合してケーソンの状況をリアルタイムで見える化できるだけでなく、3D スキャナによる函内掘残し状況の計測や光ファイバによる RC 躯体のひずみ挙動の計測など、新しい計測技術とも連携できるといった拡張性も有している。今後は新たな計測技術との連携も含めて、沈設管理の高精度化・合理化に向けた活用を進めていきたい。

参考文献

- 1) 坂梨ら：ケーソン掘残し幅計測システムの開発、土木学会第 74 回年次学術講演会、VI-1077、2019
- 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、CS9-54、2020