

大規模ニューマチックケーソン工事に向けた掘残し幅計測システムの開発

鹿島建設(株) 正会員 ○坂梨利男 杜若善彦 仲野勝博 森本直樹 吉本響貴

1. はじめに

これまでニューマチックケーソン工法の沈下管理は、簡易な計算から求まる掘残し幅を目安として、沈下に応じて現場で掘削を調整しており、経験則に応じた対応をしているのが現状であった。そこで、潜函作業員の安全性・作業効率の向上や、掘残し幅と実際の掘削・沈下を定量的に評価することを目的として、潜函内に設置したレーザースキャナとネットワークカメラから、AI技術を活用して刃口と土砂の境界および掘削状況を検出・表示する掘残し幅計測システムを過年度に開発した¹⁾(図-1)。今回、大規模ニューマチックケーソン工事への導入に向け、機能拡充・システム冗長化・データ蓄積機能など実装したので報告する。

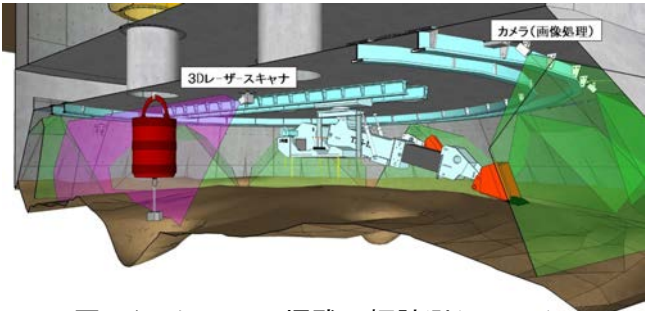


図-1 ケーソン掘残し幅計測システム

2. 大規模工事への適用に向けた課題

これまで平面積600 m²程度のニューマチックケーソン工事に本システムを適用しその有効性を検証してきた。しかし、レーザースキャナを常時設置し施工管理に用いる実績は他工種でも少なく、特に圧気下での適用においては、簡易な見直しや修正が難しい。表-1に本システムを1000 m²以上の大規模ニューマチックケーソン工事に適用する場合の課題と対応策を示す。

表-1 システム適用での課題と対応策

課題		対応策
機器計画	常時固定式計測のため、事前の台数設定と複数台の対応	複数台連携
作業室での設置	ケーソンとの相対位置・回転位置の設定作業の低減	初期自動補正
施工管理	土量計測機能	土量計測
メンテナンス	複数台設置に伴うメンテナンス性の改善	システム冗長化
データ処理	大量の点群データの処理・保管	システム冗長化

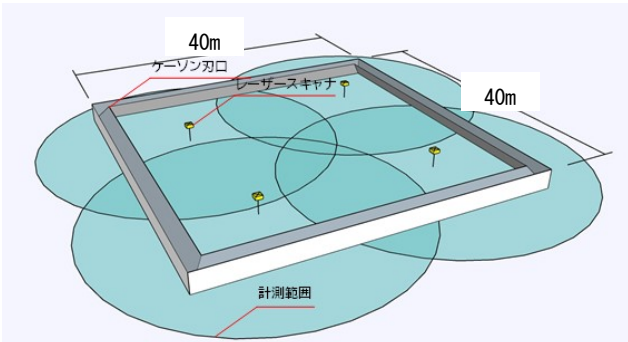


図-2 複数台連携したレーザースキャナ配置図

3. システムの各種機能の実装

3.1 レーザースキャナの複数台連携

想定する大規模ニューマチックケーソンにおいて、一台のレーザースキャナでは計測光が届かない。そこで複数台のレーザースキャナを常時設置、作業室全体を自動計測させ、全体を一括管理するシステムとした。例として、図-2 に1600m²でのレーザースキャナの配置図を示す。なお、レーザースキャナは、計測エリア境界部での点群のずれを防止するため複数台同調計測とした。

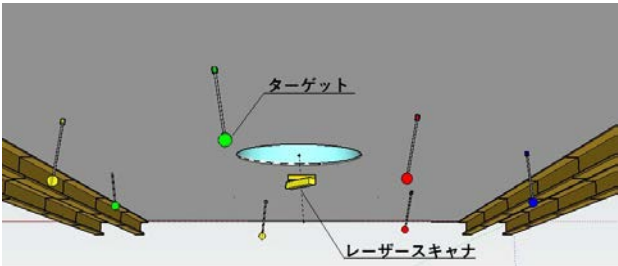


図-3 自動補正方法イメージ図

3.2 レーザースキャナの初期自動補正

閉塞された作業室内での設置となるため設置位置をGNSSなどの位置情報から取得できない。また、作業室内ではレーザースキャナの測定方向の初期方位が定まらないため、レーザースキャナの方位を別途定める必要がある。

キーワード ニューマチックケーソン、掘残し幅、レーザースキャナ、複数台連携

連絡先 〒107-8477 東京都港区元赤坂 1-3-8 鹿島建設(株)土木管理本部 TEL03-5544-0621

さらに、複数台同調連携を行うため、相対位置の精度が求められる。そこで、位置が確定した7点のターゲットを計測し、キャリブレーション計測することによって平面位置および方位を自動特定する初期自動補正機能を実装した（図-3）。これはターゲット7点の国土座標から後方交会法により各スキャナの位置と姿勢の未知パラメタ（座標3個と姿勢角3個）を同定するものである。未知数6個に対してターゲットを7点としたのは、7点から6点を選び、それらの解の差によって測量過誤を検出するためである。

3.3 土量計測機能

平面積の大きな工事では、掘削に時間がかかるため掘削エリアの土量を把握することが重要となる。そこでシステム上で任意のエリアを指定し、掘削土量を自動計算して表示する機能を追加した（図-4）。

3.4 クラウドを利用したシステム冗長化

本システムのシステム構成を図-5に示す。スキャナ複数台の常設により大量の点群データが発生する。これらの大量のデータをすべてローカルPCや外付けストレージだけで保存・管理することは、データの保全上リスクが大きいため、1次データ、2次データに分けて管理するシステムとした。具体的には、計測のメタデータは現場事務所の処理用PCに接続された外付けストレージに格納し、さらにその一部のデータはインターネットを介してクラウドストレージに格納する仕様とした。また、万が一複数台のレーザースキャナに断線・電源喪失・故障などが生じた場合でも、原因確認や修理を遠隔でもメンテナンスを実施できる構成とした。

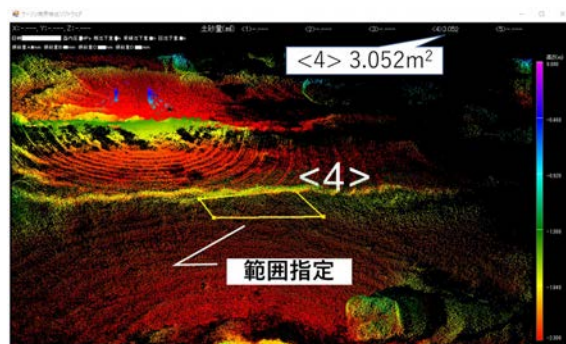


図-4 土量算出機能

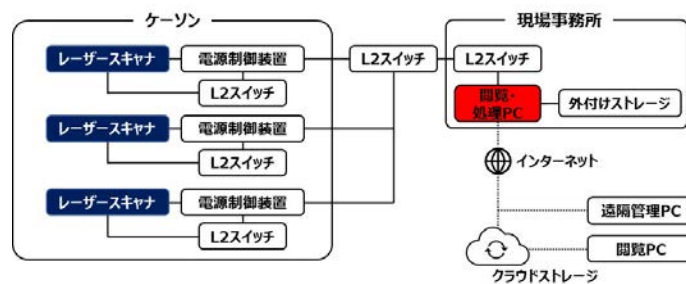


図-5 システム構成図

4. まとめ

今回、本システムの大規模ニューマチックケーソン工事への適用に向けて機能拡充やメンテナンス・運用性を重視した改良を行い、レーザースキャナを複数台常設して施工管理に用いるシステム開発を実施した（図-6、写真-1）。なお、本システムでは、ネットワークカメラを併用した詳細な掘残し幅を算出する補間機能の適用も追加可能である。現在、作業室内の土砂状況を定量的に把握することにより、潜函作業員の掘削作業を支援し、安全で品質の高いニューマチックケーソンの沈設に向け、本計測システムを大規模ニューマチックケーソンに導入中である。さらに、潜函の沈下メカニズムを明らかにし、将来的に沈下挙動を適切に制御可能とすることを目指し、計測した点群情報と沈下計のデータを蓄積していく予定である。

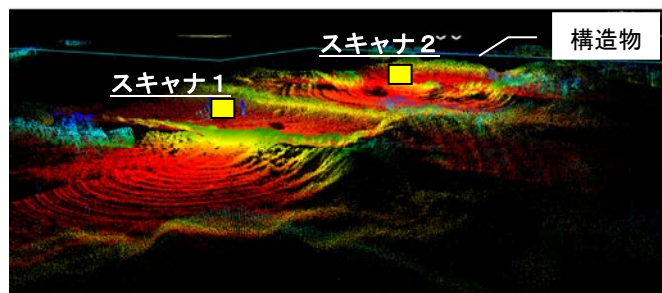


図-6 複数台連携による計測状況



写真-1 大規模ニューマチックケーソン適用状況

謝辞 本システムの開発にあたり、レーザースキャナ技術をご提供いただいた三菱電機エンジニアリング(株)の関係者の方々に、深く謝意を表します。

参考文献 1) 坂梨ほか：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