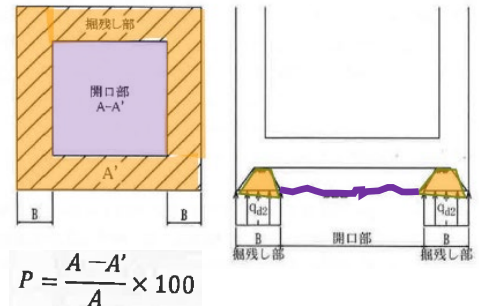


画像解析手法によるニューマチックケーソンの開口率算定について

戸田建設(株) 正会員 ○利根 誠 新井 碧
(株) デバイスワークス 秋山佳祐

1. はじめに

本稿では、ニューマチックケーソンの沈設管理で用いられる開口率を、画像解析手法で取得する技術について述べる。従来、開口率の取得は、函内掘削作業後に圧気下の函内(作業室)に潜函工が入室し、検尺テープ等を用いた直接的な原位置測量を行い、その記録に基づいて図面化と開口率の算定を行っていた。しかし、近年の3Dレーザ測器による測量の普及に伴い、ニューマチックケーソンの開口率測量においても、この手法を適用する開発事例が現れている。ただし、函内は低空頭(天井高は約2.3m)の狭い空間で、その内部に天井走行ショベル、アースバケット、掘削仮置土等が混在していることから、これらがレーザの障壁となる等の課題がある。本技術は、函内に固定設置した複数のカメラで取得した映像データを基に、画像解析手法による図面化と開口率算定を行うものである。



ここに、Pは開口率(%)
Aはケーソンの平面積(m²)
A'は掘削し部の平面積(m²)
Bは掘削し幅(m)

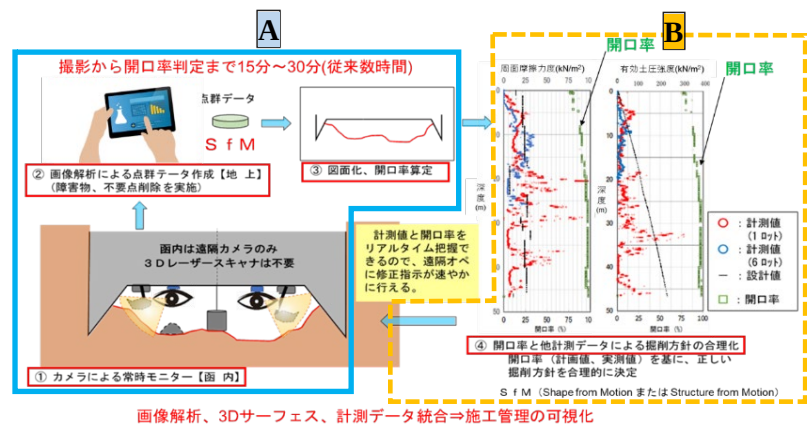
図1 開口率の定義 文献1)に加筆

2. 技術の概要

(1) 開口率の定義と意味

ニューマチックケーソン(以下、圧気ケーソンと略記)の沈設管理に用いる開口率の定義を図1に示す。同図の開口率算定式における変数は「B:掘削し幅」であり、これを測量で確認することとなる。

掘削し幅の意味としては、ケーソン刃口から伝達される下向き荷重を地盤で支持し、ケーソンの沈下が停止した状態における刃口外力の載荷幅、と言い換えることができる。圧気ケーソンの施工は躯体構築と沈設を繰り返しながらのサイクルで、沈設に従って刃先を支える地盤の極限支持力度が変化するため、掘削し幅も変わっていく。力の均衡状態を毎日確認することが圧気ケーソンの基本であり、開口率は施工管理の重要な指標である。



画像解析、3Dサーフェス、計測データ統合⇒施工管理の可視化

図2 システムの概要

(2) システムの概要

システムの概要を図2に示すように、A、Bの二つの部分で構成される。Aの部分では、函内カメラで撮影した映像データを取得し、地上にて画像解析を施して3D図面化と開口率算定を行う。Bの部分では、その開口率を他の計測値(周面摩擦力度、地盤反力度等)と連動させ、その時点の安定性の確認と次ステップにおける掘削し量



図3 函内のカメラ設置状況写真

キーワード 圧気ケーソン 開口率測量 画像解析

連絡先 〒108-8388 東京都中央区八丁堀 2-8-5 戸田建設(株)土木技術統轄部 土木技術部 利根誠
TEL0570-0027-05

を算出する。なお、本稿で報告する対象は、図2のAの部分（画像解析測量）に関するものとし、Bの部分（沈設管理システム）は本稿では対象外とする。

図3は函内におけるカメラの設置状況ならびに圧気対応カメラのレンズ可動域を模式的に示したものである。カメラは事前に函内の天井に設置し、沈設完了まで位置固定のままである。カメラの台数はケーソン規模や函内状況（天井走行レールの配置等）によって決定され、筆者らのカメラ配列に関する実証経験ではカメラの設置間隔は概ね3～5mであった。

(3) 函内小座標系への換算

画像解析で図面化した3Dサーフェスに対し、精度の良い座標値を与える必要があるため、ローカル座標データを付与したQRコードを函内に照射し、それをカメラ撮影することで、座標値を精緻に補正する仕組みを考案した。概念図を図4に示す。

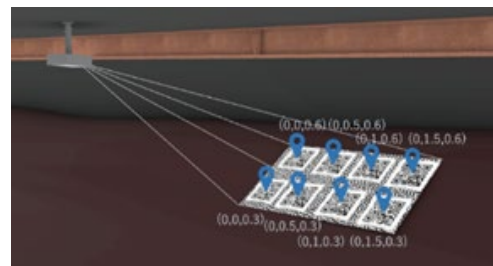


図4 QRコードの函内照射の概念図

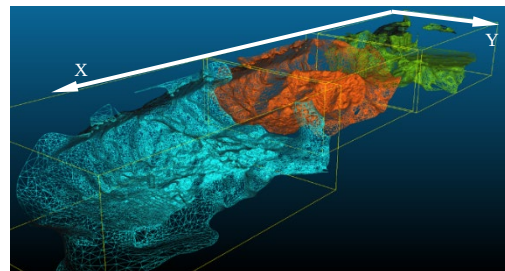


図5 3Dサーフェス
(函内フィールドでの実証)

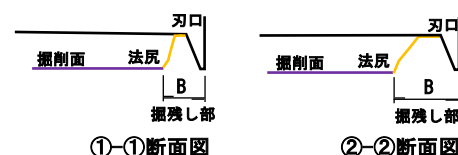
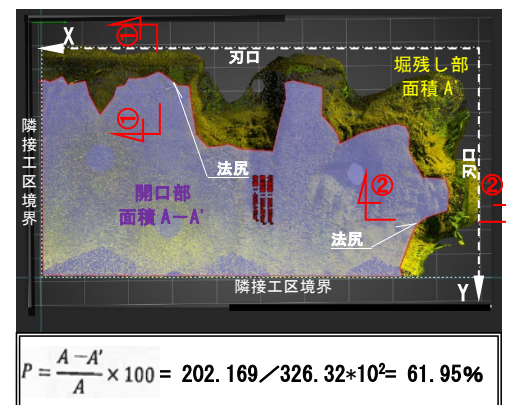


図6 施工段階における開口率の算出事例

3. 実証実験

(1) 函内での撮影の実証

圧気ケーソンの実フィールドにて画像測量の実証を行った。3Dサーフェスの結果を図5に示す。同図に3色の点群データがある理由は、この事例では3区分に別けて測量したためである。前節2.(3)の処理により、点群データを統一の座標系で取得しているため、モデル間の境界面接合は容易で、現場業務での活用性も高い。

(2) 開口率の函内での撮影の実証

掘残し部の法尻ラインをシステムで抽出し、開口率を算定した画面（抜粋）を図6に示す。紫色部が開口部である。法尻の抽出は、地形の勾配変化点や床付面の高さ等で指定する。

4. おわりに

本稿のまとめを以下に示す。

- 1) 本技術では、画像解析手法に、QR情報コードの補助処理を加えることで、複雑な地形であっても、既往手法と遜色ない精度良い3D図化が可能である。
- 2) 函内天井固定カメラを複数設置することで、重機や残土等が移動する狭隘な函内であっても、それらが障壁とならず、必要な映像データを取得することができる。
- 3) 沈設完了まで、基本的にヒトが函内に入る必要が無く、高圧気下の測量作業が一切無いため安全を確保できる。圧気函内に設置する計器は、カメラ、補助照射器、有線コード等のシンプルなものであり、精密機器の致命的なトラブルを受けにくい。
- 4) 開口率算定に要する時間は、圧気ケーソンの規模にもよるが、映像取得、画像処理、3Dサーフェス化、開口率算定まで含めて1時間程度である。

今後は適用事例とデータを蓄積し、総合的な沈設管理ツールとしての確立を目指したい。

参考文献

- ・日本圧気技術協会大型・大深度地下構造物ケーソン設計マニュアル