

消波工の測量点群を用いた消波ブロックのソリッドモデリング技術

(株)不動テトラ 総合技術研究所 材料・構造研究グループ ○橋田 雅也
総合技術研究所 材料・構造研究グループリーダー 昇 悟志
土木事業本部 営業部長 前川 裕之
土木事業本部 技術部 技術室課長 山崎 真史
土木事業本部 技術部 技術室 柴田 あずさ
土木事業本部 技術部 技術室 富永 柚香

1 はじめに

我が国では、生産年齢人口が減少することが予想されており、建設分野における生産性向上は重要な課題となっている。そのため国土交通省は、建設現場における生産性を向上させ、魅力ある建設現場を目指す *i-Construction* の取組を進めている。

港湾の消波ブロック据付工においては、ソナーや GPS 等、ICT を活用した据付システム（以降、ICT 据付と呼ぶ）が導入されつつある。ICT 据付では、消波ブロック個々の据付位置（重心位置、ブロックの姿勢）をシステム画面上に可視化させる AR 技術によって更なる効率化や高度化が期待できる。しかし、消波ブロックの据付は不規則で複雑なため、実際にシステム化された運用事例は、ほとんど無い。ブロック個々の配列まで 3D CAD モデルにできれば AR 化も可能となり、目標位置へ正確に据え付けられ、それは消波工の出来形精度を向上させるとともに、長期的に消波工の機能を維持することにも繋がり、消波ブロック据付の高度化が期待できる。

そこで、消波工の施工の効率化・高度化を目的とし、ランダムに据えられた消波工の測量点群を用いてブロック形状の 3D データ（以降、ソリッドモデルと呼ぶ）を自動配置する技術を紹介する。

2 消波工の施工の効率化・高度化における現状と課題

消波工の施工では ICT 据付によりブロック据付の効率化や高度化が図られつつある。消波工の嵩上げ等、維持補修事業においては既設状況を 3D プリンタ模型で再現し、そこへブロック模型を積上げて据付方法を検討する場合がある（図-1）。例えば図-1 の状態を 3D モデル化し、据え付けるブロック個々の位置座標を事前に把握することができれば、ICT 据付の更なる高度化が期待できる。

しかし、現状では写真測量によって点群データは得られるものの、ブロックの位置座標の取得は難しいため、点群データにソリッドモデルを配置する必要がある。この作業は、図-2 のようにパソコン上で手動配置が可能だが、終了までに多くの労力と時間を要することになる。そのため、消波工の点群データにソリッドモデルを自動配置させる手法の開発が課題となっている。



図-1 3D プリンタ模型(既設)への嵩上げ

3 消波ブロックのソリッドモデルの自動配置における基礎検証

前章で述べた課題を克服するためにソフトウェア開発を行っている。最初にブロック模型を用いた基礎検証を行った。

まず、高さ $h=18.9\text{cm}$ の消波ブロック模型をコンクリート壁の前面に積み上げて消波工を構築し、デジタルカメラにてラップ等を考慮して連続撮影した後、3D 化した（図-3）。

そして、その 3D 点群からブロックの重心位置や姿勢が推定できる程度の点群を抽出し、形状の特徴をソフトウェアに認識させてブロック形状のソリッドモデルを自動配置した。

また、配置誤差と配置に要する時間の検証も行った。検証では、3D 点群データから短時間で 3D モデルを作成する機能を持つソフトウェアに、消波ブロック形状の特徴を認識させる機能を追加して自動的に配置できるようにしたものを使用した。配置の状況を図-4 に示す。図中の層ごとに色分けされたソリッドモデルは、ブロックの点群に重なってほぼ一致していることがわかる。この検証で点群との配置誤差は $\pm 3\text{mm}$ （ブロック高さの約 $\pm 2\%$ ）以内であった。この精度で自動配置できれば、あとは手動による微調整でさらに精度は上げられる。また、自動配置に要した時間はブロック 1 個あたり 1 分程度であった。手動による微調整は必要なものの、完全手動配置するよりは圧倒的に配置に要する時間が短縮できる。

図-5 は、上記のデータをアウトプットして 3DCAD プログラムで読込んだものである。このように点群データからブロックの配列がソリッドモデルとして作成できれば、容易にブロックの据付位置（重心位置、ブロックの姿勢）が確認できる。

4 現地測量点群における消波ブロックのソリッドモデル自動配置の検証

前章は基礎検証としてブロック模型によるものであったが、現地測量データを用いた検証も行っており、今回はその一部を紹介する。

図-6 は消波ブロックの維持補修事業で設計が行われていた消波護岸（消波ブロック

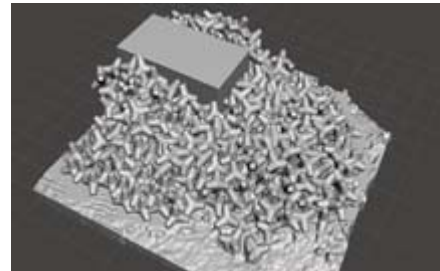


図-2 手動配置後の消波工ソリッドモデル



図-3 ブロック模型を用いた消波工の 3D モデリング結果（サーフェスモデル）

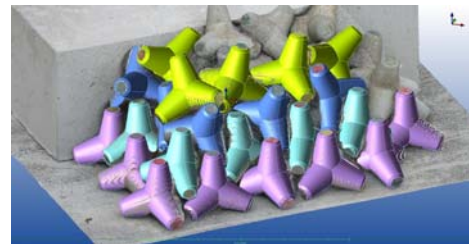


図-4 ブロック形状ソリッドモデルの自動配置

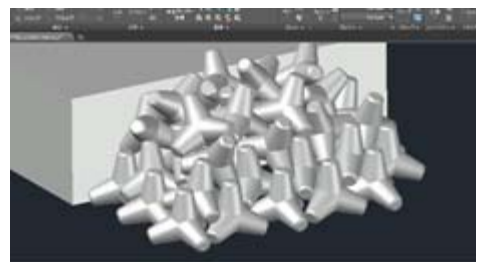


図-5 消波ブロックの 3D CAD モデル

12.5t 型) の現況をドローンにて 3 次元写真測量し, 3D 化したものである. また図-7 は, 3D プリンタを用いて消波ブロックの現況を 1/90 の縮尺で再現し, その上にブロック模型を積み上げ, 再度 3D 化したものである. これらのデータに自動配置プログラムを用いてソリッドモデルを配置させた.

図-8, 図-9 はそれぞれ図-6, 図-7 の点群にカラーで示したソリッドモデルを配置させた結果である. ここで, 図-10 の黄色部は, 配置されたソリッドモデルに対して誤差がブロック高さの $\pm 2\%$ 以内の点群を示しており, 配置に関する誤差は基礎検証と同程度であることが確認できた. よって, ソリッドモデル自動配置技術は, 現地測量データへ適用することが可能と考えられる. ただし, 水中部の測量データを用いた検証はこれからであり, 検証結果によっては本技術の更なる改良が必要となるが, 実用化されれば目標位置へ効率的且つ確実・正確にブロックを据え付けることが可能となり, ICT 施工をより効率化・高度化できると考えられる. また, 水面付近等の点群の一部欠測箇所へのデータ補完も可能となる.

5 まとめ

本稿における主要な結論を以下に示す.

- 1) 消波工の点群データへのソリッドモデル自動配置技術について, 基礎検証・現地検証により点群との誤差はブロック高さの $\pm 2\%$ 以内, 所要時間はブロック 1 個当たり 1 分程度であることを確認した.
- 2) 本技術の活用により, ブロックを目標位置へ効率的且つ確実・正確に据え付けることが可能になり, ICT 施工をより効率化・高度化できると考えられる.



図-6 消波工の 3D モデリング結果
(サーフェスモデル)

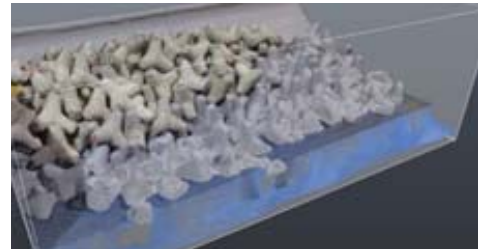


図-7 嵩上げ後の消波工の 3D モデリング結果
(3D 点群表示)

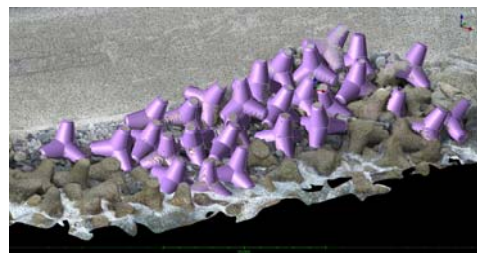


図-8 既設消波工のソリッドモデリング

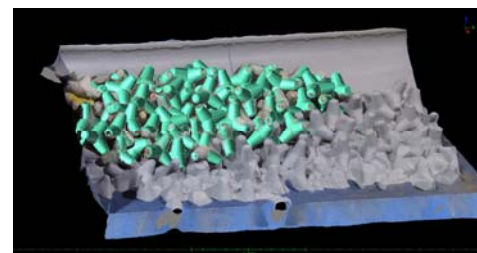


図-9 嵩上げ消波工のソリッドモデリング

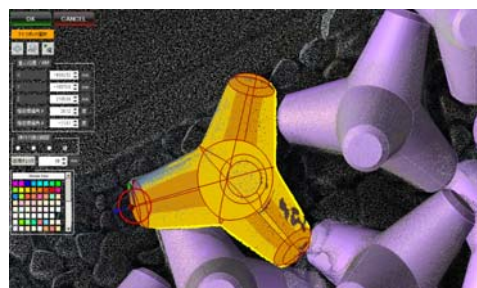


図-10 ソリッドモデル近傍の点群表示
(黄色部: 誤差 $\pm 2\%$ 以内の点群)