

消波工3次元モデリングシステム

(NETIS 登録番号 : KTK-200003-A)

(株)不動テトラ

総合技術研究所

材料・構造グループ

○橋田 雅也

総合技術研究所

材料・構造グループ

昇 悟志

1. はじめに	・ ・ ・ ・ P3
2. 消波工の3次元モデルの作成概要	・ ・ ・ ・ P6
3. 消波工の3次元モデルの作成方法 その1	・ ・ ・ ・ P8
4. 消波工の3次元モデルの作成方法 その2	・ ・ ・ ・ P11
5. ICT施工への展開	・ ・ ・ ・ P13
6. 消波工の維持管理への展開	・ ・ ・ ・ P14
7. 従来技術と本技術の費用比較例	・ ・ ・ ・ P15
8. まとめ	・ ・ ・ ・ P16

- 【ICTブロック据付工】本年度(令和2年度)の検討案**

国土交通省

試行工事結果の整理・分析(アンケート結果、取得データ)や、フォローアップ調査等を実施し、ICTブロック据付工の活用を図るために、**現行の各種要領の改定を行うとともに、測量、施工数量算出、施工中の管理、出来形計測、監督・検査への3次元データの適用に向けた課題の抽出・整理、対応策の検討を行う。**

 - 試行工事の結果の整理・分析(関係者のヒアリング、実証実験等)
 - 試行工事のフォローアップ(関係者のヒアリング、実証実験等)

試行工事実施中(令和2年4月時点)にて実施要領策定まで実施済み。試行工事実施中

(1) 3次元活用「測量」 ① 3次元データによる施工量算出 ※必要に応じて、施工前にIoTセンサーを用いた地盤状況の確認と土質調査を行う。 ・3次元地形と測量結果との設計照合により確認したうえで設計データを照合して、施工量を算出する。	(2) 3次元出来形観測 プラットフォームに設置、測量、測量完了後、IoT機器を用いた測量の3次元成果照会が行われ、出来形を管理する。	(3) 3次元データを活用した検査 ・3次元データから位置情報を参照し、工事完成度を確認して検査する。 ・3次元データを活用した電子検査を行う(図表参照)。
--	---	---

測量 設計・施工計画 施工・出来形計測 検査 維持管理

③ IoTは活用した上で ・ブロックの重量、傾斜、滑動などの傾斜係数リアルタイムで可視化し、施工を行う。 (図表参照)	〇 3次元データによる完成状態の把握 ・工事現場において、出来形をリアルタイムで把握できるようにすることで、仮設の崩壊防止や安全確保、新築工事の把握などを行うことが可能となり、作業効率向上が期待される。また、IoTを活用したシステム、IoTを活用した監視装置など、3次元データを駆使する。	④ 点検等の活用 ・完成後の3次元データに基づき、点検業務に活用され、点検業務の効率化、点検業務の標準化などが期待される。
--	--	---

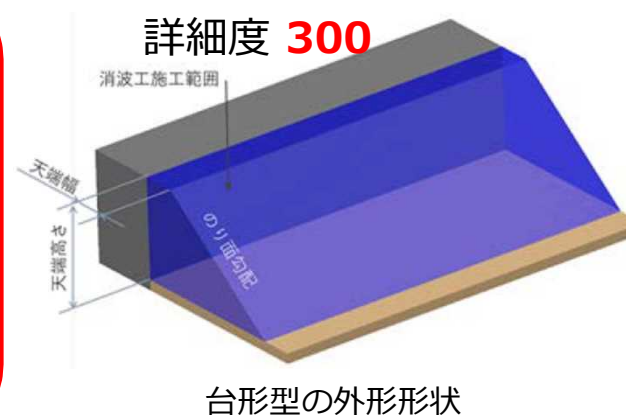
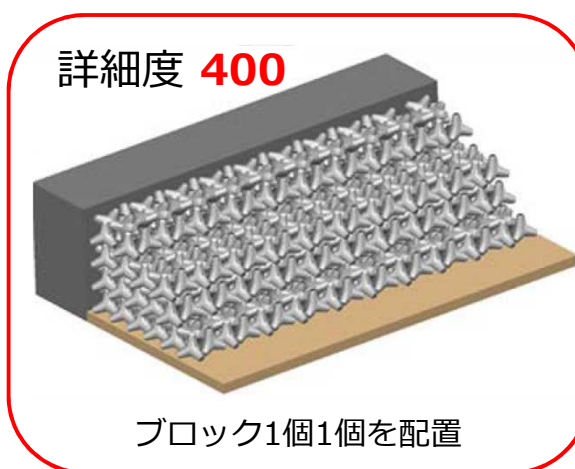
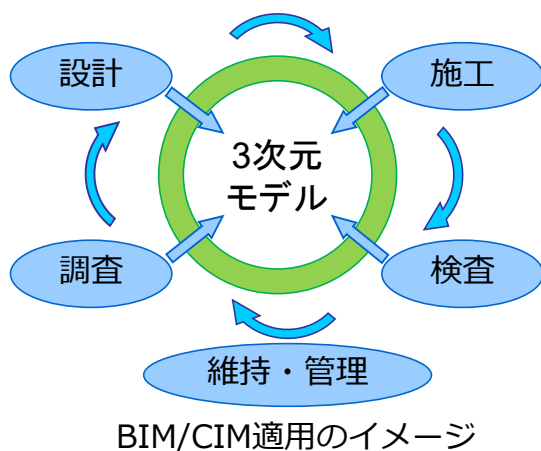
↓

各種要領を改定

 - ◆ ICT機器を用いた測量マニュアル(ブロック据付工編)(令和2年4月版)
 - ◆ ICT活用工事積算要領(ブロック据付工編)(令和2年4月版)

1.はじめに（消波工におけるBIM/CIM適用に向けた課題）

- **詳細度**：BIM/CIM適用時のモデル作成における作り込みレベルの指標(100～500)
 - 社会基盤情報標準化委員会 特別委員会：土木分野におけるモデル詳細度標準（案）【改訂版】平成30年3月，2018.
- 土工部（道路・河川）、構造物（橋梁・トンネル）等の工種においては、詳細度ごとのモデルが具体的に定義されている
- 消波工におけるモデル**詳細度**：台形等の外形形状で表示する場合を“300”、**実際のブロックのモデルを1個1個配置**して表示する場合を“400”
 - （吉田英治，井山繁：港湾分野におけるCIM導入促進に向けた検討，国土技術政策総合研究所資料No.1067，2019.



ランダムに配置された消波工の3次元モデルを正確に作成するのは困難

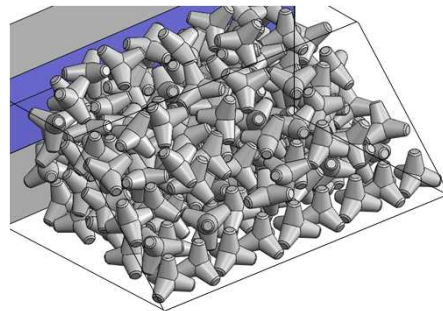
1.はじめに（本技術の開発経緯）

将来的な消波工のBIM/CIM適用では、
詳細度400程度で**消波工の3次元モデル**を作成・活用するのが理想



消波工の3次元モデル作成および据付シミュレーションが可能な本技術を開発 **消波工3次元モデリングシステム**

消波工の
3次元モデルイメージ
(詳細度400程度)



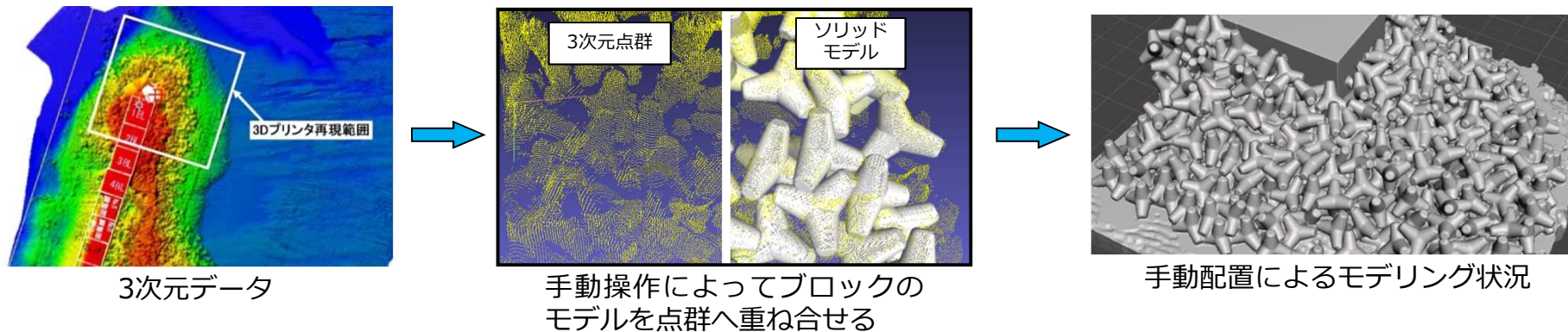
ブロック1個1個の3次元的な配列まで
再現したソリッドモデルデータ

- ・ 既設状況の詳細な再現
- ・ ブロック据付けの設計、施工計画
- ・ 施工への展開
- ・ 出来形確認、維持管理への活用

調査・設計・施工・検査・維持管理
各工程で一環して具体的に活用可能

2.消波工の3次元モデルの作成概要（従来技術）

- a. 消波工の点群データに合わせて**ブロックの3次元モデルを手動配置**し、既設状況または完成状況の再現ができる



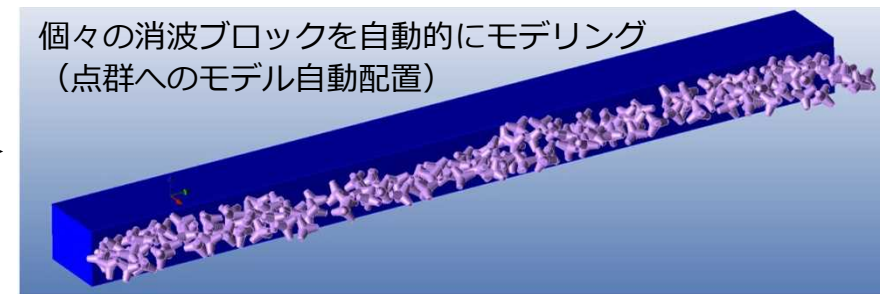
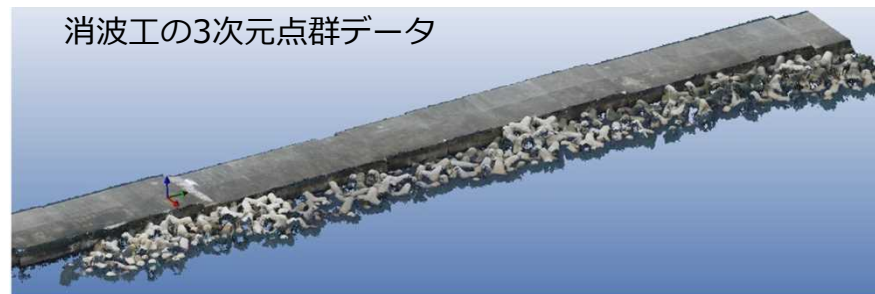
- b. 消波ブロック模型を手作業で積み上げ、設計段階における出来形の可視化ができる(**モデル化するには別途 a 作業が発生**)



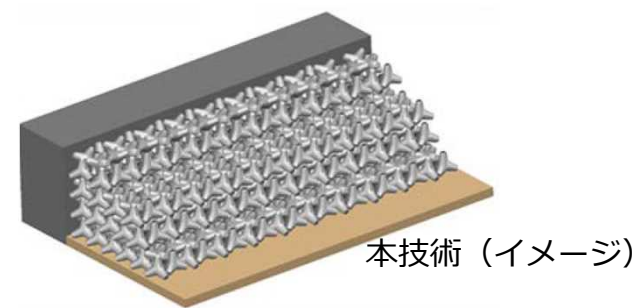
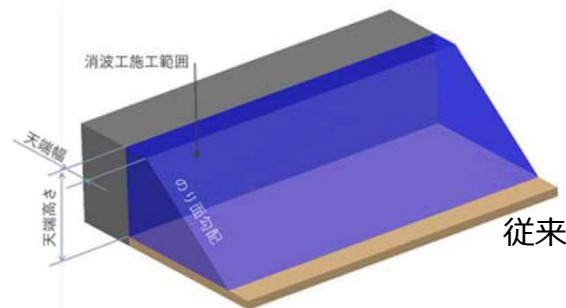
2.消波工の3次元モデルの作成概要（本技術）

3次元モデル作成に関する2種類のツールを開発

その1：消波工の点群データに合わせてブロックのモデルを自動的に配置して3次元モデルを作成し、既設状況または完成状況を忠実に再現することができる



その2：据付シミュレーションによってブロックのモデルを積み重ねて消波工の3次元モデルを作成し、設計・施工段階における据付検討ができる



台形状としての設計・施工検討

ブロック1個1個に関して設計・据付検討

3.消波工の3次元モデルの作成方法 その1

点群データへのモデル自動配置（**既設状況**、**完成状況**の忠実な再現）

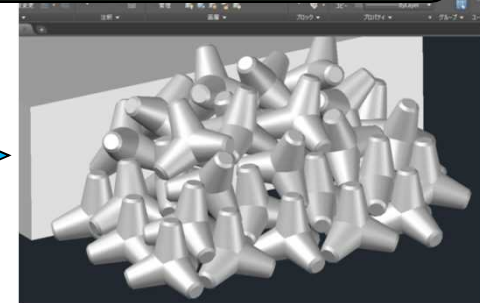
点群データにフィットするようにブロックの3次元モデルを自動配置するツールを開発



●消波工の点群データ
(模型検討)



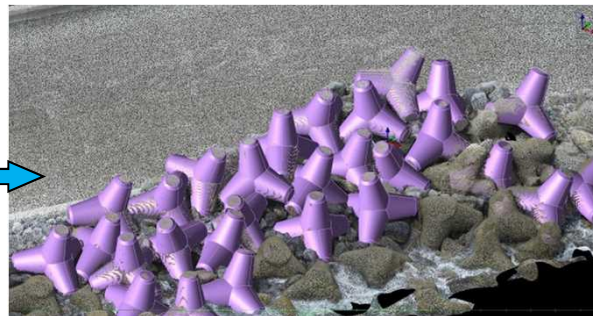
●ソリッドモデル（カラー部分）を自動配置



●3D CADへ出力



●消波工の点群データ
(現地検討)



●ソリッドモデル（カラー部分）を自動配置

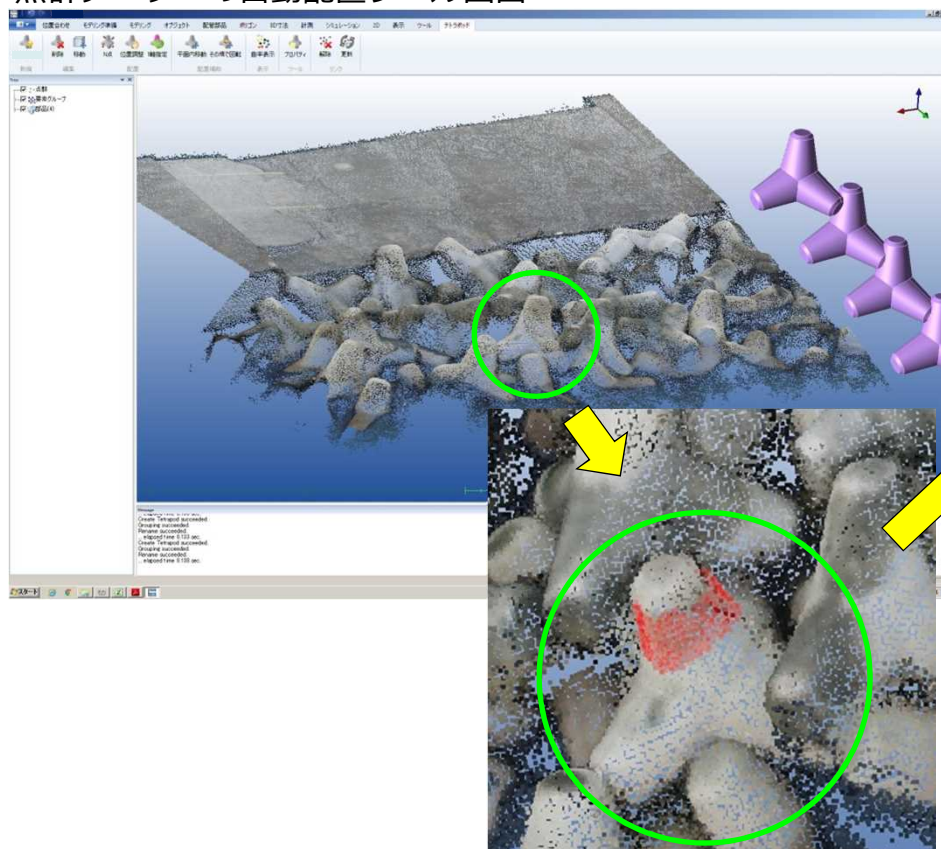
【配置に要する時間】
ブロック1個当たり約1分

【配置の精度】
点群に対して約 $\pm 30\text{mm}$

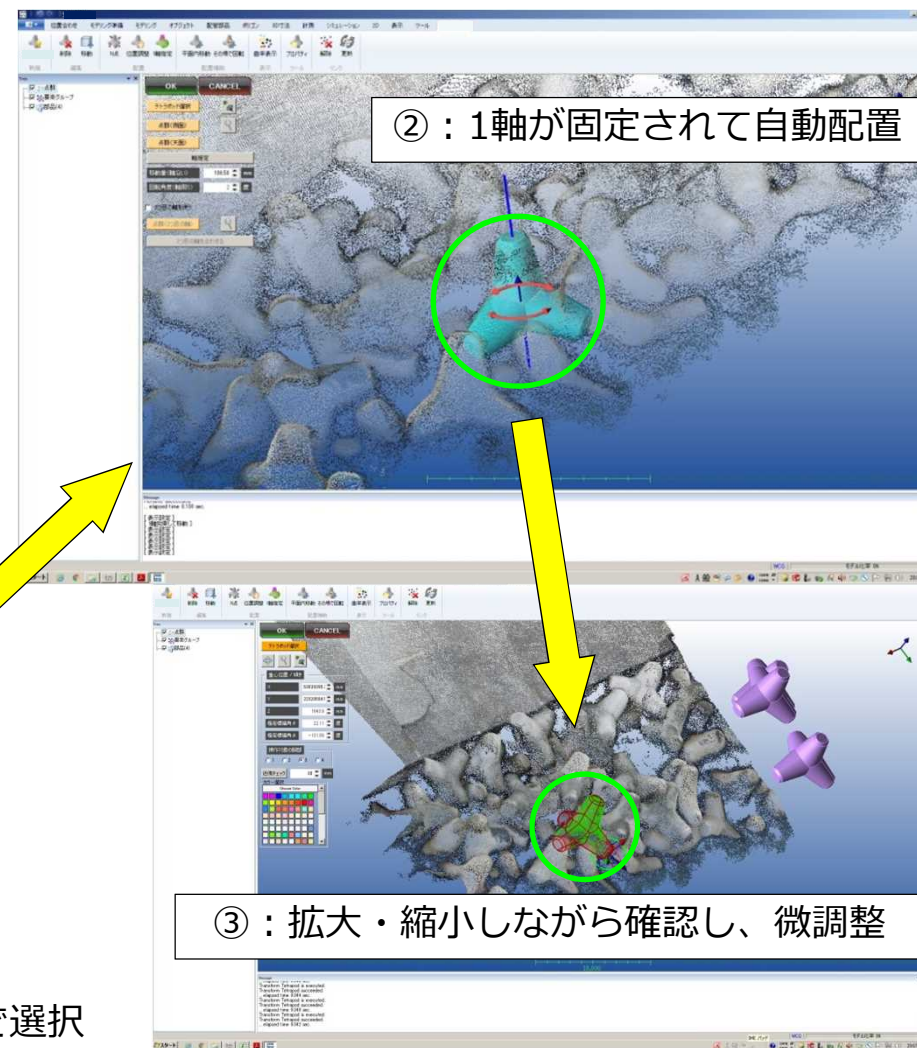
3.消波工の3次元モデルの作成方法 その1

自動配置の操作例1

点群データへの自動配置ツール画面



①：1本の脚部の周りをマウスドラッグで選択

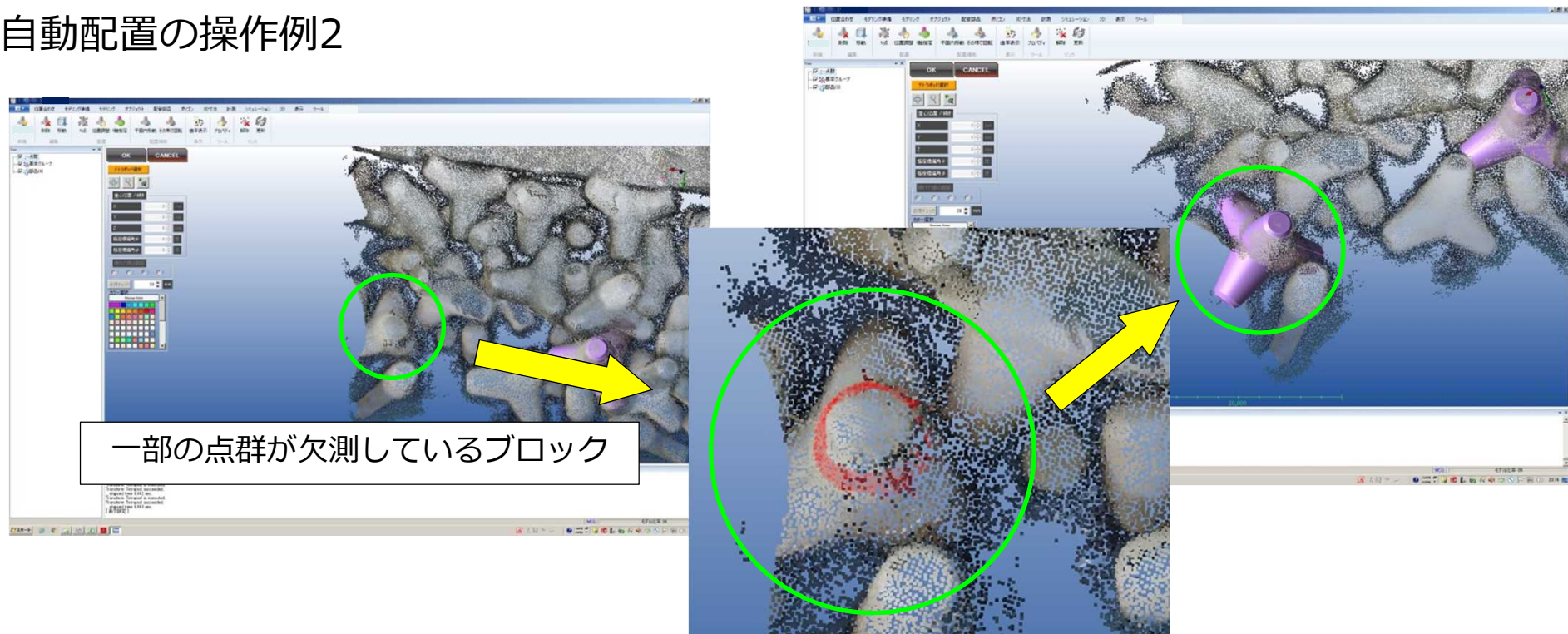


②：1軸が固定されて自動配置

③：拡大・縮小しながら確認し、微調整

3.消波工の3次元モデルの作成方法 その1

自動配置の操作例2

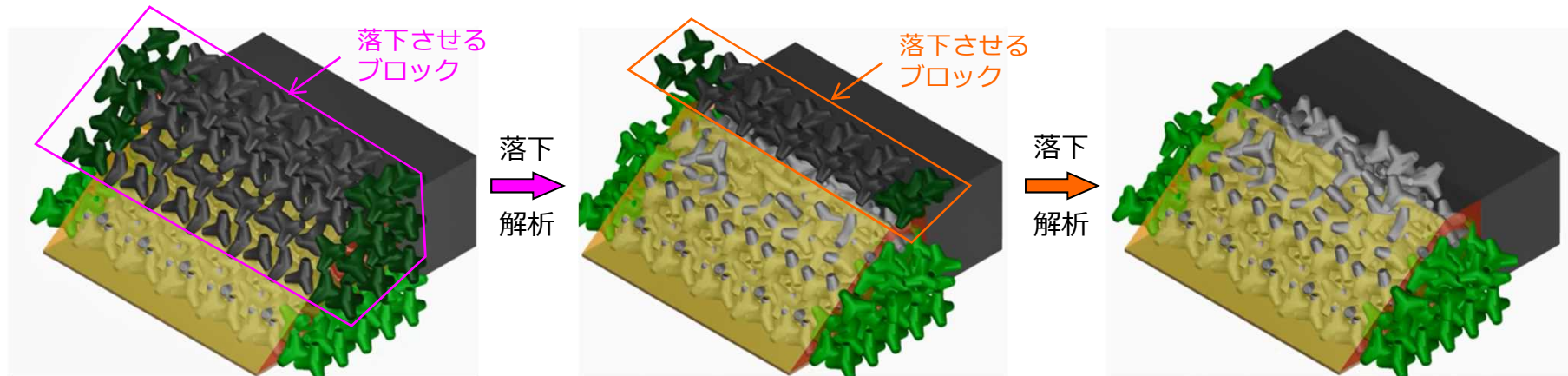


- ✓ ブロックの点群に欠測箇所があっても自動配置が可能
- ✓ 一部見えているブロックであれば、表層以外も補完してモデリング可能

4.消波工の3次元モデルの作成方法 その2

モデルの据付シミュレーション（消波工の**新設**または**嵩上げ**の施工計画等）

ブロック個々のソリッドモデルを据付けられるシミュレーションツールを開発



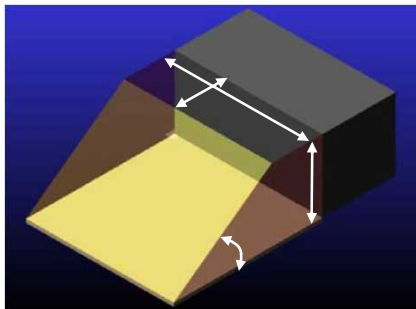
- ・ ブロックを層ごと、もしくは単体ごとに落下
- ・ **接触判定を含めた解析**によりランダムに据付
- ・ 乱積みされた消波工の3次元モデルを作成

据付するブロック個々を3次元モデルで管理することができるため、**設計・施工計画の精度向上や効率化**ができる

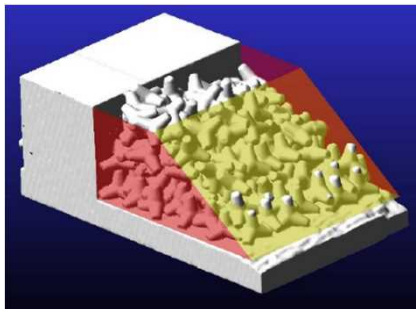
4.消波工の3次元モデルの作成方法 その2

シミュレーションにおける設定と結果の確認について

シミュレーション条件の設定

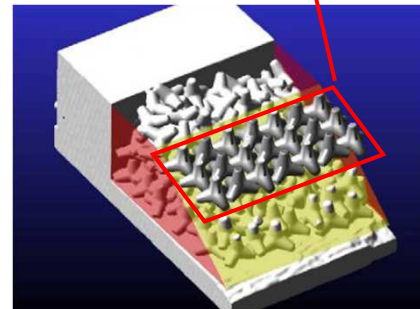
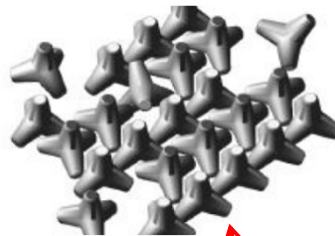


消波工の高さ、天端幅、勾配、延長等の設定



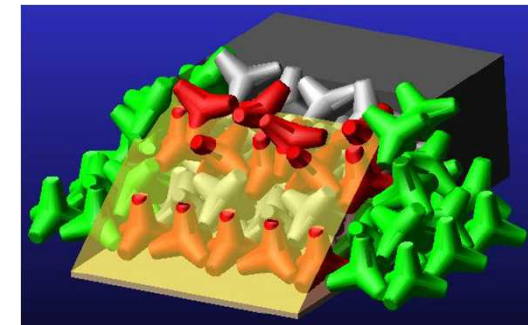
地形・既設データの入力

配列したブロック個々の位置・向きも調整可能



落下させるブロックの配列設定
(吊り姿勢、行数、列数、間隔等を設定)

シミュレーション実行後



- ✓ 許容計画面を超えるブロックを目視確認（赤く表示）できる
- ✓ 据付後の空隙率を確認できる
- ✓ ブロック1個1個の位置・向き情報をCSVデータで出力できる

5.ICT施工への展開

- ✓ 消波工の3次元モデル作成により、ブロック1個1個に属性情報を付与できる
- ✓ 各ブロックの位置座標と姿勢情報が得られるため、据付目標位置を計画できる



BIM/CIM、ICT施工への展開が容易になる
(クレーンの位置誘導システムへの連携)



3次元モデルにより、
ブロックの位置座標 X, Y, Z と、
姿勢情報を目標に設定

管理画面で確認しながら目標位置に合わせてクレーンを誘導し、据付

設定された位置座標を目標にブロックを誘導しているICT据付（例）

- ✓ 従来、熟練工に頼っていた据付誘導作業の改善
- ✓ 施工の安全化と効率化
- ✓ 出来形の向上

6.消波工の維持管理への展開

消波工の出来形を3次元モデル化した場合

- ✓ 3次元的な出来形情報（ブロックの位置情報・属性情報）の可視化
 - ✓ 経年変化の確認
 - ✓ 被災前後の比較
- 定量化



消波工の既設状況を3次元モデル化した場合

- ✓ 現地を忠実再現できるため消波工の沈下状況等を定量的に把握
- ✓ 維持補修事業（消波工の嵩上等）をBIM/CIMとして適用
- ✓ ブロック数量算出や据付施工計画をより詳細に検討
- ✓ 将来はVRを用いた数値シミュレーションによる据付検討



ドローンを用いた測量・解析による
消波工の沈下状況の把握

BIM/CIMの一環として維持管理が可能になる

7.従来技術と本技術の費用比較例

消波工の3次元モデル作成および据付検討における費用比較例

従来技術	本技術
534,600円/30m	198,200円/30m

- ✓ ブロックのモデルの**手動配置**による既設消波工の再現（モデル化）
- ✓ 既設消波工の3Dプリンタ模型製作
- ✓ ブロックの模型積みによる据付検討
- ✓ ブロックのモデルの手動配置による据付目標位置の検討
- ✓ 工程：6日

- ✓ ブロックのモデルの**自動配置**による既設消波工の再現（モデル化）
- ✓ 既設消波工のモデルに対する据付けシミュレーションおよび目標位置の検討
- ✓ 工程：2日

経済性：62.93% 向上
工 程：66.67% 短縮

見積条件

- ✓ 消波工の維持補修におけるブロックの嵩上事業
- ✓ **既設消波工の再現および嵩上据付（数量・位置）の検討**
- ✓ 消波工の対象延長は30m当り

8.まとめ

- 消波工の3次元モデル作成および据付シミュレーションが可能な**消波工3次元モデリングシステム**（NETIS 登録番号：KTK-200003-A）を開発した。
- 本技術では、**詳細度400程度の消波工の3次元モデル**を作成可能となり、消波ブロック据付工における**BIM/CIM適用**への活用が期待できる。
- 消波工の3次元モデル作成方法は、既設状況や完成状況の忠実な再現が可能な“**点群データへのモデル自動配置**”と、据付検討（施工計画）が可能な“**据付シミュレーション**”の2種類がある。
- 本技術で消波工の3次元モデルを作成することにより、ブロック1個1個の据付目標位置を検討可能なため、**ICT施工への展開**ができる。
- “消波工の3次元モデルを作成して据付検討を行う”場合、従来技術に比べて本技術では、**経済性・工程**がともに**約6割以上向上・短縮**できることがわかった。
- 消波工の既設状況または出来形の3次元モデル化を行うことによって、維持補修事業におけるBIM/CIM適用、経年変化の確認、被災前後の比較等、**より効率化・高度化した消波工の維持管理が可能**となる。