

# 消波ブロック据付シミュレータの設計と検証に関する一考察

新潟大学 ○ 山崎達也 新潟大学 Hao Min Chuah

## 1. はじめに

消波ブロックの据付作業は、現場で熟練者が試行錯誤も含めながら経験に基づき、消波ブロックの収まる位置や向きを決めている<sup>1)</sup>。できるだけ効率よく据付を行っていくためには数多くの経験を積むことが必要であるが、現場での作業機会が限られており、人材育成に時間がかかるという課題がある。このような課題に対し、計算機シミュレーションを用いて、作業員の習熟度の向上や現場状況の事前確認を行う取組みが進められている<sup>1)-3)</sup>。

計算機シミュレーションの利点は実際に現場に行かなくても作業の疑似体験ができることであるが、シミュレーションモデルの信頼性を保証することが重要である。構築したシミュレーションモデルの信頼性を確保するには、一般的に V&V (Verification and Validation: 検証と妥当性確認) と呼ばれる手法が用いられている<sup>4),5)</sup>。Verification は「シミュレーションモデルが正しく実装されていることの検証」と定義されており、V&V の手順として、まず構築された計算機シミュレーションが必要な機能をもつか、またプログラムのコーディングが正しくなされているかを確認することにより、Verification を実施する。Verification によって誤りなく実装されていることを確認した計算機シミュレーションに対して、続いて Validation を適用する。Validation において、シミュレーション結果と現実の事象から得られたデータを比較し、「シミュレーションモデルが現実の現象を十分に再現しているか」を確認し、シミュレーションモデルの妥当性を担保する。近年、土木工学における計算機シミュレーションに対する V&V の実施の重要性が注目され、大きく三つの課題が提示されている<sup>6)</sup>。

本稿では、消波ブロック据付作業を対象に開発したシミュレータを紹介し、V&V の一環として実施している妥当性検証について述べる。

## 2. 消波ブロック据付シミュレータ

図-1 に開発中の消波ブロック据付シミュレータ (以下、シミュレータ) の概観を示す。シミュレータはリアルタイム 3D 開発プラットフォームである Unity をベースとしている。Unity は通常 2D 及び 3D ゲームの制作に用いられることが多いが、土木工学が対象とする現場を再現することにも適していると考えられる。据付を行う防波堤の設計図を入力することで、シミュレータの画面上に最終的な据付設計形状や許容範囲を含めた形状を表示することができる。表示の選択や有無は利用者が自由に選択できるようになっている。



図-1 シミュレータの概観

消波ブロックのモデルはあらかじめシミュレータに組み込まれており、利用者は一つずつ消波ブロックをキーボード若しくはゲームコントローラで操作し、所定の位置に据付けていくことができる。シミュレータ上でも消波ブロックにはロープがついており、あたかも現場においてクレーンで消波ブロックを吊り下げて据付位置に持っていくように、天端返し、横吊り、水平吊りの三種類の吊り下げ方を切り替えることができるようになっている。

開発したシミュレータに対する Verification として、利用者の操作通りに消波ブロックの移動や据付が行えるということは、基本的な事項として確認している。また、据付時のブロックの落下動作、ブロック同士の接触による変動、重量による移動の状況が現実に沿っていることを、現場の状況を知っている実務者が確認して問題がないと判断している。Validation に関しては空隙率を一つの指標として用いる。空隙率は消波ブロックの内部の空隙の割合であり、消波ブロックの形状や重量により事前に標準的な値（以下、理想空隙率）が定められている。開発したシミュレータでは、据付けられたブロックの位置と最終的な設計形状との関係性より、Unity の機能を用いて空隙率が算出できる<sup>3)</sup>。消波ブロックとしてシェークブロック 4t 型<sup>7)</sup>を用い、据付シミュレーションを行った結果、シミュレータが算出した値がシェークブロック 4t 型の理想空隙率 56%とほぼ等しくなり、本シミュレータは V&V 手法により信頼性が十分であると判断できる。

### 3. おわりに

本研究では、消波ブロックの据付作業を対象としたシミュレータを開発している。シミュレータは据付けされた消波ブロックの空隙率を算出する機能を具備しており、これを用いた V&V 手法による検証を行った結果、十分な信頼性があることを確認した。今後、実際の現場で利用してもらうために、アプリケーションとしてリリースする予定である。

謝辞：本研究は、令和 4 年度及び令和 5 年度の高等教育機関における共同講座創造支援事業費補助金により実施したものである。また、本研究の実施にあたり議論して頂いた株式会社小野組の須藤達美氏と岩沢竜水氏、並びに 3 次元データの提供を頂いた株式会社本間組に深謝する。

### REFERENCES

- 1) 堀田佳孝, 佐々木健吾: ICT 活用による消波ブロック据付作業の効率化 モデルによる数量算出から据付シミュレーション, 建設マネジメント技術, pp. 71-74, 2022.
- 2) 三井順, 久保田真一, 橋田雅也, 昇悟志: 消波ブロックのリアルタイム据付シミュレーション手法の開発, 土木学会論文集 B2(海岸工学), 78 巻 2 号, pp. I\_685-I\_690, 2022.
- 3) Hao Min Chuah, 山崎達也, 須藤達美, 岩沢竜水: 消波ブロック据付シミュレータの構築とその評価方法, 第 51 回土木学会関東支部技術研究発表会論文集, 2024.
- 4) Pace, D. K.: Modeling and Simulation Verification and Validation Challenges, JOHNS HOPKINS APL TECHNICAL DIGEST, Vol. 25, No. 2, pp.163-172, 2004.
- 5) Sargent, R. G.: Verification and validation of simulation models, Proceedings of The 2011 Winter Simulation Conference, pp. 184-198, 2011.
- 6) 三櫻井英行, 桐山貴俊, 渦岡良介, 中井健太郎, 森口周二: 土木の工学シミュレーションにおける V&V の重要性と課題, 土木学会第 71 回年次学術講演会論文集, No. CS8-022, pp. 43-44, 2016.
- 7) 本間コンクリート工業株式会社: シェークブロック, [https://www.honmacon.co.jp/08/pdf/2022/sye-kuburokkuv9\\_202202.pdf](https://www.honmacon.co.jp/08/pdf/2022/sye-kuburokkuv9_202202.pdf), p.10 (2024 年 10 月 4 日閲覧)