

## 建設用 3D プリンティング技術の農業水利施設への適用に向けた取組み Efforts to Apply 3D Printing Technology for Construction to Irrigation Facilities

○金森 拓也\*, 京免 継彦\*\*, 大岡 航\*\*\*, 黒田 清一郎\*

KANAMORI Takuya\*, KYOMEN Tsuguhiko\*\*, OOKA Wataru\*\*\* and KURODA Seiichiro\*

### 1. はじめに

近年、工事現場における技術者不足への対応や生産性の向上、工期短縮などを目的として、コンクリート構造物におけるプレキャスト製品の導入が積極的に進められている。一方で、農業水利施設の中には、例えば地形的制約や他の水利系統との接続性確保のために、特殊形状とせざるを得ないものもあり、必ずしも規格化されたプレキャスト製品だけでは対応できない場合がある。こうした特殊形状を有する農業水利施設に対して、比較的自由的な形状をデザインできる建設用 3D プリンティング（以下、3DP）技術の適用が有効となる可能性がある。本稿では、3DP 技術の適用が想定される農業水利施設の一つとして、ため池出口柵の製作事例について報告する。また、現在、戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）第 3 期「スマートインフラマネジメントシステムの構築（サブ課題 B：先進的なインフラメンテナンスサイクルの構築）」の一課題において、著者らが取り組んでいる 3DP 技術に関する研究開発の一端を紹介する。

### 2. 3DP 技術の概要

3DP 技術にはいくつかの方式があるが、建設用途としては、セメント系材料をノズルから押し出しながら一層ずつ積層を繰り返して造形する「材料押出方式」の適用実績が多いとされる<sup>1)</sup>。この方式では、CAD データをもとにノズルの経路や移動速度等が正確にデジタル制御され、一筆書きの要領でフィラメントを積み上げることで構造物を造形する。これによって、例えば曲面や中空など、従来の型枠を用いた成形方法では困難であった複雑な形状をデザインすることが可能となる。このことから、3DP 技術は無人化施工による省力化や生産性の向上に資するとともに、形状の自由度の高さから、意匠性に優れる、あるいは構造的・水理的に有利な断面を有する構造物など、機能性を付加した構造物を実現できる可能性がある。

### 3. ため池出口柵の製作事例

**3.1. 概要** ため池出口柵は、ため池の貯水を用水路等に導水する底樋管と、導水先である用水路の連結部に位置する柵である。複数の水利施設と接続し、接続口の現場合合わせが必要となるケースが想定されることから、3DP 技術の適用先の候補として選定した。製作した出口柵の側面には、底樋管からの導水口（円形）と上下流 2 方向の用水路との接続口（角形）を設定した。また、3DP 技術の特徴を活かし、減勢などを意図した曲面やスロープを設計に織り込んだ。

**3.2. 製作状況** 出口柵は、先述の材料押出方式により造形した。Fig.1 に示すように、あらかじめ読みこんだ CAD データに基づき、セメント系材料を吐出しながらノズルが移動することによって、底版からフィラメントを積層した。側面の円形および角形の空洞部は、積層時にボイド管やスパーサーを所定のタイミングで配置し、材料硬化後にそれらを撤去することで実現した。また、完成した出口柵は実験フィールド内の模擬ため池において、実際に底樋管および水路と接続し試験通水を

\* (国研) 農研機構農村工学研究部門 Institute for Rural Engineering, NARO, \*\* 佐藤工業株式会社 Sato Kogyo Co., Ltd,

\*\*\* 株式会社 Polyuse Polyuse Inc.

キーワード：建設用 3D プリンティング、オーダーメイド型プレキャスト、農業水利施設、ため池出口柵

行ったが、設置時の破損や漏水などの問題は生じなかった (Fig. 2).

#### 4. 農業水利施設への適用に向けた技術課題と取組み

ため池出口柵の製作を通じて、3DP 技術によって、曲面やスロープのような形状や空洞の配置を設計通りに行うことができることが改めて確認され、現場合合わせが必要な農業水利施設において、3DP 技術が活躍できる可能性が見出された。一方で、農業水利施設への展開を図るためには、同施設の本質的な性能である水理 (水利) 性能や、主に水による劣化に対する耐久性を中長期的に担保することが不可欠であると考えられる。

冒頭で触れたとおり、著者らは現在進行中の SIP 第 3 期の一課題に共同研究機関として参画し、上述したような、農業水利施設に 3DP 技術を適用するにあたって障壁となりうる技術的課題について検討を進めている。具体的には、例えば、農業水利施設で問題となる摩耗劣化に関して、3DP 技術により作製した材料または構造物の耐摩耗性を評価できる手法の開発などに取り組んでいる。材料押出方式によって造形した構造物は、表面に積層模様 (凹凸) が残ることから、平滑面への適用を前提とした従来の性能評価手法が適用できない場合がある。3DP 技術のような全く新しい技術が受容されるためには、まずは従来使われてきたものと比べて、遜色ない性能を有することを証明することが重要であると考えられる。したがって、3DP 技術により造形した構造物に対応できる評価手法を構築し、要求性能を担保することが、ひいては農業水利施設への展開に寄与することになると考えている。

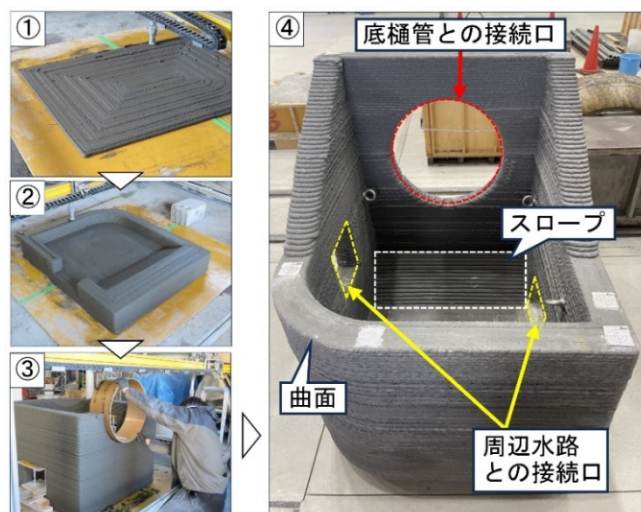
#### 5. まとめ

本稿では、農業水利施設への 3DP 技術の適用に向けて、ため池出口柵の製作事例を紹介するとともに、今後求められる技術開発についての私見を述べた。ここでは技術的な課題を中心に議論したが、3DP 技術の社会実装を推進するためには、規準化・マニュアル化といった体制整備や社会的受容性の確保、人材育成など、様々な観点からの整理・検討が必要と考える。

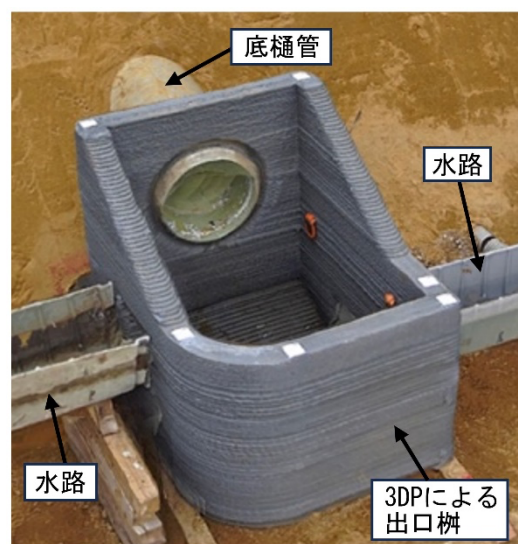
**謝辞** 本研究の一部は、内閣府総合科学技術・イノベーション会議 官民研究開発投資拡大プログラム(PRISM)および戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) 第 3 期「スマートインフラマネジメントシステムの構築」JPJ012187 (研究推進法人: 土木研究所) によって実施した。本研究にあたりご協力いただいた関係各位に感謝の意を表す。

#### 参考文献

- 1) 石田・木ノ村 (2020) : 3D プリンティング技術がもたらす建設産業へのインパクト, コンクリート工学, **58**(1), 45-51.



① 1 層目、②積層、③ボイド管の設置、④完成  
**Fig. 1** 3D プリンタによるため池出口柵の製作  
 Fabrication of a reservoir outlet basin using a 3D printer



**Fig. 2** 模擬ため池に設置した出口柵  
 Outlet basin installed in a simulated reservoir