

建設用コンクリート3Dプリンタの技術動向と 農業農村工学分野における適用可能性 Trends in 3D Concrete Printing technology and its applicability for irrigation facilities

○大岡 航*) 黒田清一郎**) 京免継彦***)
OOKA Wataru, KURODA Seiichiro, KYOUMEN Tsuguhiko

1. はじめに

建設用コンクリート3Dプリンタは、従来の建設方法に代わる新しい建築技術の一つであり、コンクリート素材を使用して3Dプリンタによって建物の構造物を造形する技術である。この技術は、建設作業の効率化や建物の複雑な形状の実現、省エネや環境負荷低減などのメリットを持つ技術として期待されている。近年、建設現場での建築資材や人手不足が問題視されており、この解決を実現する技術としても、建設用コンクリート3Dプリンタの活用が期待されている。3Dプリンタの導入によって労力や時間を節約し、コンクリート構造物や建物まで幅広い領域での造形活用により、機能性を向上させることも期待されています。本報では、建設用コンクリート3Dプリンタの技術について、その原理や利用例、課題や展望などについて述べる。

2. 建設用コンクリート3Dプリンタの方法や技術的課題

建設用コンクリート3Dプリンタは、CADデータを元に、樹脂やプラスチックの3Dプリンタと同様に、層を積み重ねてコンクリートを造形する加工方法であり、積層造形と呼ばれる加工方法に基づく。まず、CADデータを元に造形を行うコンクリート構造物の設計情報を取り込み、プリンタの制御ソフトウェアであるスライサーによって、コンクリートの層の厚さや造形方向、支持材料の設置位置などが決定される。次に、スライサーで生成されたGコードを元に、ノズルからコンクリートを噴出しながら、層を積み重ねてコンクリート構造物を造形していく。ここでGコードとはCNC(Computer Numerical Control)や3Dプリンタなどの数値制御機械において動作指示を行うために用いられ、コード番号とそれに続くパラメータ(速度、位置、角度、動作モードなど)から構成され、3Dプリンタの制御装置によって解釈され、モーターの回転速度や軸の移動量、ノズルの出力量などが制御される。これにより建設用コンクリート3Dプリンタがコンクリートを積層して造形するための動作が実現される。技術的課題としては、建設現場での実用化に向けた施工性や精度の向上、大規模かつ重要構造物への3Dプリントの検討、耐久性・安全性・維持管理の確保、使用材料の劣化などによる印刷物の品質低下への対策などが考えられる。また、Gコードの作成やCADデータの変換など、熟練した技術者や専門的な知識が必要であり、より広い普及のためには、そのプロセスの簡易化、一般化も課題と考えられる。

3. 建設用コンクリート3Dプリンタに関する技術開発動向の方法や技術的課題

建設用コンクリート3Dプリンタに関する国際的な研究動向としては、例えば米国のNASAでは宇宙探査に必要な持続可能な住居の解決策として、3Dプリントによる宇宙用住居の建設技術の開発が進められている。プリンタの大型化や高層ビル建設への適用も研究動向の一つである。また中国でも3Dプリンタの活用は進められており高速道路の防音壁や護岸ブロックの製作にも活用されている。我が国でも各種建設業界の企業において実際

の建築物への適用や低コスト住宅の実現に向けた研究、またコンクリートの硬化時間を調整するための研究や、材料の強度向上に関する研究などが進められている。

3. 建設用コンクリート3Dプリンタによるプレキャストコンクリート構造物

国土交通省では、平成28年より i-Construction の施策のひとつとして、コンクリート工の規格の標準化の取り組みがあり、あらかじめ工場で作られたプレキャスト製品を活用することにより、建設現場での「省人化」や「工期短縮」、「安全性の向上」、「働き方改革への寄与」などが期待されることから、プレキャスト工法の活用促進についても検討が進められている。このようなプレキャストコンクリートの活用という観点からも建設用コンクリート3Dプリンタは、いわばオーダーメイド型の技術としての活用が期待されている。実際に土木分野では擁壁や集水マス、建築分野でも壁部材や外構など、そのほか各施工現場に最適化した形状や構造のコンクリート構造物の印刷を実施し本設工事にて本格的に技術活用が進んでいる。

4. 農業農村工学分野における適用可能性

農業農村工学分野において、農業水利施設等の建設、補修・改修についても、プレキャスト構造物の導入は施工の効率化という観点から重要である。特に農業水利施設は周辺の地形や環境条件にあわせるために画一的なプレキャスト化、規格化が難しい場合があり、また農業用水を取り扱う場合には水理的な条件や要求を満たす必要もある。この観点から「オーダーメイド型プレキャスト技術」としての建設用コンクリート3Dプリンタの活用が期待される。このような観点からは筆者らは、内閣府の官民研究開発投資拡大プログラム(PRISM)において、ため池の底樋出口柵に注目し、これをオーダーメイド型のプレキャスト構造物とするために建設用3Dプリンタを活用する研究に取り組んできた。ため池の底樋そのものについては現在プレキャスト化が進められており規格化もなされているが、付帯構造物である底樋出口柵は周辺の堤体形状や地形、および接続する水路の形状等にあわせる必要があり、規格化が困難である。このような特徴を有する農業水利施設分野における構造物について、いわばオールプレキャスト化を実現する技術として3Dプリンタの活用が今後期待されるものと考えられる。

現場打設型の建設用3Dプリンタも農業農村工学分野において重要である。例えば山奥地におけるため池改修工事などにおいて、大型の構造物の運搬が困難な場合や、地形・現場条件にあわせた建設が必要な場合に活用されることが期待される。

農業農村工学分野においても多種多様な施工環境の変化は多く存在し、誰でも使える汎用性、及び精度を高く3Dプリントを行うことができる施工性の技術開発、そして印刷物の設置環境に最適化した特殊形状構造物をその後の維持管理面も踏まえて関連する企業及び組織が協力して新領域に対しても技術導入を精力的に行っていかなければならないと考えられる。

【参考文献】1) 国土交通省 (一社)日本建設業連合会:土木工事におけるプレキャスト工法の活用事例集(第二版),2022, <https://www.mlit.go.jp/tec/content/001474498.pdf>

*) (株) Polyuse Inc. **) (国研) 農研機構農村工学研究部門 National Agriculture and Food Research Organization ***) 佐藤工業 (株) Sato Kogyo Co, Ltd.

建設用コンクリート3Dプリンタ、オーダーメイド型プレキャスト、BIM/CIM