

建設用 3D プリンタメーカーからみた 3DCP 技術最前線とその全国への普及展開

Deployment and Initial Applications of Concrete 3D Printing in Tochigi

○大岡 航^{*)}
OOKA Wataru

1. はじめに

日本の建設業界は、労働力不足や高齢化、インフラの老朽化といった複合的課題に直面している。これらに対する解決策の一つとして、建設用 3D プリンタ (3D Construction Printer: 3DCP) およびその製造技術の導入が注目されている。

本稿では、3DCP の技術的特徴と、近年における我が国での開発・導入動向について概説する。特に、筆者らは 3DCP による施工を可能とするハードウェアやマテリアル、ソフトウェアそれぞれの開発と普及展開を行っており、国内において独自性の高い技術を有する唯一の建設用 3D プリンタメーカーでもある。以上を踏まえ、筆者らが開発してきた 3DCP 技術の概要とその特徴、さらに近年の実用化に向けた技術開発の動向および土木構造物への適用事例を報告する。

2. 建設用 3D プリンタの技術的特徴

3DCP 技術は、セメント系の専用材料を用い、コンピュータ制御によって材料を連続的に積層することで構造物を造形するデジタル施工技術である。デジタル設計データ (CAD 等) に基づき、ノズルから押出された材料が積層状に積み重なることで、型枠を用いることなく、自由曲面や複雑形状の構造物の成形が可能となる。使用される材料には、押出性、早期強度発現性、積層間の接着性などが求められ、これらを考慮した印刷技術と材料配合が不可欠である。本技術の中核には、デジタル設計と施工機械が一体化した Digital Fabrication の概念があり、従来の人手依存の施工プロセスとは異なり、自動化および省力化が実現可能となる。

この積層造形技術は、Additive Manufacturing とも称され、設計の自由度や構造機能の追求に資する技術として発展している。近年では、社会実装の観点から実際の建設現場ニーズを考慮した上で多種多様な 3D プリンタの開発が進展している。また、3DCP 技術は型枠の設置工程を不要とすることから、従来のコンクリート構造物と比較して工期短縮、省人化、施工時の廃棄物削減が可能である。加えて、曲線や複雑形状の構造物の施工を容易にする点で、設計自由度の向上にも寄与する。

3. ガントリー型建設用 3D プリンタ

ここでは、筆者らが開発・普及を進めてきた 3DCP 技術 (Fig.1) およびその印刷技術について述べる。移動や展開性に優れたガントリー型方式を採用し、ノズルから材料を積層して構造物を造形する積層造形方式を基本としている。可搬性を重視した設計により現場や任意の場所への運搬が容易である点も特徴である。積層時の安定性と早強性、及び耐久性などを確保した材料を開発している。これらにより現場条件に応じた施工時間の短縮と造形品質の安定化が可能となる。施工は 3D モデルに基づいてプリンタを制御し、設計形状に沿った逐次積層により進められる。

^{*)} 株式会社 Polyuse Polyuse Inc.

キーワード: 建設用/コンクリート 3D プリンタ(3DCP), ガントリー型プリンタ, 土木構造物, 積層造形

各層の厚さは5~20 mm程度であり、積層速度は材料特性や施工条件に応じて調整が可能である。施工プロセスは、設計データの読み込み、印刷、品質確認等の一連を経て構成され、従来の型枠工法と比較して工程数の削減が可能である。デジタルデータとの連携は設計と施工の合理化を推し進めるだけでなく、構造最適化や施工手順の自動化も実現しつつある。

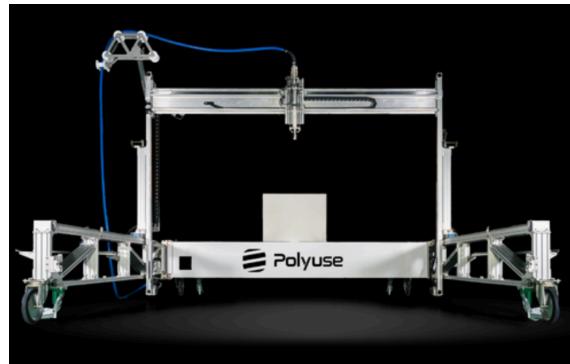


Fig.1 ガントリー型建設用 3D プリンタ

3. 社会実装

3DCP技術の社会実装に向けては、全国各地での国土交通省や地方公共団体および建設事業者との連携のもと、様々なスケールと用途への適用が実施されてきた。その事例のうち一部を抜粋して示した。これらの事例は特に公共分野での技術導入判断の参考となり、技術の普及を加速する契機となっている。技術のさらなる展開・発展に向けては、各地方公共団体等公共事業の事業主体と建設事業者における3DCP技術への更なる理解の促進が重要となる。従来の施工方法だけではなく、新しい技術に対する前向きな考え方や事例創出により業界課題の解決が進む、その先には全国普及へ繋がっていくと考えている。国内唯一の建設用3DプリンタメーカーであるPolyuseでは2025年度より3DCP技術の量産化にも着手している。

Table.1 ガントリー型建設用3Dプリンタの土木構造物への施工実績(代表例を抜粋)

事例	参照
歩車道境界ブロック_京都府〔近畿地方整備局〕	https://www.kkr.mlit.go.jp/plan/happyou/theses/2023/lbhrsn000000m6iu-att/a1684912639949.pdf
階段工_広島県〔中国地方整備局〕	https://www.cgr.mlit.go.jp/tyokugi/75/01/11.pdf
橋梁下部工_高知県〔四国地方整備局〕	https://xtech.nikkei.com/atcl/nxt/column/18/00142/01786/
護岸ブロック_高知県〔四国地方整備局〕	https://www.fukudome.co.jp/wordpress/wp-content/uploads/2024/12/04_001852737.pdf
令和6年度インフラDX大賞国土交通大臣賞 元付工_石川県〔北陸地方整備局〕	https://www.yoshimitsugumi.co.jp/wp-content/uploads/2025/01/001852739.pdf
令和6年度インフラDX大賞優秀賞	

4. おわりに

3DCP技術は、建築・土木分野において世界的にみても革新的な技術と捉えられており、導入が進むことで効率的な施工方法の確立や、環境負荷の低減、さらには労働力不足の問題への対応が期待される。また、標準化に向けた学会等での進行中の取り組みも重要であり、国土交通省の新技術情報提供システム(NETIS)登録¹⁾を通じたエビデンスの整備もその一つである。今後も更なる産学官連携を強化し、技術の信頼性と普及を支える体制を引き続き整備していくことも重要である。

【参考】

- NETIS : KT-230174-A「建設用3Dプリンティング」
<https://www.netis.mlit.go.jp/netis/pubsearch/details?regNo=KT-230174%20>