

DX 化を目指した建設用 3D プリンタの開発

Development of Construction 3D Printers for Achieving Digital Transformation

○石関 嘉一*, 坂上 肇**, 北村 勇斗**

ISHIZEKI Yoshikazu*, SAKAGAMI Hajime** and KITAMURA Yuto**

1. はじめに

現在、建設業では、建築や土木構造物に求められる強度や耐久性の観点からセメント系材料を用いた建設用 3D プリンタ（以下、建設用 3DP）の開発が盛んである¹⁾。建設用 3DP は、鉄筋コンクリート造（以下、RC 造）に比べて、型枠不要で複雑な形状を自動製造できることから、デザイン自由度の向上や生産性向上への期待が大きい。また、型枠不要かつオンサイトで部材を製造できることから木製型枠や部材運搬の削減による CO₂ 排出量の削減も期待されている。本稿では、建設用 3DP の概要と現状の開発状況を紹介する。

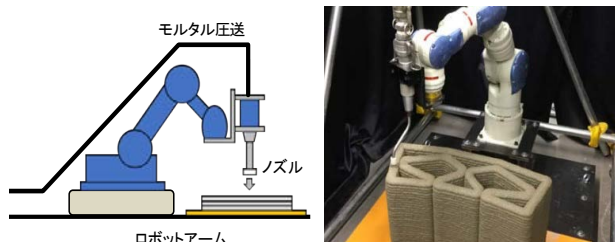
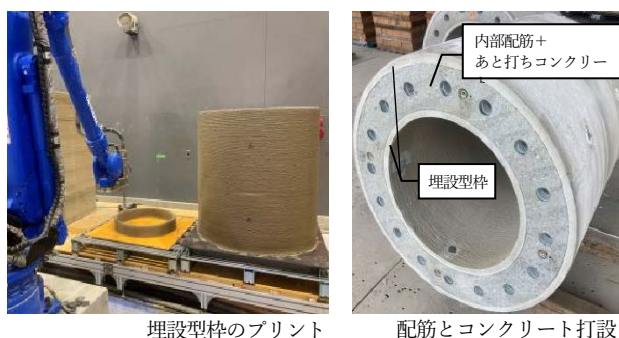


図1 建設用 3D プリンタ（材料押出方式）



埋設型枠のプリント 配筋とコンクリート打設

2. 建設用 3D プリンタの概要

(1) 建設用 3D プリンタの方式と用途

建設用 3DP の主流の方式は、未硬化のモルタルをポンプで圧送して積層造形する材料押出方式である（図 1）。モルタルには、チキソトロピー性（ポンプ圧送時に圧送圧力が加わると流動性が生じるが、ノズルから吐出されて圧送圧力から解放されると形状が保持される性質）と急硬性が求められる。3D プリンタ本体には、産業用ロボット（ロボットアームやガントリーロボット）が用いられる。

図2 埋設型枠利用

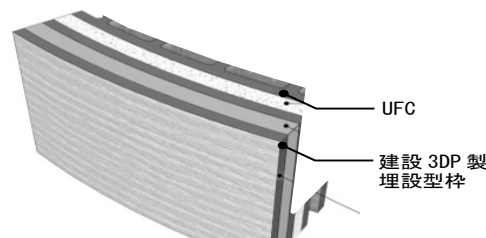


図3 開発工法の概略

建設用 3DP の主な用途は、RC 造の埋設型枠である（図 2）。セメント系材料を用いた建設用 3DP の多くは、圧縮強度に比べて引張強度が低く、単独で構造部材を製造することが難しい。そのため、RC 造の埋設型枠としての利用検討が進んでいる。また、その他に鉄骨造の外壁や外構ベンチなどの非構造部材への使用例がある。

(2) 活用推進に向けた動き

現行の建築基準法（以下、法）では、建設用 3DP の主流の材料であるモルタルは、法第 37 条の指定建築材料外である。そのため、モルタルを用いる建設用 3DP で製造した部材を構造部材と見なす場合には法第 20 条の構造耐力の性能評価を受け、国土交通大臣の認定を取得する必要がある。

*株式会社大林組 技術本部本部長室, ** 株式会社大林組 技術研究所生産技術研究部。

キーワード：建設用 3D プリンタ，超高強度繊維補強コンクリート，UFC，オンサイト，プレキャスト

3. 建築・土木における開発事例

(1) 超高強度繊維補強コンクリートの利用

建設用 3DP 製の埋設型枠に超高強度繊維補強コンクリート（以下、UFC）を充填する工法（以下、開発工法）の開発に取り組んでいる（図 3）。UFC は、単独でも構造体として使用でき、土木分野を中心に利用が拡大している。埋設型枠の内部に鉄筋や鋼材などを配置する場合に比べて、製造できる形状の自由度や施工の省力化といった建設用 3DP の特長をさらに生かすことができる。

(2) 建築物への利用

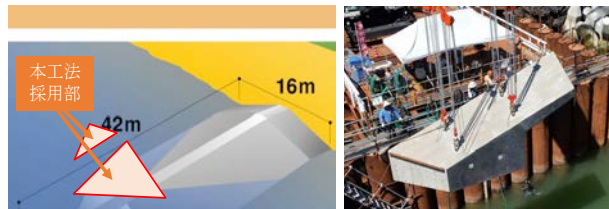
開発工法による建築物の設計施工に関する知見の収集を目的として、建築基準法に準拠した建築物「3dpod™」を建設した（図 4）。建築物の規模は、地上 1 階建て、建築面積 34.49m²、最高高さ 4.04m である。地上構造物の全てに開発工法を採用した。UFC は、建築基準法の規定外の材料のため、新材料・新工法による建築物として、法第 20 条の国土交通大臣の認定を取得することで建築確認を得た。3DP と UFC による工法として、国内で初めて国土交通大臣の認定を取得した建築物である。建設用 3DP を現場に設置し、現地で 3D プリント工事を実施（オンサイトプリント）した（図 5）。3DP による躯体工事（断熱工事、設備工事を含む）は、のべ 58 日間、オンサイトプリントの総時間は、約 138 時間（のべ 33 日間）であった。開発工法により、RC 造では実現できない複雑形状の建築物を実現した。



図 4 3dpod（左：外観、右：内観）



図 5 オンサイトプリント



潜水突堤の全景と適用部位

開発工法による大型 PCa プロ

図 6 土木構造物への適用

(3) 土木構造物への利用

R3 西湘海岸岩盤型潜水突堤整備工事（以下、本工事）は、高波浪時の越波による西湘バイパスへの被害防止を目的として設置する潜水突堤を構築する工事であり（図 6）、三次元形状の先端摺付部をプレキャスト（以下、PCa）部材として製造した。三次元的に複雑な形状で、鉄筋配置が困難なため、UFC を充填し鉄筋配置を省略した。工程を 15 日から 4 日に短縮し、高波浪時の退避による工程遅延リスクを低減できた。また、作業人数は延べ 96 人から延べ 28 人へと削減でき、省人化を実現できた。

4. 終わりに

現在、産官学が建設用 3DP の実用化に向けて活発に活動している。建設業界の少子高齢化の状況を鑑みると建設用 3DP の適用範囲は将来的に拡大する可能性があると考えられる。

参考文献

- 1) 西脇 智哉, 他: 建設 3D プリンティング技術とその普及状況, 日本建築学会大会（北海道）材料施工部門 PD “デジタルファブリケーションが切り開く RC 工事の未来” 資料, pp. 14-24, 2022