

屋外での建設用 3D プリンタによる施工実証

前田建設工業（株） ICI 総合センター 正会員 ○伊藤 陽平 非会員 宮澤 友基 梶田 秀幸
 （株） Polyuse 非会員 岩本 卓也 松下 将士 鎌田 太陽

1. はじめに

建設業界では労働力不足が加速しており、施工の自動化・機械化による省人化は急務である。セメント系材料を用いた 3D プリンティング技術は、施工を省人化する技術として近年注目されている¹⁾。同技術においては、屋内での施工事例は多いが、屋外での施工事例は少ない¹⁾。著者らは屋外環境が 3D プリンティング技術に与える影響の把握を目的として屋外での建設用 3D プリンタによる施工実証を行った。

2. 施工実証の計画

2.1 施工計画概要

現地で組立て可能なガントリー型 3D プリンタ（図-1）を用い、経年劣化した集水桝（図-2）の更新工事を行った。既設集水桝に隣接した場所に造形環境を整備し、図-3 に示すような円形断面を有する集水桝を造形した。造形物の出来形および性能確認後、造形場所から吊込みを行い、設置施工を実施した。施工時期は 2021 年 6 月とした。

2.2 集水桝の要求性能および造形方法

造形する集水桝には、設計基準強度を満足すること、漏水が生じない水密性を有すること、設計貯水容積を有すること、排水管および U 字溝と接続可能であることが要求された。そこで、高さ 10mm、幅 30mm のレイヤーで集水桝本体および桝蓋の積層造形を行った。

2.3 造形材料のフレッシュ性状管理方法

造形材料はプレミックスモルタル材料に水を添加して製造した。建設用 3D プリンタによる造形において、造形材料には閉塞せずに圧送できる「押し出し性」および圧送・吐出後の「自立性」が求められる²⁾。屋外環境では、これらの材料特性が外気温等の環境条件の影響を受けるため、現場での配合の微調整が必要となる。3D プリンタの圧送ポンプ吐出口から排出される造形材料を採取し、押し出し性および自立性を評価する指標として、JIS R 5201 を参考にしたフロー試験を実施した。室温 20℃ の室内試験での実績から定めた 0 打フロー値 105±2mm、15 打フロー値 123±2mm を管理値とした。また、JIS A 1128 を参考に空気量の測定を行い、空気量 4.5±1.5% として管理を行った。

2.4 造形材料の配合

集水桝造形前に屋外において練混ぜ試験を行い、水添加率（添加する水のプレミックスモルタル材料に対する質量比率）²⁾を設定した。室温 20℃ の室内で実績のある水添加率 17.4% を基準に調整を行った結果を表-1 に

キーワード 3D プリンタ, 屋外施工, 集水桝

連絡先 〒302-0021 茨城県取手市寺田 5270 (株) 前田建設工業 ICI 総合センター TEL 0297-85-6171



図-1 ガントリー型
3D プリンタ

図-2 既設集水桝

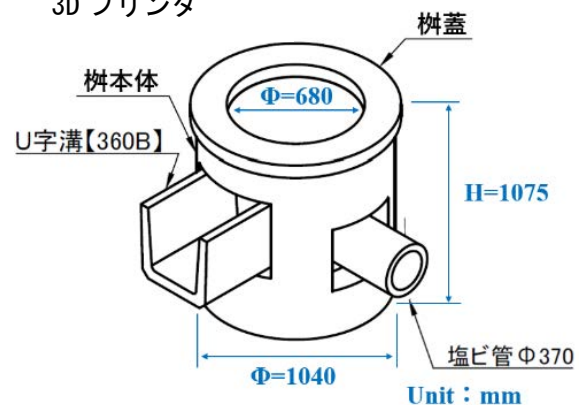


図-3 新設集水桝完成イメージ図

表-1 フロー試験結果および空気量

水添加率 (%)	0 打フロー値 (mm)	15 打フロー値 (mm)	空気量 (%)
17.4	106	120	4.1
17.6	104	120	4.1
18.0	104	123	4.0

示す。フロー値および空気量の管理値を満たす水添加率 18.0%にて集水樹の造形を行った。

2.5 集水樹の強度管理方法

集水樹の強度は、造形後に 3D プリンタから吐出させたモルタルを採取し、JIS A 1132 を参考に ϕ 50mm \times h100mm の円柱供試体を製作し、標準養生の材齢 28 日における圧縮強度試験および割裂引張強度試験にて強度管理を行った。なお、圧縮強度試験は JIS A 1108 を参考に、割裂引張強度試験は JIS A 1113 を参考に実施した。

3. 施工実証の結果

3.1 集水樹の出来形確認結果

図-4 に設計寸法と出来形計測結果を示す。設計より過大に造形されたが、設計貯水容積を有すること、既設排水管との接続が可能であることを確認した。造形中は、目視で吐出状況を確認し、装置の制御による吐出量の微調整を実施した。しかし、目視による調整のため、設計吐出量との誤差が生じ、吐出量が過剰気味となった。図-5 に造形した集水樹を示す。凹凸が目立つ外観となった。

3.2 集水樹の強度試験結果

現場にて採取した円柱供試体の圧縮強度試験結果および割裂引張強度試験結果を表-2 に示す。各種強度が設計基準強度を十分に満足していることが確認された。

3.3 集水樹の貯水試験結果

貯水試験として、集水樹の硬化後に水を貯めて、24 時間後の漏水の有無を検査した。漏水は見られず、水密性に問題がないことを確認した。

3.4 集水樹の設置

集水樹の出来形および性能確認後、既設樹の撤去、掘削、砕石敷均し・転圧、新設樹吊込み、U字溝・排水管との接続、埋戻し・転圧の手順で設置施工を行った。施工完了後の供用状況を図-6 に示す。供用開始から 9 か月が経過したが、集水機能および排水機能に問題ないことを確認している。

4. まとめ

屋外環境において建設用 3D プリンタを用いた集水樹の施工を行った。事前に、現地においてフロー試験を参考に造形材料の水添加率の調節を行った。その結果、雰囲気温度の変動が大きい屋外においても集水樹の造形に成功し、集水樹の出来形、強度、水密性に問題がないことを確認した。

参考文献

- 1) 丸屋剛ら：3D プリンティングの技術開発の現状と展望，コンクリート工学，Vol. 59, No. 2, pp. 173-180, 2021
- 2) 寺西浩司ら：建設用 3D プリンターに用いるセメント系材料の物性評価方法，日本建築学会技術報告集，第 27 巻，第 65 号，69-74, 2021. 2

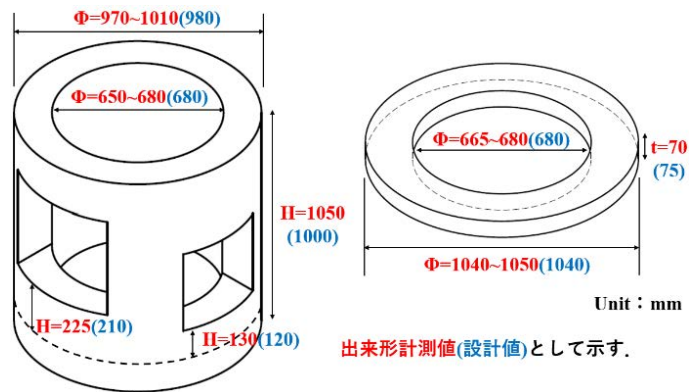


図-4 出来形計測結果（集水樹本体・樹蓋）

表-2 強度試験結果および設計基準強度

	強度試験結果	設計基準強度
圧縮強度 (N/mm ²)	67.0	18.0
引張強度 (N/mm ²)	3.51	0.30



図-5 造形した集水樹



図-6 新設樹の供用状況