

# 公共工事での国内初施工

## 建設用 3D プリンターによる土木構造物製作

土佐国道事務所 工務課 西森 聖人  
土佐国道事務所工務課長 宗光 太助  
土佐国道事務所 工務課 片岡 弘貴

近年、土木工事のデジタル化に向けて、現場の自動化に関する取り組みが行われている。世界では建設用 3D プリンターを用いた公共工事が行われており、日本では土佐国道事務所が初めて施工した。本文では、国内の公共工事ですべて初めて実施した 3D プリンターを用いた集水桝の印刷を評価することを主目的とし、通常施工との比較を行った。その結果、3D プリンターを用いた施工では通常施工に比べて、外観、機能性、強度ともに大きな差異が無い集水桝が造形でき、工期を 8 日から 3 日に、人員を 9 人から 4 人に削減できると示された。

キーワード 国内初、公共工事、建設用 3D プリンター、集水桝、デジタル化、DX、BIM/CIM

### 1. はじめに

建設業界の就業者数は減少傾向にある。2021 年の就業者数は 482 万人であり、1997 年に比べ約 29% 減少した。<sup>1)</sup> また高齢化も進んでおり、2019 年の就業者数を 2009 年と比較すると、65 歳以上は 8% 増加、25～34 歳は 5% 減少した。<sup>2)</sup>

国土交通省は 2021 年に「国土交通省 DX 推進本部」を立ち上げ、第 1 回会議を 12 月 2 日に開催した。<sup>3)</sup> 翌年にはインフラ分野の DX アクションプランを策定し、2022 年を DX による変革に取り組む「挑戦の年」と位置付け、省横断的に取り組みを推進していくと公表した。プランのひとつにロボット・AI 等活用による現場の生産性向上を挙げており、自律施工に向けた研究開発の推進を計画している。<sup>4)</sup>

本文では、公共工事ですべて国内初である建設用 3D プリンターを用いた施工の評価を主目的とした。3D プリンターとは 3 次元ソフトウェアで作成されたデータを元に断面形状を積層し、立体造形できる機器を総称したものである。海外では建設業界への施工事例があり、2027 年には約 40 億ドル規模の市場へ成長すると報

告された。<sup>5)</sup> 令和 2-3 年度南国安芸道路赤野橋下部外工事の集水桝の工事を対象とし、通常施工との比較を行い、3D プリンターを用いた施工を評価した。

### 2. 海外での施工事例

建設用 3D プリンターを開発する海外企業を表-1 に示す。欧米のスタートアップ企業である Houseofdus、は建設用 3D プリンターを用い、家を印刷した。WASP はクリスチャン・ディオールの間限定店舗をドバイで印刷するなど建物の印刷に強みがある。MX3D、XtreeE は歩道橋を印刷、Branch Technology は公園のオブジェ、Cybe Construction は人工漁礁、マンホー

表-1 建設用 3D プリンターを開発する海外企業

企業名	国名	代表的な施工例
Houseofdus	オランダ	家
WASP	イタリア	ディオール店舗
MX3D	オランダ	鋼製の歩道橋
XtreeE	フランス	40 m の歩道橋
Branch Technology	アメリカ	公園のオブジェ
Cybe Construction	オランダ	人工漁礁 等

ルを印刷するなど世界では公共工事にも建設用 3D プリンターは利用されている。世界では 3D プリンターにて公共工事が行われているが、日本での施工事例は限られており、土佐国道事務所が初めて施工した。

### 3. 工事の概要

#### (1) 工事

施工現場の航空写真を図-1 に示す。令和 2-3 年度南国安芸道路赤野橋下部外工事において、3D プリンターにより印刷した B600 × L700 × H700 mm の集水枳を 2 基設置した。

#### (2) 3D プリンター

使用した 3D プリンターを図-2 に示す。本工事では株式会社 Polyuse 製の 3D プリンターを使用した。プリンター枠は 3×3 m で、設計は AutoCAD にて行った。



図-1 施工現場の航空写真



図-2 使用した3Dプリンター

#### (3) 印刷の手順

3 次元ソフトウェアによる設計データを図-3、3D プリンターによる施工フローを表-2 に示す。3 次元ソフトウェアによる設計データを基に、原材料を投入した 3D プリンターにて集水枳を印刷した。その後養生し、対象箇所に据え付けた。3D プリンターによる印刷の様子を図-4 に示す。原材料を入れたタンクにつながるノズルがモルタルを排出しながら移動し、造形した。

#### (4) 見学会の実施

土佐国道事務所は 2022 年 2 月 25 日に現場見学会を開催し、約 100 人の建設業関係者が参加した。3D プリンターにより印刷した集水枳の見学や株式会社 Polyuse、工事受注者の入交建設株式会社による 3D プリンターを使用した印刷のデモンストレーション等が行われた。見学会では土佐国道事務所がこの事業にて 3D プリンターを利用した意義、入交建設株式会社が 3D プリンター利用に至った経緯、株式会社 Polyuse が今後の社会実装へのロードマップ等を話していた。



図-3 3次元ソフトウェアによる設計データ

表-2 3Dプリンターによる施工フロー

3次元ソフトウェアによる設計
原材料の投入
3Dプリンターによる印刷
印刷物の養生
完成



図-4 3Dプリンターによる印刷の様子

#### 4. 結果

##### (1) 製品

設置した集水桝の様子を図-5に示す。外観、機能性ともに通常施工したものと大きな差異はなく、3Dプリンター特有の表面の凹凸も確認されなかった。

##### (2) 通常施工との比較

本施工で印刷した2基の集水桝を、型枠にモルタル打設する施工(以下通常施工と記す)にて造形したとし、工期、人数、時間、工事費、強度を求め、比較した。

##### a) 工期

集水桝の造形における通常施工と3Dプリンターによる施工の工期の比較を図-6に示す。通常施工では集水桝の型枠を3日で組み立て、コンクリートを1日で打設し、造形される。3Dプリンターはデータを元に1日で造形されるため型枠組立の必要が無く、この段階で3日の工期短縮につながる。また、養生は通常施工では3日行われ、3Dプリンターによる施工では1日で行われる。3Dプリンターによる施工の養生期間が通常施工に対し2日短い要因のひとつとして、初期の発現強度が高いモルタルを用いていることがある。以上より、3Dプリンターによる施工では通常施工より合計で5日工期を縮めたと示された。



図-5 設置した集水桝の様子

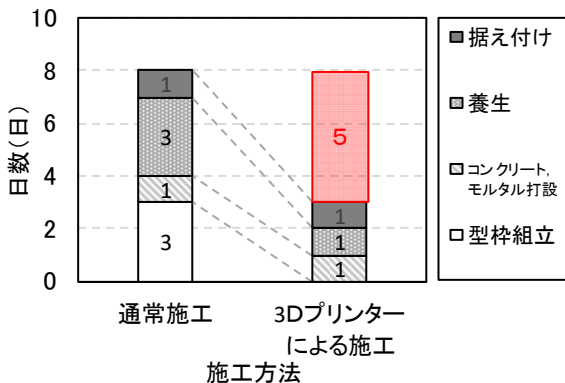


図-6 集水桝の造形における通常施工と3Dプリンターによる施工の工期の比較

##### b) 人数, 施工時間

集水桝の造形における通常施工と3Dプリンターによる施工の人数、時間の比較を図-7に示す。通常施工ではコンクリートを3人で延べ12時間打設し、その後、型枠組立、解体が延べ6人で48時間行われ、合計9人で60時間施工が行われる。3Dプリンターによる施工ではモルタルを4人で延べ24時間打設し、型枠組立、解体は行わない。以上より、3Dプリンターによる施工では通常施工よりも5人人員を削減すること、また36時間作業を縮小したと示された。

##### c) 工事費

集水桝造形における通常施工と3Dプリンターによる施工の工事費の比較を図-8に示す。通常施工した際の設備費、材料費は5万円、1万円、3Dプリンターによる施工では40万円、35万円であり、差がいずれも30万円以上であった。3Dプリンターによる施工の材料費が高い要因のひとつとして、初期の発現強度が高い特殊なモルタルを用いていることがある。3Dプ

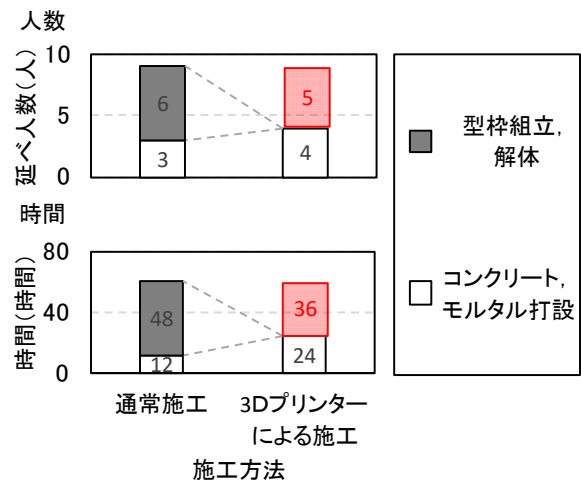


図-7 集水桝の造形における通常施工と3Dプリンターによる施工の人数、時間の比較

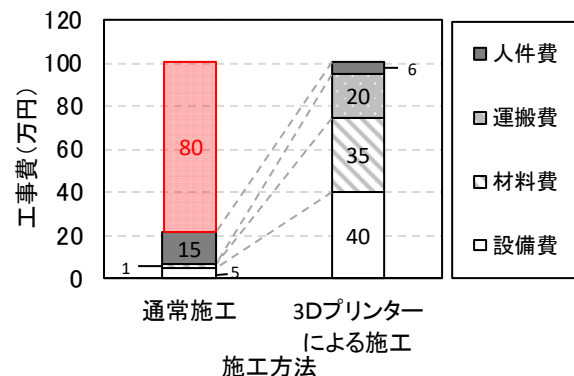


図-8 集水桝の造形における通常施工と3Dプリンターによる施工の工事費の比較

リンターによる施工はプレキャスト製品であるため、追加で運搬費が 20 万円かかった。人件費は通常施工では 15 万円に対し、3D プリンターによる施工では 6 万円であり、9 万円安価であった。総額は通常施工に比べて、3D プリンターによる施工が約 80 万円高かった。本施工は 3D プリンターを用いた国内初の公共工事であり、工事費差が生じたが、今後は設備費、材料費等の効率化により安価になっていくと考えられる。

#### d) 強度

供試体の造形における通常施工と 3D プリンターによる施工による圧縮強度の比較を表-3 に示す。通常施工にて造形した供試体の圧縮強度は 7 日後 ( $\sigma 7$ ) で 33.9 N/mm<sup>2</sup>、3D プリンターによる施工では 29.3 N/mm<sup>2</sup> であり、通常施工の方が 4.6 N/mm<sup>2</sup> 高かった。同じく 28 日後 ( $\sigma 28$ ) では通常施工で 53.3 N/mm<sup>2</sup>、3D プリンターでは 53.3 N/mm<sup>2</sup> であり、同様であった。よって、3D プリンターは長期的な視点では、通常施工と同じ強度の製品が造形できたと示された。

表-3 供試体の造形における通常施工と 3D プリンターによる圧縮強度の比較

	通常施工 (N/mm <sup>2</sup> )	3Dプリンター 施工(N/mm <sup>2</sup> )	比較差 (N/mm <sup>2</sup> )
$\sigma 7$	33.9	29.3	4.6
$\sigma 28$	53.3	53.3	0.0

## 5. 施工後の評価

放送局、出版社をはじめ、複数の広報機関が本施工に関する情報を発信した。2022 年に民間放送局、土木系雑誌は、本施工を含めた国内外の 3D プリンターによる印刷物の特集を放送、刊行した。

建設用 3D プリンターでの公共工事の施工が複数決定している。京都府では縁石を現場で 3D プリンターにて印刷することが決定している。また愛知県では擁壁の印刷が決定しており、対象は規模が大きいものにも広がっている。さらに広島県では排水土木構造物の造形事業に中国地方整備局、広島大学、株式会社 Polyuse が参画するなど、産官学が一体となり 3D プリンターを用いた土木構造物の社会実装が進んでいる。

## 6. まとめ

本文では、令和 2-3 年度南国安芸道路赤野橋下部外工事において建設用 3D プリンターで印刷した集水柵を対象とし、通常施工との比較を行い、施工を評価し、以下の知見を得た。

- 1) 3D プリンターにより印刷された集水柵は通常施工と比べて外観、機能性に大きな差異は無かった。
- 2) 3D プリンターによる施工は通常施工よりも 5 日工期を縮めた。また、5 人人員を削減すること、36 時間作業を縮小したと示された。
- 3) 3D プリンターによる施工は通常施工より工事費計が約 80 万円、材料費、設備費が各 30 万円以上高かった。今後は設備費、材料費等の効率化により安価になっていくと考えられる。
- 4) 3D プリンターにより印刷した供試体の圧縮強度は、28 日には同様であり、長期的な視点では、通常施工と同じ強度の製品が造形できたと示された。

本文では 3D プリンターで印刷した集水柵と通常施工にて造形したものとを外観、工期、人数、時間、工事費、強度の面から比較し、3D プリンターを用いた施工を評価した。公共工事への 3D プリンター活用拡大には、現場での印刷等さらなる技術開発に加え、プリンターメーカー、施工業者等の協力が必要である。国土交通省として、関係機関の協議、調整を進め、3D プリンターを始めとした建設業のデジタル化に向けた技術を積極的に導入していくことが必要不可欠である。土佐国道事務所も現場への 3D プリンター等の導入を継続して行い、技術の発展に貢献したいと考えている。

#### 参考文献

- 1) 国土交通省、建設業及び建設工事従事者の現状、<https://www.mlit.go.jp/common/001180947.pdf>
- 2) ヒューマンタッチ総研、「ヒューマンタッチ総研～Monthly Report 2020 年 10 月」、国内の人材市場動向数値(建設業界編)
- 3) 国土交通省、報道発表資料  
[https://www.mlit.go.jp/report/press/joho01\\_hh\\_000052.html](https://www.mlit.go.jp/report/press/joho01_hh_000052.html)
- 4) 国土交通省、技術調査-インフラ分野の DX  
<https://www.mlit.go.jp/common/001385990.pdf>
- 5) マーケッツ・アンド・マーケット、「3D コンクリート・プリンティング市場・2023 年度までのグローバル予想」:  
SmarTech による建設用 3D プリンターの市場予測