

2024年度〔第22回〕建築・住宅技術アイデアコンペ提案書

提案用紙

提案タイトル		建設廃棄物等を活用した 3D プリンターによる部材製造技術の開発
提案概要		少子高齢化等に起因する労働者不足から、3D プリンターによる建設技術に注目が集まっている。従来の施工法では不可能な自由な形態を実現するとともに、部材単位や小規模建築物において安価かつ短工期での部材製造を可能にしている。 一方、建設事業における環境配慮に関する取り組みは、近年不可欠なものとなっているものの、建設用 3D プリンターの使用材料ではこのような検討が十分に行われていない。 このような背景から、建設廃棄物や再資源化材料を活用した 3D プリンターの開発を提案する。
提案ポイント	新規性	土を主原料として用いた 3D プリンターの研究事例はあるものの、現状では組成が調整された材料を使用しており、建設発生土や残土を利活用した事例は無い。また、固化材となる石灰成分も建設廃棄物を活用するなど、高い再利用率を実現する点で新規性があると考ええる。
	実用性	一般的な建設向け 3D プリンターの利点である自動化施工と高度な形状自由度の実現に加え、環境負荷低減や資源の地産地消という付加価値を提供する事により、建設向け 3D プリンターによる適用推進に大きく貢献できると考える。
	異業種関連度合	土木構造物や建築の外構部材などでの利用が想定されるほか、先行研究においても住宅としての利用例が示されている。そのため、ゼネコンだけでなく住宅メーカーや設計事務所、建材メーカーなどとの共同研究や共同制作活動が見込め、異業種との関連度合は高いと考えられる。
	社会に対するインパクト	3D プリンターの長所である自動化施工と高度な形状自由度の実現に加え、環境負荷低減や資源の地産地消という付加価値を提供する事により、建設向け 3D プリンターによる施工の標準化や適用推進に大きく貢献でき、今後の土木建築工法に与えるインパクトは大きいと考えられる。

【背景】

近年、少子高齢化等に起因する労働者不足から、3D プリンターによる建設技術に注目が集まっている。従来の施工法では不可能な自由な形態を実現するとともに、部材単位や小規模建築物において安価かつ短工期での部材製造を可能にしている(写真 1)。

一方、建設事業における脱炭素や環境配慮に関する取り組みは、不可欠なものとなっている。建設用 3D プリンターは施工を短時間かつ容易なものにする事が可能なことから、スクラップ&ビルド型の利用が中心となる可能性があるが、インクとして使用される材料の環境配慮・脱炭素といった観点からは十分な検討がなされていない。今後、3D プリンターによる部材製造や建設技術を発展させる上で重要な課題であることから、建設廃棄物や再資源化材料を活用した 3D プリンターの開発を提案する。



(a) 小規模建築物



(b) 土木構造物

写真 1 建設用 3D プリンターによる製造物の例

【課題解決のためのアイデア】

建設業向けの 3D プリンターのインクには、セメント系材料のような従来の構造物と同様の材料を用いる事が主流となっている。一方で、CO₂ 吸収コンクリートのほか、原料の大部分を土とした 3D プリンター等が開発されており、環境配慮型の材料として注目を集めている。本提案では、この内、土を主原料とした 3D プリンターをベースとして、建設廃棄物を再資源化した材料を混合し、更なる環境負荷低減、ならびにサーキュラーエコノミーを推進する。

具体的には、以下 2 点の混合を試みる。

■建設発生土

施工現場で生じた建設発生土を一定量混合または全量使用することで残土として処分される土を低減し、資源の地産地消を推進する。

■廃石膏ボード由来の半水石膏

廃石膏ボードを破碎分離、加熱処理した半水石膏を固化材の添加材として利用することで、年々増加傾向にある廃石膏ボードの処理・再資源化に貢献できる。

また、実施の中で上記以外に適性のある廃棄物の混合可否についても検討する。



(a) 建設発生土



(b) 廃石膏ボード

写真 2 添加予定の建設廃棄物

【先行研究との比較】

先行事例として、土を主原料として用いた 3D プリンターによるモデルハウスの建設が挙げられる(写真 3)。この材料は、原材料の 70%を土とし、残りは藁、粉殻、セメント等を使用しており、廃棄物の抑制や材料の再資源化、二酸化炭素の排出量低減にも寄与できるとされている。一方、土の組成については一定の制限があり、現状では完全な地産地消は実現できていない。そのため、本提案ではこの土を建設発生土に置換し、更なる環境負荷低減とサーキュラーエコノミーの推進を目指す。



写真 3 先行研究事例

【実施項目と内容】

開発は主に3つのフェーズに分けて実施する。

■フェーズ 1: 消石灰モルタルを使用した 3D プリンターの開発

原料の大部分を土とした材料を用いた 3D プリンター(図 1)を開発し、材料の最適配合および物性の管理手法を確立する。

■フェーズ 2: 建設廃棄物を混合した材料の開発

上記材料の内、土を建設発生土、石灰を廃石膏ボード由来の半水石膏に置換した材料を開発する。部分的な置換から徐々に比率を増やし、全量置換を目標とする。また、利用する発生土の成分などに合わせて添加物を調整し、条件を問わず最適な材料を作成する手法を検討する。

■フェーズ 3: 同上材料を使用した 3D プリンターによる小規模部材の製造、環境影響評価

技術実証として、上記材料を使用した 3D プリンターにより小規模構造物(例えば写真 4)を製造する。また、セメント系材料を使用した 3D プリンターにて製造した場合との環境影響の比較を行い、環境負荷低減効果を確認する。

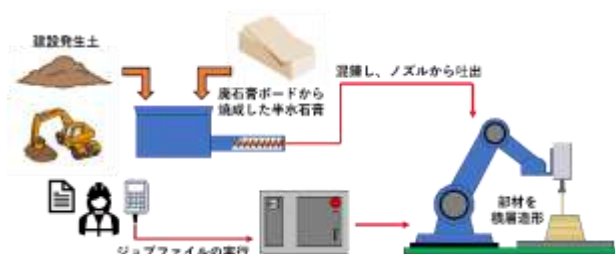


図 1 装置概要



写真 4 小規模構造物の例

【予想されるインパクト・将来の見通し】

当面は外構部材等の非構造部材を中心とした適用となるが、3D プリンターの利点である自動化施工と高度な形状自由度の実現に加え、環境負荷低減や資源の地産地消という付加価値を提供する事により、建設向け 3D プリンターによる施工の標準化や適用推進に大きく貢献できると考える。また、主原料となる土を地産地消で運用できれば、将来的な資源不足への対応策となるほか、宇宙建築等への応用(図 2)などにも期待できる。



図 2 宇宙建築への適用イメージ