

田中 俊成^{*1}・吉田 昂平^{*1}・山本 悠人^{*1}・木ノ村 幸士^{*1}

Fundamental Study on the Evaluation of 3D Printing Mortar Buildability Using the Finite Element Method

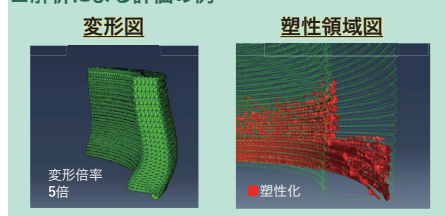
Shunsei TANAKA, Kohei YOSHIDA, Yujin YAMAMOTO and Koji KINOMURA



■積層中の崩壊の例

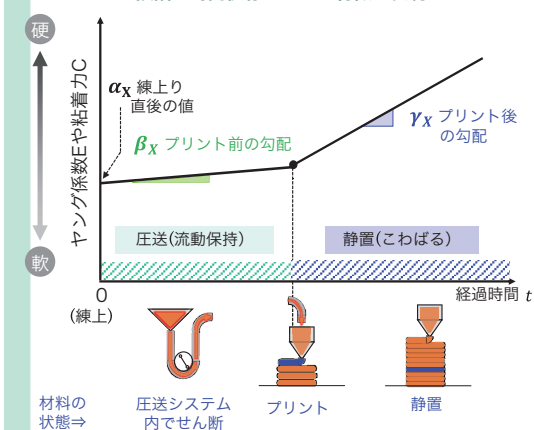


■解析による評価の例



■材料モデルのコンセプト

・・・2段階の時間依存モデルで特徴を表現



研究の目的

建設用3Dプリンティング(以降, 3DPと記載)は, セメント系材料を3Dプリンターで印刷することで従来工法では手間のかかる複雑な形状を容易に造形することができ, 加えて, 機械化施工による省人化・省力化の効果も期待されています。設計から施工までをシームレスに繋ぐ建設DX技術の1つとして開発が進められている先進的な技術です。

3DPにおいて安定的なプリント条件を適切に選定するのは難しい問題であり, 当社の過去のプロジェクトでは事前に実際と同じ条件で試積層を行ってプリント条件を確認してきました。しかし, 今後3DPをスマートに活用していくためには, このような事前検討のステップを効率化することが課題となっています。

そこで本研究では, 解析的なアプローチにより種々のプリント条件を複合的に考慮して積層安定性を評価することを目的として基礎的な検討を実施しました。

技術の特長

3DP用材料は, プリント前は圧送システムの中で流動性を保持しますが, プリント後はこわばりや凝結によって徐々に硬さを増し, それにより積層の自重に抵抗します。このような3DP用材料特有の挙動を考慮するため, 時間依存型の材料モデルを導入しました。解析には有限要素法を用い, 材料構成則は弾塑性モデルとしました。材料モデルのパラメータは一軸圧縮試験により簡単に求めることができます。解析では, 前述の時間依存型の材料モデルに基づき, 1層を積層することに各層の材料物性値を更新するステップ解析を行うことで, 積層安定性をシミュレーションすることができます。

本技術を用いると, 一軸圧縮試験により材料モデルのパラメータを求めておけば, 実際に積層を行うことなく, 積層安定性を評価することができます。

主な結論と今後の展開

本論文では基礎的検討として, 化学混和剤や形状を変えて4ケースの積層実験とその再現解析を行いました。積層実験では下部が塑性化して崩壊するパターンと上部の大変形が先行して崩壊するパターンが見られましたが, 解析で評価した崩壊モードはこれらと一致しました。また, 崩壊前の変位分布や最大変位は実験と解析で概ね整合しており, 本論文の材料パラメータの決定方法や解析方法の有効性を示唆する結果が得られました。

今後は異なる配合や複雑な形状等への適用性を確認し, 3DPに関わる設計から施工までのプロセスの円滑化に役立てていきたいと考えています。

*1 技術センター 社会基盤技術研究部 材工研究室