

**JCI-TC185F : 3D プリンティングのコンクリート構造物への適用に関する FS 委員会
第 5 回 全体委員会 議事録 (案)**

- 日 時 : 2018 年 11 月 6 日 (火) 15:00~18:00
- 場 所 : JCI 第 5 会議室
- 出席者 : 丸屋, 石田, 田中, 石関, 大野, 寺本, 桐山, 田原, 玉木, 斎藤,
横関, 絹村, 木ノ村, 西條, JCI 高田 以上 15 名 (敬称略)
- 配布資料
 - 5-0 第 5 回全体委員会 議事次第
 - 5-1 第 4 回全体委員会 議事録 (案)
 - 5-2 構造 WG 活動報告
 - 5-3 構造に関する (構造的な特徴のある) 文献のリスト
 - 5-4 弾塑性複合材料のトポロジー最適化における解析的感度の精度検証
 - 5-5 材料 WG 文献調査
 - 5-6 Experimental study on mix proportion and fresh properties of fly ash based geopolymer for 3D concrete printing
 - 5-7 3DP-FS 委員会 材料 WG2 次調査
 - 5-8 THE ROLE OF VARIOUS AGGREGATES ON RHEOLOGY OF FRESH 3D PRINTING CONCRETE
 - 5-9 A 3D PRINTER OF CEMENT MORTARS BASED ON INITIAL DEPOSITION OF DRY MATERIALS
 - 5-10 ACI Convention 2018
 - 5-11 3D プリンティングのコンクリート構造物への適用に関する FS 委員会 ワークショップ
 - 5-12 建設産業の現状
 - 5-13 未来の出来事

■ 議事

1. 前回議事録の確認

事前にメールで配布しているため,改めて内容の確認はしないが,前回議事録(資料 5-1)の内容を後半のワークショップに活かしてほしい.

2. WG の調査報告

2.1 構造 WG

大野委員から構造 WG の活動報告 (資料 5-2) があった.

構造的に特徴のある文献を区分,キーワード,タイトル,著者,掲載先,および発表年のリスト (資料 5-3) にまとめている.

課題の抽出（戦略的課題および技術的課題）、今後検討すべき事項（適用先の検討、補強法に関する検討、および、構造性能に関する検討）について報告があった。

3D プリンティングで作る必然性を明確化するため、型枠打設では不可能な、曲面を活かした構造、トポロジー最適化を用いた構造などを検討する場合、非線形挙動を含めた最適化手法の開発が必要になる。以前、小倉委員から質問のあった、ダクティリティを目的関数とした最適化手法について調査を進める中でヒットした、文献（資料 5-4）によると、Fig. 8 および Fig. 9 が示すように、弾性のみを考慮した場合と塑性を含めた場合とでの最終的な位相の変化はほとんどないことが示されており、非線形を含めた位相最適化も難しくないのではないかと考えている。

2.2 材料 WG

2.2.1 資料 5-5, 5-6

田原委員から、Nanyang Technological University (Singapore) のグループが Ceramics International で発表した論文について報告があった。

砂結合材比およびスラグ添加量の異なるジオポリマーモルタルの、フレッシュ性状、ポンプ性状および吐出後のモルタルの形状保持性について調査した内容。

ポンピング前後の粘度変化を評価項目の一つとしているがポンピング方法は不明。

押出可能な範囲で降伏応力が最も大きい 3 番目の配合が最も優れていると判断した。

スラグ添加率を上げることで崩壊のリスクは下がるが、閉塞のリスクが上がる。

また、アタパルジャイトの添加量を増やすことでポンピング中の粘度は変わらないが、ポンピング後の粘度の回復の程度が高くなり積層性が良くなっているとしている。

2.2.2 資料 5-7

大野委員から、Swinburne University of Technology (Australia) のグループが RILEM で発表した論文について報告があった。

アルカリ活性剤の種類、 M_2SiO_3/MOH 比、粘性、 SiO_2/M_2O 比が吐出性、可使時間、形状保持能力および圧縮強度へ及ぼす影響を実験的に測定したもの。ジオポリマーで一般に必要とされている $60^\circ C$ 程度の高湿養生ではなく、常温養生において最大 16MPa の圧縮強度を示した。⇒ジオポリマーの検討課題の一つである養生管理の手間を少なくできる可能性を示している。

アルカリ活性剤の種類と SiO_2/M_2O 比の双方が可使時間と形状保持能力に顕著な影響を及ぼす一方で、検討した全てのパラメータが吐出可能性への有意な影響を示さなかった。⇒吐出性についてはどのように評価しているのか。

⇒定性的に評価している模様である。

ノズル先端の吐出面を 45° 傾けている理由については追加調査を実施する。

耐久性についての検討は、材料の面から行われている。

2.2.3 資料 5-8, 5-9

桐山委員から, Research Institute for Building Materials(Czech)のグループ (資料 5-8) および ISISE, University of Minho(Portugal)のグループ (資料 5-9) が SynerCrete' 18 International Conference on Interdisciplinary Approaches for Cement-based Materials and Structural Concrete (セメントの時間依存性に関する国際会議) で発表した論文について報告があった。

資料 5-9 では乾式の積層方法として枠を用いてその中にセメントと砂を流し込む方法が提案されている。補修ならば枠が必要なこの方法でも適用できると考える。

3. ACI Convention 2018 参加報告

大野委員から, ACI Convention 2018における3DプリンティングのTechnical session, open committee meeting について報告があった (資料 5-10)。

どちらも大盛況。材料レベルの基礎研究が大半。多くのチームが自前の 3D プリンタを保有 (完全自作, または市販の一般的な 3D プリンタをセメント用に改良)。

別のセッションで, 新技術を如何に市場へ普及させるかをテーマとした発表があり, 3DP が題材として扱われていた。3DP は現状シーズ先行型で, 問題先行型では無い, と批判の対象であった。

4. 3DP のコンクリートへの適用に関する将来像討議ワークショップ

東京大学コンクリート研究室の西條さんをファシリテーターに迎え, ワークショップを実施した。(資料 5-11) 社会の未来を見据えた建設産業におけるニーズを議論し, 3D プリンティング技術がどのようにその解決に寄与できるかを明らかにするとともに日本における今後の研究開発の方向性を探ることを目的とする。グループに分かれて以下のブレストを実施した。各グループでのブレストの結果は丸屋委員長で取り纏めて各メンバーに共有する。

1. 3D プリンティングのメリットをブレスト
2. 社会の変化をイメージし建設産業の課題をブレスト (資料 5-12, 5-13)
3. 3D プリンティング技術で何ができるかをブレスト

5. 今後の予定

- ・他産業 WG の報告は 12/19 第 6 回全体委員会で行う。
- ・各委員で収集した文献等は PDF で丸屋委員長にメールする。その後、委員長で取り纏めて各メンバーに共有する。

以上