

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 1 回 全体委員会 議事録

- 日 時 : 2018 年 6 月 1 日 (金) 16:00~18:00
- 場 所 : JCI 第 5 会議室
- 出席者 : 石田, 田中, 石関, 百武, 桐山, 田原, 玉木, 斎藤, 横関, 小倉, 絹村
田邊, 木ノ村, 大野, JCI 高田 以上, 15 名 (敬称略)
- 欠席者 : 丸屋, 兼松, 国枝, 寺本, 松沢 以上, 5 名 (敬称略)
- 配布資料

- 1-0 第 1 回全体委員会 議事次第
- 1-1 JCI 研究委員会資料ー2018 年度新規専門委員会ー
- 1-2 第 1 回幹事会議事録 (案)
- 1-3 委員名簿

以下, 各委員からの提供資料

- 1-4-1 3D プリンティング技術に関する情報
- 1-4-2 Digital Concrete: Opportunities and Challenges
- 1-5-1 3D Printing for Building and Construction at SC3DP
- 1-5-2 Publications from B&C Group, SCDP, NTU
- 1-6 BASF' s Construction Chemicals Consolidate World' s First 3D-Printed Office Structure
- 1-7 他社・他者の「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情報」
- 1-8-1 セメント系 3D プリンター
- 1-8-2 積層工法による部材製造に関する研究その 1 ロボットアームに関するモルタルブロックの製造
- 1-9 3D プリンティング技術に資するセメント硬化体の製造方法
- 1-10 建設スケールの 3D プリンティング技術に関する海外の研究動向
- 1-11 建築用 3D プリンタの研究開発事例
- 1-12 積層型三次元造形法による鋳型作製に最適な高耐熱無機粉末材料の開発
- 1-13 「3D プリンティング適用 FS 委員会」資料

以下, 事務局からの配布資料

- 1-14-1 新規研究専門委員会ホームページについて
- 1-14-2 日本コンクリート工学会旅費内規
- 1-14-3 委員会等における食事 (弁当) の支給基準の変更に関するお知らせ
- 1-14-4 FS 報告書の内容等について
- 1-14-5 平成 30 年度の良好な学会運営に向けた暫定的運用について

■ 議事

1. 副委員長挨拶

石田副委員長より委員会の趣旨説明があった。

- ・ 海外では急速に研究・開発が行われていることを痛感した。日本も早急に取り組みを始め、後追いではなく、オンリーワンの技術を目指したい。
- ・ 本課題はFSから始める。空想でも良いので、秘めている可能性を大胆に描きたい。来年度からは正規委員会で取り組む予定である。

2. 委員自己紹介

各委員より自己紹介があった。併せて、活動WGの希望が以下のように出された。

構造WG（國枝幹事）：大野，小倉，田邊，

材料WG（田中幹事）：大野，百武，桐山，田原，玉木，斎藤，

施工WG（石関幹事）：横関，絹村，木ノ村，

他産業の現状（兼松幹事）：寺本，松沢（欠席のため後日メールにて確認）

また，Thammasat大学のSomnuk先生に通信での参加をお願いしたことを確認した。

3. 話題提供

配布資料にもとづく各委員からの話題提供と，それに対する質疑があった。

3.1. 資料1-4-1, 1-4-2

3Dプリンティング（以下，3DP）技術には様々な方式があるが，セメント系の適用事例では材料押し出し方式が主流である。一部，結合材噴射方式（以下，BJ方式）を扱っている大学・研究所もある。資料1-4-2にETHの研究事例がコンパクトにまとまっている。RILEMの目指す方向性が分かるようになっている。

- ・ BJ方式は建設系分野でどう使うか？

→施工速度の遅さと高コストゆえ，大型構造物には向いていないだろう。ただし，精度が高いため，外装材や建築意匠的なものには向いている。

3.2. 資料1-5-1, 1-5-2

NTUは3DPの研究センターが設立されており，人員数，予算，発表論文数などから，かなり規模が大きいことが分かる。建設関係の研究プログラムでは材料研究のほか，3Dスキャニングやロボティクスもカバーされている。また，有料で技術研修を提供しているとの情報もあった。ただし，現状では植木鉢のようなものを作っているが，失敗も多く，かなり試行錯誤しているようだった。

- ・ ECCについても取り組んでいるようだ

→ECCを専門とする教授がNTUにいるため，彼を中心に進めているのだろう。

3.3. 資料 1-6

ドバイのプロジェクトに BASF の既存技術が貢献した。でこぼこの表面を調整するためのモルタルや、オフィスの据え付けに用いたグラウトなどが BASF の技術提供である。工場で作ったものを運び、2 日で施工が完了した。

- ・写真で見るとかなり滑らかな表面だが、積層したものを後で処理したのか？

→その通り。積層方式では帯状の模様ができてしまうので、表面にモルタルを塗り付けた。また、外断熱も施工している。

- ・材料や施工法などの情報は得られるか？

→問い合わせしてみないと分からない。

3.4. 資料 1-7

海外で運用中の 3DP をまとめた。

①D-SHAPE : BJ 方式。材料の開発が上手く進んでいないらしく、建設用を目指しているものの、現時点では彫刻などのみ。

②Contour Crafting : 配管設備等も含め、一貫した 3DP による施工を目標としている。

③WinSun : プレキャストメーカー。ドバイのプロジェクトにも関わった。

④CONPrint 3D : 構造部材への適用が目標。多くの材料を混ぜて工夫している。

⑤BigDelta : 入手しやすい一般的な材料で作るというコンセプト。制作物の情報は無い。

⑥ラファージュホルシム/エクストリー : 内装、意匠的なものに取り組んでいる。

⑦Apis Cor : ロボットアーム式。制作物の情報は無い。

⑧Digital Construction Platform : ロボットアーム式。発泡系の材料。購入も可能。

⑨CyBe : 6 軸産業ロボット式。作っているものはプレキャスト部材。自走式もあるが自走しないタイプがメインだろう。現場で自走式を使っているかは不明。

⑩BAM インフラ : プレキャストで橋を建設。

- ・構造として成立しているものの割合は？

→それなりにあるが、地震の少ない地域で成り立っているものが多い。

- ・情報の出典は？

→基本的にはオンラインで入手可能な情報と文献から得た。

- ・特許関係は？

→南カリフォルニアは国際特許を押さえている。他は不明。

- ・ドレスデンの情報で付け加えることはあるか？

→ドレスデンはまだ基礎研究が中心。

- ・本委員会の目的の一つである課題抽出のためには、研究・開発がどこまで進んでいて、どこで壁にぶつかっているかを正確に把握する必要があるだろう。

3.5. 資料 1-8-1, 1-8-2

大林組での技術開発状況の報告. 7 軸ロボットアームでモルタルを吐出する方式. 速度や一筆書きの必要性に関する技術的課題があった. ノズル系は1センチだが, 押し付けた結果, 幅は 35 mm 程度. 積層幅は速度と押し付ける程度で決まることが分かった.

- ・ 特殊な材料を用いているのか?

→ 急硬材を加えてはいるが, 基本的にはセメント系. チキソ性は考慮している.

- ・ ブロック間の接続は?

→ 置いてあるだけ. 表面は凹凸があるが, 予想よりは精度が高くできた.

- ・ ノズルは特殊なものか?

→ 普通のもの. 大きさは考えている.

- ・ 積層幅の制御が難しいのではいか?

→ 出始め, 終わり, カーブする箇所などで幅が変わりやすい. 機械制御が難しい

3.6. 資料 1-10

海外文献の調査結果をまとめた. 1 年前の原稿で, 最新情報が抜けている可能性はある. 各国の取り組みは様々だが, 積層面の付着を評価している研究もある (P178).

- ・ 配合だけ見ても, 材料はかなり多様性があるようだ

- ・ 文献を読み込めば, 材料的な詳細情報 (粘性など) を得られるか?

→ Loughborough 大学では詳細な材料情報を文献 12), 13) で提供している.

- ・ 3DP 用の材料に何が求められているかを把握する必要があるだろう.

→ 押し出し性, 積層性, 硬化時間を要求性能としているところが多い.

- ・ BJ 方式は大型化可能か?

→ ミュンヘンで取り組んでいるが, まだ課題は多そうだ.

3.7. 資料 1-11

3DP によるコンクリート用型枠の作製に社内で行った. 慶應義塾大学の田中浩也先生との共同研究である. プリント素材に粒状のペレットを使用することで, 材料コストを 90% 削減した. 積層厚は 1 mm だが, 時間がかかる. 本研究フェーズはすでに終了し, 現在は動いていない.

- ・ 積層厚 1 mm にはどんな難しさがあつたか?

→ ノズル径が大きすぎると溶かしきれないため, 幅は 0.3~0.5mm とした. 結果, 施工時間が長くなってしまった. また, 積層途中に不具合があつた場合, 気づかないまま空運転していることもあり, 定期的な監視が必要だった.

- ・ 型枠方式は有望にみえる. 鋼製型枠は高コストなので, 複雑な部分は 3DP を用い, 大型の部分は鋼製型枠を使用するよう, 使い分けるのがよいのではないか.

→ 模様をつけるという部分でも利点があるだろう.

4.8. 資料 1-12

北海道立総合研究機構と共同で BJ 方式による鋳型作製のための材料開発を行った。

・ 鋳物の分野ではいつから 3DP に取り組んでいるのか？

→3DP 技術が出始めたことから取り組んでいる。ただし、最初はセメント系ではなく、樹脂等を用いた熱溶解方式で作っていた。有機物なので有毒ガスの発生などの問題があり、現在では無機系材料を使うことを検討している。

4.9. 資料 1-13

スイスでのシーカの取り組みを紹介する。スイスではかなり力を入れており、大型化も進めている。押し出しプリントのヘッドに特長がある。材料については本社にメールで問い合わせ中。高精度 3DP については 1 秒当たり 1 m の造形速度で、かなり速い。

・ YouTube の動画ではそこまで速度は出ていないようだが、精度はとても高い。

・ 日本での展開の予定は？

→まだ進んでいない。

・ シーカ独自で研究をしているのか、共同で行っているのか？

→おそらく独自。現在 ETH 所属の Robert Flatt 先生が元シーカなので、彼が協力している可能性は考えられる

4. 委員会の運営について

資料 1-14-1 から 1-14-5 のもとづき、事務局高田から委員会の運営についてのお知らせがあった。

・ あくまで FS であるため、研究課題としての実行可能性に根拠を示して結論をつけてほしい。2019 年 1 月 21 日が提出締切。

5. 今後の予定

・ 次回の全体委員会は 7 月 12 日（木）9 時 30 分から 12 時に開催する。

・ さらなる情報収集が必要。短期間のため、可能な範囲で追加の情報を各自集める。

・ 次回までに WG で分かれて活動するのは難しいが、WG 委員構成について幹事団がメールで議論する。

以上