

3D プリンティング技術の小規模実構造物への適用

東日本旅客鉄道(株) 正会員 ○石田 将貴, 正会員 井口 重信, 杉田 淳志, 坂本 泰行

東京大学 正会員 友寄 篤, 正会員 大野 元寛, 富井 治弥

會澤高圧コンクリート(株) 正会員 東 大智

1. はじめに

3D プリンターによるコンクリート構造物の構築技術は、国外においては一部実用化が進み橋梁や住宅などの施工に活用されはじめているものの、国内においては、未だ一部の機関で試験的なシミュレーションや各種試験等の報告がされているに留まっており、実構造物への適用に対して解決すべき課題が多い。

今回、駅舎建替え工事に伴い屋内外に設置する2つのベンチ(図-1)を対象に、3D プリンティング技術を活用するための検討を、意匠、設計、製作、施工の一連で実施し、実施するうえでの課題と、課題解決に向けた検討事例を報告する。なお、本検討を実施するにあたり、土木学会「3D プリンティング技術の土木構造物への適用に関する研究小委員会」を始め、東京大学、3DPD 事業者4社との産学連携により実現されたものである。

2. デザインコンペティションの実施(基本設計)

3D プリンティング技術を用いた場合のベンチの基本設計について、東京大学の学生への課題およびデザインコンペティションとして実施した。実施方法としては以下のとおりである。

- ①学生へ3D プリントベンチのデザイン募集
- ②応募された14のデザイン原案の中から3D プリント事業者が3案を選出
- ③選出されたデザイン(学生チーム)と3D プリント事業者にて具体化
- ④具体化されたデザイン3案にてプレゼンテーションを実施しJR 東日本が選定

最終的に選出されたデザインは図-2 のとおりである。選出されたデザインを基に、設計、施工などの様々な視点で、実構造物としての利活用を実現するための詳細検討を実施した。

3. 詳細検討および実寸大試験体による耐力検討

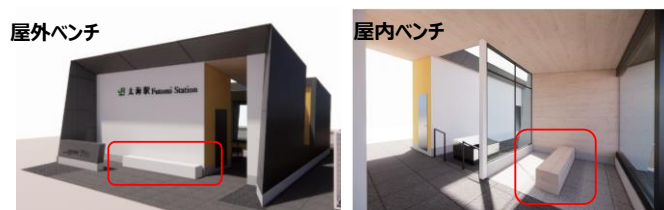


図-1 当初計画のベンチ(イメージパース)



図-2 選出されたデザイン案

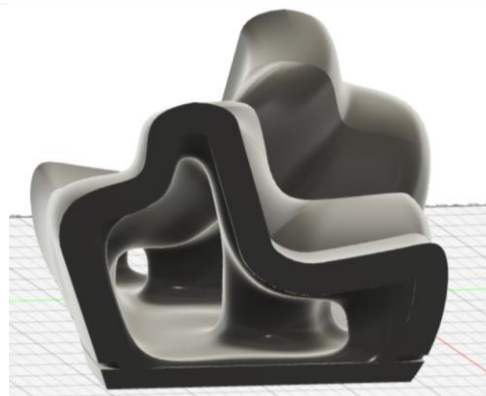


図-3 ジェネレーティブデザインによる検討

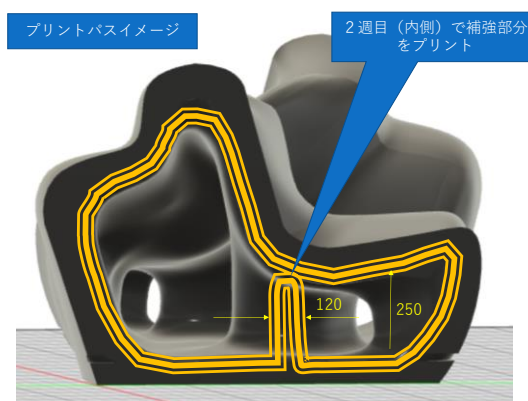


図-4 プリント実現性の検証

キーワード 3D プリンティング, 自動化施工

連絡先 〒151-8578 東京都渋谷区代々木 2-2-2 東日本旅客鉄道(株) 建設工事事部 E-mail: mas-ishida@jreast.co.jp

屋内ベンチにおいて、デザイン原案では、脆性的な破壊が生じる恐れがあった。そこで、ジェネレーティブデザインにより最適形状の検討を行い、補強材を追加した(図-3)。ただし、図-3のように複雑すぎる形状では3Dプリンターによるプリントが実現できないため、スライスデータによりプリント実現性を検討し、プリント可能なデザインに変更(図-4)した。変更したデザインについてはFEM解析による耐荷性の検証を実施した(図-5)。

また、実寸法の試験体により、耐荷性と使用性の検証を実施した。耐荷性の証明として「家具・いす等の試験方法(JIS S 1203)」を参照し、静的載荷試験(写真-1)、衝撃試験を実施した。併せて積層境界面での割裂試験を実施し、積層間の一体性についても確認した。使用性については座り心地等を確認した。

4. 現地・施工情報の反映

前提条件として、今回の施工では工場内でプリントされたものを陸送によって運搬し、現場付近に搬入されたベンチを、屋外ベンチはクレーンによる設置、屋内ベンチは新駅舎内での作業となるため人力にて設置する計画となっていた(写真-2)。そのため、屋内ベンチは人力作業が可能な100kg以内/ピースにする必要性があり、上記を考慮したプリント計画へ変更した。

また、プリントで想定していた設置高さで現地での設置高さが異なり、デザインの変更が生じた(図-6)。プリント前に現地条件、運搬方法、設置方法などを施工者からヒアリングし、施工可能なプリント計画へ調整する必要がある。

5. まとめ

本検討では駅舎建替え工事に伴い屋内外に設置する2つのベンチにおいて、3Dプリンターを適用した場合の課題と、課題解決に向けた検討事例を報告した。今回の事例が同種施工の際の一助となれば幸いである。また、小規模な構造物なため各種検討や対応・検証を適宜行うことで、無事完成させることができた(写真-3)。引き続き、大規模な構造物への適用に向けて、実現性の高い検討を実施していく。

謝辞

本検討にご尽力頂いた、東京大学 BME スタジオの皆様、解析にご協力頂いたオートデスク(株)様、東鉄工業(株)ここに記して深謝いたします。

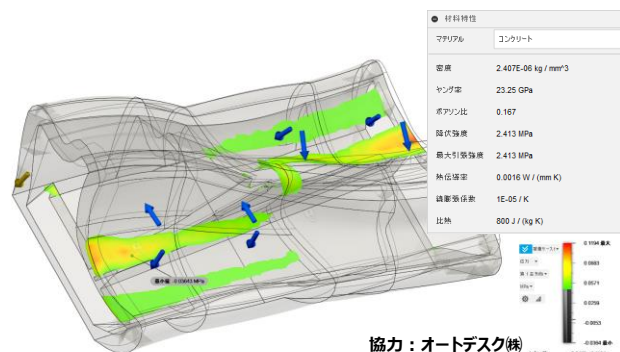


図-5 耐荷性シミュレーション



写真-1 静的載荷および衝撃試験の状況



写真-2 運搬状況

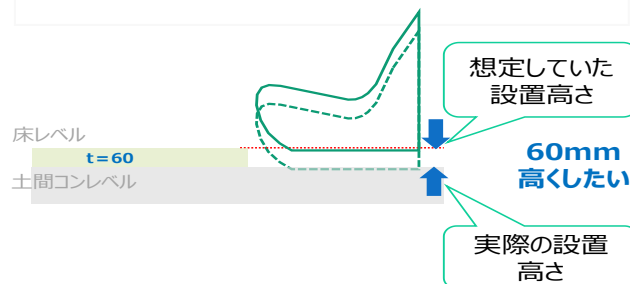


図-6 現地高さと想定高さ

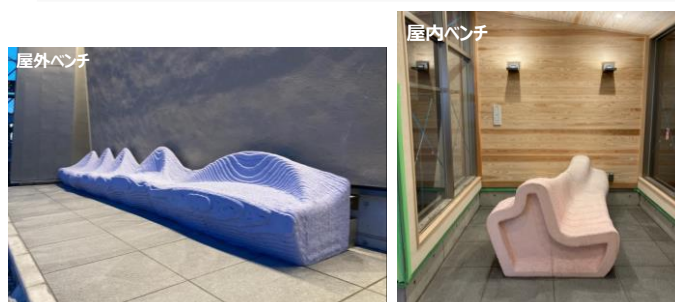


写真-3 設置完了状況