

3D プリンタ模型を使用した施工検討手法

(株)安藤・間 正会員 ○山岸真理
石濱裕幸

1. はじめに

3D プリンタは建設分野でも模型や実構造物、治具などの製作に活用されている。BIM/CIM の普及により 3D モデル利用が一般化しつつあることから、今後ますます活用が進むと予想される。特に模型製作においては従来の紙やスチレンボードなどを加工した模型製作に比べ製作時間が短縮できることから、静的なイメージ共有を目的として住民説明や形状確認のための採用が進んでいる。一方で施工中の工程検討や干渉チェックなど、日常的な施工検討での活用は進んでいないのが現状である。そこで施工手順の最適化が必要な現場を対象に、3D プリンタ模型(以下、本体模型)を施工検討で活用するための一手法を提案した。

2. 背景

今回対象とした現場はアンカー式土留により大規模な開削を行い、地下構造物を築造するものである。対象地は河川と住宅密集地に挟まれ、一部地盤は軟弱でアンカー施工と掘削を慎重に行う必要がある。さらに土砂搬出車両の通行に制限があるため、無駄のない施工手順の検討が必要である。施工手順によっては工程遅延、工事の干渉が発生する恐れがあるため、施工計画に矛盾を発生させず、施工手順を全員で共有しておく必要がある。

3. 施工検討手法と課題

施工手順を共有する手段として、模型を製作することとした。本体模型は実体があるので、模型を実際に触れ、俯瞰的に全体を捉えられることから、技術力の差による理解度への影響の懸念がない。また本体模型製作前に 3D モデルを作成するため、形状の事前干渉チェックによる設計面でのフロントローディング効果が得られる。計画に合わせて形状を更新する手段が課題となるものの、本体模型による施工検討を採用した。

4. 採用した手法

今回の現場は、一部地盤が軟弱で土留アンカーは場所毎に段数などが異なり、掘削はアンカー施工に配慮しつつ進める必要がある。このため模型を利用した土工検討にはアンカーや腹起しの再現が必須になると考え、3D プリンタで出力可能な縮尺の基準とした。(図-1)3D プリンタは模型用途で採用例が多く、出力コストが安価な熱溶解積層方式 3D プリンタ(以下、FDM 方式)¹を使用するものとした。FDM 方式の出力解像度から、アンカーが再現できる縮尺を 1/300 と設定し、模型のサイズは 900×500×90mm となった。FDM 方式の最大出力サイズは一般的に 200~300mm 四方であり、8 分割の出力となる。分割が多いと破損や後述する砂が漏れ出すリスクが高まる。そこで 914×610×914mm を一括で出力可能な大型 FDM 方式プリンタを使用した。

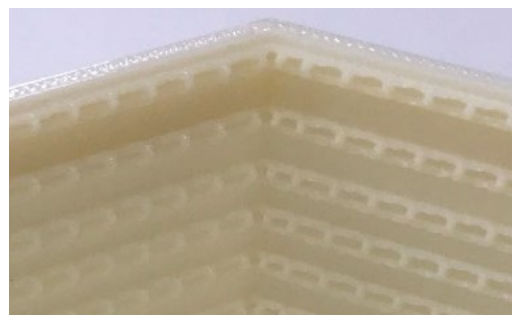


図-1 アンカー—現地写真(上)と模型写真(下)

5. 3D プリンタ模型の課題と対策

① 土工形状の再現

本体模型だけの検討では掘削形状の再現や更新が困難なので、乾燥状態でも法面形状を保持でき、水分が不要な特殊な砂と重機模型を用意し施工時の干渉確認を行った。

キーワード 3D プリンタ模型, 熱溶解積層方式, 光造形方式, 模型, 施工検討, 合意形成

連絡先 〒107-8658 東京都港区赤坂 6-1-20 TEL 03-6234-3670 / FAX 03-6234-3778

② 重機配置の再現

重機模型は施工の干渉をチェックするために本体模型と同一縮尺でアームやキャタピラ形状を精密に出力する必要があった。縮尺から逆算すると再現に必要な縮尺解像度は0.5mmで、FDM方式では解像度が足りず出力不可能だった。解像度の高い光造形方式3Dプリンタ²により重機模型を出力し、重機配置や車両通行(図-2)を検討した。

③ 栈橋杭配置の再現

土工の検討過程において、栈橋杭による影響も考慮する必要が生じ、栈橋杭を模型に追加する検討を行った。栈橋杭を追加するために表-1に示す方法を比較した。模型内の砂を動かしても影響なく再現できることが期待されるプロジェクションマッピング(図-3)、レーザー(図-4)による模型への投射は、位置合わせが難しく運用困難だと判断した。プラスチックパイプ(図-5)は強度があり砂を動かしても問題ないと思われたが、縮尺の再現ができず重機模型との干渉チェックには利用できなかった。このため、栈橋杭はFDM方式で出力したものを利用することとした。

6. 結果

栈橋杭と重機模型を併用することで、栈橋杭施行時の干渉を事前に確認でき、土工工程に反映することができた。掘削計画を施工前に視覚的、体感的に確認(図-6)出来たため確信を持って施工を行えた。また、模型を囲いながら施工上のメリットとデメリットを関係者で話し合ったので、従来に比べ立場によらず活発に意見交換でき、担当者以外の職員も施工手順を理解出来た。

7. まとめ

砂を入れた縮尺模型による土工検討で合意形成の迅速化効果が得られた。当初プロジェクションマッピングにより模型に映像を投射し、多彩な検討ができると期待していたが、運用面に課題があり、砂や重機など実体のある模型が最も効果的であった。模型を使用することで、技術力によらず共通理解を得られるので新規入場教育等に利用することで、施工中の安全確保に間接的な効果が期待できる。今後、合意形成手段として他現場でも利用し、模型利用上の課題を抽出し高度化を進めたい。

謝辞：本論文で掲載した本体模型製作にあたっては、丸紅情報システムズ株式会社のご協力をいただいた。ご対応いただいた河本様、高橋様並びに関係者の皆様に深く感謝の意を表します。

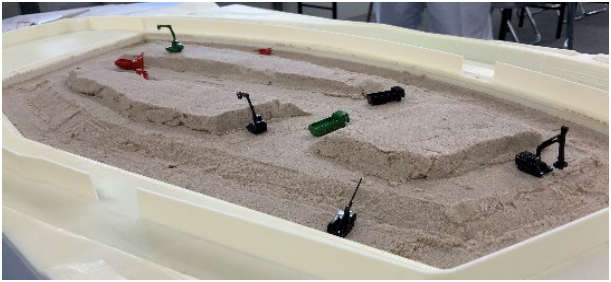


図-2 検討状況写真

表-1 栈橋杭比較表

名称	価格	手軽さ	見やすさ
プロジェクションマッピング ¹	×	△	×
レーザー投射	○	×	△
プラスチックパイプ ²	○	○	○
模型杭	△	○	◎

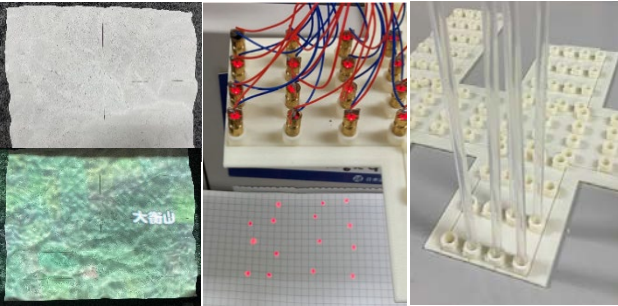


図-3 プロジェクションマッピング
図-4 レーザー投射
図-5 プラスチックパイプ

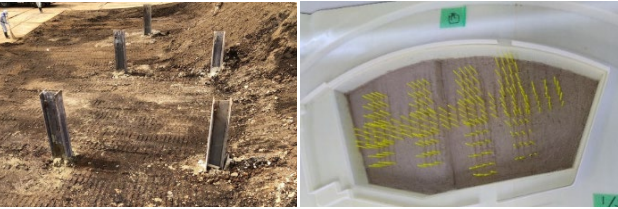


図-6 栈橋杭現地写真(左)と模型写真(右)

¹ 熱溶解積層方式3Dプリンタ：熱可塑性プラスチック材料を半液状に溶かして積層する製法。

² 光造形方式3Dプリンタ：液体状の樹脂(レジン)に紫外線をあてて固めて積層する製法。