第VI部門

2026年9月4日(金) 14:40 ~ 16:00 | 2号館3階31（北海学園大学）

BIM／CIM(5)

座長：工藤 新一（前田建設工業）

15:00 ~ 15:10

[VI-1522] トンネル坑門工位置形式検討へのジェネレーティブデザインの導入 （その2） －システム設計と形状生成ロジックの構築－

*岩崎 聡[1]、藤田 尚史[1]、宮内 芳維[1]、平田 祐也[2]、草野 一郎[2]、坂本 昇[2]、畑 浩太[2] (1. ONESTURCTION 株式会社、2. 八千代エンジニヤリング株式会社)

キーワード：トンネル坑門工、ジェネレーティブデザイン、パラメトリックモデル、多目的最適化

トンネル坑門工の位置形式検討は多様な設計条件の考慮を要し，技術者の負担が大きい．この過程を効率化・高度化することは，建設事業の生産性向上に資する．本稿では，先の試行的検討で残された3課題に対応したジェネレーティブデザインシステムの技術的設計と実装を報告する．設計条件の外部ファイル化による入力操作性の向上，地形条件の自動判定に基づく切土・盛土両ケースへの坑門工形状自動生成，および概算工費による評価指標の拡充を実現した．これにより，実地形に即した設計案の自動生成が可能となり，実務適用に向けた操作性と評価精度の改善を確認した．

© 2026 Japan Society of Civil Engineers

トンネル坑門工位置形式検討へのジェネレーティブデザインの導入 （その 2）
－システム設計と形状生成ロジックの構築－

ONESTRUCTION 株式会社　正会員　○岩崎　聡，藤田　尚史，宮内　芳維
八千代エンジニヤリング株式会社　非会員　平田　祐也，草野　一郎，正会員　坂本　昇
非会員　畑 浩太

１．はじめに

著者らは先の試行的検討[1]において，Rhinoceros®/Grasshopper®上にパラメトリックモデルを構築し，多目的最適化プラグインを用いて坑門工配置案の自動生成・評価を実現した．連携論文では，従来の坑門工配置検討における設計過程とその課題を整理したうえで，ジェネレーティブデザイン（Generative Design、以下 GD）導入による作業過程と成果の概略を報告している．本稿はその成果を前提とし，GD システムの技術的な設計と実装に焦点を当てる．

試行的検討を経て，実務適用に向けて以下の 3 点が技術課題として残された．

1. 設計条件の入力操作性の低さ（Grasshopper®内部でのパラメータ管理）
2. 地形条件に応じた坑門工形状生成の不完全さ（抑え盛土ケースへの未対応）
3. 評価指標の単純さ（土量のみによる評価）

本稿では，これら 3 つの課題に対応した GD システムの設計方針と実装内容を報告する．

２．システムの全体設計

本システムは「入力→生成→評価→出力」の 4 段階フローで構成する（図 1）．

(1) 入力条件

入力データは既存データ・固定値・変数値の 3 区分で設計した．既存データ（地形 TIN サーフェス・道路線形 LandXML・内空断面）はファイルとして直接読み込む．固定値（坑門工諸元・土工諸元等）は外部の Excel ファイルに集約し，Grasshopper®と連携するコンポーネントを介して取得する構成とした．

これにより，プログラム本体を操作することなく設計条件を変更できる．変数値（坑門工の配置位置）は，道路線形上の測点を探索候補として定義し，多目的最適化プラグインが評価条件に従って配置位置を変化させながら最適解を探索する構成とした．

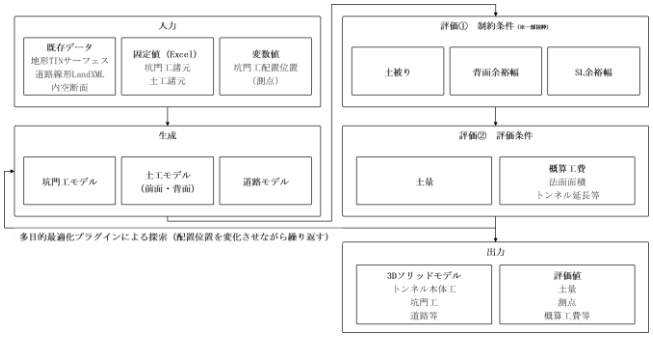


図 1　本システムの概要

(2) 評価条件

モデル生成後，制約条件（土かぶり・背面余裕幅等）を満たさない案を自動的に除外する．残った設計案に対して，法面面積・土量・トンネル延長等から概算工費を自動算出し，工費が小さい案を優れた案として評価する指標として用いる．前年度は土量のみを評価指標としていたが，本年度は概算工費による評価を加えた．現段階では工費最小を目的関数として設定しているが，概算工費の算出に用いている法面面積やトンネル延長といった構成要素を独立した評価条件として追加し，複数条件による多目的評価へ拡充することを予定している．

(3) 出力条件

設計案ごとに 3D ソリッドモデル（トンネル本体工・坑門工・土工・道路等）を生成し，土量・測点・概算工費等の評価値一覧とあわせて出力する．今後は，坑口付け位置など任意の箇所を指定して断面図を自動作成できる機能の追加を予定している．

キーワード　トンネル坑門工，ジェネレーティブデザイン，パラメトリックモデル，多目的最適化
〒680-0034 鳥取県鳥取市元魚町二丁目 201 番地 エステートビルⅤ 2-2 号室
ONESTRUCTION（株）

© Japan Society of Civil Engineers

3．モデル生成手法の構築

本章では，設計判断をどのようにプログラムとして表現したかを述べる．

(1) 坑門工形状の自動生成

坑門工の形状は背面の土工条件によって決まる．具体的には，地形モデルと基準ラインをプログラムが自動比較し，背面が切土となる場合と，背面に盛土が生じる場合の 2 条件を判定したうえで，それぞれに対応した形状生成の処理に切り替わる仕組みとした．前年度は切土の場合のみに対応していたが，本年度は背面に盛土が生じる場合の処理を新たに実装した点が最大の改良である．

背面が切土の場合は，地形面と坑門工天端ラインの交点をプログラムが求め，坑門工幅を確定する．背面に盛土が生じる場合は，道路計画高を基準に設定した施工基面からの距離に応じて A・B 2 つの分岐で形状を確定する．いずれの場合も，左右の地形を独立して処理するため，左右非対称な地形にも対応できる（図 2）．

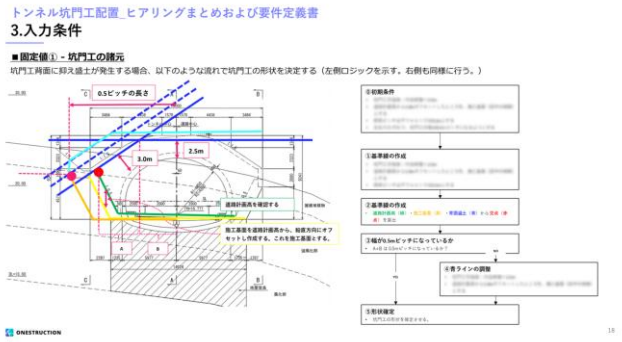


図 2　坑門工形状の自動設定フロー

(2) 土工モデルの自動生成

坑門工の前面・背面それぞれについて，切土・盛土の条件に応じた土工モデルを生成する．

処理の流れは前面・背面で共通である．まず段数・傾斜等の設計条件から標準断面を作成し，それを線形上の測点に配置する．次に地形モデルとの重なりを判定して実地形に合わせた土工形状を確定し，その体積および法面面積を算出して評価値として出力する．法面面積は左右に分割して算出する．

(3) 道路モデルの生成

保護路肩・路肩・車道・中央分離帯・傾斜の各断面要素を左右独立して定義し，左右非対称な断面構成にも対応できる構造とした（図 3）．

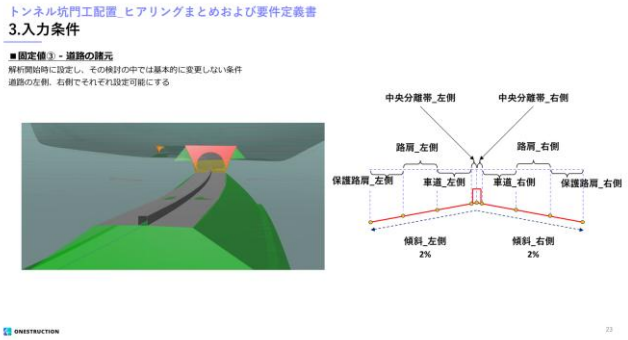


図 3　道路モデルの設定概要

4．おわりに

本稿では，連携論文で報告されている従来の設計過程の課題を踏まえ，GD システムの全体設計とモデル生成ロジックの構築を行った．特に，地形条件の自動判定と坑門工形状生成の連動により，前年度未対応であった抑え盛土ケースへの対応が可能となり，より実際の地形条件に即した設計案の自動生成が実現できることを確認した．あわせて，固定値入力の Excel 外部化と評価指標への概算工費追加を実装し，実務適用に向けた操作性と評価精度の両面で改善を図った．今後の課題として、

- 実プロジェクトへの適用による計算精度の検証
- 現在の土量・概算工費に加えた評価指標の拡充
- 面壁式以外の坑門形式への対応

が挙げられる．

また長期的な展望として，Rhinoceros®/Grasshopper® 環境で精緻化した設計知識と生成の仕組みを基盤に，Web アプリケーションへの移植を視野に入れている．これにより，専門ソフトウェアを持たない技術者も含め，本取り組みで積み上げた設計の形式知化をより広く届けることが期待できる．

参考文献

1)　平田祐也・岩崎聡・草野一郎・坂本昇・中田泰輔・藤田尚史・宮内芳維・畑浩太：パラメトリック設計と多目的最適化を用いたトンネル坑門工配置支援の試行的検討，第 50 回土木情報学シンポジウム，2025.

© Japan Society of Civil Engineers