

Generative Design を用いた道路平面線形計画

松江工業高等専門学校専攻科 学生会員 ○山崎 勝太郎
 松江工業高等専門学校 正会員 大屋 誠, 広瀬 望
 (株) ワールド測量設計 非会員 高橋 宏道, 糸賀 俊輝

1. はじめに

建設業では、深刻な人材不足や就業者の高齢化に直面し、新たな技術活用による生産性向上が課題となっている。このような背景の中、建設業の継続的な成長のため、BIM/CIM や i-Construction と呼ばれる ICT などのデジタル技術を活用し、建設業の成長を支える仕組みの構築が進められている。建設業は、経験工学と言われているが、DX を実現するためには、技術者の経験や知識、技術に頼っていた作業をデジタル化により、効率化できる可能性を検討することが重要である。

そこで本研究では、道路設計における DX の可能性を検討する目的で、道路の線形計画をデジタル技術により効率化が可能か検討を行う。道路の線形計画は、対象地域の各種条件に従い、道路構造令¹⁾に基づいた平面線形の計画を行うものである。ここでは、Generative Design²⁾を活用して設計条件を入力することにより、適切な設計を自立的に実施する可能性を検討する。

2. 道路線形

2. 1 道路線形の決め方

道路線形の計画や設計は、道路が具備すべき機能と効用を十分に考慮して慎重な検討を行い、道路構造令に示される様々な要求項目間のバランスを取りながら最適解を模索し、技術者の経験に基づく判断で道路線形が決定される。これらの作業において、複数のルート提案には時間を要し、人材不足により技術継承が課題となっている。

2. 2 道路構造令における道路区分と設計条件

道路構造令では、計画交通量、地域、地形の状況から道路区分が決定し、道路区分から設計速度が決まる。設計速度が決まると計画区間の各種設計値が決定される。

2. 3 要求項目

道路構造令では、道路走行時の安全性や快適性を確保するための要求事項が以下のように示されている。

(1) 遠心加速度の変化率 (0.5~0.75m/s³)

$$p = \frac{v^3}{LR} \quad (1)$$

(2) ハンドル操作性能 (3~5 秒程度必要)

$$L = \frac{V}{3.6} t \quad (2)$$

(3) ハンドル操作性能 (3~5 秒程度必要)

$$R \geq \frac{V^2}{127(i+f)} \quad (3)$$

(4) 曲線半径とクロソイドパラメータの関係

$$\frac{R}{3} \leq A \leq R \quad (4)$$

ここで、 p ：遠心加速度の変化率[m/s³]、 v ：走行速度[m/s]、 L ：緩和区間の長さ[m]、 R ：円曲線の半径[m]、 V ：設計速度[km/h]、 t ：ハンドル操作時間[s]、 i ：路面の片勾配、 f ：横すべりに対する路面とタイヤの摩擦係数、 A ：クロソイドパラメータ[m]である。

3. Generative Design の概要

Generative Design は、設計者が適切な条件を設定することで、コンピュータが自動的に各種条件の範囲内で複数の形を提案し、目的とする条件を満たすように計算を繰り返し行い、複数の設計案の生成を短時間で行う。Generative Design の流れと各段階の設計者とコンピュータの関係を図 1 に示す。本研究では、Civil3D から Generative Design³⁾を用い道路構造令に基づく平面線形を自立的に設計するシステムを構築した。

4. 道路線形計画の条件とシステムの概要

道路区分を第 3 種、設計速度 40km/h としたときの道路平面線形の条件を図 2 に示す。コントロールポイント、BP、EP、IP2 を固定し、IP1 (自由)、曲線半径 R 、クロソイドパラメータ A を Generative Design により変化させる。IP1 はコントロールポイントを考慮して図 2

キーワード 道路線形, Generative Design, BIM/CIM

連絡先 〒690-8518 島根県松江市西生馬町 14-4 松江工業高等専門学校 環境・建設工学科 TEL 0852-36-5268

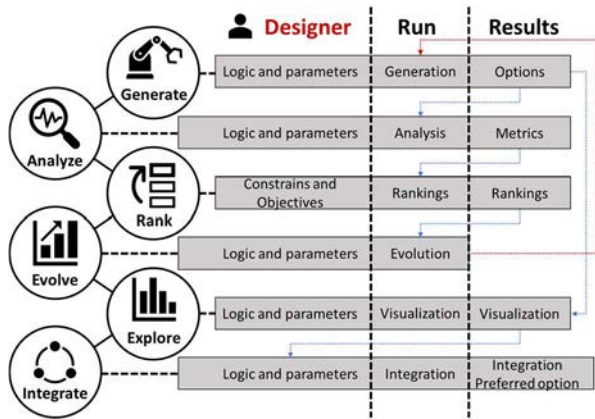


図1 Generative Design 概要

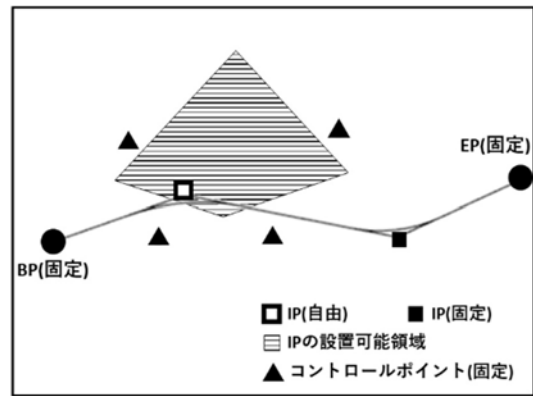


図2 線形計画の条件

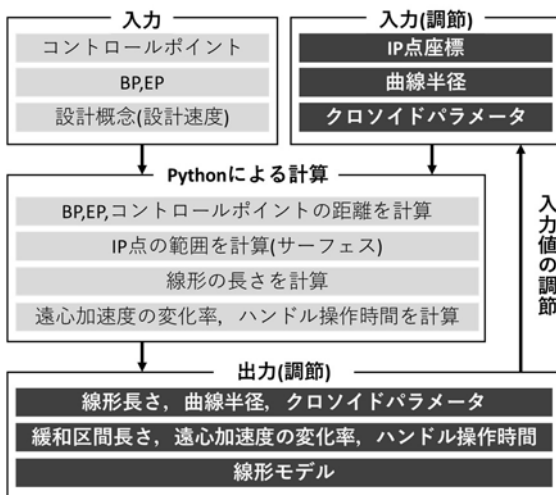
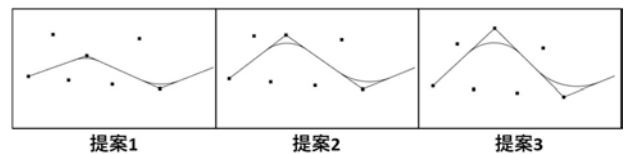


図3 システムの流れ



条件	提案1	提案2	提案3
線形長さ[m]	424.695	453.143	469.693
半径 R1[m]	80	80	90
半径 R2[m]	100	110	120
ハンドル操作時間 1[s]	3.025	2.278	2.025
ハンドル操作時間 2[s]	2.723	1.657	3.169
遠心加速度変化率 1[m/s ²]	0.453	0.677	0.677
遠心加速度変化率 2[m/s ²]	0.453	0.677	0.325

図4 Case2

に示す設置可能範囲に生成する。円曲線は単曲線のみ、緩和区間はクロソイド基本形の対称型のみとする。Civil3D 上の各ポイントの座標を入力値（固定）として Dynamo 内に取得し、Generative Design で変化させる入力値（調整）として IP 点の座標、曲線半径、クロソイドパラメータを設定する。最適化する出力値を決め、入力値を変化させながら各種条件を満たす設計案を自動生成する部分を Generative Design によって行う。本研究で作成したシステムの流れを図3に示す。

5. Generative Design の結果

緩和区間を考慮した線形の長さを最小化し、遠心加速度の変化率の範囲を指定した。また、ハンドル操作時間の範囲を指定し最大化させることを目的とし、Generative Design により設計を行った。提案結果を図4に示す。線形が短いため曲線区間、緩和区間を十分に得ることができず、ハンドル操作時間、遠心加速度の変化率が最適値を下回る結果となった。走行に必要なパラメータを追加することで、曲線半径、クロソイドパラメ

ータの範囲が必然的に決定され、全体的に近似した結果となった。コントロールポイントの設置とパラメータの設定により、一定の形状に収束したと考えられる。線形計画は自由度が高く様々な形が考えられるが、条件を適切に設定することで、意味を持つ形状を決定することが可能であることが確認できた。

5. おわりに

本研究では、Generative Design を用い設計条件を適切に与えることで、短時間に複数の設計案を自動的に生成することが可能であることが確認できた。今後、縦横断も考慮し、3次元的条件下でシステム構築を目指す。

参考文献

- 1) 道路構造令の解説と運用, 公益社団法人, 日本道路協会, p341, p.345, p.384, 2021.
- 2) Generative Design Primer, <https://www.generativedesign.org/>
- 3) Autodesk, "Civil3D Generative Design (砂防堰堤の配置検討)", <https://www.bim-design.com/infra/movie/civil-3d-generative-design/01.html>, (参照 2021-12-10) .