

薬液注入工法により改良された地盤における自己相関距離の算出の試み

五洋建設株式会社 正会員 ○片山 遥平 九州大学 正会員 笠間 清伸
五洋建設株式会社 正会員 秋本 哲平 九州大学 正会員 古川全太郎

1. 研究の背景

著者らは薬液注入工法により改良された地盤を対象に、FLIP¹⁾を用いて地盤の空間的ばらつきを考慮した地震時変形解析を実施し、地盤定数のばらつきが地震時の岸壁の変形に与える影響について報告している²⁾。地盤の空間的ばらつきをモデル化する際には、平均強度や変動係数の他に、地盤定数の空間的な自己相関を表す自己相関距離が必要となるが、薬液注入改良地盤の自己相関距離に関する検討は事例に限られており³⁾、知見があまり得られていない。

本研究では、火山灰質土で埋め立てられた地盤を対象に、薬液注入工法による改良後の地盤調査結果を用いて、鉛直方向と水平方向の自己相関距離の算出を試みた。また、改良前の自己相関距離と比較することで、薬液注入工法による自己相関距離の変化について調べた。

2. 研究の方法

自己相関距離を算出するための計測値として、改良前に関してはボーリング調査から得られた N 値と細粒分含有率 F_c を使用した。改良後に関しては不攪乱試料から得られた一軸圧縮強さ q_u を使用した。鉛直方向の場合は調査孔ごとにデータを集計し、上端深度からの距離を用いて整理した。水平方向の場合は標高 1m ごとにグループ分けし、調査孔間の平面距離を用いて整理した。自己相関係数の算出には Python のライブラリである Statsmodels⁴⁾を使用した。

地盤の自己相関距離は、距離と地盤定数から自己相関係数を算出し、自己相関係数が 0 に至るまでの経路を自己相関関数で近似することで求められる。自己相関関数には指数関数型もしくはガウス関数型がよく用いられる⁵⁾が、今回取り扱ったデータでは、当てはまりの良さから指数関数型 $y = \exp(-x/\theta)$ を採用した。この係数 θ が自己相関距離となる。 θ の決定方法には特に決まりがなく、既往の事例では複数

の任意の数値を与えて、定性的に最も当てはまりがよいものを選択するという手法を採っている³⁾。今回の研究では、作業者の判断に依存しない定量的な手法を検討した。

自己相関距離算出方法のイメージ図を図-1 に示す。自己相関係数が 0 に収束する距離までを近似範囲とし、自己相関係数の折線と指数関数の曲線がそれぞれ描く面積が等しくなるように自己相関距離を決定した。ただし自己相関係数の 2 点間の面積が負の値となる場合は、その値を除いて面積を算出している。

3. 結果

表-1 に自己相関距離の算出結果の平均値、図-2 に N 値、 F_c および q_u の自己相関距離の算出例を示す。(a)・(b)および(d)・(e)・(f)はそれぞれ同一のデータセットの結果を示しているので比較が可能である。デ

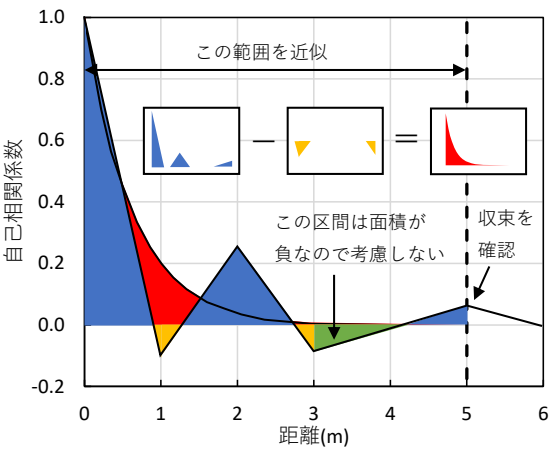


図-1 自己相関距離算出方法のイメージ

表-1 自己相関距離の算出結果

項目	鉛直	水平
-	m	m
N 値	1.19(38)	13.73(18)
F_c	0.71(38)	13.32(18)
q_u	0.42(21)	9.62(6)

※括弧内の数値はデータセット数を示す

キーワード 自己相関距離、薬液注入工法、空間的ばらつき、FLIP
連絡先 〒329-2746 栃木県那須塩原市四区町 1534-1
五洋建設株式会社 技術研究所 土木技術開発部 TEL 0287-39-2116

一タセットごとのばらつきは大きいですが、鉛直・水平方向ともに N 値と F_c の自己相関距離は概ね等しく、 q_u は相対的に小さくなる傾向が得られた。今回対象とした地盤は火山灰質土による埋立地盤であることから、改良前の地盤定数は比較的均一と考えられる。薬液注入工法は浸透注入により地盤に与える影響が少ない改良工法であるが、原地盤とは物性の異なる改良体を地中に形成することで空間的なばらつきが生じ、自己相関距離が小さくなったものと考えられる。ただし、本研究で用いた q_u の最小の調査孔間距離

は 12.45m であり、得られた水平方向自己相関距離よりも大きい。改良後の実際の自己相関距離は 9.62m よりも小さい可能性がある。なお事前調査の最小距離は 9.74m であり、13.32m より小さかった。

4. おわりに

地盤の自己相関距離を作業者の主観によらず定量的に算出する方法を考案した。また、薬液注入工法による改良前後の地盤調査結果を用いて自己相関距離を算出した。薬液注入改良地盤における自己相関距離は改良前と比較して小さくなることが分かった。

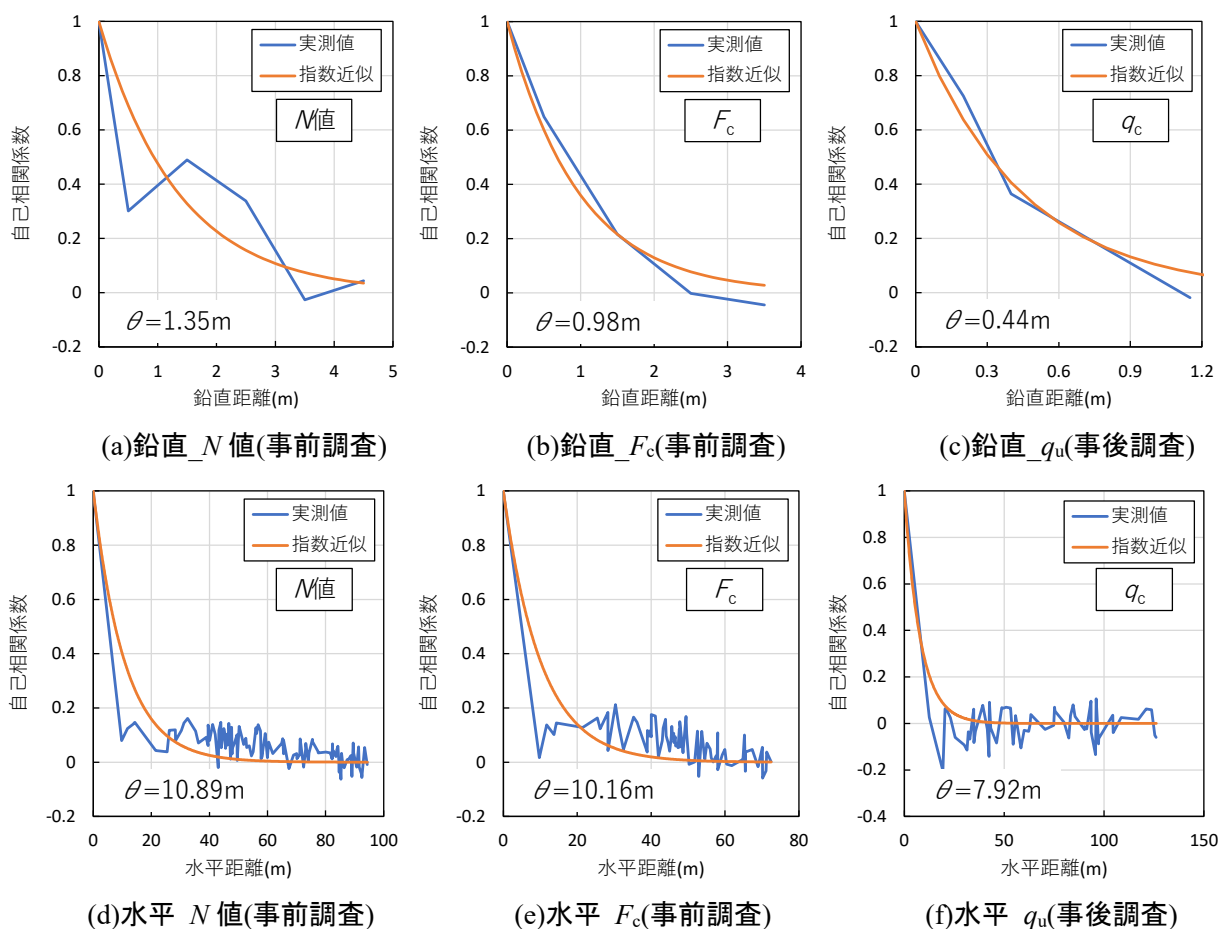


図-2 自己相関距離の算出例

参考文献

- 1) Iai, S., Matsunaga, Y., and Kameoka, T. : Strain space plasticity model for cyclic mobility, Report of the Port and Harbour Research Institute, Vol. 29, No. 4, pp 27-56, 1990.
- 2) 笠間清伸, 西田啓介, 古川全太郎, 秋本哲平, 堤彩人, 片山遥平: 地盤定数の不均一性を考慮した浸透固化処理地盤の地震時変形解析, 土木学会論文集 B3 (海洋開発), Vol.78, No.2, pp.I_901-I_906, 2022.
- 3) 笠間清伸, 長山達哉, 濱口信彦, 杉村佳寿, 藤井照久, 金子智之, 善功企: 性能規定に基づく浸透固化処理地盤の支持力評価, 土木学会論文集 C (地圏工学), Vol.78, No.1, pp.45-59, 2022.
- 4) Statsmodels : <https://www.statsmodels.org/stable/index.html>(2023年3月28日閲覧)
- 5) 本城勇介, 大竹雄: 信頼性設計法と性能設計の理念と実際, pp.68, 2018.