

流動化処理土における原位置剛性と一軸圧縮強度の相関関係の分析

鉄道総合技術研究所 (正) ○中島進, 太田啓介, 富田佳孝, 高木翔太, 杉山健太, 佐藤武斗

1. はじめに 盛土施工の省力化、高速化の実現に向けて、筆者らは、これまでトンネルインバートを除き列車荷重を受ける範囲での適用実績が限定的な流動化処理土を鉄道盛土に活用するための研究を進めている。これまで、列車荷重下での累積変形特性や耐久性、施工性などについて検討を進めてきた²⁾³⁾。その結果、流動化処理土で構築する盛土上面に保護層を施工することで鉄道盛土としての適用性が確認されつつある。一方で、流動化処理土で構築した盛土上面において、保護層の施工が可能なタイミングを適切に判断する必要がある。そこで、小型 FWD 試験で原位置において計測する剛性と一軸圧縮強度の相関を分析したので、その結果を報告する。

2. 原位置施工と土質試験の概要 本研究では、二種類の方法で施工した原位置流動化処理土で原位置において計測した地盤剛性 K_{PFWD} と、後述する方法で作製した供試体の一軸圧縮試験から得られた強度、剛性の相関を分析した。

図-1 に分析対象とした原位置流動化処理土の概要を示す。原位置流動化処理土 A は現地盤を長さ 1m×幅 1m×深さ 1m に掘削したピットを構築し、ピット内の側面に木製型枠を施工したうえで流動化処理土を打設した。対応する一軸圧縮試験用供試体 A は、流動化処理土の打設時に直径 $\phi=50$ mm、高さ 100mm のスプリッドモールド内に打設した。

原位置流動化処理土 B は布製型枠、大型土のう、既設擁壁で閉塞された幅 4m×奥行き 2m×深さ 2m の範囲に流動化処理土を打設して構築した。対応する一軸圧縮試験用供試体 B は、所定の養生日数に達した後に、原位置流動化処理土 B をブロック状に切り出した後に、切削して一軸圧縮試験用供試体 A と同様の寸法形状に整形して作製した。流動化処理土 A、B の配合を表-1 に示す。

一軸圧縮試験は、前述した方法で作製した供試体に対して、ひずみ速度 1%/min として実施した。載荷応力についてはロードセルにより、鉛直変位については局所変位計(LDT)および外部変位計により計測した。なお、供試体の上端面はベディングエラーの影響を軽減するために、石膏によりキャッピングしている。

小型 FWD 試験は、一定の養生日ごとに 10cm または 30cm の載荷板に重錘を落下させることで、荷重と沈下量の関係を把握し、沈下量 0.42mm または 1.25mm に対応する剛性 K_{PFWD} を求めた。ここで、これらの沈下量はそれぞれの載荷板でひずみレベル 5×10^{-3} 相当であり、鉄道盛土の施工管理に用いる K_{30} 値と対応させた設定としている。

3. 一軸圧縮試験結果の概要 処理土 A の一軸圧縮試験で得られた応力～ひずみ関係を図-2 に示す。キーワード 流動化処理土, 剛性, 強度, 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 鉄道総合技術研究所 基礎・土構造 TEL 042-573-7261

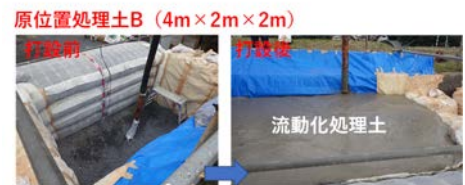
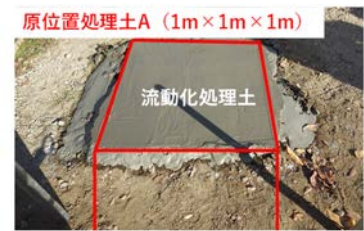


図-1 分析対象とした原位置流動化処理土の概要

表-1 流動化処理土の仕様

	目標強度 材齢28日	処理土密度 (g/cm ³)	フロー値 (mm)	フリージング率 (%)	土粒子密度 (g/cm ³)
処理土 A	1,200kPa	1.52	235×235	0.19	2.683
処理土 B	1,200kPa	1.60	240×240	0.16	2.713

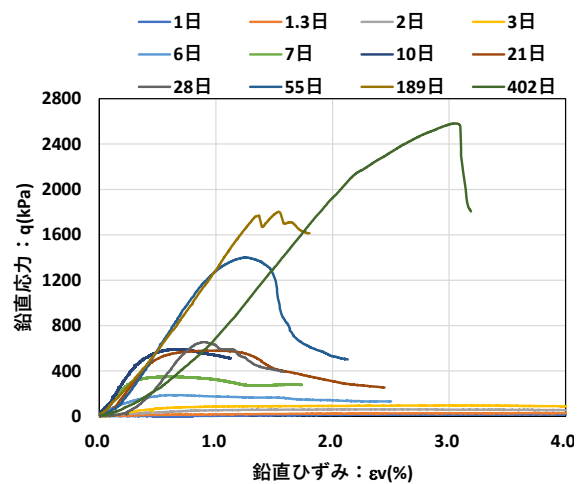


図-2 一軸圧縮試験結果の例 (処理土 A)

で、鉛直ひずみ ε_v は外部変位計による鉛直変位から算出している。また、処理土A、処理土Bの養生日数と一軸圧縮強度 q_u の関係を図-3に示す。養生1日目では $q_u=20\text{kPa}$ 程度であるが、養生日数の経過とともに強度・剛性の増加が確認される。処理土Bでは、処理土Aと比較すると強度増加が10日前後でやや緩やかとなった。28日養生時での q_u は処理土Aで614kPa、処理土Bで785kPaとなった。なお、打設後に規定の条件で養生した供試体については、処理土ABともに28日養生後の目標強度 $q_u=1200\text{kPa}$ を満足していた。

ヤング率と一軸圧縮強度の関係を図-4に示す。ヤング率については、LDTで計測した E_0 (本研究では 10^{-4} レベル)と外部変位計で計測した E_{50} (10^{-3} レベル)の二種類の値を示している。LDTで計測した E_0 と q_u の関係は、比較的高い q_u に至るまで線型的に相関している。これに対して、 E_{50} はひずみレベルが大きいこととベディングエラーの影響により E_0 と比較してヤング率が小さい。また、特に q_u が大きな領域において、 q_u の増加に対して E_{50} の増加が鈍感である。これは、強度の増加に伴いベディングエラーの影響が顕著になった結果と考えられる。この結果から、ベディングエラーの影響を軽減した条件で計測した比較的小さなひずみレベルにおける原位置の剛性から一軸圧縮強度を類推可能なことが示唆される。

4. $K_{\text{PFWD}} \sim$ 一軸圧縮強度の関係 前章の結果を踏まえ、小型FWD試験における K_{PFWD} と一軸圧縮強度の関係を図-5に示す。本研究の载荷条件において、FWDで所定の沈下量が得られるのは概ね $q_u < 1000\text{kPa}$ の範囲であるため、この範囲の q_u と K_{PFWD} の関係を示している。処理土A、処理土Bともに K_{PFWD} と q_u には決定係数 $R^2=0.983$ と高い相関性のもとで、 $q_u=0.685(K_{\text{PFWD}})$ の関係性が確認できる。この関係が異なる28日目標強度が設定された流動化処理土や異なる処理土密度の条件においても成立しうるのかについては今後の課題である。一方で、鉄道盛土材料の代替として流動化処理土を使用する場合には、一定の規定の下での使用となるため、あらかじめ図-5に示すような関係を整備することで、施工後に小型FWD試験を実施し、原位置の強度を類推し、冒頭で説明した保護層の施工可否判断等に用いることは可能と考えられる。

参考文献 1)鉄道総合技術研究所：鉄道構造物に用いる流動化処理土設計施工法マニュアル、2005、2)太田ら：列車荷重影響下における流動化処理土の変形特性に関する実験的検討、第56回地盤工学研究発表会、論文番号13-3-4-02、2021、3)太田ら：若材齢時に転圧荷重を受けた流動化処理土の強度発現特性、第57回地盤工学研究発表会、2022(投稿中)

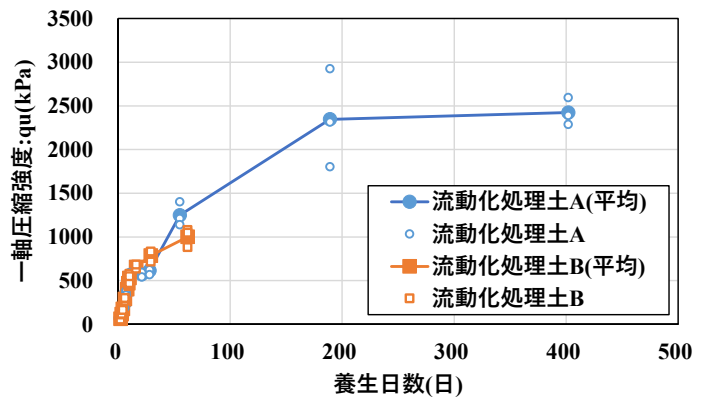


図-3 養生日数と一軸圧縮強度の関係

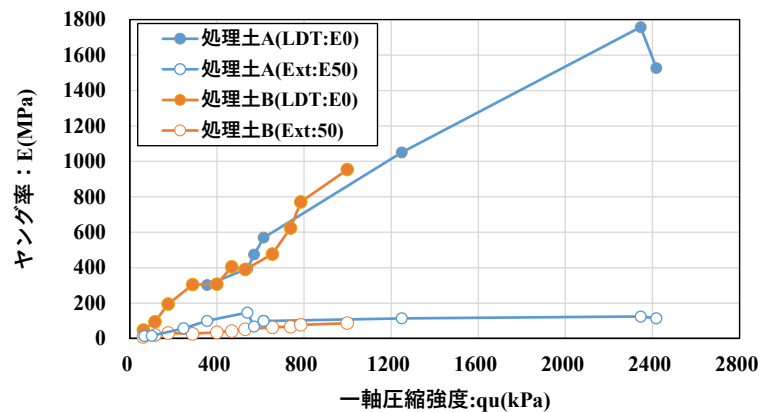


図-4 ヤング率と一軸圧縮強度の関係

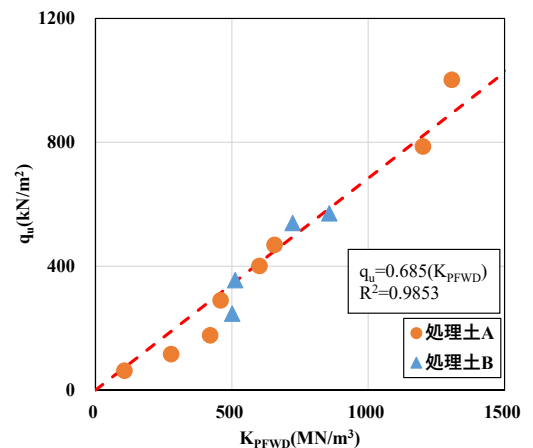


図-5 K_{PFWD} と一軸圧縮強度 q_u の関係