

掘削された流動化処理土の有効利用法の検討

福岡大学工学部 学生会員 大本真弘 福岡大学大学院 学生会員 大住隼斗
 福岡大学工学部 正会員 佐藤研一 福岡大学工学部 正会員 藤川拓朗

1.はじめに 建設発生土のリサイクルを目的に、ここ 10 年で積極的に用いられるようになった流動化処理工法¹⁾は処理土の流動性を生かし、埋設管の埋戻し材料として多く利用されている。その中で水道管、ガス導管等といったライフラインは、その維持修繕に伴い、数年後に掘削される可能性が十分に考えられる。この掘削された流動化処理土の有効利用を検討する場合、土質区分や力学特性を把握しておくことが重要である。そこで本研究では図-1 に示すように掘削された流動化処理土（以後、掘削処理土）の物理・力学特性を把握し、1) 掘削処理土をそのまま地盤材料として再利用する場合、2) 再び流動化処理を施し再利用する場合の 2 つの再利用方法に着目して研究を行った。本報では前者の 1) 掘削処理土をそのまま地盤材料として再利用する場合の流動化処理工法について報告する。

2.実験概要

2-1 実験に使用した試料 流動化処理土の作製に使用した試料の物理特性を表-1 に示す。発生土には、建設工事に伴い発生した 3 種類の建設発生土（第 2 種、第 3 種建設発生土、泥土）を用いた。各試料の粒径加積曲線を図-2 に示す。流動化処理土の品質規定²⁾は表-2 に従った。実験には、それぞれの建設発生土を用いて流動化処理土を作製し、掘削後の再利用について検討を行った。

2-2 流動化処理土 各流動化処理土の配合を表-3 に示す。流動化処理土の作製には、セメント量(高炉セメント B 種)を 50, 75, 100kg/m³ の 3 パターンとし、土質区分の異なる建設発生土を用いて配合設計を行った。

2-3 供試体作成方法 流動化処理土の作製方法は、水、建設発生土、高炉セメントをホバートミキサーで 5 分間混合攪拌し、目標フロー値が 250±20mm になるように配合した。その後、作製した試料のフロー値 (JHS A 313-1992) 湿潤密度、ブリーディング率 (JSCE-1986) を測定し、直径φ5×高さ h10(cm)の塩ビ製モールドに打設する。翌日整形、翌々日に脱型し、ラップに包み 20 一定の恒温室で養生させた。養生日数は 7, 28 日とし各養生後に一軸圧縮試験を行った。

2-4 掘削された流動化処理土(掘削処理土) 掘削処理土は、埋戻し基準を満たした配合条件で作製した流動化処理土を容器内に打設し 28 日後に処理土を解きほぐしたものとした。ここで、28 日養生後に掘削した理由は、流動化処理土の時間経過に伴う強度増加を考慮して、一般的に 28 日材齢時の一軸圧縮強さで評価される³⁾ためである。解きほぐしは、コーン指数試験 (JIS A1228) で定められた粒径 (4.75mm 以下) になるまでハンマーを用いて解砕した。その後、物理試験、コーン指数試験を行い再利用方法について検討を行った。

3.実験結果及び考察

3-1 流動化処理土の力学特性 図-3 に土質区分の異なる発生土を用いた流動化処理土の一軸圧縮強度とセメント添加量を示す。図より、いずれの発生土を用いた場合においても適切なセメント添加量において、流動化処理土の要求強度を満足するこ

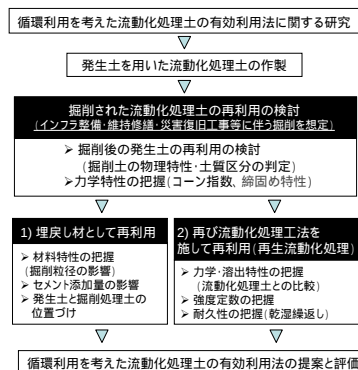


図-1 本研究のフローチャート

表-1 発生土の物理特性

試料名	密度 ρ_s (g/cm ³)	含水比 (%)	塑性指数 I_p	コーン指数
第2種建設発生土	2.712	12.52	14.56	814.91
第3種建設発生土	2.673	12.50	15.34	750.99
泥土	2.664	34.20	25.25	103.95

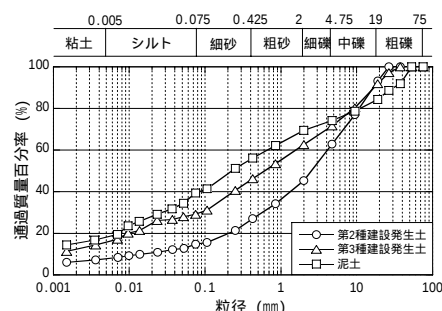


図-2 発生土の粒径加積曲線

表-2 流動化処理土の品質規定²⁾

用途	適用対象	試験項目	基準値
埋設管の埋戻し	ガス管 上下水道管 など	一軸圧縮強さ	130kN/m ² 以上500kN/m ² 以下
		フロー値	160mm以上
		ブリーディング率	3%未満
		湿潤密度	1.35g/cm ³ 以上

表-3 流動化処理土の配合表及び品質管理値

土質材料	セメント量 (kg/m ³)	発生土 (kg/m ³)	水 (kg/m ³)	密度 (t/m ³)	W/C	フロー値 (mm)	ブリーディング率 (%)
第2種建設発生土	50	1245	525	1.820	10.50	260	0.79
第3種建設発生土	50	1028	599	1.677	11.98	270	0.22
泥土	75	780	683	1.538	9.11	250	0.13

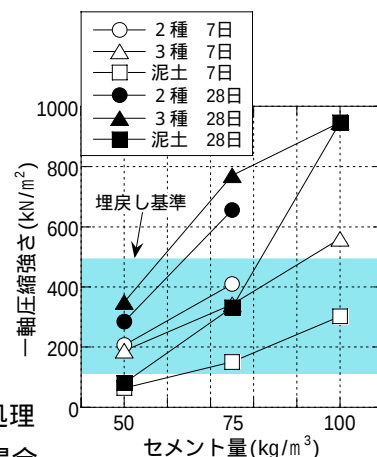


図-3 セメント量と一軸圧縮強さの関係

とが分かる。特に泥土を用いた流動化処理土は、埋戻し強度を満たすために第2種や第3種建設発生土と比べセメント量が多くなる傾向にある。これら埋戻し基準を満たした条件を用いて、掘削後の再利用の検討を行う。

3-2 掘削された流動化処理土の物理・力学特性

表-4 に埋戻し基準を満たした流動化処理土を掘削した掘削処理土の物理・力学特性を示す。表-1 と比べ、いずれの条件においても、改良前の発生土と比べ土粒子密度に差ほど変化はないものの、含水比、塑性指数は増加することが分かる。また、掘削処理土のコーン指数は、泥土を用いて作成した流動化処理土 ($C=75\text{kg/m}^3$) 以外は突固め時にオーバーコンパクションを呈し、測定できなかった。つまり、同一埋戻し基準強度内で設計された処理土においてもセメント添加量が少ない流動化処理土 ($C=50\text{kg/m}^3$) は、掘削に伴う解きほぐし作業により、品質低下を招くことが考えられる。

表-4 掘削処理土の物理・力学特性

掘削し解きほぐした流動化処理土	土粒子密度 (g/cm^3)	含水比 (%)	塑性指数 I_p	コーン指数
第2種発生土+C=50kg/m ³	2.73	60.5	17.05	N.D.
第3種発生土+C=50kg/m ³	2.67	49.6	21.04	N.D.
泥土+C=75kg/m ³	2.67	79.8	28.58	1485

表-5 実験条件

土質材料	セメント量 (kg/m^3)	打設から掘削までの日数(日)
泥土	50 75 100 150 200 250	28
第3種建設発生土		

3-3 初期セメント添加量がコーン指数に与える影響

掘削処理土をそのまま地盤材料として再利用するためには、所定のコーン指数(第2種ならば 800kN/m^2 以上)を有することが前提となる。そこで、表-5 に示す条件を用いて、流動化処理土の初期セメント添加量を変化させ掘削処理土のコーン指数に着目した。図-4 に初期セメント添加量と掘削処理土のコーン指数の関係を示す。図より、初期セメント添加量の増加に伴いコーン指数は増加する傾向にあることがわかる。また、いずれの条件においても第2種建設発生土 ($q_c=800\text{kN/m}^2$ 以上)に相当させるためには 75kg/m^3 以上のセメント添加量が必要になることが分かる。図-5 に流動化処理土の一軸圧縮強さと掘削処理土のコーン指数の関係を示す。図より、発生土の種類によらず両者は非常に相関性が良いことから、流動化処理土の一軸圧縮強さを設定することにより、掘削後に任意のコーン指数を得ることが可能である。このことは、流動化処理土作製時に、掘削後の再利用を考慮した強度設定が可能であること示している。

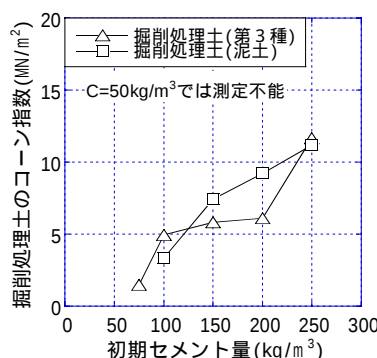


図-4 セメント量とコーン指数の関係

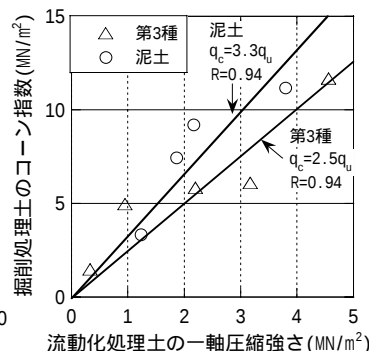


図-5 一軸圧縮強さとコーン指数の関係

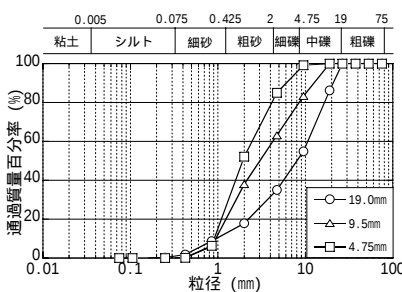


図-6 破碎後の粒径加積曲線

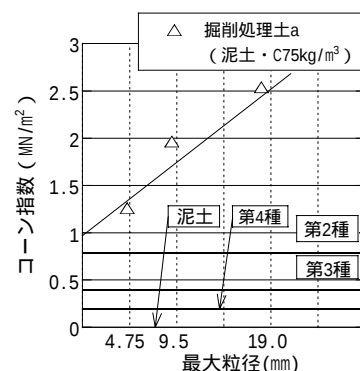


図-7 最大粒径とコーン指数の関係

3-4 掘削粒径がコーン指数に与える影響

最大粒径を変化させた3種類の掘削処理土を用いて、掘削粒径がコーン指数に与える影響について検討を行った。なお、掘削処理土の破碎には、回転式破碎混合混練機を用いた。この破碎機は回転数を調整することにより、粒径を調整することが可能である。図-6 に実験に用いた3種類の掘削処理土の粒径加積曲線を、図-7 に最大粒径とコーン指数の関係を示す。図より、最大粒径が大きいほどコーン指数は増加することが分かる。このことより、掘削処理土のコーン指数は、掘削時の破碎粒径に依存していることが分かる。よって、掘削処理土は初期のセメント添加量を調整することや掘削粒径を調整することで、力学的な面から地盤材料としてそのまま利用が可能であると考えられる。

4.まとめ 1) 同一埋戻し基準強度内で設計された処理土においてもセメント添加量が少ない流動化処理土 ($C=50\text{kg/m}^3$) は、掘削に伴う解きほぐし作業により、品質低下を招くことが考えられる。2) 流動化処理土の一軸圧縮強さと掘削処理土のコーン指数は、相関性が良いことから流動化処理土作製時に、掘削後の再利用を考慮した強度設定が可能である。3) 掘削処理土は初期のセメント添加量を調整することや掘削粒径を調整することで、力学的な面から地盤材料としてそのまま利用が可能であると考えられる。