

掘削された流動化処理土の再利用における力学特性および溶出特性

福岡大学大学院 学生会員 ○久富 優二
福岡大学工学部 正会員 藤川 拓朗 佐藤 研一

1. はじめに

現地で発生した建設発生土のリサイクル工法の一つとして、流動化処理工法¹⁾がある。この流動化処理工法は、幅広い性状の土砂の有効利用が可能のため、大量リサイクルが期待できる工法である。しかし、水道管・ガス管等のライフラインに流動化処理土を使用した場合、将来的に維持・修繕に伴い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は、明確な規定がないために一般に廃棄物として処理される現状にある。そこで、本研究では掘削された流動化処理土(以後、掘削流動化処理土)の循環利用を目的とし、1)掘削流動化処理土をそのまま地盤材料として再利用する場合、2)掘削流動化処理土に再び流動化処理を施し再生利用する場合の二つの有効利用方法について提案し検討を行った。本報告では掘削流動化処理土の有効利用方法において、力学・溶出特性の面から検討を行った結果を報告する。

2. 実験概要

2-1 流動化処理土 流動化処理土の作製に用いた発生土の物理特性値を表-1に示す。発生土には建設工事に伴い発生した

表-1 発生土の物理特性値

試料名	土粒子密度 $\rho_s(\text{g/cm}^3)$	含水比 $w(\%)$	塑性指数 $I_p(\%)$	コーン指数 $q_c(\text{kN/m}^2)$	細粒分含有率 $F_c(\%)$
第4種建設発生土	2.608	30.2	29.3	302	60.8
泥土	2.620	21.3	13.8	60	27.7

2種類の建設発生土を用いた。流動化処理

表-2 流動化処理土の配合条件および品質管理値²⁾

試料名	配合条件				品質管理値				
	セメント量 (kg/m^3)	建設発生土 (kg/m^3)	水 (kg/m^3)	W/C	フロー値 (mm)	Br率 (%)	湿潤密度 (t/m^3)	q_u -7日 (kN/m^2)	q_u -28日 (kN/m^2)
第4種建設発生土	125	660	706	5.7	260	0.51	1.491	132	425
泥土	75	1030	586	7.8	260	1.00	1.681	172	309
品質基準					>160	<3	>1.35	>130	<500

土の作製方法は、水、各建設発生土、高炉セメント B 種をホバートミキサーで混合攪拌し、設定したセメント量に対し、フロー値が $250\pm 20\text{mm}$ になるように、配合を決定した。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 $\phi=5\times$ 高さ $H=10$ (cm)の塩ビ製モールドに打設した。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。養生後は 7、28 日経過後にそれぞれ一軸圧縮試験を行った。

表-3 掘削流動化処理土の物理特性値

試料名	土粒子密度 $\rho_s(\text{g/cm}^3)$	含水比 $w(\%)$	塑性指数 I_p	コーン指数 $q_c(\text{kN/m}^2)$
掘削流動化処理土A (4種+C=125 kg/m^3 -28日掘削)	2.588	95.8	28.0	N.D.
掘削流動化処理土B (泥土+C=75 kg/m^3 -28日掘削)	2.644	55.0	20.7	1036
掘削流動化処理土C (泥土+C=75 kg/m^3 -300日掘削)	2.588	47.6	N.D.	5250

2-2 掘削流動化処理土 掘削流動化処理土は、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。その際の掘削に用いた流動化処理土の配合条件および品質管理値を表-2に示す。ここで、打設から掘削までの日数を主に 28 日とした理由は、流動化処理土の時間経過に伴う強度増加を考慮したためである。³⁾また、比較のため打設後 300 日経過した流動化処理土も利用している。掘削した処理土の解砕は、コ

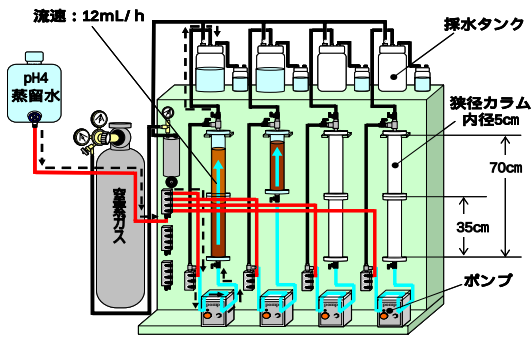


図-1 カラム試験装置

ーン指数試験(JIS A1228)で定められた粒径³⁾(9.5mm以下)になるまでプラスチックハンマーを用いて行った。その後の物理試験を行った結果を表-3に示す。なお、掘削流動化処理土 A については高含水比のため、突固めの際にオーバーコンパクションを起こしたため、コーン指数を得ることができなかった。

2-3 定圧一面せん断試験 掘削流動化処理土が埋戻し材料と同等の強度定数を有しているかを検討するために、表-3に示す掘削流動化処理土 A について定圧一面せん断試験を実施した。供試体の作製は直径 $\phi=6\times$ 高さ $H=2$ (cm)の一面せん断試験用の塩ビ製モールドに掘削流動化処理土を 3 層に分け、ハンマーを用い締固めて行った。なお、キーワード 流動化処理土、循環利用、再利用、一面せん断試験、締固め特性、カラム試験

供試体の密度は、締固め試験より得られた結果より $D=95\%$ とし、試験は反力板荷重を一定にする定圧一面せん断試験を、せん断速度 0.2mm/min により行った。また、せん断時の垂直応力を $50, 100, 150\text{kN/m}^2$ とした。

2-3 溶出試験 掘削流動化処理土を地盤材料として用いた際の地盤影響評価として溶出試験を実施した。実験では、実際の無機有害物質の土壌や地下水への溶出挙動を評価するために図-1 に示すような内径 5cm の狭径カラムの試験装置を使用しカラム試験を実施した。供試体は 125g のランマーを用い、落下高さ約 20cm 、落下回数 3 回として、充填高さが 30cm になるように 5 層に分けて突き固め作製した。溶媒には pH4 に調整した蒸留水を用い、試料を通過する流出液の速度はポンプを用い 12mL/h になるように調整をした。実験は各々の掘削流動化処理土と、それらにまさ土を充填した条件で行った。

3. 実験結果および考察

3-1 掘削流動化処理土の締固め特性 図-2 に締固め試験結果を示す。また、図中には比較として建設発生土単体の締固め試験結果も併せて示している。掘削流動化処理土 A, B, C に対して突き固めによる締固め試験 (JIS A 1210) を実施した (表-3)。ここで、掘削流動化処理土は前述したように含水比が高いため、一日風乾させ含水比を低下させたものを用いた。掘削流動化処理土は、建設発生土と比べて ρ_{dmax} は減少し、 w_{opt} は増加する傾向にあるものの、十分に締固めることが可能である。

3-2 掘削流動化処理土の一面せん断特性 図-3 に定圧一面せん断試験結果を示す。比較として図中には建設発生土とまさ土単体の一面せん断試験結果も併せて示している。掘削流動化処理土の内部摩擦角 ϕ については建設発生土、まさ土単体と同等の値を示すことが分かる。一方、粘着力 c は減少する結果となった。このことから、掘削流動化処理土の強度定数は建設発生土と同等である捉えることができる。

3-3 掘削流動化処理土の溶出特性 図-4 にカラム試験結果からの T-Cr, B, Pb の各分画における重金属の溶出濃度とその時の pH の変化について示す。まず、掘削流動化処理土 A, B, C についてみると、pH4 という厳しい条件下であるにもかかわらず、土壤環境基準値を超える溶出濃度はみられない。次に、掘削流動化処理土と掘削流動化処理土にまさ土を充填した条件とを比較すると、まさ土の吸着効果により、Cr の溶出濃度が大きく低下している。また、吸着した T-Cr 中の Cr^{+6} についても還元作用により Cr^{+3} として安定すると考えられるため周辺地盤に与える影響は低いと考えられる。

4. まとめ

1) 掘削流動化処理土は、含水比の調整を行えば、十分に締固めることが可能である。また、建設発生土と比較して強度定数に大きな違いは見られず、埋戻し材料として再使用することが可能である。

2) カラム試験の結果から土壤環境基準値を超える T-Cr, B, Pb, Cd の溶出濃度はみられず、吸着・還元作用の効果から周辺地盤に与える影響は低いと考えられる。

参考文献 1) 財団法人日本建設情報総合センター: <http://www.jacic.or.jp/> 2) 久野悟郎:「土の流動化処理工法」技報堂出版, pp.205, 1997. 3) 建設省 土木研究所:「流動化処理土利用技術マニュアル」技報堂出版, 2004.

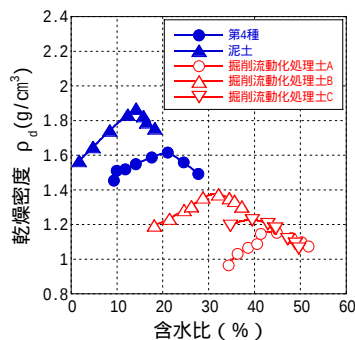


図-2 締固め試験結果

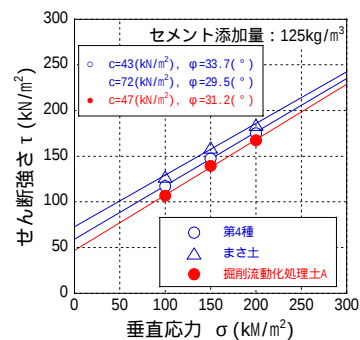
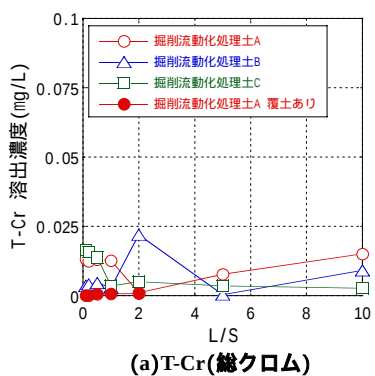
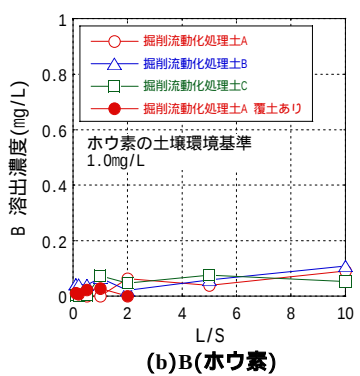


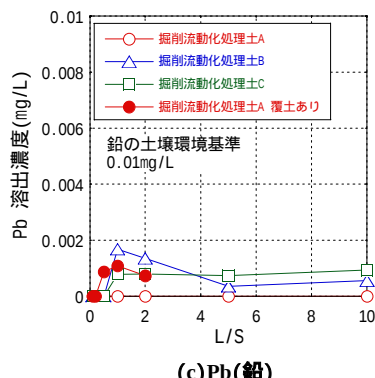
図-3 一面せん断試験結果



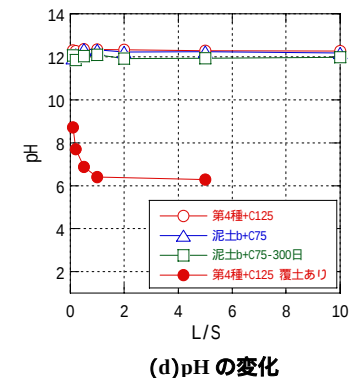
(a) T-Cr (総クロム)



(b) B (ホウ素)



(c) Pb (鉛)



(d) pH の変化

図-4 カラム試験結果