

資源循環利用を考えた建設発生土の流動化処理に関する研究

福岡大学工学部 正会員 佐藤 一 西部ガス株式会社 正会員 豊田康弘
 福岡大学大学院 学生会員 藤川拓朗 西部ガス株式会社 非会員 出口邦子

1.はじめに 近年、建設発生土のリサイクル促進の気運が高まりをみせるなかで、掘削工事の埋戻しに流動化処理工法を用いる事例が増加している。この工法は、高含水比の粘性土や泥土などあらゆる土質の建設発生土を原料とすることができるため、建設発生土の大量のリサイクルが期待できる¹⁾。その一方で、流動化処理土を埋戻した場所が、数年先に再掘削された場合、その強度などが問題となり、結局産業廃棄物として処分される可能性が高い。そこで本研究は、流動化処理土の循環利用に着目し、一度流動化処理され固化した土を、再度処理して流動化させた再生流動化処理土の再利用の可能性を探ることを目的とし、今回は大宰府まき土から作製した再生流動化処理土の力学特性について報告する。

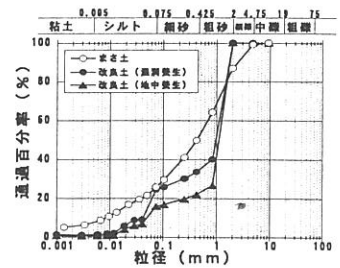


図-1 まき土の粒径加積曲線

2. 試料の作製及び実験概要 今回は、現地発生土の代替材として、太宰府まき土(以下まき土という)から再生流動化処理土を作製して力学特性について実験を行い、流動化処理土品質規定²⁾との比較により、その品質及び再利用の可能性を検討した。実験に用いたまき土の特性を図-1と表-1に示す。

表-1 試料の物理特性(大宰府まき土)

試料名	密度 (g/cm^3)	含水比 (%)	均等係数 U_c	曲率係数 $U_{c'}$
まき土	2.612	3.1	76	1.7
改良土(地中)	2.678	37.5	26	14.6
改良土(湿潤)	2.674	40.5	29	1.3

図-2に実験のフロー図を示す。まず、19mmふるいを通過する粒径に攪拌破碎したまき土、水、及び高炉セメントb種を3分間攪拌混合し、流動化処理土の作製と品質判定を行った。品質規定を満たした土については養生方法を異なる環境下で28日間養生を行った。養生には恒温恒湿室で養生する方法と、実際の埋戻しを想定し地盤内で養生する方法の2種を用いた。次に、流動化処理土の再利用を想定し、ここで作製した固化処理土をハンマーで破碎して循環用固化処理土として19mmふるいを通過させ、これにまき土と水とセメントを表-3の通り配合し、再生流動化処理土を作製した。作製方法は上述の流動化処理土の場合と同様とした。

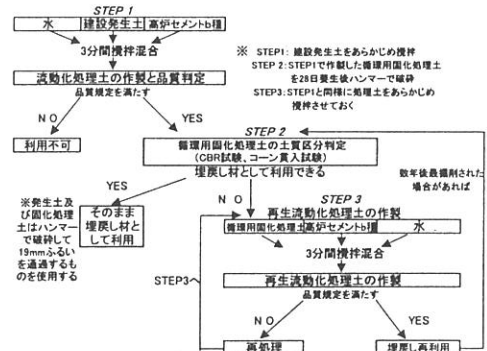


図-2 実験フロー図

今回、循環用固化処理土の混入率(以下、混入率という)は、0, 25, 50%の3種類とした。それらの

粒度分布と物理特性を図-1、表-1に示す。粒度加積曲線に見られる分布の偏りは、作製時のハンマーによる粒子破碎の影響と考えられる。

このようにして作製した再生流動化処理土について、流動化処理土としての品質判定を行った。なお、埋戻し基準判定には、福岡市の基準値を用いた。

3. 実験結果及び考察 まき土の改良前・後(湿潤養生・地中養生)の力学特性を表-4に、CBR試験の結果を図-3に示す。改良前のまき土は含水比、細粒分含有率、コーン指数およびCBR値より、第2種発生土に分

表-2 実験に用いた配合表

材料名	フロー値 (mm)	セメント量 (kg/m^3)	土 (kg/m^3)	水 (kg/m^3)	セメント (kg/m^3)	単位体積重量 (g/cm^3)	Br (%)
大宰府まき土	180	50	1340	454	50	1.84	0.52
		75	1290	465	75	1.83	0.50
		100	1240	477	100	1.82	0.45
	250	50	1258	479	50	1.79	0.83
		75	1210	490	75	1.78	0.48
		100	1162	501	100	1.76	0.36

表-3 再生流動化処理土作成に用いた配合表

再生流動化処理土	混入率 (%)	フロー値 (mm)	土 (kg/m^3)	循環用処理土 (kg/m^3)	水 (kg/m^3)	セメント (kg/m^3)	単位体積重量 (g/cm^3)	Br (%)
	0	250	1210	0	490	75	1.78	0.48
	25		890	223	470	75	1.72	0.57
	50		780	390	451	75	1.70	0.71

類される³⁾。これは福岡市の埋戻し基準（設計 CBR12%以上）を十分に満たす。一方、流動化処理を施した方は、湿潤養生、地中養生の場合とともに CBR 値とコーン指数が改良前よりも大幅に減少し、福岡市の埋戻し基準値を満たしていない。これは、流動化処理を施したことによる含水比の増加及び粒度分布の変化が原因と思われる。次に、養生方法の違いによる影響を比較する。両者の物理・力学特性にはほとんど差がなく、今回の2種の養生方法による影響はないと判断できる。従って、以降、本実験では、実験簡便化のため、再生流動化処理土作製時の養生は湿潤養生とした。また、養生日数は、固化材として用いた高炉セメントⅡ種が、通常28日養生の強度から特性把握するため、その日数を用いることとした。

図-4にフロー値別の、セメント量と一軸圧縮強さの関係を示す。図中の色枠が流動化処理土の埋戻し品質規定範囲である。図より、流動化処理土の一軸圧縮強さは、セメント量の増加にともなって増加し、フロー値が大きいほど減少することがわかる。これは、一般的な流動化処理土とほぼ同じ特性である。

ここで、埋戻し品質規定を満たしているセメント量 75kg/m^3 、フロー値 250mm の処理土を破碎して循環用固化処理土として用い、再生流動化処理土を作製した。図-5に再生流動化処理土の一軸圧縮試験結果を示す。いずれの養生日数においても、混入率の増加にともなう、供試体の剛性が弱くなり、最大圧縮応力が減少していることがわかる。これは、混入率の増加により、一度固化させた試料の割合が増加するため、材料とセメントマトリックスとの付着が低下したことが考えられる。また、図-6に水セメント比と一軸圧縮強さの関係を示す。混入率の増加にともない処理土中に含まれる水の量が増加するため、一軸圧縮強さが低下していることがわかる。図-7に、再生流動化処理土における混入率と Br の関係を示す。この図より、Br 率もすべて基準値の1%以内にあるが、混入率を増加させるに伴い、増加することがわかる。従って、養生時の材料分離も原因の一つと考えられる。図-8に、混入率と一軸圧縮強さの関係を示す。混入率の増加とともにいずれの試料も強度が低下している。28日養生では7日養生のほぼ倍の強度増加を示している。いずれ混入率とも流動化処理土の基準値をほぼ満たしており、循環用固化処理土としての有用性および再生流動化処理土の再利用の可能性が示唆された。今後は、混入率の増加、長期養生による比較、配合条件の変更等を含めさらに検討を行う予定である。

4. まとめ ①混入率の増加にともない、一軸圧縮強さは減少し、Br（ブリーディング）率および水セメント比は増加する。②混入率の増加に伴って、Br 率の増加と処理土の強度及び剛性の低下が確認された。①②を受けて、今回の実験により、流動化処理土の品質基準内で作製された処理土が、再生流動化処理土の材料として有用である可能性が示唆された。しかしながら、強度や長期養生に対する力学特性などは今後の課題であり、特に配合設計に重点を置き、検討を進める。また、実際の工事現場より発生する建設発生土を用いた実験を行い、資源有効利用の実現を目指す。

参考文献 1)建設省土木研究所：流動化処理土利用技術マニュアル 2)久野信郎：土の流動化処理工法-建設発生土・泥土の再生利用技術 3)社団法人地盤工学会：土質試験, pp57, 平成12年

表-4 再生流動化処理土作製に用いた配合

	改良前	改良後湿潤	改良後地中
湿潤密度(g/cm^3)	2.612	2.674	2.679
含水比(%)	3.1	40.5	37.5
CBR値(%)	15.2	2.2	3.8
コーン指数(kN/m^2)	2241	659	776
細粒分含有率	29.5	24.6	16.1
土質区分	第2種発生土	第3種改良土	第3種改良土

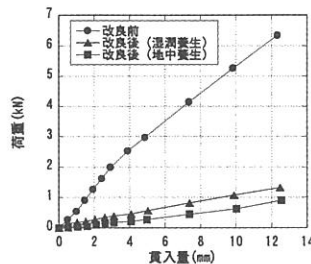


図-3 改良前・改良後の CBR 試験結果

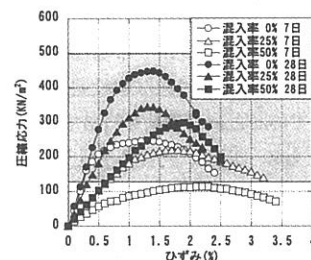


図-5 混入率が及ぼす応力ひずみの関係

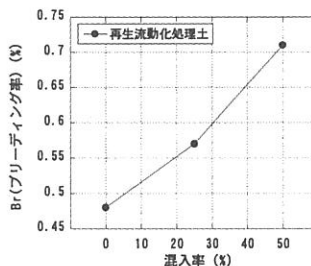


図-7 混入率と Br の関係

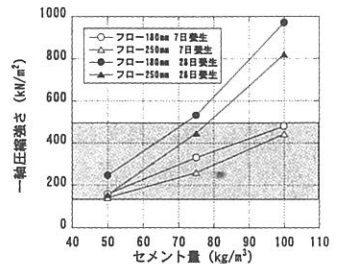


図-4 セメント量と一軸圧縮強さの関係

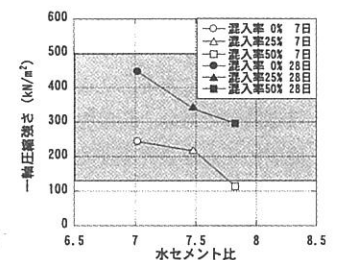


図-6 水セメント比と一軸圧縮強さの関係

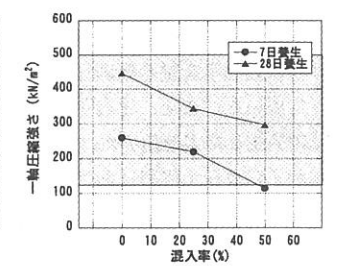


図-8 混入率と一軸圧縮強さの関係