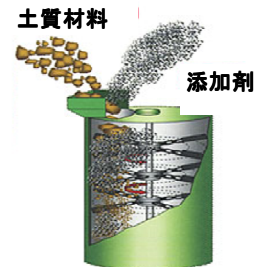


回転式破碎混合工法を用いた低品質な建設発生土の改良手法の検討

福岡大学工学部 学生会員 近松周平
福岡大学工学部 正会員 佐藤研一 藤川拓朗 古賀千佳嗣
日本国土開発株式会社 正会員 中島典昭

1.はじめに 平成24年度に行われた建設副産物実態調査¹⁾によると、場外搬出された土砂(14079m³)の内31%は工事間利用(内陸部工事、海面事業等)に利用されているが、64%は内陸受入地に処分されている¹⁾。さらにこの先2020年に東京オリンピックが行われるため大規模な建設工事やインフラ整備の実施が予想される。今後、これらの工事から発生する建設発生土は膨大な量になることは明らかであり、インフラ整備に伴う建設発生土の有効利用は大きな課題である。特に建設発生土の中には浚渫土、ため池底泥などの低品質なものがあり、これらは高含水比、高粘性といった特徴がある。



そのため従来の固化材による機械攪拌改良工法では十分な改良効果が得られない問題があった。そこで本研究では円筒内で高速回転する複数本のチェーンの打撃力で地盤材料の破碎・細粒化すると共に固加材料を均一に分散させる効果がある回転式破碎混合工法²⁾に着目した。図-1に回転式破碎混合工法のモデル図を示す。本報告では回転式破碎混合工法を参考に低品質な模擬発生土を用いて解きほぐし処理土を有効利用する場合を考慮し、解きほぐし締固め土の1)強度・変形特性の把握、2)固化材添加による改良効果について検討を行った。

2. 実験概要

2-1 実験試料 今回、低品質な発生土を模擬するために木節粘土を用いた。木節粘土はカオリン鉱物を主成分とし有機物を含んでいるため、現場での建設発生土に近い材料であり模擬土として使用した。木節粘土の物理特性を表-1に示す。また固化材には高炉セメントB種を使用した。

表-1 物理特性

試料	木節粘土
土粒子密度 ρ_s (g/cm ³)	2.69
自然含水比 w_n (%)	3.9
最適含水比 w_{opt} (%)	21.9
液性限界 w_L (%)	44
塑性限界 w_P (%)	16.1
細粒含有率 F_c (%)	96.4
強熱減量 $lg-loss$ (%)	8.5

2-2 解きほぐし締固め土の強度特性の把握 表-2に初期固化土の配合条件を示す。また図-2に低品質発生土のフローを示す。設定含水比として液性限界(w_L)の1.0,1.5,2.0倍を設定している。初期固化土の作製は所定の含水比に調整した試料と固化材を

表-2 初期固化土の配合条件

試料	設定含水比 w (%)	固化材添加率 C (%)	養生日数(日)
木節粘土	44 (1.0 w_L)	5	7
	66 (1.5 w_L)	10	
	88 (2.0 w_L)	20	

ホバートミキサーで3分間攪拌混合しφ100mm×H200mmのモールドに各層25回を5層に分けタッピング法を用いて充填した。作製後、上面をラップで密閉し20℃恒温室内にて7日の初期養生を行った。解きほぐし処理土は、初期養生終了後に初期固化土の一軸圧縮強さを測定し、その後ストレートエッジ等で4.75mm以下に手で解砕し作製した。解きほぐし締固め土は、解きほぐし処理土をランマー(質量1.5kg、落下高さh=20cm)を用いて各層12回を3層に分けのモールド(φ50mm×H100mm)に突固め供試体を作製した。その後上面を整形、脱型しラップで密閉し供試体を作製。その後20℃恒温室内にて0、14、28日養生させた。所定の日数に達した時点で一軸圧縮強さを測定し強度特性の把握を行った。また目標強度としてダンプトラックの走行可能な換算一軸圧縮強さ $q_u=240\text{kN/m}^2$ 、舗装施工便覧(日本道路協会)の下層路盤への適用強度 $q_u=980\text{kN/m}^2$ 、の2つの値を本研究の目標強度としている。

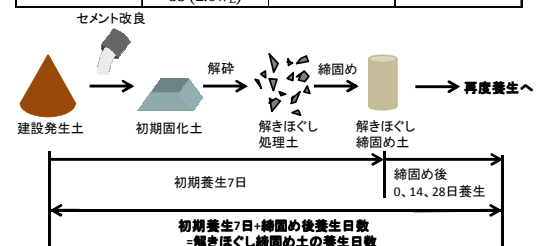


図-2 低品質発生土のフロー

表-3 模擬発生土の土質区分

試料	設定含水比 w (%)	コーン指数 q_c (kN/m ²)	土質区分
木節粘土	44 (1.0 w_L)	43	泥土
	66 (1.5 w_L)	21	
	88 (2.0 w_L)	16	

2-3 固化材添加による模擬低品質発生土の改良効果の検討 表-3に使用している模擬発生土の土質区分を示す。土質区分表³⁾により発生土の土質区分を行った。2-1で検討している養生35日時点での解きほぐし締固め土の一軸圧縮強さを $q_c=5q_u$ ⁴⁾で換算しコーン指数を算出し、改良後の土質区分の検討を行った。

3. 実験結果及び考察

3-1 解きほぐし締固め土の強度特性の把握

図-3 に解砕処理を施した一軸圧縮試験結果を示す。初期固化土の一軸圧縮強さを養生7日にプロットし、解きほぐし

締固め土(初期養生7日+締固め後養生0日=7日養生)の初期強度を少しずらしてプロットし示している。図-3 からすべての含水比、固化材添加率において初期固化土と養生7日時の解きほぐし締固め土(初期養生7日+解砕処理後0日養生=7日養生)を比較すると解きほぐし締固め土は大きな強度低下がみられ、解砕前の強度が大きいほど強度低下が著しいことがわかる。このことから解砕処理を施した改良土をすぐに締固めても固化処理土の強度は元に戻らないことがわかる。一般的に初期固化土を解砕し締固め、養生日数を置くことで強度回復するとされて

いる⁵⁾。そこで本研究では養生35日(初期養生7日+解砕処理後28日養生)まで養生させた。その結果、解きほぐし締固め土の強度は、いずれの条件においても初期固化土の強度を上回ることがわかった。図-4 に養生日数35日における解きほぐし締固め土の設定含水比と一軸圧縮強さの関係を示す。解きほぐし締固め土の強度は初期固化土の固化材添加率と設定含水比に大きく影響を受けることがわかる。特に液性限界の2倍の含水比 $w=88\%$ では、固化材添加率10%以下程度では、解砕し、締固め後、養生日数を置いても大きな強度回復が望めないことが分かる。これは初期設定された含水比の増加により供試体内の水セメント比が増加していることが原因と考えられる。また、目標強度として設定したダンプトラックの走行可能な換算一軸圧縮強さ $q_u=240\text{kN/m}^2$ 、舗装施工便覧(日本道路協会)の下層路盤への適用強度 $q_u=980\text{kN/m}^2$ に対しては、解砕処理後の養生日数の増加と固化材量によって満足させることが出来ることがわかる。しかし、 $w=44\%$ 、 $C=20\%$ のような低含水比に対し、多量の固化材添加率の場合、解きほぐし締固め土内の水分量が少なくなり十分な固結効果が得られないことも示めされた。図-5 に養生日数と変形係数の関係を示す。すべての条件において解きほぐし締固め土の養生日数の増加に伴い、いずれの条件においても試料の剛性が上昇していることがわかる。

3-2 固化材添加による模擬低品質発生土の改良効果の検討

表-4 に解きほぐし締固め土の養生日数35日における土質区分を示す。コーン指数は養生日数35日においての一軸圧縮強さを $q_c=5q_u$ ⁴⁾ に換算し算出している。改良前は全て泥土だった模擬発生土は、 $w=88\%$ 、 $C=5\%$ の条件を除いて、第2種建設発生土($q_c=800\text{kN/m}^2$ 以上)、第3種建設発生土($q_c=400\text{kN/m}^2$ 以上)まで改良されていることがわかる。泥土のように低品質な発生土であっても固化材を添加し一旦固化し、解砕処理、締固めを行い、一定の養生を行うことで十分な改良効果が得られることが明らかになった。

4. まとめ 1)解きほぐし締固め土は養生日数を置くことで、水和反応が再び進行し強度増加が得られる。また解砕前の強度が大きい程、解砕直後の強度低下が大きいことがわかった。2)泥土のような低品質な発生土でも固化材を添加し一旦固化し、解砕処理、締固めを行い養生日数を置くことで第3種建設発生土以上に改良が可能である。

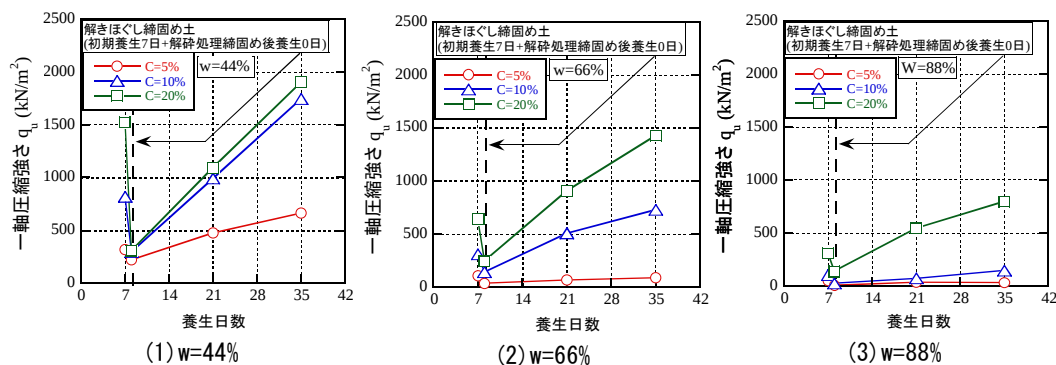


図-3 養生日数による一軸圧縮試験結果

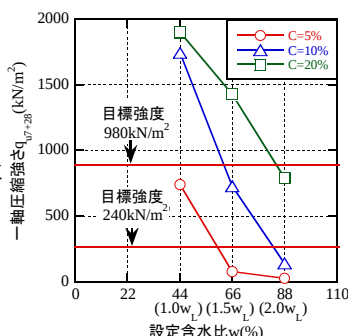


図-4 設定含水比と一軸圧縮強さの関係

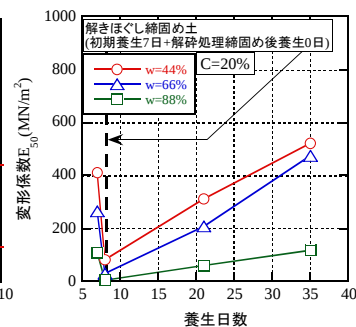


図-5 養生日数と変形係数の関係

表-4 低品質発生土改良後の土質区分

試料	設定含水比 w (%)	固化材添加率 C (%)	コーン指数 $q_c(\text{kN/m}^2)$	土質区分
木節粘土	44 ($1.0w_L$)	0	43	泥土
		5	3316	第2種建設発生土
		10	8716	第2種建設発生土
		20	9503	第2種建設発生土
	66 ($1.5w_L$)	0	21	泥土
		5	426	第3種建設発生土
		10	3632	第2種建設発生土
		20	7137	第2種建設発生土
	88 ($2.0w_L$)	0	16	泥土
		5	141	泥土
		10	707	第3種建設発生土
		20	3971	第2種建設発生土