

海成粘土を再生利用した溜池用人工刃金土の開発

福岡大学工学部 学生会員 埤坂 綸太郎

福岡大学工学部 正会員 佐藤 研一 藤川 拓朗 古賀 千佳嗣

1. はじめに 近年、大規模地震や局地的豪雨によって溜池が決壊した事例が多く報告されており、溜池の老朽化が深刻な問題となっている¹⁾。一方で、溜池堤体内に存在する遮水材にはこれまで天然刃金土が用いられていたが、自然破壊等の要因により現場近傍で入手困難になっている。今後、溜池整備事業は急増し、遮水材の需要が増加すると想定される。そこで本研究では、建設発生土である低品質な海成粘土(有明粘土)に石灰を混合し、安定処理を施した人工刃金土の開発を目的としている。しかしながら、現地から発生する有明粘土の粒度分布は多岐にわたり、安定処理を施した場合でも刃金土としての要求性能である透水性を満足しない可能性がある。そこで本報告では、1) 安定処理を施した有明粘土改良土(以下、改良土と定義)に有明粘土を混合させたもの、2) 改良土に固化材を添加したもの、3) 改良土にベントナイトを添加した3種類の人工刃金土を作製し検討を行った。

2. 実験概要

2-1 実験試料 実験には、土質材料として有明海沿岸地域に分布する有明粘土と有明粘土に石灰を混合して安定処理を施した改良土 A, B 及び施工実績を有する再生刃金土を比較試料

として使用した。それぞれの試料の物理特性及び粒径加積曲線を表-1, 図-1 に示す。また、図-2 に改良土 A, B の締固め曲線を示す。同一地域において採取した有明粘土に安定処理を施しても、締固め特性が異なり材料の品質にばらつきがあることが分かる。

2-2 改良土に有明粘土を混合した検討 最適な

混合方法を選定するため、表-2 に示す条件にて試験を実施した。本実験で用いた、回転式破碎混合混練機²⁾は、回転数とチェーンの本数を制御することにより、任意の粒径に混合させた試料の作製が可能な混合機である。

2-3 改良土に固化材を添加した検討 改良土はアルカリ性を呈する試料であり、溜池で使用することを考慮し、表-3 に示すように、中性化固化材であるセーフロック-M(以下、SR-M)を用いた。比較材料として高炉セメント B 種(以下、BB)を使用し、一軸圧縮試験による破壊形体及び中性化の把握を行った。また、SR-M 添加による刃金土の透水性に関する要求性能($k=1.0 \times 10^{-7} \text{m/s}$)を満足しているか否かを把握するため、表-4 に示す条件で変水位透水試験(JIS A 1218)を実施した。また、再生刃金土は実際に現場で用いられている刃金土であり、ここでは比較のために用いている。

2-4 改良土にベントナイトを混合した検討 前節に示した固化材添加による刃金土は、地震等の外力が作用した際にクラックが発生し、機能性を損なうことが懸念される。そのため、表-5 に示す3種類のベントナイト(以下、A, B, C)を改良土と混合させ、膨潤性と靱性を持たせる検討を行った。また、改良土がアルカリ性を呈するため、比較試料として pH が中性であるまさ土を使用し、アルカリ条件下におけるベントナイトの膨潤特性について検討した。試験方法は 100ml メスシリンダーに試料とベントナイトを試料の湿潤質量に対して添加し、混合後締固め度 90% で供試体を作製した。その後、水位を 100ml 一定とし、14 日間にわたり膨張量を測定した。

表-1 物理・力学特性

試料名称	土粒子密度 $\rho_s(\text{g/cm}^3)$	自然含水比 $w_n(\%)$	塑性指数 I_p	pH
改良土A	2.694	25.9	7.6	10.27
改良土B	2.660	55.3	-	10.13
有明粘土	2.767	103.6	27.32	8.19
再生刃金土	2.785	24.2	19.11	10.71

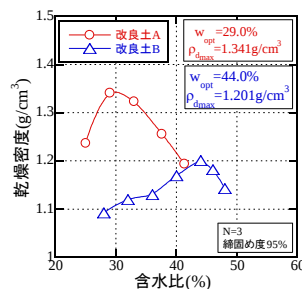


図-2 締固め曲線

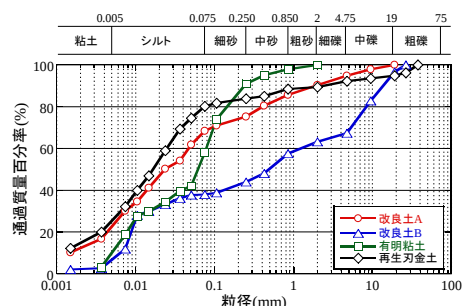


図-1 粒径加積曲線

表-2 コーン貫入試験条件

混合方法	改良土:有明粘土	条件
ホバートミキサ	5:5	それぞれ自然含水比の質量比
回転式破碎混合混練機	7:3	

表-3 一軸圧縮試験条件

土質材料	固化材	固化材添加量 (kg/m^3)	養生日数 (日)
改良土A	SR-M	50	7日
		100	28日
	BB	150	64日

表-4 変水位透水試験条件

土質試料	固化材	固化材添加量 (kg/m^3)	供試体作製条件
改良土A	SR-M	-	p_{dmax} の95%密度
		50	
		100	
		150	
再生刃金土	-	-	

表-5 膨潤力試験条件

土質試料	ベントナイト	ベントナイト含有率(%)
改良土A	なし	-
	スーパークレイ(A)	10
	ネオグレイ(B)	20
	赤城(C)	30
	なし	-
まさ土	なし	-
	スーパークレイ(A)	20
	ネオグレイ(B)	
	赤城(C)	

3. 実験結果及び考察

3-1 改良土に有明粘土を混合した刃金土の検討

図-3 に改良土に有明粘土を混合した際の混合方法の違いによるコーン指数試験結果を示す。いずれの混合方法においても 7:3 混合土の方が 5:5 混合土よりコーン指数は高い値を示していることが分かる。さらに、混合方法の違いに着目すると、ホバートミキサーよりも回転式破碎混合機の方がコーン指数は高い値を示す結果を得た。これは、鋭敏性の高い有明粘土をミキサーで攪拌する際、練返しが生じ強度低下を引き起こしたと考えられる。一方、回転式破碎混合機では、練返しの影響を受けにくいことが推察される。よって、混合方法として、回転式破碎混合機を用いた混合方法の優位性が示唆された。今後は透水係数の比較を行っていく予定である。

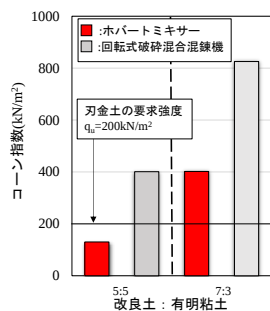


図-3 コーン貫入試験結果

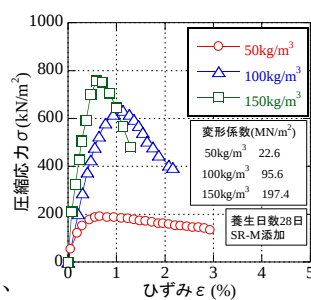


図-4 一軸圧縮試験結果

表-6 変水位透水試験結果

土質材料	固化材	固化材添加量 (kg/m³)	透水係数 k_{15} (m/s)	条件	要求性能
改良土 A	SR-M	-	7.82×10^{-7}	P_{95} の 95% 密度	1.0×10^{-7} m/s (堤高 15m 未満のフィルタイプのゾーン遮水性盛土)
		50	2.38×10^{-9}		
		100	1.58×10^{-9}		
		150	1.30×10^{-9}		
再生刃金土	なし	-	9.56×10^{-8}		

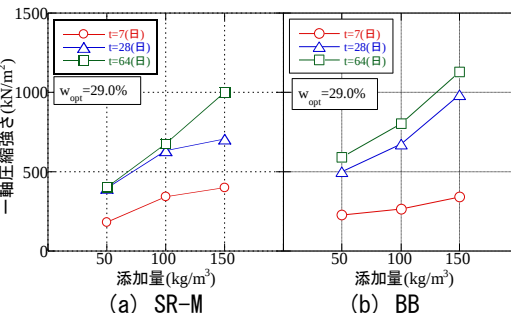


図-5 固化材添加量と一軸圧縮強さの関係

3-2 改良土に固化材を添加した刃金土の検討

改良土に固化材を添加した刃金土は、表-6 より刃金土の要求性能を十分に満足することが分かる。図-4 に SR-M 添加時における一軸圧縮試験結果を示す。固化材添加量の増加に伴い一軸圧縮強さが増加する一方で、破壊ひずみは左にシフトしており剛性が増加していることが分かる。また、図-5 にそれぞれの固化材における添加量と一軸圧縮強さの関係を示す。いずれも固化材添加量の増加に伴い一軸圧縮強さが増加していることが分かる。SR-M は BB と同等の強度発現を有していることが明らかとなった。図-6 に土懸濁液の pH 試験結果を示す。いずれの条件においても pH は BB よりも SR-M の方が低い値で推移していることが分かる。特に、養生日数 28 日以降では改良土の初期 pH 値を下回る結果となり、SR-M を使用することで環境負荷の低い刃金土を作製できることが示唆された。

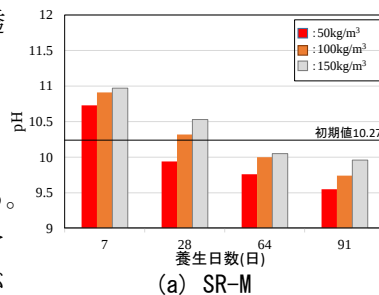


図-6 土懸濁液の pH 試験結果

図-7 に 3 種類のベントナイトを混合させた膨潤力試験結果を示す。ベントナイトはアルカリ性の条件下では、モンモリロナイトの溶解・変質が生じ膨張性が損なわれることが報告されている³⁾。本実験においても改良土がアルカリ性を呈するため、まさ土と混合させた条件と比べ膨張量は著しく小さいことが分かる。しかしながら、ベントナイト添加率の増加に伴い膨張量は増加する傾向が見られた。また今回の条件においては、ベントナイト A を用いた結果において最も高い膨張量を得ることが判明した。今後は、ベントナイト添加率と透水係数の関係について検討を行っていく予定である。

3-3 改良土にベントナイトを添加した刃金土の検討

図-7 に 3 種類のベントナイトを混合させた膨潤力試験結果を示す。ベントナイトはアルカリ性の条件下では、モンモリロナイトの溶解・変質が生じ膨張性が損なわれることが報告されている³⁾。本実験においても改良土がアルカリ性を呈するため、まさ土と混合させた条件と比べ膨張量は著しく小さいことが分かる。しかしながら、ベントナイト添加率の増加に伴い膨張量は増加する傾向が見られた。また今回の条件においては、ベントナイト A を用いた結果において最も高い膨張量を得ることが判明した。今後は、ベントナイト添加率と透水係数の関係について検討を行っていく予定である。

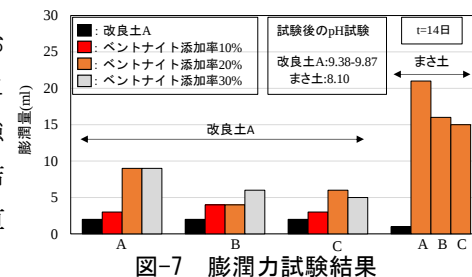


図-7 膨潤力試験結果

4. まとめ 本研究で得られた知見を以下に示す。1) 改良土に有明粘土を混合させ品質の安定化を図る際には、回転式破碎混合工法がミキサー工法よりも有効であることが示唆された。2) SR-M は BB と同様の強度発現を示し、さらに養生日数の増加に伴い pH を低減させることが可能であり、SR-M を用いることで環境負荷の低い刃金土を作製できることが示唆された。3) アルカリ存在下におけるベントナイトの膨潤量はまさ土を用いた場合よりも低下するが、添加率の増加に伴い膨張量は増加する傾向が確認された。

【参考文献】1) 農林水産省ホームページ:農村地域の防災対策と災害復旧, http://www.maff.go.jp/j/nousin/bousai/bousai_saigai/b_tameike. 2) 例えば 中島ら:回転式破碎混合(ツイスター)工法の地盤環境分野への適用について, 第 7 回地盤改良シンポジウム論文集, pp.159-162, 2006. 3) 松本ら:強アルカリ下におけるベントナイトの変質に関する基礎実験, 土木学会第 58 回年次学術講演会, pp.347-348, 2003.