

ため池底泥を用いた新しい遮水材料の基礎的研究

福岡大学工学部 学生会員 ○田中浩之 福岡大学大学院 学生会員 武田都
福岡大学工学部 正会員 佐藤研一 藤川拓朗
日本国土開発㈱ 正会員 横田季彦

1.はじめに 我が国には、全国で 21 万箇所のため池が存在する。そのため池の約 70% 以上が築後 100 年以上経過しており、老朽化に伴う貯水量の減少、水質悪化、堤体の崩壊、底泥の処分が深刻な問題となっており、ため池の整備が急務とされている¹⁾。そこで本研究では、ため池底泥を用いて**図-1**のフローチャートに従ってため池修復に伴う遮水材料の開発にあたり、まず高含水比でヘドロ状で堆積しているため池底泥を現位置で固化させる方法について検討を行った。特に報告では 1) 固化材の選定、2) 含水比調整に伴う助材の選定について検討を行った結果について報告する。

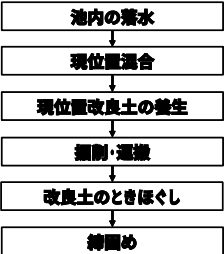


図-1 施工フローチャート

2.実験概要

2-1 実験試料 本研究にはため池底泥として、山口県山口市の出合ため池から採取したものを用いた。また、含水比低下の助材として建築廃材である石膏ボードを 2mm 以下に粉碎したもの（以下、石膏粉）と PS（ペーパースラッジ）灰を用いた。固化材には高炉セメント B 種と高有機質土に効果的な一般軟弱土用セメント系固化材（図中ではセ固と略す）をそれぞれ用いた。**表-1** 及び **図-2** に底泥、石膏粉、PS 灰の物理特性と粒径加積曲線を示す。底泥は $w=179\%$, $F_c=65\%$, $I_g-loss=10\%$ と非常に高含水で高有機質であることがわかる。

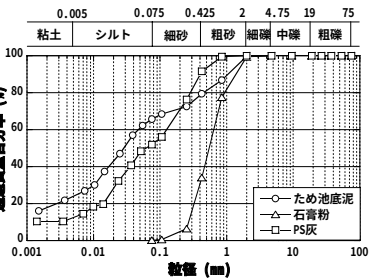


図-2 粒径加積曲線

表-1 物理特性

	底泥	石膏粉	PS灰
密度 ρ_s (g/cm ³)	2.622	3.280	2.901
自然含水比 (%)	178.91	5.99	0
最大粒径 (mm)	2.00	2.00	0.85
細粒分 (%)	65.7	—	51.9
液性限界 w_L (%)	56.00	—	—
塑性限界 w_P (%)	36.01	—	—
塑性指数 I_p	19.99	—	—
強熱減量 L (%)	10.24	—	—

また、**表-2** に底泥、石膏粉、PS 灰単体の環告 46 号法試験より得られた結果を示す。どの試料も土壤環境基準値を十分に満足する材料である。

2-2 実験条件 **表-3** に実験に用いた配合を示す。絶乾質量の底泥に対し、固化材を外割り配合で 20~60% (質量比) 添加させ、同様に助材を 10~30% 添加させ、固化材添加量と助材添加量の影響に着目して配合を行った。

2-3 供試体作成方法 本研究は、ため池内で固化処理を施した後、掘削土を堤体として利用することを目的としている。固化材と助材を添加させた場合、流動性を失い重機による攪拌に支障をきたすことが考えられる。また、ワーカビリティを改善するために、いたずらに単位水量を増やしてしまえば水セメント比が増加しその結果、

表-2 溶出試験結果

	B	Cd	Pb	Cr ⁶⁺
底泥	0.032	N.D	N.D	N.D
石膏粉	0.095	N.D	N.D	N.D
PS灰	0.099	N.D	0.007	N.D
土壤環境基準値	1.00	0.01	0.01	0.05

表-3 配合表

多量の固化材添加量が必要となる。そこで本研究では、流動性を管理する指標として、旧日本道路公団が規格するシリンダー法²⁾によるフロー試験を流動性の指標に用い、 $F=180\pm 20\text{mm}$ と決定し含水比を調整して実験を行った。底泥の含水比を調節した後、助材を混入させミキサーにより攪拌し、その後に固化材を添加する。この処理土を直径 5cm、高さ 10cm のモールドに打設し、翌日に整形、翌々日に脱型を行いラップに包んで恒温恒湿状態で 7 日間養生を行った。その後、一軸圧縮試験により処理土の強度を求めた。

固化材の種類	固化材の割合	助材の種類	助剤の添加率	調整含水比 (%)	フロー値 (mm)	セメント (kg)	底泥 (絶乾) (kg)	助剤 (絶乾) (kg)	水 (kg)	湿潤密度	W/C	
高炉セメントB種	20%	石膏粉	10%	275	185	0.080	0.400	0.040	1.102	1.254	13.780	
			20%	275	165	0.080	0.400	0.080	1.105	1.273	13.810	
			30%	300	185	0.075	0.380	0.113	1.132	1.270	15.090	
	30%		10%	275	175	0.120	0.400	0.040	1.102	1.272	9.187	
			20%	275	130							
			30%	300	185	0.113	0.380	0.113	1.132	1.287	10.060	
	40%		10%	300	210	0.150	0.380	0.038	1.127	1.270	7.515	
			20%	300	200	0.150	0.380	0.075	1.129	1.286	7.530	
			30%	300	175	0.150	0.380	0.113	1.132	1.303	7.545	
	50%		10%	300	190	0.188	0.375	0.038	1.127	1.295	6.012	
			20%	300	180	0.188	0.375	0.075	1.129	1.300	6.024	
			30%	300	190	0.225	0.375	0.038	1.127	1.310	5.010	
セメント系 固化材	20%		10%	300	180	0.225	0.375	0.075	1.129	1.320	5.012	
			20%	275	165	0.080	0.400	0.040	1.102	1.254	13.780	
			30%	300	205	0.075	0.380	0.075	1.129	1.253	15.060	
			10%	300	175	0.075	0.380	0.113	1.132	1.270	15.090	
			20%	275	170	0.120	0.120	0.040	1.102	1.280	9.187	
			30%	300	190	0.113	0.380	0.075	1.129	1.270	10.040	
	30%	10%	300	190	0.113	0.380	0.113	1.132	1.286	10.060		
		20%	300	200	0.150	0.380	0.038	1.125	1.269	7.515		
		30%	300	200	0.150	0.380	0.075	1.129	1.286	7.530		
		10%	300	180	0.150	0.380	0.113	1.132	1.302	7.545		
		20%	300	190	0.188	0.375	0.038	1.127	1.292	6.012		
		30%	300	175	0.188	0.375	0.075	1.129	1.304	6.024		
	40%	10%	300	200	0.225	0.375	0.038	1.127	1.309	5.010		
		20%	300	185	0.225	0.375	0.075	1.129	1.314	5.020		
		30%	300	210	0.150	0.380	0.038	1.125	1.268	7.500		
		10%	300	205	0.150	0.380	0.075	1.125	1.284	7.500		
		20%	300	180	0.150	0.380	0.113	1.125	1.300	7.500		
		30%	300	200	0.188	0.375	0.038	1.125	1.289	6.000		
50%	10%	300	190	0.188	0.375	0.075	1.125	1.300	6.000			
	20%	300	190	0.225	0.375	0.038	1.125	1.315	5.000			
	30%	300	170	0.225	0.375	0.075	1.125	1.317	5.000			
	10%	300	170	0.225	0.375	0.075	1.125	1.317	5.000			
	20%	300	170	0.225	0.375	0.075	1.125	1.317	5.000			
	30%	300	170	0.225	0.375	0.075	1.125	1.317	5.000			

3. 実験結果及び高察

(a) 改良土の流動性 図-3 に助材の添加率とフロー値の関係を示す。図中の色枠は設定したフロー値の範囲を表している。今回は、フロー値を維持するために、助材の添加率の増加に伴い底泥の含水比を $w=275\%$ 及び $w=300\%$ に調整して、設定フロー値の範囲内に収まるように検討を行った。図-3 より、固化材の種類の違いによらず、助材（石膏粉または PS 灰）の添加率を増加させると、フロー値は減少する傾向にあることが分かる。

(b) 改良土の力学特性 図-4 に固化材の添加率と一軸圧縮強さの関係を示す。図の色枠は、重機を用いて容易に掘削が可能とされる一軸圧縮強さ $q_u=125(\text{kN/m}^2)$ 以上の値を示したものである。今回行った実験より、助材の種類に関係なく固化材の添加率を 60% 程度に設定すれば、設定強度を満足することが出来ると考えられる。また、固化材の種類に着目すると、高有機質な軟弱土の強度発現に効果的とされるセメント系固化材を用いた場合、容易に強度増加を得られることが分かる。助材の影響に着目した場合、石膏粉については、添加量を増加させるとフロー値を維持するために単位水量を増やす必要がある。そのため、一軸圧縮強さは低下する傾向にある。一方で PS 灰については、添加率の増加による強度低下は見られなかった。廃棄物の有効利用を鑑みると PS 灰は堤体の補修材料の助材として大量利用が期待できると考えられる。

(c) 湿潤密度と強度の関係 図-5 に処理土の湿潤密度と一軸圧縮強さの関係を示す。図から湿潤密度の増加に伴い、一軸圧縮強さの値も大きくなっていることが分かる。また、相関係数は順に 0.38、0.82、0.91 である。特に固化材に高炉セメントを用いた場合、養生 7 日においては強度発現にばらつきが見られるため相関性が低い。一方で、セメント系固化材を用いた場合は助材の違いによらず高い相関性を得ることができた。このことから、底泥の固化処理においてセメント系固化材を用いて処理土の湿潤密度を事前に調整することで、任意の強度を得られる配合を知ることができる。

4. まとめ 今回行った実験結果より、高炉セメント B 種では強度発現にばらつきが見られた。一方、セメント系固化材を用いた場合は、安定した強度発現が得られることから、固化材として適していると考えられる。また、助材である PS 灰は石膏粉に比べ強度発現はやや劣るが、流動性の管理のし易さ、有効利用が大いに期待できることから助材として適していると考えられる。今後は、処理土をときほぐした後の締固め特性や力学特性について検討を行う予定である。

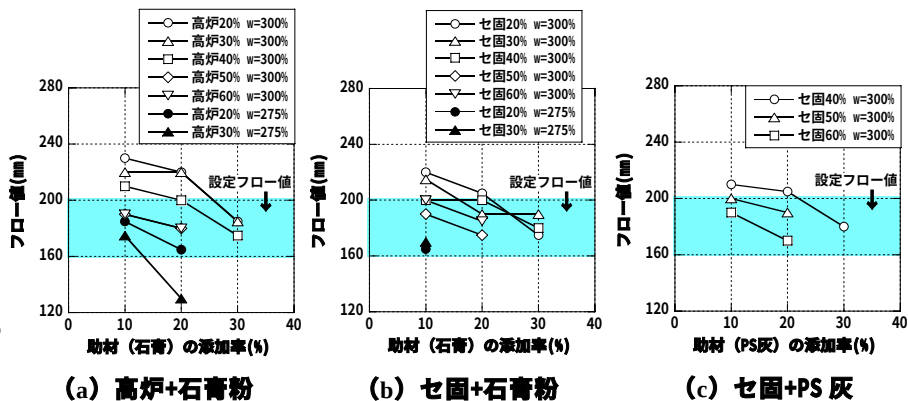


図-3 助材の添加率とフロー値の関係

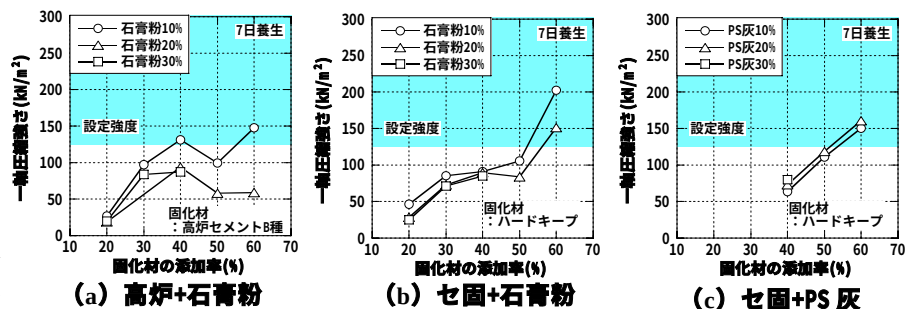


図-4 固化材の添加率と一軸圧縮強さの関係

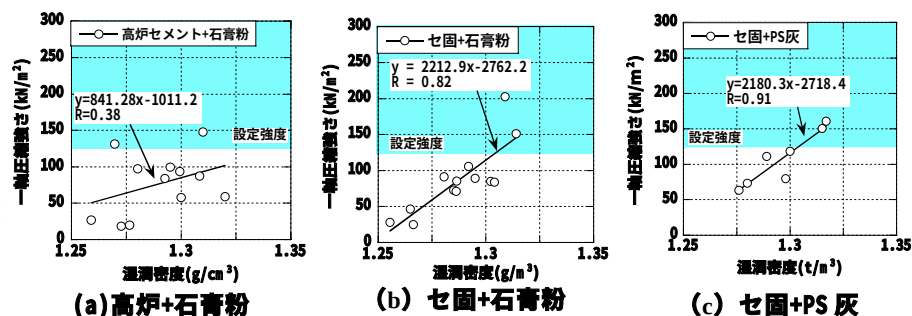


図-5 湿潤密度と一軸圧縮強さの関係