

竹チップ吸水材を用いた各種高含水比底泥の改良効果の検討

福岡大学工学部 学生会員 米丸佳克 古賀新太郎
 福岡大学工学部 正会員 佐藤研一 藤川拓朗 古賀千佳嗣
 みらい建設工業(株) 正会員 足立雅樹

1.はじめに 著者らはこれまでに竹の高い吸水性を活かし、高含水比な浚渫土を運搬・固化処理後、堤体や護岸材料、盛土等に有効利用することを目的として研究を行い、その有効性を示している¹⁾。そして近年では、小型の竹粉碎機が開発され、現場でのチップ化が可能となり伐竹・チップ化と地盤改良が可能となっている。一方、港湾工事等で発生する浚渫土や、主に農業用水を確保するためのため池などの高含水比底泥は性状が異なる。そこで本報告では、ため池底泥や港湾浚渫土を対象に竹チップの改良効果の検討を行った結果についての報告をする。

2. 実験概要

2-1 実験試料 土質材料として有明海の港口と航路より浚渫された底泥及びカオリン粘土を用いた。また、比較材料としてこれまでの研究成果¹⁾である佐賀県の長場恵池と福岡県の熊本池のため池底泥を用いた。表-1 に本実験において用いた試料及び比較材

表-1 土質試料の物理特性

	カオリン粘土	有明海(港口)	有明海(航路)	長場恵池	熊本池
土粒子の密度 ρ_s (g/cm ³)	2.731	2.765	2.615	2.571	2.424
自然含水比 w (%)	-	34.2	194.5	97.1	229.6
強熱減量 I_g -loss (%)	3.11	9.00	9.10	9.26	11.40
細粒分含有率 F_c (%)	100.00	29.20	97.40	82.60	55.70
液性限界 w_L (%)	51.72	37.91	120.01	72.95	70.98
塑性限界 w_p (%)	34.32	27.36	80.21	29.81	56.34
塑性指数 I_p (%)	17.40	10.55	39.80	43.13	14.64

料の物理特性を、図-1 に粒径加積曲線を示す。また、吸水材には竹チップを絶乾状態にした乾燥竹を用いた。ここで竹の乾燥は60℃の炉乾燥で48時間以上乾燥し絶乾状態にさせたものとする。竹チップ吸水材の物理特性を表-2 に示す。固化材には、高炉セメントB種を使用した。

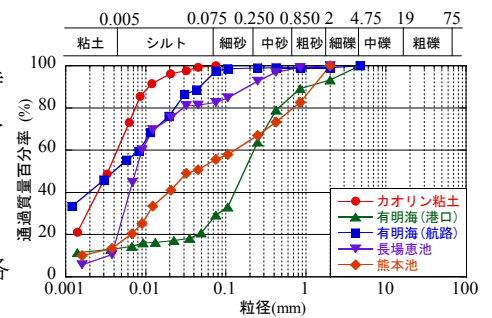


図-1 土質試料の粒径加積曲線

2-2 検討内容及び実験方法

2-2-1 運搬可能な材料への改良 運搬可能な材料への改良の検討として、各土質試料を用いてコーン指数試験(JIS A 1228)を行った。ここで本実験の改良効果の目標強度は、底泥をトラックにて運搬可能な一軸圧縮強さ²⁾である $q_u=50\text{kN/m}^2$ とし、コーン指数 $q_c=200\text{kN/m}^2$ ($q_c=4q_u$)により評価している。供試体は土質

表-2 吸水材の物理特性

吸水材	乾燥竹
含水比	0%
形状	最大長さ:30mm

試料に混合後、吸水材の吸水効果が発揮される3時間¹⁾静置させ十分に吸水させる。その後、直径10cm、容量1000cm³モールド内に3層8回のタンピング法にて作製した。ここで、吸水材添加率は土質試料の絶乾質量に対する外割り配合としている。表-3 にコーン指数試験における実験条件を示す。設定含水比を液性限界 w_L の1.0、1.5、2.0倍とし、吸水材には乾燥竹を用いて徐々に添加させコーン指数試験を行った。

表-3 コーン指数試験条件

土質試料	設定含水比 w (%)	竹の状態	吸水材添加率 B (%)
カオリン粘土	1.0 w_L	乾燥竹 ($w_B=0\%$)	0~60
有明海(港口)	1.5 w_L		
有明海(航路)	2.0 w_L		

2-2-2 固化処理された竹チップ改良土の強度特性の把握 固化処理された竹チップ改良土の強度特性の検討としては、一軸圧縮試験(JIS A 1216)を行った。供試体の作製方法は含水比を110%に調整した試料に吸水材を添加し、コーン試験と同様に十分に吸水材に

表-4 一軸圧縮試験条件

土質試料	設定含水比 w (%)	竹の状態	吸水材添加率 B (%)	固化材添加率 C (%)	養生
カオリン粘土	110	乾燥竹 ($w_B=0\%$)	30	10	気中 7日
有明海(港口)			40	20	
有明海(航路)			50	30	

水分を吸収させ、静置後固化材を添加し、直径4cm、高さ8cmのモールド内に3層で各層25回のタップ法により供試体を作製した。表-4 に一軸圧縮試験条件を示す。竹チップには乾燥竹を用いて吸水材添

加率Bは30、40、50%に変化させ、固化材添加率Cを10、20、30%とした。ここで、吸水材及び固化材の添加量はコーン指数試験同様に、土質試料の絶乾質量に対する外割り配合としている。養生日数は常温20℃における気中養生7日間とした。

3. 実験結果及び考察

3-1 運搬可能な材料への改良 図-2 に設定含水比を $w=1.5w_L$

とした各試料及び長場恵池底泥における吸水材添加率とコーン指数の関係を示す。いずれの条件においても吸水材添加率の増加に伴いコーン指数は増加し、運搬可能な強度を満たす。これらの目標強度 $q_u=200\text{kN/m}^2$ を満たす必要吸水材添加率 B と設定含水比の関係を図-3 に示す。設定含水比の増加に

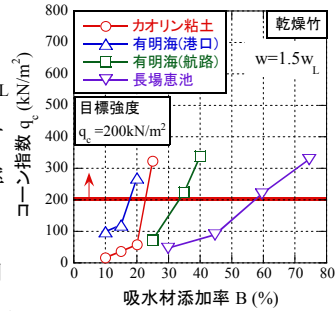


図-2 コーン指数試験結果

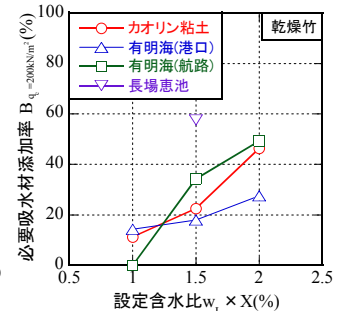


図-3 設定含水比と必要吸水材添加率の関係

必要吸水材添加率は増加するが、すべての土質試料が一律の増加傾向ではなく、設定含水比の増加による増加幅は異なった傾向を示している。そこで土質試料における塑性指数 I_p に着目し、図-4 に塑性指数と目標強度を満たす必要吸水材添加率の関係を示す。有明海(港口)のような塑性指数が低い試料では、必要吸水材添加率の差が小さく、設定含水比の影響を受けにくいことがわかる。それとは対称的に有明海(航路)のような塑性指数の高い試料では、設定含水比により必要吸水材添加率の差が生じる。また、土質試料に関わらず、同じ設定含水比では塑性指数の増加に伴う一様の傾向がみられる。このように必要吸水材添加率は試料の塑性指数の影響を受けることがわかる。これは西田らの研究¹⁾により竹チップが水のみを吸水する水分量に比べ、粘土から吸水する水分量が低い²⁾ためと考えられる。つまり、塑性指数の高い試料においては、塑性体状の粘性分を多く含むため、必要吸水材添加率が高くなると考えられる。

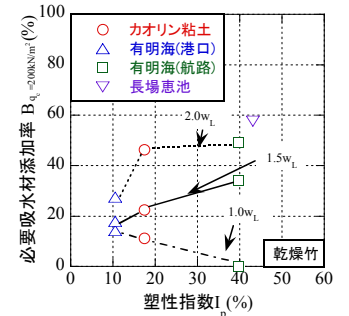


図-4 塑性指数と必要吸水材添加率の関係

3-2 固化処理された竹チップ改良土の力学特性の把握 土質

試料の違いにおける影響を踏まえ、乾燥竹における吸水材添加率 $B=30\%$ 、設定含水比 $w=110\%$ 、固化材添加率 $C=30\%$ とした時の一軸圧縮試験結果を図-5 に示す。有明海(港口)及び熊本池では高い一軸圧縮強さを示し、有明海(航路)では他の試料に比べ延性的な破壊形態を示している。図-6 に設定含水比 $w=110\%$ 、固化材添加率 $C=30\%$ 時の吸水材添加率と一軸圧縮強さの関係を示す。いずれも吸水材添加率の増加に伴い、一軸圧縮強さは減少傾向を示している。これは図-7 に示す供試体の乾燥密度と吸水材添加率の関係より、吸水材添加率の増加に伴い密度が低下したためと考えられる。

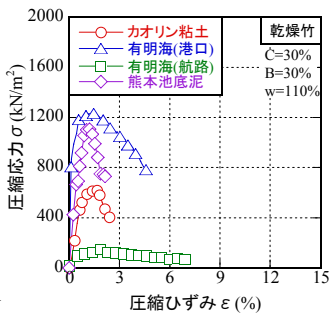


図-5 一軸圧縮試験結果

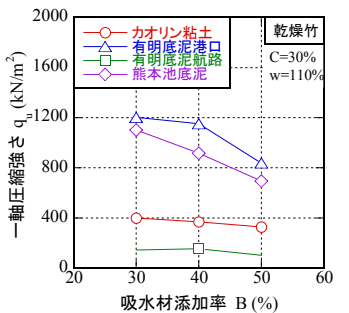


図-6 吸水材添加率と一軸圧縮強さの関係

また、塑性指数が高い試料ほど密度も高くなる傾向にある。これらは設定含水比が低い²⁾ため、塑性指数が低い値を示すとき半固体状に近付き、粒径幅の広い試料となり締まることで密度が高くなったためと考えられる。図-8 に吸水材添加率 $B=30\%$ における一軸圧縮強さと塑性指数の関係を示す。塑性指数の低い有明海(港口)では、固化材添加率の増加に伴う影響を受け、一軸圧縮強さが増加する。一方、塑性指数低い試料においては固化材添加率の増加に伴う変化はみられない。このように塑性指数の違いにより、同じ含水比であっても固化材の効果は異なることがわかる。

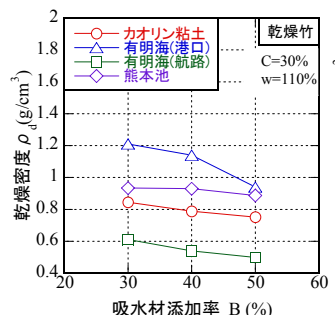


図-7 乾燥密度と吸水材添加率の関係

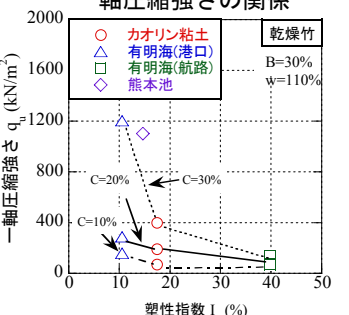


図-8 塑性指数と一軸圧縮強さの関係

また、塑性指数が高い試料ほど密度も高くなる傾向にある。これらは設定含水比が低い²⁾ため、塑性指数が低い値を示すとき半固体状に近付き、粒径幅の広い試料となり締まることで密度が高くなったためと考えられる。図-8 に吸水材添加率 $B=30\%$ における一軸圧縮強さと塑性指数の関係を示す。塑性指数の低い有明海(港口)では、固化材添加率の増加に伴う影響を受け、一軸圧縮強さが増加する。一方、塑性指数低い試料においては固化材添加率の増加に伴う変化はみられない。このように塑性指数の違いにより、同じ含水比であっても固化材の効果は異なることがわかる。

4. まとめ 1)コーン試験より運搬可能な必要吸水材添加率は、塑性指数の高い試料ほど含水比の影響を受けることが示唆された。2)一軸圧縮試験結果より、設定含水比 $w=110\%$ では試料に関わらず吸水材添加率の増加に伴い一軸圧縮強さは低下し、試料の塑性指数が高いほど一軸圧縮強さは増加することがわかった。3)塑性指数の低い試料ほど固化材添加率の影響を受けることが示唆された。

《参考文献》1) 西田 麻美:竹廃材の吸水特性に着目した高含水比底泥の改良効果,第 9 回環境地盤シンポジウム(2011 年 10 月),pp251-254. 2) 社団法人セメント協会:地盤改良マニュアル第 4 版 pp.240,2012.