

竹チップ混合解きほぐし締固め土の靱性効果の検討

福岡大学工学部 学生会員 村尾 勇成 米丸 佳克

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、西日本を中心に放置竹林の問題が顕在化となり、定期的な伐採と伐採後の竹の有効利用が求められている。現在、伐採した竹の多くはフレーク・チップ状に加工され、様々な分野で使用されている。これまでに著者ら¹⁾は、高含水比なため池底泥に対し、竹フレークと固化材を用いて固化解砕処理を施し、堤体補修材料として有効利用できる可能性を示唆した。さらに、チップ化された竹においてチップ繊維長が竹チップ混合固化処理土の強度変形特性に大きく依存していることを明らかにしている²⁾。そこで竹フレークよりも引張力が高く、生産性の高い竹チップを用いることで、改良土の再利用や、再資源材料のコスト低下や品質が向上すると考えられる。本研究では、固化解砕処理を施した竹チップ混合解きほぐし締固め土の強度・変形特性と竹チップ添加による靱性評価について検討を行った結果を報告する。

2. 実験概要

2-1 実験試料 土質試料はカオリン粘土を用いた。粘土の物理特性を表-1に示す。竹チップは竹専用粉碎機にてカッティングフィルターの目が円形 20mm を用い、チップ化したものを 60℃の炉乾燥で 2 日間乾燥させて使用した。竹チップの性状を表-2に示す。

表-1 土質試料の物理特性

	カオリン粘土
土粒子の密度 ρ_s (g/cm ³)	2.731
自然含水比 w (%)	-
強熱減量 I_g -loss (%)	3.11
細粒分含有率 F_c (%)	100.00
液性限界 w_L (%)	51.72
塑性限界 w_P (%)	34.32
塑性指数 I_P (%)	17.40

表-2 竹チップの性状

	竹チップ
外観	
フィルターの目の大きさ	円形20mm
最大繊維長	2-35mm
含水比 w (%)	0.00%

2-2 検討内容及び実験方法 竹チップ混合解きほぐし締固め土の強度変形特性に及ぼす竹チップ添加率及び養生日数の影響については、一軸圧縮試験(JIS A 1216)にて検討を行った。図-1に竹チップ混合締固め土作製までの流れを示す。ここで、竹チップを添加し、固化処理を行った処理土を「初期固化土」、解砕後締固めたものを「竹チップ混合解きほぐし締固め土」と定義する。竹チップ混合解きほぐし締固め土の実験条件を表-3に示す。また、養生日数 t については $t=t_i+t_c$ (t_i : 初期養生、 t_c : 解砕後養生)として定義する。供試体の作製方法は、設定含水比の $w=100\%$ に調整したカオリン粘土と竹チップを攪拌混合し、竹チップの吸水効果が安定して発揮される 12 時間静置する。12 時間の静置後、所定の固化材を添加・攪拌混合し、タッピング法を用いて、初期固化土を作製した。初期固化土を 7 日間養生した後、破砕機を用いて解砕を行う。解砕後、締固めを行い、竹チップ混合解きほぐし締固め土を作製し、所定の養生日数後に一軸圧縮試験を行った。また、本実験では盛土材として利用可能な一軸圧縮強さ³⁾ $q_u=300\text{kN/m}^2$ を目標強度とした。

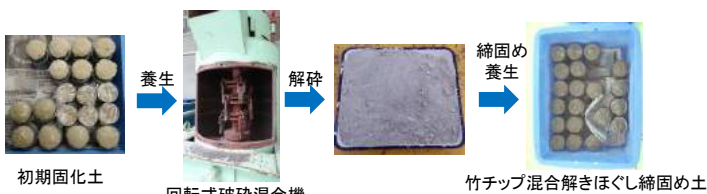


図-1 竹チップ混合解きほぐし締固め土作製までの流れ

表-3 竹チップ混合解きほぐし締固め土の実験条件

土質試料	粘土の設定含水比 w (%)	固化材添加率 C (%)	竹チップ添加率 B (%)	初期養生 t_i (日)	解砕後養生 t_c (日)	破砕機の回転数 (rpm)
カオリン粘土	100	20	0 10 20 30	7	0 14 28	900

3. 実験結果及び考察

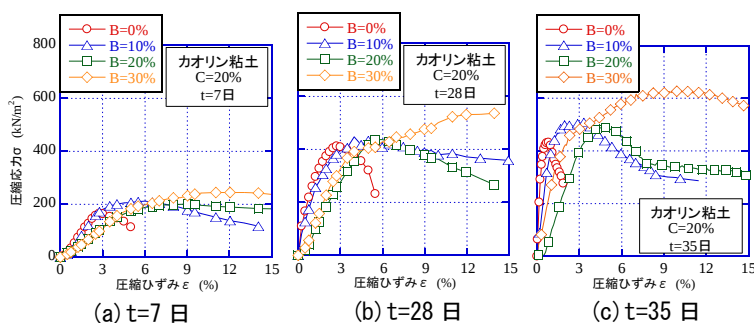
3-1 竹チップ混合解きほぐし締固め土の強度・変形特性の把握 図-2(a), (b), (c)に竹チップ混合解きほぐし締固め土の養生日数 $t=7, 28, 35$ 日における一軸圧縮試験結果を示す。い

図-2 一軸圧縮試験結果（解きほぐし締固め土）

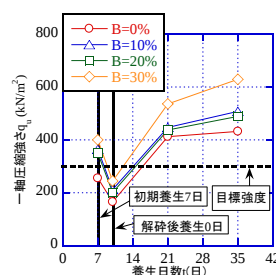


図-3 一軸圧縮強さと養生日数の関係

竹チップ添加率の増加に伴い、圧縮応力は増加傾向を示している。また、竹チップを添加することで破壊形態は延性的になっており、竹チップの靱性効果が確認できる。図-3に一軸圧縮強さと養生日数の関係を示す。解砕直後養生0日と初期養生7日は同日として表示している。一軸圧縮強さは解砕処理を施すことで、急激に強度を低下し、盛土材として利用可能な目標強度を下回る。しかし養生日数の経過に伴い、一軸圧縮強さは増加し目標強度を満足

している。竹チップ添加率に着目すると、竹チップ添加率の増加に伴い、養生日数経過により、一軸圧縮強さは増加傾向を示している。

3-2 竹チップ混合解きほぐし締固め土の靱性の評価 靱性とは材料の力学的性質の中で、単に強度だけでは評価出来ない材料の粘り強さの性質を示すものである。既往の研究⁴⁾において繊維やゴムチップなどの研究が行われている。ここでは竹チップ混合解きほぐし締固め土に竹チップが及ぼす靱性効果について $t=35$ 日に着目して評価を行った。一軸圧縮試験より得られた応力ひずみ曲線より靱性を評価する指標を表-4に示す。一軸圧縮強さ q_u を破壊点とし、その時のひずみを ϵ_f とした。残留状態はひずみが 10% 時の一軸圧縮応力を残留強度 $q_{(\epsilon=10\%)}$ とし、残留状態のひずみを $\epsilon=10\%$ とした。そして、評価指標を定義する上で応力、応力ひずみ変形特性、仕事量(力×変位量)の3つを

表-4 靱性の評価指標⁴⁾

パラメーター	靱性評価指標	呼称
応力	$q_{(\epsilon=10\%)}/q_u$	靱性度
応力-ひずみ	E_{50} $E_{50}=(q_u/2)/\epsilon_{50}/10$	変形係数
仕事量	$P_1/(P_1+P_2)$	靱性ポテンシャル

パラメーターとした。応力は $q_{(\epsilon=10\%)}/q_u$ であり、応力ひずみ変形特性は、変形係数 E_{50} 、仕事量は応力-ひずみ曲線で囲まれた部分の面積で示している。図-4に各パラメーターと竹チップ添加率の関係を示す。(a)より竹チップ添加率の増加に伴い靱性度は高くなっている。養生日数に着目すると、養生日数の経過に伴い靱性度は低くなるが $B=30\%$ で

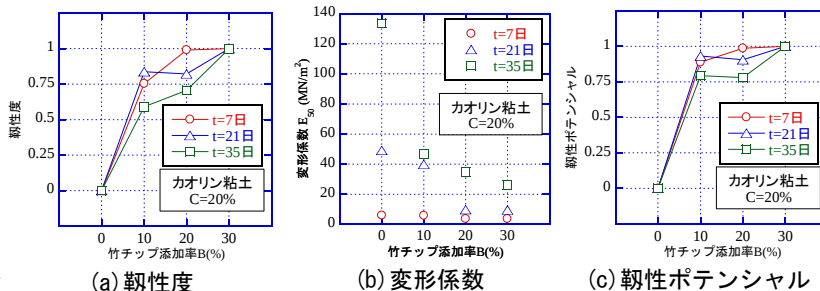


図-4 各パラメーターと竹チップ添加率の関係

は高い靱性度を保っている。(b)より変形係数と竹チップ添加率の関係を示す。竹チップ添加率の増加に伴い、変形係数は低くなっており、剛性が低くなっている。(c)より靱性度と同様に竹チップ添加率の増加に伴い、靱性ポテンシャルは高くなっている。また、養生日数が経過しても $B=30\%$ では高い靱性ポテンシャルを保持している。このように、竹チップ混合締固め土に竹チップは靱性材として十分に働いていることが明らかになった。

3-3 竹チップ混合解きほぐし締固め土の改良効果

表-5 竹チップ混合解きほぐし締固め土の改良効果

試料	粘土の設定含水比 w (%)	固化材添加率 C (%)	竹チップ添加率 B (%)	コーン指数 q_c (kN/m ²)	土質区分
カオリン粘土	100	0	0	0.890	泥土
			10	1.560	泥土
			20	15.36	泥土
			30	43.39	泥土
		20	0	2165	第2種改良土
			10	2541	第2種改良土
			20	2443	第2種改良土
			30	3146	第2種改良土

表-5に竹チップ混合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 $q_c=5q_u$ ³⁾ に換算し算出した。著者らの既往の結果⁵⁾より、 $C=0\%$ では竹チップ添加率増加に伴い、コーン指数は増加傾向を示したが、土質区分は全て泥土だった。しかし、固化材を添加し、解砕締固め処理を施した竹チップ混合解きほぐし土は全てが第2種建設発生土($q_c=800\text{kN/m}^2$ 以上)まで改良されている。また竹チップの添加率に着目すると、竹チップ添加率増加に伴い、コーン指数の値は高くなっている。このように泥土として区分されるものも、固化材と竹チップを併用し、解砕締固め処理を施すことで第2種改良土まで改良され、十分に改良効果が得られることが明らかになった。

4. まとめ 1) 竹チップ混合解きほぐし締固め土は、竹チップ添加率の増加に伴い、一軸圧縮強さは増加傾向を示し、いずれの竹チップ添加率においても養生日数 35 日で盛土材として利用可能な目標強度 $q_u=300\text{kN/m}^2$ を満足した。2) 竹チップ混合解きほぐし締固め土の靱性度、靱性ポテンシャルは、竹チップの添加に伴って増加し、高い値を示し、解きほぐし締固め土内の竹チップは靱性効果を発揮したことが明らかとなった。3) 今回検討を行った竹チップ混合解きほぐし締固め土は、第2種改良土に区分され、竹チップ添加率に伴ってコーン指数が増加傾向を示し、十分な改良効果が確認された。

謝辞：本研究は、文科省 科研費 26420488 の助成を受けたものです。関係各位に心より感謝申し上げます。

【参考文献】 1) 星野ら：ため池底泥に竹フレークを混合して固化処理した新しい堤体補修材料の開発に関する基礎的研究，混合して固化処理した新しい堤体補修材料の開発に関する基礎的研究第9回地盤改良シンポジウム論文集，pp.139-144, 2010. 2) 米丸ら：竹チップ混合固化処理土の強度・変形特性 第12回地盤改良シンポジウム論文集，pp.337-340, 2016. 3) セメント系固化材による地盤改良マニュアル第4版，pp.83-84, 248, 2012. 4) 高山ら：短繊維材添加による気泡混合軽量土の脆性的挙動の改善 人工地盤材料の利用技術に関するシンポジウム論文集，pp.55-56, 2005. 5) 古賀ら：伐採した竹チップを用いた高含水比浚渫土の改良効果 第27回廃棄物資源循環学会，pp.281-282, 2016.