

粘性土の初期含水比と液性限界の關係に着目した竹チップ混合固化処理土の材料特性

福岡大学工学部 学生会員 村尾 勇成

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 昨今、竹林増加による他の植物への浸食が問題となり、浸食防止のための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。伐採された竹の多くはチップ状に加工され、様々な分野で使用されている。著者ら¹⁾は、これまでにため池や河川の浚渫土を盛土材料や再生骨材として有効利用することを目的として、竹チップを混合し、固化処理を施した竹チップ混合固化処理土の材料特性の検討を行い、その有効性を示している。これらの改良する粘性土は地域や現場により異なり、それぞれの改良に施す最適な竹チップ及び固化材の添加量が異なることが想定される。そこで本研究では、現場で採取される粘性土の初期含水比と液性限界の關係に着目し、物理特性の異なる土質試料を用いて初期含水比を変化させ、竹チップ混合固化処理土の材料特性の検討を行った結果について報告する。

2. 実験概要

2-1 実験試料 土質試料として液性限界の違いが、竹チップ混合固化処理土の強度・変形特性に影響を及ぼすと考え、液性限界の異なるカオリン粘土、木節粘土、有明粘土の3種類を用いた。表-1に土質試料の物理特性を示す。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のものをを用い、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。チップの繊維長が2-35mmのものをを用いた。

表-1 土質試料の物理特性

	カオリン粘土	木節粘土	有明粘土
土粒子の密度 ρ_s (g/cm ³)	2.731	2.690	2.614
自然含水比 w (%)	-	3.9	87.2
強熱減量 $lg-loss$ (%)	3.1	8.5	8.4
細粒含有率 F_c (%)	100.0	96.4	67.2
液性限界 w_L (%)	51.7	44.0	93.5
塑性限界 w_P (%)	34.3	16.1	34.8
塑性指数 I_p	17.4	27.9	58.70

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
繊維長	2-35mm
含水比 w (%)	0.00%

表-3 実験条件

土質試料	設定含水比 w_0 (%)	竹チップの形状	固化材添加率 C (%)	竹チップ添加率 B (%)	養生日数 t (日)
カオリン粘土 木節粘土 有明粘土	50 100 150	2-35mm	20	0 10 20 30 40 50	7

2-2 検討内容及び実験方法 今回の検討では、各粘土試料の初期含水比と液性限界の違いに着目し、竹チップ混合固化処理土の強度変形特性に及ぼす影響について、一軸圧縮試験(JIS A 1216)にて検討を行った。

表-3に実験条件を示す。本検討では、竹チップが高含水比な浚渫土に対して吸水効果が有効に発揮される条件を探すことを目的としている。そこで、設定含水比を各粘土の液性限界を考慮して、カオリン粘土は50, 100, 150%、木節粘土は50, 100%、有明粘土は100, 150%に変化させて検討を行っている。竹チップ添加率は、事前に実施したコーン指数試験よりトラックで運搬可能となる $q_c=200\text{kN/m}^2$ 以上の条件を満足させる添加率を基準とし、 $B=0, 10, 20, 30, 40, 50\%$ とした。供試体の作製方法は、まず設定含水比に調整した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時間静置した¹⁾。その後、所定の固化材 $C=20\%$ を添加し、それぞれ攪拌混合し、タッピング法を用いて、竹チップ混合固化処理土を作製した。ここで供試体作製の留意点として、竹チップの吸水性により、供試体作製が行えなかった条件においては、今回は検討を行っていない。竹チップ混合固化処理土は、7日間養生した後、一軸圧縮試験を行った。本実験では盛土材として利用可能な一軸圧縮強さ²⁾ $q_u=300\text{kN/m}^2$ とした。

表-4に一軸圧縮試験後の供試体の含水比から算出した、カオリン粘土における竹チップ混合固化処理土の水セメント比を示す。水セメント比は、竹チップの吸水効果により減少する方向に改善されていることがわかる。

表-4 竹チップ添加時の水セメント比 (カオリン粘土)

竹チップ添加率 B (%)	水セメント比 w/C		
	$w=50\%$	$w=100\%$	$w=150\%$
0	2.45	4.17	5.75
10	1.55	3.76	5.63
20	1.42	3.60	5.12
30	-	3.39	4.78
40	-	3.00	4.60
50	-	2.84	4.56

3. 実験結果及び考察 図-1(a), (b)に設定含水比に着目し、竹チップ添加率 $B=0, 20\%$ 、カオリン粘土における一軸圧縮試験結果を示す。どちらの竹チップ添加率においても、設定含水比の低下に伴い強度は増加している。また、竹チップを添加することでより靱性的な破壊形態を示している。これは、竹チップの靱性効果が供試体の変形特性に影響を及ぼしていることを示している。図-2(a)~(c)に各設定含水比におけるセメント添加量 $C=20\%$ の一軸圧縮強さと竹チップ添加率 B の関係を示す。(a) $w=50\%$ においては、竹チップ添加率の増加に伴い、ピークを示した後減少する傾向を示している。(b) $w=100\%$ では、カオリン粘土と有明粘土においては、 $w=50\%$ と同様に、竹チップ添加率の増加に伴い、ピークを示した後減少する傾向を示している。一方、木節粘土においては、竹チップ添加率の増加に伴い、一軸圧縮強さは僅かな増加傾向を示すものの減少傾向を示していないことが分かる。(c) $w=150\%$ では、両試料ともに竹チップ添

加率の増加に伴う顕著な強度変化を示していない。これらは、竹チップの水分吸収及び剛性に起因していると考えられる。そこで、図-3に $w=100\%$ における含水比と竹チップ添加率の関係を示す。いずれの条件においても、竹チップ添加率の増加に伴い、含水比は低下傾向を示した。また、土質試料に関わらず含水比は同様な低下傾向を示している。

図-4に湿潤密度と竹チップ添加率の関係を示す。いずれの設定含水比においても竹チップ添加率増加に伴い、湿潤密度は低下傾向を示す。これは、粘土中の水分が吸水され、粘性が低下し、タンピング法

の供試体作製方法においては、土粒子主体の骨格も持つ供試体から竹チップ主体の骨格をもつ供試体に移行し、供試体内に空隙が生じたことが原因である。また、図-5(a)～(c)に竹チップ添加率 $B=0\sim30\%$ における一軸

圧縮強さと液性限界および設定含水比との関係を示す。ここで、各粘土の液性限界値(w_L)上に各条件における一軸圧縮強さを示し、図中に実践で設定含水比を示している。設定含水比(a) $w=50\%$ 、(b) $w=100\%$ では、液性限界と設定含水比の差が小さい粘土ほど高い一軸圧縮強さを示していることがわかる。また、液性限界と設定含水比の差の大きさに伴い、竹チップを添加することによる強度増加は大きいことがわかる。これは、液性限界に対して初期含水比が大きいものほど、竹チップの吸水効果が有効に働くことを示唆していると言える。しかし、

図-4にも示したように、竹チップ添加率の増加に伴い、湿潤密度が低下するため、液性限界に対して粘土の含水比が低い場合においては、竹チップが支配的になり、密度低下に伴う強度低下を引き起こすことが考えられる。また、

図-5(a)にも示したように、竹チップ添加率の増加に伴い、湿潤密度が低下するため、液性限界に対して粘土の含水比が低い場合においては、竹チップが支配的になり、密度低下に伴う強度低下を引き起こすことが考えられる。また、(c) $w=150\%$ のように、目標強度を満たしていない低強度な範囲においては、液性限界と設定含水比の差に関係なく、強度は低いことがわかる。これは、表-4に示す、水セメント比をみてもわかるように、 $w=150\%$ では w/C が4以上と他の設定含水比と比較して高い値を示しており、今回の固化材添加率では十分に固化作用が発揮されていないことが要因であると考えられる。

4. まとめ 1)竹チップ混合固化処理土は、粘性土の種類に関係なく、竹チップの吸水効果により、水セメント比の低下による改良効果が示された。ただし、設定含水比の高い粘性土においては、竹の吸水効果が十分に発揮されてないことから固化材添加率を考慮する必要があることが示された。2)竹チップ混合固化処理土の強度は、粘性土の持つ液性限界と初期含水比に大きく依存し、設定含水比が粘性土の液性限界に近い場合、竹チップ添加による吸水及び改良効果を発揮することが明らかとなった。

【参考文献】1)丸丸ら: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. 2)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.

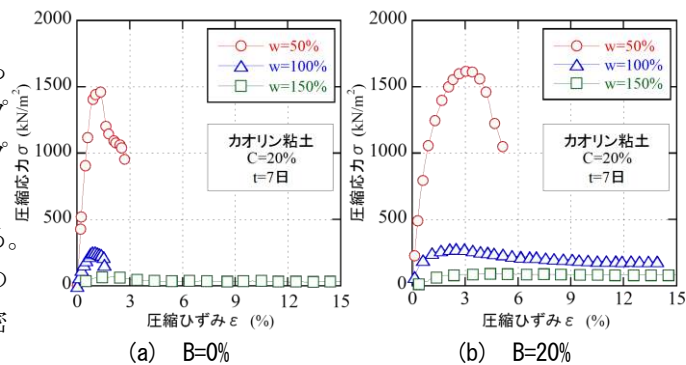


図-1 一軸圧縮試験結果

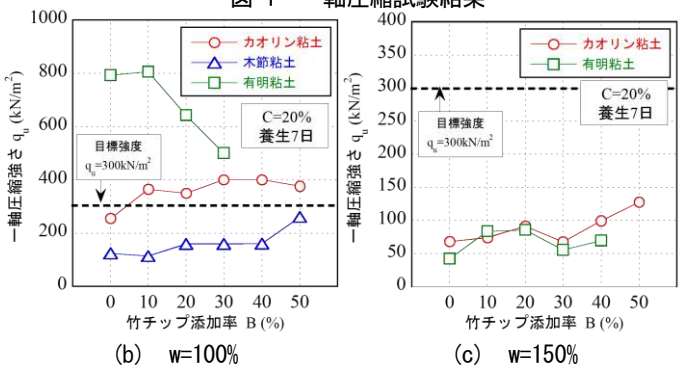


図-2 一軸圧縮強さと竹チップ添加率の関係

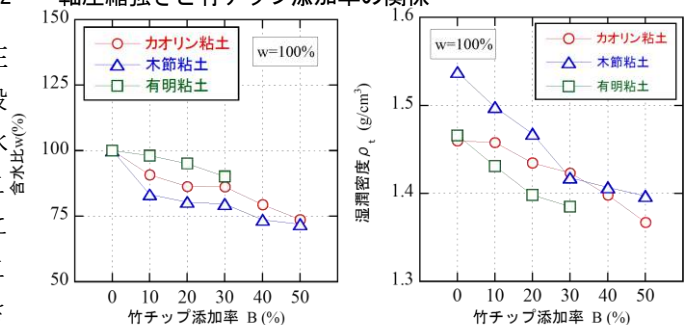
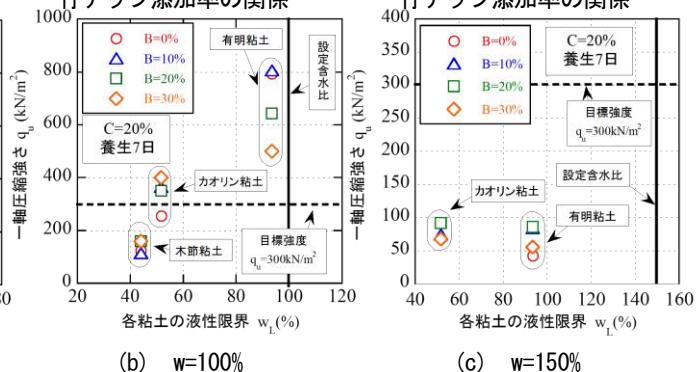


図-3 含水比と

竹チップ添加率の関係

図-4 湿潤密度と

竹チップ添加率の関係

図-5 一軸圧縮強さと液性限界 w_L 設定含水比の関係