

粘性土の違いに着目した解きほぐし竹チップ混合土の強度・変形特性

福岡大学大学院 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
 みらい建設工業株式会社 正会員 足立 雅樹
 鹿島建設(株) 米丸 佳克

1. はじめに 竹は、西日本各地に多く生息しており、竹の繁殖力の強さから放置竹林の問題が顕在化となっている。これらの竹は定期的な伐竹及び伐採後の有効利用が求められている。近年、竹は小型の粉碎機の発達に伴い、チップやフレーク状に加工され様々な分野で利用されている。著者ら¹⁾は、これまでに高い吸水性を持つ竹チップと固化材を用いて含水比の高い粘性土を固化解砕処理することにより、道路用盛土材として有効利用できる可能性を示している。しかし、改良する粘性土は地域により異なり、固化解砕処理を施した改良土へ影響を与えることが考えられる。そこで本研究では、粘性土の違いに着目し、竹チップと固化材を混合・改良し、解きほぐした竹チップ混合土の有用性を検討することを目的としている。粘性土には、カオリン粘土と木節粘土の2種類を用い、解きほぐし竹チップ混合土の強度・変形特性についての検討を行った結果を報告する。

2. 実験概要

2-1 実験試料 土質試料には、粘土の含水比の変化が強度特性の要因と考え、液性限界の異なるカオリン粘土と木節粘土を用いた。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。竹チップの外観を写真-1に示す。固化材には、高炉セメントB種を使用した。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「解きほぐし竹チップ混合土」と定義する。

2-2 検討内容及び実験方法 それぞれの土質試料による解きほぐし竹チップ混合土の強度変形特性について、竹チップ添加率を変化させ、一軸圧縮試験(JIS A 1216)により検討を行った。図-1に解きほぐし竹チップ混合土作製までの流れを、

表-1 土質試料の物理特性

	カオリン粘土	木節粘土
土粒子の密度 ρ_s (g/cm ³)	2.731	2.690
自然含水比 w (%)	-	3.9
強熱減量 I_g -loss (%)	3.1	8.5
細粒分含有率 F_c (%)	100.0	96.4
液性限界 w_L (%)	51.7	44.0
塑性限界 w_p (%)	34.3	16.1
塑性指数 I_p	17.4	27.9

写真-1 竹チップの外観

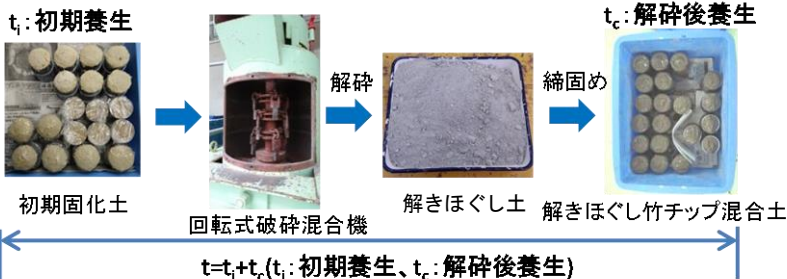


図-1 解きほぐし竹チップ混合土作製までの流れ

表-2 実験条件

試料	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 木節粘土	100	20	0 10 20 30	7	0 14	900

表-2に実験条件を示す。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各粘土を設定含水比 $w=100\%$ に調整し、竹チップと攪拌混合した後、竹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、固化材添加率 $C=20\%$ 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。竹チップ添加率 B は $B=0\sim30\%$ とし初期養生日数は $t_i=7$ 日とした。初期固化土は供試体 $\phi 5\text{cm} \times 10\text{cm}$ 内に投入可能な4.75mm以下の試料となるように回転数900rpmで解砕した。解砕後、締固めエネルギー $E_c \approx 550\text{kJ/m}^3$ となるように質量1.5kg、落下高さ20cmのランマーで1層あたり12回の3層突固めて、解きほぐし竹チップ混合土を作製した。解きほぐし竹チップ混合土作製後、 $t_c=0, 14$ 日養生した後に一軸圧縮試験を行った。また、本実験で盛土材として利用可能な一軸圧縮強さ $^2)q_u = 300\text{kN/m}^2$ を目標強度とした。

キーワード 竹チップ, 解砕処理, 一軸圧縮試験

連絡先 〒814-0180 福岡市城南区七隈8丁目19-1 福岡大学工学部 TEL092-871-6631(内線:6464)

3. 実験結果及び考察

3-1 解きほぐし竹チップ混合土のせん断挙動 図-2(a), (b)に養生日数 $t=21$ 日($t=t_1=7$ 日 + $t_2=14$ 日)における解きほぐし竹チップ混合土の一軸圧縮試験結果を示す。木節粘土においては $B=0\%$ では締固め時にオーバーコンパクションを起こしたため、タッピング法を用いて作製した。また、 $B=10\%$ においては締固め時にオーバーコンパクションを起こし、さらにタッピング法でも流動性が無く供試体作製が不可能であった。カオリン粘土では、竹チップ添加率の増加に対し、強度増加は鈍く、竹チップ添加率の増加とともに解きほぐし竹チップ混合土において延性的な破壊形態を示した。一方、木節粘土は、竹チップを添加することで約2倍の圧縮応力を示し、延性的な破壊形態を示した。以上より、いずれの粘性土において竹チップの靱性効果を確認することができた。

3-2 養生日数にともなう強度変化 図-3(a), (b)に一軸圧縮強さと養生日数の関係を示す。ここで解砕後養生0日は、実際には初期養生7日と同じ日であることから、8日にプロットしている。また、自立不可能な条件においては、コーン試験により一軸圧縮強さを換算し、表記している。いずれの土質試料においても解砕処理直後の一軸圧縮強さは、低下するものの養生日数の経過に伴い、一軸圧縮強さは増加傾向を示している。カオリン粘土に着目すると、養生日数 $t=21$ 日において、竹チップ添加率増加に伴い、一軸圧縮強さは増加傾向を示しており、どの竹チップ添加率においても道路用盛土として利用可能な目標強度 $q_u=300\text{kN/m}^2$ を満たしている。一方、木節粘土において、竹チップの添加により一軸圧縮強さは増加傾向を示すが、目標強度は満足できなかった。いずれの粘性土も、図-4に示す解きほぐし土の含水比と竹チップ添加率の関係から、竹チップ添加率増加に伴い含水比が低下し、水セメント比の低下により、解きほぐし竹チップ混合土が強度増加を示したと考えられる。しかし、木節粘土のような液性限界が $w_L=44.0\%$ と低い粘性土においては、今回設定した粘性土の初期含水比 $w=100\%$ では、液性限界の約2.3倍となる。したがって今回設定した竹チップ添加率では、十分に固化作用が生じる含水比まで粘性土の含水比を低下させることができなかった。また、初期養生の日数が $t_1=7$ 日のため、固化作用が生じるまでの養生期間の不足も考えられる。このため、写真-2に示すように、解砕直後に締固めた際にオーバーコンパクションを起こし、締固め直後に脱型を行った際に供試体の自立が困難となった。このように解きほぐし竹チップ混合土の一軸圧縮強さは、粘性土の初期含水比、液性限界および竹チップ添加量に大きく依存することが示された。

4. まとめ 1) 解きほぐし竹チップ混合土は、土質試料の違いに関わらず、竹チップ添加率の増加に伴い、解きほぐし土の含水比が低下し、圧縮応力は増加傾向を示し、延性的な破壊形態を示した。これにより、初期固化土と同様に、竹チップの持つ吸水効果と靱性効果を確認することができた。2) 解きほぐし竹チップ混合土の一軸圧縮強さは、粘性土の初期含水比、液性限界および竹チップ添加量に大きく依存することが明らかになった。

参考文献 1) 村尾 勇成ら:竹チップ混合解きほぐし締固め土の靱性効果の検討, 土木学会西部支部研究発表会, pp.257-258, 2017 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.

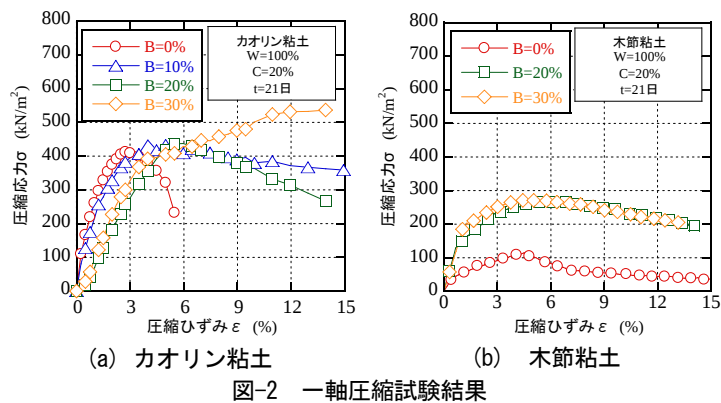


図-2 一軸圧縮試験結果

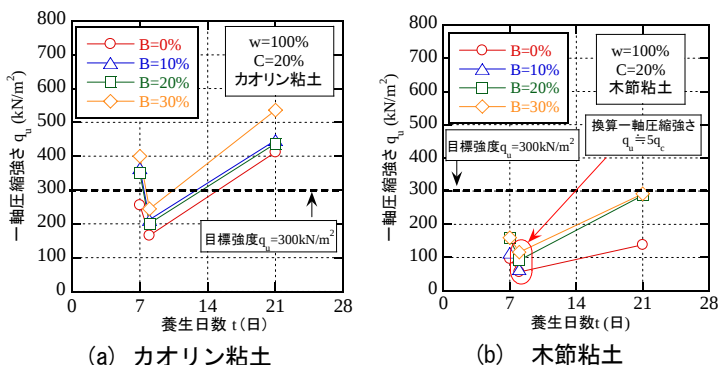


図-3 一軸圧縮強さと養生日数の関係

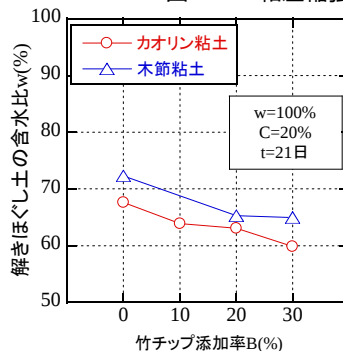


図-4 解きほぐし土の含水比と竹チップ添加率の関係



写真-2 締固め後の

供試体状況