

竹チップ混合固化処理土の強度変形特性

福岡大学大学院 学生会員 米丸佳克 加藤琴美
 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 全国の竹林面積はここ 30 年間で 10%以上増加し、全国で約 16 万 1 千 ha¹⁾にも到る。この放置竹林の増加問題の中、伐採された竹材の有効利用が急務となっている。一方、高含水比な粘性土や泥土のように土質区分で低品質に区分される発生土、は改良時に多量の固化材を使用し品質の向上を図っている。著者ら²⁾はチップ化した竹には吸水効果と靱性効果があることを明らかにしている。そこで本報告では、竹チップを補助材として用いたタッケチップ混合固化処理土の強度変形特性から使用固化材の削減を検討した結果について報告する。

2. 実験概要

2-1 実験試料 土質試料としてカオリン粘土、有明浚渫土を用いた。表-1 に本実験において用いた試料の物理特性、図-2 に粒径加積曲線を示す。また今回、補助材には、伐採された竹を竹織専用粉砕機で加工し、絶乾状態にした竹チップの繊維幅の異なる 2 種類を用いた。竹チップの物理特性を表-2 に示す。固化材には、高炉セメント B 種を使用した。

表-1 土質試料の物理特性

	カオリン粘土	有明浚渫土
土粒子の密度 ρ_s (g/cm ³)	2.731	2.765
自然含水比 w (%)	-	34.2
強熱減量 I_g -loss (%)	3.11	9.00
細粒分含有率 F_c (%)	100.00	29.20
液性限界 w_L (%)	51.72	37.91
塑性限界 w_p (%)	34.32	27.36
塑性指数 I_p (%)	17.40	10.55

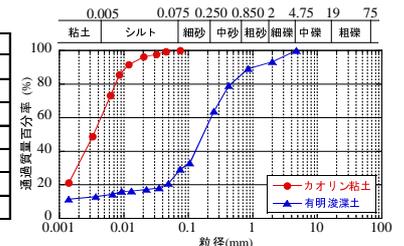


図-2 粒径加積曲線

2-2 実験方法 表-3 に竹チップ混合固化処理土の配合条件を示す。強度変形特性の評価を一軸圧縮試験(JIS A 1216)より行った。ここで、本実験の固化処理土の目標強度は、盛土材として利用できる一軸圧縮強さ $q_u=300\text{kN/m}^2$ とした³⁾。供試体の作製方法は、設定含水比に調整した試料に補助材を添加し、十分に補助材に水分を吸収させるため 3 時間静置させる。その後固化材を添加し、攪拌混合後、直径 5cm、高さ 10cm のモールド内に 3 層で各層 25 回モールドを床に叩くようにエネルギーを与え気泡が残らないよう作製した。ここで、補助材及び固化材の添加量は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、気中養生 7 日間とした。

表-2 竹チップの物理特性

補助材の種類	小チップ	中チップ
外観		
最大長さ	1-10mm	2-35mm
含水比	0%	0%

表-3 竹チップ混合固化処理土の配合条件

土質試料	設定含水比 w (%)	竹チップの形状	補助材添加率 B (%)	固化材添加率 C (%)	養生
カオリン粘土	1.5 w_L	小	0	5	気中 7日
有明浚渫土	2.0 w_L	中	10	10	
			20	20	

3. 実験結果及び考察

3-1 竹チップ混合固化処理土の強度変形特性

(1) 竹チップの形状の影響 図-3 に竹チップの形状に着目した $C=10\%$ 、設定含水比 2.0 w_L における一軸圧縮試験結果を示す。いずれの結果も補助材の混合に伴って、最大圧縮応力は増加し、中チップの方がその大きさが高いことがわかる。さらに補助材添加率増加とともに変形は延性的になり、ピーク強度を示さなくなっている。これは、チップの繊維長の長さが強度・変形特性に大きく依存していることを示している。

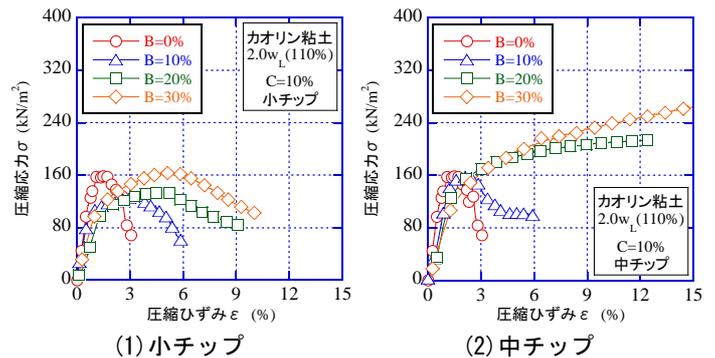


図-3 竹チップの形状の影響

(2) 土質試料の初期状態の影響 図-4 にカオリン粘土の設定含水比 1.5 w_L における一軸圧縮試験結果を示す。補助材添加率 $B=10\%$ で圧縮応力はピークを示し、 $B=20\%$ においては減少傾向を示した。ここで、図-3(2) の設定含水比 2.0 w_L のカオリン粘土と比較すると、設定含水比が低いため、水セメント比が低下しピーク強度が増加している。しかし、補助材添加率 $B=30\%$ は、吸水性が高く、竹チップが骨格を形成し、供試体を作製する

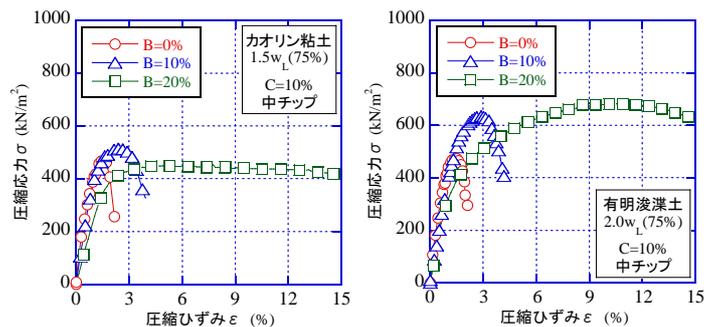


図-4 設定含水比の影響

図-5 土質試料の影響

ことができなかつた。このように、補助材の一定量以上の添加は、供試体内の水分量を減少させ、供試体内に空隙が広がり、密度の低下から、強度の低下の要因となっていると考えられる。図-5に有明浚渫土における一軸圧縮試験結果を示す。図-3(2)のカオリン粘土の結果と比べると、有明浚渫土は細粒分が少なく砂分が多いため透水性が高く、補助材の吸水効果とともに土粒子の形成が強度増加の要因と考えられる。

(3) 竹の吸水・靱性効果による影響 図-6に補助材添加率と実験終了時の供試体含水比の関係を示す。いずれの条件においても、竹チップの吸水効果により補助材添加率増加に伴って、同様の含水比の低下傾向を示している。このように、異なる試料、設定含水比においても竹チップの吸水効果が十分に発揮していることがわかる。図-7に補助材添加率と変形係数の関係を示す。補助材添加率増加に伴い変形係数は減少傾向を示した。これにより、竹チップの添加により延性的挙動を示していることがわかる。また、図-8にC=10%時の各竹チップの形状時の補助材添加率と一軸圧縮強さの関係を示す。いずれの条件においても補助材添加率増加に伴い一軸圧縮強さは増加傾向を示している。また、補助材添加率増加に伴って中チップと小チップの一軸圧縮強さの差が大きくなっている。これは繊維長の長さが強度に依存し、繊維長の長い中チップの剛性が小チップよりも高いため、強度増加の要因と考えられる。これらから、竹チップを添加することで延性的な挙動を示し、竹チップの繊維長が長くなると、より強度増加に期待できることがわかる。

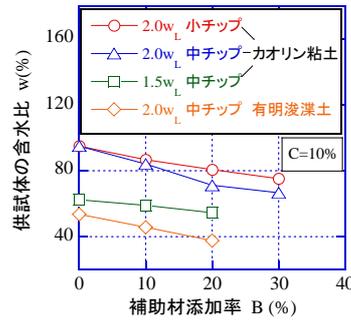


図-6 補助材添加率と供試体の含水比の関係

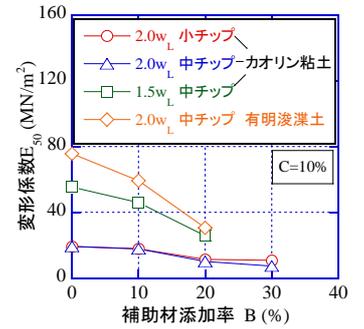


図-7 補助材添加率と変形係数の関係

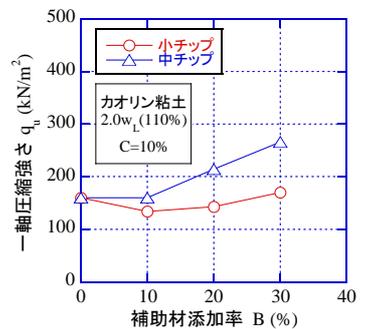
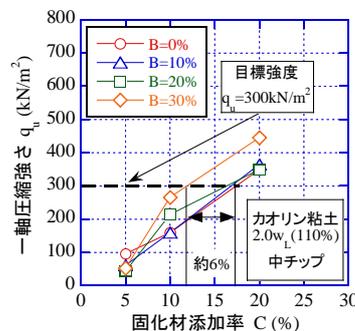
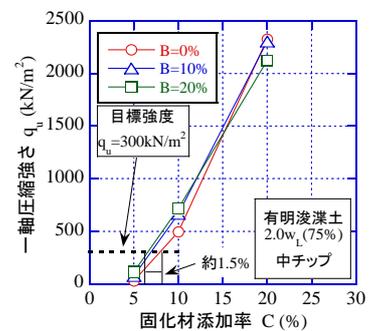


図-8 補助材添加率と一軸圧縮強さの関係

3-2 補助材と固化材の併用による固化材添加率の削減の検討 図-9に固化材添加率と一軸圧縮強さの関係を示す。固化材添加率増加に伴いセメントの固化作用によって一軸圧縮強さが増加傾向を示していることがわかる。また、カオリン粘土ではC=20%、有明浚渫土ではC=10%の時に今回設定した目標強度 $q_u=300\text{kN/m}^2$ を満たしており、竹チップの添加の増加により一軸圧縮強度は増加している。これらより、各補助材添加率において、目標強度を満たすときの固化材添加率は、固化材のみで改良を行ったものと比較して約6%の固化材添加率の削減が可能となった。有明浚渫土は、カオリン粘土より低い1.5%の固化材削減が可能となった。しかし、有明浚渫土のような砂質土に近く液性限界の低い土質材料においては、C=20%で固化材のみによる改良の方が強度は高くなっている。これは、固化材添加率の増加により、竹チップよりも剛性の高い砂分で骨格化形成され、補助材の添加により強度が低下したと考えられる。また、今回小チップを用いて改良を行った場合においては、固化材添加率の削減には至らなかった。このように、竹チップの吸水効果と靱性効果により、固化材の削減することができ、発生土の改良に有効利用できる可能性が示唆された。ただし、靱性効果を発揮する上では繊維長が必要であることがわかった。



(1) カオリン粘土



(2) 有明浚渫土

図-9 固化材添加率と一軸圧縮強さの関係

これは、固化材添加率の増加により、竹チップよりも剛性の高い砂分で骨格化形成され、補助材の添加により強度が低下したと考えられる。また、今回小チップを用いて改良を行った場合においては、固化材添加率の削減には至らなかった。このように、竹チップの吸水効果と靱性効果により、固化材の削減することができ、発生土の改良に有効利用できる可能性が示唆された。ただし、靱性効果を発揮する上では繊維長が必要であることがわかった。

4. まとめ 1) 竹チップ混合固化処理土の一軸圧縮強さと破壊ひずみは、竹チップの繊維長に依存し、繊維長が長いほど一軸圧縮強さは高くなり、延性的な挙動を示す。2) 土質試料の違いによって竹チップの吸水効果は異なり、砂分を多く含む試料(有明浚渫土)においては、透水性が高いため竹チップの吸水効果が望め、水セメント比の改善効果によってより大きい強度増加が見込める。3) 初期含水比の高いカオリン粘土(2.0w_L)に竹チップを混合させると竹チップの繊維と吸水効果が働き、水セメント比の改善とともに固化処理土の強度が増加することが示された。4) 今回設定した目標強度 $q_u=300\text{kN/m}^2$ を満たすとき、約1.5~6%の固化材添加率を削減できることが示され、竹チップ混合固化処理土の有効性が示された。

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。