

竹チップを用いた新しい浅層改良技術の開発

福岡大学大学院 学生会員 山下 航
 福岡大学工学部 正会員 佐藤 研一 藤川 拓朗 古賀 千佳嗣
 報国エンジニアリング(株) 執行 晃 江上 信一
 リーフエア(株) 稲元 裕二

1. はじめに 近年、西日本から全国各地へ生息領域を拡大している竹は、繁殖力と竹林従事者の減少により放置竹林問題が顕在化している。また、国際的な脱炭素化の推進による木材を利用した炭素固定や貯蔵が加速している中、森林保全のために大量に伐採される竹を消費できる利活用はあまり進んでいない。そのため、大量消費可能な土木分野への利活用が期待されている¹⁾。一方、従来の浅層改良は、狭小地での施工が多く、大型重機による重転圧ができないことから、多量の固化材が使用されている。そのため、環境面やコスト面を考えると、セメント系固化材使用の削減やリサイクル材料の利用が必要と考えられる。そこで本研究では、放置竹林問題で注目をされている竹チップを用いた新しい浅層改良技術の開発を目的としている。本報告では、物理特性の異なる3種類の土試料を用いて、浅層改良工法における竹チップのみの混合による改良効果についてコーン指数試験から評価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 表-1に本実験で用いた土試料の物理特性、表-2に竹チップの物理特性を示す。土試料には粘性土であるカオリン粘土と、西日本に多く分類されるまさ土、および

改良が必要である施工現場より採取した現地発生土の3種類を用いた。また、竹チップは、竹を自然乾燥させた後、小型竹専用粉砕機にてカッティングフィルターの円形20mm目を用い、チップ化したものを用いた。

2-2 対象となる地盤の設定方法 今回、対象とする地盤は住宅基礎地盤としている。住宅基礎地盤は、スクリーウエイト貫入試験 (SWS 試験) により判定が行われ、N 値が 3 以下の時に改良を必要としている。また、現地では 1t 程度の転圧機械を用いて締固めが行われ、締固めエネルギー $E_c=550\text{kJ/m}^3$ となっている。そこで本検討では、2.5kg ランマーを用い、モールド内に 3 層で各層 25 回の締固めにより供試体を作製し、コーン指数試験(JIS A 1228)を実施した。そして、コーン指数 q_c を用いて、関東地質調査業協会²⁾より $N \text{ 値}=5q_c(\text{MN/m}^2)$ の関係から N 値を想定した。対象とする地盤を N 値=1 と 3 とするため、土試料の含水比を変化させ対象とする地盤を作製した。図-1 に含水比とコーン指数の関係を示す。この

図より、N 値=1 と 3 時の含水比をコーン指数 $q_c=0.2$ と 0.6MN/m^2 時とし、設定した。

2-3 実験条件及び実験内容 3 種類の土試料をそれぞれ、N 値=1 と 3 時の設定含水比に調整し、対象地盤に対して竹チップ添加量 $B_v=0, 50, 75, 100\text{kg/m}^3$ を混合した。混合後、2.5kg ランマーを用い、モールド内に 3 層で各層 25 回の締固めにより供試体を作製し、コーン指数試験を実施した。また、目標強度においては、建造物の建造可能な強度 $N \text{ 値}=10$ 、つまりコーン指数 $q_c=2.0\text{MN/m}^2$ とした。表-3 に配合条件を示す。

表-1 土試料の物理特性

	カオリン粘土	まさ土	現地発生土
土粒子の密度 $\rho_s(\text{Mg/m}^3)$	2.731	2.641	2.652
細粒含有率 $F_c(\%)$	100	13.4	11.9
強熱減量 $I_g\text{-loss}(\%)$	3.1	1.9	3.5
液性限界 $w_L(\%)$	51.7	N.P.	N.P.
塑性限界 $w_P(\%)$	34.3	N.P.	N.P.
塑性指数 I_p	17.4	N.P.	N.P.
初期含水比 $w_0(\%)$	0	0	12.7
最適含水比 $w_{opt}(\%)$	-	11.3	11.5
最大乾燥密度 $\rho_{dmax}(\text{Mg/m}^3)$	-	1.87	1.88

表-2 竹チップの物理特性

竹チップの外観	
竹チップの寸法 (mm)	2-35
竹チップの状態	自然乾燥
自然含水比 $w_n(\%)$	8.9
単位体積重量 (Mg/m^3)	1.587

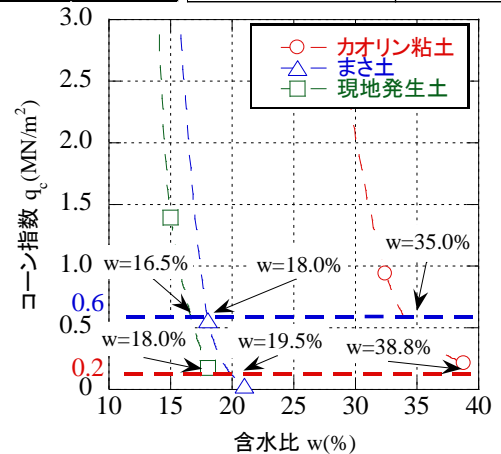


図-1 含水比とコーン指数の関係

表-3 配合条件

土試料	想定N値	設定含水比 $w_0(\%)$	竹チップ添加量 $B_v(\text{kg/m}^3)$	締固め法
カオリン粘土	1	38.8	0 50 75 100	A-a法 ($E_c=550\text{kJ/m}^3$)
	3	35.0		
まさ土	1	19.5		
	3	18.0		
現地発生土	1	18.0		
	3	16.5		

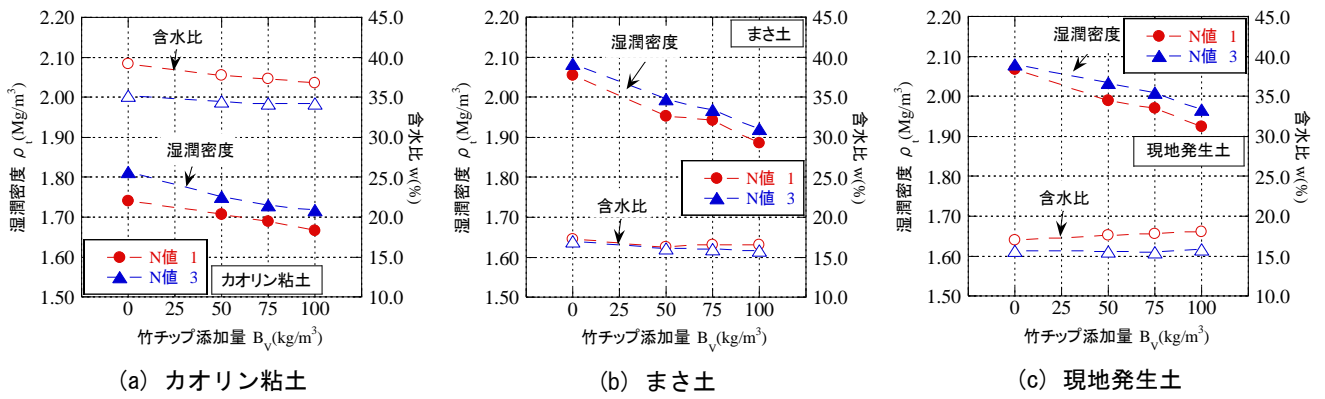


図-2 竹チップ添加量と湿潤密度・含水比の関係

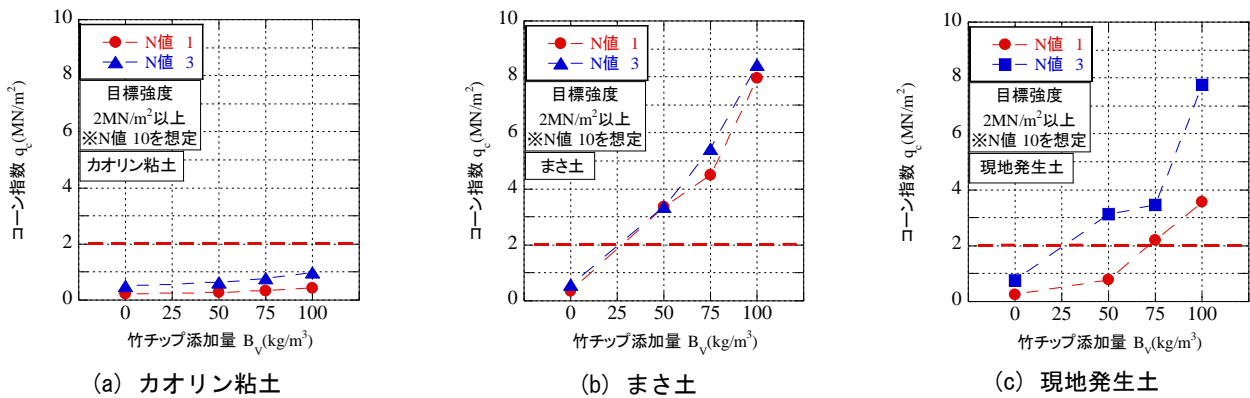


図-3 竹チップ添加量とコーン指数の関係

3. 実験結果及び考察 図-2(a)～(c)に各試料における竹チップ添加量と供試体の密度(湿潤密度)・コーン指数試験後における含水比の関係を示す。供試体の湿潤密度は、いずれの土試料においても竹チップ添加量の増加に伴い、体積中に占める竹チップの量が増加することから低下傾向を示している。また、含水比は、いずれの土試料において、設定含水比からあまり変化がみられない。しかしながら、締固めを行う際には作業性が良く、見かけの含水比は低下しているように感じられた。これは、竹チップの吸水効果において、既往の研究³⁾により竹チップが吸水したことで土試料の含水比が 1.0～2.0%低下したと予想され、締固めやすさの向上につながったと考えられる。これらを踏まえ、図-3(a)～(c)に各試料における竹チップ添加量とコーン指数の関係を示す。いずれの土試料においても竹チップ添加量の増加に伴い、コーン指数も増加している。これは、前述の含水比の低下と竹チップの持つ引張り補強効果⁴⁾がコーン強度に現れたことが要因と考えられる。まさ土と現地発生土は、N 値=1 と 3 の含水比のいずれにおいても目標強度 $q_c=2.0\text{MN/m}^2$ を満足している。一方、カオリン粘土では、N 値=1 と 3 において目標強度 $q_c=2.0\text{MN/m}^2$ を満足していないことがわかる。これは、カオリン粘土はまさ土、現地発生土に比べ、設定含水比が高いためと考えられる。しかしながら、竹チップ添加量の増加に伴い、コーン指数も増加傾向を示すことから、竹チップ添加量を増加することで目標強度は満足すると考えられる。また、固化材と併用することで従来の改良に比べ固化材削減に期待できる。

4. まとめ 1) 浅層改良の対象となる土試料に対して、竹チップのみを混合すると、竹チップの吸水効果と引張り補強効果によりコーン指数は増加し、N 値が改善されることが示された。2)カオリン粘土は目標強度を満足しなかったものの、竹チップ添加量の増加や固化材併用により固化材削減に期待できると考えられる。以上より、浅層改良において竹チップの活用は、有効的であることが示された。

【参考文献】 1) 林野庁:「竹の活用推進に向けて」報告書,2018. 2) 水江ら: サウンディング試験から得られる N 値の換算リスク, 技術フォーラム 2021, 2021. 3) 古賀ら: 軟弱地盤改良に用いる竹チップの吸水性能の検討, 第 12 回地盤改良シンポジウム論文集, pp.341-346, 2016. 4) 山下ら: 竹チップ混合固化土に形成される骨格構造による補強効果, 第 15 回地盤改良シンポジウム論文集, pp.125-128, 2022.