

## 竹チップ舗装の設計手法確立に向けた土の粒度範囲選定の検討

福岡大学工学部 学生会員 山根 孝弥 岡崎 紅  
 福岡大学工学部 正会員 佐藤 研一 藤川 拓朗 古賀 千佳嗣  
 株式会社 NIPPO 江籠 洋和 戸谷 賢智

1. はじめに 日本の竹林の面積は増加傾向にあり、生態系・環境面を考慮し、適宜な伐採とその有効利用が急務となっている<sup>1)</sup>。また、竹は成長が早く安定した供給ができることから、コロナ禍によるウッドショックでは、木材の代替品としてその利用が期待されている<sup>2)</sup>。本研究ではこれまで、竹をチップ化し土系舗装の補強材として利用する竹チップ舗装の開発を行い、その有効性を確認している<sup>3),4)</sup>。しかしながら、母材となる土試料は、施工地域でその特性が異なることから配合条件も異なる。そこで、竹チップ舗装材として利用できる土試料の選定条件を明確にし、設計手法を確立させることで、舗装の施工拡大による竹の利用促進が見込まれる。本報告では、粒度分布の異なる土を用いて締固め特性と一軸圧縮強度特性から、竹チップ舗装材に適した土の物理特性と粒度分布の範囲について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 表-1 に竹チップの性状を示す。使用する竹チップの寸法は、一般の土系舗装の舗装断面厚さが 50～80mm であることから、自然乾燥させた 2～35mm の竹チップ<sup>3)</sup>を用いた。土試料には、A 市で採取したまさ土を用いた。表-2 にまさ土 A の物理特性、図-1(a), (b) に粒径加積

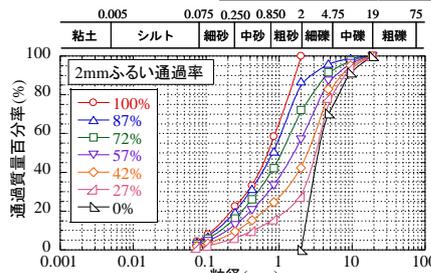
表-1 竹チップの性状

竹チップの外観	
竹チップの寸法	2-35mm
竹チップの状態	自然乾燥
自然含水比	w=4%

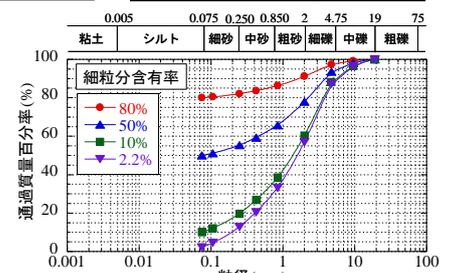
表-2 まさ土 A の物理特性

試料名	まさ土 A
土粒子の密度 $\rho_s$ (Mg/m <sup>3</sup> )	2.523
最適含水比 $w_{opt}$ (%)	11.1
2mmふるい通過率(%)	57.0
細粒分含有率 $F_c$ (%)	2.2
液性限界 $w_L$	N.P.
塑性限界 $w_P$	N.P.

曲線を示す。ここで、竹チップ舗装材に用いる土材料の適用粒度範囲を検討するため、①粒径の影響：まさ土 A を 2mm ふるい通過率を 0～100%間で 7 種類調整したもの、②細粒分含有率  $F_c$  の影響：まさ土 A を  $F_c=10, 50, 80\%$  に調整した 2 タイプの試料を用いて検討を行った。固化材には竹チップ舗装用固化材<sup>4)</sup>を用いた。



(a) 2mmふるい通過率



(b) 細粒分含有率

図-1 粒径加積曲線

2-2 実験方法 各条件で粒度調整されたまさ土 A と竹チップ添加率  $B=5\%$ <sup>3)</sup>を混合し、直径 10cm、高さ 12.5cm のモールド、2.5kg のランマーを用い、締固め試験(JIS A 1210)(A-a 法)を行った。また、固化材を  $C=5\%$ 添加し、一軸圧縮試験(E013)により粒度特性の違いが舗装材強度に及ぼす影響について評価を行った。供試体は、養生期間を 7 日間として、気中養生(20°C)したものを用いた。ここで、竹チップ及び固化材の添加率は、土試料の乾燥質量に対する質量比としている。

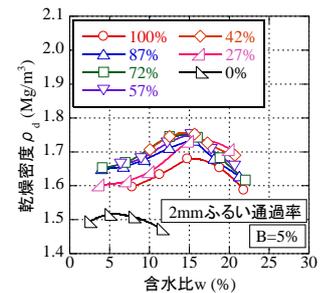
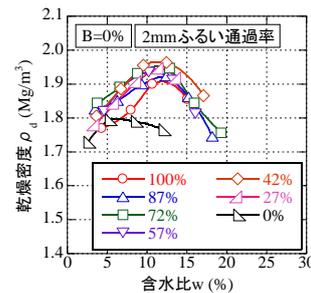


図-2 締固め試験結果 (粒度分布の影響)

### 3. 実験結果および考察

3-1 粒度分布の影響 図-2(a), (b)に 2mm ふるい通過率を変化させた締固め試験結果を示す。2mm 通過率を変化させた試料の締固め特性は、竹チップ混合により、最大乾燥密度が低下していることがわかる。また、単一粒径に近い 2mm 通過率 0%では、締固め効果がみられず、竹チップ混合によりさらに締固めが得られていない。2mm 通過率 27%以上であれば、締固め特性に大きな違いはみられず、竹チップ舗装土材料の選定には粒度幅が広い材料が重要であることがわかる。図-3 に 2mm ふるい通過率を変化させた試料による竹チップ舗装材の一軸圧縮試験結果を示す。通過率 57%時に最も高い圧縮応力のピークを示し、2mm ふるい通過率 27%以上であれば、竹チップ舗装材の十分な締固めにより、1000kN/m<sup>2</sup>以上の強度を得られることがわかった。

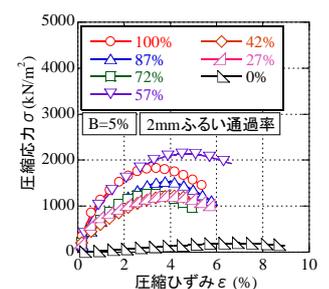


図-3 一軸圧縮試験結果 (粒度分布の影響)

**3-2 細粒分含有率の影響** 図-4(a), (b)に細粒分含有率を変化させた締固め試験結果を示す。B=5%では、B=0%と比べ締固め密度は低下しており、細粒分含有率の増加に伴い最大乾燥密度がさらに低下していることがわかる。また、Fc=50%以下であれば、B=5%時に最大乾燥密度  $\rho_{dmax}=1.6\text{Mg/m}^3$  以上得られている。一方、Fc=80%では締固めを実施できたものの含水比の増加にともない試料の粘性が高くなり、締固め曲線は含水比の変化による締固め効果が得られにくく、実施工の使用には難しいと判断した。次に図-5に細粒分含有率を変化させた竹チップ舗装材の一軸圧縮試験結果を示す。細粒分含有率Fc=2.2%に比べ、Fc=10と50%では最大圧縮応力が大きく低下していることが確認できる。また、いずれの細粒分含有率において、図-3と同様に竹チップを含むことで破壊形態が延性的となっている。しかしながら、Fc=50%以下では、 $1000\text{kN/m}^2$ 以上の十分な強度を得られることが明らかとなった。

**3-3 設計手法の確立に向けた土材料選定の検討** 締固め試験及び一軸圧縮試験結果から、竹チップ舗装に使用する土材料の選定条件を検討した。今回の目標強度は、一般の土系舗装の目標強度  $400\text{kN/m}^2$ 以上<sup>5)</sup>とし、これまでの全国各地で行った竹チップ舗装の施工事例で用いた土材料の結果と併せて検討している。図-6(a), (b)に一軸圧縮強さと粒度の関係を示す。(a)2mmふるい通過率では、今回の試験条件と過去の施工事例において、2mmふるい通過率が27%以上であれば目標強度を満足している。一方、(b)細粒分含有率ではFc=50%以下でいずれの条件も目標強度を満足しており、一般土系舗装と同様の粒度範囲<sup>5)</sup>であることが示された。今回の検討から使用できる土材料は2mmふるい通過率27%以上かつ細粒分含有率Fc=50%以下が材料の必要条件となる。次に、図-7(a), (b)に最大乾燥密度と粒度の関係を示す。図中には、図-6(a), (b)より目標強度を満たす条件も記している。B=5%時の目標強度を満たす最大乾燥密度は  $\rho_{dmax}=1.57\text{Mg/m}^3$ 以上となった。この時のB=0%時における最大乾燥密度は、2mmふるい通過率27%以上では  $\rho_{dmax}=1.84\text{Mg/m}^3$ 以上、細粒分含有率Fc=50%以下では、 $\rho_{dmax}=1.81\text{Mg/m}^3$ 以上となり、両条件を満たす土材料のみにおける必要な最大乾燥密度は  $\rho_{dmax}=1.84\text{Mg/m}^3$ 以上であることがわかった。以上を踏まえ、2mmふるい通過率、細粒分含有率、施工事例の粒度範囲から最適な範囲を選定した。図-8に目標粒度範囲における粒径加積曲線を示す。また、図-8には、これまでの施工事例における土材料の粒径加積曲線(点線)を示しており、目標粒度範囲を満足することが確認できる。今回、まさ土と施工事例の試料を用いて竹チップ舗装に用いる土材料の粒度範囲を決定できることが示された。今後は、他の土試料におけるデータを蓄積し、設計手法の確立に向けてさらなる検討を進める予定である。

**4. まとめ** 今回のまさ土と施工試料の検討において、竹チップ舗装に用いることができる土試料は、最大乾燥密度  $\rho_{dmax}=1.84\text{Mg/m}^3$ 以上、2mmふるい通過率27%以上、細粒分含有率Fc=50%以下が必要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) 谷口ら:竹チップを用いた土系舗装の防草効果の検証,平成27年度土木学会西部支部研究発表会,V-053,pp.727-728,2016. 3) 坂本ら:竹チップの性状が竹土舗装の締固め・強度変形特性に及ぼす影響,平成26年度土木学会西部支部研究発表会,V-042,pp.681-682,2015. 4) 柴傘田ら:新しい固化材を用いた土系舗装の材料特性の検討,平成28年度土木学会西部支部研究発表会,III-006,pp.263-264,2017. 5) 独立行政法人 土木研究所:土系舗装ハンドブック(歩道用),pp.25,2009.

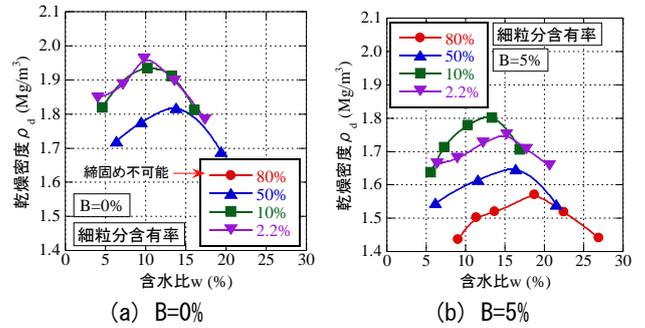


図-4 締固め試験結果 (細粒分含有率)

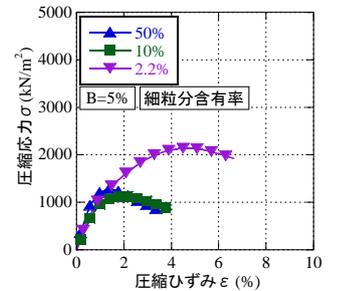


図-5 一軸圧縮試験結果 (細粒分含有率の影響)

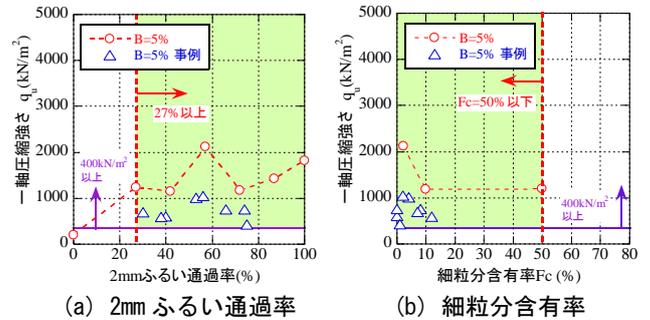


図-6 一軸圧縮強さと粒度の関係

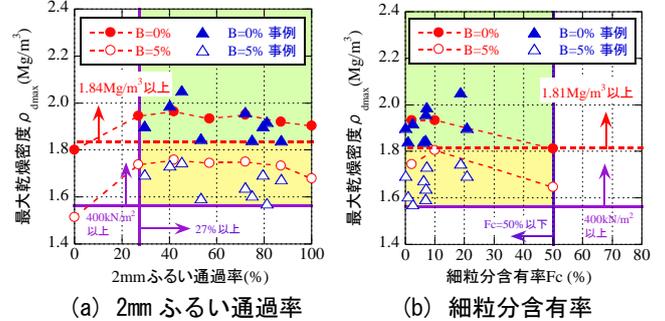


図-7 最大乾燥密度と粒度の関係

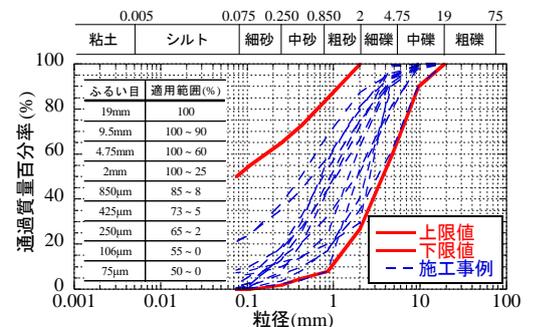


図-8 粒径加積曲線 (目標粒度範囲)