

## 水セメント比に着目したスラリー状竹チップ舗装の材料特性

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

1. はじめに 西日本に多く生息する竹の面積は年々増加しており、生態系の破壊や斜面崩壊を引き起こす可能性が挙げられ、適切な伐採とその有効活用が求められている<sup>1)</sup>。竹は古来より、竹の持つしなやかさと引張強度により建築・土木資材としてさまざまな用途で使用されてきた。近年、カーボンニュートラルやSDGsの観点から、竹の資材としての有用性が見直されて始めている<sup>2)</sup>。著者らは、土系舗装に竹チップを混合した締固め系竹チップ舗装を開発・実用化している<sup>3)</sup>。しかし、狭隘部や法面など締固め施工が難しいことが課題である。そこで、締固めが不要かつ簡易に施工が可能なスラリー状竹チップ舗装の開発を行っている。本報告では、特に流動性に重要な水分量と固化材、および竹チップの添加量から、水セメント比に着目しスラリー状竹チップ舗装の材料特性について検討した結果について考察する。


## 2. 実験概要

2-1 実験試料 実験に用いた竹チップは自然乾燥後、小型粉砕機にてフィルター目20mmでチップ化したものを使用した。表-1に竹チップの性状を示す。土試料には、太宰府まさ土を用いた。表-2に太宰府まさ土の物理特性を示す。固化材は竹チップ舗装用固化材<sup>4)</sup>を用いた。

表-1 竹チップの性状

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 <sup>3</sup> )	1.59

表-2 太宰府まさ土の物理特性

外観	
最適含水比 $w_{opt}$ (%)	11.4
土粒子密度 $\rho_s$ (Mg/m <sup>3</sup> )	2.65
均等係数 $U_c$	21.5
曲率係数 $U_c'$	1.8

## 2. 実験方法

## 2-1 スランプ試験における配合条件選定

スラリー状竹チップ舗装材は、事前にスランプ試験により流動性を確認し、配合条件を決定した。配合条件としては、施工性を考慮し、利用用途が近い土間コンクリートの基準であるスランプ値 $S=18\text{cm}$ を目標値とした。竹チップ添加率は土試料の乾燥質量に対する質量比とし、締固め系竹チップ舗装の既往の研究<sup>5)</sup>より、表面に突起しない竹チップ添加率 $b=3, 5, 7\%$ とした。また、水セメント比 $W/C=1.0, 1.5, 2.0, 2.5$ を一定とし、固化材添加量 $C$ (g)と水添加量 $W$ (g)を加え調整し、スランプ値 $S=18\text{cm}$ となった時の固化材添加率 $c$ (%)および設定含水比 $w$ (%)を求めた。表-3に配合表を示す。

## 2-2 各配合条件における強度特性の検討

表-3に示す配合条件において、直径10cm、高さ12.5cmのモールドを用いて、3層で各層25回のタッピング法により供試体を作製した。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。水セメント比の違いが舗装材強度に及ぼす影響については、一軸圧縮試験(E013)により評価を行った。目標強度は、締固め竹チップ舗装<sup>6)</sup>と同様に、車乗入れ部強度 $q_u=1000\text{kN/m}^2$ とした。

表-3 配合表

太宰府まさ土量 $m_s$ (g)	水セメント比 $W/C$	固化材添加量 $C$ (g)	水添加量 $W$ (g)	竹チップ添加量 $B$ (g)	土試料の質量に対する割合		
					竹チップ添加率 $b$ (%)	固化材添加率 $c$ (%)	設定含水比 $w$ (%)
4000	1.0	1080	1080	0	0	27.0	27.0
		1120	1120	120	3	28.0	28.0
		1420	1420	200	5	35.5	35.5
		1440	1440	280	7	36.0	36.0
	1.5	612	920	0	0	15.3	23.0
		664	996	120	3	16.6	24.9
		748	1120	200	5	18.7	28.0
		800	1200	280	7	20.0	30.0
	2.0	480	960	0	0	12.0	24.0
		520	1040	120	3	13.0	26.0
		580	1160	200	5	14.5	29.0
		640	1280	280	7	16.0	32.0
	2.5	368	920	0	0	9.2	23.0
		408	1020	120	3	10.2	25.5
		448	1120	200	5	11.2	28.0
		488	1220	280	7	12.2	30.5

3. 実験結果及び考察

3-1 材料の性状に及ぼす水セメント比の影響

図-1 に表-3 に示す配合表より、竹チップ添加率  $b$  と設定含水比  $w$  の関係、図-2 に竹チップ添加率  $b$  と固化材添加率  $c$  の関係を示す。竹チップ添加率の増加に伴い、設定含水比と固化材添加率は増加しており、水セメント比の増加により低い値を示していることがわかる。このように、スランプ目標値を  $S=18\text{cm}$  とした場合、水セメント比が高い場合に、必ずしも含水比が高い値を示さなく、固化材添加率が少ない状態で目標スランプ値を満足することが確認できた。

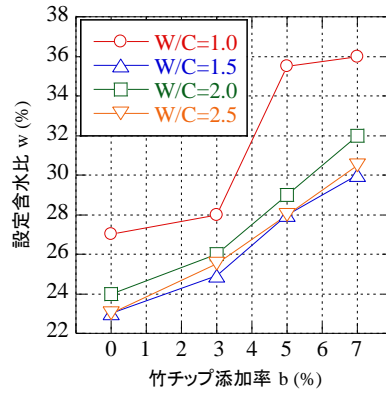


図-1 竹チップ添加率と設定含水比の関係

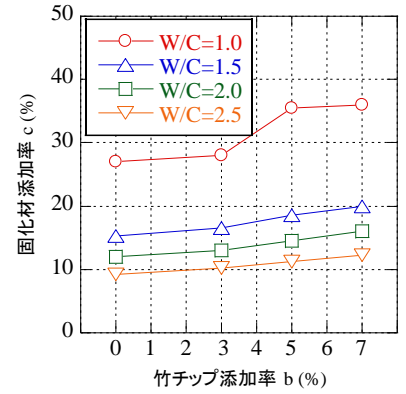
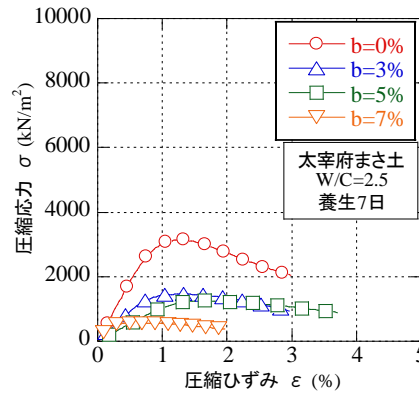


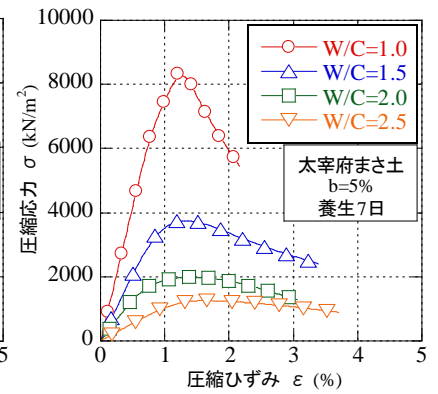
図-2 竹チップ添加率と固化材添加率の関係

3-2 強度特性に及ぼす水セメント比の影響

図-3 (a), (b) に  $W/C=2.5$  及び  $b=5\%$  における一軸試験結果を示す。(a) の竹チップ添加率に着目すると、同一水セメント比において、竹チップ添加率の増加により、圧縮強度は低下し、延性的な挙動を示している。また、(b) の同一水セメント比では、水セメント比の増加に伴い、圧縮強度は低下するものの、靱性効果が大きくあらわれていることが確認できる。



(a)  $W/C=2.5$



(b)  $b=5\%$

図-3 一軸圧縮試験結果

このような挙動は、固化材の固化効果による圧縮応力の増加と、竹チップの持つ靱性効果から舗装材のひび割れ等の防止に期待できる効果である。次に、図-4 に竹チップ添加率と一軸圧縮強さの関係を示す。水セメント比の低下に伴い、一軸圧縮強さが増加していることがわかる。また、 $W/C=2.5$  で竹チップ添加率  $b=7\%$  では目標強度に満たない結果となっている。

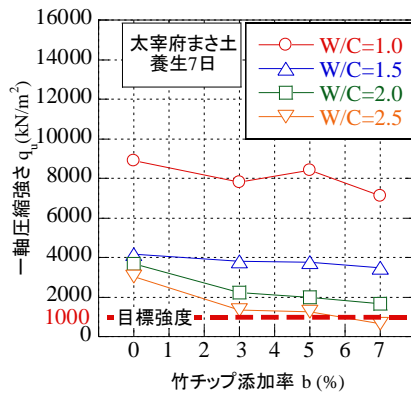


図-4 竹チップ添加率と一軸圧縮強さの関係

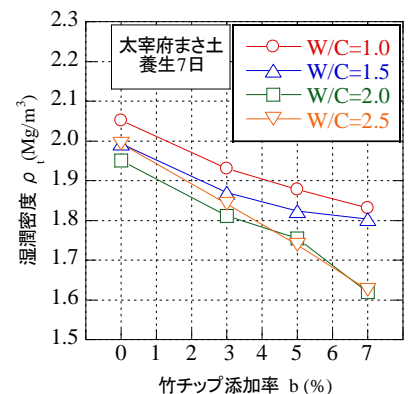


図-5 竹チップ添加率と湿潤密度の関係

これらは、図-5 に示した竹チップ添加率と湿潤密度の関係より、竹チップ添加率の増加に伴う供試体全体の密度低下と、土試料よりも単位体積重量が小さい竹チップを混合し体積中に占める竹チップ量が増加したことが原因と考えられる。特に、 $b=7\%$  では、極端な密度低下傾向を示していることが要因である。これらを踏まえると、スラリー状竹チップ舗装材は、竹チップ添加率は  $b=5\%$  までが要求性能を満たす限界であり、固化材使用量の削減の点では、 $W/C=2.5$  の場合でも十分に目標強度の  $q_u=1000\text{kN/m}^2$  以上の値を示すことが確認できた。

4. まとめ スラリー状竹チップ舗装材は、締固めによる竹チップと同様の靱性効果がみられ、ひび割れ防止に期待できることが明らかとなった。また、今回の配合条件では、施工性と経済面から  $W/C=2.5$ 、 $b=5\%$  時が最も有効的であることが示された。

【参考文献】 1) 林野庁 HP:竹の活用推進に向けて、報告書, 2018. 2) 林野庁 HP:地球温暖化防止に向けて 3) 古賀ら:竹チップを用いた舗装の防草効果の検証, 第 34 回日本道路会議, 3P02, 2021. 4) 紫牟田ら: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) 古賀ら:竹土舗装における締固め及び強度・変形特性, 第 31 回日本道路会議, 3P09, 2021. 6) 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.