

加圧流動床灰と竹チップを用いた歩行者系舗装材料の力学特性

福岡大学工学部 学生会員 三苦拓也
 福岡大学大学院 学生会員 川原健治
 福岡大学工学部 正会員 佐藤研一 藤川拓朗
 (株)NIPPO コーポレーション 法人会員 松木重夫

1. はじめに 近年、歩行者系土舗装は、環境保全や地球温暖化、ヒートアイランド現象の緩和・軽減の点から注目されている。また、景観に対してのニーズが高まってきていることから、多種にわたる歩行者系舗装の研究開発がなされている。しかし、舗装後の環境変化に伴うひび割れや摩耗、耐久性についての課題が指摘されている。このような中、本研究では、舗装材料にセメント分野以外での利用が求められている石炭灰（加圧流動床灰）と竹林放置により有効利用が求められている竹廃材を繊維状に破砕したものを混入させた舗装材料の開発¹⁾を行っている。本報告では、この舗装材料の材料特性を把握するため、一軸圧縮試験、曲げ試験及び変水位透水試験を行った結果を報告する。

2. 実験概要

2-1 実験に用いた試料 実験には土質材料として、福津市のまさ土を用いた。固化材には、九州電力(株)苅田発電所の加圧流動床灰(PFBC灰)を用いた。また、靱性材として竹を繊維状に粉砕した竹チップを用いた。

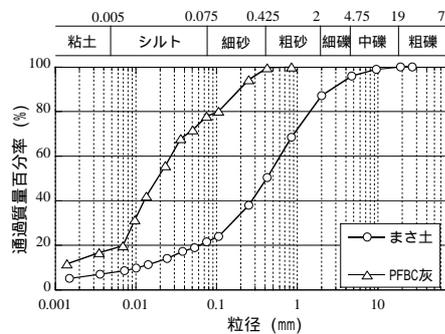


図-1 試料の粒径加積曲線

図-1に実験に用いた試料の粒径加積曲線を示し、表-1に物理特性値を示す。粒径加積曲線より、まさ土は粒径幅の広い材料であり、PFBC灰はほとんどが細粒分で構成されていることが分かる。

表-1 物理特性値

	まさ土	PFBC灰	竹チップ
土粒子の密度 ρ_s (g/cm ³)	2.718	2.919	1.514
初期含水比 w (%)	12.3	0.04	21.7
最大粒径 (mm)	19.0	0.85	—
細粒分含有率 F_c (%)	21.5	77.9	—
均等係数 U_c	—	—	—
曲率係数 U_c'	—	—	—
塑性指数 I_p	NP	NP	—
強熱減量 L_i (%)	3.6	—	—

表-2 施工に向けた室内試験の配合条件

土質材料	固化材		靱性材	
	種類	添加率 (%)	種類	添加率 (%)
まさ土	PFBC灰	0, 7, 10, 13	竹チップ	0, 2, 5, 8

2-2 配合条件の選定及び実験方法 実験を行うにあたり、まず配合条件の選定を行った。条件の選定は表-2に示す配合条件に従い、一軸圧縮試験より得られる一軸圧縮強さ q_u により判断した。判断基準としては、現場施工時の目標強度となる $q_u=300 \sim 500 \text{ kN/m}^2$ とした。供試体は、まず締固め試験 (A-b法) を行い、試料の最適含水比 w_{opt} 及び最大乾燥密度 d_{max} を求めた。その後、求めた最適含水比に試料を調整し、締固め密度を $D=95\%$ ($D= d / d_{max}$) で供試体を作製した。ここで、試料の配合は土質材料に対する重量比 (%) で行なっている。表-2に示す条件下で一軸圧縮試験を行った結果を図-2に示す。図より、5種類の配合条件が目標強度を満たした。この結果からPFBC灰添加の影響および竹チップ添加の影響について検討するため、表-3に示す配合条件を選定した。曲げ試験および変水位透水試験の供試体作製方法については、上記の一軸圧縮試験同様に行った。表-4に実験条件を示す。曲げ試験は、縦16cm×横4cm×高さ4cmの長方形の型枠に3層に分けて突き固めを行い作製した。曲げ試験の測定については、0.4mm/minの速度で載荷し最大荷重を求めた。変水位透水試験は、10cm×

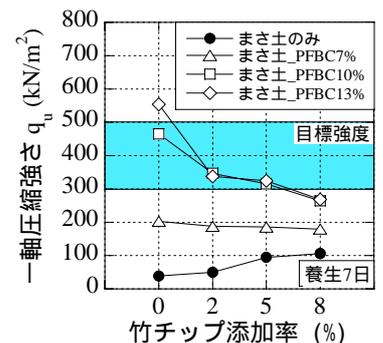


図-2 一軸圧縮試験結果

表-3 配合条件

	配合条件
Case1	まさ土 PFBC灰10%
Case2	まさ土 PFBC灰10%_竹チップ5%
Case3	まさ土 PFBC灰13%_竹チップ2%
Case4	まさ土 PFBC灰13%_竹チップ5%

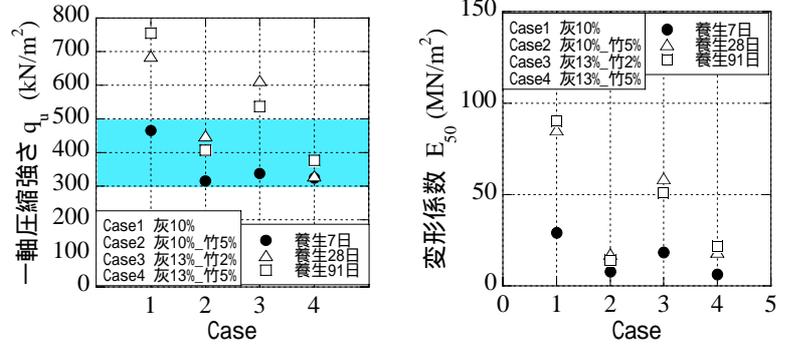
表-4 実験条件

	含水比	締固め度	養生方法	養生日数
一軸圧縮試験	最適含水比	95%	気中	7,28,91
曲げ試験				7,28
変水位透水試験				7,28

10cm×h3cmのモールドに3層に突き固めて供試体作製をし、養生後に柔壁型変水位透水試験機を用い測定を行った。

3. 実験結果

3-1 一軸圧縮試験結果 図-3 に各 Case と一軸圧縮結果を示す。(a)より、いずれの条件においても養生7日において目標強度を満足していることが分かる。また、一軸圧縮強度に着目すると、竹チップを混入していないCase1が最も高い一軸圧縮強度を有し、養生に伴う強度増加が見取れる。一方で竹チップを混入させると一軸圧縮強度は低下する傾向にあることが分かる。特に、竹チップを最も多く添加させたCase2、Case4(ともに添加率5%)においては他のCaseと比べ養生の経過に伴う著しい強度増加は見られなかった。これらの原因は、竹チップの混入に伴う湿潤密度の低下や竹に含有されている糖分が水和反応を阻害しているものと考えられる。次に、(b)の各Caseと変形係数の関係を見ると竹チップを添加すると剛性は小さくなることが分かる。このことから、竹チップ添加は靱性向上に効果があることが分かる。



(a) 各 Case と q_u の関係 (b) 各 Case と変形係数の関係
図-3 一軸圧縮試験結果

3-2 曲げ試験結果 図-4 に各 Case と曲げ強さの関係を示す。一軸圧縮強さと比べ曲げ強さは、いずれの条件においても 100 ~ 300kN/m² の範囲に分布していることが分かる。図-5 に曲げ応力とひずみ量の関係を示す。竹チップ添加の影響は、曲げ応力とひずみ量の関係において顕著に現れた。竹チップを添加させていないCase1は、僅か1%のひずみで供試体の破壊と同時に破断が生じた。これに対し、竹チップを添加させることにより破断時のひずみは増加することが分かる。また、Case3は養生7日では破断までのひずみ量は大きいものの、養生日数の増加に伴い試料の剛性が増加するため、養生28日では僅か2%で破断に至った。しかしながら竹チップを最も多く添加させたCase2、Case4においては、養生日数の増加によらず、曲げ変形特性に強く延性的破壊形態を示していることが分かる。このことから、竹チップの添加により靱性向上効果を有するという事が得られた。

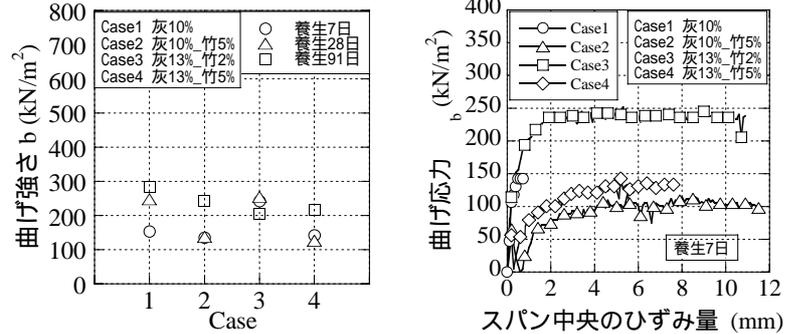


図-4 各 Case と曲げ強さの関係

3-3 透水試験結果 透水試験結果を図-6に示す。図中には、転圧式の土舗装製品、排水性アスファルト舗装の透水係数も併せて示している。図より、養生7日においては製品として施工例のある転圧式土舗装($k=1 \times 10^{-4} \sim 10^{-6}$)と同等以上の値が得られた。また、竹チップを添加した配合条件のほうが透水係数は大きく、透水性は良いことが分かる。

4. まとめ

加圧式流動床灰と竹チップを用いた歩行者系舗装材料の材料特性について以下の知見を得た。

- 1) 一軸圧縮試験において、竹チップを混入させると一軸圧縮強さ、変形係数は低下する傾向にあることが分かる。
- 2) 竹チップを添加させることにより破断時のひずみは増加することが示された。また、竹チップを多く添加させた条件においては、養生日数にかかわらず、破断に強く延性的破壊形態を示していることが分かる。
- 3) 透水試験において、竹チップを添加したものは透水性が大きいことが示され、転圧式土舗装の透水係数と同等以上であることが示された。

【参考文献】1) 川原ら；石炭灰を用いた歩行者系舗装材料の力学特性，舗装工学論文集，vol.12，pp.123-129，2007