

# 石炭灰と建設発生土を用いた新しい歩行者系舗装材料の力学特性

福岡大学工学部 学生会員 西田健吾 伊藤恵輔 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 石田正志 (株) 林田産業 林田和正

**1. はじめに** 歩行者系舗装はこれまで公園や遊歩道など限られた場所で使用されてきた。しかし、近年、景観や環境に配慮する観点から、種々の歩行者系舗装材料が開発されている<sup>1)</sup>。また、石炭灰発生量は年々増加傾向にあり<sup>2)</sup>、灰処分場の確保が困難となってきた。一方、建設発生土の排出量も、発生量に対して利用量が追いついておらず、供給過多であることから有効利用拡大が極めて重要となっている。そこで本研究では、**図-1**に示すフローチャートに従い、石炭灰と建設発生土の有効利用を目的とした新しい歩行者系舗装材料を開発すべく、一軸圧縮試験より得られた結果をもとに材料の力学特性について検討した結果を報告する。

## 2. 実験概要

**2-1 実験に用いた試料及び固化材** 実験には、土質材料として、第2種建設発生土及び第2種建設発生土と固結効果を有さない微粉炭燃焼灰(FA灰)を混合したものを使用した。また、固化材には流動床燃焼灰(PFBC灰)と高炉セメントB種を用いた。**図-2**に土質材料及び石炭灰の粒径加積曲線を示し、**表-1**に物理特性値を示す。また、舗装材料の靱性向上のため竹を繊維状に破碎した材料(竹チップ)を用いた。

**2-2 実験方法** **表-2**に試料の配合条件を示す。試料の配合は、土質材料に対する重量比(%)で行った。土質材料として第2種建設発生土を用い、固化材としてPFBC灰を添加した。また、建設発生土とFA灰を8:2(重量比)の割合で混合したものを土質材料とし、固化材として高炉セメントB種を添加した。さらに竹チップ添加率を0, 5, 10%としている。実験は、締固め試験(A-a法)を行い、最適含水比及び最大乾燥密度を求めた。一軸圧縮試験の供試体については、含水比を最適含水比に調整し、締固め密度を  $D=95\%$  ( $D=\rho_d/\rho_{dmax}$ )とした。また、養生日数は、0, 7, 28, 56, 91日とし、20一定の恒温室による気中養生を行った。その後、一軸圧縮試験を行い、固化材の配合比または養生日数が強度に与える影響について検討を行った。

## 3. 実験結果及び考察

**3-1 試料の締固め特性** **図-3**にPFBC灰配合及びセメント配合の締固め試験結果を示す。図より、竹チップを添加すると、固化材の種類によらず最適含水比は増加し、最大乾燥密度は減少していることが分かる。これらの要因としては、竹チップの密度が  $1.5 (g/cm^3)$  程度と小さいことや竹の繊維が水を吸収したことに起因しているものと考えられる。同様に固化材添加率が5, 7%の条件において同じ傾向を示した。セメントとPFBC灰の添加による影響をみるとPFBC灰の方が、最大乾燥密度は大きな値を示した。これは、セメントを配合した試料は、FA灰を用いていることから、材料中の細粒分が多くなっていることに起因しているものと考えられる。

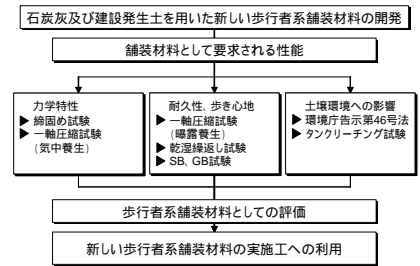


図-1 本研究のフローチャート

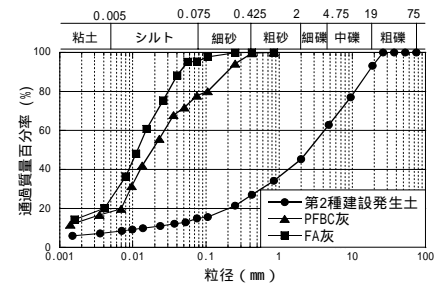


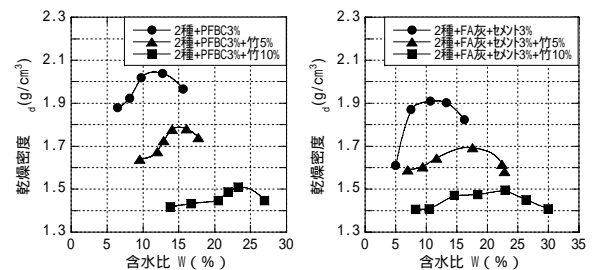
図-2 試料の粒径加積曲線

表-1 試料の物理特性値

	第2種建設発生土	PFBC灰	FA灰	竹チップ
土粒子の密度 $s (g/cm^3)$	2.712	2.919	2.257	1.514
初期含水比(%)	15.82	0.04	0.4	21.7
細粒分含有率FC(%)	14.8	77.9	95.4	-
最大粒径(mm)	26.5	0.85	0.425	-
均等係数 $U_c$	202.8	-	-	-
曲率係数 $U_c$	3.84	-	-	-
塑性指数IP	11.91	-	-	-
強熱減量(%)	5.99	-	-	-
ユーン指数 $(kN/m^2)$	1459.3	-	-	-

表-2 配合条件

土質材料	固化材	固化材	竹チップ
第2種建設発生土	PFBC灰	3	0 5 10
		5	
		7	
第2種建設発生土 + FA灰	高炉セメントB種	3	
		5	

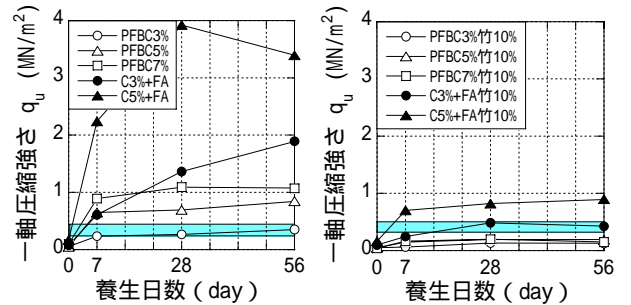


(a) PFBC3%の配合 (b) セメント3%の配合

図-3 締固め特性

3-2 一軸圧縮特性

**a) 養生日数に伴う強度発現特性** 図-4 に養生日数と一軸圧縮強さの関係を示す。図中の色枠は、養生7日における歩行者系舗装に要求される強度を示している。いずれの配合条件において、舗装材料は養生に伴って強度発現することが分かった。また、養生28, 56日の材料については、大幅な強度劣化は見られず安定した材料であることが分かる。



(a) 固化材のみ添加 (b) 固化材と竹チップ添加

図-4 養生日数と  $q_u$  の関係

**b) 固化材の種類による影響**

図-5, 図-6, 図-7 に固化材添加率と一軸圧縮強さ、破壊ひずみ、変形係数の関係を示す。図-5より、固化材添加率が増加するのに伴い強度は増加していることが明らかである。また、PFBC灰を用

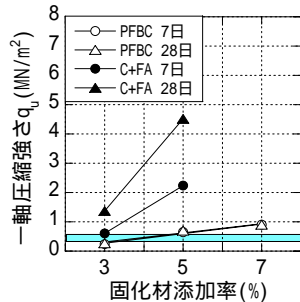


図-5 固化材添加率と  $q_u$  の関係

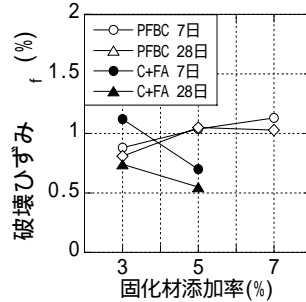


図-6 固化材添加率と  $\epsilon_f$  の関係

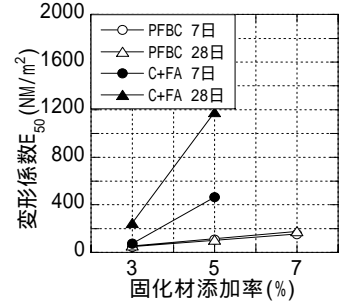
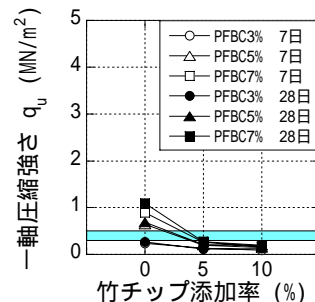


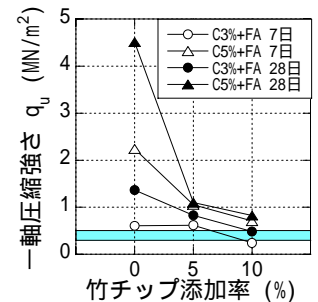
図-7 固化材添加率と  $E_{50}$  の関係

いた場合、セメント配合の材料に比べ強度は劣るが、養生7日の強度においてどの添加率においても強度発現が見られることより、PFBC灰も固化材として使用することが可能であることが分かる。図-6より、破壊ひずみは、いずれの試料ともに1%程度であり、靱性の小さい材料であることが分かる。また、図-7より、PFBC灰とセメント添加の材料を比較するとセメントを添加した材料の方が剛性が大きいことが示された。

**c) 竹チップ添加による影響** 図-8, 図-9 に竹チップ添加率と一軸圧縮強さ、破壊ひずみの関係を示す。図-8より、PFBC灰、セメント共に竹チップの添加率の増加に伴い一軸圧縮強さは、低下している。特に、PFBC灰は5%以上を加えることによって要求強度を下回る結果が示された。しかしながら、図-9に示されるように竹チップ添加率が0%では、破壊ひずみが1%であるのに対し、竹チップ添加率が10%では、6~8%前後と大きな値を示している。よって、竹チップを添加する事で材料の靱性を向上させることが明らかとなった。

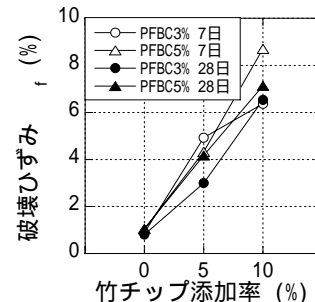


(a) PFBC灰添加

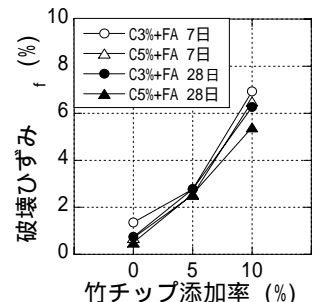


(b) セメント添加率

図-8 竹チップ添加率と  $q_u$  の関係



(a) PFBC灰添加



(b) セメント添加率

図-9 竹チップ添加率と  $\epsilon_f$  の関係

以上の結果より、建設発生土を土質材料として用いた材料の力学特性の把握を行った結果、PFBC灰とセメントのいずれの固化材においても、養生に伴う強度発現が見られた。また、竹チップの添加により靱性の向上も確認できたことから建設発生土は、歩行者系舗装の土質材料として十分に使用できることが分かった。

**4. まとめ** 石炭灰と建設発生土を用いた歩行者系舗装材料の開発を目的とし、材料の力学特性の検討を行った結果、以下の知見を得た。1) 新しい舗装材料は、養生することにより初期強度に対し強度発現が見られ、その後も安定した材料であることが示された。2) PFBC灰は、セメントと比べて強度は劣るが、養生による強度発現が見られることから、舗装材料として利用可能であることが示された。3) 竹チップ添加率を増加させると、強度の低下が見られるものの、靱性が増すことからひび割れ防止等に有効であることが示された。

【参考文献】1) 川上ら; 歩道用土系舗装の開発と評価手法について, 第27回日本道路会議ポスター発表論文, 12p43, 2007.

2) (社)石炭エネルギーセンター; [http://www.jcoal.or.jp/coalash/pdf/CoalAsh\\_H17productiondata.pdf](http://www.jcoal.or.jp/coalash/pdf/CoalAsh_H17productiondata.pdf)