加圧流動床灰と竹チップを用いた 歩行者系舗装材料の現場適用性の検討

福岡大学　工学部　○藤　川　拓　朗
福岡大学　工学部　佐　藤　研　一
（株）NIPPO　技術グループ　松　木　重　夫

１． はじめに

近年、歩行者系舗装は、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。しかしながら、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ることも多い[1)]。このような中、本研究では舗装材料に処分場の確保が困難になっていることからセメント分野以外での利用が求められている加圧流動床灰(PFBC 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（竹チップ）を混入させた舗装材料の開発を行っている。これまでの研究[2)]により、本舗装材料は歩行者系舗装材料として十分な材料特性を有することを明らかにしている。本報告は、これまでの結果を踏まえて選定した配合条件を用いて現場施工試験を行い、施工後 6 ヶ月までの追跡調査により舗装材料としての適用性について検討したものである。

２．現場施工と追跡調査

2-1 現場施工概要　現場施工試験は、福岡県福津市のあんずの里運動公園内にて行った。図-1 に施工概要図を示し、写真-1 に施工後 6 ヶ月が経過した舗装体の様子を示す。図に示すとおり、1 区間を幅員 200cm, 延長 1000cm,舗装厚 7cm を目標に、Case1～5 の全 5 区間で施工を行った。表-1 に試料の物理特性、表-2 に現場施工を行った配合条件を示す。材料の配合は、まさ土の乾燥重量に対する重量比(%) で行った。各配合条件の選定および力学特性は既報[2)]に示しており、いずれもピンヒールを履いての歩行に耐え得ることが可能とされる一軸圧縮強さ（q_u=300～500kN/m^2）を有している。また、Case5 は既に製品として施工実績のある舗装材料（セメント系固化材を使用）を施工し、本研究の舗装材料との比較材料とした。

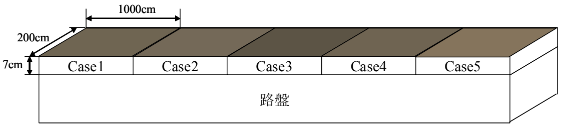


図-1　施工概要図

写真-1 施工後の舗装体の様子

表-1 試料の物理特性

	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	54.9	—	—
曲率係数 U_C'	3.66	—	—
塑性指数 I_P	NP	NP	—
強熱減量 L_i (%)	3.6	—	—

表-2　配合条件

Case	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%
Case5	まさ土+パーフェクトクレイL

2-2 施工方法　材料の混合は、バックホウと自走式土質改良機[3)]を用いて行った。まさ土は、バックホウのバケット（1 杯≒0.45m^3）により計量した。材料の転圧を行うにあたり、まず路盤の整地を行った後、6.5cm の型枠を幅員 200cm で 50m 敷設した。その後、材料をアスファルトフィニッシャで敷き均し、転圧機（ハンドローラ）で転圧を行った。

2-3 施工後の追跡調査概要　表-3 に追跡調査概要を示す。本報告では、安全性、歩行性、路面温度低減効果の評価項目について報告する。1）すべり抵抗性試験[4)]は、舗装路面のすべり抵抗を測定することを目的とし、振り子式スキッドレジスタンステスタを用い、舗装面を散水し湿潤状態下で行った。2）簡易支持力測定試験[4)]は、簡易支持力測定装置（キャスポル）を用い、舗装体のインパクト値を求め舗装体の硬さの評価を行った。3)弾力性試験[4)]は、ゴルフボールおよびスチールボールを 1m の高さから自由落下させた時の反発高さより各反発係数を求めた。4)環境省告示第 46 号法試験（以下、環告 46 号）は、自走式土質改良機を用いて混合した材料の溶出濃度を測定し、地盤環境への安全性を把握した。5)路面温度測定試

表-3　追跡調査概要

評価項目	調査方法
すべり（安全性）	1）すべり抵抗性試験
硬さ（歩行性）	2）簡易支持力測定試験
歩きやすさ（歩行性）	3）弾力性試験（SB, BG）
安全性	4）環境庁告示第46号法試験
路面温度低減効果	5）路面温度の測定
舗装のひび割れ（耐久性）	6）ひび割れ率（スケッチ法）
舗装表面の性状（耐久性）	7）浮上レキ分及び浮上砂分試験
舗装表面の磨耗（耐久性）	8）摩耗量調査（水準測量）

験では、1 日の路面温度を測定し、アスファルト舗装（以下、As 舗装）との比較により路面温度低減効果の評価を行った。

3. 追跡調査結果及び考察

3-1 すべりに対する安全性の評価 図-2 にすべり抵抗性試験結果を示す。いずれの舗装体も施工後のすべり抵抗値は、基準とされている BPN40 以上を十分満たしていることが分かる。このことより、歩行時にすべりにより転倒する危険性は低く、どの Case も転倒に対する安全性を有していることが示された。

3-2 舗装体の硬さ評価 図-3 にインパクト値と経過日数の関係を示す。経過日数の増加に関係なく、竹チップが混入されていない Case1 や Case5 のインパクト値が最も高い値を示し、竹の混入率の最も多い Case2, 4 が最も低い値を示していることが分かる。

3-3 歩きやすさの評価 図-4 に弾力性試験結果を示す。SB 係数に差はないものの、経過日数の増加に関係なく竹チップの添加量が多い Case2, 4 の GB 係数が最も小さいことが分かる。この結果とインパクト値の結果から、竹チップを添加することにより、歩行者の脚への負担を軽減することが出来ると共に、舗装体に柔らかさを付与できると考えられる。

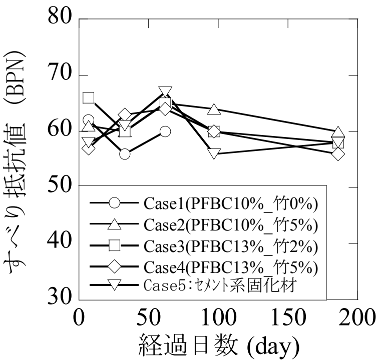


図-2 すべり抵抗性試験結果

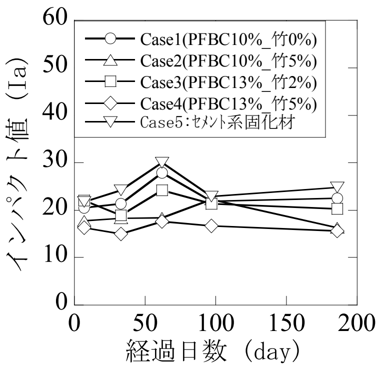
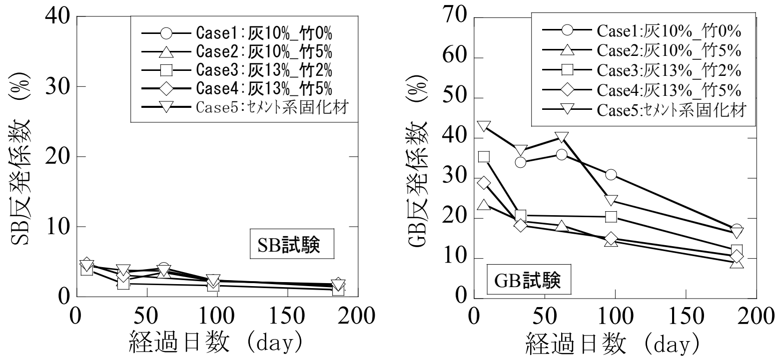


図-3 弾力性試験結果



(a) SB 係数　(b) GB 係数

図-4 施工後の経過日数と反発係数の関係

表-4 環告 46 号法試験結果

	Case1	Case2	Case3	Case4	土壌環境基準
カドミウム	0.001未満	0.001未満	0.001未満	0.001未満	0.01
鉛	0.005未満	0.005未満	0.005未満	0.005未満	0.01
六価クロム	0.029	0.010	0.015	0.007	0.05
砒素	0.002	0.003	0.002	0.004	0.01
セレン	0.005	0.005	0.003	0.005	0.01
ふっ素	0.6	0.6	0.6	0.6	0.8
ほう素	0.43	0.42	0.44	0.40	1.0
全シアン	0.1未満	0.1未満	0.1未満	0.1未満	検出されないこと
総水銀	0.0005未満	0.0005未満	0.0005未満	0.0005未満	0.0005

3-4 地盤環境に対する安全性 表-4 に環告 46 号法試験結果を示す。表より、全ての条件において土壌環境基準を満たし、安全な材料であることが分かる。

3-5 路面温度低減効果 図-5 に各 Case の 1 時間毎の路面温度測定結果を示す。図より、路面温度は、気温の上昇に伴って上昇していることが見てとれる。As 舗装との温度差について見てみると、最大で約 8℃、平均でも約 5℃の路面温度の低減効果が得られた。

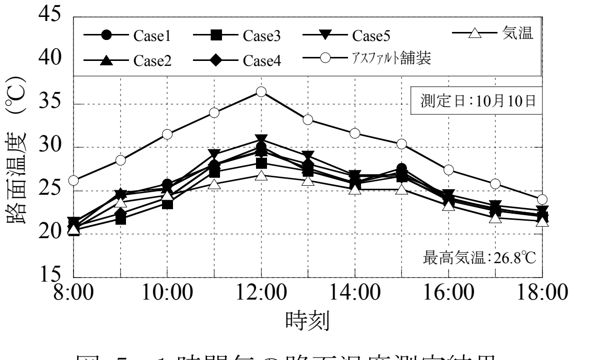


図-5 1 時間毎の路面温度測定結果

4. まとめ

本研究で得られた結果を以下に示す。1）各 Case とも Case5 と同等の BPN 値を有し、すべりによる転倒の危険性は低い。2) 竹チップの添加により、脚への負担を軽減できる。3）土壌環境基準を満たし地盤環境に対し安全な材料である。4）As 舗装と比較して 5℃程度の路面温度低減効果がある。以上より、施工後 6 ヵ月までの追跡調査結果において、いずれの Case も施工実績のある Case5 と同等以上の性能を有し、歩行者系舗装材料として適用可能であることが示された。

謝辞 現場施工試験および追跡調査を行うにあたり、（株）NIPPO の下馬場氏、原田氏、本学大学院生の川原健治氏(現(株)NIPPO)、学部生の三苫拓也氏（現玉野総合コンサルタント(株)）、（株）林田産業、日立建機(株)、あんずの里運動公園の協力を得ました。ここに記して心より謝意を表します。

参考文献 1）佐藤研一：セメント改良土を用いた歩行者系舗装の材料特性，土木学会論文集, No.4, Vol.62, 2006. 2）三苫ら：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，平成 20 年度土木学会西部支部研究発表会，pp.465-466, 2009. 3）日立建機㈱ホームページ, URL: http://www.hitachi-kenki.co.jp/ 4）舗装試験法便覧，日本道路協会, 1988.11.