

令和 4 年 6 月 2 日現在

機関番号：34407

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2021

課題番号：19K15065

研究課題名（和文）孟宗竹を活用した保水性ポーラスコンクリート舗装材料の開発

研究課題名（英文）Development of water retentive porous concrete utilizing Moso bamboo

研究代表者

山田 宏（YAMADA, HIROSHI）

大阪産業大学・工学部・准教授

研究者番号：60824464

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：孟宗竹のセメント系複合材料への活用方法を確立した。孟宗竹の吸水特性を実験的に明らかにしたことで、孟宗竹の含水状態を考慮した配合設計法を提示した。また孟宗竹の含水状態や混入量が繊維補強ポーラスコンクリートや保水性セメント系充填材の各種性能に与える影響を明らかにした。さらに、保水性舗装材料システムに高い吸水率の孟宗竹を活用することで路面温度の上昇を抑制する効果があることを確認した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

生育スピードが早く地域の貴重な資源となり得る孟宗竹であるが、その利用は限定的で木質バイオマス発電への利用等に留まっている。本研究の成果は、セメント系複合材料の各種性能に与える孟宗竹の含水状態および混入量の影響を明らかにしたことで、大量利用が見込める土木用途での活用方法を見出した点にあり、地域資源の新たな循環システムに組み込まれることが期待される。

研究成果の概要（英文）：As a result of this study, the utilization method of Moso bamboo to cementitious composite system was established. A mix design method considering the water content of Moso bamboo was proposed. In this study clarifies the effect of moisture content and mixing quantity of Moso bamboo on various performances of fiber reinforced porous concrete and water-retentive cement filler system. In addition, it was confirmed that the use of Moso bamboo, which has a high water absorption rate, in the water-retentive pavement material system was effective in suppressing the rise in road surface temperature.

研究分野：建設材料学

キーワード：孟宗竹 ポーラスコンクリート 半たわみ性舗装材料 保水性舗装材料システム 昇温抑制

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

様式 C-19、F-19-1、Z-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

鹿児島県の竹林面積（約16千ヘクタール・国内1位）の大半を占める孟宗竹は、3年程度で十分生育する地域資源である。著しい生育速度である孟宗竹が放置されると竹害（他植生を侵食、土砂災害誘発）を引き起こすことが懸念される。孟宗竹林の多くは民有林であるが、竹を効率的に回収するシステムが薩摩川内市などで試行されており、地域資源確保と地域環境問題の解決が進められている。回収された孟宗竹は、一部が木質バイオマス発電などに利用されているが、全体として十分な有効利用が図れているとは言えないため、利用用途拡大が求められている。

孟宗竹の特徴は、物質貯留や移動経路の維管束に由来する70%~80%の高い吸水率と、100N/mm²以上の引張強度である。孟宗竹の高い引張強度に着目した、利用用途の拡大に資する従来の研究では、ポーラスコンクリート等に孟宗竹を繊維補強材料として活用する検討が行われているが、使用繊維の含水状態が明確でないため、工学的な取扱い方法の確立に課題が残っている。また、孟宗竹のもう一つの特徴である高い吸水率を利用して、都市部の温熱環境改善対策に用いる保水性舗装に活用可能と考えられるが、その検討例はほとんどない。

2. 研究の目的

上述のように、セメント系複合材料への孟宗竹の工学的な利用方法の確立が十分でない。本研究では、孟宗竹を用いた保水性ポーラスコンクリート舗装材料システムの開発を通じて、次の2点を明らかにすることを目的に検討を行う。

- (1) 孟宗竹を用いたセメント系複合材料の配合設計法
- (2) 孟宗竹を用いた保水性舗装材料システムの保水性能

3. 研究の方法

本研究では、素材としての孟宗竹利用に関する基礎的検討から保水性舗装材料システムの昇温抑制効果に関する検討までを以下の実験によって評価した。

- (1) 孟宗竹繊維の含水状態がセメントペーストの流動性に与える影響に関する検討

孟宗竹の基本特性の評価から、含水状態を変えた孟宗竹を用いたセメントペーストの流動性評価を行った。使用材料は普通ポルトランドセメント、ポリカルボン酸系高性能減水剤、繊維補強材料として、木材チップで細断したチップ状の孟宗竹（図1）である。配合条件はW/C=20%で繊維量1%、2%および3%とし、孟宗竹の含水状態を飽水状態と乾燥状態とした。流動性試験は、ウェットスクリーニングで孟宗竹を除去したペーストに対して、JIS R 5201「セメントの物理試験方法」に示されるフローを評価した。

- (2) 孟宗竹繊維補強ポーラスコンクリートの各種性能に関する検討

保水性ポーラスコンクリート舗装材料システムの基材となる、孟宗竹繊維補強ポーラスコンクリートの配合設計法の検討および各種性能の評価を行った。使用材料は普通ポルトランドセメント、6号砕石、ポリカルボン酸系高性能減水剤および繊維補強材料としてのチップ状の孟宗竹である。配合条件をW/C=20%および目標空隙率15%とし、孟宗竹繊維の含水状態および混入量に着目して各種性能を評価した。性能評価項目は、空隙率、透水性、圧縮強度、曲げ強度・タフネスおよび骨材の飛散抵抗性である。

- (3) 孟宗竹粉を混入した保水性セメント系充填材の保水性能に関する検討

保水性ポーラスコンクリート舗装材料システムの保水材となる、孟宗竹粉を用いたセメント系充填材の検討を行った。使用材料は早強ポルトランドセメント、6号珪砂および桜島産火山砕屑物、メラミン系粉末減水剤、そして粒径5mm以下の孟宗竹チップの端材である。配合条件はW/C=55%、S/C=25%とし、孟宗竹チップの端材の混入率に着目して半たわみ性舗装材料の保水性を主に評価した。保水性は日本道路協会C044T「保水性舗装の保水量試験方法」に準拠した。なお、メラミン系粉末減水剤は半たわみ性舗装材料の流動性に品質規格に要求されるP漏斗流下時間10~14秒を満足する量をそれぞれ添加した。

- (4) 孟宗竹を用いた保水性舗装材料システムの昇温抑制効果に関する検討

孟宗竹を用いた保水性ポーラスコンクリート舗装材料システムとして昇温抑制効果がどの程度あるのかを評価した。保水性ポーラスコンクリート舗装材料システムは孟宗竹チップを用いたポーラスコンクリートと孟宗竹チップの端材を用いた半たわみ性舗装材料からなる。ポーラスコンクリートの使用材料は普通ポルトランドセメント、6号砕石、ポリカルボン酸系高性能減水剤および繊維補強材料としてのチップ状の孟宗竹である。半たわみ性舗装材料の使用材料は早強ポルトランドセメント、6号珪砂、メラミン系粉末減水剤、そして粒径5mm以下の孟宗竹チップの端材である。ポーラスコンクリートの配合条件は



図1 実験に用いた孟宗竹

W/C=20%、目標空隙率 15%、孟宗竹混入量 0%および 3%である。半たわみ性舗装材料の配合条件は W/C=55%、S/C=25%、孟宗竹混入量 30%である。昇温抑制効果の把握には、路面温度上昇抑制舗装研究会が提案する「保水性舗装室内照射試験方法」に準拠した。ランプ照射位置はコンクリート歩道板を用いて 3 時間後の表面温度が 60℃に達する高さに設定した。また上記試験終了後の試験体からコアリングしたサンプルを用いて日本道路協会 C044T「保水性舗装の保水量試験方法」に準拠して保水性を評価した。

4. 研究成果

(1) 孟宗竹繊維の含水状態がセメントペーストの流動性に与える影響に関する検討

孟宗竹の基本特性の評価として吸水率と吸水時間の関係を図 2 のとおり明らかにした。吸水時間をおよそ 4 日程度設けることで飽水状態の孟宗竹となることがわかった。図 3 にウェットスクリーニング後のフローと孟宗竹繊維の含水率の関係を示す。流動性は孟宗竹の含水率 30%程度を境に増減することがわかった。

(2) 孟宗竹繊維補強ポラスコンクリートの各種性能に関する検討

図 4 に孟宗竹繊維と粗骨材の混合物の実積率と繊維量の関係を示す。実積率に与える孟宗竹繊維の含水状態の影響はほとんどなかった。

繊維補強ポラスコンクリートの配合設計は、通常の場合と同様に混入繊維の体積を粗骨材の一部に置換するのではなく、繊維と粗骨材の混合物の実積率を配合計算に用いることが合理的であると考えられたため、今回の配合設計に繊維と粗骨材の混合物の実積率を用いた。

図 5 に孟宗竹繊維補強ポラスコンクリートの各種性能試験結果を示す。空隙率試験結果から、繊維と粗骨材の混合物の実積率を配合設計に用いることで、今回の目標値である空隙率 15%を概ね実現することを確認できた。透水性および骨材の飛散抵抗性は、繊維量および含水状態の影響をほとんど受けなかった。また圧縮強度は、繊維の含水状態によらず、繊維量が増加すると低下する傾向であった。曲げ強度は、絶乾状態の繊維では、繊維量が増加すると曲げ強度が線形的に若干増加する傾向であった。表乾状態の繊維では、繊維量が 1%以上となるとほぼ一定の曲げ強度となり、プレーンよりも小さい値を示した。曲げタフネスは、表乾状態の繊維よりも絶乾状態の繊維を用いる方が大きい傾向であった。また、繊維の含水状態によらず、繊維量に伴って曲げタフネスは増加する傾向であった。

(3) 孟宗竹粉を混入した保水性セメント系充填材の保水性に関する検討

孟宗竹チップの端材の含水状態について、図 2 の吸水特性を参考に 4 日以上十分な吸水期間を設けることで混練物中に孟宗竹チップの端材を均一分散させることが可能となった。

図 6 に保水量試験結果を示す。孟宗竹チップの端材を混入していない各細骨材を用いた硬化体を基準として、孟宗竹チップの端材の混入した場合を比較した。6 号珪砂および火山砕屑物を用いた基準となる硬化体の保水量はそれぞれ 1.09g/cm² および 0.71g/cm² である。細骨材種類によらず、孟宗竹チップの端材の混入率が大きくなると保水量は概ね線形的に大きくなる傾向となった。

(4) 孟宗竹を用いた保水性舗装材料システムの昇温抑制効果に関する検討

図 7 に保水性舗装室内照射試験結果を示す。いずれの結果も表面温度の上昇が基準（高さ設定を行った際のコンクリート歩道板の結果）よりも小さいものであり、孟宗竹混入量の増加に伴って表面温度の上昇が抑制されることを確認できた。

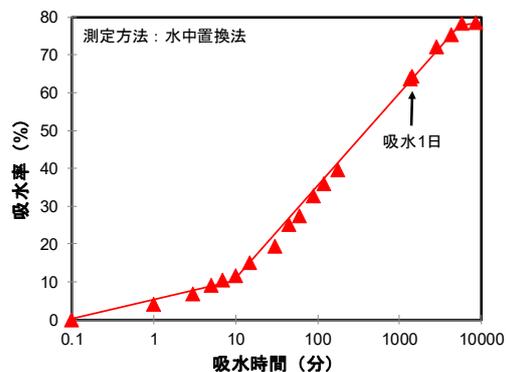


図 2 孟宗竹の吸水率と吸水時間の関係

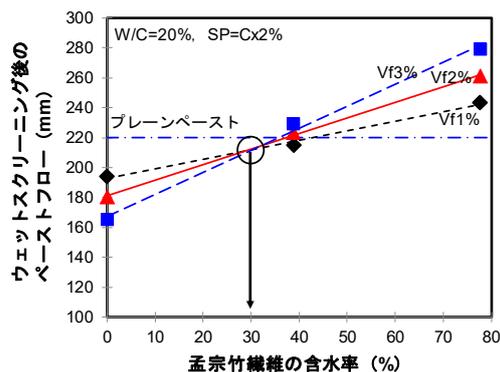


図 3 ウェットスクリーニング後のペーストフローと孟宗竹繊維の含水率の関係

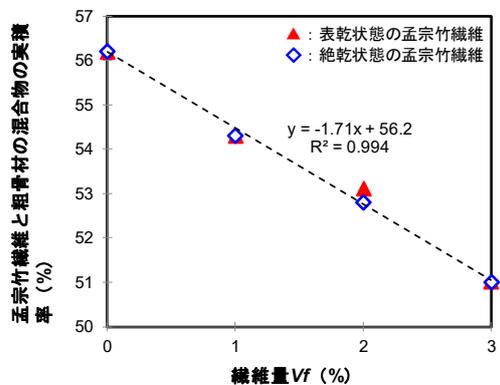


図 4 孟宗竹繊維と粗骨材の混合物の実積率と繊維量の関係

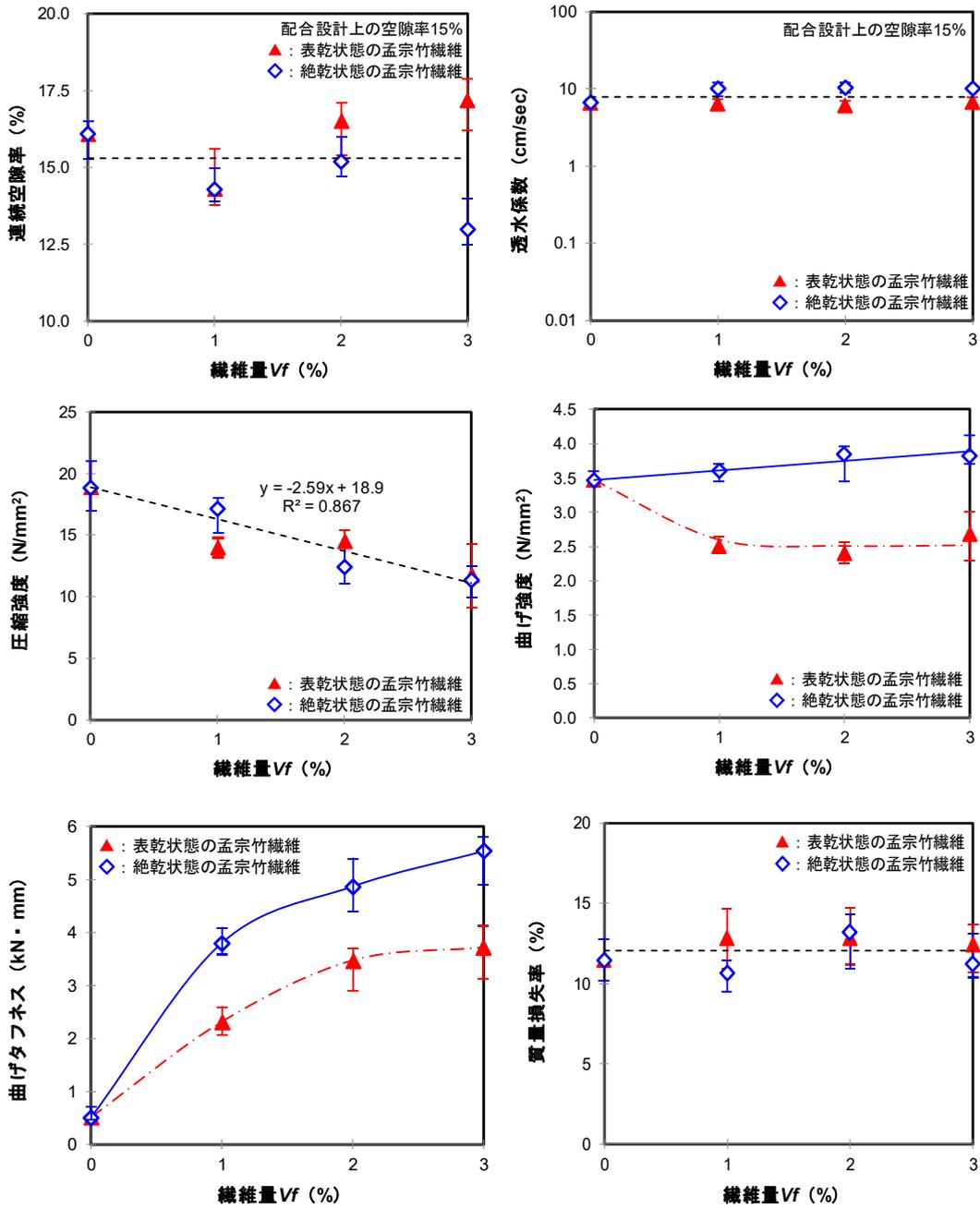


図5 孟宗竹繊維補強ポーラスコンクリートの各種性能試験結果

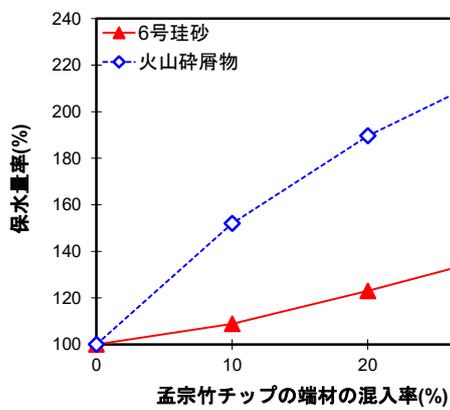


図6 保水量試験結果

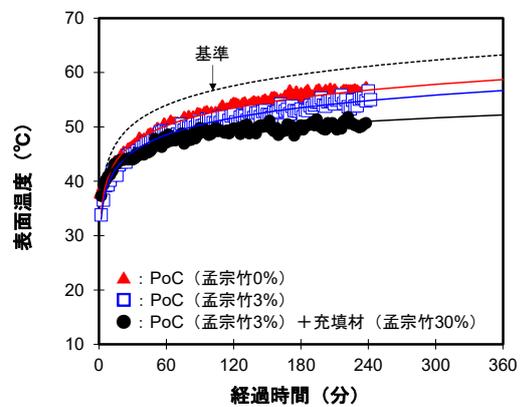


図7 保水性舗装室内照射試験結果

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 山田宏、牛之濱大星、関友則、小堺規行	4. 巻 42
2. 論文標題 孟宗竹繊維補強ポラスコンクリートの各種性能評価	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 コンクリート工学年次論文報告集	6. 最初と最後の頁 1300-1305
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 山田宏、関友則、小堺規行	4. 巻 41
2. 論文標題 孟宗竹繊維の含水状態がセメントペーストの流動性および圧縮強度に与える影響	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 コンクリート工学年次論文集	6. 最初と最後の頁 1469-1474
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 東由香里、牛之濱大星、西垂水俊太郎、堀内琉世、田代慶樹、山田 宏、山内正仁、市坪 誠、山口隆司
2. 発表標題 孟宗竹繊維補強ポラスコンクリートの配合設計法に関する検討
3. 学会等名 令和元年度土木学会西部支部研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山田宏、山田真義、廣津晴樹、関友則
2. 発表標題 孟宗竹チップの端材を用いた保水性を有する半たわみ性舗装材料の開発
3. 学会等名 令和三年度土木学会全国大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山田宏、山田真義、廣津晴樹、関友則
2. 発表標題 孟宗竹を用いた保水性舗装材料システムの昇温抑制効果
3. 学会等名 令和四年度土木学会全国大会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------