

26. 竹炭入りモルタルにおける花粉吸着性の定量的評価方法および強度改善に向けた実験的研究

1934042 瀬尾柚香 1934070 松本紗奈

1. はじめに

持続可能な開発目標(SDGs)の優先課題として地域(Planet)がある。地域課題として土砂災害などの災害を引き起こす危険性のある放置竹林が問題視されており、竹の新たな用途を開発し、有効利用する動きが近年進められ、その1つとして竹炭が注目されている¹⁾。しかし、竹炭の細孔構造の吸着性能に着目した研究は少ない。

そこで、本研究室では竹炭の吸着性能の確認が行われてきた。これまでの研究では、竹炭入りモルタル試験体を製作し、花粉を用いた吸着実験が行われてきた^{2~4)}。また、試験体への花粉吸着量を定量評価するための画像解析ソフト FIJI を用いた評価方法が提案された⁴⁾。本年度の研究では、花粉吸着の度合いを定量的に評価するため、吸着装置の改良を行い、画像解析ソフト FIJI を用いた定量的評価方法の確立を行った。加えて、竹炭入りモルタルの強度改善を試みた。一連の研究の最終目標としては、微粉末の吸着性能を利用した新たな材料開発を目指す。

2. 実験概要

竹炭入りモルタルにおけるスギ花粉の吸着を確認するため、竹炭細孔へのスギ花粉の吸着状況を SEM(光化学顕微鏡)で観察した。図-1 に竹炭細孔に吸着したスギ花粉の様子を示す。図より、竹炭細孔(約 30 μm)にスギ花粉(約 26 μm)が吸着されている様子が確認できる。

2.1 試験体製作

モルタル試験体は昨年の調査⁴⁾を参考に製作した。また、モウソウチク炭²⁾を1.7mm以上5mm以下の大きさに粉砕し、細骨材として利用した。水セメント比は70%で、質量置換で竹炭置換率0%(無混入)、10%、20%、30%の4種類配合し、100mm×100mm×20mmの吸着実験用試験体を置換率ごとに5個(竹炭置換率10%のみ3個)ずつ、計18個製作した。その後、水中養生を行い研磨機で表面研磨を行った。図-2 に研磨後の試験体の様子を示す。また、試験体表面上に表れる竹炭の割合(10%、20%、30%)を確認するため、画像解析ソフト FIJI を用いて解析を行い、竹炭面積率を算出した。

2.2 吸着実験装置の改良

既往の研究⁴⁾で製作された花粉の吸着実験装置では、各試験体への安定した花粉吸着が課題とされていた。そのため、ガラスケース内の風が循環できること、花粉が外部に漏れ出さないこと、そして実験を目視で観察できることなどを改良条件とし、実験装置の定量化を行った。既往の研究³⁾を参考に花粉を静置させた噴出口に一定時間送風するとともに、花粉を送風機とファンの風で巻き上げる仕組みの吸着実験装置を製作した。改良した吸着装置のイメージ図を図-3 に示す。吸着装置を製作するにあたり予備実験を繰り返し、装置内で花粉が循環できるようにファンの配置を決めた。実験手順は、①噴出口のフィルター上に擬似花粉2g静置する。②ガラスケースに試験体を設置する。③送風機の送風量は吸入口を2/3とし、ファンの風速は最大に設定して1分間送風する。④花粉が巻き上がることを目視で確認後、空気逃げ部に蓋をする。⑤撮影位置および室内の光量が一定な環境で写真撮影を行う。⑥写真を用いて画像解析を行う。このような手順で置換率ごとに計15回ずつ吸着実験を行った。

2.3 解析値の決定

昨年の研究⁴⁾による画像解析では、試験体への疑似花粉の吸着量を画像解析ソフト FIJI によって評価できる可能性が示されている³⁾。しかし、解析を行う際のパラメーターが一定の値で定ま

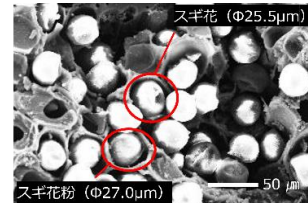


図-1 竹炭細孔へのスギ花粉吸着の様子

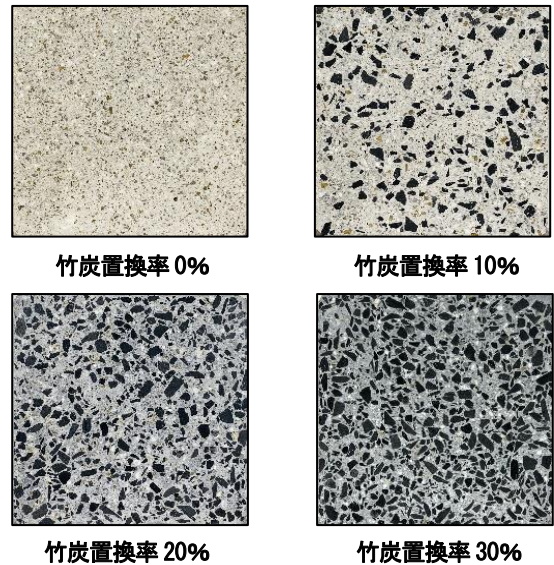


図-2 研磨後の試験体表面の様子

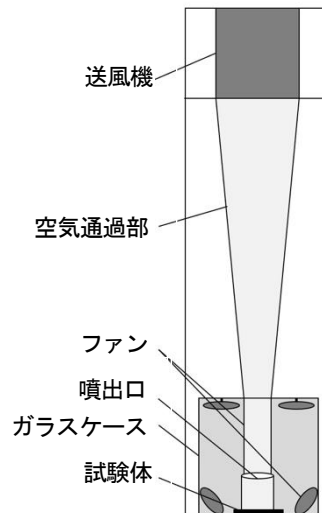


図-3 吸着装置イメージ図

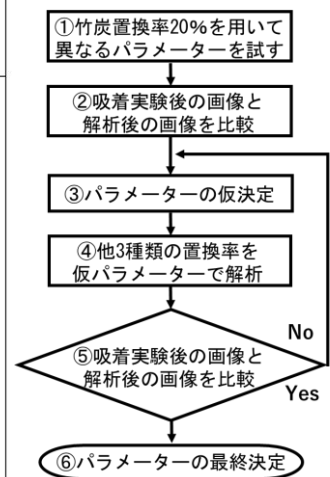
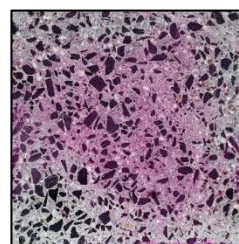
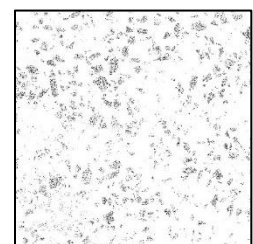


図-4 解析パラメーターの設定フロー



a) 吸着実験後の画像



b) 解析後の画像

図-5 吸着実験後の画像と解析後の画像(竹炭置換率20%)

っていなかったため評価の定量化に至っていない。そこで解析条件として5つのパラメーターを定め、この値の最適値を定めることで画像解析を用いた定量的評価方法の確立を行った。図-4に解析パラメーターの設定フローを、図-5に吸着実験後の画像と最適値で解析を行った後の画像の一例を示す。具体的には竹炭置換率20%の試験体を用いて異なるパラメーターを試し、解析後の画像と元の画像の比較する工程を繰り返す。そして、竹炭置換率0%、10%、30%でも竹炭置換率20%と同様の値で解析を行い、最も正しく花粉が抽出されていると考えられるパラメーターを最適値として定めた。

2.4 強度改善

竹炭入りモルタル試験体では、竹炭混入量の増加に伴い、圧縮強度の低下が懸念されている³⁾。そこで長期材齢の強度発現や、環境負担の低減を考慮し、高炉スラグ微粉末をセメントに置換することで強度改善を試みた。表-1に調査表を示す。水セメント比60%とし、高炉スラグ微粉末の置換率0%（無混入）、20%、40%、60%の計4種類の配合を行った。試験体の養生は水中養生とし、圧縮強度の計測は材齢7日、28日、56日とした。

3. 実験結果および考察

図-6に竹炭入りモルタルの圧縮強度と材齢の関係を示す。竹炭置換率が高いほど、圧縮強度が低下する傾向が見られた。

図-7に竹炭面積率と竹炭置換率の関係を示す。図中の黒線は近似線を表す。置換率が10%上がるにつれ、竹炭面積率も約10%ずつ上がることが確認された。

図-8に画像解析にて算出した輝度値と竹炭置換率の関係を示す。図中の黒線は近似線を表す。輝度値255は白を、0は黒の状態を示す。したがって、輝度値が低いほど吸着率が高いことを示す。図によると竹炭置換率が高いほど、輝度値が低下する傾向が見られた。ただし、竹炭置換率20%と30%では大きな差が見られなかった。これは2.2節の実験手順④に示す、吸着実験ごとに蓋を締めるタイミングが目視による判断であったため、空気圧や逃げ出す花粉量に差が生じたためと考えられる。また、画像解析におけるパラメーターを設定する際に、竹炭置換率20%の試験体を基準に設定したため、竹炭置換率30%の吸着率が低い値になった可能性も考えられる。

図-9に高炉スラグ微粉末を置換したモルタルの圧縮強度と材齢の関係を示す。図によると初期強度（材齢7日）では置換率ごとの差があまり見られなかった。一方、材齢56日では高炉スラグ微粉末を置換した試験体の方が、置換しない試験体に比べ圧縮強度の上昇傾向が見られ、強度改善の有効性が確認できた。しかし材齢56日強度では、高炉スラグ微粉末の置換率による影響が見られず、置換率の効果を明確にすることができなかった。

4. まとめ

本研究で得られた知見を以下に示す。

- 1) 竹炭置換率が高いほど、圧縮強度が低下する。
- 2) 竹炭置換率が10%上がるごとに、竹炭面積率も約10%ずつ上がった。
- 3) 竹炭置換率が高いほど吸着率も上がるが20%、30%では大きな差が見られなかった。
- 4) 解析パラメーターの設定により、定量的な評価の可能性を示した。
- 5) 高炉スラグ微粉末をセメント置換することでモルタルの強度が改善された。

参考文献

- 1) 安部郁夫, 長谷川貴洋, 澁谷康彦, 岩崎訓: 竹炭の細孔構造特性, 炭素, No.215, pp.241-245, 2004

表-1 強度改善用調査表

水セメント比	高炉スラグ微粉末置換率	単位量 (kg/m ³)					
		水	セメント	高炉スラグ微粉末	砂	竹	合計
60%	0%	300	500.0	0.0	1045.6	116.2	1961.8
	20%		400.0	100.0	1039.8	115.5	1955.3
	40%		300.0	200.0	1034.0	114.9	1948.9
	60%		200.0	300.0	11028.2	114.3	1942.5

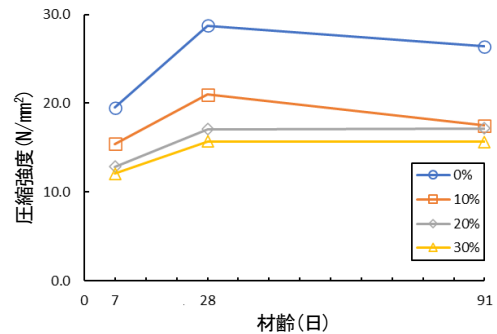


図-6 吸着実験用モルタルの圧縮強度と材齢の関係

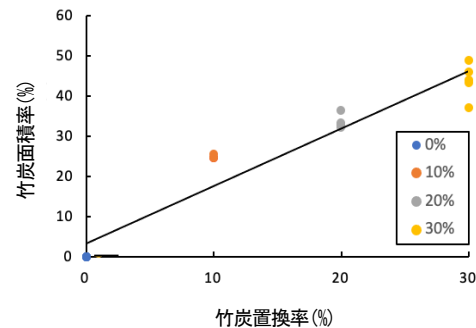


図-7 竹炭面積率と竹炭置換率の関係

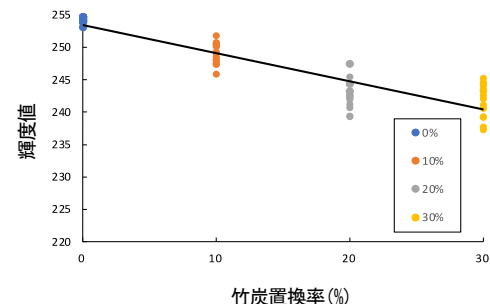


図-8 輝度値と竹炭置換率の関係

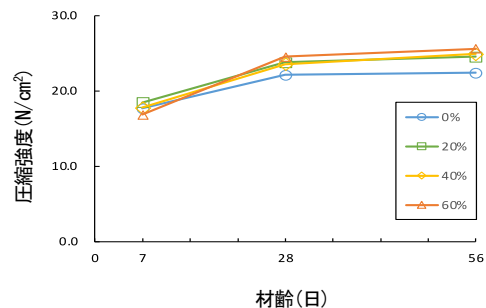


図-9 強度改善用モルタルの圧縮強度と材齢の関係

- 2) 藤本真世: 竹炭を利用した材料開発の可能性に関する実験的研究, 金城学院大学卒業研究論文, 2019
- 3) 竹原琴乃, 寺尾夏実: 竹炭の細孔構造における花粉の吸着性及び再飛散に関する実験的研究, 金城学院大学卒業論文, 2020
- 4) 白鳥雅奈, 日置友梨菜: 竹炭入りモルタルにおける花粉の吸着性と画像解析に関する実験的研究, 金城学院大学卒業論文, 2021