

廃棄発泡スチロール材を用いた保水性を有する屋上緑化地盤材料の開発

九州大学工学部 学○石川裕司

九州大学大学院 F 落合英俊 正 安福規之

九州大学大学院 正 大嶺聖 正 小林泰三

1. はじめに

近年、ヒートアイランド現象や大気汚染、騒音など都市部における環境問題が深刻化している。この環境問題を改善する方法として屋上緑化が注目されてきており地方自治体でも屋上緑化を条例で義務付けるなど確実に屋上緑化へのニーズが高まっている。また、循環型社会への取り組みから廃棄物を屋上緑化地盤材料として再利用することが望ましいと考えられる。このような背景から、著者ら¹⁾は廃棄物として発泡スチロールの軽量性に着目しそれを熱処理し粉碎した廃棄発泡スチロール減容材(以後 HCCE 材とよぶ)を地盤材料として用いることを提案した。本研究では、この HCCE 材に火山灰質粘性土(黒ぼく)を用いて軽量性、保水性を有する省資源、低コストの屋上緑化地盤の開発を行い、その適用性を検討する。

2. 屋上緑化地盤材料に求められる条件

屋上緑化地盤材料に求められる条件としては軽量性、保水性、透水性、保肥性、安定性の5つが挙げられる。軽量性に関しては、建築基準法により定められている(表1)。また現在用いられている一般的な屋上緑化土壌の性質を表2に示す。本研究で用いた HCCE 材は非常に軽量であるがそのみでは保水性、安定性が悪く性能を満足しない²⁾。これまでの研究で黒ぼくを用いることで保水性や安定性が改善されることが分かっており²⁾、本研究では HCCE 材と黒ぼくを用いて植生に適した屋上緑化地盤材料の開発を目指す。具体的な性能として軽量性、保水性、透水性の目標値を表2の条件を満たすようにそれぞれ層全体としての乾燥密度 0.6g/cm^3 以下、有効水分量 200L/m^3 以上、飽和透水係数 $k_s=1.0\times 10^{-3}\text{cm/s}$ 程度を満足する屋上緑化地盤の開発を目指す。

3. 試料の概要

HCCE 材の基本的性質を表3に示す。本研究では5mm以下となるようにクラッシャーで粒度調整したものを用いた。表3から分かるように HCCE 材は軽量性、透水性に非常に優れているが保水性は乏しい。なお HCCE 材については、既往の研究¹⁾を参照されたい。次に、表4に黒ぼくの基本的性質を示す。本研究では大分市と熊本市を結ぶ中九州横断道路の建設現場で採取した黒ぼくを用いた。黒ぼくは保水性に優れているが軽量性、透水性がやや乏しい²⁾。

日田ら²⁾は HCCE 材と黒ぼくを混合しその混合率 M を式(1)で求めた。

$$M = \frac{W_{sh}}{W_s} \times 100 = \frac{W_{sh}}{W_{sh} + W_{sb}} \times 100(\%) \quad (1)$$

ここに W_s =土全体の乾燥質量 W_{sh} =HCCE 材の乾燥質量、 W_{sb} =黒ぼくの乾燥質量とする。日田ら²⁾は混合率を変化させ軽量性、保水性、植物の生育度などを調べ最適な混合率を $M=40\%$ とした。

表1 屋上緑化の荷重制限

建築物の用途		地震力用積 載荷重値	床構造用積 載荷重値
屋上(バルコ ニー含む)の 積載荷重値	住宅、事務所等	60kg/m ²	180kg/m ²
	デパート、学校	130kg/m ²	300kg/m ²

(建築基準法施工例第58条より)

表2 一般の屋上緑化土壌の性質

軽量性	湿潤時比重1.0程度
pH	酸性～アルカリ性とさまざま
有効水分量	100～200L/m ³
透水性	$1.0 \times 10^{-3} \sim 1.41 \times 10^{-4}\text{cm/s}$
保肥性	5～20meq/100g程度

表3 HCCE 材の基本的性質

	測定値	特記事項
$w_n(\%)$	0.04	恒温装置で 空気 乾燥させた データ
$\rho_s(\text{g/cm}^3)$	1.13	空隙を含ま ない 完全 な固体と仮 定
$\rho_{dmax}(\text{g/cm}^3)$	0.681	試料流形: 0 ～5mm
$\rho_{dmin}(\text{g/cm}^3)$	0.495	
$k_s(\text{cm/s})$	3.87×10^{-1}	定水位透水 試験
有効水分量 (L/m ³)	10	遠心法による 保水性試験 より

表4 黒ぼくの基本的性質

	測定値	特記事項
$w_n(\%)$	85.3	土壌採取直 後の自然含 水比
$\rho_s(\text{g/cm}^3)$	2.52	
$w_L(\%)$	110.2	液性限界試 験
$w_P(\%)$	83.9	塑性限界試 験
$k_s(\text{cm/s})$	8.67×10^{-6}	変水位透水 試験
Li (%)	22.3	強熱減量試 験
有効水分量 (L/m ³)	300	遠心法による 保水性試験 による

4. 混合率 M と保水性の関係

保水性は屋上緑化地盤においては水遣りの時期がメンテナンス上重要となるので保水性の評価は植栽基盤に欠かせない。そこで混合率を $M=0,40,60,80,100\%$ と変化させて保水性試験を行い、混合率と保水性の変化を定量的に評価した。

試験方法；JGS 0151-2000 に準じて遠心法で行った。

試料の準備方法および結果；黒ぼくを炉乾燥させ、十分にほぐし 4.75mm ふりを通過させ HCCE 材を混合したものを試料とした。試料をサンプラーにゆる詰めし毛管飽和させ高速冷却遠心機(図1; 株式会社KUBOTA)を用いて遠心分離を行い遠心後の体積含水率、サンプラー内の土壌の高さを測定し、式(2)によりサクション pF を算出した。

$$pF = 2\log N + \log h + \log \left(R_1 - \frac{h}{2} \right) - 4.95 \quad (2)$$

ここに N =回転数(1/min)、 R_1 =遠心後の土壌中心半径(cm)、 h =遠心後の土壌高さ(cm)である。

得られた結果を図2に示す。目標値である有効水分量 $200\text{L}/\text{m}^3$ 以上を満足するためには $pF=3.8$ で体積含水率 20%を超えなければならない。図2より目標値を満足するには $M=40\%$ 以下に抑える必要がある。図2より $M=0\%$ は非常に高い保水性を示しており、 $M=100\%$ では保水性は非常に小さいことがわかる。一方、透水性に関しては $M=100\%$ では $k_s=3.87 \times 10^{-1}(\text{cm}/\text{s})$ と非常に高い透水性を示すが $M=60\%$ 以上になると目標値を満足しない(図3)。本研究では $M=0\%$ の保水性と $M=100\%$ の透水性に着目し、地盤を保水層と透水層の2層に機能を分担させた方が植生に適しているのではないかと考え植栽実験で検証を行う。

5. 植栽実験とその見通し

上記の試料に実際に植生を施し植栽基盤の適正を検証する。植生には現在屋上緑化で幅広く用いられている高麗芝、耐寒性の強い西洋芝(ペレニアルライグラス)を用いた。次に地盤の条件を図4に示す。①は日田ら²⁾の研究より最適とされる $M=40\%$ の地盤、②は4.をもとに保水層と排水層に地盤を2層に分けたものである。また、比較用に現在実際に屋上緑化に用いられているA社③、B社④の土壌を選び、以上の4種類の植栽地盤にそれぞれ高麗芝、西洋芝を植え計8種類の植栽基盤を作成した。生育条件は冬場なので温室で行った。測定項目は目視による発芽量、成長度、水分センサーを用いた植栽基盤内の体積含水率、室温、地盤内温度である。

6. まとめ

今回の研究では最適な混合率 M を決定し一般の屋上緑化土壌と比較して植栽実験を行った。今後は植物の種類を増やしさらに植栽実験を行っていく必要がある。また、新たな散水の方法として不飽和浸透特性を活用した吸水システムを作り全体のシステムを作っていきたいと考えている。

【参考文献】1) 末次ら：「廃棄 EPS インゴット破砕材を利用した軽量地盤材料」軽量地盤材料の開発と適用に関するシンポジウム、pp.241-244,2000 2) 日田ら：「廃棄発泡スチロールと鶏糞炭化物を活用した屋上緑化地盤材料の開発」



図1 KUBOTA 高速冷却遠心機

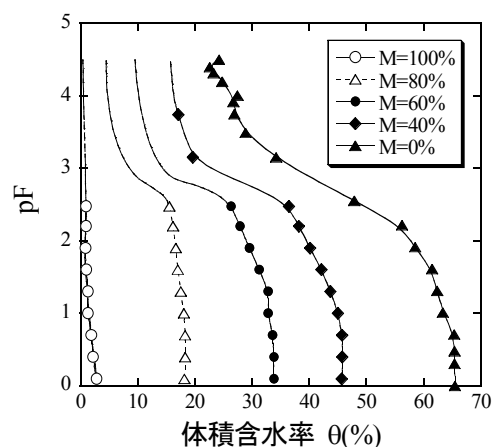


図2 混合率と水分特性曲線の関係

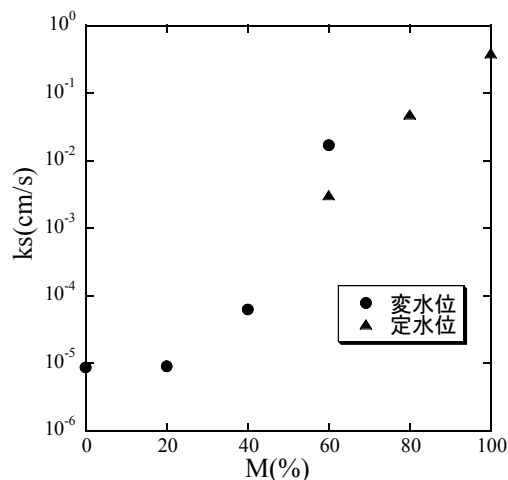


図3 混合率と飽和透水係数の関係

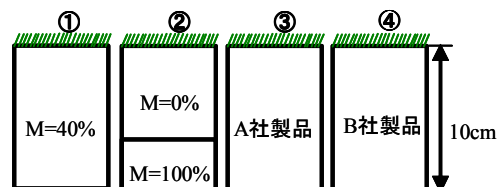


図4 植栽基盤の概要