

廃棄発泡スチロール減容材と火山灰質粘性土を活用した屋上緑化地盤材料の検討

九州大学工学部 学○永山 浩二

九州大学大学院 F 落合 英俊 正 安福 規之

1. はじめに

発泡スチロールの廃材排出量は年々増加傾向にあり、全体の約 35% 近くが再利用されることなく埋め立てや単純焼却され、その排出と処理が社会問題となっている。廃棄発泡スチロールの有効利用に関する研究は各方面でされており、著者ら¹⁾²⁾は熱処理して作られる廃棄発泡スチロール減容材(HCCE 材)を活用した研究を行ってきている。本研究では、新たな活用方法として HCCE 材の軽量性と九州に広く分布する火山灰質粘性土(黒ぼく)の軽量性・保肥性に着目し、これらを混合した材料の屋上緑化地盤材料としての適性について基礎的検討を行った。

2. 屋上緑化地盤材料に求められる条件

屋上緑化に用いるためには軽量性、土の強度、透水性、保水性、保肥性の 5 つの機能を兼ね備えていなければならない。本研究では軽量性、土の強度、透水性に着目し、HCCE 材と黒ぼくの物性試験、締固め試験、コーン貫入試験、透水試験により屋上緑化地盤材料としての有効性を地盤工学的見地から考察した。

3. 試験概要

3.1 HCCE 材・黒ぼくの基本的性質

本研究では、最大粒径 5mm 以下になるようクラッシャーにかけ粉碎した HCCE 材と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、実験を行った。HCCE 材と黒ぼくの基本的性質を表-1、2、粒径加積曲線を図-1 に示す。土粒子密度や含水比からは HCCE 材の軽量性と黒ぼくの軽量性、保水性が見て取れる。黒ぼくは九州各地に広く分布し、建設残土として多量に発生する可能性を有しており、新たな活用方法が望まれている。また有機分を多く含む黒ぼくは保水性や保肥性の観点からも屋上緑化地盤材料に適した土と考えられる。なお HCCE 材についての詳しい内容については、既往の研究¹⁾²⁾を参照されたい。

3.2 HCCE 材・黒ぼく混合土の締固め特性

植物が土中に根を張り自重を支えるため、または屋上緑化した地盤上を人が余暇スペースとして利用するには、基礎的な土の締固め特性を把握する必要がある。本研究では HCCE 材と黒ぼくの混合割合の違いによる特性の変化を調べるために、まず締固め試験を行った。締固め試験では HCCE 材と黒ぼくの混合割合の違う試料の最適含水比、最大乾燥密度を求めた。ついでコーン貫入試験は、各混合割合の試料を最適含水比に揃え、締固め試験と同様に供試体作製し実施された。その結果として得られるコーン指数を比較した。

試料の準備方法は「湿潤法・非繰返し法」とし、十分にほぐし 4.75 mm ふるいを通した黒ぼくと HCCE 材を混合し試料土とした。供試体は、10cm モールドに 2.5kg ランマーで各層 25 回を 3 層に突き固めて作製した。混合割合は HCCE 材重量混合比 M で表し、混合比 $M=0\%$, 20%, 40%, 60%, 80% に調整したものを用いた。なお HCCE 材重量混合比 M は次式で算出する。

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

 W_s : 土全体の乾燥重量 W_{sh} : HCCE 材乾燥重量 W_{sb} : 黒ぼく乾量重量

表-1 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
ρ_s (g/cm ³)	1.13	空隙を含まない完全な固体と仮定
ρ_{dmax} (g/cm ³)	0.681	試料粒径: 0~5mm
ρ_{dmin} (g/cm ³)	0.495	

表-2 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
ρ_s (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
I_P	26.3	$I_P = w_L - w_P$

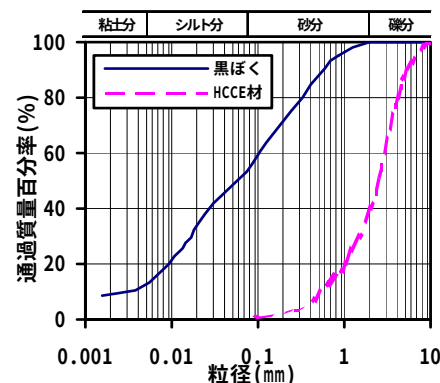


図-1 粒径加積曲線

締固め試験は、湿潤法を基に注水過程と乾燥過程を対象とし行われた。注水過程では供試体が飽和状態になったのを確認した時点で終了した。図-2 は各混合比における含水比と乾燥密度の関係を示した締固め曲線である。図-2 からは、どの混合比においても常に乾燥密度が 1g/cm³ 以下と非常に軽量であることが分かる。次に図-2 より各混合比における最大乾燥密度 ρ_{dmax} と最適含水比 w_{opt} を求め、混合比と最大乾燥密度、混合比と最適含水比の関係を図-3、図-4 に示す。図-3 から、混合比 0% から 60% まで最大乾燥密度の変化は大きくないが、混合比 80% では他の混合比と比べ最大乾燥密度が低下していることが分かる。図-4 からは混合比

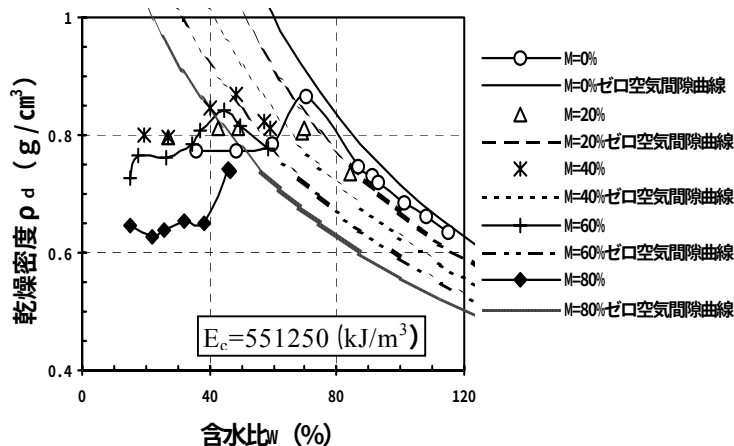


図-2 各混合土の締固め曲線

が大きくなるほど最適含水比は低下する傾向にあるといえる。

コーン貫入試験は、各混合比の試料を最適含水比状態に揃え行い、図-5に示すような混合比とコーン指数 q_c の関係を得た。図-5を見ると、混合比 0% から 60% までコーン指数が増加し続けるが、混合比 80% では急激に低下している。これは混合比 80% の最適含水比状態において、土の表面張力に寄与するサクションが消失することを示唆し、混合比 60% より混合比が大きくなると流動的になる可能性を示しているといえる。

締固め試験とコーン試験から、HCCE 材の混合比を増やすほど混合土の軽量性は増すが、混合比 60% 以上のある値を超すと流動性が著しく高まり結果としてコーン指数も低下することが知れる。

3.3 透水性と HCCE 材重量混合比の関係

屋上緑化地盤材料として用いる場合、植物の根腐れ防止や土壌の軽量性の確保が必要とされる。透水試験によって、各混合比の透水係数を相対的に比較することは屋上緑化地盤材料として最適な混合比を導く上で重要な要素となる。

試料の準備方法は、自然含水状態 ($w=83\pm1\%$) の黒ぼくと HCCE 材を各混合比で混ぜ試料土とし、締固め試験と同様の突き固め方法で供試体を作製した。試験は供試体を飽和させて行った。

図-6に混合比と透水係数の関係を示す。混合比 0% から 20%、40%、60% の順に変水位透水試験により測定を行い、60% からは透水係数が大きくなったため定水位透水試験に切り替えた。図-6を見て分かるように混合比 0% から 40% では 1.0×10^{-4} cm/s 以下と低い透水係数を示している。しかし混合比 40% 以上になると透水係数は指数的に増加し、混合比 60% では 1.0×10^{-3} cm/s 程度と透水性に優れたものに变化している。

4. まとめ

HCCE 材と黒ぼく混合土の 1) 締固め試験、2) コーン貫入試験、3) 透水試験より以下のことが認められた。

1) 混合土の最大乾燥密度と最適含水比は混合比の増加とともに低下し、本実験では $\rho_{dmax}=0.85\text{g/cm}^3$ から 0.75g/cm^3 程度、 $w_{opt}=70\%$ から 50% 程度に低下した。2) コーン指数は明確なピーク値を示し、本実験では混合比 60% 付近でもっとも大きな値を示した。3) 透水係数は混合比 40% 程度までは 1.0×10^{-4} cm/s 以下と大きな変化は見られないが 40% を越えると指数的に増加する傾向を示した。

これらより各混合比を相対的に比較した結果、屋上緑化に利用可能な混合比として混合比 60% が最も適していると思われる。今後の展開として保水性、保肥性についても明確にしていく予定である。さらに他の園芸用土壌や実用化された屋上緑化地盤材料も含め、比較検討していく必要がある。

【参考文献】

- 1) 末次ら：「廃棄 EPS インゴット破砕材を用いた軽量地盤材料の締固めおよび圧縮特性」土木学会第 53 回年次学術講演会，pp.676-677，1998
- 2) 末次ら：「廃棄 EPS インゴット破砕材の混入による地盤材料の透水性の改善」土木学会西部支部研究発表会，pp.490-491，1999

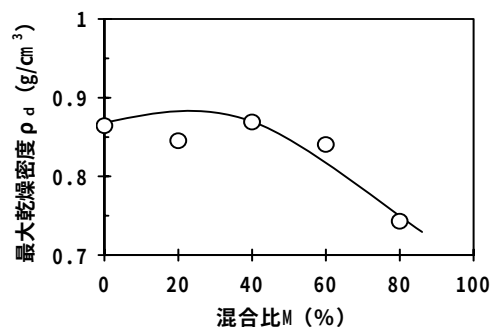


図-3 混合比と最大乾燥密度

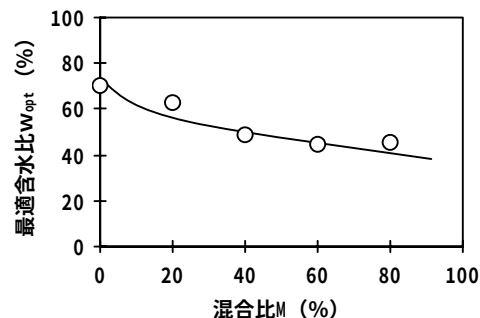


図-4 混合比と最適含水比

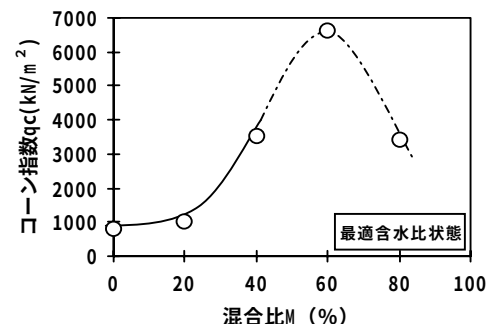


図-5 混合比とコーン指数

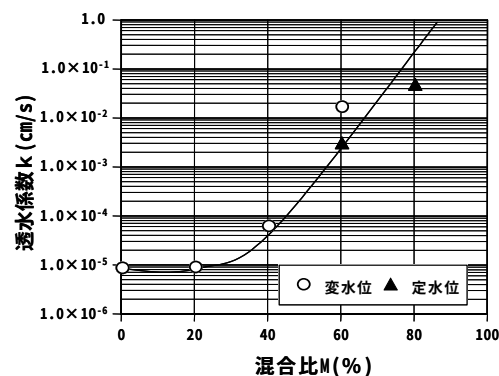


図-6 混合比と透水係数