

神戸大学工学部市民工学科 学生員 ○古宮 雅之
 神戸市立工業高等専門学校都市工学科 正会員 鳥居 宣之
 神戸大学大学院工学研究科市民工学専攻 正会員 澁谷 啓

1. はじめに

昨年の7月に地上アナログ放送が終了したことを受け、多量のブラウン管テレビが排出されると予想されている。また、ブラウン管テレビの世界需要は年々減少しており、ブラウン管の余剰が発生する可能性が高いことから、ブラウン管の新たな再利用方法の確立が求められている¹⁾。その一つに廃びんガラスの再利用方法である発泡ガラス材として使用するというものがあるが、ブラウン管ガラスとびんガラスの組成が異なるため、使用の際には用途に応じた調査を行い、その適用性について検討する必要があると考えられる。本研究では、ブラウン管ガラスから製造された発泡ガラス材の地盤工学分野での有効活用に向けて、室内材料試験を実施したので報告する。



写真-1 使用した発泡ガラス材の形状

2. 発泡ガラス材試料

本研究で使用した発泡ガラス材は、原料にブラウン管ガラスを構成するガラスのうち、有害物質を含まないパネルガラスを使用し、発泡剤として二枚貝を使用したもので、ポーラスガラスと呼ばれるものである。また、発泡ガラス材は製造条件により比重・吸水率を調整できるという特性があるが、本研究で使用した発泡ガラス材は軽量（水に浮く）で吸水率が高い（30~40%）ものである。写真-1 に用いた試料の形状を示す。

3. 試験方法

本研究では土が粒度分布を持つ材料であることを考慮して、発泡ガラス材を特定の粒度分布に調整した上で試験を行った。この粒度分布には、アッシュストーンのものを採用した。これは、アッシュストーンが発泡ガラス材と同様、リサイクル材料で、軽量かつ吸水性が高いという性質を持つためである。図-1 にこの粒度加積曲線を示す。

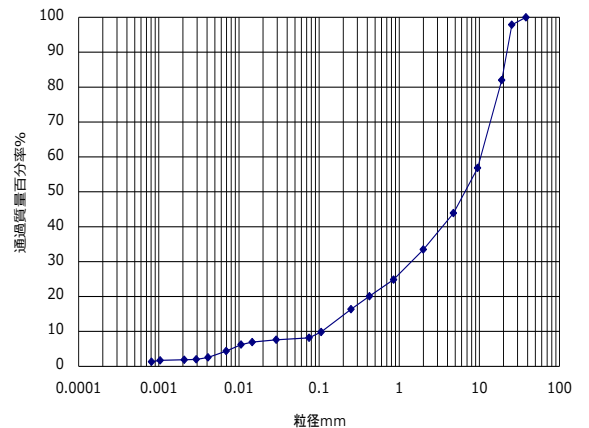


図-1 発泡ガラス材の粒径加積曲線

表-1 試験項目および試験条件

試験項目	試験条件, 特記事項
締固め試験	・B-c法(湿潤法, 非繰り返し)
粒度試験	・締固め後の試料を使用 ・締固めによる破砕性の評価
透水試験	・定水位透水試験 ・締固め度 $D_c=85.95\%$
pH試験	・懸濁液作成後3時間後にpH計測
三軸圧縮試験	・CD(圧密排水)試験 ・19mmふるい通過試料を使用 ・締固め度 $D_c95\%$

室内材料試験は日本工業規格(JIS)および地盤工学会基準(JGS)に準じて行った。表-1 に試験項目および試験条件を示す。

4. 試験結果

図-2 に締固め曲線、図-3 に締固め前後の粒径加積曲線、表-2 に透水・pH 試験結果、図-4 に三軸圧縮試験の結果をそれぞれ示す。

(1) 締固め試験結果

発泡ガラス材の最適含水比 w_{opt} は 51.5%, 最大乾燥密度 ρ_{dmax}

は 0.71g/cm^3 であった。締固め曲線はなだらかな形状で、 $w=10\sim 50\%$ の広い範囲で乾燥密度は大きく変化せず、ほぼ一定の値となった。一般的に粒径幅の広い粗粒土ほど最適含水比は小さく、最大乾燥密度は高くなる傾向があり、本研究で採用した粒度分布は均等係数 $U_c=92.6$ 、曲率係数 $U_c'=1.66$ で粒径幅の広いものであるといえるが、この傾向とは異なり最適含水比は大きく、最大乾燥密度は小さい値であった。これらは、発泡ガラス材の吸水性、軽量性によるものであると考えられる。

(2) 締固め後の粒度試験結果

図-3 から、締固め後の粒度加積曲線が原粒度に比べて左側にシフトしていることが確認できる。これは粗粒分が当初より小さな粒度階へ移動したことを意味し、締固めにより破砕が生じているといえる。Marsal の破砕率を求めた結果 $B_M=14.2\%$ であった。

(3) 透水・pH 試験結果

透水係数は 10^{-4}m/s 程度で、中位の透水性を示すことがわかる。また、アッシュストーンと比べて、締固め度の増加に伴う透水係数の低下量が小さい結果となった。pH は 10 以上の高いアルカリ性を示しており、水質汚濁防止法の排水基準の pH の許容値 ($5.8\sim 8.6$ (海域 $5.0\sim 9.0$)) を超えているため使用の際には何らかの対策が必要であるといえる。

(4) 三軸圧縮試験結果

図-4 より、発泡ガラス材の粘着力 c_d は 3.9kPa 、内部摩擦角 ϕ_d は 38.3 度で 35 度以上の値を示しており、砂礫と同程度の強度があることがわかる。

5. まとめ

上記の試験結果から、ブラウン管パネルガラスから製造された発泡ガラス材の地盤工学的特性は以下ようになる。

- ① 製造条件により比重・吸水率の調整が可能で、本研究で使用したものは軽量で吸水性が高い。
- ② 締固め曲線はなだらかな形状で、 $w=10\sim 50\%$ の広い範囲でほぼ一定の乾燥密度を示す。
- ③ 良好な透水性を示すが、pH10 以上の高いアルカリ性を示す。
- ④ 砂礫と同程度の強度がある。
- ⑤ 破砕が生じやすいが、透水性、強度ともに良好な値を示しており、実用上は問題ないと考えられる。

謝辞

試験試料を提供していただいた(株)ポーラステックの清水美希様をはじめとする皆様ここに記して謝意を申し上げます。

参考文献

- 1) 環境省：ブラウン管ガラスカレットのリサイクル・処分に係る技術検討会取りまとめ、pp.1-6、2011。

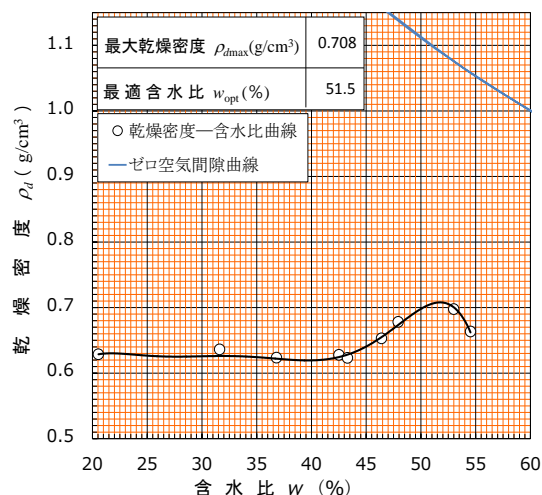


図-2 締固め曲線

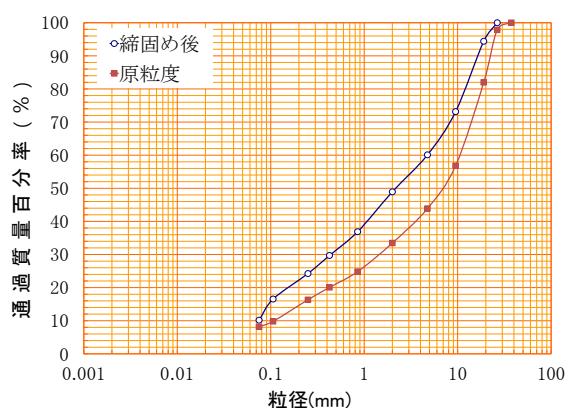


図-3 締固め前後の粒度加積曲線

表-2 透水・pH 試験結果

試料	透水係数 $k_{15}(\text{m/s})$		pH
	$D_c=85\%$	$D_c=95\%$	
発泡ガラス材	4.25×10^{-4}	1.09×10^{-4}	10.73
アッシュストーン	4.7×10^{-4}	5.9×10^{-5}	-

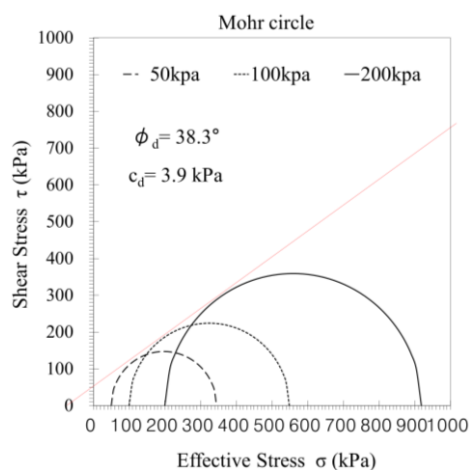


図-4 三軸圧縮試験結果