

廃ガラスリサイクル粗粒材料を用いた埋設管埋戻し材の液状化対策に関する検討

東京大学大学院 学生会員 三上大道

東京大学生産技術研究所 正会員 古関潤一

東京大学生産技術研究所 正会員 佐藤剛司

1. はじめに

現在わが国では多くのガラスびんが使用後に回収され、細かく砕かれ、ガラスびんの原料であるカレットに加工されている。しかし、茶色を除くつきガラスびんは、色調がばらつく、熱膨張係数が異なるなどの理由から再利用しにくく、その多くは使用後に廃棄されている。この問題を解決するための再利用製品として、廃ガラスリサイクル粗粒材料が開発された。本研究では廃ガラスリサイクル粗粒材料(公称粒度 5~10mm)の高い透水性能を活かし、埋戻し材の地震時液状化による埋設管浮き上がり対策へ用いることを目的としている。廃ガラスリサイクル粗粒材料の液状化対策としての有効性を確認するため、動的遠心模型実験を行った結果が佐々木らにより報告されている¹⁾。本報ではこの実験で用いられた埋戻し材料の透水試験を実施して、埋設管の浮き上がり現象との関係について検討した結果を報告する。

2. 実験条件・実験方法

模型実験の条件を表1に、模型断面を図1に示す。埋戻し層には粒度分布の異なる4種類の廃ガラスリサイクル粗粒材料(以下ガラス材と称する)、ナスファインサンド(以下ファインサンドと称する)、豊浦砂を使用した。使用材料、及び実大規模での対象材料であるガラス材(公称粒度 5~10mm)の粒度分布を図2に示す。

本研究では、使用した全ての埋戻し材料を対象に JIS A 1218 に従って透水試験を行った。ここで、豊浦砂に関してのみ間隙流体として粘度の異なるメチルセルローズ水溶液を用いた透水試験も行った。これにより、透水係数と間隙流体の粘度の関係が概ね線形近似できることを確認している。

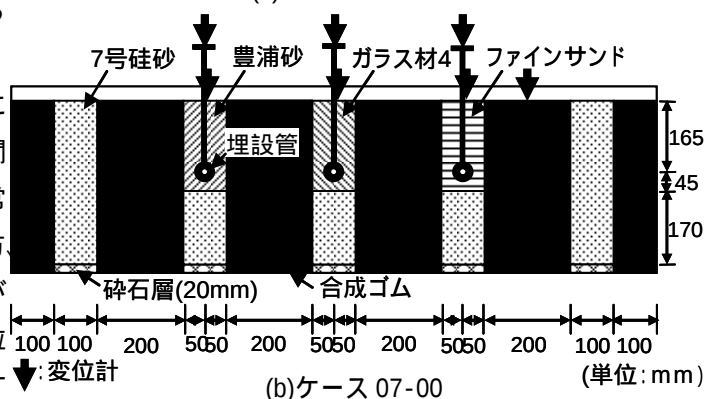
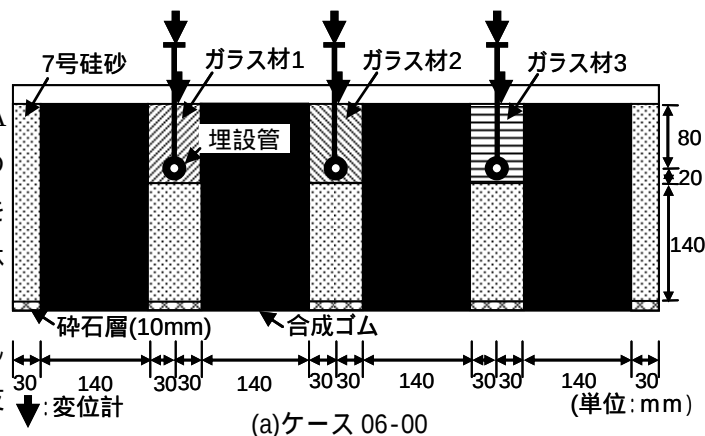
模型実験における周辺地盤としては軟弱粘性土を想定した合成ゴム($E=1.1\text{MN/m}^2$)を使用した。埋戻し層下方の支持層には7号珪砂を使用し、液状化が生じないようにできるだけ密に締固めて作成した。

遠心模型実験においては相似則に基づき、遠心加速度に従い模型寸法の縮尺を変化させているものの、土粒子に関しては粒径が異なると性質も異なってしまうことから、通常は土粒子の縮尺を変化させない方法がとられている。一方、埋設管の浮き上がり問題では、埋設管の下方に土粒子が回りこむことによって埋設管が浮き上がる。そのため、土粒子と模型との縮尺の不一致が浮き上がり量に影響を及ぼす可能性があると考えられる。これは粒径効果と呼ばれてい

表1 実験条件¹⁾

ケース	埋戻し材料	相対密度 D_r 締固め度 D_c	遠心 加速度	加振条件	間隙流体
case 06-00	ガラス材1 (2.0~4.75mm)	$D_c=91.3(\%)$	25G	sin波10G 25Hz20波	メチル セルローズ 水溶液 (25cs)
	ガラス材2 (0.85~4.75mm)	$D_c=91.3(\%)$			
	ガラス材3 (0~4.75mm)	$D_c=91.2(\%)$			
case 07-00	豊浦砂	$D_r=65.5(\%)$	15G	sin波8G 30Hz40波	メチル セルローズ 水溶液 (3cs)
	ガラス材4 (0.85mm以下)*	$D_r=61.4(\%)$			
	ファインサンド	$D_r=60.4(\%)$			

*文献1)では推定締固め度で表示(本文参照)

図1 模型断面¹⁾

キーワード リサイクル材料、液状化、埋設管

連絡先 〒153-8505 東京都目黒区駒場 4-6-1Ce-202 東京大学生産技術研究所基礎地盤工学研究室 TEL03-5452-6422

る。そのため分析対象とした模型実験では、case07-00 においてはできる限り粒径の小さなものを使用し、粒径効果の軽減を試みている¹⁾。

間隙流体に関しては、case06-00 では動的現象と浸透現象の時間の縮尺を一致させるため、遠心加速度に従い粘性流体の粘度を水の 25 倍に設定している。一方 case07-00 に関しては、ガラス材 4 の最大粒径をケース 1 の 1/5 とし、これに伴い透水係数が 1/5 程度になると仮定し、見かけの透水係数が実物換算の 1/15 となるように、間隙流体の粘性を水の 3 倍に設定している¹⁾。

埋設管仕様は、case06-00 が直径 21mm、長さ 194.5mm、case07-00 が直径 30mm、長さ 295mm で、いずれも見かけの比重を 0.8 に調整している¹⁾。

3. 実験結果

図 3 に埋設管の実物換算浮き上がり量と実物換算透水係数との関係を示す。実物換算浮き上がり量とは浮き上がり量の実測値に遠心加速度を乗じたものである。また、上述したように透水係数と間隙流体の粘度が線形関係にあることから、本研究では実物換算透水係数を以下のように定義した。

$$(\text{実物換算透水係数}) = (\text{透水係数の実測値}) \times \frac{(\text{水の粘度})}{(\text{間隙流体の粘度})} \times \frac{(\text{遠心加速度})}{(\text{重力加速度})}$$

case06-00 に関しては全ての地盤において埋設管がほとんど浮き上がらなかった。また、地盤中に複数設置した間隙水圧計からも、液状化が確認できなかったことから、高い透水性能により液状化が抑制されたものと考えられる。

ただし、上述したように粒径効果による影響が生じている可能性も考えられる。そのため、case06-00 に用いた材料の透水係数が、必ずしも液状化対策として有効となる透水係数であるとはいえないことから、今後も検討が必要である。

case07-00 において、ガラス材 4 と豊浦砂に関しては、粒径、透水係数がほぼ同程度であるものの、ガラス材 4 で埋設管は大きく浮き上がり、豊浦砂で浮き上がらない結果であった。模型実験では、加振を行う前に圧密過程を設けており、その際、ガラス材 4 では豊浦砂に比べ大きな沈下が生じた。すなわち、埋設管浮き上がり量は密度に依存し、ガラス材 4 のほうが緩い状態ができていたことにより浮き上がり量に大きな差が生じたものと考えられる。

ガラス材 4 はガラス材 3 における最大乾燥密度を使用し締固め度を算出すると、81.7%となる。この値は case06-00 の材料よりも低いことから、締固め度の面からもガラス材 4 は緩い状態であったと考えられる。

また、透水係数の最も小さいファインサンドにおいて埋設管が大きく浮き上がっていることより、透水係数が小さいほど埋設管は浮き上がりやすくなると考えられる。

これらより、今回の実験条件下では、埋設管浮き上がり量は密度と透水係数に依存し、透水係数が 0.1cm/sec 程度以下では透水係数が下がるほど埋設管が浮き上がりやすくなると考えられる。

また、本研究の対象材料とするガラス材(5～10mm)は、透水係数が $3.2 \times 10^{-1} \text{ cm/sec}$ であり、豊浦砂、ガラス材 4 よりもやや大きいことから、十分な締固めを行うことで、液状化対策として有効であると考えられる。

4. まとめ

1. 液状化による埋設管浮き上がり量は埋戻し土の透水係数と密度に依存していると考えられる。
2. 今回の実験条件下では、透水係数 0.1cm/sec 程度以下では浮き上がりが生じる場合があり、さらに透水係数が同程度の場合は密度に大きく依存した。

謝辞 模型実験データは独立行政法人土木研究所より提供を受けた。また本実験で使用したガラス材、及びファインサンドは、ガラス・リソーシング(株)、カヤ興産(株)からそれぞれ提供を受けた。ここに記して深謝の意を表す。

<参考文献> 1)佐々木哲也、杉田秀樹、水橋正典:管路施設の液状化対策としてのリサイクル材料の適用に関する動的遠心模型実験、第 42 回地盤工学研究発表会、2007

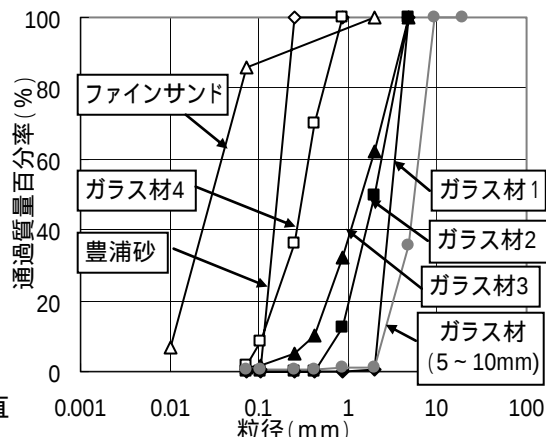


図 2 粒径加積曲線

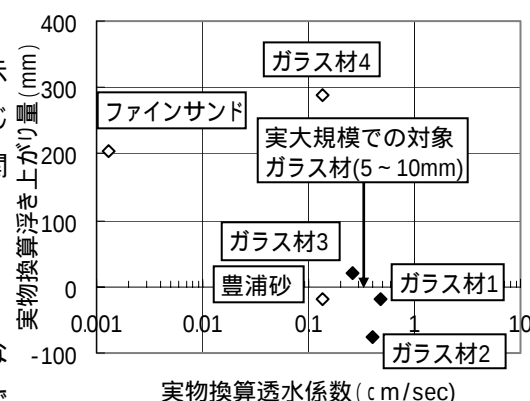


図 3 埋設管浮き上がり量と透水係数の関係