

ガラス造粒砂の液状化強度に関する研究

高知工業高等専門学校 学生会員 岡田雄吾
 学生会員 松本晃輝
 正会員 岡林宏二郎

1. 目的

2011年3月11日に起きた東北地方太平洋沖地震では、関東地方を中心に甚大な液状化被害が観測された。これらに対し、土の液状化強度を精度よく求めることができれば液状化対策工に繋げることができ、液状化による被害を少なくすることができる。本研究では、定圧力・定体積条件で実験ができる低応力型の繰返し一面せん断試験機で液状化強度を求める試験を行ってきた。昨年度から、ガラス造粒砂の試験を始め、ガラス砂礫とガラス礫の相対密度50%の実験を行った。

本研究ではR3年度の供試体モデルのガラス砂の質量の精度を上げて修正し、ガラス砂礫の相対密度50%とガラス礫の相対密度70%についての実験を行い、液状化強度を求める。そしてR3年度の実験結果と比較する。

2. ガラス造粒砂

図1にガラス造粒砂を示す。日本で作られるガラス瓶は約124万トンであり、その原料の95%は「カレット」というリサイクル資源である。しかし、青や緑など色のついた瓶は再生が難しく、年間約25万トンも埋め立てられている。これらに対してリサイクルガラス造粒砂協会がリサイクル用途の開発に努めた結果生まれたのがガラス造粒砂である¹⁾。透水性が高く吸水膨張比が小さいという性質から液状化・再液状化対策として期待されている。



図1. ガラス造粒砂

3. 実験方法

本研究では粒形が2mm以下のガラス造粒砂をガラス砂とし0.01mm～5mmの砂礫分をガラス砂礫、2mm～5mmの礫分をガラス礫とする。

表1にガラス砂礫相対密度50%の試験条件を示す。突き固め条件は相対密度50%では二層に分け

て突き固め、相対密度70%では三層に分けてそれぞれの層で突き固めを行う。また、ガラス砂礫は相対密度50%、ガラス礫は相対密度70%になるように質量を計算する。計算した結果、ガラス砂礫は79.11g、ガラス礫は74.57gに調整し、供試体を作成する。

表1. ガラス砂礫相対密度50%の試験条件

項目	条件
供試体寸法	φ60×H20mm
試料名	ガラス砂礫
供試体作成方法	空中落下法
試料状態	絶乾状態
排水条件	非排水
土粒子の密度	2.501g/cm ²
相対密度	50%
圧密応力	100kpa
せん断応力	15,20,25,30kpa
せん断速度	0.2mm/s
質量	79.11g(ガラス砂礫)
	8.35g(ガラス砂)

図2にガラス砂礫の供試体モデルを示す。本年度はせん断箱の底の圧力板に接する部には高さ2mm分のガラス砂を敷いて作成するものとする。R3年度の研究では高さ2mm分のガラス砂を10mgとして挿入していたが、ガラス砂の最大・最小密度試験を行い相対密度50%のガラス砂の高さ2mm分の質量を計算し8.35gとした。相対密度70%のガラス砂は8.64gとした。

本研究の液状化強度の算出方法は両振り振幅変位 $D\delta$ による算出と有効応力比 σ'/σ_0 による算出がある。過去の前任者の研究より、両振り振幅変位 $D\delta$ による算出と有効応力比 σ'/σ_0 による算出で比較すると後者のほうが個人誤差も少なく、香川高専の繰返し三軸試験機での実験結果と近くなった。これらを考慮し、本研究では有効応力比 σ'/σ_0 による算出を採用する。

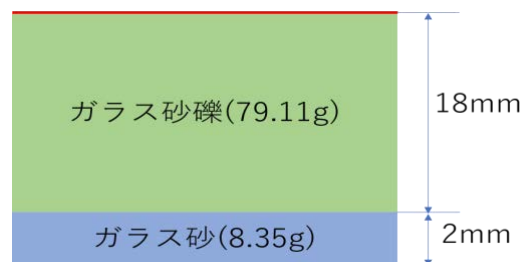


図2. ガラス砂礫相対密度50%の供試体モデル

4. 実験結果及び考察

4.1 有効応力経路

図3にガラス礫の応力振幅比0.2の有効応力経路を示す。液状化発生までの繰り返し回数は350回である。この図からせん断応力は20kpaと正しく応力を制御できていることがわかる。

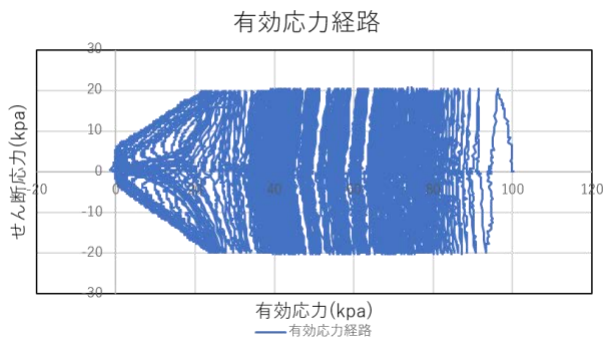


図3. 有効応力経路(ガラス礫応力振幅比0.2)

4.2 ガラス砂礫

表2にガラス砂礫の相対密度50%の試験結果を示し、図4にその液状化強度曲線を示す。比較するためにR3年度行ったガラス砂礫の相対密度50%の曲線も示す²⁾。

表2. ガラス砂礫試験結果(Dr=50%)

応力振幅比	0.3	0.25	0.2	0.15
繰り返し回数	8.3	13.7	38.9	133.3

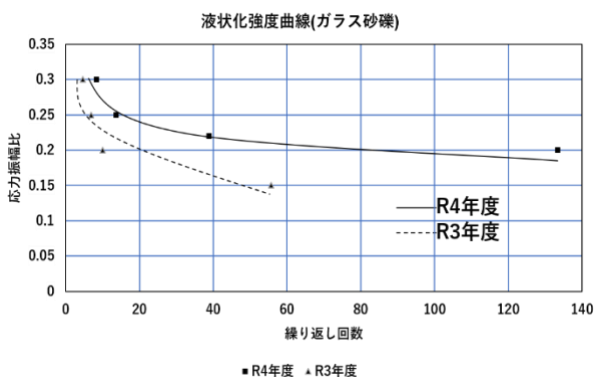


図4. 液状化強度曲線(ガラス砂礫 Dr=50%)

R4年度の結果をR3年度に比べて応力振幅比が大きいところでは多くなっている。これは供試体モデルを修正したことでガラス砂の質量が減り、礫分の質量が多くなったことで少し強度が大きくなり、応力が小さくなるとより強度を発揮し、繰り返し回数が大幅に大きくなったと考える。

4.3 ガラス礫

表3にガラス礫の相対密度70%の試験結果を示し、図5にその液状化強度曲線を示す。比較するためにR3年度行ったガラス礫の相対密度50%の曲線も示す。

表3. ガラス礫試験結果(Dr=70%)

応力振幅比	0.3	0.25	0.22	0.2
繰り返し回数	59	79	181	350

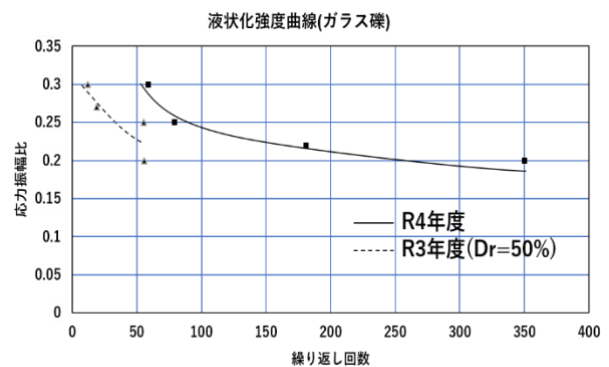


図5. 液状化強度曲線(ガラス礫 Dr=70%)

図5から分かるように相対密度50%のガラス礫に比べて、相対密度70%のガラス礫は繰り返し回数が大幅に大きくなっている。このことから、相対密度が大きくなることで液状化強度が大幅に大きくなることがわかる。

また、供試体モデルを修正したことによる強度の増加も考えられる。

・ 5. まとめ

- (1) 供試体モデルを修正したことでガラス砂礫の相対密度50%の液状化強度は大幅に大きくなった。
- (2) 相対密度50%から相対密度70%すると、液状化強度が大幅に大きくなることが分かった。
- (3) 有効応力経路を見ると、正しく応力が制御されており正しい液状化強度を求めることができた。

・ 参考文献

- 1] ガラスリソーシング株式会社：リサイクルガラス造粒砂「サンドウェーブG」技術資料 p.7
- 2] 松本晃輝：高知高専型一面せん断試験機によるガラス砂礫及びガラス礫の液状化強度試験，R3年度，卒業論文，p17-21