

ガラス砂を用いた宅地の液状化対策工法及び対策工法と地震動の関係

高知高専 法人会員 ○筒井勇伍 高知高専 正会員 岡林宏二郎
高知高専 法人会員 川竹冬姫

1. 序論

近年, 南海トラフ地震の発生が予期されており, 地震による建物の倒壊だけでなく液状化による地盤沈下や傾斜が発生すると考えられている. サンドウエーブ G (以下ガラス砂と呼称) は山砂と比較して軽くて透水性が高く, 吸水膨張比が小さい¹⁾. そのため, 液状化や再液状化の対策として効果が期待されている. 本稿では, 粒度 0.075~5mm の砂礫分 (通常ガラス砂) をガラス砂礫, 粒度 2~5mm の礫分をガラス礫と呼ぶ. また, 一般的に地盤の卓越周期は地盤が軟弱であるほど大きくなる. しかし, 未だ液状化と地震波の関係は十分に解明されていない.

本研究では, ガラス砂を用いた宅地の液状化対策工法及び対策工法と地震動との関係について, 遠心力模型実験と応答スペクトル解析により検討する.

2. 研究方法

本研究では, ガラス砂の粒度分布と地盤形状をパラメータとして 4 種類の実験モデルを扱う. 実験模型内には間隙水圧計と加速度計, ターゲットを配置する. センサーの位置を図 1 に, ターゲットの位置を図 2 に, 地盤模型の条件を表 1 に示す. ガラス砂礫とガラス礫の相対密度の基準をそれぞれ 50%, 37% とする. Case4 のみ, 相対密度をパラメータとして, 変位量の抑制を検討する. なお, 遠心力場は 40G とする.

振動台装置に入力する地震波は, 繰り返し回数 30 回, 変位 2mm, 振動数 30Hz の正弦波とする. 振動台のメンテナンス前後で地震動の大きさが異なった. メンテナンス前の地震波を Ver.1, 後の地震波を Ver.2 (図 3) とし, それぞれの最大加速度は 382gal, 125gal である.

住宅模型の質量は一般的な RC 造 2 階建ての単位面積当たりの荷重と相似則を考慮し, 1.3248kg とする. 寸法は地盤模型内のすべり面を考慮し, 幅 120mm×高さ 100mm×奥行 130mm とする.

また, Excel 上でスペクトル算出ができるソフト S_WAVE を使って, 実験で得た加速度の時刻歴データからスペクトル解析を行う. 鉄筋コンクリート造を想定して, 減衰定数は 3% とする.

3. 実験結果および考察

Case1 および Case2, Case4 ($D_r=37\%$) の過剰間隙水圧比の時刻歴変化をそれぞれ図 4~図 6 に示す. 図 4 より, Case1 では過剰間隙水圧比が 1.5 程度に達しており, 完全液状化している. 図 5 よ

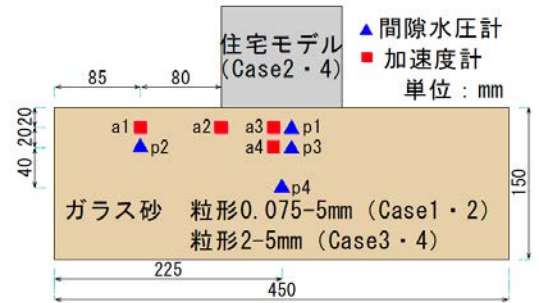


図 1 センサーの位置

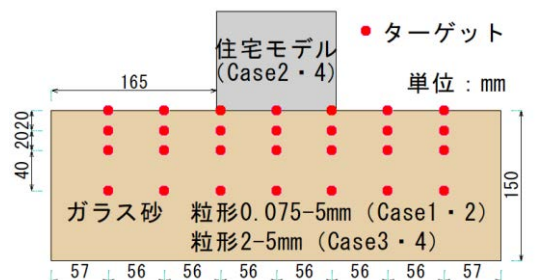


図 2 ターゲットの位置

表 1 地盤模型の条件

	粒度分布	地盤形状	相対密度	地震動
Case1	ガラス砂礫	水平地盤	50%	Ver.1
Case2		宅地		
Case3	ガラス	水平地盤	37%	
Case4	ガラス礫	宅地	50%	Ver.2
			70%	

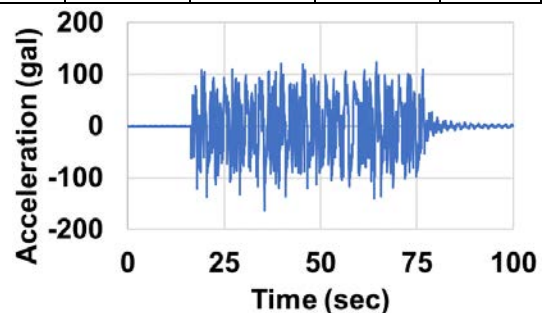


図 3 振動台の地震波 (Ver.2)

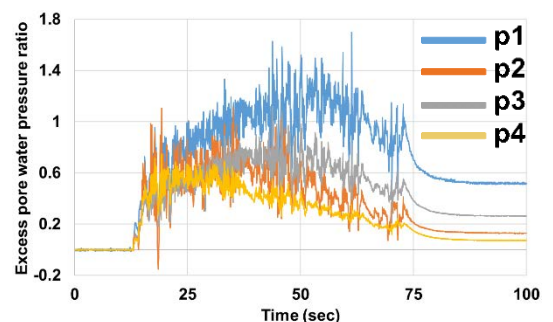


図 4 過剰間隙水圧比の時刻歴変化:Case1

り、Case2では住宅による増加応力により過剰間隙水圧比が低減できたが、間隙水圧が増加しているため液状化発生の可能性がある。すなわち、ガラス砂礫の過剰間隙水圧比の低減効果は十分でない。ガラス砂礫の透水係数は 2.19×10^{-3} [m/s] と比較的小さく、間隙水圧が消散しにくいいため、間隙水圧が上昇した。図6より、Case4 (Dr=37%) はCase2に比べて、過剰間隙水圧比を低減することができた。間隙水圧が上がらなかったのは、粒度2~5mmの礫分に調整することで透水係数が 1.15×10^{-2} [m/s] と大きくなったためである。

Case4 (Dr=37%, 50%, 70%) の最大沈下量を表2に示す。深いほど沈下量が抑制された。これは地盤が深いほど有効応力が大きいためである。また、相対密度が大きいほど沈下量が抑制できた。すなわち、地盤内の間隙が小さくなると沈下が抑制できる。

水平地盤 Case1 と Case3 の加速度応答スペクトルをそれぞれ図7、図8に示す。図7より、Case1のa1では周期0.15秒と0.31秒、1.09秒で増幅した。a2では1.08秒、a3では0.46秒と1.07秒で増幅した。すなわちCase1の卓越周期は1.07~1.1秒である。図8より、Case3のa1・a2・a3は0.91秒で増幅した。すなわちCase3の卓越周期は0.91秒である。

完全液状化したCase1では、液状化していないCase3に比べて加速度が増幅する周期が多かった。これは、液状化して地盤が軟弱になったためである。しかし、卓越周期の違いは小さく、液状化発生の有無にかかわらず卓越周期はほとんど変動していない。また、位置や深さ、建物の影響による卓越周期の変動はほとんど見られなかった。

4. 結論

- (1) 相対密度50%のガラス砂礫地盤の過剰間隙水圧比低減効果は十分でない。
- (2) ガラス礫は相対密度37%以上で十分に過剰間隙水圧比の低減効果がある。
- (3) 住宅直下の地盤は増加応力の影響で間隙水圧が上昇しにくい。
- (4) 相対密度を大きくすることで沈下を抑制することができ、ガラス礫では相対密度70%以上で十分に変位が抑制できる。
- (5) 液状化すると卓越する周期が多くなる。また、液状化発生の有無にかかわらず卓越周期は変動しない。

本研究では、ガラス砂の液状化対策効果を確認することができた。今後はガラス砂を用いた置換工法について、置換範囲に関する検討が必要である。

参考文献

- 1) リサイクルガラス造粒砂協会。パンフレット。Ver.2, 2015, p3-9.

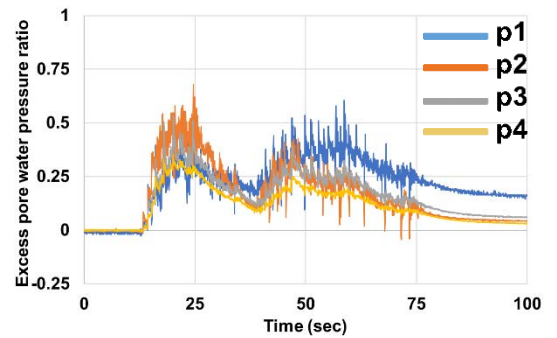


図5 過剰間隙水圧比の時刻歴変化:Case2

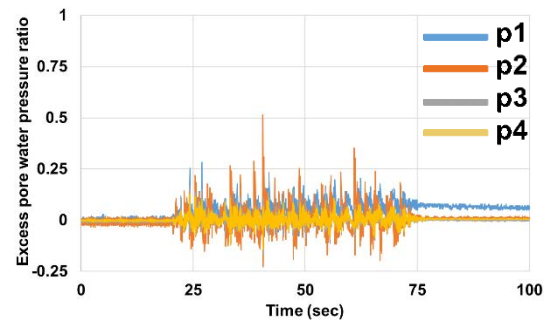


図6 過剰間隙水圧比の時刻歴変化:Case4(37%)

表2 Case4の最大沈下量

深さ	最大沈下量[mm]		
	(※[]内は実地盤換算値)		
	Dr=37%	Dr=50%	Dr=70%
0mm	5 [200]	2 [80]	1 [40]
20mm	4.5 [180]	1 [40]	1 [40]
40mm	4 [160]	1 [40]	0 [0]
80mm	1 [40]	1 [40]	0 [0]

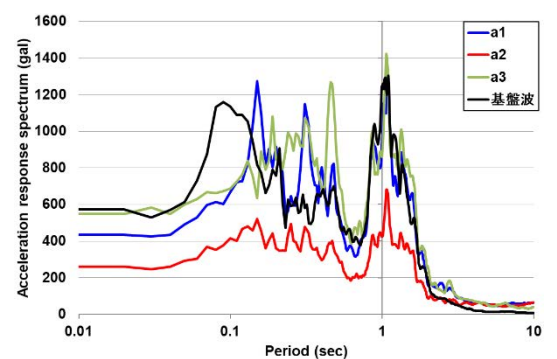


図7 加速度応答スペクトル:Case1

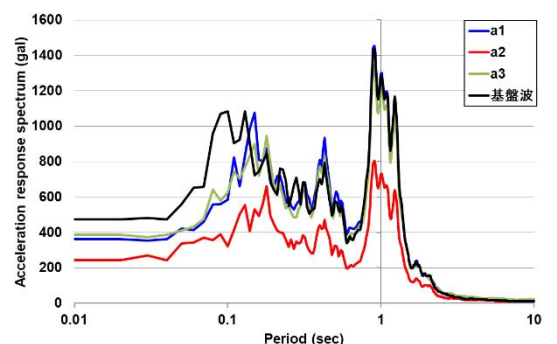


図8 加速度応答スペクトル:Case3