

動的遠心力模型実験装置の改善及び液状化模型実験

高知工業高等専門学校 学生会員 ○三笠候嗣

高知工業高等専門学校 正会員 岡林宏二郎

1. はじめに

日本は世界有数の地震国であり、古来より頻繁に地震による被害を経験してきた。先の東日本大震災や阪神淡路大震災いずれの震災においても大規模かつ広範に確認された被害として液状化現象を挙げることができる。本研究の目的は、実験方法の見直しと本校所有の動的遠心力模型実験装置の改善によって、将来予測される南海トラフ型巨大地震などに対する液状化現象などを対象とした地震対策工の実証実験などを可能とすることである。

2. 改善内容

2.1 液状化層模型作成装置の開発

本研究室で行われていた既存の液状化層作成の方法は、その再現性において改善の余地が在り、作成過程における模型地盤の相対密度の均等性に問題点があった。そこで液状化層模型作成の検討を行い、所要の相対密度が得られるような液状化層模型作成装置 (Fig. 1) の開発を行った。開発した液状化層模型作成装置の精度検証を行い、液状化層模型に求められる相対密度である $Dr=50\%$ 台と $Dr=70\%$ 台を小さい誤差で作成できることが検証された。

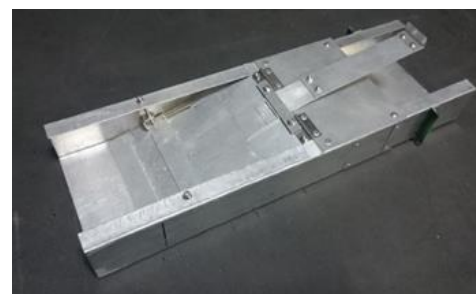


Fig.1: 液状化層模型作成装置

2.2 振動台の改善及び検証

改善前の振動台の性能では入力した地震波の再現性に問題があり、十分な加速度が得られない可能性があった。改善前 (Fig2) と改善後 (Fig3) の波形を示す。改善前のデータには全体的に乱れが確認できるが、改善後のデータには加振した sin 波の規則性が確認できる。よって、今回の諸改善によって振動台の加振性能が向上していると言える。

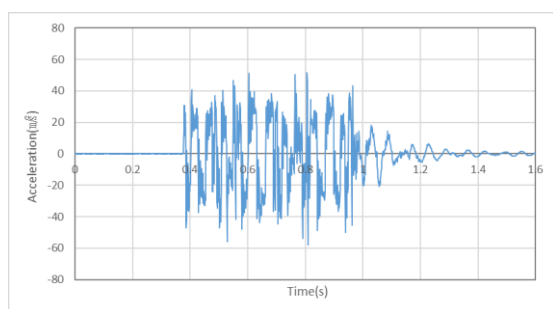


Fig.2: 改善前 (sin 波 振動数 15Hz 変位 1.0mm)

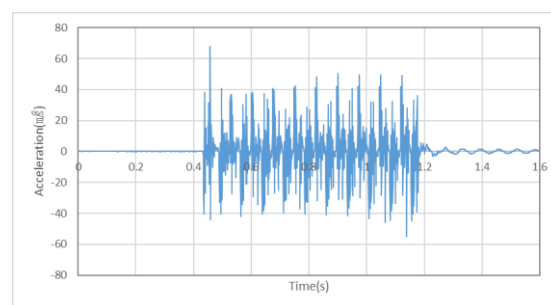


Fig.3: 改善後 (sin 波 振動数 15Hz 変位 1.0mm)

3. 実験概要

本実験は、本研究における動的遠心力模型実験装置の各改善によって必要な性能を有することができたかを検証するためのものである。実験模型図を Fig. 4 に示す。

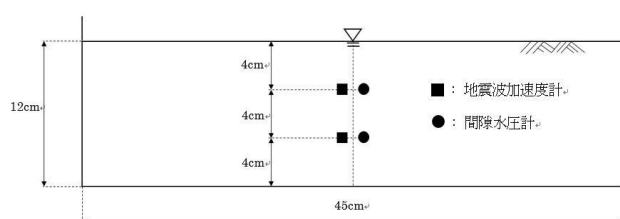


Fig.4: 実験模型

実験条件

- ・縮尺: 1/20
- ・模型材料: 豊浦標準砂
- ・目標相対密度: 50%
- ・加振地震波¹⁾: sin 波 10Hz 変位 2mm
- ・飽和水粘度: 20mpa・s

4. 実験結果

4.1 全応力と間隙水圧についての考察

実験で計測された間隙水圧を Fig. 5 に示す。図中の破線は層深さ 4.0cm、層深さ 8.0cm の全応力である。

Fig. 5 から分かるように層深さ 4.0cm、層深さ 8.0cm 共に間隙水圧が上昇し全応力とほぼ同等の値となった。これは、クーロンの式における間隙水圧が全応力と同等となりせん断強さが失われたという証明になる。また、層深さ 4.0cm の間隙水圧の消散が層深さ 8.0cm よりも遅いことも確認できた。よって液状化現象を再現できたと言える。

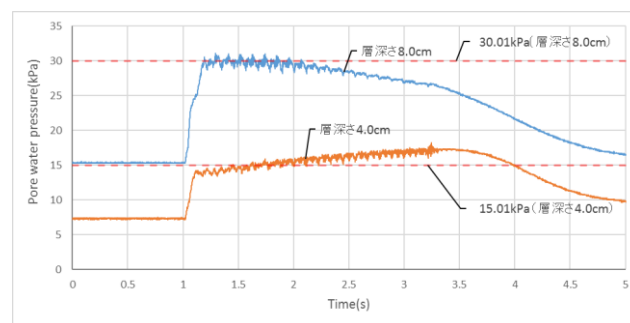


Fig.5：上載圧・間隙水圧

4.2 スペクトル解析による考察

実験で各計測ポイントにて計測された地震波加速度のスペクトル解析を行った。

Fig. 6 の加速度フーリエスペクトルより、卓越周期は層深さ 4.0cm、層深さ 8.0cm、振動台共に 9Hz 程度となった。9Hz は約 0.11 秒であり、原地盤における周期は相似側²⁾より、今回の実験で用いた液状化模型層は縮尺 1/20 なので 0.11 秒を 20 倍すると約 2.2 秒となる。つまり、今回の実験で加振した地震波は原地盤では長周期波である事が言える。次に、Fig. 7 の加速度応答スペクトルより、加速度は層深さ 4.0cm、層深さ 8.0cm、振動台の順に大きくなっており加速度の増幅に土層の拘束圧が影響していることが分かる。

液状化層などの軟弱地盤において長周期波の加速度・速度成分が増幅される事³⁾が言われるが、実験結果のスペクトル解析を行った結果からも同様の現象が確認された。つまり、今回の液状化模型実験において軟弱地盤の挙動が再現できていることが言える。

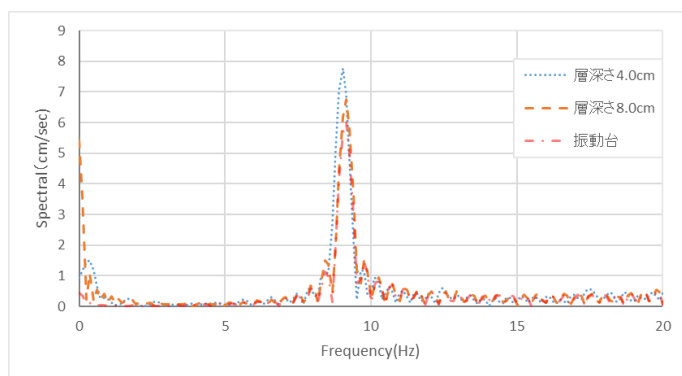


Fig.6：加速度フーリエスペクトル

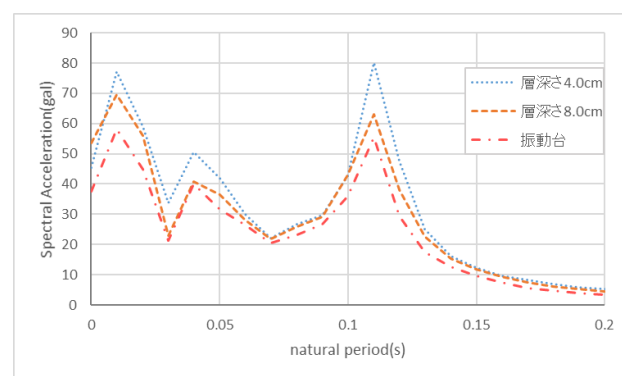


Fig.7：加速度応答スペクトル

5. まとめ

今回の研究にて行われた装置の諸改善及び開発、実験方法の見直しによって本校所有の動的遠心力模型実験装置は理論に基づいて液状化現象を再現することが可能となった。今後の課題として、Dr= 40%代の液状化層模型を作成可能とする事、液状化解析ソフト LIQCA との対応、実際に過去に発生したトラフ型地震及び直下型地震による液状化現象の再現実験を行う事、具体的な液状化対策工の考案、等が挙げられる。

6. 参考文献

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編, 2012
- 2) 古関潤一, 龍岡文夫: 地盤工学における遠心力载荷実験, 東京大学生産技術研究所所報, pp. 405-406, 1995.
- 3) 松下司: 液状化を含む軟弱地盤の地震応答挙動及びその応答解析が建物応答に与える影響～高知市の実地盤を対象とした検討～, 高知工科大学大学院修士論文, pp. 78-81, 2009.