

動的遠心力模型実験装置の開発並びに盛土の液状化実験に関する研究

復建調査設計株式会社 正会員 ○橋田 賢治 高知高専 正会員 岡林 宏二郎
東洋建設 正会員 伊藤 輝 高知高専 法人会員 三笠 候嗣

1. 緒言

東日本大震災の被害調査結果から、海洋型の継続時間が長い地震波や長周期の波を含む地震波に対する対策、粘り強い土構造物の設計等が必要であることがわかった。高知県でも、南海トラフ巨大地震に備えて地震の挙動や対策工の実証実験が可能な装置が必要である。そこで、本校に設置されている装置を地震動が加振できる動的に改善した。本研究の目的は、遠心力場で南海地震を再現できる装置とすることと、装置が必要な仕様を満たし、実構造物に相似則を適用した模型実験を行うことである。そのため、装置の動作確認と相似則の検討を行い、実構造物に生じる加速度を推定する。そして、模擬地震波を加振し盛土の液状化実験を行った。

2. 動的遠心力模型実験装置(Mark II)について

表1 遠心力模型実験装置の基本諸元

有効半径(mm)	1925
深さ(mm)	1700
振動台の寸法(mm)	L550×B150
試料 容器寸法(mm)	L450×B150×H300 L450×B139×H355
最大加速度(G)	200
最大周波数(Hz)	30
最大変位(mm)	30
駆動モータの動力P(KW)	14
計測装置	スイッチボックス 50チャンネル 圧カセンサーコネクタ 30チャンネル

2.1 動的遠心载荷装置の原理・概要

遠心力模型実験装置は実物の縮尺 $1/n$ の模型を重力加速度の n 倍の遠心加速度場において、模型内に実物と同じ自重応力とひずみ状態を再現させることができる。実験に用いた装置の基本諸元を表1に示す。

2.2 動的遠心载荷装置の動作確認

地震波に対する装置の動作確認として、SIN波と神戸波の模擬地震波のデータを用いて振動台を加振し、変位データの再現確認を行った。記録間隔を調整しながら加振した結果、SIN波では記録間隔1秒、神戸波などのランダム波は記録間隔0.1秒で変位データが再現可能である。図1に記録間隔0.1秒時の神戸波の変位データを示す。

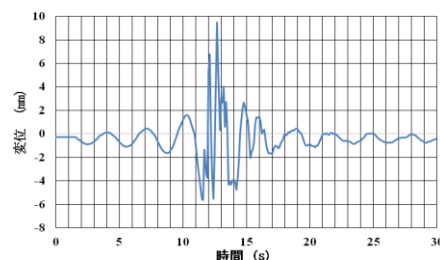


図1 神戸波の変位データ

3. 地震動による盛土実験

3.1 盛土実験の概要

盛土実験では寸法幅450mm、高さ355mm、奥行140mmの実験容器を用いた。基礎地盤、液状化地盤及び盛土地盤の3層をそれぞれ別々の試料を用いて作製する。模型地盤の概略図を図2に示す。

3.2 模型地盤の作製

基礎地盤作製には珪砂5号を用いる。目標相対密度 $Dr=90\%$ として、珪砂5号を厚さ均等で実験容器に入れて厚さ2cmになるまで突き固めを行った。液状化地盤作製は豊浦標準砂を用いて、厚さ10cm、目標相対密度 $Dr=50\%$ とする。空中落下法により落下高20cmで液状化層を作製し、液状化層地盤内の変形を確認するため赤い色砂を敷き、地盤内の間隙水圧を計測するために間隙水圧計を設置する。間隙水圧計の設置位置は基礎地盤直上と液状化層の表面から深さ1、5cmの位置とする。盛土作製では、目標相対密度 $Dr=95\%$ として珪砂7号を用いる。盛土を台形状にするために専用の型枠に詰め、冷凍庫で凍結を行う。そして、遠心装置で実験を行う直前に、凍結した盛土を解凍し容器内の液状化地盤上に載せる。

3.3 メチルセルローズ溶液の注入

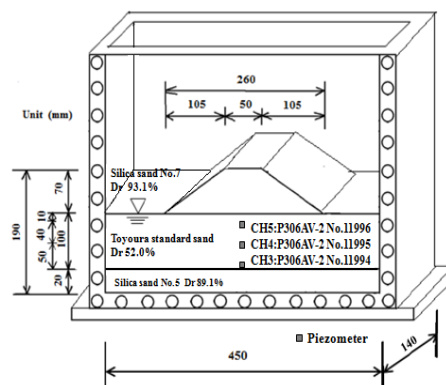


図2 模型地盤の概略図

キーワード 遠心模型実験、地震、液状化、盛土、間隙水圧

連絡先 〒732-0052 広島県広島市東区光町二丁目10-11 TEL 082-506-1811

地下水として水の粘度 20 倍のメチルセルロース溶液を作製し、水頭差を利用して試料容器に注入する。セルロースを地盤内に通水しやすくするために、 CO_2 ガスを地盤内に注入する。そして、セルロースを必要な注入量として 3.2L ほど試料容器に注入した。注入後、地盤の色の変化及び表面での浸透状況でセルロースが飽和していることを確認した。

3.4 実験方法

セルロースを注入し、盛土地盤を設置後、試料容器を振動台上に設置する。遠心加速度を 20G 場に上昇し、南海トラフ巨大地震のレベル 1 の加速度に相当する模擬地震波を加振する。そのため、変位 2mm、振動数 10Hz、波数 20 波と設定した SIN 波を 10 回加振する。

3.5 実験結果

3.5.1 加振後の盛土状況

SIN 波の模擬地震波を加振後、盛土状況を確認する。図 3、4 はそれぞれ SIN 波の模擬地震波を 1、10 回加振した時の盛土状況を示す。天端部分にひび割れが発生しており、加振回数が増えると、ひび割れが広がっていることがわかる。これは、模擬地震波の加振による地震動で液状化層が左右方向に引張られ、盛土にひび割れが発生していると考えられる。

また、盛土の変位は、実験前の全体の地盤高はおよそ 18.6cm、実験後ではおよそ 18.2cm であり、4mm ほど沈下した。実物に生じる変位量に換算するために、相似則の検討により公式 $Y_m = Y_p / N$ を用いる。Y と N はそれぞれ変位量、遠心加速度を示す。相似則の検討から、遠心加速度 20G 場の実物の変位量は 8cm となる。

3.5.2 模擬地震波の検討

遠心加速度 20G 場の状態で、SIN 波の模擬地震波を加振したときの加速度波形を図 5 に示す。波形の片振幅から最大応答加速度はおよそ 3500gal である。公式 $\alpha_m = N\alpha_p$ により、遠心加速度 20G 場の実物に生じる応答加速度は 175gal となる。

3.5.3 間隙水圧の検討

液状化層深さ 1、5、10cm に設置した間隙水圧の実測値及び静水圧の理論値をそれぞれ図 6、7、8 に示す。実測値は実線で示しており、模擬地震波の加振後の間隙水圧値を計測した。静水圧の理論値は点線で示しており、水の密度 ρ 、重力加速度 g 及び深さ H で水圧を計算し、更に遠心加速度 G との積から求めた。3 箇所とも模擬地震波の加振によって、実測値が静水圧より一時的に大きくなっている。このことから、過剰間隙水圧が発生し、地盤全体に液状化が発生したことがわかる。

4. まとめ

遠心力模型実験装置(MARK II)を動的に改善し、装置を安全に用いるために開発を行った。それらの予備実験を経て、盛土の液状化実験が可能となった。盛土による液状化実験結果から、地震動によって過剰間隙水圧が発生しており、地盤全体に液状化が発生していることが確認できた。

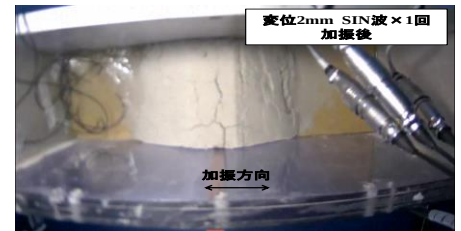


図 3 SIN 波加振後 (1 回目)

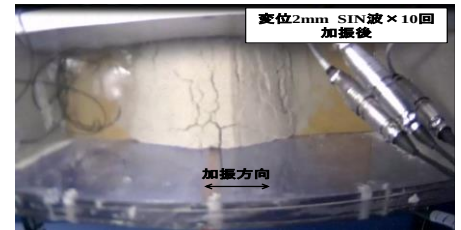


図 4 SIN 波加振後 (10 回目)

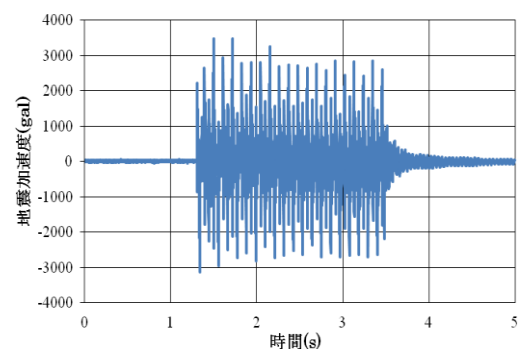


図 5 地震加速度波形

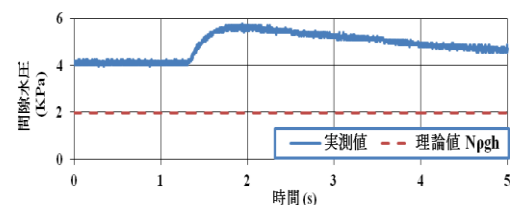


図 6 液状化層深さ 1cm の間隙水圧

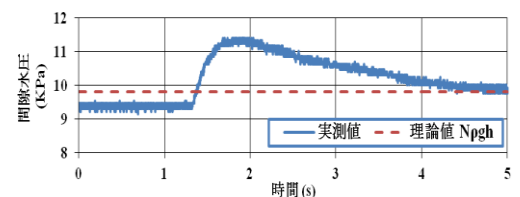


図 7 液状化層深さ 5cm の間隙水圧

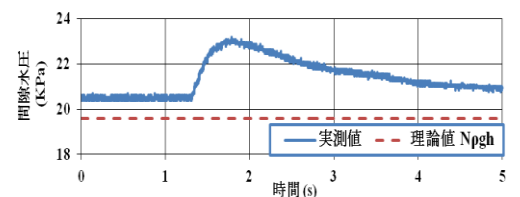


図 8 液状化層深さ 10cm の間隙水圧