

波浪による海底地盤内の応答間隙水圧変化に関する遠心模型実験

広島大学	正会員	佐々木 康
広島大学	正会員	S. B Gurung
広島大学	学生会員	加藤 典彦
広島大学	学生会員	○原田 敦司

1. はじめに

波浪による海底地盤の間隙水圧変化が原因と思われる海底地盤の液状化、海洋構造物の被害が報告されている。しかし、このような波浪による間隙水圧の変化に関する研究手法は確立されておらず、十分に解明されていない。本研究の目的は、研究数が少ないため実験方法が確立されていないドラム型遠心装置を用いて装置の特徴を活かした波浪模型実験の実験手法を開発し、実験を通じて波浪により発生する、砂地盤における残留間隙水圧の発生特性を明らかにすることである。

2. 実験装置

実物と同じ自重応力の下で模型実験を実施するためには、縮尺の逆数倍の大きな加速度を模型に与えることが必要である。そこで本実験では、安定した加速度として回転運動中に発生する遠心加速度を利用する遠心装置を用いた。遠心装置は大別するとベーム型とドラム型とに分類され、本実験では、試料容器の役割を果たすドラム（円筒）を高速で回転させるドラム型遠心装置を用いた。ドラム型遠心装置の断面図を図-1 に示す。水路幅は 180 mm、高さ 130 mm であり、50 g の遠心力場においては幅 9.0 m、高さ 6.5 m に相当する。造波装置は、モータの回転運動を偏心により、造波板の往復運動へと変換する。波浪周波数は 5.75 Hz（プロトタイプ換算 0.115 Hz）、造波板振幅を 15 mm（同 0.75 m）に設定した。

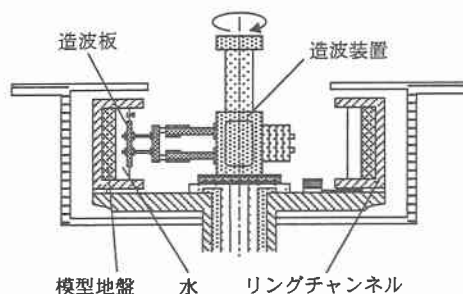


図-1 ドラム型遠心装置断面図

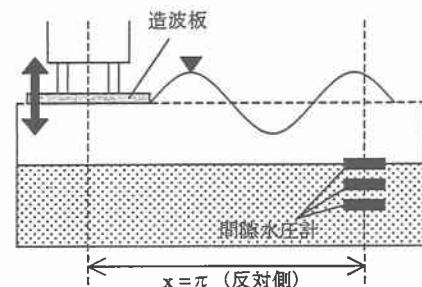


図-2 間隙水圧計の配置

次に、本実験における間隙水圧計の配置を図-2 に示す。模型地盤は、気乾状態の豊浦砂（最大間隙比 $e_{\max}=0.931$ 、最小間隙比 $e_{\min}=0.599$ ）を水中落下させることにより作成し、相対密度 D_r は 60～70 % である。50 g の遠心力場において地盤の層厚は 4.0 cm（プロトタイプ換算 2.0 m）、水深は 30 mm（同 1.5 m）に設定した。間隙水圧計は地盤表面、深度 1.0 cm（同 0.5 m）、深度 2.0 cm（同 1.0 m）の 3 カ所に設置した。

3. 実験手法

- ①リングチャンネルに間隙水圧計を設置し、遠心装置を水平軸方向に向けて回転速度を一定に保ちながら水を外部の外周リングから給水する。
- ②均質で一樣な地盤を作成するため、ポアリング装置を使用して、水中落下によりポアリングを行う。
- ③ポアリング終了後、遠心装置を水平軸方向から鉛直軸方向に向けて徐々に排水を行う。排水は、1度遠心装置の回転を止めた状態で間隙水圧計と造波装置を設置するため、地盤を重力場で自立させることを目的としている。地盤が自立する程度まで排水したことを確認して回転を止める。
- ③遠心装置を止めた状態で間隙水圧計を地盤表面に、遠心装置に造波装置を模型地盤に当たらないように注意しながら設置する。その際に、造波板も取り付ける。

④回転速度を 50 g である 366 rpm まで緩やかにあげて、外部の外周リングから水位が 7cm になるまで徐々に給水する。

⑤造波板を作用させて波を発生させ、応答間隙水圧を計測する。

4. 実験結果および考察

はじめに予備実験として、試料として水だけを用いて波を起こし、観測した波の周期をゼロ・クロッシング法により求めた。造波地点である造波板と間隙水圧計との距離による周期の違いを図-3 に示す。図-3 より、造波板付近の応答間隙水圧は不規則な周期を示すのに対し、造波板の反対側では、造波板の周期と同じ値を示す規則的な波が発生していることが分かる。よって、本実験では間隙水圧計を造波板の反対側に設置した。

さらに、造波板の形状による波形の乱れを調べるため、図-4 に示す長方形の造波板と円形の造波板を用いて波を発生させ、各間隙水圧を計測した。結果を図-5 に示す。図-5 より、長方形に比べて円形の造波板は比較的乱れの少ない波を発生させることが分かった。よって、本実験では円形の造波板を使用した。

次に、試料として砂と水を用いて波を起こし、地盤内の応答間隙水圧を計測した。結果を図-6 に示す。本研究の目的は残留間隙水圧の発生特性を明らかにすることであるが、図-6 に示すように、深度 1.0 cm、2.0 cm ともに残留間隙水圧を発生させるに至らなかった。原因は、この造波装置で再現できる波浪により、地盤内に発生する繰り返し応力比に対して、地盤の液状化強度が大きいこと、つまり相対密度が大きいことであると考えられる。

5. 結論

目的の 1 つである実験手法の開発においては、乱れが少ない波浪を平らな模型地盤に発生させることが可能となり、解析に必要な波の周期、相対密度等を求めることが出来るようになった。しかし、実験においては残留間隙水圧を発生させるにいたらなかった。残留間隙水圧が上昇しない原因を解明するため、造波装置で起こせる波浪と模型地盤の液状化強度の推定値を用いて検討した結果、原因が主に波浪と地盤にあると明らかとなった。よって今後の課題は主に 2 点があげられる。1 つは、波高の高い波を発生させること、もう 1 つは液状化強度の小さい地盤、つまり相対密度の小さい地盤を作成することである。現在の実験手法および実験装置では、第 2 の目的である波浪と残留間隙水圧の挙動を調べることは不可能であると考えられる。本研究の解明には、さらなる実験手法および実験装置の改良が必要である。

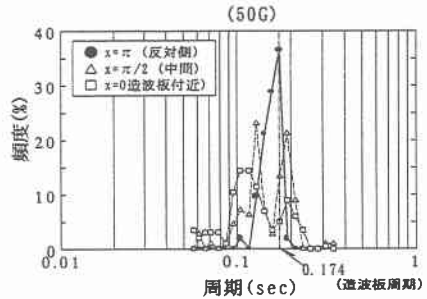


図-3 周期頻度スペクトル

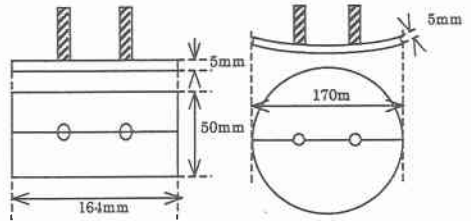


図-4 造波板の形状 (左:長方形、右:円形)

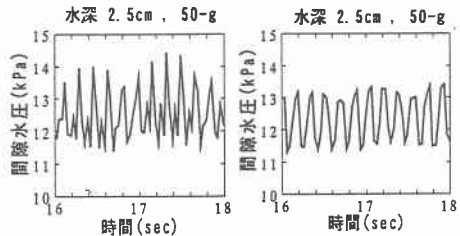


図-5 造波板形状別の間隙水圧
(左:長方形、右:円形)

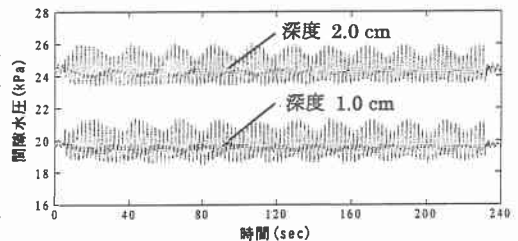


図-6 応答間隙水圧