

全応力変動に対する不飽和地盤の間隙水圧応答

広島大学 学生会員 ○石飛 剛
 広島大学 正会員 佐々木 康
 広島大学 学生会員 加藤 典彦

1. はじめに

波浪による護岸構造物の被災、海底地すべり等の原因の一つとして、波によって生じる液状化が挙げられている。土質研究室では、波浪による液状化に関してドラム型遠心装置を用いた模型実験技術の開発を行ってきた^{1), 2)}。しかし、十分な過剰間隙水圧の蓄積をともなう液状化が再現されていない。その原因としては、波の負荷が小さいことや地盤の密度が大きいことが考えられる。そこで本研究では波浪による液状化のメカニズムの一つである海底地盤が不飽和の場合に起こる間隙流体の圧縮性に起因した圧力の伝達遅れに着目し、圧力変動型装置を用いて不飽和地盤の全応力変動に対する間隙水圧応答の挙動を解明することを目的とする。

2. 実験装置

実験的に間隙水圧応答の挙動を追跡するためには、容易に飽和度が測定でき、圧力変動を与えられる装置が必要であるので、新たに装置を作成し実験を行った。装置は、内管の体積変化が生じない二重管構造を用い、B値を介して間接的ではあるが、飽和度を容易に測定できる。図-1に実験装置の概略図を示す。二重管式地盤模型装置の外管の高さ、内径はそれぞれ、300mm, 100mm, 内管の高さ、内径はそれぞれ、240mm, 36mmである。

模型地盤は、豊浦砂（最大間隙比 $e_{\max}=0.931$ 、最小間隙比 $e_{\min}=0.599$ ）を水中落下法、湿潤砂を用いた方法、空中落下法の3種の地盤作成方法により作成し、層厚は17cm～21cmで、相対密度 Dr は30～60%である。

3. 実験手法

- ①二重管式地盤模型装置と差圧計、間隙水圧計をつなぎ、経路を水で満たし、上記で述べた各地盤作成方法により二重管式地盤模型装置の内管内に地盤を作成する。
- ②地盤作成後、水深を5cmに調整し、外管と内管の水位を合わせ差圧計と間隙水圧計の値をパソコンでゼロとして値を取る。
- ③圧力14.3kPaを60秒間与え、そのときの差圧計と間隙水圧計の値を測定し、B値を算出する。
- ④B値計測後、一定の圧力を加え続け、二重管式地盤模型装置上端のコックから周期的に圧力を抜くことにより全応力変動（振幅： $p_0=2.36\sim 7.55\text{kPa}$ 、周期： $T=1.0\sim 2.0\text{sec}$ ）を与え、間隙水圧応答を計測する。

4. 実験結果および考察

全応力変動に対する間隙水圧応答に関する実験結果の一例を図-2に示す。図-2は、B値=0.821の地盤の例で、地盤表面の全応力変動(p_b)、地盤内の間隙水圧応答(p_m)、過剰間隙水圧($p_m - p_b$)の時刻歴である。過剰間隙水圧は全応力変動に応じて変動するが、その変動振幅の極大値はいったん上昇し、最大値をとったあと減少した。この減少は、加圧前後の相対密度の増加によるものである。図-3は地盤表面の全応力変動と地盤内の間隙水圧応答の関係を表したもので、地盤内の間隙水圧応答は減少と位相差が生じていることが分かる。図-4は地盤表面の全応力変動と過剰間隙水圧の関係を表したもので、これから過剰間隙水圧は、地盤表面の全応力変動が最大に近いとき最小値をとり、最小値付近で最大値をとることが分かる。また、全応力変動の

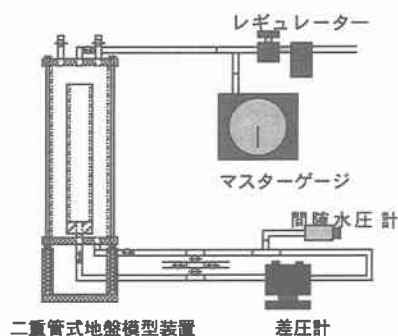


図-1 実験装置の概略図

条件や地盤条件と過剰間隙水圧の最大値の関係を調べた結果、次のようなことが分かった。図-5より過剰間隙水圧比 $[(p_m - p_b) / \sigma'_{v0}]$ の最大値は、全応力変動の振幅 (p_0) が大きくなるにつれ大きくなる。また、図-6より、過剰間隙水圧比の最大値は、相対密度が大きくなると小さくなる。加えて、加圧後相対密度が大きくなっていったことから、全応力変動による地盤の高密度化が考えられる。

5. 結論

- (1)不飽和地盤では、間隙流体が圧縮性を有するため、その体積変化と移動による圧力の伝達は、減衰と位相差を伴う。
- (2)実験の周期の範囲内では、不飽和地盤の過剰間隙水圧は、全応力が最大るとき最小値を取り、全応力が最小るとき最大値をとる。
- (3)全応力変動により生じる不飽和地盤の過剰間隙水圧の最大値は、変動応力の振幅が大きくなるにつれ増加する。
- (4)過剰間隙水圧比の最大値は相対密度が大きくなると小さくなる。
- (5)全応力変動により地盤は高密度化し、過剰間隙水圧の減少は相対密度の増加が関係していると考えられる。

参考文献

- 1) 日下部治他：海底地盤の波による間隙水圧変化に関する遠心模型実験，土木学会中国支部研究発表会発表概要集，1997
- 2) 佐々木康他：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，土木学会中国支部研究発表会発表概要集，1998

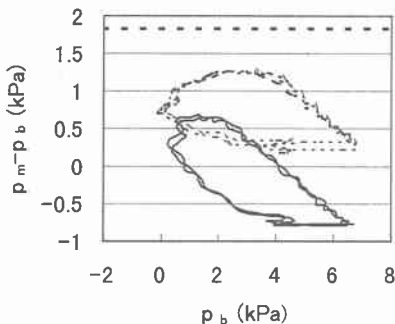


図-4 地盤表面の水圧変動と過剰間隙水圧の関係(破線： $t=10\sim 12\text{sec}$ ，実線： $t=60\sim 62\text{sec}$)

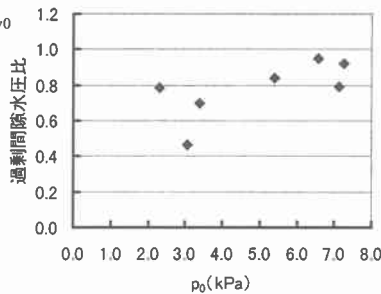


図-5 全応力変動の振幅と過剰間隙水圧比の最大値の関係

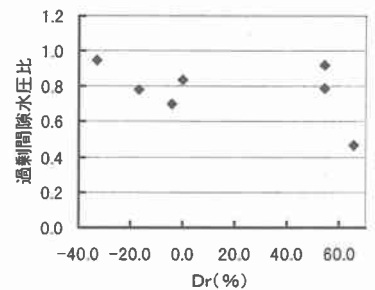


図-6 相対密度と過剰間隙水圧比の最大値の関係

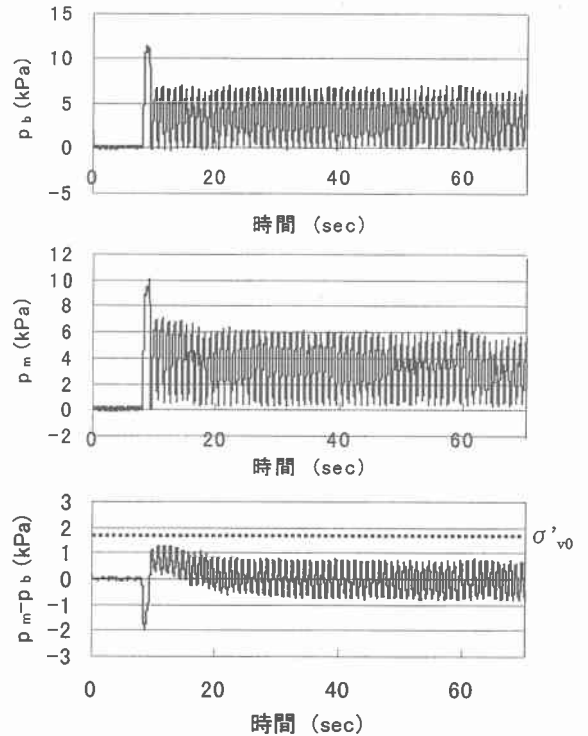


図-2 地盤表面の水圧変動，地盤内の間隙水圧応答，過剰間隙水圧の時刻歴

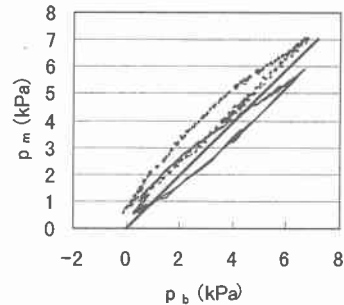


図-3 地盤表面の水圧変動と地盤内の間隙水圧応答の関係(破線： $t=10\sim 12\text{sec}$ ，実線： $t=60\sim 62\text{sec}$)