

## 流れの場における粘土の沈降・圧密と堆積後の地盤特性

広島大学大学院 学生会員 ○近井 玲子  
 広島大学大学院 正会員 土田 孝  
 広島大学大学院 学生会員 竹信 正寛

## 1. はじめに

粘土が海底や湖底に堆積する過程では、水の流れや波浪、潮汐の変動、塩分濃度の変化、生物遺骸の沈殿などの様々な物理、化学、生物学的要因（堆積環境）の影響を受けていると考えられる。堆積環境と形成される地盤の工学的特性を関連付けることを目的として、本研究では、水の流れのある場における沈降・自重圧密試験を行い、流速の違いによる粘土の圧密・強度特性を調べた。

## 2. 実験方法

実験試料は初期含水比を液性限界の約 1.5 倍(145%)に調整したスラリー状の広島港出島粘土を用いた。表 1 に粘土の物理特性を示す。また、塩分濃度が圧密過程の進行速度に影響を与えることが考えられるので、間隙水中の塩分濃度を約 3%に調整した。

実験試料を図 1 に示すように、アクリル円筒容器に初期高さが 8cm となるように投入し、その上から水深(地盤表面からの高さ)が 10cm となるように静かに蒸留水を注いだ。排水条件は、水の流れによる影響のみに着目するため、表層からの片面排水とした。粘土表面に水の流れを与えるために、プロペラがついた攪拌機を用いた。プロペラが地盤表面から 5cm 上方に位置するように設置し、流れ場で 3 日間、その後攪拌機を停止させて静水場で 7 日間沈降・自重圧密試験を行った。表 2 に試験パターンを示す。ここで、回転数(rpm)とは、1 分間あたりのプロペラ回転数のことである。試験期間中には目測による沈下量測定を 0.1mm 単位で行い、試験終了後には地盤の深度方向に対する含水比測定、ベーンせん断試験を行った。

表 1 試料の物理特性

液性限界 $w_L$ (%)	塑性限界 $w_P$ (%)	塑性指数 $I_P$ (%)	土粒子密度 $\rho_s$ ( $g/cm^3$ )
97.1	40.7	56.4	2.653

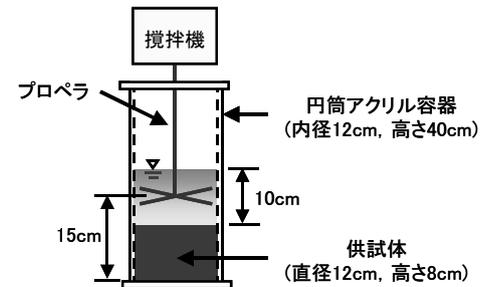


図 1 供試体概要

表 2 試験パターン

回転数 (rpm)	地盤表面の環境
10	流れ場 (3日間) → 静水場 (7日間)
30	
50	
75	
100	
150	
200	

## 3. 実験結果

図 2 に全試験期間における地盤高さ変化量の経時変化、図 3 にプロペラ回転開始から 1500 分間における地盤高さ変化量 - 時間関係を示す。図中には、比較のために 10 日間静水環境下で試験を行った供試体の地盤高さの変化を示した。両図より、回転数が 10, 30rpm の場合は、地盤高さの変化は静水環境下と同じであり、流れの影響はみられない。回転数が 50rpm 以上になると、プロペラ回転直後に粘土粒子の巻き上げが起こった。特に 75rpm 以上では、地盤高さの変化から、粘土粒子の巻き上げと地盤の安定が繰り返されるような変化が読み取れる。この巻

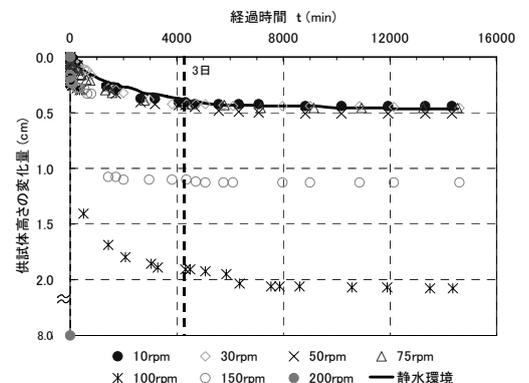


図 2 地盤高さ変化量 - 時間関係 (全試験期間)

き上げと安定を繰り返す領域を境界領域と呼ぶことにする。境界領域では地盤高さは階段状に変化し、特に 100, 150rpm においてはこの階段状の変化が多数現れた後に、一気に地盤高さが減少した。一方、200rpm では地盤は安定することができず、プロペラ回転直後から激しく攪拌されて地盤高さ変化量は一気に 8cm(全地盤高さ)に達した。

プロペラの回転を停止させて静水場にするると、巻き上がった粘土粒子は沈降・堆積した。特に激しく巻き上げられた 100, 150rpm では巻き上げられず安定したままの地盤層と、沈降・堆積した地盤層とから成る二層構造になった。

図 4 は堆積後の深度と液性限界で正規化した含水比( $w/w_L$ )の関係である。図のように巻き上げ後に沈降・堆積した地盤層とその直下の地盤では、含水比が非常に高くなり、深度に対して含水比が不連続になっている。図には、それぞれの層の境界位置も合わせて示した。

回転数 75~150rpm で境界領域が現れた原因について考察する。流れの場における沈降・圧密現象では、水の流れによるせん断力に対して安定できない粘土粒子が巻き上がるが、ある程度の深さまで巻き上がって含水比が小さい箇所到達すると巻き上げは停止する。しかし、図 4 に示したように、巻き上げられた地盤の直下では吸水して含水比が上昇し強度が低下して流れによるせん断力に耐えられなくなり、再び巻き上がりが生じる。この繰り返しによって地盤高さが階段状に変化したことが考えられる。

図 5 に回転数 10~75rpm におけるベーンせん断試験で得られた非排水強度 - 正規化含水比関係を示す。静水環境で圧密した場合と比較すると、流れを与えた地盤の方が大きな強度を示している。特に高含水比状態(地盤表面付近)ほど強度差が大きく、回転数が大きいほど高強度になる傾向がみられた。図 6 は残留強度と正規化含水比関係であり、残留強度は十分練返した後にベーンせん断強度で求めた。図のように静水環境で圧密した場合との強度差はそれほどみられない。以上より、流れの場において沈降・圧密することにより地盤に付加的な強度増加があったと考えられる。

4. まとめ

広島港出島粘土を用いて、地盤表面流れがある条件で沈降・圧密試験を行った。流速が速い場合には粘土粒子の巻き上げと安定が繰り返され、階段状に地盤高さが変化する現象がみられた。巻き上げ量が多い場合、流れを停止して堆積した地盤は二層構造になった。また、地盤表面に流れがある環境で沈降・圧密した地盤は、静水環境で自重圧密させた地盤よりも強度が高くなる傾向が確認された。

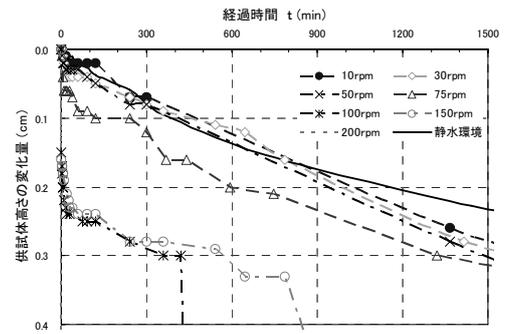


図 3 地盤高さ変化量 - 時間関係 (流れ場(3日間))

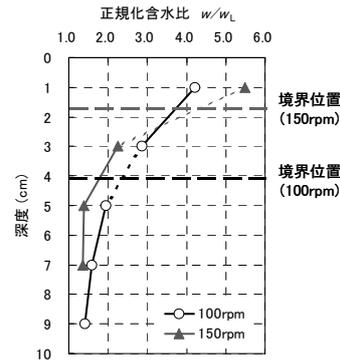


図 4 深度 - 正規化含水比関係 (100, 150rpm)

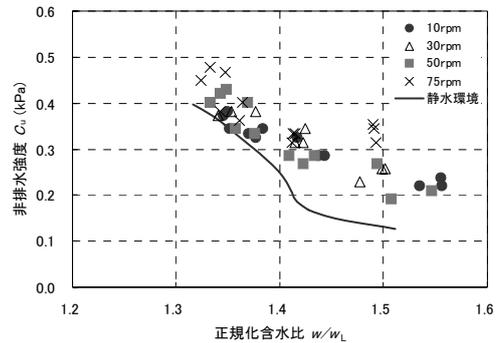


図 5 非排水強度 - 正規化含水比関係

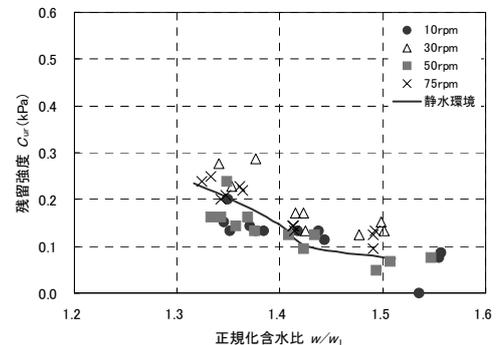


図 6 残留強度 - 正規化含水比関係