# 海底地すべりの発生メカニズムとその規模に関する実験的研究

名古屋工業大学　学生会員　○安井　俊平
名古屋工業大学　正会員　岩井　裕正
名古屋工業大学　学生会員　木村　真郷
名古屋工業大学　正会員　張　鋒

## 1. 序論

海底地盤における地すべりの特徴として陸上地すべりと比較して規模が大きいことや緩い角度でも地すべりが発生することが挙げられる[1]. 地盤内の間隙圧が上昇することで地盤の有効応力が低下し，せん断抵抗が低下することだけでなく，不透水層下で水膜が形成されることも海底地すべりが緩傾斜の斜面でも発生し大規模化する原因の一つとして考えられている[2]. しかしながら，海底地すべり発生メカニズムについて地盤力学的観点から検討した事例は極めて少ない．そこで本研究では海底斜面を模擬した模型を用いた実験により，地盤内に不透水層がある場合の海底地すべり発生のメカニズムとその規模の把握に取り組む.

## 2. 実験装置概要と実験条件

本実験では海底斜面を模擬した模型土槽を用いる. 模型土槽内に設置した斜面模型に，豊浦砂を，降砂装置を用いて水中落下法で堆積させる．その際に地盤内に不透水層を挿入した. 斜面を形成したのち，定水位昇降装置の上下に伴う水位差により水圧を斜面底面から与えることで海底地盤のすべり出し時の水圧及びすべりの規模を把握することを目的とした実験を行う．本研究では，特に以下の 2 点に着目する.

1. 海底地盤内に過剰間隙水圧が発生したことを想定し，間隙水圧の大きさと圧入範囲を変えた時の地盤変動.
2. 発生した地盤変動の規模とその特徴.

### 2.1 実験装置概要

実験土槽は**図 1** に示すようなアクリル製の土槽を用いた．模型の寸法は内寸で幅 1500 mm，深さ 600 mm, 奥行方向 400 mm であり, 模型内に斜面角度 10°, 水平距離 1000 mm の斜面を設置した．斜面中央には幅 200 mm でポーラスフィルターが設置されており，所定の範囲に分散して圧力を与えることができる．ポーラスフィルターは，ろ紙をアルミパンチング板で上下から挟み込んだ構造になっている. また, 厚さ 1 mm，幅 920 mm，奥行方向 395 mm のビニールシートを不透水層として用いた.

**図 2** は斜面上に設置されたポーラスフィルターの模式図であり，法尻方向から番号が 1～5 と振り分けられている．対応するコックを開閉することにより，水圧を地盤に与えることができ，圧力を与える位置を変化させることもできる.

水圧計の設置位置は，後述する間隙水圧計の時刻歴グラフに対応した色と形で 1～3 で示している．また，水圧を与えることによる地盤変形およびすべり挙動を**図 3** に示す位置で水中カメラを用いて撮影した．なお水中カメラは法尻から法肩へかけて水中カメラ 1・2・3 とする.

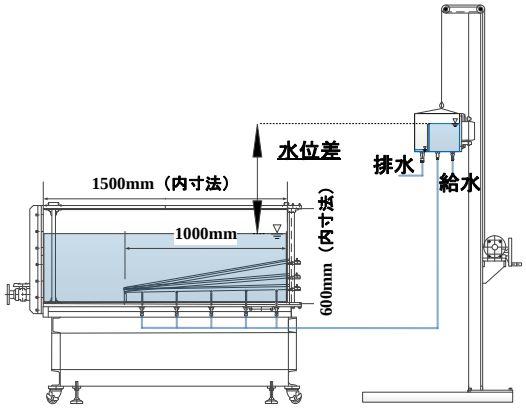


図 1　実験装置

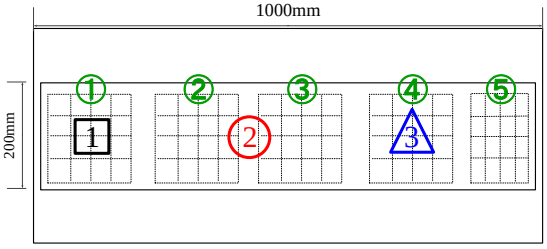


図 2　水圧圧入コックと水圧計の配置図

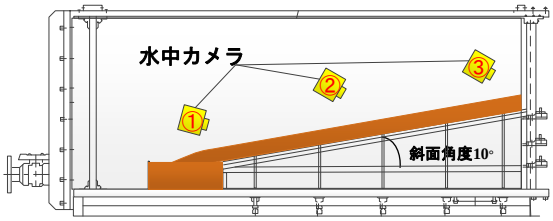


図 3　水中カメラ配置図

### 2.2 実験条件

本実験の実験ケースを**表 1** に示す．いずれのケースも目標相対密度を 40 %，目標層厚を不透水層の厚さ 1 mm を含めて 41 mm とし，定水位昇降装置を用いて水位差を調節し，水圧を与えた．不透水層は**図 4** に示すように斜面底面から 30 mm の位置に設置した. また，水圧の圧入を開始する水位差は限界動水勾配の値を基準として 42 mm とし，その次に 100 mm とした．それ以降は 100 mm ずつ上昇させ 1300 mm までの計 14 ケースについて測定を実施した．水圧を与える継続時間はすべてのケースで 150 秒とし，各ケースの間に水圧を消散させる時間を 60 秒以上設けた.

**表 1　実験ケース**

| Case | 相対密度 | 水圧圧入位置 | 使用土量 |
|---|---|---|---|
| Case-1 | 40% | ① | 23430 g |
| Case-2 | 40% | ①②③ | 23430 g |
| Case-3 | 40% | ①②③④⑤ | 23430 g |

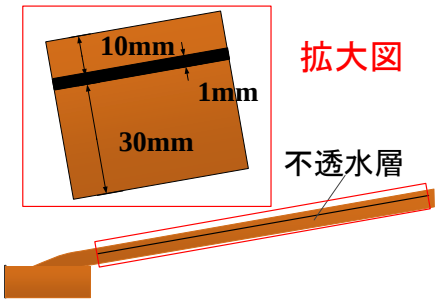


図 4　斜面拡大図

3.　実験結果及び考察

今回実施した全てのケースですべりが確認された．すべりの形態として，不透水層より上部の砂層が斜面下方向に平行移動するものであった．これは，与えた水圧が不透水層の下に溜まることで，不透水層と砂の間の摩擦が極端に低下したことが原因だと考えられる．

各ケースの法肩で測定した土砂の移動量を**図 5** に示した．Case-1 は水位差 400 mm で，Case-2，Case-3 では水位差 200 mm ですべりが開始した．最終すべり距離は Case-3，Case-1，Case-2 の順に大きくなった．Case-1 と Case-2 を比較すると，水圧を与えた範囲は Case-2 の方が広いにも関わらず，最終すべり距離は Case-1 の方が大きい結果になった．

また，最初の方の水位差ではすべり距離の増分が大きいが，Case-1 では水位差 600 mm，Case-2 では水位差 700 mm，Case-3 では水位差 1100 mm 付近でその勾配が緩やかになる．これは移動した砂が法尻に堆積し，すべりの進行を阻害していることによるものだと考えられる．

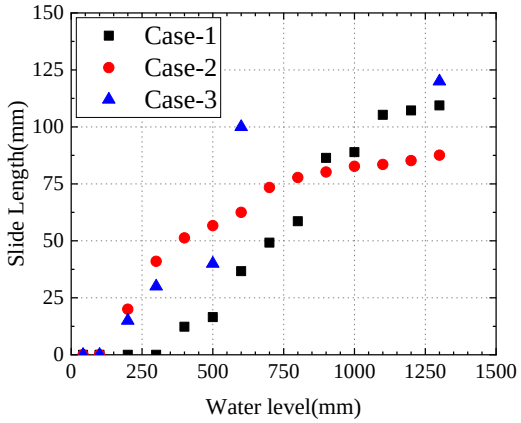


図 5　すべり距離の比較

**図 6**，**7** はそれぞれ水位差 300 mm，700 mm で水圧を与えた時の各ケースの過剰間隙水圧の 150 秒間の時刻歴データをつなげて示したものである．

水位差 300 mm のとき，過剰間隙水圧の値は Case-3 >Case-2 >Case-1 の順に大きく，**図 5** に示したすべり距離も同様の順番に大きくなっている．

水位差が 700 mm のとき，過剰間隙水圧は Case-3 が一番大きく，すべり距離も同様である．Case-1，Case-2 に最大値についてはおおよそ近い値を示している．しかし，Case-2 は水位差 300 mm から過剰間隙水圧がほとんど上昇していない．そのため，水位差 700 mm 付近のすべり距離の増分が緩やかになっていると考えられる．

これらの結果から，水圧を与える範囲が広いほど過剰間隙水圧は大きくなる傾向があると確認できる．また，過剰間隙水圧の増分が大きいほどすべり距離の増分も大きいと考えられる．また，Case-3 の水圧計 2 の値が水位差 300 mm と水位差 700 mm を比較して減少していることから，パイピングが発生することで過剰間隙水圧の上昇が抑制される，あるいは減少すると考えられる．

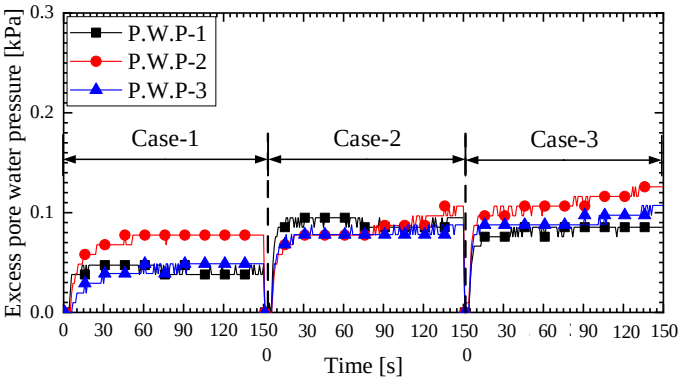


図 6　水位差 300 ㎜における過剰間隙水圧の各ケース比較

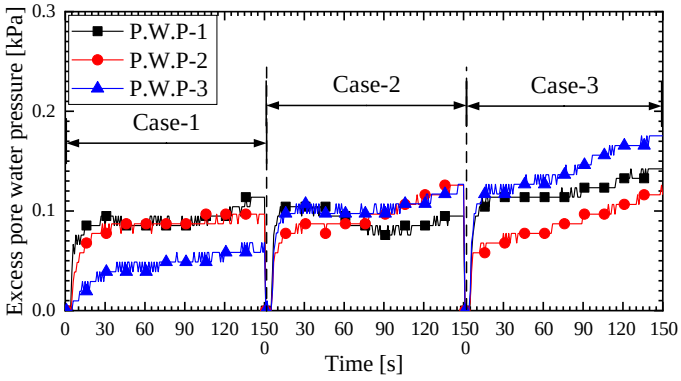


図 7　水位差 700 ㎜における過剰間隙水圧の各ケース比較

4.　結論

本研究では不透水層を用いた海底地すべりのモデル実験を実施した．以下に得られた主な知見を示す．

1. 不透水層のある地盤に水圧を与えると，それが局所的であっても不透水層に沿ってすべりが発生する．また，水位差が 200 mm，400 mm という初期の段階ですべりが開始した．
2. 水圧を与える範囲が大きくなると，小さな水位差ですべりが発生する．しかし，すべり距離の増分はすべり先端部の土砂の堆積による地形的影響を受ける．
3. 過剰間隙水圧はパイピングと大きく関係し，パイピングが発生すれば水圧は消散し，一定の値をとる傾向を示すが，終了すれば水圧が再上昇する．

**参考文献**

1. 池原研, 2005. 海底地すべり. J. of the Jpn. Landslide Soc., Vol.41, No.5 112-116.
2. 國生剛治, 2000. 砂層の成層構造による液状化時の水膜生成と地盤安定性への影響. 応用地質 41, 77-86.