

間隙水圧上昇による海底地すべり発生メカニズムに関する室内模型実験

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

1. 序論

海底地盤における地すべりは陸上地盤の地すべりと比較すると大規模かつ、緩い角度でも地すべりが発生することが特徴である¹⁾。これは地盤内の水圧やガス圧が地震による液状化及びメタンハイドレート分解などにより上昇し、地盤の有効応力が低下、そして、せん断抵抗が低下することが主な原因であるとされている。さらに、せん断抵抗力の低下だけでなく、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および規模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海底地すべり発生メカニズムおよびすべり規模の把握に取り組む。

2. 実験装置概要および実験条件

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上に土を堆積させ、斜面下面から定水位昇降装置の上下の変更に伴う水位差により水圧を与えることで海底地盤のすべり出し時の圧力及び変形特性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つの項目に着目する。

- 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) 不透水層の有無が地すべり発生に及ぼす影響。

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1500mm、深さ600mm、奥行方向400mmであり、模型内に斜面角度1°、底厚95mm、水平距離1000mmの斜面を設置した。斜面中央には幅200mmでポーラスフィルターが設置されており、所定の範囲に圧力を与えることができる。図2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緑色で①～⑤と振り分けられている。対応してい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ができる。また、図6、図7のシンボルに対応した色と形で1～3と示されるのは斜面上に設置した水圧計の設置位置である。



図1 実験装置（左：実験土槽 右：定水位昇降装置）

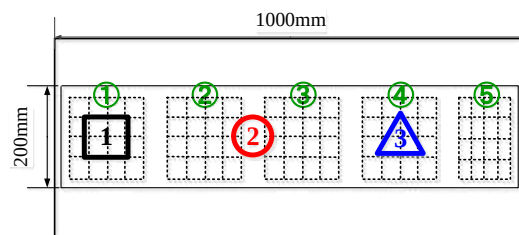


図2 水圧を与えるコックと水圧計の配置図

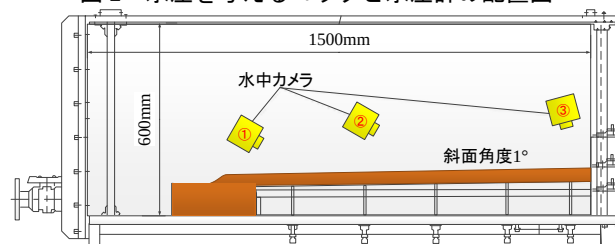


図3 水中カメラ撮影位置

また、圧力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確認した。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。

2.2 実験ケース

本実験の実験ケース一覧を表1に示す。Case-w1からCase-w4はすべて地盤に水圧を与えるケースである。この時、水圧は併設してある昇降装置から水位差を調節しながら与えた。またこの時、昇降装置から土槽内へ水を供給することで土槽内水位が上昇してしまわないように斜面側面に設置されている排水コックからの定期的な排水により土槽内の水位を一定に保っている。本実験では地盤材料として豊浦砂を用い、相対密度40%目標とし水中落下法で斜面を形成する。斜面層厚4.0cmを目標としている。初期に与える水圧は、地盤の厚さおよび間隙比から限界導水勾配の水位差3.6cmを算出し、その値を基準に4.2cmの水位差を与える。そこから10cm刻みに130cmまでの計14パターンの調査を行った。

表1 実験ケース

Case	不透水層	圧力を与える位置	相対密度 (%)
Case-w1	なし	①	40
Case-w2	なし	①②③	40
Case-w3	あり	①	40
Case-w4	あり	①②③	40

Case-w3 および Case-w4 は不透水層を地盤に設置したケースであり、不透水層には厚さ1.0mmのビニールシートを用いた。不透水層を地盤に設置するときは、斜面底面から1.5cmの位置に設置している。その様子を図4に示す。

キーワード：海底地すべり，間隙水圧，ボーリング，模型実験

連絡先：〒466-8555 愛知県名古屋市長区御器所町 名古屋工業大学 16 号館 227 号室 TEL052-735-5497

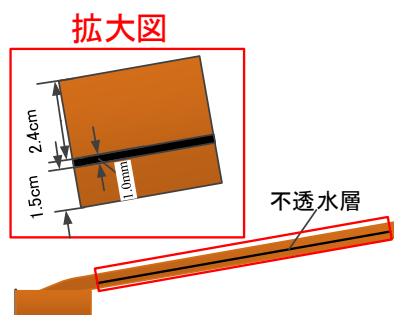


図4 不透水層の挿入位置模式図

3. 実験結果及び考察

今回の実験ではすべりは発生せず各ケースともボイリングが発生した。表2に各ケースのボイリングの状況を示した。また、図5にCase-w4の水位差130cm時のボイリングの様子を示した。コックを開ける位置の違うCase-w1とCase-w2, Case-w3とCase-w4を比べるとコックを開ける位置の多いCase-w2とCase-w4の方が低い水位差でボイリングが発生していることが分かる。このことから不透水層の有無にかかわらず水圧を与える範囲が広いほど低い水圧でもボイリングが発生する可能性が示唆された。

また、不透水層の有無に着目してCase-w1とCase-w3, Case-w2とCase-w4を比べると不透水層のあるCase-w3とCase-w4は不透水層のないCase-w1とCase-w2と比べ、低い水位差でボイリングが発生していることが分かる。これは不透水層下に水圧が溜まり、溜まった水圧が不透水層に沿って流れ、不透水層の境界から水が流出したためと考えられる。

表2 各ケースのボイリング発生状況

Case	ボイリングの発生位置	ボイリング発生水位差
Case-w1	斜面法尻	70cm
Case-w2	斜面法尻	50cm
Case-w3	斜面法尻・側面	60cm
Case-w4	斜面法尻・側面・法肩	30cm

図5 Case-w4・水位差130cm時のボイリングの様子
(左図：水中カメラ① 右図：水中カメラ②)

図6、図7はそれぞれ、水位差30cm・50cmにおける各ケースの過剰間隙水圧の履歴を示したものである。

図6より不透水層のないケースに比べて、不透水層のあるケースは過剰間隙水圧が高い値を示している。また、図6の不透水層があるケースで比較すると、Case-w3はコック①のみ開いているにも関わらず、斜面上部の水圧計3においても過剰間隙水圧の上昇が見られる。Case-w4においても水圧計3に過剰間隙水圧が観測されている。以上より不透水層がある場合、水圧の上昇が局所的であっても不透水層下全体に過剰間隙水圧が発生していることが分かった。

次に、図6と図7を比べると、Case-w4を除いた3ケースでは、水位差上昇に伴い計測される過剰間隙水圧が全体的に上昇している。しかしCase-w4のグラフで

は過剰間隙水圧の値が大きく上昇していないことが確認された。これは、Case-w4においてボイリングが30cmで発生しており、不透水層下に溜まった水圧が消散したためと考えられる。

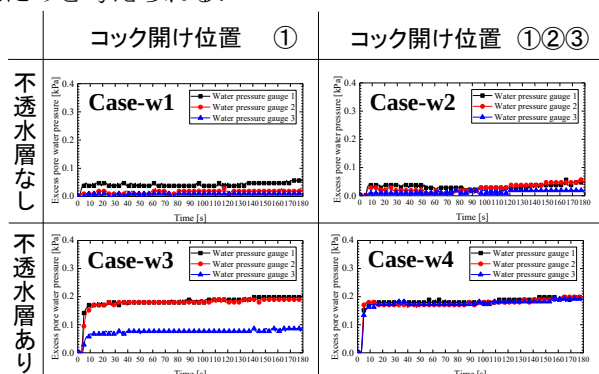


図6 水位差30cm時の水圧計の測定値

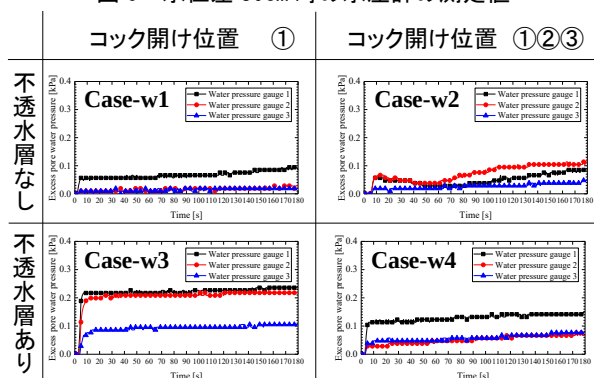


図7 水位差50cm時の水圧計の測定値

4. まとめと今後の課題

本研究では、1°という低角度の条件下で海底地すべり発生メカニズムおよびすべり規模の把握を目的とした模型実験を行った。特に間隙水圧を与える範囲および不透水層の有無に着目した。その主な結果と得られた知見を以下に示す。

- 1) 不透水層の有無に関わらず、水圧を与える範囲が広がるとボイリングがより低い水位差で発生する。
- 2) 不透水層のある地盤に水圧を与えると、コックを開ける位置が1か所であっても広範囲で過剰間隙水圧が観測された。
- 3) ボイリングが発生すると、水圧が消散し、過剰間隙水圧がそれ以降大きく上昇しないことが分かった。

今回の実験では、すべりは発生せずボイリングが発生した。今後は他の角度においても同様の実験を行い、海底地すべりが発生するメカニズムについて把握していく。また、本研究では間隙水圧の計測は行ったが、不透水層下の水膜の観察までには至っていない。海底地すべり発生時の水のふるまいについても観察することが今後の課題である。

参考文献

- 1) Nisbet, E.G., Piper, D.J.W., 1998. Giant submarine landslides. Nature 392, 329.
- 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.