

## 地すべりにおける静水圧と揚圧力 2024.5.9

(はじめに)

一般に、地すべりを助長する水圧は“間隙水圧（土粒子間の隙間を埋めている間隙水の水圧）”とされることが多く、かつすべり面に対して面的に作用するものとして取り扱われている。しかし、すべり面に粘土層等が介在する場合、透水係数が小さいほど損失水頭が大きくなるため、仮に面的に作用するとしても、地すべり滑動への影響は小さいように思われる※1)。

むしろ豪雨時等の地下水が活発化する際に、透水性の良いパイプ（水みち）を伝って、瞬時に移動層底面に働く“揚圧力”と考える方が妥当のように思われる。これらは多様な“水脈”をなし、移動層に対して不規則な水圧分布をもたらすものと考えられ、その構造を詳細に解明することは不可能・・・※2)。

※1) 地下水検層において、すべり面付近に比抵抗グラフの上昇流が検出（間接調査）され、すべり面に作用する間隙水圧として報告される例がある。しかし、そのような高い水圧を持つ地下水が、なにゆえに集水井内等のすべり面粘土層に認められないのか・・・。

※2) 地すべりや崩壊地の滑落崖付近に見られる湧水（裂カ水／パイプ）は点的であり、地すべり末端部湧水も同様である。すべり面を貫く形でのボーリング暗渠も一様に排水するわけではなく、これらが複雑な水脈形態をなすことは明らかである。

一方、写真は豪雨時に発生した地すべり性崩壊の例である。地形的に尾根筋で発生しており、地表水が集中する斜面形態にない。それにもかかわらず土石流状に流出しており、冠頭部付近にまとまった地下水が貯留され、その静水圧が作用した可能性が考えられる。

以上を踏まえ、揚圧力および静水圧の仕組みを理解するための模型実験を行った。



地すべり性崩壊地（幅 30～35m, 斜面長 60m, 層厚 5～7m）

### 1. 実験方法

○移動層：モルタル（幅 19.9cm, 長さ 22.8cm, 厚さ 6.4cm, 重量 5.6kg）

○基盤層：プラスチック製トレイ（幅 20cm, 長さ 30cm, 高さ 10cm：直方体）

○すべり面：工作用油性粘土に水を加え、軟らかくした上でトレイ底面に塗布（5mm 程度厚）した。

○すべり面傾斜角：19.5°

※水圧のない状態での実験より、傾斜 20° を越える付近から微小な変位を示し、傾斜 24° 付近で顕著となる。

※移動層側壁部は解放状態（本装置で 粘土を充填した場合、抵抗大となり作動しなくなるため）

## 2. 静水圧による滑動実験

図 2.1 のような装置において、移動層（モルタル）上部の空隙（幅 20cm，奥行 1.5cm，深さ 6cm）に水を注水した結果、満水状態で徐々に頭部付近の剥離が進行（滑動）するようすが確認できた（写真 2）。

それと同時に水位が低下するため注水を繰り返した結果、移動層脚部よりやや漏水が認められ、試験を中止した。最終的に 4mm 程度の滑動量を確認した（写真 3）。

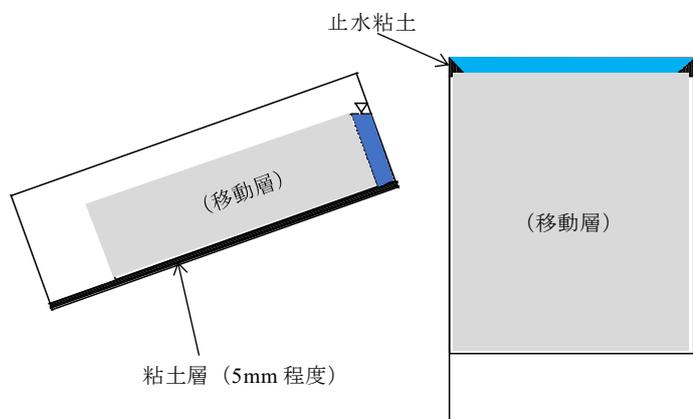


図 2.1 静水圧の模型実験構造図



写真 1 模型実験セット状況

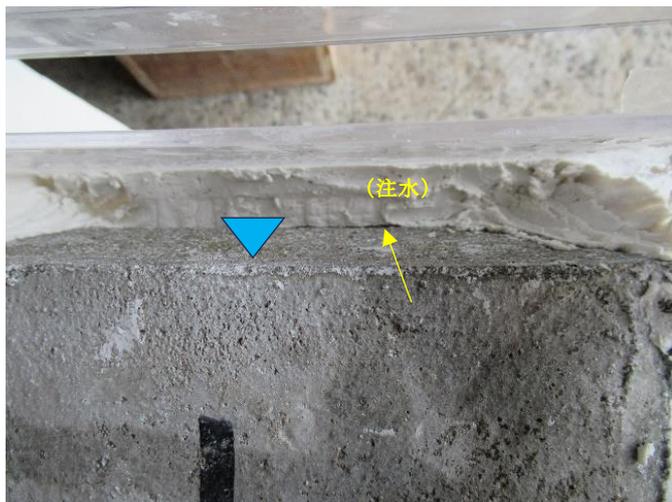


写真 2 徐々に剥離進行

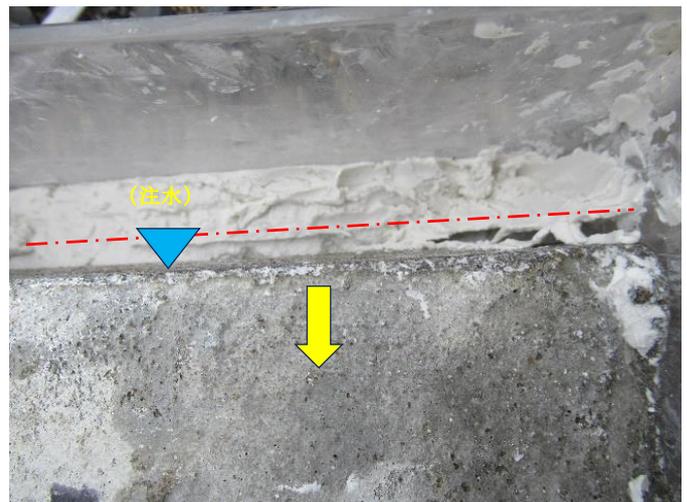


写真 3 4mm 程度滑動

## 3. 揚圧力の実験

図 3.1 のような装置において、移動層頭部より注水を繰り返した結果、徐々に剥離（滑動）が進行するようすが確認された（写真⑦⑧）。移動量は 1mm 程度弱であり、かつ移動層脚部からの漏水が大きくなったため、試験を中止した（写真⑬）。

次に揚圧力の作用領域を拡大した結果（写真⑨⑩）、動きはやや顕著となるものの、全体の滑動量はほぼ同じであった。写真⑤⑩に示すようにすべり面は濡れた状態（漏水）にあり、水圧の高まりを維持できないことが、静水圧の場合より移動量が少ないことの要因と考えられる。

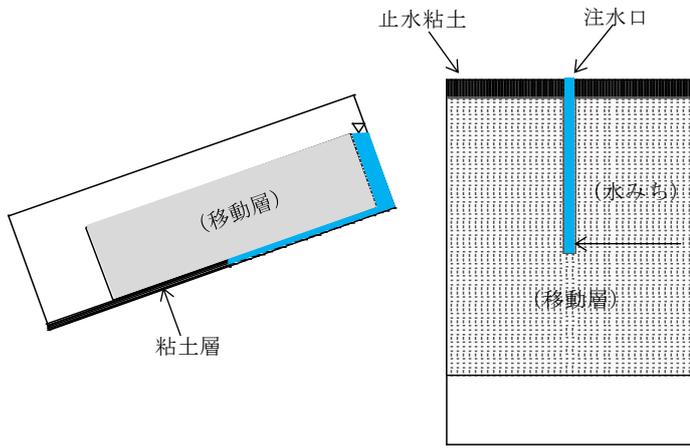


図 3.1 揚圧力の模型実験構造図



写真 4 模型実験セット状況



写真 5 注水孔と水みちの位置 (実験後の状態)

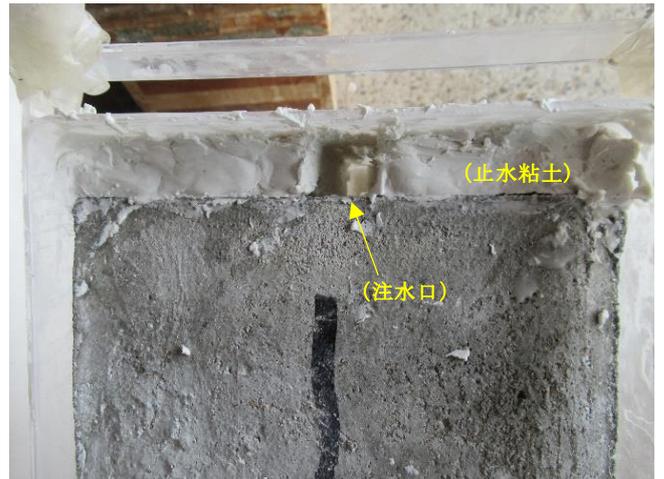


写真 6 注水口セット状況



写真 7 徐々に剥離進行

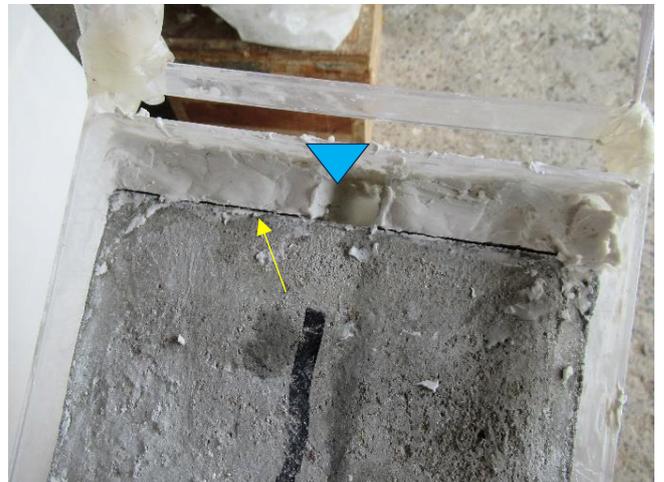


写真 8 剥離進行にともない水位低下



写真 9 揚圧力作用領域の拡大 (すべり面)



写真 10 同左, 実験後 (移動層除去状態)



写真 11 注水前



写真 12 注水による剥離進行状況



写真 13 脚部からの漏水状況

#### 4. 実験結果について

##### ① 静水圧の実験

- 移動層が難透水層をなす場合、その頭部キレット内の静水圧の影響は大きい。
- すべり面の剥離が進行することで揚圧力も作用する形となるため、地すべりは加速度的に不安定化することが考えられる。
- ※地すべりが細ブロック化した場合、それぞれの領域で静水圧が作用することも考えられる。

##### ② 揚圧力の実験

- 揚圧力により移動層（モルタル）が滑動することが確認できた。
- 滑動にともなうすべり面からの漏水により、揚圧力の高まり（滑動）を持続することができなかった。
- 移動層を除去後のすべり面には面的に水が付着した状態であり、水みち（パイプ）から周辺領域へ揚圧力が拡大したことが分かる。
- ※地すべりに影響する地下水は、例えば“地すべり中腹から上部”の、地下水が容易に流出し難い領域に分布する可能性が考えられる。
- ※上記が妥当とすれば、それらが地下水排除工対象領域となる。

#### 5. 実験を終えて

- 水位観測孔は、地すべり中腹から上部斜面に密に配置することが適当と思われる。
- 内部摩擦角を決定した場合の粘着力の逆算値が“マイナス”となるケースは、静水圧（接線力の増大）を無視した結果のように思われる。