

斜面災害のすべり機構を説明する「ドボク模型」の紹介

(株) 藤井基礎設計事務所 藤井俊逸

1. はじめに

斜面災害の対策工を検討する際に、すべり機構を理解することが重要となる。島根県内で発生した斜面災害のすべり機構を理解し、かつ発注者等に説明するために「ドボク模型」¹⁾を作っている。「ドボク模型」は100円ショップやホームセンターで手に入る材料で、すべり機構を表現するものである。ここでは、その事例について紹介する。

2. 雨が降ると地すべりが発生する説明模型

山の中に水がたまると、地すべり土塊内に浮力が発生し踏ん張る力が減少する。すべる力が踏ん張る力よりも大きくなると地すべりが発生する。

(1) ドボク模型²⁾

写真-1は、雨が降る前の状態である。

写真-2は、雨が降って地すべり発生後である。

(2) 現場事例

写真-3は、2021年に発生した地すべり地のオルソ写真である。写真中に、地すべり範囲と移動方向を示す。

3. 地すべり地内の地下水の流れの説明模型

豆腐をくり抜くことで、地すべり土塊を再現する。地すべり土塊自体は一般的に透水性が低く、豆腐も透水性が低い。豆腐に水をかけると、降雨時の地すべり地内の地下水の流れが再現できる。

(1) ドボク模型

写真-4は豆腐をくり抜いた状態である。写真-5は豆腐に色水を流し、雨が降った状態を再現したものである。豆腐の前面にすべり面が見えるが、底面は重力作用で隙間がないので水は出ない。側面は隙間が開きやすく、水が流れている。この実験をイメージして地すべり土塊内の水の流れを想像し、排水ボーリング計画を行うとよい。

4. トップリング自重転倒の説明模型

トップリングは縦方向の亀裂に挟まれた岩塊が自重で転倒する現象である。亀裂のせん断抵抗が低下するとトップリングが発生する。

(1) ドボク模型

亀裂に挟まれた岩柱をゴム板(10*10*2cm)で表現した。写真-6は、ゴム板1枚を傾斜させたもので、重心位置が回転中心に達すると転倒する。写真-7は、ゴム板複数重ねて傾斜させたもので、ゴム板同士の摩擦抵抗があるので倒れにくくなる。

(2) 現場事例

写真-8は、トップリングが発生した現場である。写真中の破線より上側の岩柱が転倒している。

5. トップリング水圧転倒の説明模型

4章にて自重で転倒する事例を示したが、縦方向亀裂に水が溜まることで転倒することがある。

(1) ドボク模型

亀裂に挟まれた岩柱をゴム板(10*10*2cm)で表現した。ゴム板を重ねた状態で、ゴム板の間に細長い袋を挟み、その袋に水を入れる。写真-9は、水を入れる前の状態である。写真-10は、水を入れた後の状態である。水圧で岩柱が押されて倒れる力が発生していることがわかる。

(2) 現場事例

写真-11・12は水圧で縦亀裂が開いた現場である。

6. 亀裂性岩盤の表面凍結時崩壊

クリープしている岩盤は深部まで亀裂が開いている。そのような地盤にモルタル吹付を行うと、地盤内の水が表面から排出しにくくなり崩壊に至ることがある。

(1) ドボク模型

亀裂のある岩盤を、消しゴムで表現し、モルタルを養生テープで表現し実験した。写真-13は、養生テープがない状態である。写真-14は、養生テープがある状態である。養生テープがあることで、背後の岩盤内に地下水が溜まり水圧により崩壊に至る。冬季は水抜き孔が凍結し、排水を阻害することで特に崩壊しやすくなる。

(2) 現場事例

写真-15は、岩盤クリープ斜面上に、モルタル吹付が行われて、再崩壊に至った現場である。

7. まとめ

機構解析結果を、ドボク模型で表現し、検証してみることは、思考を深める意味で重要だと考える。実験すると予想に反した結果となったりすることがある。そのときは、地盤条件が正しく模型で表現されているか？水の影響などが適切に表現されているか？機構解析自体が正しいのかを検討することになる。複数の技術者で模型を作るとチームで考える練習となり、いろいろな知見を取り入れることができる。模型実験は、直感的に理解でき、経験・知識のレベルによらず、模型を通じてディスカッションできるので、是非おすすめしたい。

《引用・参考文献》

- 1) 藤井俊逸 (2015) : 模型で分かるドボクの秘密, 日経BP.
- 2) 実験で学ぶ土砂災害 (2015) : 公益社団法人土木学会, pp. 29-33.

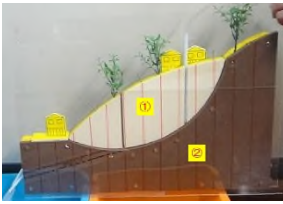


写真-1 降雨前

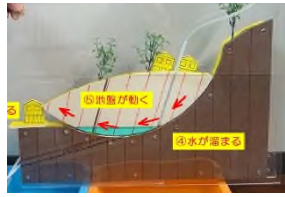


写真-2 降雨後



写真-3 地すべり現場オルソ画像



写真-4
豆腐をくり抜いた状態

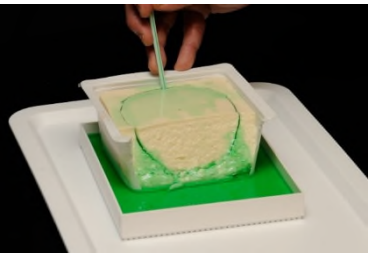


写真-5
豆腐に色水を流し、雨が降った状態を再現

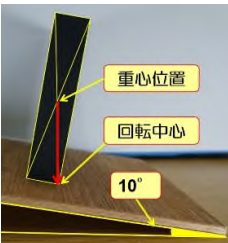


写真-6 ゴム板

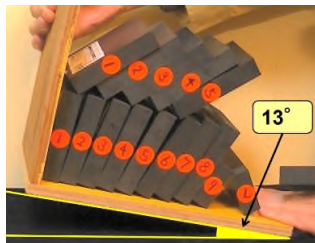


写真-7 ゴム板複数枚の
転倒実験

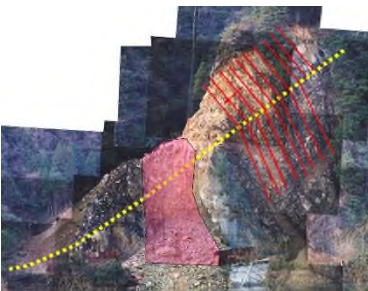


写真-8
トップリング
現場事例

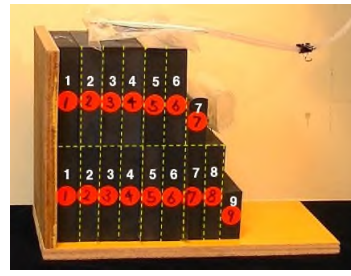


写真-9
水を入れる前



写真-10
水を入れた後



写真-11 法面クラック



写真-12 クラック状況

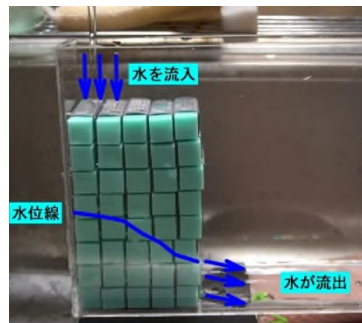


写真-13
養生テープなしで水を流入

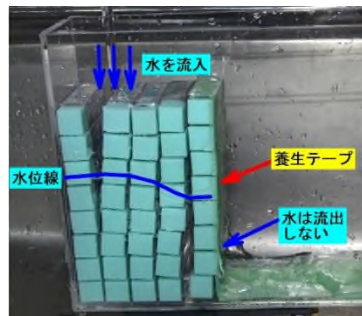


写真-14
養生テープ有り
で水を流入



写真-15
岩盤クリープ地盤にモルタル吹付後に崩壊した現場