トップリング破壊の「ドボク模型」

藤井俊逸

1. はじめに

トップリング破壊している現場に数回遭遇したことがあります。ここでは、トップリング破壊について「ドボク模型」を用いて説明を行います。斜面の法面が、高角度の受け盤で形成されており、受け盤の亀裂面の密着性が低いとトップリング破壊が発生します。また、受け盤でなくても縦亀裂に雨水がたまり、水圧が作用すると、水圧でトップリング破壊が発生することもあります。この２ケースについて「ドボク模型」で説明します。

2. １枚のゴム板の自重転倒

一般的に流れ盤(地形の傾斜と同じ方向に亀裂面が傾斜)の斜面は不安定になりやすいと言われます。一方、受け盤(地形の傾斜と直交方向に亀裂面が傾斜）は安定性が高いと思われていますが、亀裂面が高角度の場合、岩盤斜面が破壊することがあります。 写真１は大きさが 10cm*10cm*2cm のゴム板を用いて板状の岩盤をモデル化したものです。傾斜角度が 10°になったときに自重で転倒しました。重心位置が回転中心より右側になると転倒します。つまり板の高さが高く幅が狭いほど転倒しやすくなります。

3. 複数のゴム板の自重転倒

写真２は同じゴム板を重ねて縦方向の亀裂のある岩盤をモデル化したものです。傾斜角度が 13°になったときに転倒しました。この状態をトップリング破壊と呼びます。ゴム板１枚のときより角度が大きくなっているのはゴム板同士の摩擦抵抗があるからです。板の大きさや摩擦抵抗の大きさにより破壊する角度や変形する形状が異なります。

時間が経過してからトップリング破壊が発生することがあります。原因として縦亀裂部分の摩擦抵抗の低下が考えられます。写真２の実験でゴム板同士を両面テープで接着するとトップリングは発生しません。両面テープの接着力が小さくなると、トップリングが発生しやすくなります。実際に岩盤の縦亀裂は時間と共に摩擦抵抗が低下してきます。

道路改良工事でトップリングが想定される尾根地形を急勾配で切土するようなケースです。写真２の右側の２枚（⑧⑨）のゴム板を取り外すと、転倒する傾斜角度が小さくなります。

4. 複数のゴム板の水圧転倒

降雨時に縦亀裂に雨水が入り、亀裂面が水で満たされると、その水圧で転倒することがあります。写真３は水圧を作用させる実験中の写真です。ゴム板とその並べ方は、写真２と同じです。ゴム板には番号がつけてあり、②③の間、④⑤の間にビニール袋を挟んでいます。そのビニール袋に水を注ぎ、ゴム板に水圧を作用させます。

写真４（上）は水を入れる前の状態です。ゴム板の間に隙間はありません。写真４（中）は②③間の亀裂に水を入れたものです。③から右のゴム板が転倒しました。 写真４（下）は④⑤間の亀裂に水を入れたものです。⑤から右のゴム板が更に転倒します。

水圧は水の高さに応じて大きくなります。例えば水の高さが 10m あれば、岩盤は水平方向へ 100kN/m²で押されます。実験では袋に水を入れているので水は漏れませんが、 実際の亀裂の水は漏れます。激しい雨のときは、漏れる量より入る量が多くなり水位が高くなります。寒冷地では、亀裂からの湧水が亀裂表面の凍結により、亀裂内に貯留される場合があります。そのような時にトップリング破壊が発生することがあります。

5. おわりに

トップリングは高角度受け盤の岩盤で発生するため、岩盤をゴム板に見立てて「ドボク模型」で実験しました。加えて水圧が転倒力になるケースも実験しました。単純化して考えると理解しやすくなります。

参考文献

1)　藤井俊逸：ドボク模型プレゼン講座Ⅱ、日経コンストラクション 2。12 号、pp。60-63、2018。
2)　上野将司：危ない地形・地質の見極め方、 日経 BP 社、P76-P79、P97-P101。2012。

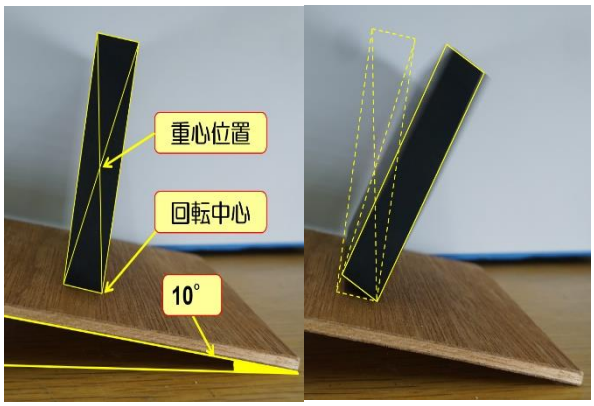


写真 1 ゴム板の転倒実験

右：転倒直前（約 10° で転倒）

左：転倒中

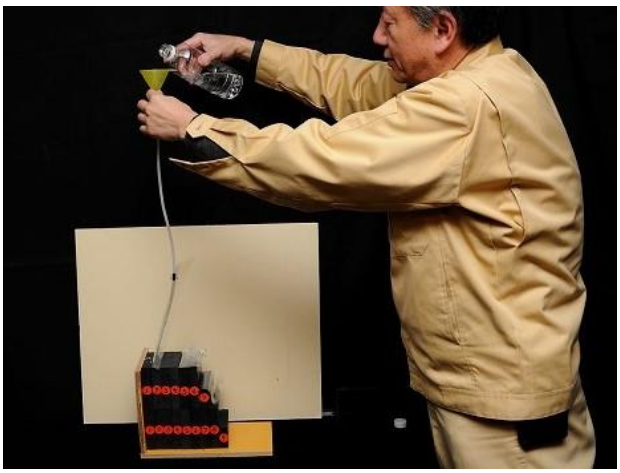
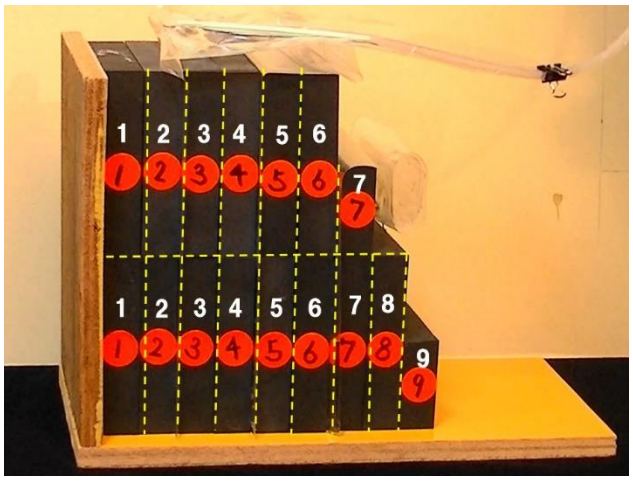


写真 3 縦亀裂に水を入れる実験方法



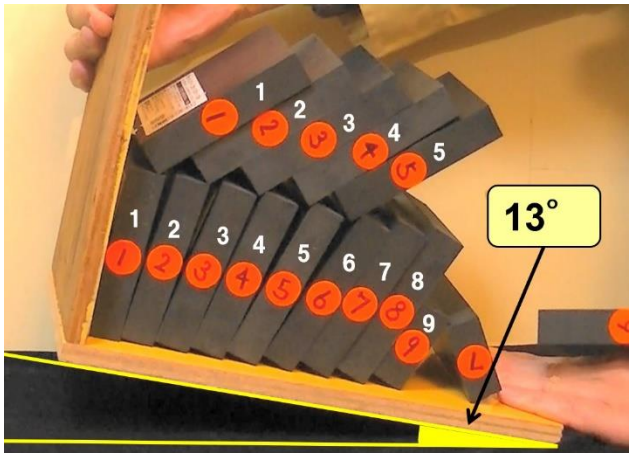


写真 2 ゴム板を重ねたときの転倒実験

上：傾斜なし　下：傾斜 13°

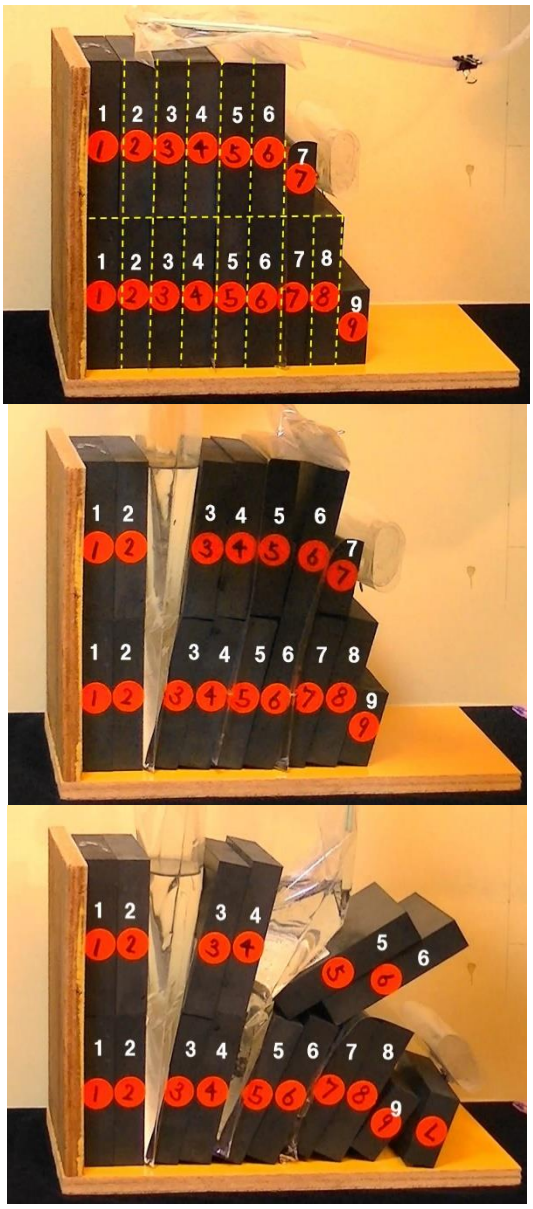


写真 4 縦亀裂に水を入れる実験

上：水を入れる前

中：②③間に水を入れる

下：④⑤間に水を入れる