

直感的にわかる模型実験シリーズの紹介

(株)藤井基礎設計事務所 ○齊藤 龍太
藤井 俊逸

1. はじめに

地面の中の動きは直接見るができないので、専門家以外には現象を把握することが難しい。そこで初めての人でも直感的に分かる方法として、発泡スチロールやナットによる模型実験を考案した。その中から「トンネルのNATM工法」と「地下水と地すべりの関係」の実験を紹介する。

2. 模型実験の手順

(1) トンネルのNATM工法

① 模型の準備およびコンセプトの説明

専用の箱にナットを敷く。トンネルの内空部は発泡スチロールで作った型枠をはめておく。箱を傾けると、重力でナットが下へ滑ることを確認する。

② 模型の説明

ナットが土、厚紙がトンネルの吹付けコンクリートを模していることを示す。厚紙には、放射状に紙がおり、これがロックボルトを模している（NATM工法のイメージ）。

③ 実験1

箱をゆっくり起こしても、厚紙がつぶれないことを確認する（写真-1）。

放射状の紙があることで、ナットの動きに制限が加えられ、レンガブロックのような塊が形成される、と説明する。

ブロックになったナットはアーチ効果を発揮する。

上からの荷重が、アーチを通じて分散するため、トンネルは潰れなくなる。

④ 実験2

次に、放射状の紙がない厚紙を設置する。今度は、ナットの重さに耐えられず、厚紙がつぶれることを確認する（写真-2）。

放射状の紙（ロックボルト）の補強効果を確認してもらう。

(2) 地下水と地すべりの関係

① 模型の説明

発泡スチロールで作成した2次元斜面模型を示し、この模型が断面であることを説明する。

すべり面を示す。すべり面より上は動く部分、すべり面より下は動かない部分であると説明する。

② 表層流の場合

ペットボトルの水を、地表面にかけて動かないことを確認する（写真-3）。

「水が地表面を流れるだけなら動かない」

③ 地下水位が上昇した場合

ペットボトルの水をストローに注ぐ。ストローから注がれた水は、すべり面の底に溜まる。これは、地下水位の上昇を模している。

斜面が動くことを確認する（写真-4）。

「地下水位が上がることで山は動く」

④ 機構の説明

地すべり土塊をスライスして分けて考えると「踏張っている場所」と「すべり落ちる場所」がある（図-1）。ここで、踏張る力の方が大きいときはすべらない、と説明する。

踏張る力は土の体重に比例する。体重は背の高さとはほぼ同じ。この説明をふまえて、「踏張っている場所」と「すべり落ちる場所」の高さを確認する。

地下水位が上がると、水位より下の部分には浮力が作用し、土の体重は軽くなる。軽くなると「踏張る力」が減少し、バランスが崩れる。すると「すべる力」が大きくなるため、全体がすべり落ちることを説明する。

⑤ 説明のポイント

パネルでは、すべり台の上に、人が並んで座っている絵を使って直感的に分かる工夫をしている。

有効応力の低下を、お風呂に入る人で表現することで、分かりやすくしている。

斜面（山）が動き出すのは、地下水の影響であることが実感できる。排水ボーリングの効果を合わせて説明する。

3. アンケートの結果

大学の講義の一環として、模型実験を行った際のアンケート結果を図-2に示す。対象学生の専攻は土木だけではなく、文系の学生も含まれている。土木に興味が少ない学生が、模型実験を通して土質力学に親しみを持ったと答えている。このほか地元住民説明会や高専で行ったときにも、楽しくて分かりやすいとの評価を得ている。

4. おわりに

直感的に分かるように工夫し、説明の場を作っていくことで、一般の人に土木の魅力を伝えていくことは大切だと感じる。この意味で、模型実験は非常に強力な道具である。技術の内容を理解していただければ、親しみを感じてもらえる。土木離れを少しでも食い止めるためには、模型実験のような広報活動も必要だと考えている。

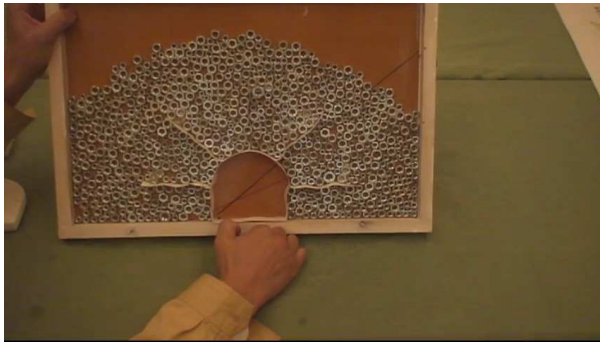


写真-1 NATM 工法の模型その1

放射状の紙があることで、レンガブロックのようになったナットがアーチ効果を発揮する。上からの荷重が、アーチを通じて分散するため、トンネルは潰れなくなる。

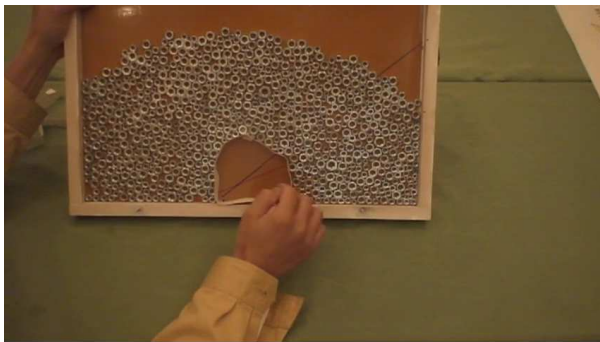


写真-2 NATM 工法の模型その2

放射状の紙がない場合には、ナットの重さに耐えられず、厚紙はつぶれる。

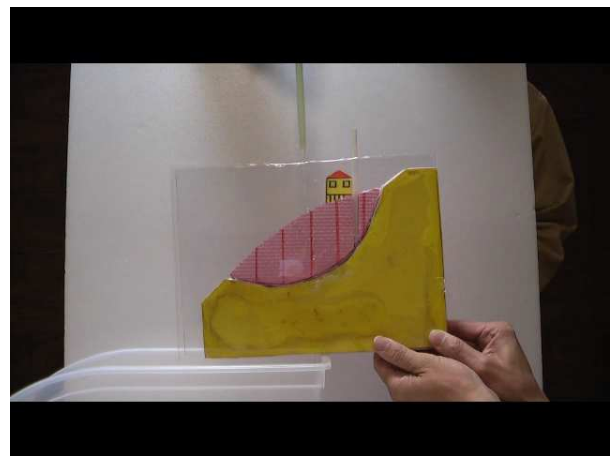


写真-3 地下水と地すべりの関係の模型その1

水が地表面を流れるだけなら動かない。

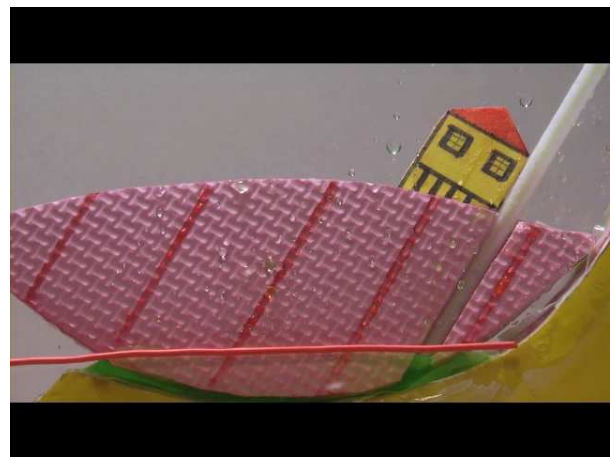


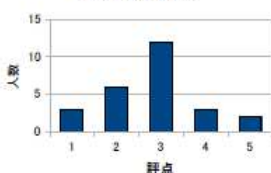
写真-4 地下水と地すべりの関係の模型その2

地下水位が上がることで山は動く。

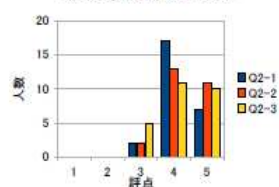
5段階評価(5そう思う⇔1そう思わない)

質問項目	平均点
1以前から土木に興味があったか	2.8
2イントロダクション	
土の内部に力が働いていると理解できたか	4.2
模型実験の意味、注意点は理解できたか	4.3
自分で模型を作成しようと思ったか	4.2
3模型実験	
手順の容易さ	4.4
楽しさ	4.7
土の力を実感できたか	4.5
4土質力学に親しみが湧いたか	4.4

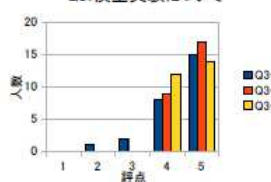
Q1. 以前から土木分野に興味はあるか?



Q2. 実験の説明について



Q3. 模型実験について



Q4. 土質力学に親しみが湧いたか

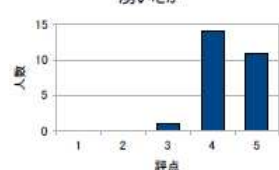


図-2 アンケートの結果

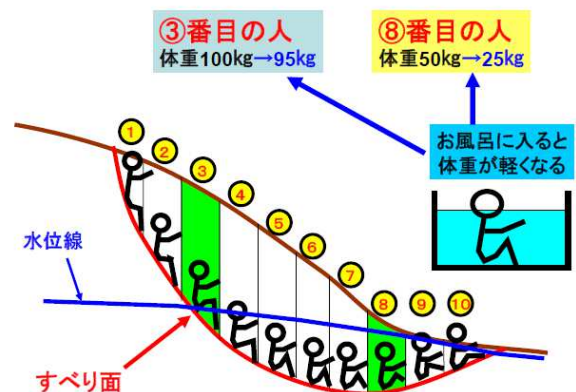


図-1 地すべり安定解析の説明図

すべり台の上に、人が並んで座っている絵を使って直感的に分かる工夫をしている。有効応力の低下を、お風呂に入る人で表現することで、分かりやすくしている。