地盤工学会誌
公益社団法人 地盤工学会
報告

手を動かして学ぶ「ドボク模型」の勧め

Introduction of hands-on "DOBOKU analog models"

藤井　俊逸（ふじい　しゅんいつ）　（株）藤井基礎設計事務所
e-mail: shun@fujii-kiso.co.jp

キーワード：アウトリーチ，トンネル，斜面対策，アンカー工

1. はじめに

今年で東日本大震災から 10 年となる。近年，地震以外でも台風や集中豪雨等による大きな災害が毎年の様に発生している。こうした災害の頻発を受け，一般の人達にも土砂災害等の自然災害に関心を持つ人が増えてきているようだ。しかし自然災害やそれらの対策を学ぶことは専門教育を受ける等，やはりハードルが高いのが現実である。そうした中，弊社では各種イベントで「ドボク模型」を使うことで災害やその対策を学ぶ防災啓発活動を行っている。対象は子供たちや一般の人が中心である。

「ドボク模型」は 100 円ショップやホームセンターで買えるような身近な材料を使うことにより，土木の中に隠れた科学（力学）のイメージをつかみやすく，一般の人でも自分で材料を購入して作ることも手軽にできるメリットもある。「ドボク模型」を発案する際，土木施設や地盤の中に隠れている基本的な理論や技術を，身近な材料で表現する部分は難しいが，そこが面白いところでもある。

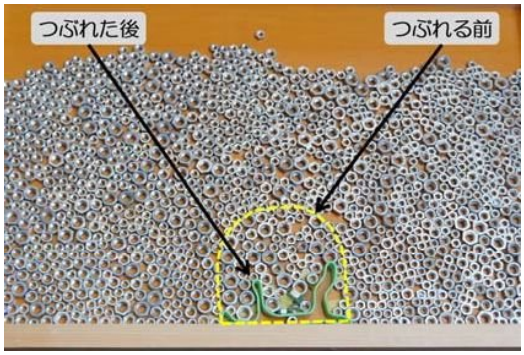
最近はデジタル技術の発展に伴いバーチャルな映像を使った学習が多くなってきているが，アナログである「ドボク模型」は自分の手で触って動かして，見て感じることができるため，デジタルにはない直感的な学習ができる。そのため，デジタルとアナログを上手に使い分けて伝えていくことが大事だと考えている。

2. 土木模型実験の具体例

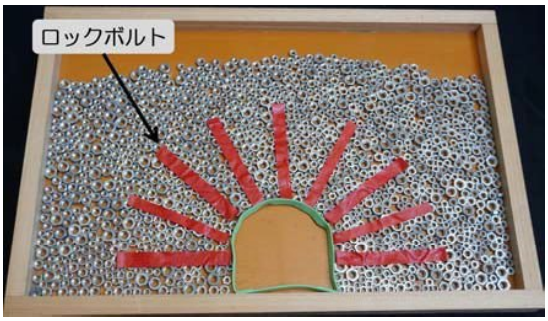
ここからは具体例を挙げて説明しよう。「ドボク模型」においては実際には三次元で起きる現象を二次元で再現することが多い。二次元での再現は断面を表現しやすく，また使う材料を少なくできるメリットがある。

2.1 ロックボルトによるトンネル補強の事例

子供達にトンネルがなぜ崩れないのかを質問すると、コンクリートがあるからという回答が多い。実は山岳トンネルのほとんどは，ロックボルトがコンクリートの裏側の地山の中に入っていて，山が崩れるのを防いでくれている。これを「ドボク模型」で表現してみる。



写真−1　粘着テープ(ロックボルト)がない場合のトンネル実験



写真−2　粘着テープ(ロックボルト)がある場合のトンネル実験

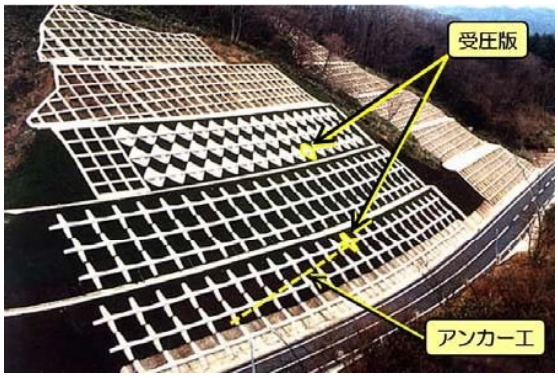
写真-１のように，台座パネルに紙テープで作ったトンネルの断面をセットする。その周りに大きさの違うナット（土の粒のモデル化）を敷き詰めてパネルを傾斜させると，ナットは下にずり落ちようとする。このとき紙のトンネルはナットの重みでつぶれてしまう。次に，写真-２のように放射状に粘着テープ（ロックボルトのモデル化）を張ると，トンネルはつぶれない。その理由は，粘着テープに固定されたナットは動くことができず，粘着テープの間のナットも動きにくくなる。その結果，粘着テープの周辺のナットが一アーチ状の塊になる。実はこの地盤の中にできたアーチが，その上から土が崩れる力を支えているのである。直観的な実験により，トンネルはなぜ崩れないのかを理解してもらうことができる。実際にトンネルを設計するときは，地盤の硬さや特徴を調査してロックボルトの長さやピッチを検討して安全なトンネルを作っていることを説明する。

2.2 グラウンドアンカーによる斜面安定対策の事例

写真-３は道路の斜面にコンクリートの十字の板が張り付けられている。これは道路の斜面が崩れないようにするアンカー工という対策である。しかし，十字の板がどのように崩れるのを防いでいるのかを知っている人は多くない。そこで「ドボク模型」で表現してみた。

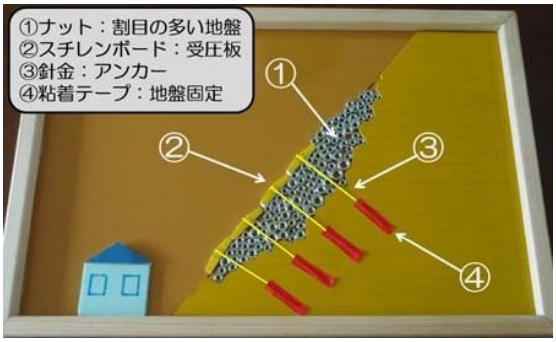
写真-４のように台座パネルの片側に大きさの違うナットを敷き詰める（土の粒のモデル化）。緑の部分は割目のない安定した地盤を表している。パネルを傾斜させるとナットは崩れていく。崩れると写真-４のように斜面の下の家が壊れる。家の壊れ方から①の部屋が最も危険であることを伝えられる。斜面崩壊が高速道路などで発生すると大事故になるので，慎重に対策を検討することが大事だということも併せて説明する。

次に対策工の事例としてアンカー工を説明する。写真-５のように，ナットの斜面に細い短冊状のスチレンボード（アンカー受圧板のモデル化）を置き，それに針金を固定する。針金の先端は粘着テープで安定した地盤に固定する。針金の部分がアンカー材料となる。この状態でパネルを傾斜させると，今度は崩れることがない。この模型で斜面崩壊を防ぐアンカー工を理解してもらうことができる。



写真−3　道路法面を斜面崩壊から守るアンカー工

写真−4　斜面崩壊の実験



写真−5　斜面崩壊を防ぐアンカー工の実験

3. 地盤工学教育

3.1 一般の人に向けて

私たちが普段生活している色々なところに土木施設がある。しかし私たちの目に入るのはその表面だけであり，全体の形が見えないことにより「トンネルはなぜあの形なのか」「あの崖はなぜ崩れないのか」「あの

施設は何のためにあるのか」等，一般の人が疑問に思うことはたくさんあると思われる。そうした疑問に「ドボク模型」は答えることができるだろう。土木施設の見えない部分の構造や，土木施設を支える地盤の中を見てもらうことができるし，力学的な作用を理解してもらうことができる。

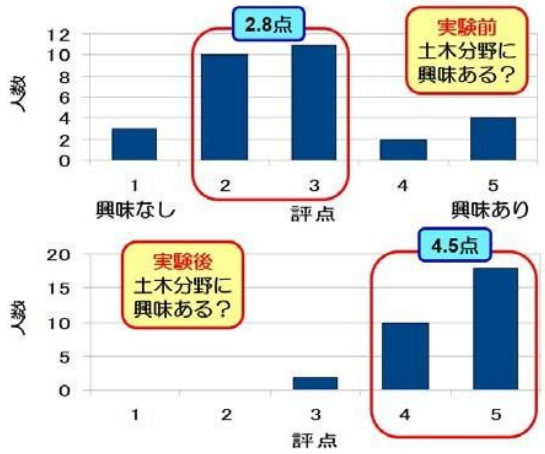
3.2 専門家に向けて

「ドボク模型」は地盤工学を専門に学んでいる人たちにも有益である。それまで計算式で学んでいたことを模型とはいえ実際に見ることができるからだ。その結果，理解が深まり，応用が利くようになり，ひいては学ぶ楽しさに繋がることになる。模型を手にとって「ここを補強したらもっと強くなるのではないか」などと，ディスカッションしながら改善につながるケースを多く経験してきた。例えば、アンカー工の設置位置や本数などの改善である。

3.3 伝える効果

一般の人にイベント等で「ドボク模型」を使って説明をすると，土木に対して大変興味をもってくれる。さらに土木事業に使われている多額の税金も，それが必要な金額であり，正しく使われているということを納税者にきちんと理解してもらうことにもつながる。

小学生，中学生は土木がどのようなものかを今まで知る機会があまりないのだが，理解してもらえると，土木にとても興味をもってくれる。こうした「ドボク模型」を使った実験は図面やデジタル画面と違い，大人だけでなく小さな子供にも理解しやすい。



図−1　大学で行ったアンケート結果

土木に関わる人は，専門技術を一般の人に分かりやすく伝えることを普段あまり意識していない。悪く言うと独りよがりになりがちなのだ。わかりやすく伝える手法を身に着けることが，これからさらに大事になるだろう。また，公式や基準中心で機械的に仕事を行っていることが多いと思うが，直感的に本質を理解することで応用を利かせたり，大きな間違いを防ぐことができるだろう。

図-1 は島根大学で行ったアンケート結果である。土木系の学生がプレゼンターとなり，専門外の学生に教えるという企画であった。実験前に土木分野に興味ある人は平均 2.8 点であった（図-1 の上）。点数の高い方が，興味があることになる。実験後に「土木に興味があるか？」という問いに対しては，平均 4.5 点となった（図-1 の下）。模型実験を通じて興味を持つようになったということが分かるだろう。以上のことからも「ドボク模型」は伝える効果が高いことが伺える。

4. おわりに

「ドボク模型」を用いて子供たちに説明する機会がある。例えば擁壁を説明するときは，大きな擁壁は倒れないが，小さな擁壁は倒れるという実験を見せる。実験の後に「土が崩れる力を計算で求めて，その力で動かないような擁壁の形を，力学を使って決めていく」という説明をする。その際，子供たちから「土木の人って計算するのですね！」という言葉を聞くことがある。土木のことが伝わっていないことを実感する瞬間である。しかし今までの経験から，きちんと伝えれば子供たちは理解してくれると感じている。土木に関わる人が，子供たちにわかりやすく土木を伝えていくことが大事だと思う。

参考文献

1) 藤井俊逸：模型で分かるドボクの秘密，日経 BP，pp.7〜16，pp.107〜113,2015.

（原稿受理　2021.3.15）