特集　遊びと土木

ドボク模型を作る楽しさ伝える面白さ

藤井（ふじい）　俊逸（しゅんいつ）*

キーワード：ドボク模型，ホームセンター，100均，実験

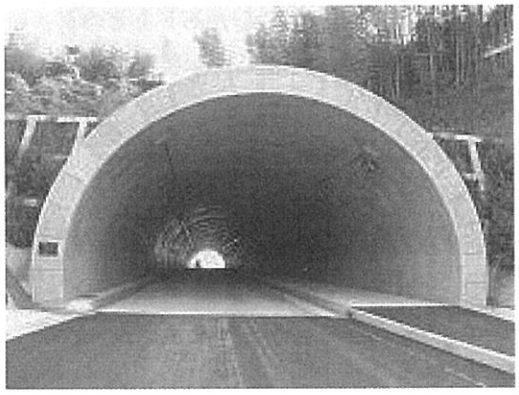
はじめに

土木構造物を作るためには，かなりのお金と時間，様々な分野の技術者の力が必要です。しかし，一度作れば100年くらいの歴史を刻むので，それだけの価値があります。それに対して「ドボク模型」は，土木構造物の科学的な特徴を抜き出して，身近な材料で模型を作成するものです。ですから，1,000円程度のお金と１～３日の時間で，技術者一人だけでも作ることが可能です。現実の土木構造物に比べて，とてもお手軽です。ここでは「ドボク模型」を作る楽しさや，伝える楽しさについて説明しましょう。

１．「ドボク模型」とは

「ドボク模型」は，土木の技術や理論などを説明するための模型で，基本的には100円ショップやホームセンターにある身近な材料で製作します。それは普段見慣れている物を使う方が，よりイメージしやすいと考えたからです。模型を使って説明することにより，手品を見る様な驚きが生まれます。ハッとしたり，ドキッとしたりすると「なぜ？」という気持ちが湧き，そして，その「なぜ？」という気持ちに答えることにより，より深く理解してもらえます。

２．トンネルの「ドボク模型」紹介



写真－１　実物のトンネル

トンネルは一般の人でもよく知っている土木建築物です（写真－１）。ところが，「空洞であるトンネルがなぜ崩れないのか？」と質問すると，答えられる人は決して多くありません。むしろ，逆に次のような疑問が返ってくる場合があります。

a) トンネルはなぜ丸い形なの？
b) コンクリートの内側は一体どうなっているの？
c) 柱もないのになぜ崩れないの？

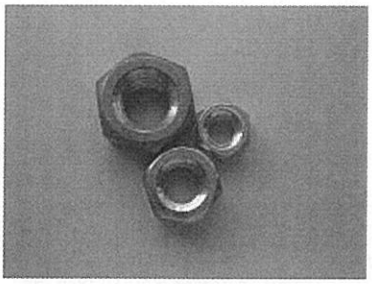
など，疑問の種類も多種多様です。そこで目に見える形で構造を理解するために実際にトンネルを「ドボク模型」として，そのモデルを製作していきたいと思います。

＊株式会社　藤井基礎設計事務所　代表取締役社長

2.1　モデル化の方法

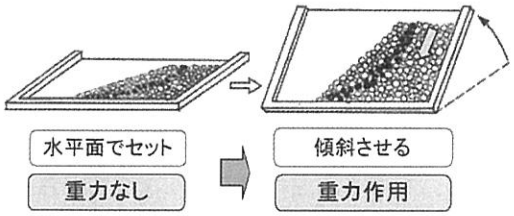
表現として理解しやすい素材と方法を考えるところからスタートします。

a)土粒子：大きさの異なる３種類のボルトナットを混合します（**写真－２**）。ボルトナットには適当な重量があり，また，断面に角があってお互いに引っ掛かるところが，土の挙動を再現する上での重要なポイントになります。



写真－２　３種類のボルトナット

b)土圧の作用：水平面でボルトナットをセットしたパネルを起こし，傾斜させることでボルトナットの重量をトンネル内空に土圧としてかけさせる仕組みを作ります（**図－１**）。



図－１　ボルトナットの重量を伝える方法

2.2　模型の材料と作製

以下の材料とパーツを準備します。ホームセンターなどで入手が可能です。

a)ボルトナット（径違いで３種類）

b)トンネル断面パーツ

トンネル断面のパーツは，帯状に切った紙をかまぼこ型にし，立ち上り代を設けておきます（**写真－３**）。

c)トンネル断面整形用の型（材料はスチレンフォームなど適度な硬さがあるもの）

ボルトナットをセットする際に，紙パーツのトンネル断面を確保するのに使用します（**写真－３**）。

写真－３　トンネル模型セッティング

d)ロックボルトの再現(色付き接着テープ)

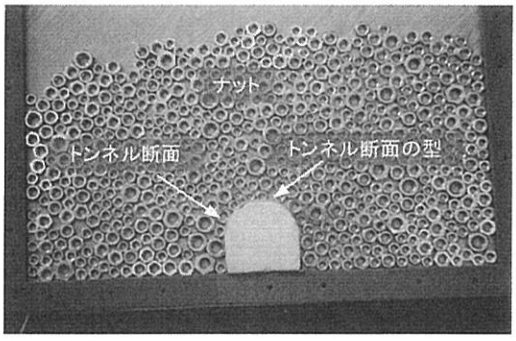
後述する実験のときに接着テープを放射状に貼りロックボルトを再現する。

e)木枠・台座

台座下地は，ナットが重力で滑りやすい素材が向いているので，化粧コンパネに木枠を取付けています。

2.3　実験１：トンネル実験（無対策）

揃えた材料とパーツを，**写真－４**のようにセットしたら実験を始めます。



写真－４　無対策の場合の実験（掘削前）

a)水平に置いた模型台座に，トンネル断面，整形用型，及び周面にボルトナットを配置しました（**写真－４**）。

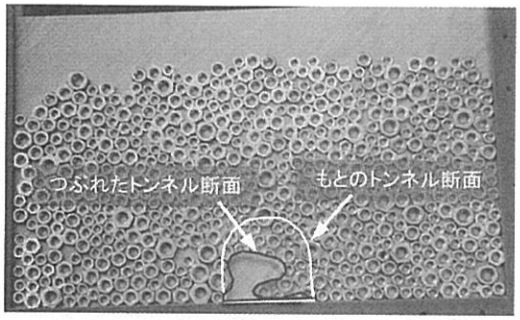
b)**図－１**のようにトンネル断面に整形用の型をセットしたまま，模型をゆっくりと

起こしていきます。

c)トンネル内空に整形用の型が入っているため（掘削前の状態），変化しません。

d)一度水平に戻し，次にトンネル断面から整形用の型を除いた状態で，模型をゆっくり起します。

e)無支保状態なので，ボルトナット（土）の重み（土圧）でトンネル断面がつぶれてしまいました（**写真－５**）。



写真－５　無対策の場合の実験（掘削後）

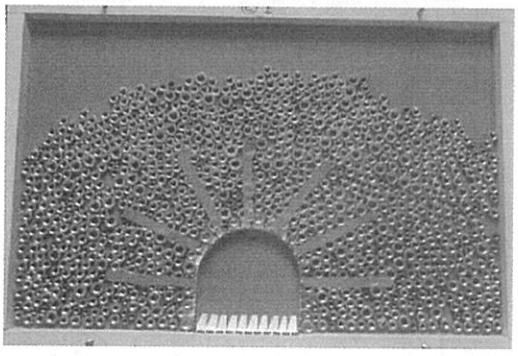
2.4　実験－２：トンネル実験（ロックボルト）

続いてはトンネルをつぶさない方法を伝える実験です。

a)模型を最初の状態（**写真－４**）にセットし，トンネル断面の周囲にあるナットを，ロックボルトに見立てたテープで放射状に固定しました（**写真－６**）。

b)再び，トンネル断面から型を除いた状態で，模型をゆっくり起こします。

c)ロックボルト（テープ）を施したトンネル断面は保たれたまま，つぶれません。



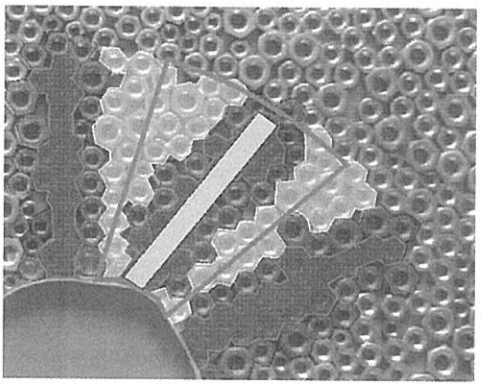
写真－６　ロックボルトがある場合の実験（掘削後）

2.5　説明のポイント

実験が成功したら，なぜつぶれなかったのか理由を説明していきます。

a)ロックボルト（テープ）の有無が，トンネルの崩れやすさに影響することを，実際に見てもらう（**写真－５・６**）。

b)その原理を，**写真－７**の図を使ってその原理を説明します。

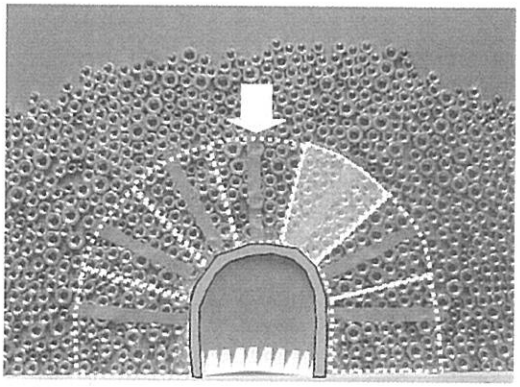


写真－７　ロックボルトの補強原理（その１）

ロックボルト（テープ）で接着されたボルトナットは動きにくくなり，その周辺のボルトナットも互いの角が引っ掛かって動けなくなることで，ブロック化します（**写真－７**）。

このブロックが，トンネル断面をアーチ状に囲み，地山の崩れようとする力をブロックで形成されたアーチが支えます（**写真－８**）。

原理が目に見えることで理解も深まり，興味が高まる実験最大の見せ場となります。



写真－８　ロックボルトの補強原理（その２）

3．作る楽しさ

私が模型を考え，作る工程は次のようになります。

a)土木構造物に隠されている科学を導きだす。

b)どのように模型を作るのかを考える。

c)模型に使える材料を100円ショップやホームセンターで探す。

d)手を動かして工夫しながら形にする。

e)失敗をしながら工夫を重ねた結果，「ドボク模型」が完成する。

私の「ドボク模型」を作る楽しみは，「土木を好きになること」に繋がっています。そして土木に関わる人たちが実際の土木施設を作る前に模型を作ることにより，その楽しさをより感じることができるのではないかと思っています。

また，子供たちが「ドボク模型」を夏休みの自由研究などで作成することで，土木のことを好きになってくれるのではないかと思っています。土木学会で『実験で学ぶ土砂災害』という書籍を製作しましたが，この本では模型の作り方も分かるようにしました。

4．伝える面白さ

「ドボク模型」の面白さを伝えるためには，伝えるツール・伝える対象者・伝え方・伝える場を選んでいくことが大事になります。私は「ドボク模型」ですが，その他にもゲーム，マンガ，本など，色々考えられます。

「ドボク模型」で伝える活動を行っている主なものについて，伝える対象者，目的，場所の観点に分けて整理しました（**表－1**）。

一般の人に土木を伝える場合は，大型商業施設の通路などで通りがかりの人に説明するのが有効です（**写真－9・10**）。土木に全く興味がない人にも説明する機会が生まれるからです。イベント会場や会議室に来る人は，最初から興味がある人になるからです。

表－1 「ドボク模型」の目的概要

イベント	対象	目的	場所
土木の日のイベント	一般の方	土木の理解増進	大型商業施設通路
建設技術展	専門技術者	土木知識の向上	イベント会場
地域のお祭り	地域住民	土木の理解増進	イベント会場

建設工事の地元説明会	対象	目的	場所
地元説明会	地域住民	土木工事の内容説明	会議室

防災学習会	対象	目的	場所
地域防災学習会	地域住民	防災への理解増進	会議室
小学校や中学校	学生	防災への理解増進	会議室

大学・高専	対象	目的	場所
小学校や中学校	学生	防災への理解増進	会議室
オープンキャンパス	学生	土木の理解増進	会議室

専門家教育	対象	目的	場所
施工業者	専門技術者	土木技術の理解増進	会議室
コンサルタント	専門技術者	土木技術の理解増進	会議室
メーカー	専門技術者	土木技術の理解増進	会議室

学会/協会/NPOイベント	対象	目的	場所
展示会	一般の方	土木の理解増進	会議室
イベント	一般の方	土木の理解増進	イベント会場

写真－9　大型商業施設での説明

写真－10　東京都防災展での説明

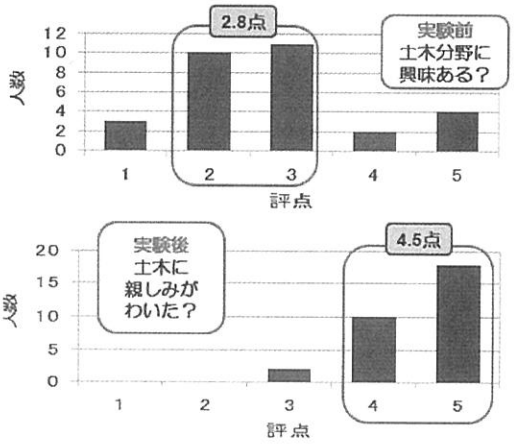
一般の方に，イベントなどで模型を使って説明をすると，土木に対して大変興味をもってくれます。土木事業は，皆さんの税金で行うので，きちんと理解してもらうことがとて

も大事です。

小学生，中学生にアピールすると，土木がどのようなものかを今まで教えてもらったことがないので，興味をもってもらえます。

専門家は，専門技術を一般の人にわかりやすく伝えることを，普段あまり意識していません。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ります。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いますが，直感的に本質を理解することで，応用を利かせたり，大きな間違いを防げます。

図－2は，島根大学で行ったアンケート結果です。土木系の学生がプレゼンターで，土木以外の学生に教える，という企画でした。実験前に土木分野に興味ある人は，平均2.8点でした。点数が高い方が，興味が高いことになります。実験後に土木に親しみが湧いたか？　という問いに対しては，平均4.5点となりました。模型実験を通じて，親しみが湧くようになったということがわかります。



図－2　大学で行ったアンケート結果

おわりに

子供の頃，絵を描いたり粘土遊びをしたり，工作をしたことがあるでしょう。失敗をしながらも工夫して，少しずつ形になっていく楽しみがあったと思います。実際の土木構造物では失敗は許されませんし，作り直すこともできません。その点「ドボク模型」なら，何回失敗しても問題ありません。そして，だんだん思い描いたものに近づきます。

実は，失敗しながら自分の思ったものが出来上がることは楽しさに繋がります。また，自分が作った模型で土木のことを理解してもらえたり，説明に対して「なるほど」と言ってもらえると嬉しいものです。

『日経コンストラクション』という雑誌で「ドボク模型プレゼン講座」という講座を24回行いました。前半12回分は『模型で分かるドボクの秘密』というDVD本にしています（**図－3**）。どの模型も楽しみながら工夫して作成しています。

どんな仕事でも，他人にわかりやすく伝えることが大事です。伝える方法の一つとして「ドボク模型」を役立ててみませんか。

図－3　ドボク模型を紹介した書籍