

3D プリンター模型による地すべり対策への貢献

The contribution to the landslides by the 3D printer models

太田英将*, 林 義隆, 美馬健二 (太田ジオリサーチ)

Hidemasa OHTA, Yoshitaka HAYASHI, Kenji MIMA (Ohta Geo Research Co., LTD)

キーワード：3D プリンター，地質模型，新製品開発，災害教育

Keywords: 3D printer, Geological model, new-product development, Disaster education

1. はじめに

1980年代に発明された3Dプリンターは、近年急速に普及し始めている。特に製造業を中心に活用が始まり、建築や医療分野でも用いられている。しかし、地中模型については立ち遅れており、土壌・地下水汚染分野(図1)で僅かに活用されているだけというのが現状である。



図1 土壌・地下水汚染の3D模型例

地すべり運動は、複雑な3次元形状の土塊が重力の影響で斜面下方に移動する現象であるため、複雑な3次元地層表現や、地すべり土塊の3次元形状が、塗色され分解可能な模型があると理解が早まる。

また、地すべり解析が主として2次元断面で行われていたため、地すべり対策工の多くは滑動方向に対して直交する単純な機構のものとなっている。3次元模型により自然現象が明確にイメージされると、3次元構造を利用した合理的な新しい対策工の創造の触媒となる可能性もある。2次元思考から3次元思考への脱皮が容易となることも期待される。

2. 地盤の3次元化

地盤情報の3次元化は、地質層序のような地質学的ルールに基づくものと、土壌・地下水汚染濃度やN値などの地盤強度のような離散型のデータがある。

筆者らは、これらを3次元化するツールとして、MVS (Mining Visualization System ; C tech 社製) を用いている。具体的手法については、林ほか(2005)に詳述している。3次元模型を作成するためのフォーマットへは、このソフトウェアから

VRML形式のデータとしてエクスポートすることにより、フルカラー3Dプリンター(石膏製)で作成可能となる(図2、3、4)。なお、安価で最も普及している樹脂製のモノクロ3Dプリンターへ出力する際には、STL形式が一般的である。



図2 フルカラー3Dプリンター
(Projet 460 Plus ; 3D Systems 社製)

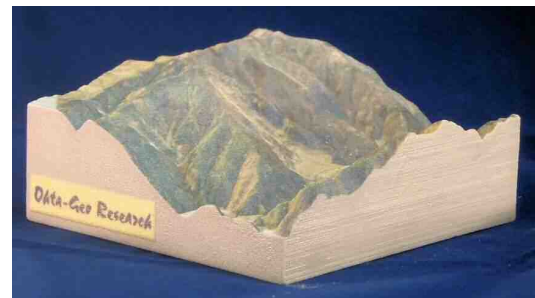


図3 地形模型例



図4 家と地盤と地盤改良模型例

3. 地すべりへの適用

3.1 谷埋め盛土の幅／深さ比の違いの実験

3次元形状の効果が最も如実に表れる現象の一つが、谷埋め盛土の地震時滑動崩落現象である。盛土底面に発生する過剰間隙水圧によって、底面摩擦抵抗力が著しく減少し、側面抵抗力の寄与の度合い(幅／深さ比= W/D)の違いにより滑動するか、滑動しないかが決定される。

図5は、中空の「弁当箱型」谷モデルを3Dプリンターで簡易に作成し、底面に穴を開け、チューブを通してポリタンクからの水圧をかけることによって、谷を埋めた物質の滑り易さの違いを見るためのモデルである。

このモデルに、①水圧消散装置、②抑止杭、③アンカー工などの対策工を設置し、盛土地盤の変形の程度を観察するなどして、最も有効な対策工を選定する手助けとなる。



図5 W/D比を変えた谷埋め盛土用模型

3.2 法面水路工のゴミによる閉塞防止工

道路・造成地等の切土法面や盛土法面には、小段に水路工が設置され、縦排水工で域外に除去されることにより、豪雨時の斜面安定を図っている。

しかし、現実には緑化工が多く使われている法面では、豪雨に伴って法面上の落ち葉・枯れ枝等が水路に流れ込み、縦排水との合流点である集水樹の呑口で引っ掛かり、集水樹・水路ともに閉塞していることが多い。水路で集めてきた水が集水樹付近で溢れて法面に放出されるため、しばしばそれが原因となって崩壊が発生する。

このゴミを除去すれば機能回復するわけだが、この現象は、豪雨の最中に発生するため、現実的には

対応不能である(閉塞状況を図6に示す)。



(a)水路閉塞 (b)集水樹閉塞
図6 法面水路工の閉塞の実態

そこで、豪雨の最中には大きなゴミは犬走側に溜まり、水路は水と詰まる恐れのない小さなゴミだけが流れるようにすることが現実的な解決策となる(図7の実験例)。犬走上の大きなゴミは、豪雨が収まった後で処理すればよい。

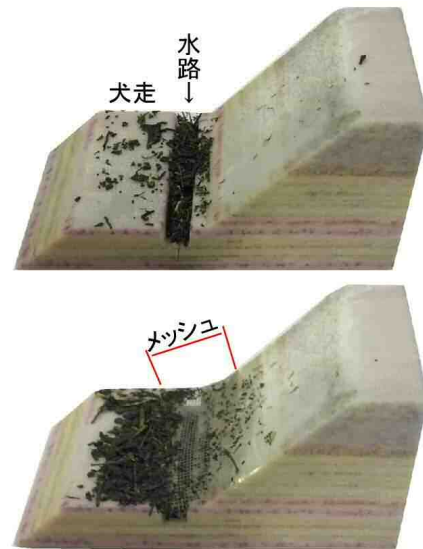


図7 水路閉塞を回避する対策工の実験上；無対策で閉塞、下；水路上に傾斜したメッシュを被せることにより大きなゴミを犬走到に除去

4. まとめ

3Dプリンターを活用することにより、斜面問題に対して具体的なイメージを持つことができ、有効な対策工の立案に寄与するものと考えられる。

文献

- 1) 林義隆・国限定・太田英将・北方泰憲(2005); 空間情報技術による地すべりの可視化と解析、日本地すべり学会誌、第42巻、第4号、pp.44-50

3Dプリンターモデルによる地すべり対策への貢献

The contribution to the landslides by the 3D printer models

太田英将*, 林 義隆, 美馬健二 (太田ジオリサーチ)

1. 3Dプリンターの種類

大きく分けて2種類ある。①樹脂製モノクロ模型作成タイプ、②石膏製カラー模型作成タイプ。地すべり模型には、地層区分等が必要のため、フルカラープリンターを用いる。



モノクロ樹脂型
(50cm四方)



フルカラー石膏型 (150cm四方)

2. 地すべり対策への活用

<防災教育・理解の一助>

- ・3次元地質構造に強く影響され、3次元運動をする地すべりを3次元的に理解する手助けとなる。
- ・対策事業を施工する際の、地元説明用資料として、「手に持って眺められる」ことが理解に役立つ。

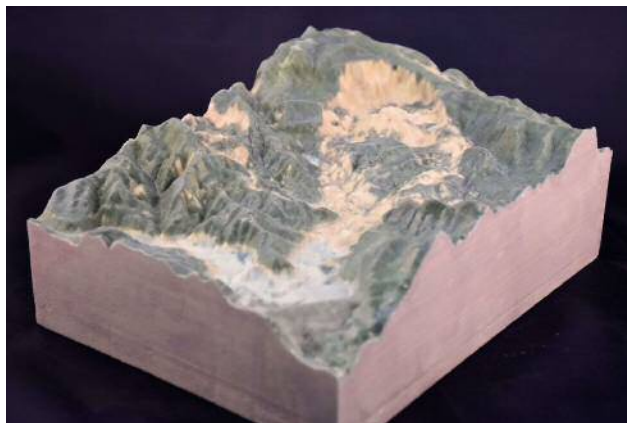
<実験・工法開発>

- ・模型実験装置を作ることができる。たとえば谷埋め盛土の幅/深さ比の違いによる滑りやすさの違いなど。
- ・対策工法開発の一助となる。

3. 災害教育・地すべりの理解のための模型

地すべり地形の模型は、写真+DEMで容易に作成できるが、高さを誇張するなどし、地すべり地形をより理解しやすくすることができる。また、地中まで含めた地質モデルとして作成することも、地すべりブロック区分模型とすることもでき、地すべり地の理解の一助となる。(荒砥沢地すべり模型の例を参照)

また、ドローン等で撮影した複数の写真から、ソフトウェアを介してDEMを作成することにより3D模型化できるため、緊急災害時にも活用できる。



荒砥沢地すべり地形模型
(公開されている文献から作成)



荒砥沢地すべり地質模型



荒砥沢地すべりブロック区分



羅臼地すべり地形模型

(写真：山崎新太郎先生のドローン撮影、DEM：防災科学技術研究所、すべり面形状は根拠なき推定です)



羅臼地すべり土塊分離



移動土塊と不動地盤

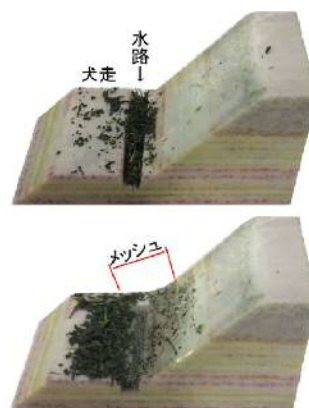
4. 実験装置作成

例) 谷埋め盛土の幅/深さ比の違いによる滑りやすさの比較実験

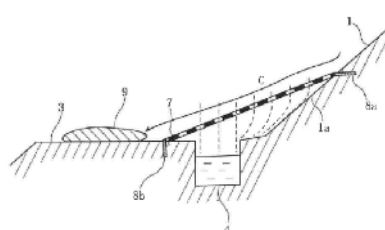


5. 対策工法の開発

例) 法面水路工の閉塞防止装置の開発→特許取得→製品化



豪雨時に落葉等が一時的に犬走に溜まり水路に入らないようにすることによって、排水機能を維持する。



6. その他



宅地地盤と地盤改良



地理院地図から地形模型 (大山)
(VRML出力、写真はペイントソフト等で加工可能)



工場と土壌・地下水汚染



3次元地質図模型