

国土交通省関東地方整備局日光砂防事務所 田井中治\* 村松悦由 ○大塚健二\*\*  
 アジア航測株式会社 小川紀一朗

1. はじめに

我が国では、山地流域における土砂生産量の推定手法の精度向上が課題として挙げられ、砂防基本計画の策定にあたっては、土砂生産の場所・規模・タイミングを適切に評価した上で、山地流域からの基本土砂量を算出することが求められている。このため、筆者らはこれまで短期および中長期の生産土砂量の推定手法を開発するために必要なデータの取得を目的として、栃木県鬼怒川水系下の沢流域にモデル斜面を設定し、土砂生産状況調査を実施してきた<sup>2),3)</sup>。調査の結果モデル斜面の動きが確認されたので、その状況を解析した結果も含めてここに報告する。

2. モデル斜面の概況

モデル斜面は栃木県鬼怒川水系下の沢上流端に位置し、面積は約0.08km<sup>2</sup>である(図1)。モデル斜面には溶岩ドームから供給された崖錐が厚く堆積しており、下流側からガリー侵食とそれに伴う溪岸・谷頭侵食が進んでいる。

図1に示す観測地点Aで実施した簡易貫入試験による土層構造調査結果によれば、モデル斜面の地層は黒ボク層(N<sub>a</sub>=1~2)、軽石層(N<sub>a</sub>=5)、ローム層(N<sub>a</sub>=2~4)、礫まじりローム層(N<sub>a</sub>=10~)の4層で構成されていることが分かった。

3. 土壌水分特性

モデル斜面の主測線上の2点(観測地点B、観測地点C)に多層式土壌水分計を設置し、モデル斜面の6深度(10cm、20cm、30cm、40cm、60cm、100cm)における土壌水分を観測した。図2に2005年の台風11号時における土層内部の土壌水分状況を示す。観測地点Bでは、深度10~40cmにおいて土壌水分量が降雨に敏感に反応している。

一方、深度60cmでは土壌水分量の変動が鈍く降雨波形と数時間程度のずれが見られ、深度100cmではほとんど変化していない。よって、観測地点Bの土壌水分特性として、深度10~40cmでは鉛直方向、深度60cm以深では水平方向の影響を強く受けているものと考えられる。観測地点Cでは、全ての層で降雨に対する土壌水分の反応が鈍い。この原因として、植生による雨滴の遮断が考えられる。観測地点Cには針葉樹等の植生が繁茂しており、降雨があっても地盤表面に到達しにくくなっているものと推察される。また、深度30cmと40cm付近では土壌水分に変動が見られない。よって、深度30~40cm付近に透水係数の高い層が分布しており、帯水が起こらないものと考えられる。

4. 斜面変動量特性

モデル斜面の出水時における斜面の変動量を把握するため、図1及び図2の観測地点Cの深度30cm、60cm、90cmに傾斜計を設置し、モデル斜面における傾斜角の変位を観測した。また、観測地点Bと観測地点Cを結ぶ測線上(図3)の亀裂部分(滑落崖)の間に4箇所(No.0・No.1・No.2・No.3)抜き板を設置し、モデル斜面の変動を観測した。傾斜計による斜面変動量の観測結果を図4に示す。なお、図4に示す傾斜計による観測結果は前後4時間の移動平均である。

図4に示す傾斜計の観測結果によれば、短期的に大きな変位は確認できないものの、観測初期から継続して傾斜角に単調な増加が見られる。とくに、2005年8月~11月および2006年5月~9月の出水期、2006年3月~4月にかけての融雪期において、断続的に傾斜角が増加し、それぞれ4~8分の変位が確認できる。1年間を通した傾斜角の変動幅は10分程度であり、モデル斜面は恒常的に変動していると考えられる。

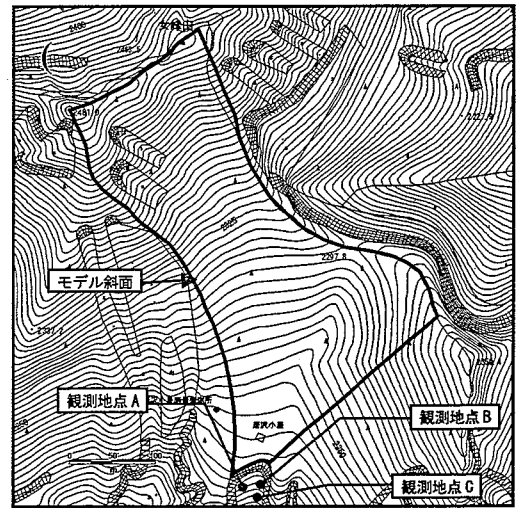


図1 モデル斜面

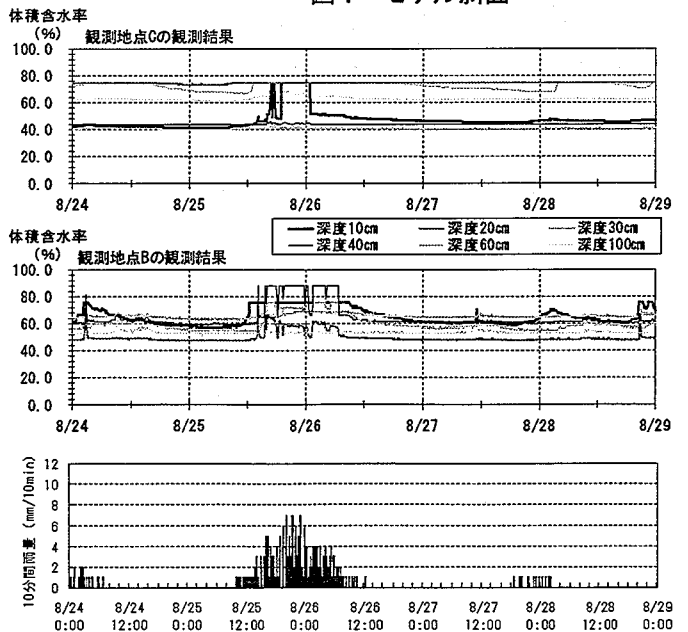


図2 土壌水分観測結果(台風11号)

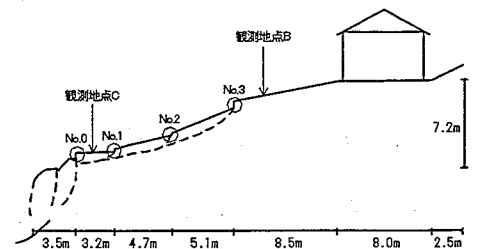


図3 斜面変動量観測箇所

## 5. 三次元 FEM 解析

解析結果と観測結果の比較結果をもとに、短期生産土砂量の予測手法に適用した浸透流解析手法と弾塑性解析手法の妥当性、今後の課題を整理すると以下ようになる。

### 5.1 浸透流解析

各ケースともに、黒ボク層の飽和度は降雨に敏感に反応しており、軽石層の飽和度に大きな変化は見られない。実測値もほぼ同じような傾向を示していることから、表層・中層における土壌水分量の変化は、本モデルによって概ね再現できることが確認できた(図5)。一方、ローム層・礫混じりローム層の飽和度は、実測と同様に降雨よりも遅れて反応しており、傾向は再現できている。しかし、飽和度の変動幅は実測値に比べて、解析値の方が低い。この原因として、境界条件として上端からの水の供給を行っていないことが考えられる。モデル斜面上端からの流量等の把握が今後の課題となる。

### 5.2 弾塑性解析

モデル斜面全層が飽和した場合、主測線上の下端部から崩壊面にかけて、安全率1.0を下回っている(図6)。安全率が1.0を下回っている箇所は、斜面変動量調査結果において、抜き板や傾斜計によって変位が確認できた箇所(変動が著しい箇所)と一致する(図7)。また、礫混じり層と基盤層(本モデルでは礫混じり層より下層を基盤層としている。)の間、および軽石層にそれぞれ安全率1.0を下回る層が確認できる。これより、本モデル斜面は「表層から軽石層までの崩壊」、「軽石層から礫混じり層までの崩壊」の2種類の可能性を有していることが推測される。

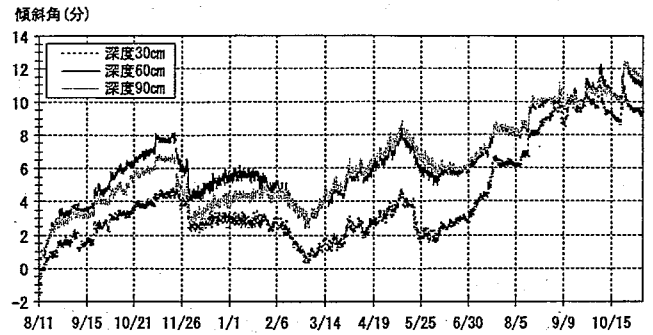


図4 傾斜計による観測結果

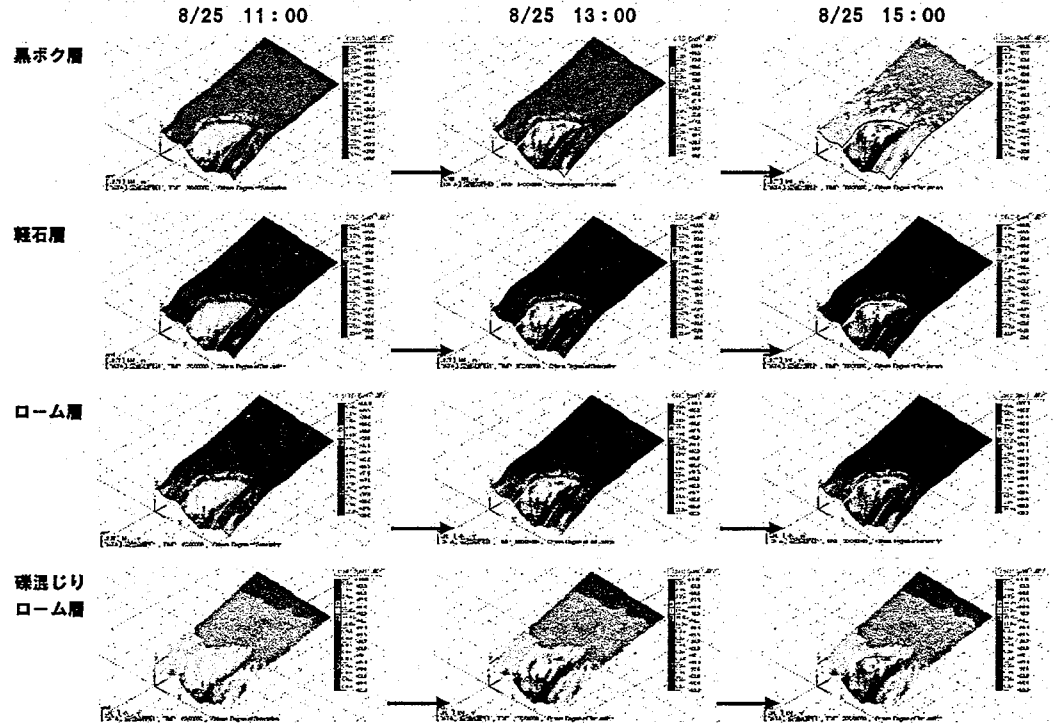


図5 浸透流解析結果(台風11号)

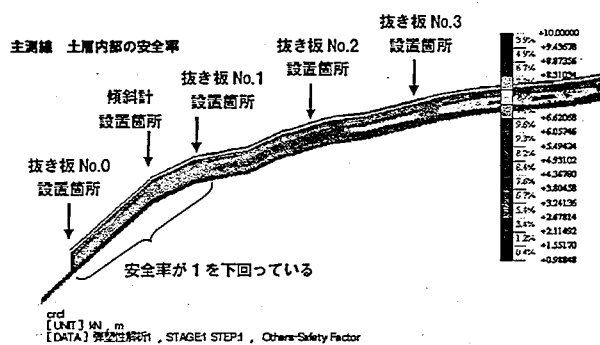


図6 安定解析結果(台風11号)

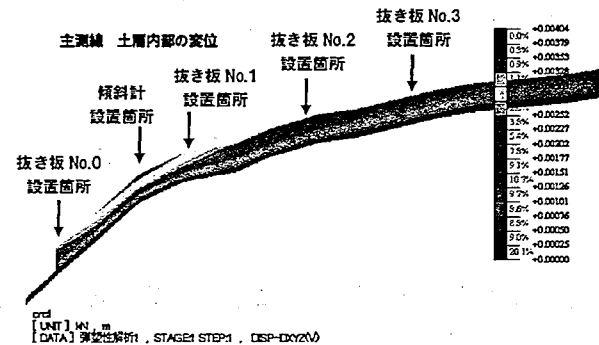


図7 変位解析結果(台風11号)

#### [参考文献]

- 1) 独立行政法人土木研究所土砂管理研究グループ火山・土石流チームほか：山地流域における土砂生産予測手法の研究
- 2) 田井中ほか：下の沢における土砂生産調査について、H18 砂防学会概要集、PP.58-59、2006
- 3) 田井中ほか：下の沢流域における中長期の土砂生産現象について、H18 砂防学会概要集、PP.60-61、2006

注) \*：現国土交通省東北地方整備局新庄河川事務所、\*\*：国土交通省関東地方整備局宇都宮国道事務所