

原位置計測より定めた土壤水分特性を用いた降雨浸透過程の再現計算

(株)エイトコンサルタント ○丹下英雄，藤原健一，小野秀史

高知大学農学部 笹原克夫

国土交通省中国地方整備局太田川河川事務所（現 九州地方整備局） 瀧口茂隆

(株)荒谷建設コンサルタント 小林公明

中電技術コンサルタント(株) 荒木義則

復建調査設計(株) 中井真司

1. はじめに

山地斜面の崩壊発生を予測する上では，斜面の土壤水分特性を把握することが重要である．これまで，現地で不攪乱試料を採取し，室内試験で吸引法等により水分特性曲線が求められてきたが，水分特性曲線にはヒステリシスがあることや，斜面崩壊が吸水過程で発生することから，必ずしも適切な土壤水分特性を用いた降雨浸透過程の再現が行われていない可能性がある．

そこで，本研究では原位置計測により定めた土壤水分特性を用いて，斜面の降雨浸透過程を一次元不飽和浸透流解析で再現することを試みた．

2. 原位置計測の概要

原位置計測を行ったのは，広島市佐伯区荒谷地区の自然斜面である．当斜面は広島風化花崗岩起源のまさ土からなり，斜面勾配は 45° とかなり急峻な地形を呈している（図-1）．

計測は斜面中央位置で，テンシオメーターによるサクション（土壤水分吸引水頭）測定と，TDR(Time Domain Reflectometry)法による土壤水分量（体積含水率）測定を実施した．計測深度は，テンシオメーターが 20，50，100，155cm で，土壤水分計が 20，50，90cm である（計測期間：2006/6～）．

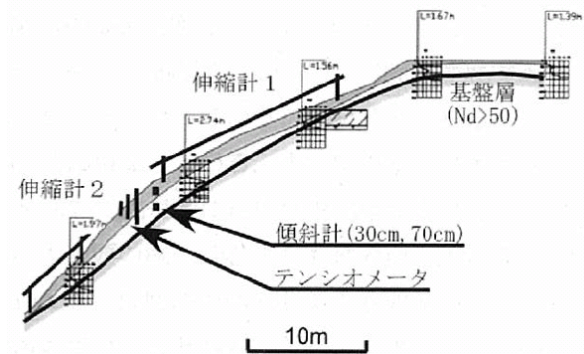


図-1 計測対象斜面の推定地層断面図

3. 計算条件

3. 1 土壤水分特性の設定

原位置計測結果を用いて水分特性（ $\theta-\psi$ ）曲線を描いたものを図-2 に示す．この図より水分特性曲線はループを描いており，ヒステリシスがあることがわかる．これらの曲線のうち，斜面崩壊発生予測においては，吸水過程の曲線を設定することが妥当であると考えられるため，本研究においてはこの曲線群の左端を通るように van Genuchten 式のパラメータを決定した．表-1 に各深度の van Genuchten 式のパラメータを示す．なお，飽和透水係数は，不攪乱試料を採取し室内透水試験で得られた $ks=2.89 \times 10^{-3} \text{cm/s}$ を用いた．

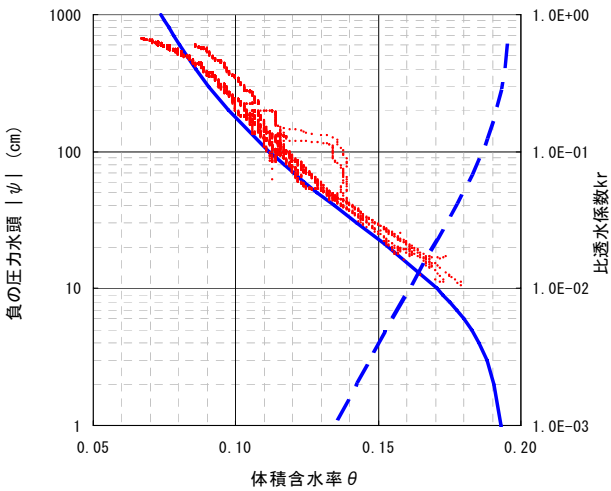


図-2 原位置計測より設定した土壤水分特性曲線
（深度：20cm）（計測期間：2006/7/29～9/30）

表-1 van Genuchten 式のパラメータ

深度	θ_s	θ_r	α	n
20cm	0.195	0.04	0.100	1.33
50cm	0.125		0.080	1.40
90cm	0.085		0.050	1.70

3. 2 再現対象と再現期間

再現計算は、2006 年 8 月 18 日から 3 日間の 10 分間雨量（総雨量 75mm）を用いて、各深度の土壌水分量（体積含水率）の経時変化を再現した。ここで、再現性の評価には平均絶対誤差を用いた。

3. 3 初期条件及び境界条件

計算モデルは計測深度の中央付近に層境界（35cm, 75cm）を設定した 3 層モデルとした。各層の初期のサクシオンは、2006 年 8 月 18 日（計算開始時点）の体積含水率を用いて、設定した水分特性曲線より計算した値を用いた。

また、境界条件は解析モデル上端を降雨浸透境界とし、下端はサクシオン（水頭）固定境界（ $\phi_0 = -350\text{cm}$ ）とした。ここで、サクシオン値は計算開始時点の体積含水率から水分特性曲線を用いて求めた。

4. 再現計算結果および考察

再現計算では、浸透能（降雨量強度のうち地表に浸透する割合）を 33%，5% の 2 ケースとして検討を行った。図-3 に再現した体積含水率の経時変化を示す。

Case1（浸透能 33%）では土層①の体積含水率の立上がり時刻は計測値とほぼ一致するが、立上がり速度が速く、飽和体積含水率（ $\theta_s = 0.195$ ）まで達しており再現性は芳しくない。また、土層②、③ともに立上がり時刻、ピークとも再現性はよくない。

一方、Case2（浸透能 5%）では土層②を除き Case1 より再現性が良い結果となっている。

これは、再現解析に用いた降雨が林外雨量のため、樹木による遮断や落ち葉による貯留等があり、斜面に浸透した降雨が 5% 程度であることを示唆していると考えられる。しかし、浸透能は降雨強度に依存することが知られており、一定値を用いた今回の検討が妥当であるかは、計測機器設置の精度を含めた検証が必要である。

5. おわりに

本研究では原位置計測より定めた土壌水分特性を用いた降雨浸透過程の再現を一次元不飽和浸透流計算により行った。

本研究では再現性を向上させるために浸透能をパ

ラメータとして検討を行ったが、自然斜面においては、不飽和流の二次元流れが考えられることから、一次元解析では再現精度に限界がある可能性がある。

このため、不飽和 2 次元流れを把握する現地計測を今後充実させることや、浸透能と降雨強度の関係を把握する現地計測が、降雨浸透過程の再現性向上において重要であると考えられる。

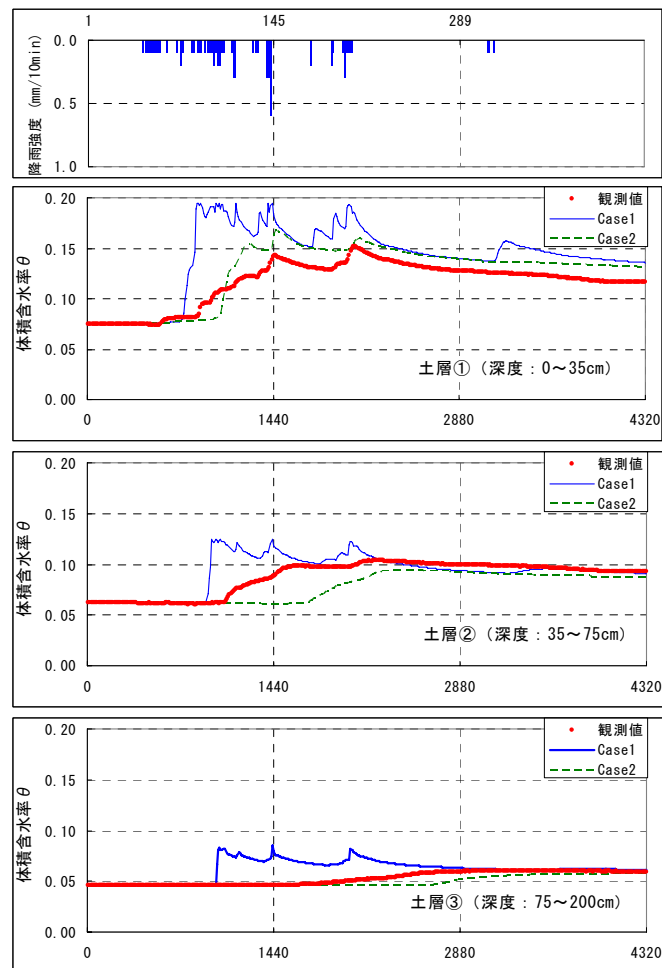


図-3 体積含水率の経時変化の比較

謝辞

本研究の実施にあたり、貴重な資料およびご助言をいただいた国土交通省中国地方整備局太田川河川事務所担当者の各位に深く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) (社)地盤工学会 (2004)：不飽和地盤の挙動と評価，地盤工学会