

広島まさ土斜面における中規模降雨時の地表面変位の再現計算

高知大学農学部
(独)土木研究所

○笹原克夫
田村圭司 山越隆雄

1. はじめに

降雨による自然斜面の崩壊発生時期の予測のために、筆者らは降雨に伴う急勾配砂質斜面のせん断変形予測モデル¹⁾を提案した。本報告ではこのモデルを用いた広島風化花崗岩地帯の自然斜面の、累積雨量 100mm 程度の中規模降雨下での地表面変位の再現計算の結果について報告し、土壌水分特性が降雨浸透に伴う地表面変位に与える影響について若干の考察を加える。

2. 解析モデル

降雨に伴う斜面の地表面変位の再現計算に用いたモデルの概要¹⁾を示す。降雨浸透過程には一次元鉛直不飽和浸透流解析を用い、斜面の変形には無限長斜面を仮定して、双曲線形の応力~ひずみ式を用いるが、不飽和土を対象とするためにサクシオンに起因するボンド応力の補正を行った。前者は Richards 式を差分法で解くが、土壌水分特性は van Genuchten 式で表した。後者は無限長斜面の仮定から斜面内の応力を求め、それを MP 上の応力に変換した後に、増分形式の応力~ひずみ式に代入して斜面のせん断ひずみを求めた。ここで不飽和土はサクシオンが大きいほど強度が大きくなることから、この強度特性を表現するために、(1)式のようにサクシオンに起因するボンド応力 $\sigma_0(s)$ による応力補正を行い、この修正応力 σ^* を応力~ひずみ式に用いることでサクシオン減少によるせん断を表した。

$$\sigma^* = \sigma + \sigma_0(s) \quad (1)$$

従来のモデルでは $\sigma_0(s)$ はサクシオン制御式不飽和三軸圧縮試験結果に基づく実験式を用いていたが、今回は軽部により提案されたサクシオン s 及び飽和度 S_r とボンド応力の関係式(2)²⁾に、サクシオン s と飽和度 S_r の関係を表す van Genuchten 式を組み合わせ(3)式によって求めた。

$$\sigma_0(S) = \frac{S_r - S_{r0}}{100 - S_{r0}} \cdot s \quad (2)$$

$$\sigma_0(s) = s \cdot \left\{ 1 + (-\alpha \cdot s)^n \right\}^{\frac{1}{n}-1} \quad (3)$$

ここで α , n は van Genuchten 式中の定数である。

3. 観測地における降雨時の挙動

荒谷³⁾は、広島市街地から西方約 11km の太田川水系に属し、花崗岩類を基盤岩として、風化の進行で斜面崩壊や土石流の発生の危険性を有している。図-1 に示す斜面において土壌水分計(テンシオメータ)などを配置し、現場のモニタリングを実施している。図-2

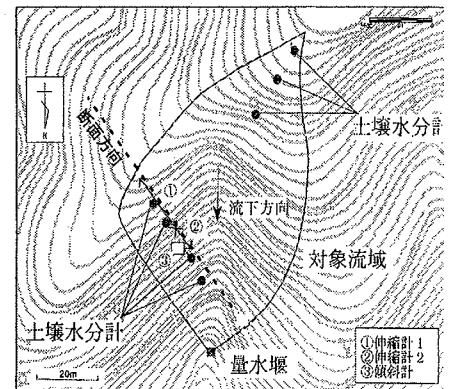


図-1 現場の地形

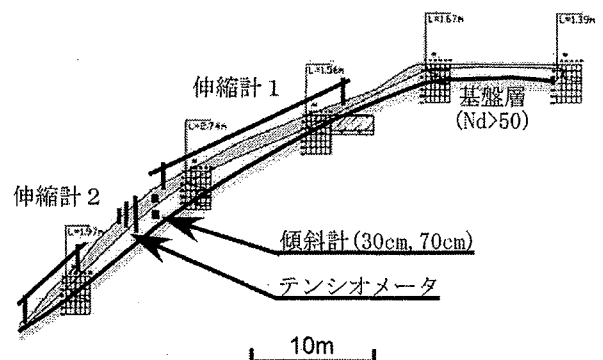


図-2 観測斜面縦断面図

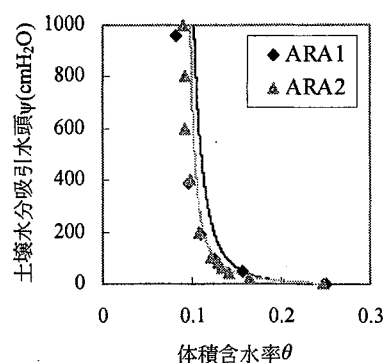


図-3 土壌水分特性曲線

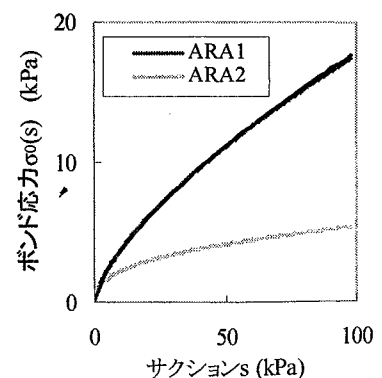


図-4 サクシオンに起因するボンド応力

は計測装置の配置を示す。表層の風化部は平均約2mである。本斜面における降雨浸透特性を把握するために、本斜面周辺で2箇所不攪乱サンプルを採取し、サクシオン制御可能な三軸セル内で加圧法により土壌水分特性曲線を求めた。その結果が図-3に示してある。またこれらの結果を式(3)に代入してサクシオン起因のボンド応力を求めた。それを図-4に示す。

次に解析対象とした降雨と、その時の土壌水分吸引圧、そして地表面変位を図-5に示す。いずれも累加雨量80~100mm程度であり、地表面変位は0.5~0.8mm程度である。いずれの降雨でも特に降雨強度が強くなることはないが、地表面変位も累加雨量の増加に伴って連続的に増加している。

4. 解析結果

上記の降雨イベントを対象に上記で説明したモデルにより地表面変位の再現計算を試みた。筆者らは過去にも上記のモデルを2次元FEMで解く手法で地表面変位の再現⁴⁾を試みているが、その時は初期条件として与える深さ方向のサクシオンプロファイルを実測値ではなく、全水頭一定の仮定で与えている。今回の解析では無限長斜面を対象とした単純なモデルを用いているが、初期条件としてのサクシオンプロファイルに実測値を与えている。この意味で今回の計算のほうが現実条件をより反映していると考え、本解析のポイントとなるサクシオンに起因するボンド応力については、ARA1およびARA2の他にサクシオンに起因するボンド応力が発生しないARA3(自重のみ考慮)を設定した。これら3種類のボンド応力を用いて計算を行い、地表面変位の計算結果を整理したのが図-6である。計算の妥当性を検証するために実測変位も示している。これらを見るとサクシオンの増加によるボンド応力が大きい計算ケースほど地表面変位が大きくなるようである。このことからボンド応力、ひいては土壌水分特性が地表面変位に影響を及ぼしていることが示唆される。

<参考文献>

- 1) 笹原, 海老原, 門間: 降雨による急勾配砂質土斜面崩壊予測のためのパラメーターに関する検討, 砂防学会誌, Vol. 53, No. 3, 11-19, 2000.
- 2) 軽部他: 不飽和土の間隙水状態と土塊の力学的挙動の関係について, 土木学会論文集, No. 535/III-34, 291-302, 1996.
- 3) 酒井他: 風化花崗岩山地における降雨による斜面変位応答特性とそのモデル化, H18砂防学会概要集, 128-129, 2006.
- 4) 笹原他: 風化花崗岩山地における降雨浸透を考慮した地盤変位の予測, 第45回日本地すべり学会研究発表会講演集, 305-306, 2006.

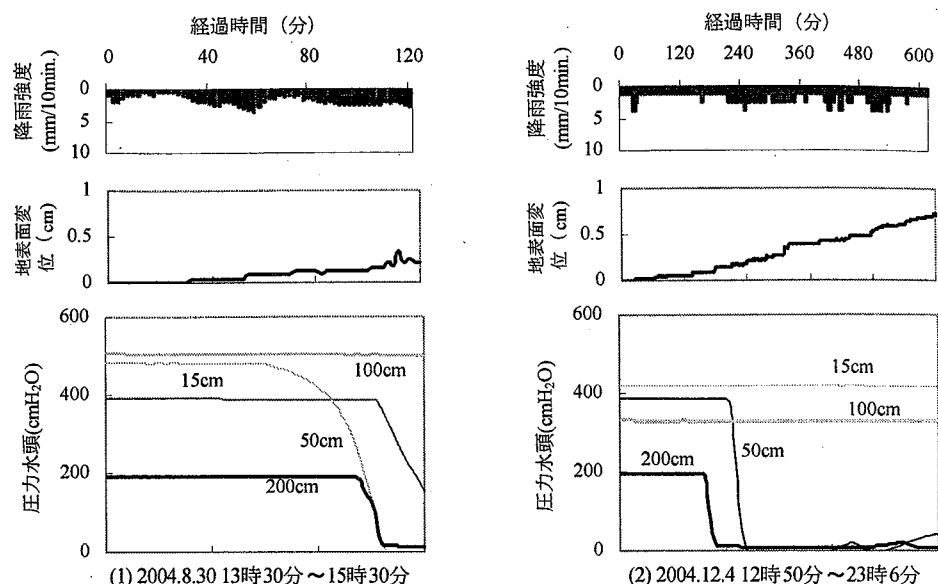


図-5 対象とした降雨イベントとその時の地表面変位

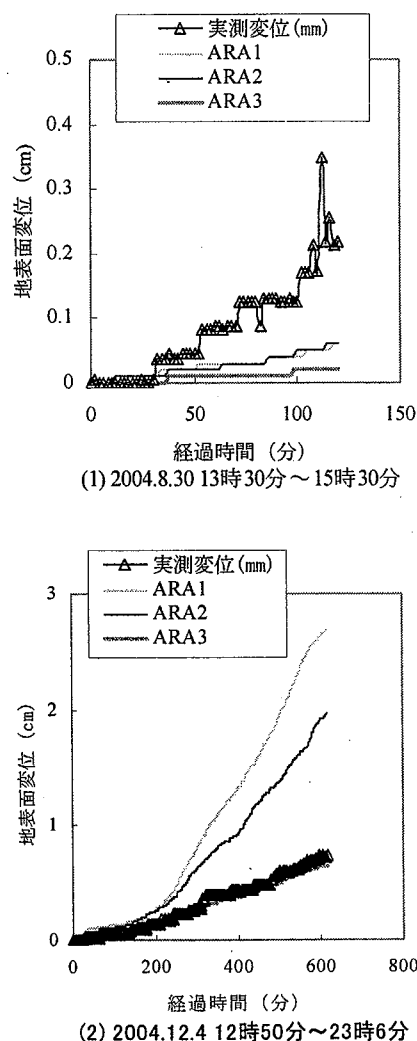


図-6 地表面変位の実測と再現計算の比較