

# 誘電法の原位置計測の適用に関する研究

岡山大学環境理工学部  
岡山県庁  
岡山大学大学院

正会員 西垣 誠 小松 満  
正会員 渡邊 徹  
学生会員 Tohari Adrin 赤木洋介

## 1. はじめに

毎年のように斜面災害によって尊い人命が奪われている。平成11年6月には広島市、呉市を中心に降り続いた豪雨により31名の死者と1名の行方不明者を伴う斜面災害が発生した<sup>1)</sup>。これらの斜面崩壊に対する対策としては、斜面の補強工法やドレーンの設置等があるが、すべての斜面に対して対策を施すのは不可能である。したがって、豪雨時にいかに的確に警報を出すかが課題である。斜面内の水分量と斜面崩壊には密接な関係があるが原位置での測定の場合、間隙水圧の計測は長期間の計測が困難で<sup>2)</sup>、また、その値が急激に変動するため、その把握が非常に難しい<sup>3)</sup>。そこで本研究では誘電法によって斜面内水分量を計測し、斜面崩壊の危険を予測する可能性について小型土槽モデルを用いて検討する。

## 2. 実験装置及び手順

今回、土槽モデルは土槽 (W:1m, D:1m, H:1m) に岡山県産のまさ土を表-1の条件で作成した。まさ土の粒径加積曲線を図-1に示す。センサーは圧力水頭の計測に間隙水圧計、体積含水率計測にFDRプローブとADRプローブを設置した。設置概略図を図-2に示す。間隙水圧計及びADRプローブはパーカッション式ボーリングの孔に挿入し石膏、ベントナイト混合土 (まさ土: ベントナイト=85:15)、まさ土で埋め戻した。FDR計測装置は打ち込み型と埋め戻し型を設置した。この土槽モデルに7.5mm/hourの降雨を計測開始から3時間と16時間目から2時間与え、計測は10分毎に行った。35時間計測後、各深さごとにサンプリングを行いFDR計測法とADR計測法の計測値と比較した。

## 3. 実験結果

今回の実験では打ち込み型と埋め戻し型のFDRプローブを用いた。打ち込み型のプローブは45cmの長さまでは計測可能であったが、それ以上の長さで波形の検出は不可能であった。計測開始から6時間の圧力水頭、ADR、FDR (埋め戻しタイプ) 計測値をそれぞれ図-3、図-4、図-5に示す。圧力水頭では正圧になる前に、体積含水率では有効間隙率と考えられる  $\theta = 0.3$  になる前に1つのステップを形成し、降雨停止後は

表-1 初期条件

| 試料                  | まさ土                          |
|---------------------|------------------------------|
| 比重, $G_s$           | 2.69                         |
| 初期含水比, $\omega_0$   | 5.12                         |
| 乾燥密度, $\rho_d$      | 1.75g/cm <sup>3</sup>        |
| 間隙比, $e$            | 0.537                        |
| 間隙率, $n$            | 0.349                        |
| 初期飽和度, $Sr_0$       | 26%                          |
| 初期体積含水率, $\theta_0$ | 0.090                        |
| 飽和透水係数, $k_s$       | $2.11 \times 10^{-2}$ cm/sec |

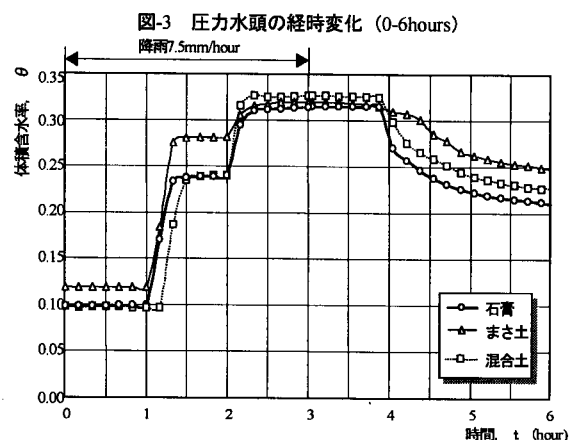
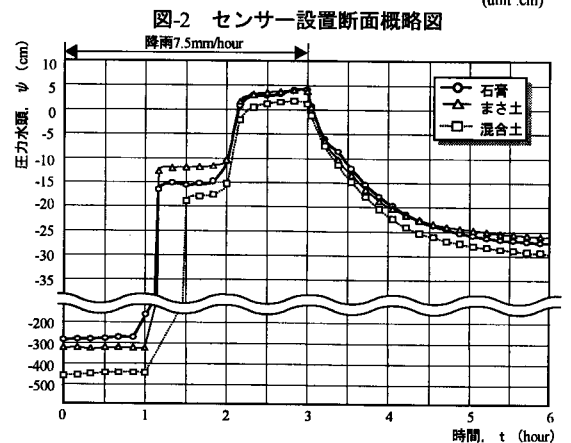
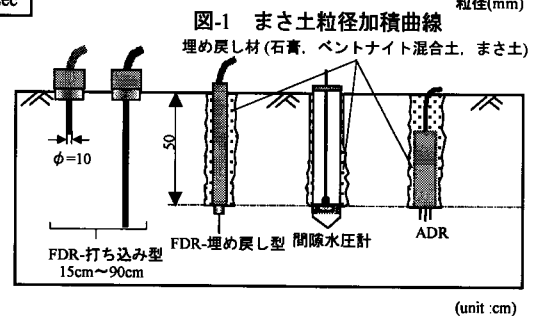
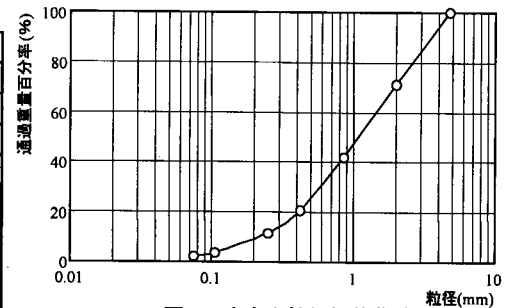


図-4 ADRによる体積含水率の経時変化 (0-6hours)

排水の様子を見てとれる。圧力水頭、体積含水率ともに同じ変化挙動を示す結果となった。計測終了後のADR, FDR計測値とサンプリングにより得た値の比較を図-6に示す。埋め戻し型のFDRプローブの値はサンプリング値に一致している。対してADR計測値は高くなっている。ADRプローブは1本のシグナルロッドの周囲を3本のシールロッドで囲む構造であり、また、直径が4cmと比較的大きい。そのため、繰り返し水分量が変化した場合、シールロッド内の領域は本体でキャップされた状態になるため空気の浸入が困難となり、土中水が排出されず高含水量の状態であったと考えられる。

#### 4. 斜面崩壊の危険予測

実験結果から降雨による浸潤前線の前進により3つの計測値は大きな反応を起こすことが分かる。1段階目として浸潤前線がセンサーを通過したとき、2段階目として浸潤前線が基岩層に達したときである。この2つの大きな反応の1段階目を利用し水分量計測により斜面崩壊の危険予測を行うことを提案する。

図-7に示すように地盤のある深さの点にセンサーを設置しておく。降雨により浸透した浸潤前線が地盤中を徐々に前進し、センサーを通過した時点で計測値は1段階目の上昇を生ずる。その変化の後、再びセンサーを浸潤前線が通過し基岩に達するまでの時間が避難のための時間となる。地盤の水分量の変化を計測する方法としては、従来、間隙水圧計が用いられてきたが、負圧を長時間計測することは脱気水の補充などの問題があり現実的に不可能である<sup>2)</sup>。また、正圧だけの計測では圧力変化の確認時には斜面崩壊がすでに発生するものと考えられる。FDR法、ADR法は維持管理の必要がほとんどなく設置も非常に簡単であり、長期にわたる計測が可能である。水分量により危険予測をすることは斜面モデルを用いた降雨実験からも有効性が確認されており<sup>3)</sup>、今回の実験でさらなる妥当性が示された。

#### 5. おわりに

今回の土槽モデルに降雨を与えたときの間隙水圧とADR, FDR法を用いて体積含水率の経時的な変化を計測した。その結果を以下に示す。①間隙水圧及びFDR, ADR計測による体積含水率の計測値が浸潤前線の通過した時点で大きな反応を示すことを確認した。②体積含水率を計測することによる斜面崩壊の危険予知の可能性を示した。③FDR, ADR計測値とサンプリング値の比較を行った結果、FDR法はサンプリング値と一致することを確認したが、ADR法はプローブ部分を水面が上下することによって高い水分量を示す可能性を示した。今後、実地盤に各センサーを設置し、長期計測を行い更なる性能評価を行いたい。

#### 【参考文献】

- 1) 平成 11 年広島県豪雨災害緊急調査委員会：平成 11 年の広島県豪雨災害調査報告書，(社) 地盤工学会・中国支部，pp. 1-3, 2000.
- 2) M. Nishigaki, K. Hirooka, M. Komatsu, Tohari Adrin: A study on pore water pressure measurement for vadose zones, International Symposium on subdrainage in Roadway Pavements and subgrades, Granada (SPAIN), pp. 275-282, 1998.
- 3) M. Nishigaki, Tohari Adrin, M. Komatsu: Predicting rainfall-induced slope failures from moisture content measurement, Slope Stability Engineering, Volume 1, pp. 465-469, 1999.

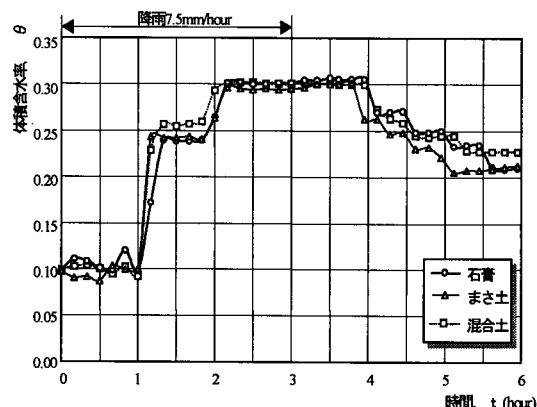


図-5 FDRによる体積含水率の経時変化 (0-6hours)

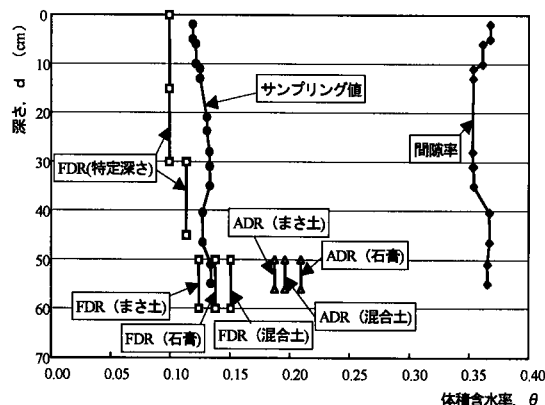


図-6 サンプリング結果と計測値の比較

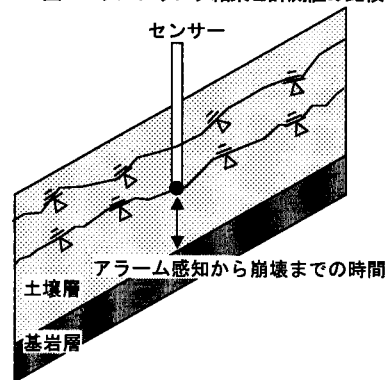


図-7 斜面における模式図