

超音波現地透水試験法を用いた透水性の空間分布の把握

立命館大学大学院理工学研究科 ○稲垣大基

独立行政法人労働者健康安全機構労働安全衛生総合研究所 平岡伸隆

立命館大学大学院理工学研究科 伊良知慎太郎

立命館大学理工学部 藤本将光

立命館大学総合科学技術研究機構 田中克彦

立命館大学理工学部 深川良一

1. はじめに

豪雨による斜面崩壊発生の予測精度向上の手法の一つとして、対象斜面において崩壊発生の誘因をリアルタイムで観測する手法と物理モデル解析を組み合わせる手法が提案されている。先行研究として、Tanaka et al. (2009)は、斜面崩壊発生の誘因である土中の水分量・地下水位を同時にリアルタイムで観測する超音波水分動態観測手法を確立した。

さらに筆者らは、モデル解析に用いるパラメータの一つである透水係数は現場で多地点において測定することが容易でないことに着目し、超音波水分動態観測手法を応用した、簡便な現場透水係数の測定法（超音波現地透水試験法）を開発した。本研究では、超音波現地透水試験法を用いて現場斜面における透水性の空間分布の把握を行った。

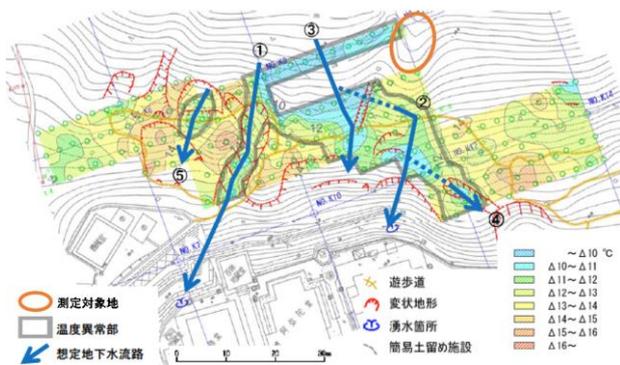


図 1 既存の調査結果と測定対象地の位置

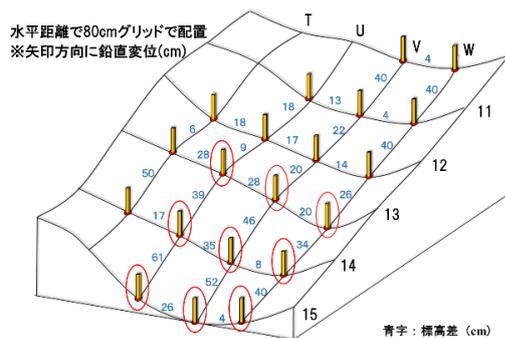


図 2 対象地の概略と測点の配置

2. 対象地概要

清水寺の奥之院後背斜面を研究対象地とした。対象地の概略を図 1 に示す。これまでに行われた 1m 深地温探査 (仲矢ら, 2009) と地中音探査 (藤本ら, 2015) の結果を基に推測された地下水流路から、地下水が存在する可能性が高いと考えられる谷筋を選んだ。

図 2 に示されるように、対象地に水平距離で 80cm のグリッド状に測点を設定し、図 2 に示した 9 地点において簡易貫入試験と透水試験を行った。透水試験は深度 25~85cm まで、10cm 間隔で行った。

3. 超音波現地透水試験法

超音波測定システムでは導波管内の水位を伝搬時間で測定する。試験方法は非定常法を採用し、試験孔の形状は用いる導波管径が小さいため、水の交換面積が広く算出値が安定するピエゾメータ法を用いた。本試験手法の概略図を図 3 に示す。超音波測定システムの導波管上端に注水器具、下端にピエゾメータ用ジグと貫入コーンを取り付けている。これを測定深度まで貫入し注水を行う。注水器具の排水口から排水が始まった時点で注水を止め、導波管内の水位が 0cm になるまでを 1 サイクルとした。不飽和地盤での試験では、注水を数回行うことで現場飽和状態になる。現場飽和状態では、注水後の水位上昇か

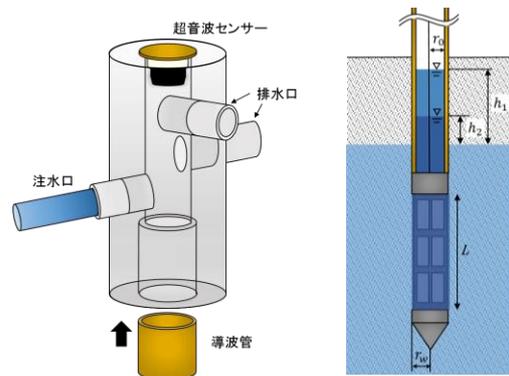


図 3 試験手法概略 (左：上端，右：下端)

ら水位低下までの時間がほぼ一定となる．この状態において3サイクル以上測定する．算出した値の平均値を各地点，各深度の現場飽和透水係数とした．算出は Hvorslev (1951)の式を用いて行い，図 3(右)に示すパラメータを用いると以下の様に表される．

$$k = \frac{r_0^2}{2L(t_2 - t_1)} \ln \frac{h_1}{h_2} \cdot \ln \frac{L}{r_w}$$

ここに， k ：透水係数(m/sec)， t_1 ：水位 h_1 のときの時間(sec)， t_2 ：水位 h_2 のときの時間(sec)である．

4. 結果と考察

各地点，各深度の超音波現地透水試験の結果と簡易貫入試験の結果のコンター図を図4に示す．W14地点の深度75cmはジグによる貫入ができなかった．また，透水性が高く，水位の上昇が確認できなかった深度はオレンジの斜線で示し，測定不可とした．

試験結果から，対象地の地盤の透水性が空間的に不均一であることが示された．測線毎の透水性を比較すると U, W 側線が高い透水性を示す一方で，集水性が高い谷筋に位置する V 測線は比較的低い透水性を持っていることが示された．地点毎に見ると V14, 15 地点や W13 地点は 5.0×10^{-5} m/sec より低い透水性を持つことが分った．これらの比較的低透水性の低い地点，深度に共通する点として，浅い深度に高い N_d 値が見られることが挙げられる．しかし，W15 地点では深度50cmで N_d 値が15を超えているものの，本試験手法で測定できる上限を超える程の高い透水性を示した．そのため， N_d 値と透水性に明瞭な相関関係があるとは言い難い．このことから，地盤の構成材料や植生などの空間的不均一性が透水性に影響を与えていることが示唆された．一方で 3.0×10^{-4} m/sec 以上の透水性を持つ地盤への適用が困難であることが課題として挙げられた．

5. おわりに

本研究では，これまでに筆者らが提案してきた超音波現地透水試験法を用いて多地点，多深度の透水係数を測定し，地盤の持つ透水性の空間分布位の把握を行った．測定結果から，対象地は植生や地盤の構成材料の影響を受けた複雑な透水性の分布であることが示された．

今後，本研究で測定した多地点・多深度の透水係数を用いた浸透解析モデルを構築し，実測データとの比較を行い，有用性の検証を行う．

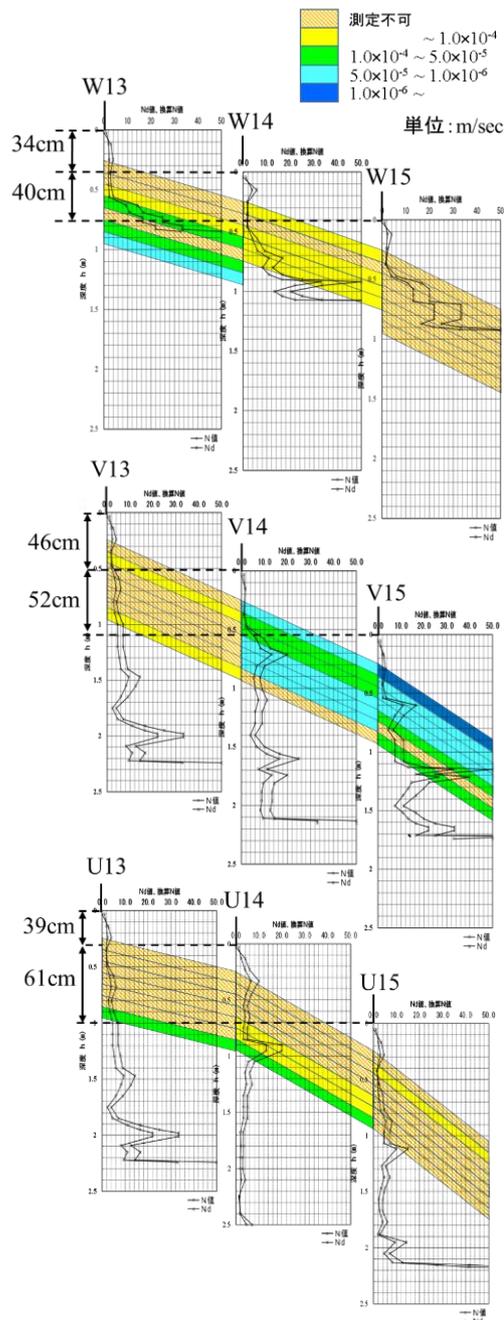


図 4 試験結果

謝辞：本研究は，科研費基盤研究 C(No.JP15K01265 H27-30)，若手研究 B(No.15K18714)の助成を受けて行った．

【参考文献】

- 1) K. Tanaka, T. Suda, K. Hirai, K. Sako and R. Fukagawa. Monitoring of soil moisture and groundwater level using ultrasonic waves to predict slope failures. Japan. J. Appl. Phys., Vol. 48, No. 9, pp. 09KD12-1-09KD12-4, 2009.
- 2) 仲矢順子, 深川良一, 酒匂一成. 清水寺後背勾配急斜面における地盤表層地下水流路野調査と分析, 歴史都市防災論文集, Vol.8, pp271-278, 2011.
- 3) 藤本将光, 檀上徹, 土山拓也, 木村亙, 深川良一. 清水寺後背斜面における地中音測定を用いた地下水流動の把握, 歴史都市防災論文集, Vol.9, pp9-16, 2015.
- 4) Hvorslev M. J, Time lag and soil permeability in ground water observations. Waterways Experiment Station, Vol. 36, pp.01-48, 1951.