

間隙空気圧測定を考慮したテンシオメータの改良について

立命館大学 グローバル・イノベーション研究機構

正会員 ○酒匂 一成

国土交通省 近畿地方整備局

小島 淳

立命館大学大学院 理工学研究科

学生会員

檀上 徹

立命館大学 理工学部

正会員

深川 良一

1. はじめに

降雨時の斜面の安定性を定量的に評価するためには、地盤内の間隙水圧を把握することが重要である。そこで、著者らはテンシオメータを用いて、斜面の間隙水圧の長期計測を行ってきた¹⁾。これまでテンシオメータで得た値について、間隙空気圧をゼロとして、負の間隙水圧を算定していた。しかし、既往の研究において、降雨時の地盤災害において間隙空気圧の影響が大きいと報告されている²⁾。また、現場計測において、礫分が多い地質では設置が多少困難であること、メンテナンス時に掘った穴が埋まることなどが問題として挙げられる。本研究では、間隙水圧と間隙空気圧を同時に計測することによる計測値の補正とテンシオメータの設置およびメンテナンスの容易化を目的として、従来のテンシオメータの改良を行った。また、室内円筒試験を行い、試作機の妥当性を確認した。

2. テンシオメータの改良

図-1 にテンシオメータの校正方法の概要を示す。テンシオメータの負圧センサーの受圧部の高さを基準とし、そこから水面の高さを下げることで負圧を与えている。通常は、図-1 中の u_a は大気圧としているが、今回は $u_a=0, 1, -1[\text{kPa}]$ を与えて試験を行った。図-2 に校正結果を示す。図より、水面を同じ高さにしても与えられた空気圧の分だけ出力値が変動していることが分かる。テンシオメータで直接計測される値を間隙圧 u_w' とし、間隙水圧 $u_w=\rho gh$ 、間隙空気圧 u_a とすると、これらは次式のような関係を持つ。

$$u_w' = u_w + u_a \quad (1)$$

そこで、間隙水圧 u_w を得ることを目的に間隙圧と間隙空気圧の測定が可能なテンシオメータを試作した。図-3 に試作したテンシオメータの設計図を示す。大きな改良点は、従来のテンシオメータを包むようにアクリルパイプを設置し、内部の間隙空気圧を計測できるようにした点である。本研究では、降雨時の地盤内の間隙空気圧の変動を計測すること、試作し

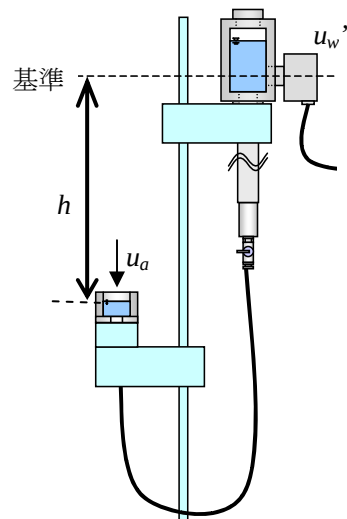


図-1 テンシオメータの校正方法

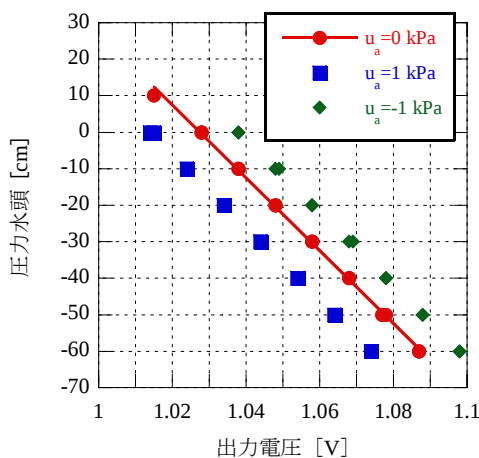


図-2 校正結果

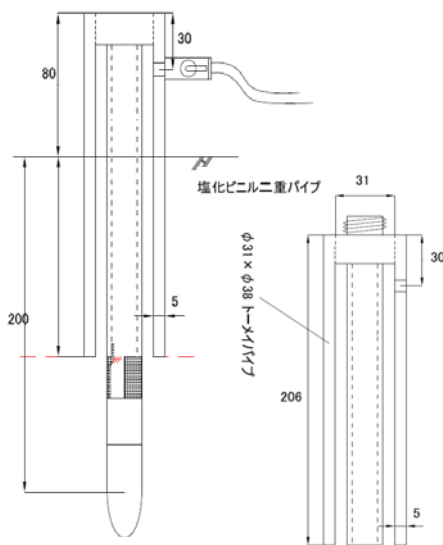


図-3 設計図 (試作機)

キーワード：テンシオメータ、間隙空気圧、間隙水圧

連絡先：〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1 立命館大学 TEL：077-566-1111

たテンシオメータの妥当性の確認を行うことを目的に室内円筒試験を実施した。

3. 室内円筒試験

図-4 には室内円筒試験の概要を示す。土槽内には、従来使用してきたテンシオメータ、試作したテンシオメータ、間隙空気圧測定用円管および土壌水分計 (EC-5) を表層から 20cm の深さに設置した。試験条件として、降雨量 81.4mm/hr を与え、底部を非排気・非排水条件とした。また、土槽内の初期状態では、地下水位は存在していない。図-5~7 に試験結果を示す。図-5 は、間隙空気圧の時系列変化を示している。図より間隙空気圧測定用円管と試作機で計測された間隙空気圧は、ほぼ同じ傾向を示すことがわかる。経過時間 240 分前後の間隙空気圧の急激な低下は、試験装置側面を沿って上部へ空気が流出したためと考えられる。

図-6 には、試作機で計測された間隙圧と間隙空気圧、さらにそれらの値から式(1)を用いて算出された間隙水圧の時系列変化が示されている。経過時間 100 分後において、間隙圧は 0kPa をやや越えた値で一定となっているが、間隙水圧は負圧を示していることがわかる。図-7 は、従来型のテンシオメータと試作機による間隙水圧および土壌水分計による体積含水率の時系列変化を示している。ここで、従来型のテンシオメータの間隙水圧は、直接計測された間隙圧を間隙空気圧測定用円管による間隙空気圧データを用いて補正されたものである。図より、従来型による間隙水圧が先に反応しており、試作機の結果は体積含水率の上昇に近いところで反応している。これは、試作機のように空気圧測定用のパイプを加えることで直接筒を伝う雨水を防いでいると考えられる。

4. まとめ

本研究では、間隙空気圧の測定を考慮したテンシオメータの改良を行い、試作機の作成および室内円筒試験を行った。結果として、地盤内の間隙空気圧の測定およびテンシオメータデータの補正による間隙水圧値を得ることができた。また、試作機では、テンシオメータを伝う雨水の影響を軽減できると考えられる。今後、現地へ導入し、実斜面における間隙空気圧および間隙水圧の長期計測を行いたい。

謝辞：間隙空気圧の計測手法について岡山大学西垣誠教授に貴重なアドバイスを頂いた。ここに謝意を示す。

参考文献

- 1) 酒匂一成, 深川良一, 岩崎賢一, 里見知昭, 安川郁夫: 降雨時の斜面災害防止のための重要文化財周辺斜面における現地モニタリング, 地盤工学ジャーナル, Vol.1, No.3, pp.57-69, 2006.
- 2) 小高猛司: 地盤防災に対する数値地盤力学-地盤材料・間隙流体相互作用のモデリング-, 地学雑誌, Vol.115, No.3, pp.295-308, 2006.

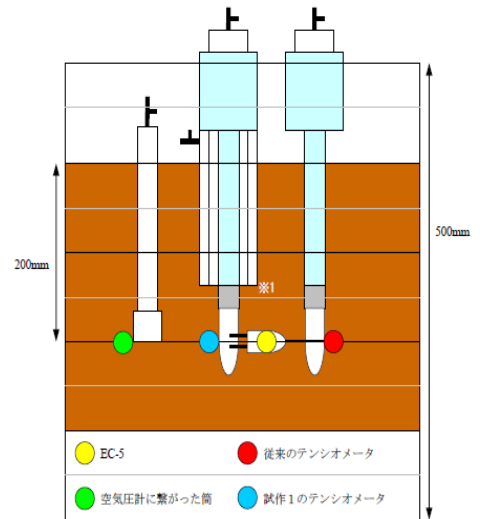


図-4 室内円筒試験概要

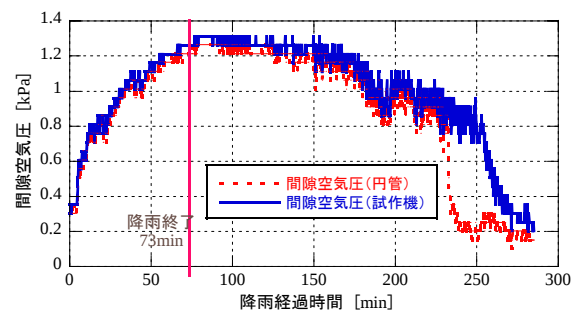


図-5 間隙空気圧の時系列変化

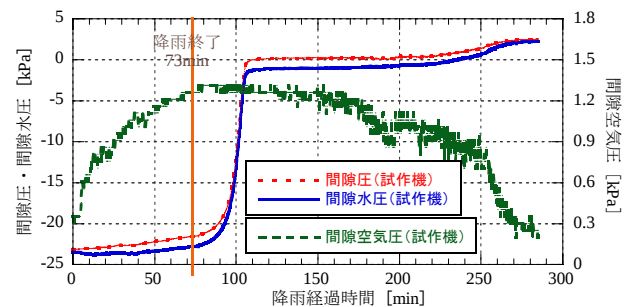


図-6 試作機における間隙水圧の測定結果

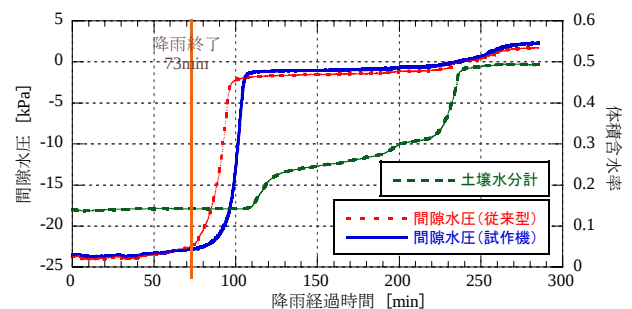


図-7 間隙水圧と体積含水率の時系列変化