

斜面崩壊予測手法としての電気探査法の有効性に関する一考察

九州工業大学大学院 学生会員 ○ 小林 睦
九州工業大学工学部 正会員 廣岡 明彦 永瀬 英生
九州工業大学工学部 非会員 三木 朋広

1. はじめに

我が国は、地形・気象条件ともに斜面崩壊に関して非常に不利な条件を兼ね備えており、その被害報告は後を絶たない。現在、斜面崩壊の予知・予測について種々の手法が提案、実用化されているが、崩壊の時期並びに崩壊形態と規模を予測する手法については未だ確立されていない。これまで、筆者らは電気探査法により、斜面崩壊の誘因のひとつである地盤内の含水比分布を予測することを試み、地下水上昇に伴う地盤内含水比分布の変化をある程度の確に捉えることを示した^{1), 2)}。本研究は、遠心模型実験装置を用いて盛土斜面に浸透流を発生させ、斜面が崩壊に至るまでの現象を観察するとともに、電気探査法により斜面の比抵抗値の測定を実施したものである。以下、これについて報告する。

2. 試料および遠心模型実験装置概要について

実験で用いた試料は、九工大構内で採取した土に豊浦砂を重量比で 1:1 に混合した人工試料であり、統一分類法によれば SM に分類されるものである。これを試料容器内で 14 層に分割してペロフラムシリンダで乾燥密度 $\gamma_d = 1.58(\text{g/cm}^3)$ を目標に静的に締固めた後、型枠を用いて成形し、基盤部を有する法勾配 38° 、高さ 176(mm) の縮尺 1/50 の盛土斜面模型を作成する。Fig.1 に実験システムの概要を示す。崩壊に至るまでの斜面の挙動を観察するために、盛土の天端に 2 つの変位計(LVDT1、2)を設置し、間隙水圧計 PP1 を盛土斜面背後に設けた給水タンク内に配置し、PP2～PP4 をそれぞれ基盤上面の法脣、斜面中央、法先に対応する位置に埋設する。これを遠心模型実験装置に搭載し 50g の遠心加速度を付与した後に、盛土斜面の浸透実験を開始する。給水は、シーベルジョイントを介して給水タンク内に実験装置外部より水を供給して実施し、先ず基盤部を飽和させた後に、給水タンク内の水位を徐々に上昇させ盛土斜面内に浸透流を発生させる。この時、給水タンク内の水位は流量調整バルブを操作して制御し、下流側の水位は法先側の土槽背面に基盤の高さに設けた排水孔により規定する。また、遠心実験装置上部の観測窓より、写真・ビデオ撮影を行ない、斜面内水位並びに盛土斜面の変形状況を観察する。

比抵抗測定箇所は Fig.1 に示すように斜面地の法先側であり、本研究で新たに採用したシュランベルジャー法も含めた電極の配置状況を Fig.2 に示す。比抵抗測定回路については、別報 1) のそれに若干変更を加え、データレコーダを用いて連続的な比抵抗値の測定を可能なものとしている。すなわち、直流回路を用い、

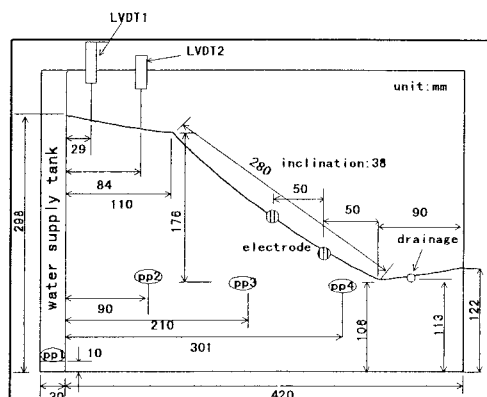


Fig.1 Test setup

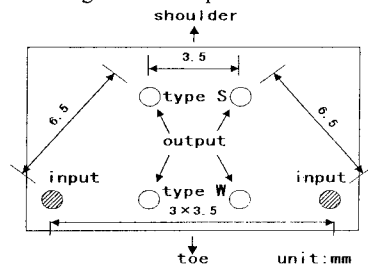


Fig.2 Disposition of electrode (ground plan)

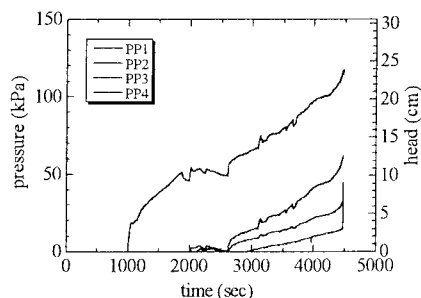


Fig.3 Pore pressure ~ time curve

during experiment

入力電極間の電流値をレジスタ間の電圧値より求め、見掛け比抵抗値を算出した。ここでは地盤内の含水比を予測するというのではなく、電極間隔を一定とし地下水位上昇に伴う比抵抗値の時刻歴と斜面崩壊機構との関連に着目する。

3. 実験結果および考察

斜面崩壊実験における間隙水圧計、および変位計、比抵抗値の時刻歴を Fig.3～Fig.5 に示し、Fig.4 中に実験プロセスを併せて示す。地盤内の間隙水圧と盛土天端の沈下量について時間軸を基準にして整理すると、基盤を飽和させるための給水を開始する時点から、飽和が完了するまでの間に基盤部の圧縮により盛土天端の大きな沈下が観察された。その後、給水タンクの水位を上昇させ盛土内に浸透流を発生させると、天端で観察される沈下量は、PP1 の水圧の上昇速度に比べ比較的緩やかに増大した。ところが、法先部に小崩壊が生じる直前より沈下速度が著しく増加した。この時点で、Photo.1 に示すように、法先部よりひずみの集中領域が形成され、盛土天端にクラックが生じているのが観察されており、これは斜面内に滑り破壊が生じる兆候を示しているものと考えられる。実際、斜面はこの直後に Photo.2 に示すような全崩壊に至った。

今回の実験では電極が小さいために両測定点における比抵抗値の絶対量に一貫性が見られなかったことから、それぞれ初期比抵抗値に対する比抵抗値の比を比抵抗変化率と定義し、これについて時刻歴を示したものが Fig.5 である。これによると、遠心加速度上昇過程並びに基盤部の飽和過程において比抵抗変化率は増加していることがわかる。前者では基盤部での圧縮に伴う間隙比の減少を捉えていることは明らかである。一方、後者では水位上昇により比抵抗値は減少するはずである。本実験においては遠心加速度上昇過程に比べて基盤部飽和過程においてより大きな沈下が観察されており、水位上昇よりもそれに伴う基盤部での間隙率の減少が比抵抗値に大きく影響を与えた結果、比抵抗変化率の上昇が観察されたものと考えられる。浸透流発生過程においては、typeS において PP3 の間隙水圧の上昇に伴い比抵抗変化率が著しく減少していることが観察された。浸透流発生過程初期においては前述のように天端での沈下増分が緩やかなこともあり、斜面中央付近での地下水位上昇を比較的鋭敏に捉えられたと言える。typeW についても浸透初期より徐々に比抵抗変化率は減少し、法先付近で浸潤面が法面に接近していることが推測できる。

特に、法先に小崩壊が生じる直前には顕著な比抵抗変化率の変化が観察されている。今後、更なる検討を要するが、観測される比抵抗変化率より盛土内の浸透状況を推測することは十分可能である。

<参考文献>1)小林ら：電気探査法による地盤内の含水比予測に関する室内模型実験、第 33 回地盤工学研究発表会、pp329～330、1998 2)小林ら：比抵抗法を用いた地盤内の含水比予測に関する室内模型実験、第 53 回土木学会年次学術講演会講演概要集 (3-A)、pp746～745、1998

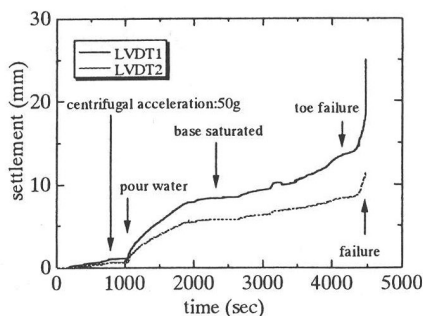


Fig.4 Settlement~time curve during experiment

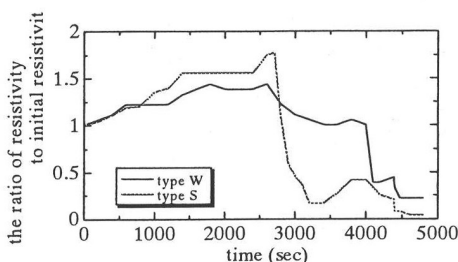


Fig.5 Electrical resistivity~time curve during experiment

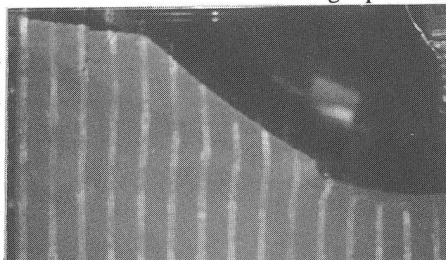


Photo.1 Observed crack and toe failure

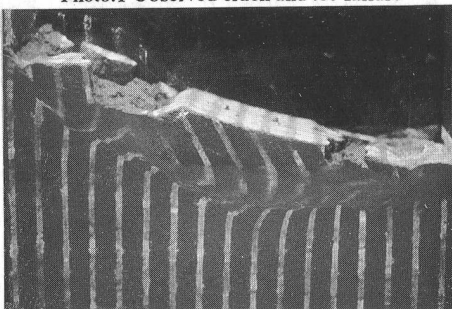


Photo.2 Failure of slope