

地下水压の増減に伴う斜面内有効応力の変化について

防災科学技術研究所 正会員 ○福園 輝旗
筑波大学 小花和宏之

1. はじめに

豪雨時に多発する斜面崩壊の主たる要因の一つとして、斜面内に一次的に発生する地下水の圧力上昇に伴う斜面土層内の有効応力の減少がある。有効応力の値は、土圧計による全応力の測定値と水压計による地下水压の測定値の差として求めることができる。筆者らは降雨による斜面崩壊の発生機構を求めることを目的として、大規模な斜面模型を用いた一連の崩壊実験を行って来ている。この実験研究の中で、土圧計による斜面内部応力の測定と間隙水压計による地下水压の実測を行っているが、従来考えられていた変化過程と異なる測定結果が得られた。その原因解明のために行った基礎的な実験結果も含めて、考察した結果を報告する。

2. 模型斜面での観測結果^{1),2)}

図1に実験模型の形状を示す。供試土は砂質土である。この斜面に降雨を散水すると、土層底面は不透水層であるので、この面上に、ある時点から一次的な地下水が発生し、間隙水压として観測される。測点2、4における基盤面上で観測された基盤面と垂直方向の土圧と、間隙水压の変化状況を図2に示す。図の矢印は変化の方向を示している。図中、測点2においては間隙水压が上昇するに伴って土圧は減少する。最大圧約 40gf/cm^2 に達した後、今度は、間隙水压が減少するに従って土圧は上昇している。測点4でも同様であり、図には示されていないが、他の測点でも値は異なるものの同様の傾向を示す結果が観測されている。

ここで使用した間隙水压計は砂粒子の間隙に働く圧力のみ測定する構造であり、土圧計は砂圧と水压の両方、すなわち全圧（全応力）を測定する構造である。従って、間隙水压が発生（地下水が発生）し上昇すると少なくとも浸透水が加わった分だけ、全圧（土圧）は上昇するはずである。にもかかわらず、図2は従来の有効応力・全応力の概念とは異なる結果を示している。

この観測結果について、土圧計の感度、設置条件、斜面特有の現象など、いろいろな原因が考えられる。そのひとつとして、有限長斜面特有の現象として発露することも考えられたので、ここでは、鉛直応力の変化のみに焦点をあてて基礎的な実験を行った。

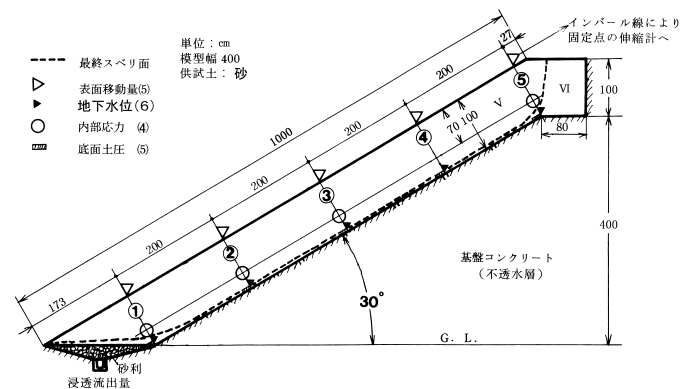


図1 実験模型と測定位置

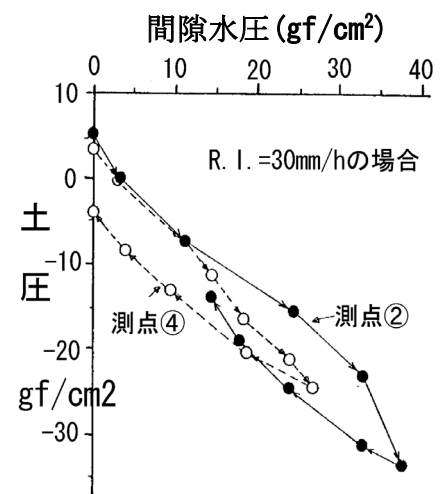


図2 間隙水压と土圧の変化

キーワード：斜面崩壊、模型実験、土圧計、有効応力、地下水位

連絡先（〒305-0006 茨城県つくば市天王台 3-1、TEL:029-863-7543、FAX:029-856-0740）

3. 鉛直土層での基礎実験

基礎実験を行った鉛直土層の形状・寸法を図3に示す。直径1m、高さ1.2mの円筒型土槽の底面近くに土圧計を埋設し、土層上部の注水口より給水しながら、土圧（土圧計）と水位（すなわち水圧、マノメータ）の変化を測定した。地下水位の上昇速度は約1cm/分を基本として、給水した。

実験は供試土の充填状況による違いに焦点をあて、土圧計の埋設状態の異なる種々の条件で行った。その実験結果の一部は既に文献2)にて発表している。図4に得られた結果の一例を示す。本来ならば、水位の上昇に比例して土圧（全圧）の測定値は増加するはずであるが、その増加量は小さく、測点によっては減少している。すなわち、斜面で観測された現象と同じ傾向を示している。

今までに得られている実験結果をまとめると、

- 1) 使用した土圧計は水圧よりも砂圧に対する感度の方が高い場合が多い。
- 2) 固く締め堅めた方が緩く締め固めた場合より全圧の減少傾向が顕著である。
- 3) 土槽の中央部ほど全圧の減少量は大きい。
- 4) 感度の高い土圧計（埋設した後の感度）ほど、減少傾向が顕著である。
- 4) この感度の違いは土圧計の埋設方法（状態）により異なる。

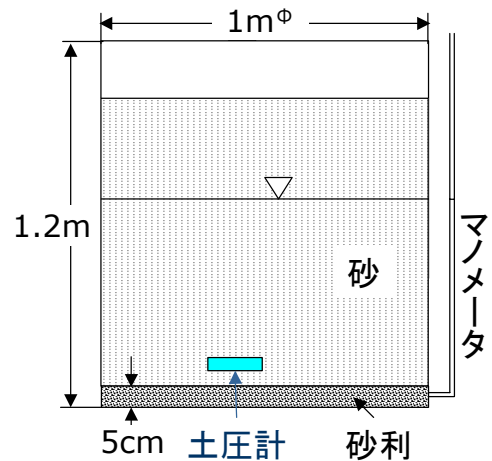


図3 基礎実験に使用した土層

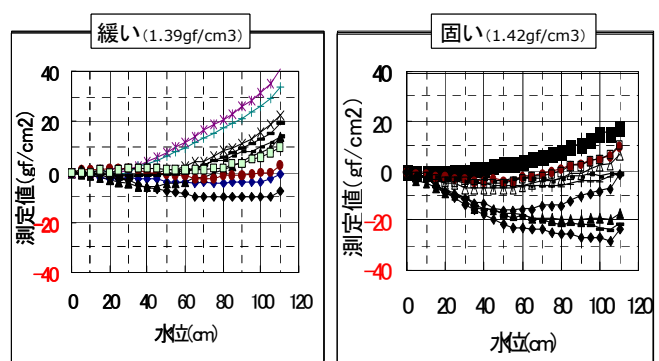


図4 土圧測定値の例（締め堅めの違う場合）

4. 考察と課題

斜面のみでなく鉛直土層でも、地下水位の上昇に伴う全圧の異常な減少現象が見られた。その主たる原因として、土圧計を埋設したことによる局所的な応力状態の変化（すなわち、応力集中）と、使用した土圧計の構造上の問題が考えられる。土圧計の受圧板の異なる位置に集中加重を作用させた時に土圧計が示した値のグラフを図5に示す。このように、今回使用した土圧計は、受圧板の中央部ほど感度が高い。このことは前述の実験結果1)の砂圧と水圧に対する土圧計の感度の違いに影響を及ぼすものと考えられる。実験によっては、両者の感度の違いが2倍にも上る場合があった。水位の上昇は水圧の増加と土粒子に作用する浮力による土圧の減少をもたらす。実験結果3)の感度が高いほど全圧の減少傾向が著しいという点に関しては、浮力による土圧の減少量が水圧の上昇量よりも大きく計測されるということで理解される。しかしながら、実験結果4)に見られるように土圧計の埋設方法（状態）により土圧計に示される値が異なってくる点の、定量的な理解が必要になる。これらのことから、例えば、斜面土層内に転石などの変形係数の極端に異なる異物が混入している場合、あるいは抵抗係数の異なる滑面などの存在による応力集中と有効応力の変化パターンが斜面全体の安定・不安定に多大な影響を及ぼすことが考えられ、今後の検討課題である。

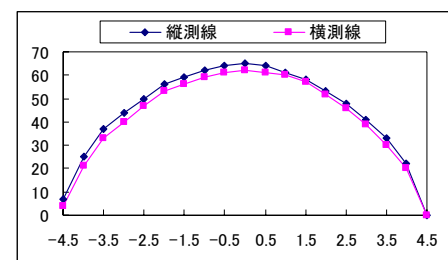


図5 土圧計の偏心載荷に伴う感度の違い

参考文献

- 1) 福園(1980): 降雨による斜面の変形と応力状態の変化について、19回地すべり学会研究発表会講演集、
- 2) 福園・小花和(2002): 土圧計による有効応力の測定に関する基礎実験、41回地すべり学会研究発表会講演集