

遠心模型実験を用いた掘削工事中の斜面における地下水排水工の検討

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	正会員	○平岡	伸隆
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	正会員	吉川	直孝
東京都市大学	学生会員	小暮	一輝
東京都市大学	正会員	伊藤	和也

1. はじめに

掘削工事中の土砂崩壊による労働災害によって毎年 10 数名の労働者が死亡しており、安全衛生行政上、重大な課題である。既報¹⁾にて著者らは、道路土工切土工・斜面安定工指針および労働安全衛生規則第 356 条（以下、安衛則という）に準じた斜面高さと勾配を持つ模型斜面に対し、遠心場にて地下水を上昇させ、崩壊現象を観察した。斜面高さ 5 m、勾配 40°、60°、75°の 3 ケース実験を行い、いずれのケースも地下水の影響がない状態では自立するが、地下水が上昇すると崩壊が発生することを確認した。本研究では、地下水の上昇が予見される安衛則規準の掘削高さおよび勾配を有する斜面において、排水工を敷設した場合の対策効果について検証した。

2. 実験概要

本実験では労働安全衛生総合研究所が所有する遠心模型実験装置（JNIOH Mark-II Centrifuge）を用いて実験を行った。図 1 に土槽の概略図を示す。遠心加速度は 20G に設定し、モデル斜面は安衛則第 356 条の基準である高さ 5 m、勾配 60°とした。土試料は茨城県笠間市産のまさ土を使用し、最適含水比 17.3%に調整後、乾燥密度 1.50 g/cm^3 （締固め度 90%）で締固めた。実験は無対策の場合（Case1）、2.4 m（開孔区間 2 m）の排水パイプを斜面下端から高さ 0.5 m に水平に 3 本設置した場合（Case2）、同パイプを 4.8 m（開孔区間 4 m）にした場合（Case3）の計 3 ケース実施した。排水パイプの模型は、 $\phi 60 \text{ mm}$ 、開孔率 10%に設計し、実際に使用されるものと同等の直径および開孔率とした。一般に、排水パイプは一定面積間隔（例えば 2 m^3 ピッチ）で斜面全

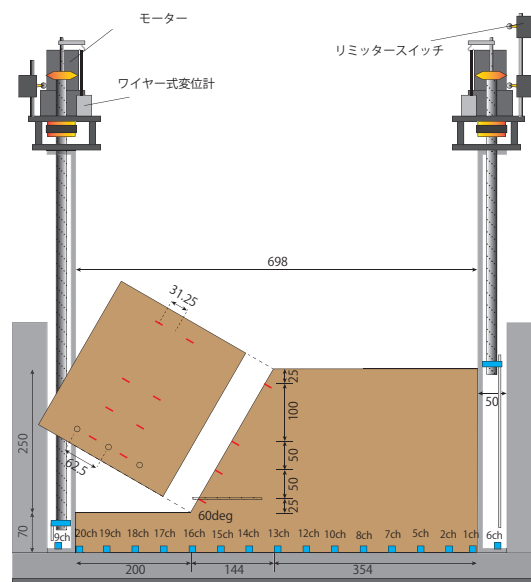


図 1 遠心模型の概略図

体に施工する。しかし本実験では、掘削工事を想定しているため、施行中の作業性や敷設に関するコスト軽減を考慮して、地下水上昇が予想される斜面下部のみに設置した場合の効果について検証した。

土槽前面および背面には、地下水上昇システムを設け、水位のコントロールを可能とした。前面側、排水側ともに地下水位 GL-0.4 m で 3 日間以上通水し、試験開始後、前面は水位固定、背面側は 20 G 場到達後、0.2 m/min の速さで上昇させた。背面地下水位は最大 GL+4.14 m まで上昇可能だが、Case1 では最大上昇前に崩壊が発生したため、GL+3.72 m で給水を止めた。なお、寸法表記はいずれもプロトタイプスケールである。

3. 実験結果

写真 1 に各ケースの崩壊過程を示し、図 2 に底部に設置した間隙水圧計による圧力水頭の時系列推移を 180 秒ごとに 1800 秒までプロットした。無対策の Case1 では、1165 秒で法先の浸透性崩壊が発生し、その後、地下水の上昇に伴って崩壊が拡大していった。およそ 1497 秒後には法肩から崩壊した。

地下水対策として 2.4 m（開孔区間 2 m）の排水パイプを斜面下部に設置した Case2 では、約 1200 秒で排水

キーワード 斜面崩壊, 排水工, 遠心模型実験, 掘削工事, 地下水

連絡先 〒204-0024 東京都清瀬市梅園 1-4-6 (独) 労働者健康安全機構労働安全衛生総合研究所 TEL042-491-4512

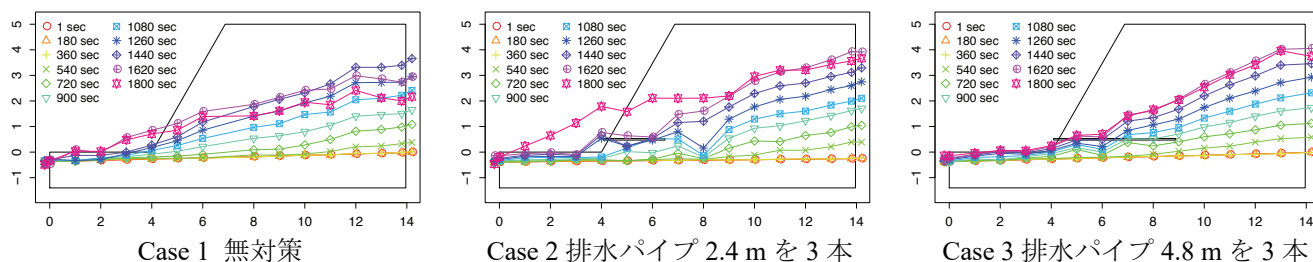
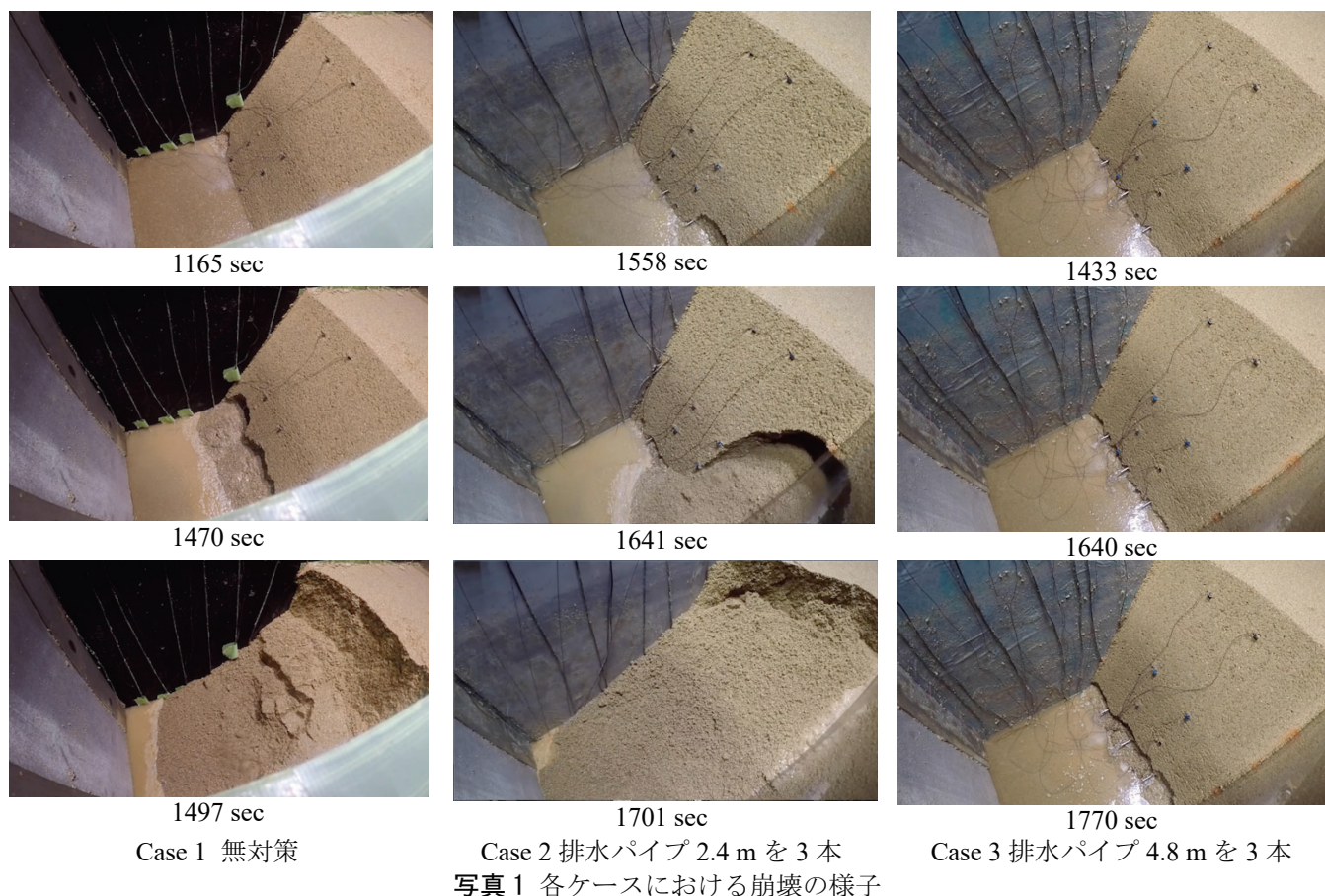


図 2 間隙水圧計による圧力水頭の時系列推移

パイプ周辺から地下水の排水が確認された。その後、1580 秒には斜面右側の法先部分で崩壊が発生した。徐々に崩壊が斜面中腹まで進行していき、1700 秒には斜面全長にわたって法肩から崩壊した。図 2 の圧力水頭から、約 1620 秒までは排水パイプの高さで水位が抑えられており、排水効果が確認されるが、その後の背面地下水上昇によって供給量が排水量を上回り、斜面内地下水位が上昇して、崩壊したものと考えられる。

4.8 m (開孔区間 4 m) の排水パイプを斜面下部に設置した Case 3 では、約 840 秒で排水パイプ周辺から湧水が確認され、排水パイプ周辺が斜面内地下水の流出口となっていることが確認される。1433 秒後には法先で極僅かな崩壊が確認され、その後、徐々に拡大していくが、最大に背面水位を上昇させた試験終了時点においても、法先付近の崩壊にとどまり、中腹より上部に動きは見られなかった。圧力水頭からも斜面部の地下水位上昇が抑えられていることが確認できる。

4. まとめ

本実験から、地下水の上昇が予見される箇所に設置した排水パイプによって、斜面の安定性が向上したことが確認された。また長い排水パイプを打設し、より深部から排水を促すことで、斜面部の地下水の上昇を抑え、大きな崩壊を防ぐことが確認された。

参考文献 1) 平岡伸隆, 吉川直孝, 帆保康幸, 伊藤和也: 地下水の影響を受ける斜面掘削工事の対策について, 土木学会第 73 回年次学術講演会, III-320, pp.639-640, 2018.