

斜面掘削工事中における斜面崩壊の対策工の検討

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
(独) 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

1. はじめに

過去の斜面掘削工事中の斜面崩壊による労働災害は約 6 割が水に関連して発生している¹⁾。掘削作業時における斜面高さや勾配について労働安全衛生規則第 356 条において規定されているが、これらは斜面崩壊の一因となる水の影響について考慮していない。平岡ら²⁾は遠心模型実験によって労働安全衛生規則の適用内の斜面においても、地下水の影響を受けると崩壊に至ることを確認している。そこで本研究では、労働安全衛生規則の適用内の斜面において、斜面掘削工事中の労働災害を防止するために、斜面内の地下水上昇を抑制する排水工（排水パイプの設置）の効果について遠心模型実験装置を用いて検証を行う。

2. 模型概要

高さ 400 mm×長さ 778 mm ×奥行き 250 mm の土槽内に、高さ 70 mm の水平な支持地盤を作製し、その上に高さ 250 mm (50 mm×5 層)、勾配 60° の斜面を構築した (図 1)。使用する試料は茨城県産真砂土 (最大乾燥密度 $\rho_{dmax}=1.67 \text{ g/cm}^3$ 最適含水比 $w_{opt}=17.3 \%$) を 2 mm ふるい通過分を使用し、各層の締固め度 $D_c=90 \%$ ($\rho_d=1.50 \text{ g/cm}^3$) となるよう締固めを行った。また、各層の境界面に色砂を用いて地盤の挙動を可視化した。本研究での模型土槽は縮尺比 1/20 を想定しているため、斜面高は実スケール換算で 5 m となる。労働安全衛生規則第 356 条、その他の地山の斜面高 5 m 以上では、斜面勾配を 60° までとしているためこれを採用した。設置機器として土槽底部に間隙水圧計間隙 17 個を等間隔で設置した。また、表層ひずみ計 8 個を斜面に対し直角になるよう設置した。

本実験では、Case 1 (無対策)、Case2 (短い排水パイプの設置)、Case3 (長い排水パイプの設置) の 3 ケースを行う。Case2 は土槽斜面に開孔区間 100 mm (20 G 場換算で 2 m) のステンレス製排水パイプ (開孔率 10%) 3 本を支持地盤から高さ 25 mm (20 G 場換算で 0.5 m) の位置に等間隔 62.5 mm (20 G 場換算で 1.25 m) に土槽に対し水平に設置した。Case3 で使用する排水パイプは Case2 で使用したものをアルミテープで結合し、開孔区間 20 cm (20 G 場換算で 4 m) を Case2 と同様に設置した。一般に、排水パイプは斜面全体に一定の間隔で設置するが、本研究では、掘削施工時に作業を阻害しないため、斜面最下段のみ設置し検討を行った。

3. 実験方法

すべての実験は、労働安全衛生総合研究所所有の遠心模型実験装置 (JNIOSSH Centrifuge Mark II) を使用し、設定遠心加速度 20 G で小型模型土槽を用いて実地盤の応力状態を再現した。設定遠心加速度 20 G まで 5 G ずつ間隙水圧計の値が安定したのちに段階的に遠心加速度を上昇させた。遠心加速度 20 G 到達後、間隙水圧計の値が安定したのちに、給水を開始し給水側の水位を 1 分間に 1 cm (20 G 場スケールに換算すると 0.2 cm) ずつ上昇、排水側の水位は常時基盤層以下 (5 cm) を保持し地下水の形成を行った。なお、地下水の上昇は斜面高さ (20 倍スケール換算 5 m) を最大として、崩壊するまで上昇させた。

4. 実験結果および考察

Case1 の無対策斜面では斜面内の地下水上昇に伴い法尻部に浸透性崩壊が生じた。その後、斜面中腹部まで崩壊が進行し、

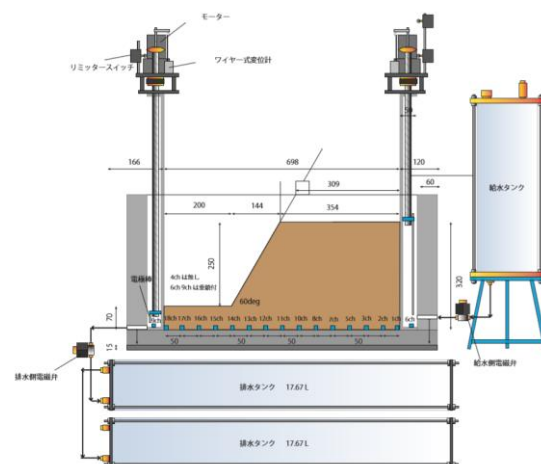


図 1 土槽概図

キーワード 斜面崩壊, 労働災害, 地下水位上昇防止, 排水工, 排水パイプ

連絡先 〒158-0087 東京都世田谷区玉堤 1-28-7 TEL03-5707-0104 E-mail:g1518042@tcu.ac.jp



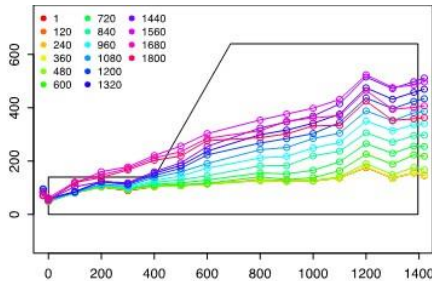
写真1 Case1 (無対策)



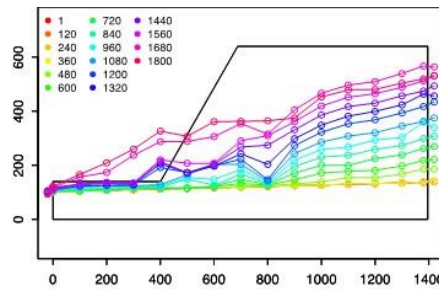
写真2 Case2 (短い排水パイプ)



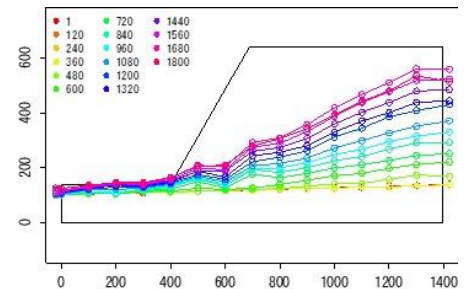
写真3 Case3 (長い排水パイプ)



Case1 (無対策)



Case2 (短い排水パイプ)



Case3 (長い排水パイプ)

図2 各ケースの斜面内の地下水位の変動（20倍スケールの土槽にプロット）

試験開始 1520 秒後に法肩までの大規模崩壊（写真1）に至った。Case2の短い排水パイプを設置した場合には、地下水上昇によって排水パイプから斜面内地下水の排水が確認され、Case1に比べ長期間、崩壊が確認されなかった。しかし、設置した排水パイプ下部の土が浸透水によって洗掘され、さらなる地下水上昇によって排水パイプの許容流量を超えた地下水が斜面表層部からも浸透し始めたことで、浸食が中腹部に拡大した（写真2）。これにより、試験開始 1620 秒後、安定性を失った斜面は法肩までの大規模崩壊に至った。Case3の長い排水パイプを設置した場合には、Case2と同様に排水パイプ下部において浸透性崩壊が確認されたが、斜面高さ（5 m）まで背面水位が上昇しても法尻の一部までの崩壊（写真3）に留まり、大規模崩壊に至らなかった。

掘削斜面において、排水パイプを設置したことによる斜面内の地下水位の変動の結果（20倍スケール）を図2に示す。Case1とCase2の比較では、Case2の大規模崩壊が発生した直前（1560秒）と直後（1680秒）で排水パイプを設置したところの地下水の上昇が抑えられていることが読み取れる。これは、排水パイプを設置したことにより斜面内の地下水が排水されたためであると考えられる。さらに、Case3では給水を停止する1680秒まで斜面内の地下水の上昇を抑えられており、長い排水パイプの集水効果・排水機能によって、斜面の安定性がより増加したと考える。本研究によって、斜面最下段に設置した排水パイプにより、斜面崩壊による労働災害を防げる可能性を示唆した。

5. まとめ

斜面掘削工事による斜面崩壊の対策工の検討をするために遠心模型実験を行った。斜面内の地下水上昇を抑制するため、斜面法尻に排水パイプを設置した際、斜面の安定性および斜面内の地下水の変動を無対策時と比較を行った。これにより、以下の知見が得られた。1) 斜面下部のみに排水工（排水パイプ）を1.25 m 間隔で設置した場合においても、斜面内の地下水上昇抑制に十分効果を発揮した。2) 短い排水パイプ（2 m）よりも長い排水パイプ（4 m）を設置した方が、地下水の集水効果・排水機能が優れているため、斜面の安定性が増した。

参考文献

- 1) 伊藤和也, 豊澤康男, Surendra B.TAMRAKAR, 堀井宣幸: 建設工事中の斜面崩壊による労働災害の調査・分析, 日本地すべり学会誌, Vol. 41, No. 6, pp. 24-25, 2005.
- 2) 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.