

人工斜面の降雨による崩壊への防止対策工法に関する研究

鳥取大学大学院（学）○森上 真治
鳥取大学工学部（正）榎 明潔

1. はじめに

降雨による斜面表層崩壊の原因として、間隙水圧の増加、見かけの粘着力の減少、自重の増加など様々なものがあるが、その中でも間隙水圧の増加によるものが主な原因であると考えられる¹⁾。よって、この間隙水圧の増加を抑えることができれば斜面崩壊の防止対策として大きな効果を得ることができると考えられる。そこで、本研究では降雨による斜面崩壊の防止対策工法のうち、間隙水圧の増加を抑えることを目的とした排水工と、浸透流を遮断できる遮水壁に着目した。そこで斜面に小段を設け、小段部において排水を行う実験を行い、その効果と排水工の設置位置による効果の違いについて調べた。

2. 降雨のある斜面の安定解析法

浸透流が基岩の勾配に依存して地下水面を形成する斜面部の地下水深は図-1より次式となる。ここで、 k_b は基岩と平行方向の透水係数を示す。

$$H_w = s \cdot r / (k_b \sin \beta) + H_{w0} \quad \text{—— (1)}$$

次に、浸透流が水位差に依存して地下水面を形成する小段、排水工付近部の地下水深は図-2より次式となる。

$$H_w = \sqrt{\frac{r}{k} x^2 + \frac{h_2^2 - h_1^2 - (r/k)L^2}{L} x + h_1^2} \quad \text{—— (2)}$$

本解析では無限斜面の安定解析法を用いた。図-3より安全率は以下の式で表され、式(1)、(2)で求めた地下水深を代入して安定解析を行った。

$$F_s = (1 - \frac{\gamma_w H_w}{\gamma H}) \frac{\tan \phi}{\tan \beta} + \frac{c}{\gamma H} \cdot \frac{1}{\sin \beta \cos \beta} \quad \text{—— (3)}$$

3. 実験方法及び実験条件

実験装置の概略を図-4に示す。斜面表層土には鳥取砂丘砂を用いた。試料の主な物性値は、飽和単位体積重量 $\gamma_{sat} = 2.0 \text{ tf/m}^3$ 、内部摩擦角 $\phi = 42^\circ$ 、透水係数 $k = 1.3 \times 10^{-1} \text{ cm/s}$ である。図-4に示すように斜面から小段に移る点をA部、小段から斜面に移る点をB部とし、それぞれの地点に排水工を設置した。ここに降雨強度 $R = 160 \text{ mm/h}$ の降雨を与え、この時A部とB部の排水工を別々に機能させた。表層土中の水圧は土槽底面に設置した間隙水圧計、土槽壁面に設置したマンノメーターによって測定した。

4. 解析結果及び解析結果の評価

小段部又はそれより上流部は式(2)を、小段部より下流部は式(1)を用いて地下水深の解析を行った。その結果を図-5と図-6に示す。 H_{wl} は式(3)において、 $F_s = 1$ となる水深、つまり斜面崩壊が発生すると考えられる水深を表している。解析結果を見比べてわかるように、排水工をB部よりもA部に設置したほうが小段から上流部の水深が低い。つまり、小段から上流部の間隙水圧をより減少させることができると考えられる。また、排水工をA部に設置した場合の解析において、斜面長 $s = 0 \sim 43 \text{ cm}$ の間と $s = 57 \sim 61 \text{ cm}$ の間の水深 H_w が微小な数値となった。これは式(2)が水位差 $(h_1 - h_2)$ と区間長 L に大きく依存しているため、区間長が水位差に

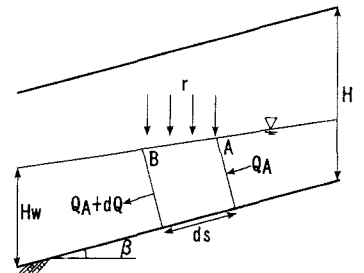


図-1 雨水浸透のある無限斜面における水面形

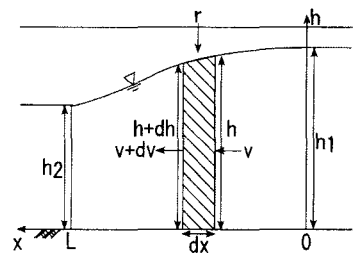


図-2 雨水浸透のある区間内の水面形(水位差依存)

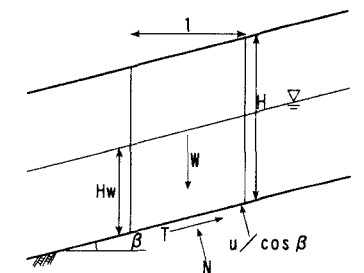


図-3 浸透流のある長大斜面の安定

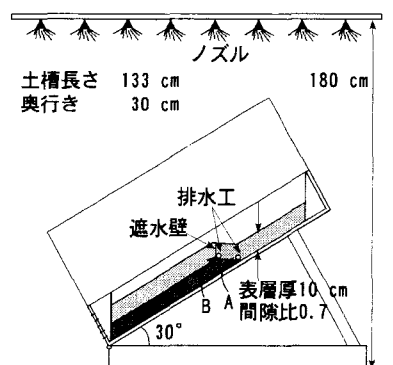


図-4 実験装置概略図

比べて非常に大きくなると H_w が微小な値になる。このため、解析結果が微小な値をとる領域が発生したのだと考えられる。

5. 実験結果及び解析値との比較、考察

まず、排水工を設置せずに降雨強度 $R=120 \text{ mm/h}$ の降雨を与えた時の実験値の斜面長と水圧の関係を図-7 に示す。この実験で、斜面長 $s=102 \text{ cm}$ において斜面崩壊が発生した。そして、降雨強度 $R=160 \text{ mm/h}$ の降雨を与え、A、B 部の排水工を機能させた場合の実験値の斜面長と水圧の関係を図-8, 9 に示す。また、解析結果の斜面長と水圧の関係を図-8, 9 に併せて示す。 u_L は式 (3) において、 $F_s=1$ となる水深を水圧に換算したものである。つまり斜面崩壊が発生すると考えられる水圧を表す。この実験では、どちらの場合においても小段部より下流部において斜面崩壊は発生しなかった。

図-8 と図-9 より、A 部の排水工を機能させた時のほうが B 部の排水工を機能させた時に比べて、小段またはそれより上流部の水圧が非常に小さくなっていることがわかる。これは解析によって得られた結果と同じ傾向を示している。また、B 部の排水工を機能させた場合において $s=40 \text{ cm}$ の地点で斜面崩壊が起こった。この地点は解析においても破壊が起こりうる地点であった。

図-9 を見ると解析値と実験値がほぼ同じような傾向を示している。しかし、同じ解析法を用いて示した図-8 を見ると小段部付近の水圧が解析結果と実験値との間で大きな差が生じている。これは解析において水深 H_w が微小になる領域が出たためだと考えられ、この解析結果が実験での水面形を示していると言えない。

6. 結論

排水工と遮水壁を併用することで、それらを設置した位置より下流部の斜面の間隙水圧を大幅に減少させることができ、斜面の安定化を図る上で大きな効果を挙げられることがわかった。

今回の実験の条件において、排水工を B 部に設置するよりも A 部に設置したほうが斜面崩壊への防止対策の効果は大きいことがわかった。

7. 今後の課題

小段、排水工部付近の水面形を求めるために用いた今回の解析方法では、解析の範囲に限界があることがわかった。よって今後の課題として、小段部や排水工部、またはその付近の水面形を求めるための解析方法を検討する必要がある。また、今回はすべて無限斜面の安定解析法を用いて斜面の安定解析を行った。しかし今回の実験条件では、有限斜面の安定解析法を用いて解析するのが望ましいと考えられる。

参考文献

1) 榎 明潔：降雨時の斜面表層崩壊の機構と植生の崩壊防止効果に関する研究, 平成 10～平成 12 年度 科学研究費補助金研究成果報告書, 2001.

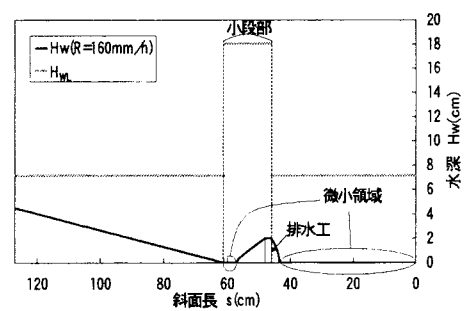


図-5 H_w-s 関係 ($R=160 \text{ mm/h}$, 排水工 A 部)

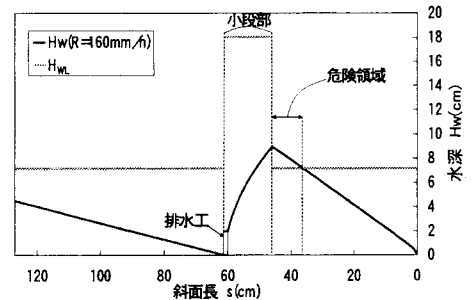


図-6 H_w-s 関係 ($R=160 \text{ mm/h}$, 排水工 B 部)

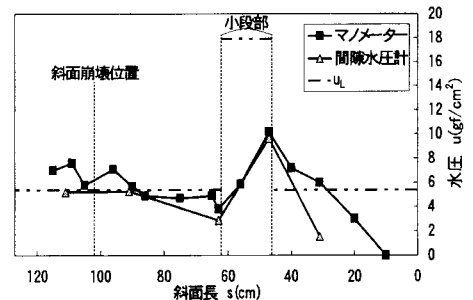


図-7 $u-s$ 関係 ($R=120 \text{ mm/h}$)

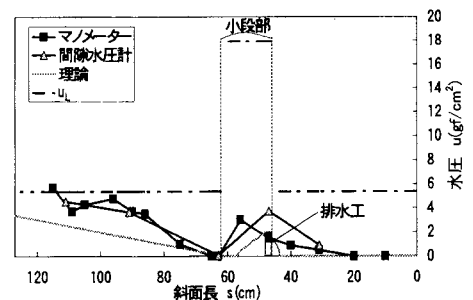


図-8 $u-s$ 関係 ($R=160 \text{ mm/h}$, 排水工 A 部)

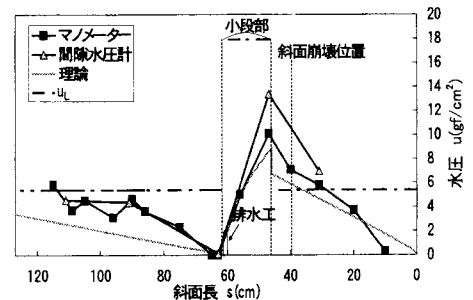


図-9 $u-s$ 関係 ($R=160 \text{ mm/h}$, 排水工 B 部)