

崩壊限界雨量評価のための盛土のり面被覆の遮水率の影響解析

国土館大学 工学部 正員 岡田勝也、 学生員 土屋博幸、 正員 小野勇
 鉄道総合技術研究所 正員 杉山友康、 正員 布川修、 正員 太田直之

1. まえがき

明治から昭和初期に建設された旧式構造物はまだ数多く供用されている。そのなかでも、盛土・切取などの斜面構造物は、過去に度々崩壊し、道路や鉄道の安全性を阻害することが多かった。著者らは、鉄道斜面の降雨による崩壊に対して、限界雨量による危険度評価手法を開発するとともに降雨時の崩壊シミュレーションについても検討してきた⁴⁾⁻⁷⁾。

ここでは、盛土のり面の被覆工が崩壊限界雨量に及ぼす影響を検討することを目的として、盛土のり肩からのり面を被覆したときのり面工に着目し、のり面工の遮水率が盛土内の水位上昇とそれに伴う崩壊安全率に及ぼす影響について検討した。

2. 限界雨量による斜面の危険度評価法と解析的手法による崩壊安全率の追跡

(1) 限界雨量による斜面の危険度評価法と解析的手法

限界雨量による危険度評価法は、連続雨量 R と時間雨量 r の積値として求まる崩壊限界雨量 ($R^m r^n$) を外的規準として多変量解析によって求めたものである。この手法をのり面被覆のある盛土と無い盛土について適用したところ、防護工を施工していない時の限界雨量曲線¹⁾と、格子砕工を施工したときの限界雨量曲線²⁾は、十分に実用に耐えることが確認された。

(2) 解析的手法による地下水位と崩壊安全率の追跡

上述のような数量化理論にはよらず解析的な手法によって豪雨時の崩壊安全率を追跡し、危険度評価法に反映することも必要である。筆者らは、そうした観点から、鉄道盛土に着目した盛土内水位の定常地下水位変動解析を行うと共に、実降雨に対する盛土内水位の変動解析の結果と実測値の比較を行った。さらに、その成果を受けて前線の豪雨によって実際に崩壊した盛土に不飽和浸透解析と円弧滑り解析を実行し、降雨の進展に伴う盛土安全率の変化を計算したところ、うまく実際の盛土崩壊を説明できることが判った。

3. のり面被覆効果に対するシミュレーションのための盛土と被覆のモデル

(1) 盛土条件：盛土高さは鉄道盛土の平均的な高さである8mとし施工基面幅は複線を対象に12.0m、のり面勾配は1:1.5とした。盛土モデルとしては、均質かつ単純な盛土構造とし、盛土半断面とした。また、土の浸透特性としては、過去に崩壊した鉄道盛土の約70%が砂質土であったので、砂質盛土19例のpF試験をもとに、Books-Corey法により推定した。計算に用いた水分特性値は表1のようである。

(2) 雨量条件：鉄道盛土において崩壊時間雨量の平均値は30mm/hであったので、これを外力として与える降雨強度とし、この降雨強度が連続するものとした。

(3) 被覆条件：盛土のり面工の被覆形態は、図1に示すように、盛土被覆のないcase A、のり尻から被覆されたcase B、のり肩から被覆されたcase C、全面被覆のcase Dが考えられるが、ここでは、のり肩からのり面長さの1/2が被覆されるcase Cに着目した。のり長 L_s に対するのり肩からのり面長さ L_c の比を被覆率 N_L で表した場合 $N_L = 0.5$ である。

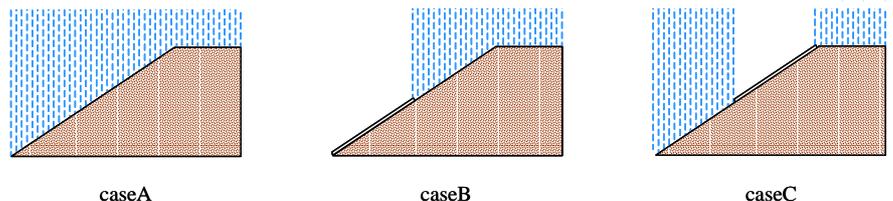


図1 被覆パターン

4. 遮水率に対する盛土地下水位

(1) 盛土断面における地下水位

キーワード：豪雨、斜面崩壊、鉄道盛土、のり面工、斜面安定、被覆効果

連絡先（154-8515東京都世田谷区世田谷4-28-1, 国土館大学工学部, 岡田勝也, Tel & Fax: 03-5481-5862）

表1 計算に用いた水分特性値

| 飽和透水係数 (cm/sec) | 体積含水率 | | Books-Corey 法のパラメータ | | |
|-----------------------|-------|-------|---------------------|------|-----|
| | 飽和 | 最小 | cr(cm) | | n |
| 1.99×10^{-3} | 0.32 | 0.195 | -5.5 | 0.35 | 3.7 |

図2に降雨開始50時間後の盛土の地下水位断面を示した。これによれば遮水率W=0と20%では、ほとんど水位に変わりが見られない。W=100%ではのり長さLsの1/2点付近から法肩、施工基面の下部にかけて水位が抑制されていることがわかる。どのcaseでも法肩から盛土中心にかけての地下水位はほぼ水平になる。

(2) 遮水率に対する地下水位上昇の経時変化

のり肩からのり長さLsの1/4点での地下水位上昇の時間的変化を描いたのが図3である。W=20と0%ではあまり水位上昇に差がない。しかし、一般にはWが大きいほど、時間的変化に対しても、水位上昇が抑制される。

5. 円弧すべり安全率の経時変化

盛土の水位上昇に伴って、円弧すべり安全率Fsは低下する。図4は安全率Fsと経過時間tの関係を描いたものである。W=0と20%では、Fsの低下は同じような傾向を示しているが、W=100%ではFsの低下が鈍く、W=100と0%ではFs=1に達する時間tに約17時間の差がある。

6. 被覆率と崩壊雨量の関係の関係

円弧すべり安全率Fs=1.0、0.9と0.8の雨量を崩壊雨量Rcと定義し、遮水率WとRc関係を描くと図5のようなになる。同じFsに対して、Wが大きくなるとRcも大きくなる。たとえば、Fs=0.8の時W=0%ではRc=1980mm、W=100%でRc=4980mmとなり、両者に3000mmの差がある。

一方、Fsが小さくなる程、WによるRcの差が大きくなる。この様子を示すために、図6を作成した。図の縦軸は、遮水率W=0%の時の限界雨量Rcに対するW=100%のその比、 $r_{RC} (Rc(W=100\%) / Rc(W=0\%))$ である。

図4で経過時間t=0の時にはいづれの遮水率Wに対しても同じ円弧すべり安全率(Fs=1.14)を有するので、図6では $r_{RC}=1.0$ となる。Fsがこれよりも低下するにつれて、 r_{RC} は大きくなる。Fs=1で $r_{RC}=2.1$ 、Fs=0.8で $r_{RC}=2.5$ になる。このように安全率Fsが小さい場合ほど、限界雨量Rcに及ぼす遮水率Wの影響は大きくなる。

参考文献

(1)岡田勝也, 杉山友康, 村石尚, 野口達雄: 統計的手法による鉄道盛土の降雨災害危険度の評価手法, 土木学会論文集, No. 448/ -19, 1992.
 (2)杉山友康, 岡田勝也, 秋山保行, 村石尚, 奈良利孝: 鉄道盛土の崩壊限界雨量に及ぼす防護工の効果, 土木学会論文集, 664, -46, 2000.

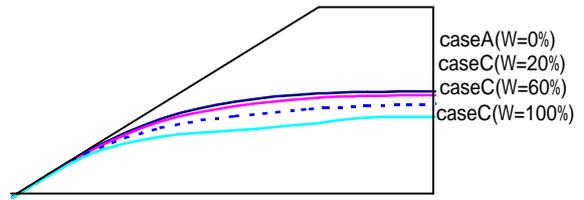


図2 盛土断面の地下水位(t=50h)

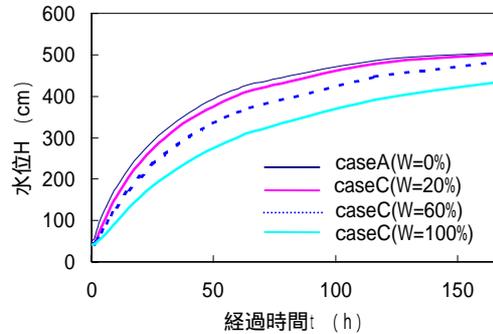


図3 斜面3/4点の水位の経時変化

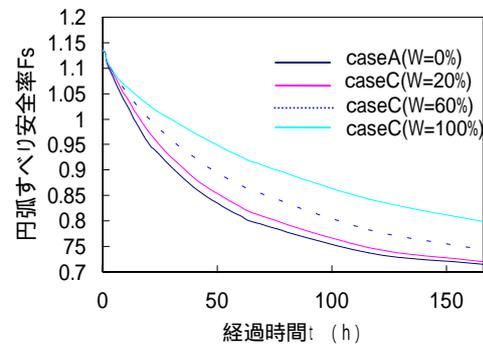


図4 円弧すべり安全率Fsの経時変化

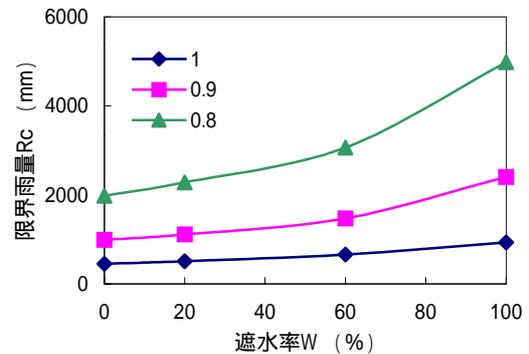


図5 遮水率Wと限界雨量Rcの関係

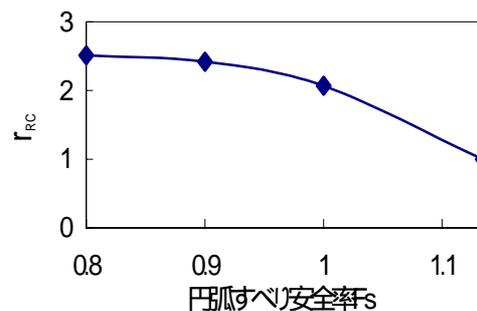


図6 r_{RC} と円弧すべり安全率Fsの関係