

## 鉄道盛土の崩壊限界雨量に及ぼすのり面工の被覆率と遮水率の影響

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

鉄道開業時の明治から昭和初期に建設された旧式構造物のうち、盛土・切土などの斜面構造物は、過去に度々崩壊し、鉄道の安全性を阻害することが多かった。盛土にのり面工を施工して耐雨性を向上させることは古くから行われてきたが、その耐雨性の定量的な評価は十分に行われていない。限界雨量による斜面の危険度評価法の開発<sup>1)</sup><sup>2)</sup><sup>3)</sup>の一環として、盛土法面にのり先から被覆工が施工された場合の被覆効果については既に報告した<sup>4)</sup>。ここでは、のり肩から被覆工を施工したときの耐雨性について検討する。のり肩からの被覆長さとその遮水性に着目して、降雨による盛土内地下水位の上昇とそれによる崩壊安全率に及ぼす影響を検討した。

### 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 ( $R^m r^n$ ) を外的規準とした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有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<sup>1)</sup>と、格子枠工を施工したときの限界雨量曲線<sup>2)</sup>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、そうした観点からの実験と解析も進めている<sup>4)</sup><sup>5)</sup><sup>6)</sup>。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、降雨の進行に伴う盛土崩壊安全率の変動解析から、実際の盛土崩壊の挙動をうまく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 8 m とし施工基面幅は複線を対象に 10.0 m、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、過去に崩壊した砂質盛土 19 例の p F 試験をもとに、Books-Corey法により推定した。

(2)雨量条件：日本の年平均降水量から求めた 13.6 mm/day の降雨を 3 日ごとに与えて、定常地下水位をまず計算して、初期水位とした。その後、鉄道盛土における崩壊時間雨量の平均値が 30 mm/h であった<sup>1)</sup>ことを考慮し、外力としては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、のり肩から被覆される case C に着目し、のり長  $L_s$  に対するのり肩からの被覆長さ  $L_c$  の比である被覆率  $N_L$  を  $N_L = 0.0 \sim 1.0$  の 7 段階に変化させた。また被覆工の遮水率  $w$  は 0 から 100% の 4 段階に変化させた。

### 4. 被覆率、遮水率に対する盛土地下水位の経時変化

のり面 1/2 直下の地下水位の経時変化を描くと **図 2** のようになる。降雨開始とともに、盛土内地下水位  $H$  の上昇速度は被覆率  $N_L$  と遮水率  $w$  によって大きく相違するが、時間経過とともに  $H$  は収束に向かうことが判る。

完全被覆 ( $N_L = 1.0$ ) で遮水率 100% の場合には、盛土内初期水位も低いので、水位は低い位置からスタートするが、水

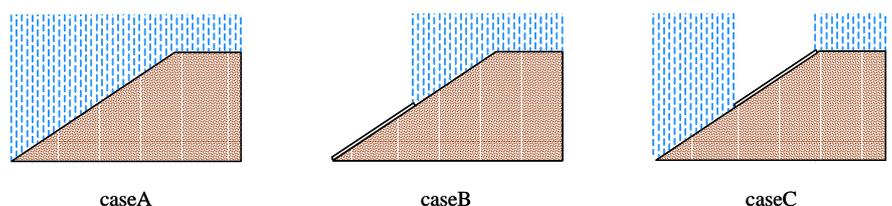


図 - 1 盛土の被覆パターン

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)

位上昇速度も小さい。のり面を完全に被覆することによって盛土内地下水位を十分抑えることができることが判る。

一方、のり肩から半分被覆 ( $N_L = 0.5$ ) の遮水率  $w = 0, 20$  と100%を比較してみると、 $w = 0\%$ と20%とでは、ほぼ同じ地下水位を示しており、遮水率20%の遮水効果はほとんど認められないことが判る。しかし  $w = 100\%$ と比べると経過時間50時間後で盛土内地下水位は  $H = 3.1\text{m}$ と2.5mとなっており、約1.3倍の水位になった。

### 5. 円弧滑り安全率の経時変化

円弧すべり安全率  $F_s$  はフェルニウス法によって求めた。図3は安全率  $F_s$  の経時変化を示したものである。

完全被覆 ( $N_L = 1.0$ ) で遮水率100%の場合、降雨開始30時間までは安全率  $F_s$  は低下しない。その後緩やかに安全率  $F_s$  は低下していく。安全率が  $F_s = 1$  に到達するまでに88時間かかる。

のり肩から半分被覆 ( $N_L = 0.5$ ) に対する遮水率  $w$  の影響を比較する。遮水率  $w = 0\%$ と20%の安全率曲線はほぼ同じような傾向を示し、かつまた  $F_s$  の低下傾向は急激である。  $F_s = 1$  に到達するのは約15時間と18時間であり、両者に約3時間の差しかない。それに対して、 $w = 100\%$ の場合では安全率の低下も鈍く  $F_s = 1$  に達するのに降雨開始37時間後と、 $N_L = 0.5$  ;  $w = 0\%$ の場合と比べて倍以上の時間を要する。

### 6. 崩壊限界雨量に及ぼす被覆効果

被覆率  $N_L$  と遮水率  $w$  の被覆条件が崩壊限界雨量  $R_c$  に及ぼす影響を図4に示した。横軸の被覆率  $N_L = 0$  は被覆無(図1のcase - A)を、 $N_L = 1.0$ は完全被覆を示す。

遮水率  $w = 20\%$ に着目すると、被覆率  $N_L$  を大きくしても限界雨量  $R_c$  はあまり大きくならない。 $N_L = 0$  の被覆無の限界雨量  $R_c$  と  $N_L = 1.0$  (完全被覆) の  $w = 20\%$  のそれはそれぞれ  $R_c = 450\text{mm}$ と630mmで、両者の差は1.4倍しかない。したがって完全被覆でも  $w = 20\%$ では防護工効果は低いといえる。

しかし、遮水率が  $w = 100\%$ の場合、被覆率が  $N_L > 50\%$ になると限界雨量  $R_c$  が急激に上昇し、防護工効果が上昇する。

とくに、 $w = 100\%$ 、 $N_L = 1.0$  (完全被覆) では限界雨量は  $R_c = 2610\text{mm}$ となり、被覆無 ( $N_L = 0.0$ ) の5.8倍と遮水効果が高いことが判る。逆に、遮水率が  $w = 100\%$ の場合でも被覆率が  $N_L < 20\%$ では防護工効果はほとんど無い。

### 7. あとがき

盛土のり面工の被覆率  $N_L$  と遮水率  $w$  をパラメーターに、盛土のり面工をのり肩から施工した場合の降雨による斜面崩壊に与える影響について検討した。その結果、被覆率  $N_L$  と遮水率  $w$  を増加することによって、降雨時の盛土内の地下水位の上昇を抑制でき、斜面崩壊を低減できることがわかった。

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, 664, -46, 2000. (3)杉山友康, 岡田勝也, 野口達雄, 布川修: 鉄道沿線斜面における降雨災害防止のための危険度抽出・評価手法, 建築総合論文誌, No. 2, 2004. (4)岡田勝也, 杉山友康, 太田直之, 布川修, 柴田英明: 鉄道盛土の法面被覆が降雨崩壊に及ぼす影響, 土木学会論文集, No. 778/-69, 2004. (5)岡田勝也, 土屋博幸, 小野勇, 杉山友康, 太田直之, 布川修: 崩壊限界雨量評価のための盛土法面の被覆効果に関する基礎解析, 第58回土木学会講演会 部門, 2003. (6)岡田勝也, 土屋博幸, 小野勇, 杉山友康, 太田直之, 布川修: 崩壊限界雨量評価のための盛土法面の被覆効果に関する影響解析, 第59回土木学会講演会 部門, 2004.

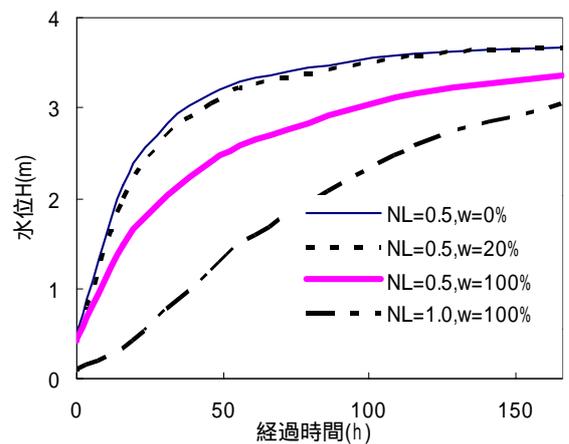


図 - 2 のり面 1/2 における地下水位の経時変化

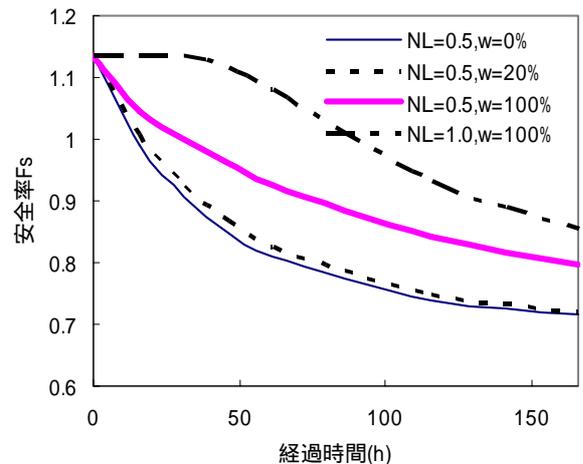


図 - 3 安全率の経時変化

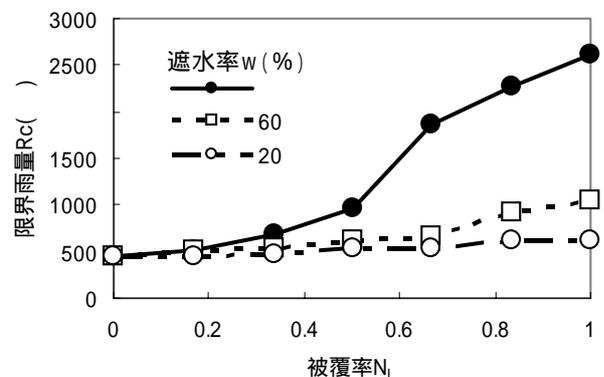


図 - 4 被覆率、遮水率と限界雨量の関係