

豪雨による鉄道盛土崩壊に及ぼす被覆工の影響解析

国土館大学 工学部 正員 岡田勝也、○学生員 加藤 明、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

我が国の道路・鉄道・宅地では、数多くの箇所が斜面や法面で形成されており、異常な豪雨により盛土、切土などの斜面構造物は過去に度々崩壊し、構造物の安全性を阻害することが多くあった。

このような崩壊が起こらないために、盛土に法面、施工基面被覆工を施工することなどが行われるが、これが崩壊防止にどのような影響を及ぼすかを予測することが重要になってきている。そこで本研究では、施工基面を被覆した鉄道盛土について、降雨の不飽和浸透流解析を考慮した地下水位上昇計算と、それに対する斜面安定解析を実施し、崩壊安全率に及ぼす影響を検討する。

2. 解析条件

(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 m、法面勾配は 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 pF 試験をもとに、Books-Corey 法により推定した。

(2) **降雨条件**：日本の年平均降水量から求めた 13.6 mm/day の降雨を 1 日降らせ 2 日空けるという 72 時間のサイクルを繰り返し行い、定常地下水位をまず計算して、初期水位とした。その後、崩壊した鉄道盛土における時間雨量の平均値が 30 mm/h であったことを考慮し、外力としてはこの降雨強度が連続するものとした。⁴⁾

(3) **被覆条件**：盛土法面工の被覆形態は図-1 に示すように、盛土被覆のないものを caseA、施工基面全面が被覆されたものを caseB とした。なお、caseB 被覆工の遮水率 w は 100% とした。

3. 定常地下水位と地下水位の変動

(1) 盛土内地下水位の時間的変動

盛土の基本的な被覆パターンである caseA に着目して、定常地下水位の経時変化を示したのが、図-2 である。図-2 には 3 本の曲線を示したがそれぞれ上から盛土中央直下、法肩直下、法面中央直下の水位曲線である。日雨量 13.6 mm/day の短形波に対して、盛土中央直下、法肩直下、法面中央直下の定常地下水位には位相遅れが生じる。この位相遅れは盛土中心部に向かうにしたがって大きくなる、法面中央直下は降雨に連動して早く応答し、盛土中央直下では降り止み後 10 時間程度遅れて水位が最大値となる。

(2) 最大地下水位の断面分布

被覆パターン caseA と caseB について、定常地下水位の最大値を連ねたのが、図-3 である。

被覆のない caseA も施工基面に被覆をした caseB でも水位は法先から穏やかに上昇していることがわかる。この両者を比較すると法先付近での水位では差がさほど見られないが、法肩直下の距離 12 m の地点では 7 cm の差が生じ、盛土中央の距離 17 m では 11 cm の差が発生した。しかし、いずれにせよ定常地下水位の最大値はせいぜい 40~60 cm 程の範囲にあり、両者にほぼ差がないことが明らかになった。

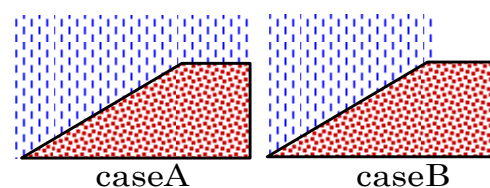


図-1 盛土の被覆パターン

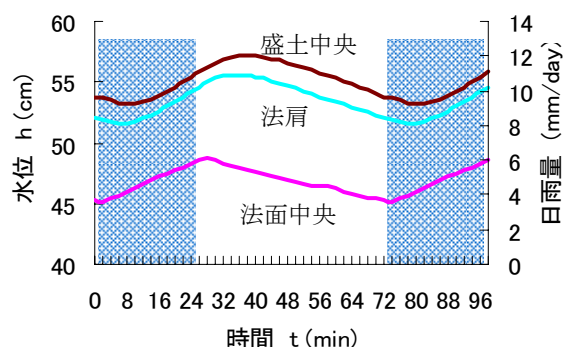


図-2 盛土地下水位の変化

キーワード：定常地下水位、豪雨、斜面崩壊、鉄道盛土、法面工、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）

4. 豪雨時の盛土地下水位

図-4は盛土高さ8m、勾配 1:1.5、盛土半断面における盛土地下水位上昇を比較した図である。図-4の一番下の曲線は定常地下水位を示しており、下から2、3、4番目の曲線は時雨量 $r=30\text{mm/h}$ における 10、30、50 時間後の水位を示す。

caseA の上図と caseB の下図を比較すると、施工基面を被覆することによって、施工基面の地下水位の上昇速度は抑制されて、caseB では水位曲線が平坦になるのがわかる。施工基面中央の距離 17m の位置における 50 時間後の地下水位は caseA では 4.4m、caseB では 2.7m となっており、caseA は caseB の約 1.6 倍である。これは被覆することによって施工基面からの降雨が遮断され、盛土中央から降雨が浸透し難いと言う事を示している。

5. 崩壊安全率の比較

降雨による地下水位上昇に伴った円弧すべり安全率をフェルニウス法による極限平衡法によって検討する。図-5は降雨開始後の経過時間 t と安全率 F_s の関係を示したものである。点線が内部摩擦角 $\phi 35^\circ$ 、実線が $\phi 37.5^\circ$ 、を示している。

内部摩擦角 $\phi 35^\circ$ と $\phi 37.5^\circ$ の両者とも降雨開始 50 時間までは安全率 F_s の低下が急激である。その後は穏やかに F_s は低下していく。 $\phi = 35^\circ$ の場合 F_s が 1 に到達するまでに caseA では $t=13\text{h}$ 、caseB では $t=14\text{h}$ であり、両者に約 1 時間の差しかないことが分かる。

6. 崩壊限界雨量の比較

円弧すべり安全率 F_s が 1 に到達すると斜面崩壊が起きるものと仮定し、その崩壊までの降雨時間 t (h) と時雨量 r (mm/h) の積値を限界雨量として求め、図-6に示した。

内部摩擦角 $\phi = 35^\circ$ に着目してみると、限界雨量 R_c は caseA では 390mm、caseB では 420mm で、両者の差は約 30mm しかない。

一方、内部摩擦角 $\phi = 37.5^\circ$ に着目してみると、限界雨量 R_c は caseA では 840mm、caseB では 1140mm で、両者の差は約 300mm となった。

7. あとがき

盛土施工基面に被覆工を施工した場合としない場合の降雨時の斜面崩壊に与える影響について検討した。その結果、施工基面に被覆工を施工することによって大きな耐雨効果を生じさせることができるとわかった。

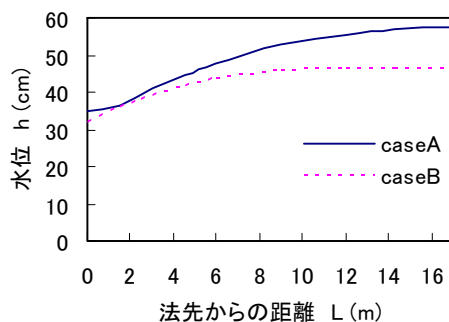


図-3 定常地下水位の最大値の比較

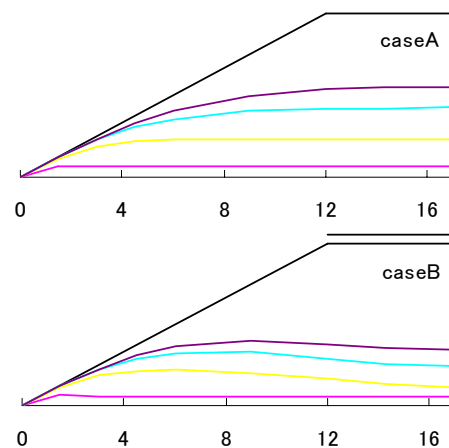


図-4 盛土水位の経時変化

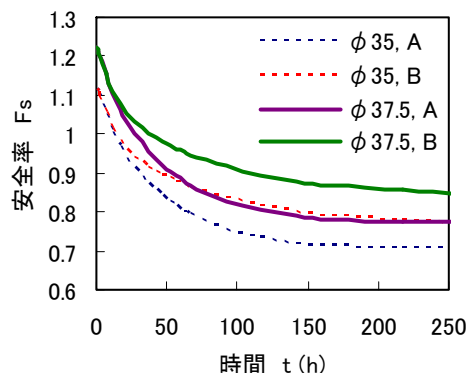


図-5 安全率の比較

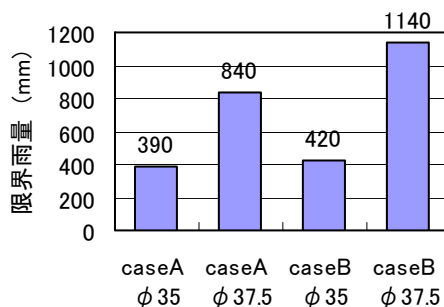


図-6 限界雨量の比較

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/III-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, VI-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/III-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III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III部門, 2004. (7)岡田勝也, 土屋博幸, 小野勇, 杉山友康, 太田直之, 布川修: 鉄道盛土の崩壊限界雨量評価に及ぼす被覆率と遮水率の影響, 第60回土木学会講演会III部門, 2005. (8)岡田勝也, 加藤明, 小野勇, 杉山友康, 太田直之, 布川修: 鉄道盛土の豪雨時安定性評価のための盛土内定常地下水位の比較, 第33回土木学会関東支部技術発表会, 2006