

ゲリラ豪雨等に対応した盛土斜面の新しい排水工法に関する開発

東京都市大学 学生 小林拓矢

東京都市大学 正 伊藤和也, 正 田中剛, 正 末政晃晃

東急建設 正 田中卓也, 正 野中隆博

1. はじめに

日本の陸地は70%が山間地であり、さらに海にも囲まれていることから、世界有数の多雨地域である。とくに近年各地で記録的豪雨による土砂災害が頻発し深刻な被害をもたらしている。我が国では都市部では非常に密な運輸基盤網を形成しており、鉄道や道路において盛土構造物も多い。写真-1に盛土斜面崩壊の一例を示す。それらの盛土地盤では降雨によって地下に浸透した水により、地盤内の下部から飽和する。排水工により盛土外に排水されていれば安定しているが、ひとたび排水不良となり盛土内が飽和状態となると、見かけの粘着力の喪失や、間隙水圧の上昇によって盛土の安定性が著しく低下し、盛土法尻部から崩壊し、盛土全体の崩壊を招く状態となる。このように盛土地盤では排水性の良否が盛土地盤の強度や耐久性を大きく左右するため排水の役割は重要である¹⁾。

本研究では、豪雨による盛土崩壊を防止するために土のキャピラリーバリアの性質を利用した排水工法を開発し、法面勾配1:1.5の模型盛土斜面に降雨実験を行うことで排水性能の有無が盛土崩壊に与える影響を把握することが目標である。本報告では、その基礎的な性能を把握するためキャピラリーバリアによる一次元降雨浸透カラム模型実験とカラム内に排水パイプを敷設した一次元降雨浸透カラム排水模型実験について述べる。

2. 実験概要

土のキャピラリーバリアとは上層部の細粒度と下層部の粗粒度の間で生じる不飽和な状態での保水性であり、水分がより細かい土粒子に保たれる性質のことである。土のキャピラリーバリアは古くは古墳や廃棄処分場に利用されている。本実験で使用した模型土槽は、直径20.5cm、高さ50cmのアクリル円筒を用いた。盛土地盤は山砂を使用し、突き固め試験の結果から締固め度 $D_c=87\%$ （乾燥密度 1.45g/cm^3 ・最適含水比14.7%）となるように突き固めを行い作製した。地盤内には、写真-2に示す土壌水分計（EC-5）を盛土下部から上部に向かって水分計1～5の順番に配置した。実験は、表-1に示すように全3ケースの実験を行った。ケース1は山砂のみでの盛土地盤を作製した、次に、ケース2は碎石層によるキャピラリーバリアの発現を確認するために粒径9mm以下碎石を配置した。そして、ケース3では、排水パイプによる排



写真-1 盛土斜面の崩壊



写真-2 土壌水分計



写真-3 排水パイプ

表-1 盛土の各作製条件

ケース	層厚(cm)			碎石粒径	排水パイプ
	山砂下部	碎石	山砂上部		
1	30	—	—	—	×
2	25	5	20	9mm以下	×
3	15	10	20	20mm以下	○

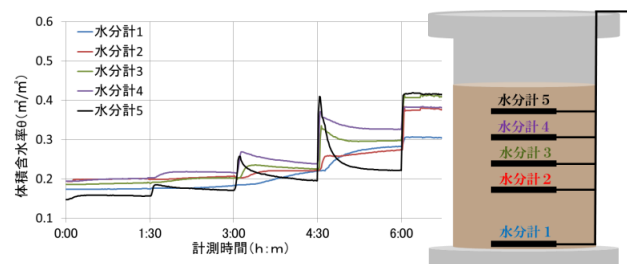


図-1 ケース1

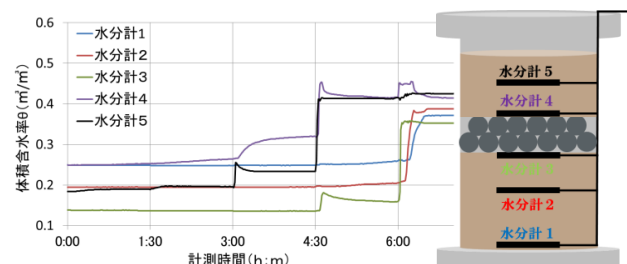


図-2 ケース2

キーワード キャピラリーバリア, 体積含水率, ゲリラ豪雨

〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 東京都市大学 TEL:03-5707-0104

水効果を確認するため、粒径 20mm 以下の碎石と写真-3 に示すような排水パイプを使用した。排水パイプは直径 6.35mm で、2cm 間隔に縦が約 2mm、横が約 3mm のスリットを 10 個開けてある。全てのケースの降雨条件は、地表面に注水を行っており 90 分毎に 80ml, 160ml, 320ml, 640ml, 1280ml とした。

3. 実験結果

3-1. キャピラリーバリアの有無による違い

図-1 にケース 1 の体積含水率と経過時間の関係を示す。水の注入量に応じて体積含水率が高くなる傾向を示した。注入開始直後は、注入量が少ないため、上部の水分計だけ反応し、注入量が多くなるにつれて、全ての水分計が反応した。また、

図-1 の地盤上部に設置した水分計は注水後の挙動として体積含水率が右肩下がりとなっているが地盤下部の水分計のそれは、水分計では右肩上がりとなっている。これは注入した水が重力方向（下方向）に浸透し、地盤下部から飽和していくことを示している。図-2 にケース 2 の体積含水率と経過時間の関係を示す。640cc 注入後の 4 時間 30 分まで碎石層より下にある水分計 1～3 の体積含水率に変化がみられなかった。これは、山砂層と碎石層の間にキャピラリーバリアが発現し、碎石

層の上部の山砂が浸透水を保持しているためである。写真-4 はキャピラリーバリアが崩壊した直後の様子である。キャピラリーバリア崩壊後は碎石の間隙から、水が下部の山砂へ浸透しており、それに応じて碎石下部の水分計の体積含水率も上昇している。

3-2. 排水パイプによる排水効果

図-3 にケース 3 の体積含水率と経過時間の関係を示す。碎石層の上に排水パイプを配置し、排水パイプのスリットを横向にし、左右から排水できるようにした。4 回目の注入である 640ml 注入後から約 6 分後に排水が開始し、34 分間排水が確認できた。排水時に 10 分毎に排水量を計測した結果平均 0.16cc/s で、排水した水の総量は 299.7cc であった。しかし、排水の途中でキャピラリーバリアが崩壊し、碎石の下に水が浸透していくことも確認された。5 回目の注入では注入後から約 1 分後に排水を開始し、9 分後に土混りの泥水が排出され、53 分後に排水が止まった。排水量の平均は 0.14cc/s、排水した水の総量は 412cc であり、土の排出量を実験終了後に乾燥炉に入れて計測したところ 29.2g であった。

4. まとめと今後の展望

水の注入量が多いほど盛土下部への水の到達時間が早くなり、碎石によりキャピラリーバリアが発現することも確認できた。碎石上部の山砂層の飽和度が高くなると、キャピラリーバリアの崩壊が起きてしまうので、崩壊の前に排水を行うことで盛土地盤内の安定化を図れる。また、排水パイプにより排水は可能であったが、同時に碎石の下に水が浸透してしまいキャピラリーバリアが崩壊した。また、排水中に排土も確認された。排水中のキャピラリーバリアの崩壊に対しては、排水パイプを増設することにより排水量を増やし碎石下への浸透を防ぎ盛土地盤内の安定化が可能となる。排土により排水パイプが詰まり排水効率が悪くなったことへの対策は、ヘチマ状構造体を透水フィルターで覆った排水材であるエンドレンマットを模擬した排水パイプを使用することで、水だけの排水により排土を無くすことが出来ると考えている。今後、法面勾配 1 : 1.5 の盛土地盤を作製して降雨事件を行い、排水工法の有無が盛土崩壊に与える影響について検討する。

参考文献

1) 鈴木信夫：鉄道構造物等設計標準・同解説、鉄道総合技術研究所，p.p.54-55，2001



写真-4 碎石への水の浸透

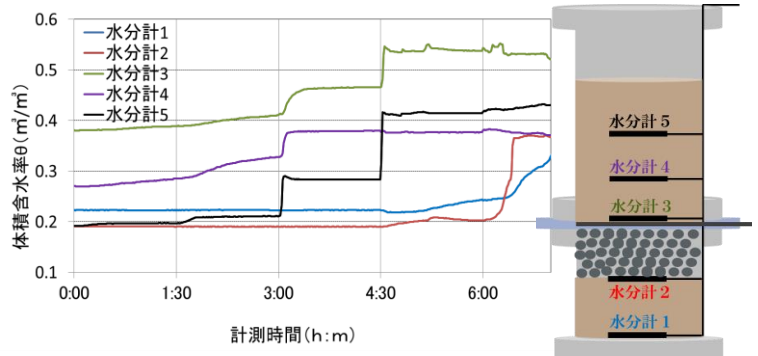


図-3 ケース 3