

キャピラリーバリアののり面への適用性に関する研究

大阪大学 学生会員 ○小橋俊也

大阪大学 正会員 小泉圭吾

大阪大学 正会員 小田和広

大阪大学 学生会員 大西貴之

西日本高速道路(株) 正会員 竹本将

西日本高速道路(株) 正会員 藤原優

西日本高速道路エンジニアリング関西(株) 正会員 森下奈

1. はじめに

地盤内への水分浸透を抑制する方法として、主に排水パイプ、植生、そしてキャピラリーバリアの3つが挙げられる。ここでは、簡易かつ低コストで施工できるキャピラリーバリアに着目した。キャピラリーバリアは、覆土の毛管力の差を利用し、地盤内への水分浸透を抑制する方法である。この手法を、のり面への防災対策として適用する事を検討した。そこで、不飽和浸透流解析を行い、覆土の土質の違いが、浸透抑制効果に及ぼす影響について評価した。また、キャピラリーバリアの効果が確認された土質に対して、降雨強度を変化させる事で、降雨強度がキャピラリーバリアに及ぼす影響についても検討を行った。

2. 不飽和浸透流解析

本論では、不飽和浸透流解析を行うに当たり、HYDRUS-2Dを使用した。ここで、今回の検証に用いた解析モデルを図1に示す。この解析モデルは、後に同様のモデルで小型模型斜面実験を行う前提で決定した。表土層にマサ土、その上部に覆土として砂と礫の層を配置した。また、のり尻、中腹およびのり肩に、各1点ずつ体積含水率の計測点を設けた。

3. 覆土の性質がキャピラリーバリアの効果に及ぼす影響

3.1. 覆土

砂は間隙が小さくなると、毛管力は大きくなるが透水係数は小さくなる。一方、間隙が大きくなると、毛管力は小さくなるが透水係数は大きくなる。そこで、この毛管力と透水係数のバランスが、キャピラリーバリアの浸透抑制効果に及ぼす影響について検証する事とした。今回検証に用いた覆土のパラメータを表1に示す。覆土の選定にあたって、砂1³⁾と砂4⁴⁾および礫⁵⁾のパラメータは、廃棄物処分場において、キャピラリーバリアの効果をシミュレーションする際に使用されたデータを用いた。また、砂2は砂1を、砂3は砂4を基に、透水係数のみを変化させたパラメータである。

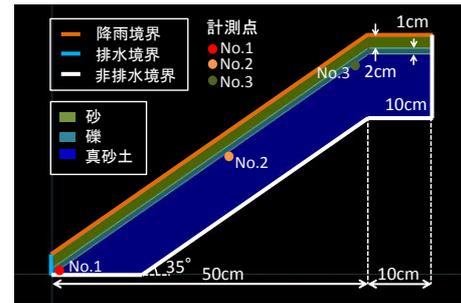


図1 解析モデル

表1 覆土の土質パラメータ^{3), 4), 5)}

	砂1 ³⁾	砂2	砂3	砂4 ⁴⁾	礫 ⁵⁾
θ_r	0.02	0.02	0.04	0.04	0.0402
θ_s	0.348	0.348	0.38	0.38	0.477
α	0.045	0.045	0.155	0.155	13.13
n	12.18	12.18	2.43	2.43	1.73
ks	0.179	6	0.179	6	480
hw	16.8	16.8	1.91	1.91	0.0145

θ : 体積含水率(cm^3/cm^3), ks : 透水係数(cm/min), hw : 毛管力(cm), α, n : van Genuchten モデルのパラメータ

3.2. 覆土の性質が浸透抑制効果に及ぼす影響

ここでは、覆土の性質、特に毛管力と透水係数のバランスが、浸透抑制効果に及ぼす影響について検証を行った。降雨強度を時間雨量5mmに設定し、のり尻、中腹、のり肩の体積含水率の変化に着目した。それぞれの体積含水率の変化を図2に示す。この図から、砂1と砂3を使用した際に、60分を超えたあたりで、中腹の体積含水率が上昇している。そこで、70分経過後の体積含水率のコンター図(図3)を確認すると、中腹においてキャピラリーバリアが消失している事がわかる。一方で、砂2と砂4を使用した際には、100分以上中腹での体積含水率の上昇が見られず、キャピラリーバリアが機能している。この事から、毛管力よりも透水係数が大きい砂を覆土に適用した方が、キャピラリーバリアの浸透抑制効果が大きくなる可能性がある事が確認された。

キーワード キャピラリーバリア, 不飽和浸透流解析, 斜面防災

連絡先 〒565-0871 大阪府吹田市山田丘2-1 大阪大学 小橋俊也 skobashi@civil.eng.osaka-u.ac.jp

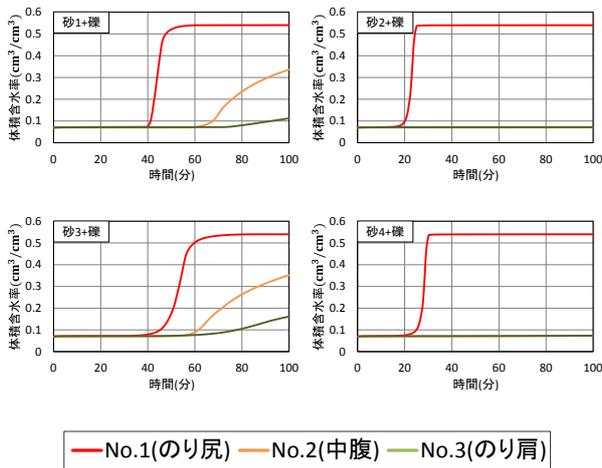


図2 体積含水率の変化

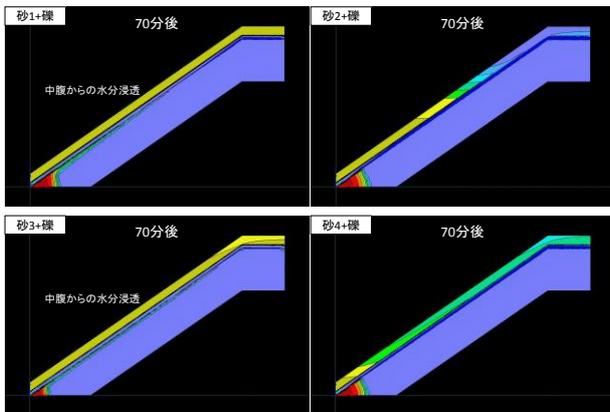


図3 降雨開始70分後の体積含水率のコンター図

4. 降雨強度が浸透抑制効果に及ぼす影響

前節でキャピラリーバリアが機能する事が確認された砂2 および砂4 と礫を組み合わせた覆土の内、Mallants⁴⁾らのシミュレーションに使用された砂4 と礫を覆土に適用した際の、降雨強度と浸透抑制効果の関係について評価した。与える降雨強度は、時間雨量10mm, 15mm, 20mm, 30mm, 40mm, 50mmとした。ここで、図4は、表土層に用いたマサ土の体積含水率と不飽和透水係数の関係を示している。飽和度が90~95%を超えると、マサ土の不飽和透水係数が大きく上昇する。そこで、安全側に評価して、飽和度が90%に到達する時点、表土層に水分が浸透する時間(以下、水分浸透時間とする)として、降雨強度と水分浸透時間の関係について考察した。飽和度が90%に到達する時間が100分を超えた際には、代表値として100分の値に点をプロットした。図5は地点ごとの降雨強度と水分浸透時間の関係を示したグラフである。この図より、のり肩と中腹の体積含水率の上昇は、解析を行った全ての降雨強度において、100分以上抑制されている事がわかる。一方で、のり尻の体積含水率に着目すると、降雨強度が大きくなるにつれて、水分浸透時間は短くなる結果となった。以上のことから、降雨強度50mmまでの降雨に対しては、特に中腹およびのり肩での水分浸透を抑制できる可能性が確認された。

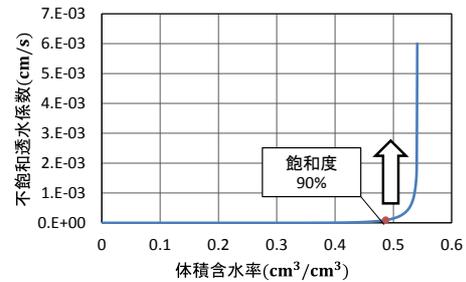


図4 マサ土の体積含水率と不飽和透水係数の関係

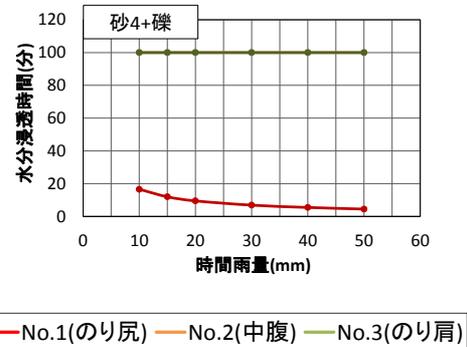


図5 降雨強度と水分浸透時間の関係

5. 結論

本論では、キャピラリーバリアに関する以下の事を明らかにした。

- ①キャピラリーバリアの浸透抑制効果への影響は、砂の毛管力よりも透水係数の影響が大きくなる。
- ②砂4 と礫の組み合わせを覆土に適用すると、降雨強度に関わらず、のり肩と中腹の水分浸透時間は100分以上抑制された。
- ③排水パイプやふとん籠の設置により、のり尻の排水性を高めておく事で、キャピラリーバリアの浸透抑制効果を更に大きくする事が可能であると考えられる。

謝辞：本研究はNEXCO 西日本共同研究費の助成を受けて行われた。ここに記して謝意を表します。

参考文献

1) H. Rahardjo, A. Satyanaga & E.C. Leong : Unsaturated soil mechanics for slope stabilization 2) J. Simunek , M. Th. van Genuchten and M. Senja : The HYDRUS Software Package for Simulating the Two- and Three-Dimensional Movement of Water, Heat, and Multiple Solutes in Variably-Saturated Media, March 2006 3) David E. Radcliffe and Jiri Simunek : SOIL PHYSICS with HYDRUS Modeling and Applications, pp.228-230 4) D. Mallants and G. Volckaert and J. Marivoet : Sensitivity of protective barrier performance to changes in rainfall rate, Belgian Nuclear Research Centre, Boeretang 200, B-2400 Mol, Belgium, July 1999 5) 東條安匡・田中信寿・松藤敏彦：キャピラリーバリアを用いた廃棄物埋立地底部集排水構造に関する研究—数値解析—，土木学会論文集 No.692, 41-52, 2001.