道路盛土に敷設した排水性補強材の安全率改善効果について

九州大学大学院　学生会員　○中村大樹
九州大学大学院　正会員　笠間清伸
西日本高速道路株式会社　正会員　浜崎智洋
九州大学大学院　正会員　古川全太郎

１．背景，目的

近年，ゲリラ豪雨や地震等による斜面崩壊が多々発生しており，最近では平成 24 年に発生した九州北部豪雨での斜面崩壊は大きな被害をもたらした[1)]．この様な背景から，局所的な豪雨や想定外の地震動など狂暴化する自然外力に対して，既存の盛土や切土のり面を補強する技術が希求されている[2)]．そこで，我々の研究グループでは，斜面や盛土に排水性を有する補強材を敷設することで豪雨時や地震時に発生する地盤内の間隙水圧の上昇を低減させ，かつ補強材の引抜き抵抗力により地盤の安定性を向上させる排水性補強材の開発を行なった[3)]．本文では，実際の排水性補強材を敷設した盛土を対象に，降雨を想定した飽和・不飽和浸透流解析を行い，排水性補強材の排水効果と安全率の改善効果を数値解析的に検討した．

２．解析概要

図－1 は，長さ 12m で間隔 2m の排水性補強材を敷設した宮崎自動車道の道路盛土である．図中の Bs_1，Bs_2，Bs_3，および Bs_4 は，それぞれ地盤の種類を示し，それぞれ火山灰質粘性土を主体とする地盤である．地下水位を計測するために No.1 と No.2 の位置に観測井戸を設置している．図-2 にそのメッシュ図を示す．法高は 6m で，段数は 2 段，小段幅 2m，法勾配は 1:1.7 とした．敷設した排水性補強材は，実際の試験施工で打設された条件と同様に，打設間隔 1.5m 打試験施工で敷設された条件と同様に，打設間隔 1.5m 打設長 11m と 9m の組み合わせとし，敷設する角度は 1:12 とした．排水性補強材は，透水係数を 1.0×10^{-2} m/s として透水係数の良い地盤として置き換えることで解析を行った．本来なら浸透解析とは別にパイプ流計算が必要だが,今回は簡略化した．材料定数を表-1 に示す．解析対象とした盛土の透水係数，粘着力および内部摩擦角は，現地で採取された試料を対象に，変水位透水試験および三軸圧縮試験により求めた．図-3 は不飽和浸透流解析の際に用いる水分特性曲線であり遠心法により求めた．地下水位は，モデルの下端に一致するとし，盛土上面は道路区間を想定し，不透水条件とした．解析の境界条件である降雨量は，図-4 に示す宮崎県小林にある観測所の 2014 年 7 月 1 日から 2014 年 7 月 19 日までの

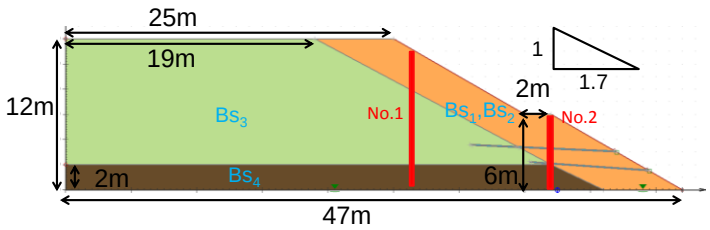

図-1　解析モデル

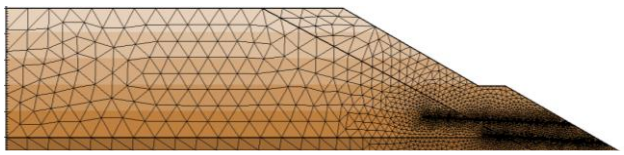
図-2　メッシュ図

表-1　解析モデル

	Bs_{12}	Bs_3	Bs_4
透水係数(m/s)	8.4×10^{-5}	5.4×10^{-5}	1.0×10^{-4}
粘着力 (kN/m^2)	8	39	23
内部摩擦角(°)	29	17	24
飽和単位体積重量(kN/m^3)	14.5	15.5	15.5

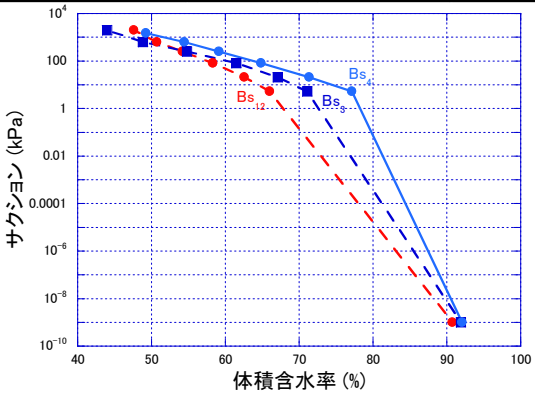

図-3　水分特性曲線

キーワード　不飽和度，斜面，安全率
連絡先　〒819-0385　福岡県福岡市西区元浜 744 ウエスト 2 号館 1110 号室　ＴＥＬ092-802-2999

データを入力し解析を行った．さらに盛土の背後から流入する背面流を考慮し，左側面から水が流入する境界条件を与えた．背面流の大きさは，試験施工が行われた現場とのデータ比較で決定し，前日に降った降雨が一日遅れて背面流となると仮定して入力値を定めた．

３．解析結果

排水性補強材の排水効果を調べるために図-1 の赤枠に囲まれた No.1，No.2 の地点において地下水位の経時変化を解析によって求めた．図-5 は，排水性補強材の有無の条件で解析した地点 No.1, No.2 の地下水位の変化である．グラフ中の黒の実線はそれぞれ排水性補強材が敷設された高さを示す．2014 年 7 月 1 日から降り続いた雨によって，No.1 と No.2 の地下水位は上昇し，No.1，No.2 ともに 7 月 12 日に最大値を示した，盛土の小段付近にある No.2 の地点で 排水性補強材の有無に着目すると，最大水位の大きさに大きな違いが見られた．

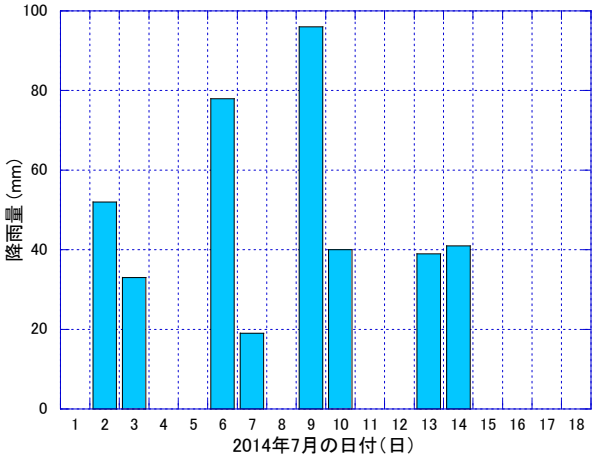

図-4　解析で入力した宮崎県木林の降雨量

降雨時における排水補強材による盛土の安定性の改善効果を確かめるために，降雨時の安全率の変化を図-6 に示す．ただし，排水補強材の引抜き抵抗力の増加は考慮しておらず，間隙水圧の低減効果のみが安全率に考慮されている．8 日までの安全率は排水性補強材を敷設するしないにかかわらず安全率が 1.6 を越えており大きな差は見られなかった．しかしながら，排水性補強材が無い条件では，9 日目に安全率が急激に低減し，安全率が 1.0 を下回った．このとき排水性補強材を敷設した条件では，安全率の低下を抑えることが出来た．安全率の推移が図-5 に示す地下水位の推移の傾向と似通っていることから地下水が安全率に大きな影響を与えていることが分かった．

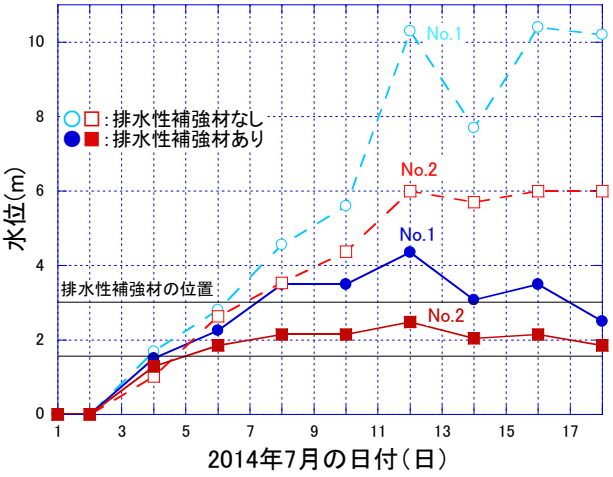

図-5　地下水位の変化

４．まとめ

(1) 盛土に排水性補強材を敷設することにより盛土法肩付近で最大地下水位を 6 割，盛土小段付近で 5 割程度低減することが出来た．

(2) 排水性補強材を敷設することにより，12 日付近で安全率を最大で 1.65 高めることが出来，排水効果の有用性を確認することが出来た．

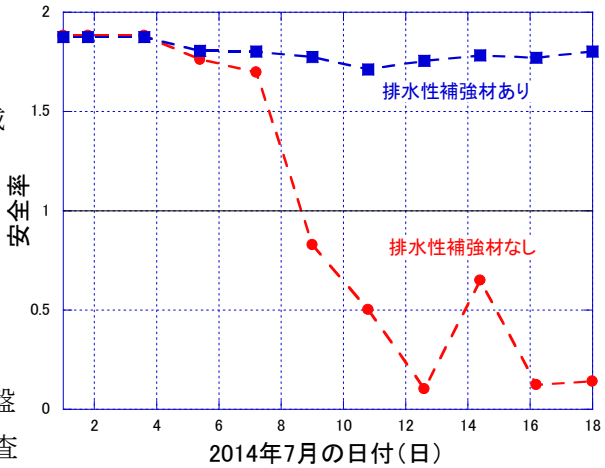

図-６　安全率の変化

参考資料

1) (公社)地盤工学会 平成 24 年 7 月九州北部豪雨による地盤災害調査団: 平成 24 年 7 月九州北部豪雨による地盤災害調査報告書，2013.

2) 鵜飼恵三・祭飛・阪上最一・若井明彦 : 降雨時の斜面安定性の全体安全率による評価,地すべり , Vol.35 No.1, pp19~23，1998.

3) 中村大樹・笠間清伸・浜崎智洋・古川全太郎：穴あきパイプを挿入した盛土の浸透流解析，第 7 回土砂災害に関するシンポジウム論文集，pp217~222，2014.