

高速道路のり面における平成 30 年 7 月豪雨時の変位計測と土中水分計測結果の考察

西日本高速道路㈱ 正会員 ○堤 浩志
西日本高速道路㈱ 正会員 田山 聡
大阪大学 正会員 小泉 圭吾

1. はじめに

当研究グループでは、高速道路における斜面崩壊の危険性を未然に検知するための常時観測システム（newron）の開発を進めている¹⁾。また、降雨強度と地盤の透水性および変形の関係に着目し、擬似飽和という考え方をを用いて表層崩壊の危険性を評価する研究も進めている^{2) 3) 4)}。ここでは、newron によって計測された平成 30 年 7 月豪雨時の土中水分データと RTK-GNSS⁵⁾ データとの関係に関する考察を行ったので報告する。

2. 表層崩壊の未然予測に対する考え方

図-1 は既往の模型斜面実験結果^{1),2)}に基づき、深度方向の体積含水率の変化と斜面表層変位の関係を模式化したものである。斜面に一定の降雨強度を与えると浅層（図中の青線）の体積含水率が最初に上昇を開始し、その後、底部直上 2 地点（図中の赤線、黒線）の体積含水率が順に上昇を開始し、何れも擬似飽和状態（IQS）に達する。擬似飽和状態とは、雨水の浸透速度と土の不飽和透水係数がバランスする状態のことを指し、まだ間隙中に封入空気が残存していることを示している。その後、散水が継続されると底面に水位が形成され、今度は底面付近の体積含水率から順に再上昇が始まる。これは土中内に封入されていた空気が水と置換し、水位の上昇とともに深層から浅層に向かって体積含水率が上昇することを意味している。その後、間隙水圧の増加に伴う有効応力の低下によって斜面はせん断変形し、崩壊が発生する。この模式図から、地表面変位は、全ての深度において擬似飽和から体積含水率が再上昇後に変位が発生していることがわかる。

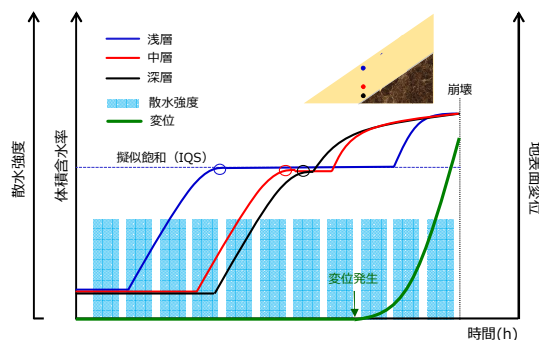


図-1 模型実験に基づく浸透と変形

3. 高速道路のり面での計測事例

3.1 対象のり面の計測概要

対象のり面は、高速道路沿い盛土である。盛土材はいずれも現地産のマサ土であるが、ごく一部粘土分を含んだ土塊が含まれている。図-2 は計測地点の断面図を示している。雨水浸透によるのり面の健全性を把握するために、土壌水分計、傾斜計、RTK-GNSS⁵⁾、地下水位の影響を把握するために水位計をそれぞれ設置した。

土壌水分計は簡易動的コーン貫入試験結果と 2 章での考え方を基に、3 深度、傾斜計は土壌水分計の直上、RTK-GNSS は同測線上に設置した。水位計は各観測孔に設置し、雨量計は同側線上には設置していないが約 500 m 離れた位置に設置した。2017 年 11 月より計測を開始し、各データは 10 分毎に newron を介して収集され、WEB 上でデータの閲覧、簡単な分析が可能な仕組を構築した。ここでは平成 30 年 7 月豪雨時における測点 A の観測結果に着目して考察を進める。またこの期間、RTK-GNSS に変位が確認されたため、傾斜計ではなく RTK-GNSS の結果で考察する。

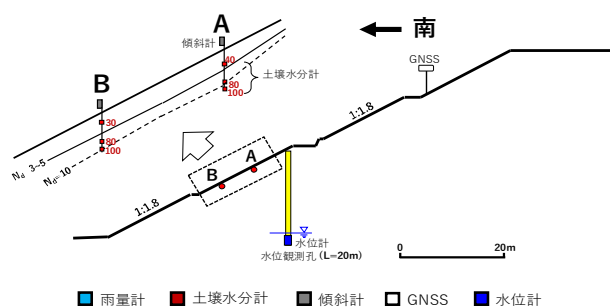


図-2 計測地点の断面図

3.2 計測結果

図-3 は平成 30 年 7 月豪雨における対象盛土（側線 A）の体積含水率と RTK-GNSS（24 時間移動平均値）、地下水位と降雨の経時変化を示している。図-3(a)、(b)より、降雨に伴い表層から順に体積含水率が上昇し、一度上昇速

キーワード：表層崩壊、体積含水率、常時観測、RTK-GNSS

連絡先：〒565-0871 大阪府吹田市山田丘 2-8 TA 棟 3F B305 TEL：06-6879-4866

度が低下した後、今度は深度 100cm から順に体積含水率が再上昇していることがわかる。その後、深度 40cm では降雨強度の変化に応じて体積含水率が下降、上昇反応を示し、7/6 午後以降に時間差を伴って深度 20cm, 80cm, 100cm の順に体積含水率が低下していることが確認された。また RTK-GNSS では 7/5 の夜間より変位が始まり、南（斜面下）および西方向に約 7mm の累積変位が確認された。一方、地下水位に変動は確認されなかった。次に図-4(a), (b) に RTK-GNSS の計測データのうち 7 月 5 日 20:00 から 6 日 4:00 までの 10 秒計測データを示す。図-4 より RTK-GNSS の特徴であるデータのバラつき（誤差）によりはっきりとした時間は明確ではないが、N-S 方向、E-W 方向共に概ね 21:30 頃から翌 1:40 頃にかけて変位が生じていることが見て取れる。なお、地下水位に関しては降雨イベントの中盤以降から上昇を開始し、降雨が完全に止んでから約 2 日後の 7/10 付近にピークが確認された。なお期間中の 10 分間最大降雨強度 13.5mm/10min、累積雨量は 469.5mm であった。

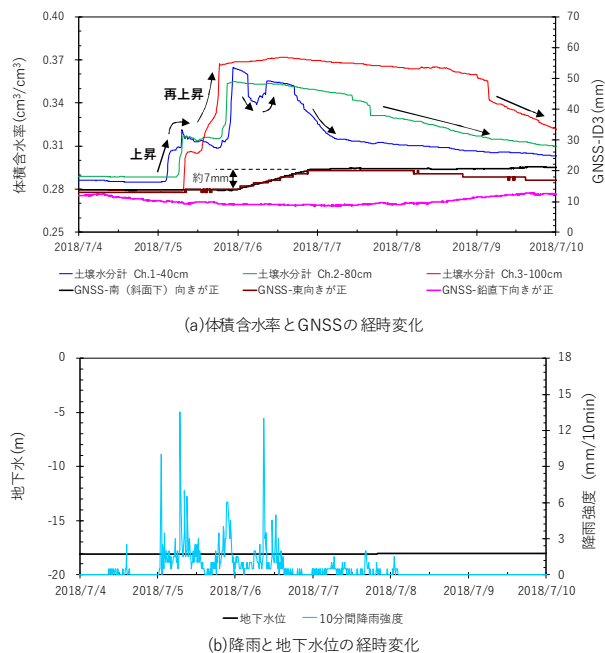


図-3 盛土（測点 A）の計測結果

3.3 考察

図-3(a)における体積含水率と RTK-GNSS の変動を 2 章で述べた擬似飽和の考え方に基づいて考察する。降雨開始後、各深度の体積含水率が上昇するものの一旦上昇速度が低下する傾向が見られる。この変化点が図-1 に示す IQS を示しており、擬似飽和状態に到達したことを示している。その後、深度 100cm から順に上層へ向かって体積含水率の再上昇がみられ、少なくとも深度 40cm まで水位が上昇している。このことは表層地盤内に地下水とは異なる一時的な水位が発生したことを示しており、それにより間隙水圧の増加、つまり有効応力の低下に伴う斜面変形の危険性が高まっていたことを示している。同一地点ではないため盛土の測点 A の体積含水率と RTK-GNSS の挙動を直接関連付けることはできないが、測点 A の水位発生と RTK-GNSS の変位発生時刻に近いことから擬似飽和から再上昇後に変位が発生したことが推察される。図-3(b)における地下水位の変動に関して、盛土には地下排水工が施工されており、この効果によって水位変動がなかったものと推察される。ただし水位上昇が降雨に対して数日の時間遅れを伴う傾向が見られたことから、地すべりの動きをみる際には十分注意が必要である。

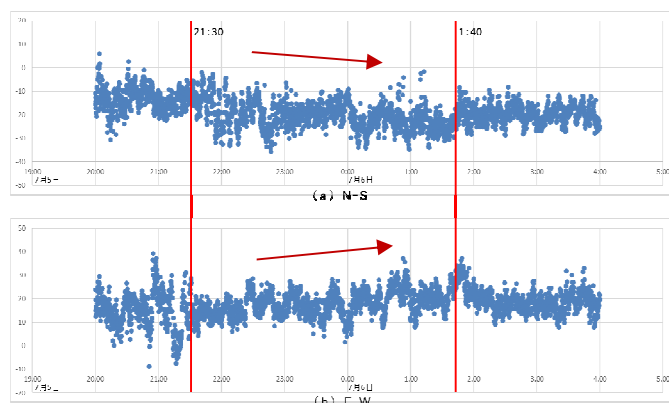


図-4 RTK-GNSS の計測結果

4. まとめ

本稿では当研究グループで提案している擬似飽和の考え方を基に、平成 30 年 7 月豪雨時の高速道路沿いのり面における計測事例について考察を行った。その結果、模型斜面実験に基づく擬似飽和の考え方と実際ののり面での計測結果に一定の整合性が確認された。今後はこの考え方を基に、のり面の健全性評価手法について検討していく予定である。

参考文献：1) 村上豊和ら：新名神高速道路における大阪北部地震時のモニタリング結果の考察，第 54 回地盤工学研究発表会（投稿中） 2) 小泉圭吾ら：降雨時の表層崩壊に対する高速道路通行規制基準の高度化に向けた基礎的研究，土木学会論文集 C(地圏工学)，Vol. 73, No. 1, pp. 93-105, 2017. 3) 小泉圭吾ら：斜面動態モニタリングデータの解釈を目的とした模型斜面実験，第 52 回地盤工学研究会，pp. 1853-1854, 2017. 7. 4) 小泉圭吾ら：初期擬似飽和体積含水率に着目したのり面観測システムの試作，地下水地盤環境・防災・計測技術に関するシンポジウム論文集，pp. 195-199, 2018. 11. 5) 武石朗ら：RTK-GNSS による地盤変位計測システムについて（山陽自動車道での実証実験）について，第 54 回地盤工学研究発表会（投稿中）