

のり面表層における体積含水率の挙動について

西日本高速道路エンジニアリング関西	正会員	○上出 定幸
大阪大学大学院	正会員	小泉 圭吾
西日本高速道路	正会員	藤原 優
西日本高速道路	正会員	竹本 将
西日本高速道路	正会員	殿垣内正人

1. 目的

降雨に伴うのり面表層における体積含水率の変動は、降雨強度、降雨波形などの降雨条件によって大きく左右される。また、強風化部や盛土の透水性は一定しておらず、浸透能力や排水能力が異なることから、体積含水率の挙動、特に形成過程や減衰形態が土性や地形条件によって異なるのが、一般的である。この報文は、体積含水率の変動状況を降雨形態による違いを把握し、また減水状態を把握することを目的としている。

2. 検討の内容

のり面や自然斜面の表層崩壊は前兆現象がほとんどなく、浸透した雨水がある程度の水分量（体積含水率の上昇）に達すると、一気に崩壊し、土砂災害を引き起こすことが知られている。しかし、降雨時の表土層内における水分量の変動、および地下水形成までに発生する雨水の不飽和帯へ供給される状況、地下水(飽和帯)の発生状況の把握が十分でない。また、極表層付近の雨水の浸透・流出特性の把握も十分でない。

ゲリラ豪雨等のように降雨強度が大きい場合には、ホートン地表流として直接流出するものが多いが、その一部はのり面に浸透し、のり面表層部の体積含水率やサクションを上昇させ、のり面の安定性に大きく関与しているとされているが、その詳細は把握されていない。近年の研究から、のり面表層の体積含水率の形成機構は、表面流出量+浸透量+表面貯留量が大きく関与しているとされており、のり面表層における体積含水率の実現象は、明らかになっていると言いが難い。そこで、降水強度や降雨波形と体積含水率との関係を把握することで、「降水量～体積含水率の上昇～のり面安全率の低下」の関係からのり面の崩壊特性が把握できる可能性があるものと考え、降雨波形と体積含水率の関係を調べた。また、体積含水率が降雨によってピークに達し、その後排水過程に伴って徐々に指数関数的に低下する。その低下する曲線を水分減衰曲線と呼び、その曲線の状況を調べた。これらの結果について報告するものである。

3. 検討の結果

体積含水率の測定は、堆積岩、花崗岩類、シラスなど種々の地質からなるのり面で実施しており。また降雨強度や降雨波形もそれぞれ異なっている。ここでは、代表的な地質における降雨波形の違いによる体積含水率の挙動と減衰係数について、述べる。

3-1 降雨波形の違いによる体積含水率の挙動の違い

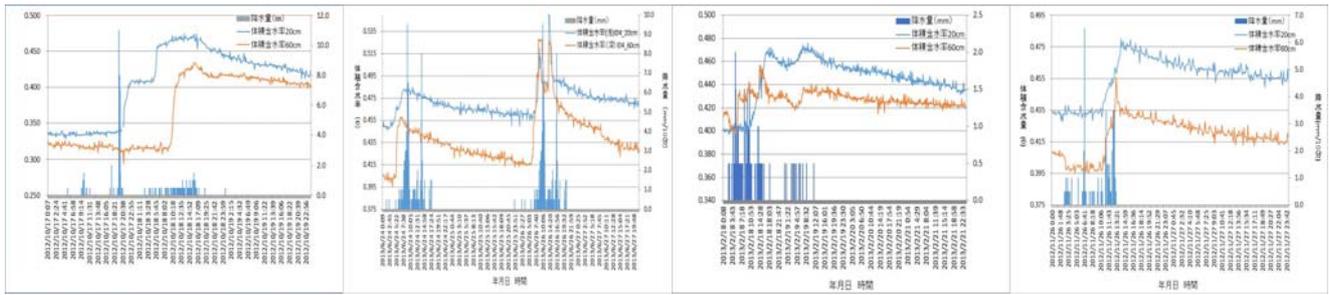
降雨波形には、「一定強度型」「前期ピーク型」「後期ピーク型」「先行降雨型」の4パターンがある。

「一定強度型」の降雨が継続すると、体積含水率は一定速度で上昇する。最大到達時間以降は飽和状態となり浸透は頭打ちとなる。先行降雨があった場合は、相乗効果によってより早く体積含水率の上昇が発生する。体積含水率の上昇は、降雨半ば過ぎから始まり、それまでの降水量は欠損降水量で、体積含水率の上昇に寄与していない。「前期ピーク型」は、初期の多降水量にも係わらず体積含水率の上昇はみられない。降水量の大部分がホートン地表面流となって流出し、のり面内への浸透水は極めて少ないためである。「後期ピーク型」は降雨半ばから急激に体積含水率の上昇が発生する。これは表層が漸次飽和帯へ移行し、のり面内への浸透・流下が発生し、水分の供給が大きくなる。「先行降雨型」は、先行降雨によってすでに体積含水率が上昇して

キーワード のり面、体積含水率、降雨波形、減衰係数

連絡先 〒567-0023 大阪府茨木市西駅前町5-26 西井本高速道路エンジニアリング関西(株) TEL072-658-2420

おり、本降雨によって加速度的に体積含水率が上昇するが、途中で飽和状態になり浸透は頭打ちとなる。



一定強度型

先行降雨型

前期ピーク型

後期ピーク型

図-1 降雨波形パターンと体積含水率上昇の例

3-2 体積含水率の減水形態

体積含水率が降雨によってピークに達し、その後徐々に指数関数的に低下する。この低下は排水過程の水分特性を示すもので、ここでは減衰曲線と呼び、その値を減衰係数と呼ぶことにした。ここで、シラスにおける切土部と盛土部の代表的な水分減衰曲線を、図-2に示す。

計測のり面は、半熔結状態のシラスの地山(左図:切土部)から構成されるが、一部シラスを材料とした盛土(右図:盛土部)から構成される。水分減衰係数における第1項は減衰勾配を示し、第2項は各降水量による最大体積含水率(飽和度100%相当)に当たるものと考えられる。水分減衰曲線から求めた代表降雨による体積含水率の水分減衰係数を、表-1に示す。

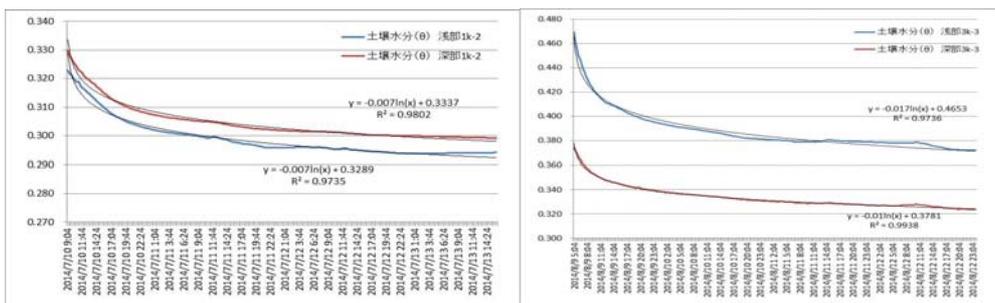


図-2 代表的な水分減衰曲線 (2014/8/8~8/10) 左:切土, 右:盛土

表-1 切盛区分・浅深区分による各項の値

同じ降雨条件における水分減衰曲線は、深度の面から見ると、切土では浅部、深部共にほぼ同じであるが、盛土では浅部と深部とは大きく体積含水率が異なり、曲線の形態も、切土と盛土では異なった曲線となる。また、水分減衰係数では、切土盛土及び深度別に異なり、各項別の平均値を示したのが、表-1である。

4. まとめ

①体積含水率の上昇過程は、降雨波形によって大きく異なる。

②降雨後の体積含水率の低下は、指数関数的で減衰曲線として表される。その曲線式の第1項は減衰係数、第2項の定数は最大体積含水率を示している。

シラスにおいては、減衰係数は、切土では浅部・深部一定した値を示す。盛土では浅部と深部とは、約2倍となり、浸透速度が異なることを示す。最大体積含水率は、切土では $\theta = 0.0034 \sim 0.00354$ と一定であるが、盛土では $\theta = 0.4481 \sim 0.3706$ と異なる。このことから、切土部では深度にかかわらず一定した定数を示すが、盛土では浅部と深部では異なり、高含水、高透水性を示す。

この減衰曲線から減衰係数や最大体積含水率を求めることによって、降雨による通行止め解除を判断する上での1つの指標になるものと考えられる。

第1項(減衰係数)		
	浅部	深部
切土部	0.0072	0.0076
盛土部	0.016	0.009
第2項(定数:最大体積含水率)		
	浅部	深部
切土部	0.3354	0.3334
盛土部	0.4481	0.3706