# 盛土のり面の状態把握のための各種調査・試験と降雨浸透挙動の解釈

鉄道総合技術研究所 正会員 〇松丸 貴樹 倉上 由貴 杉山 健太 中央開発 正会員 鈴木 丙午 草野 信人

## 1. はじめに

盛土は施工時に各種設計基準に基づいて締固め密度比を満足するように構築されるが、のり面表層付近では十分 な締固めを行うことが難しいことから、盛土内部と同等の締固め密度比を確保しにくいと考えられている。このた め、例えば鉄道盛土の設計標準<sup>1)</sup>では、盛土の安定計算に用いる設計用値をのり面から内側の 2m の範囲に限り深部 と比べて5度小さく設定することとしている。また、道路盛土や河川堤防等の浸透挙動の評価を行う際には、のり 面表層部の透水係数を堤体内部と比較して1~2 オーダー程度大きな値と定めることで、降雨浸透をしやすくするこ とがある<sup>2)</sup>。しかしながら、実際に盛土内部と比較してのり面表層で密度や強度等の物理量がとの程度低下するか 比較を行った事例は少ない。そこで、本論文では、施工後年数が経過した盛土を対象に、のり面を中心に地盤調査 および採取した地盤材料を用いた試験を行い、盛土のり面表層の密度や貫入抵抗が深部とどの程度異なっているか 把握を行った。また、降雨による盛土内部の含水状態の変化を対象とした長期計測を行い、計測結果をもとにのり 面表層の状態が降雨浸透挙動に及ぼす影響について考察を行った。

### 2.調査・試験および計測概要

対象とした盛土は高さ 3m, のり面勾配が 1:1.5 の形状である <sup>3</sup>。盛土材料には, 細粒分質砂質礫(SFG)が使用 されている。盛土の施工は撒出し厚 50cm とし, 目標とする締固め密度比を 90% (*p*<sub>d</sub>=1.27g/cm<sup>3</sup>) としている。

この盛土において、構築後約5年が経過した段階でのり面表層を中心に各種調査・試験を行った。のり肩付近に おいては機械ボーリングを行い、標準貫入試験および不攪乱試料の採取を実施した。不攪乱試料の採取は懸濁気泡 水ボーリング(IFCS)により実施している。採取した試料を用いて土の湿潤密度試験を行うとともに、ボーリング 孔を活用した密度検層も実施し、原位置および室内での湿潤密度の比較を行った。また、盛土のり面では複数の箇 所で表層から概ね1.5m程度の深度まで簡易動的コーン貫入試験を実施し、10cmごとの貫入に要する回数 Nd 値の測 定を実施した。

本盛土においては降雨に対する含水状態の変化を把握するために, 計測器を多数埋設している。計測器の配置図を図1に示す。図中赤色 の土壌水分計は盛土建設時に締固めを行いながら埋設したものであ り,青色の土壌水分計およびテンシオメーターは盛土施工後年数が経 過した時点において追加で埋設したものである。



図1 土壌水分計・テンシオメーターの配置図

#### 3. 密度・貫入抵抗の測定結果

図2に、密度検層で得られた湿潤密度の深度分布と、サンプリング試料から得られ た湿潤密度のプロットを示す。密度検層で得られた湿潤密度は深度約1.5m 程度まで は1.3~1.4g/cm<sup>3</sup>程度となっており、1.5m 以深の湿潤密度に比べて小さく、のり面表 層では深部と比べて小さな密度となっていることがわかる。サンプリング試料の湿潤 密度は深度0.5m および1.5m のものは密度検層の結果に比べて大きな値となっている が、深度2.5m および3.5m では密度検層の値と概ね一致している。

また, 盛土のり面表層で実施した標準貫入試験および簡易動的コーン貫入試験の結 果を図3に示す。標準貫入試験のN値,および簡易動的コーン貫入試験で得られた Na値共に,のり面表層50cm~1m程度の範囲では以深と比べて小さな値となってい



キーワード 盛土,のり面,調査

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 (公財)鉄道総合技術研究所 TEL 042-573-7261

ることがわかる。盛土のり面表層では貫入抵抗が小さいこと が示唆され,密度検層から得られた湿潤密度がのり面表層部 で小さくなったことと整合する結果となっている。

## 4. 盛土の降雨浸透挙動とのり面表層の状態が及ぼす影響

ここでは、2017 年 9 月~10 月頃に観測された計測データ を示す。図4 に降雨を受ける前の2017 年 10 月 13 日および 降雨後の10月23日の飽和度コンター図を、図5 に飽和度、 間隙水圧および降雨記録の時刻歴を示す。降雨記録について は、盛土の建設地点近傍の AMeDAS 府中の時間雨量および 積算雨量(24時間無降雨でリセット)を示している。時刻歴 およびコンター図から、降雨前は概ね80%以下を示していた 飽和度が、降雨時には盛土天端やのり面を中心に90%近い値 となっていることがわかる。一方で、盛土内部では飽和度は ほとんど変動せず60~70%程度の値となっている。

また, テンシオメーターから得られた間隙水圧は, 盛土の深部に位置 する T01 および T02 では降雨の有無によらず一定値を示しているが, T03 では降雨時に上昇する挙動を示している。特に 10 月 13 日からの積算雨 量が 300mm 近くに及んでおり,降雨時には間隙水圧が負値から正値に多 数回変動していることがわかる。これは, 盛土表層部で部分的に宙水が 形成されていることを示唆しているものと考えられる。

以下では、上述した盛土のり面の状況を踏まえて盛土の降雨浸透について考察する。盛土に降り注いだ降雨は、盛土表層部等で侵食等の痕跡が見られなかったことから、計測期間内においてはほぼ盛土内部に浸透したものと考えられる。一方、飽和度の上昇がのり面表層に限られているが、調査・試験によってのり面表層では密度や貫入抵抗が小さいと示唆されたことを踏まえると、のり面表層では深部に比べて透水性が大き

いことが想定される。このため、盛土内部への浸透 よりも、のり面方向に沿った浸透水の流下の方が生 じやすいものと想定される。また、宙水の形成につ いては、のり面表層に多量の降雨が降り注ぎ、盛土 内部への浸透・のり面表層に沿った流下速度を上回 ったことに起因するものと考えられる。以上を踏ま えると、盛土のり面表層部で密度や貫入抵抗が小さ いことが浸透挙動に大きく影響しているといえる。

## 5. まとめ

本研究では,地盤調査・試験によって盛土のり面 表層の状態の把握を行うとともに,降雨浸透挙動の 計測を実施し,盛土のり面表層の状態が及ぼす影響







について考察を行った。盛土のり面表層の密度や貫入抵抗は深部と比べて小さく,また降雨浸透挙動に大きく影響 することがわかった。

[kPa]

 $\mathbf{P}_{\mathbf{W}}$ 

[%]

Sr |

Sr [%]

[mm/h]

г<sup>р</sup>

参考文献 1) 鉄道総合技術研究所編:鉄道構造物等設計標準・同解説(土構造物), 2007.2) 西村聡,所哲也,Rivas,F.M.: 降雨浸透・蒸発散を考慮した 細粒土盛土の水理状態の解釈,第51回地盤工学研究発表会講演概要集, pp.1035-1036, 2016.3) 小湊祐輝,中島進,佐藤武斗,山田孝弘,藤原雅仁:不飽 和強度特性を使用した盛土耐震補強設計の技術課題整理,第51回地盤工学研究発表会発表概要集, pp.685-686, 2016.