

## トンネル掘削ずり盛土における浸出水対策

(株)奥村組 正会員 清水祐也

(株)奥村組 正会員 岩本容昭

(株)奥村組 正会員 大塚義一

(株)ハイドロ総合技術研究所 正会員○ 森田修二

岩手大学 正会員 大河原正文

## 1. はじめに

岩手県の一般国道 340 号の押角峠工区 (2020 年 12 月開通) のトンネルの工事では、自然由来の重金属類を含む掘削ずりの発生が予想され、この掘削ずりの盛土に対しては、ベントナイト混合土によって完全な封じ込めを実施した。この盛土の封じ込め工事は 2019 年 10 月に完了しているが、排水暗渠からの排水はその後も続いていた。工事完了後に一定期間を空けて浸出水の調査を実施したが、降雨と浸出水には明確な関連性が確認された。その原因について解析的な検証を試み浸出水の抑制対策についても検討した。地盤解析ソフト FEAST による検証結果について報告する。なお、現地では排水の管理を行い水質に問題がないことは確認している。

## 2. 掘削ずり盛土の概要

写真-1 と図-1 には掘削ずり盛土の航空写真と断面図を示す。赤丸で示した範囲が今回の検討対象の盛土である。本盛土では、2018 年 7 月までに掘削ずりの搬入を完了したが、2019 年 10 月までは道路工事などの残土受け入れのため、天端の一部 (約 970m<sup>2</sup>) がベントナイト混合土 (遮水層 50cm) による被覆が未施工で雨水が盛土内に浸透する状況であった。図-2 には、その期間の排水暗渠からの排水量と日降雨量を示す。降雨量は、転倒降雨量センサーを設置 (1 か所) して測定した。また、排水量は中和処理施設から放流される配管に超音波流量計を設置して測定した。排水量と降雨量の関連性は明確に表れており、キャッピング完了後も長期に排水が続くため周辺地下水の状況を調査した。写真-1 に示す 4 か所 (B1~B4) のボーリング調査では、地下水は B3 で僅かに確認されたが明確なものではなく、周辺地下水と盛土からの排水水の関連性はうかがえなかった。

## 3. 浸出水の検討

ここで、降雨の影響を 3 次元の飽和・不飽和浸透流解析によって検証した。図-3 に 3 次元解析モデルを示す。盛土から 50m までの雨水浸透が影響を受けるモデルとした。雨水は概ね鉛直方向に浸透すると考えられるので、影響範囲としては 50m で一定の評価はできると考えている。降雨は周辺地盤の地表面にのみ設定し、盛土上面は遮水層で覆われており表面を短期間で流下すると考えて降雨は設定していない。

キーワード：掘削ずり盛土、封じ込め、浸出水、不飽和浸透流

連絡先：〒545-8555 大阪市阿倍野区松崎町 2-2-2 (株) 奥村組・土木本部 清水祐也 TEL 06-6625-3764

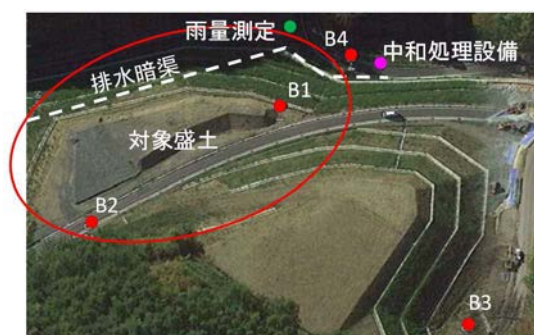


写真-1 掘削ずり盛土の航空写真(Google)

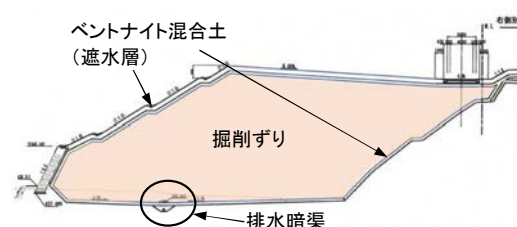


図-1 掘削ずり盛土の断面図

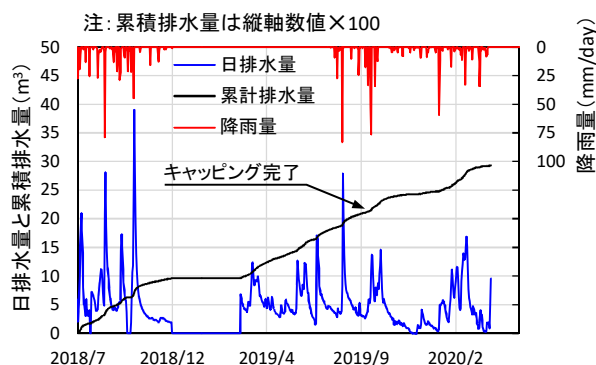


図-2 降雨と排水量の変化

周囲の境界は水の出入りのない断水境界，下流側はGL-2mの水位境界とした．各地層に設定した透水係数を表-1に示す．周辺地盤は現地の土質（シルト混じり砂礫）を考慮して現場透水試験の結果( $k=9.8 \times 10^{-3} \text{cm/s}$ )より小さく設定した掘削ずりは原位置不飽和試験<sup>1)</sup>の結果( $k=2.0 \times 10^{-2} \text{cm/s}$ )から不飽和状態を考慮して設定した．ベントナイト混合土は一般値を採用した．周辺地盤の不飽和浸透特性は文献<sup>2)</sup>を参考にVGモデルを設定し掘削ずりと遮水層は飽和定数とした．

表-1 透水係数の一覧（単位は cm/sec）

周辺地盤	掘削ずり	遮水層
$1.0 \times 10^{-3}$	$2.0 \times 10^{-4}$	$2.0 \times 10^{-6}$

図-4には，キャッピング完了後に約2年経過した2021年9月から11月までの約80日間の変化をシミュレーションした結果を示す．計測された排水量と降雨量には関連性が見られ，解析によっても同様の傾向が再現できている．周辺地盤に一定の地下水位がなくとも降雨が周辺地盤に浸透するとともに遮水層から盛土内部に浸透すると考えられる．

#### 4. 浸出水対策の検証

浸出水対策を2次元の飽和・不飽和浸透流解析（図-5参照）で，遮水層に加えて外周に排水層（ $k=1.0 \text{cm/s}$ ）を設けた場合と舗装等で遮水した場合について検討した．地下水の流入条件は，降雨または上流に地下水が存在する条件で100日程度の非定常解析を実施した．降雨条件では，追加の排水層に替えて盛土近傍の地表面にアスファルト舗装等（幅25m）を想定した．下流側の地下水位はGL-2.0mとした．

CASE1：降雨条件（5mm/day）で排水層の有無

CASE2：降雨条件でアスファルト舗装，排水層なし

CASE3：上流地下水位をGL-8m（DL+20m）で排水層の有無

図-6に排水暗渠の排水量の比較を示す．CASE1は排水層によって排水流量が約1/3に，CASE3は約1/10となった．いずれの条件でも対策の効果が確認できるが，地下水の条件が厳しい方がより排水層の効果が大きい．CASE2では，アスファルト舗装等で排水層対策と同等の効果が確認できた．

#### 5. あとがき

本報文では掘削ずり盛土からの浸出水の現状と対策の効果について検証した．ベントナイト混合土による封じ込めでは地下水の浸透を完全に遮断することが難しく，遮水層に加えて排水層や舗装の組み合わせが有効であり，現地に状況に応じた付加的な対策工の検討が必要である．

#### [参考文献]

- 1) 岩本容昭，太田博光，倉品 悠，長 千佳，清水祐也，森田修二，大河原正文：山岳トンネル掘削ずり処分場内の重金属の挙動把握に関する研究，地盤工学ジャーナル，VOL. 15， No. 1
- 2) 河川堤防の構造検討の手引き（改訂版），平成24年2月，社団法人国土技術研究センター

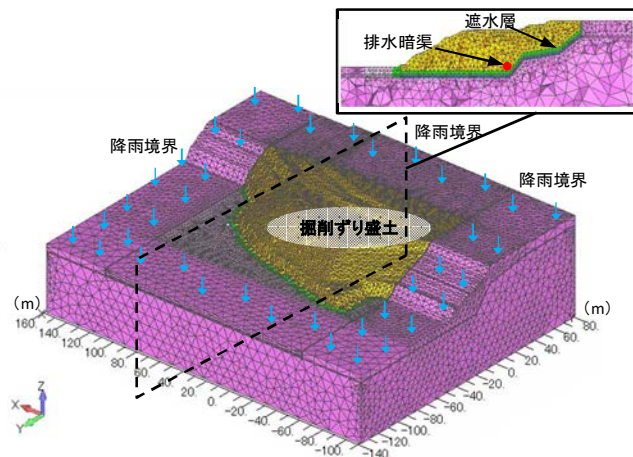


図-3 3次元解析のモデル

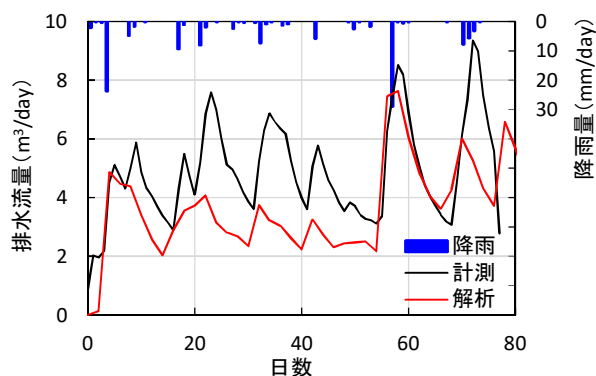


図-4 排水流量のシミュレーション結果

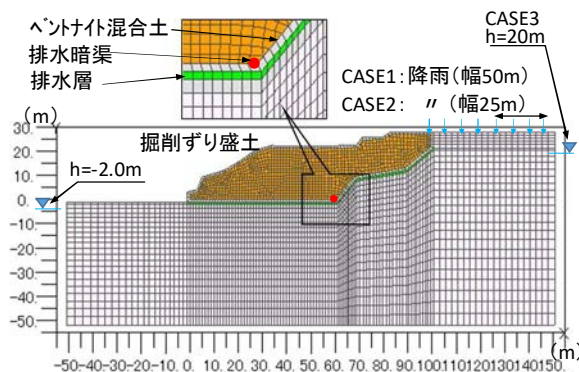


図-5 2次元解析のモデル

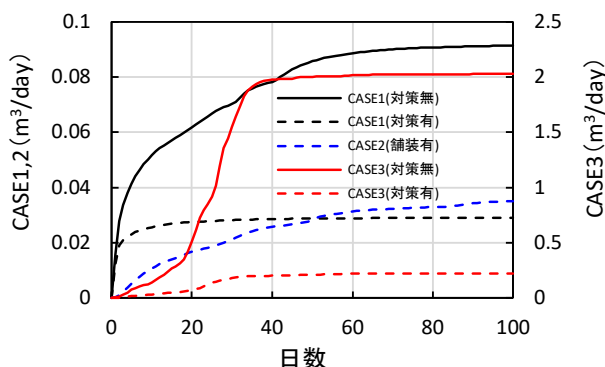


図-6 排水流量の比較