

高速道路大規模盛土における地下水流量計測

西日本高速道路(株)	正会員	○竹國	一也
西日本高速道路(株)	正会員	山口	卓位
西日本高速道路(株)	正会員	古賀	泰輔

1. 目的

平成30年3月18日に開通した新名神高速道路の川西～神戸間の宝塚北SAは、写真-1に示す最大高さ70m、土量約400万m³の大規模盛土上にある。この盛土直下には、活断層である十万辻断層が位置している。工事着手前には図-1のような自噴する湧水点が断層線上に配列され、地質状態から断層沿いに北側斜面の地下水がダムアップされている湧水と推定された。この事象を踏まえて、流域の水文調査や河川流量観測を実施し、また、調査結果をもとに三次元水収支解析によって盛土内の地下水分布を予測し、それに基づいた排水対策工を講じた。



写真-1 宝塚北SAの現況

排水対策工の効果検証ならびに降雨に対する盛土の安定性評価を行うため、盛土建設中および完成後の流量計測を行った。

2. 大規模盛土の排水対策工

盛土の安定を確保するには、浸透水や断層沿いに発現する地下水に対する排水対策が極めて重要となる。当該盛土内への浸透水排出を目的とした排水対策については、図-2に示すように地下排水工、雨水排水工など地下排水設備の複数系統化を図り、湧水の排水を目的とした地下排水工は現状の沢の規模に応じてφ200～400の有孔管を設計し、施工段階にも地山からの湧水状況を適宜確認して追加配置した。その結果、盛土全体面積約25万m²に対して地下排水工延長は、12.3kmとした。



図-1 盛土と十万辻断層との位置関係

3. 地下水流量計測概要

流量計測箇所は写真-1に示す各地下水の流末となる調整池周辺にあり、流量計測にあたっては、自記式水位計による10分毎の流量計測に加えて、容器法により地下水流量を実測した。実測した地下水流量は、全地下水、地下排水工、雨水排水工、のり尻工で、おのおの流末箇所から流出する流量をパイプやビニール管を通じて大バケツへ一定時間貯留し、バケツに貯留した流量と貯留に要した時間から毎秒当たりの実流量を算出した。これらの流量計測頻度は、のり尻工流量が原則毎日で降雨時には午前午後各々2回とし、それ以外の流量計測は、概ね1週間に1回である。

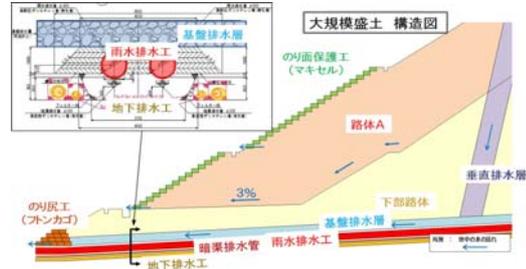


図-2 宝塚北SA排水施設断面図

ここでは、盛土施工がほぼ完了し、工事に伴う流域改変がおさまった2017年4月22日～9月15日に計測した地下水流量の結果について報告する。

4. 地下水流量計測結果

図-3によると全地下水流量は、降雨に連動して流量は増減しているが、途絶えることなかった。また、大きな降雨時には顕著なピーク流量を観測している。工事着手前の流量調査から当該箇所の基底流量は0.001m³/sであり、無降雨が続いてもこれを下回ることはなかった。また、計測期間約4ヶ月間の累積地下水流量は60,591m³、地下水流量に対する流域面積が34万m²で降水流量は150,620m³であった。この期間の地下水流量率は、40.2%であった。これは、計測した2017年の降雨量が平年の70%、過去5年間で最も少雨の年であり、大きいキーワード 地下水流量、断層破碎帯、大規模盛土、地下排水工、のり尻工

連絡先 〒567-0871 大阪府茨木市岩倉町1-31 西日本高速道路(株)関西支社 TEL06-6344-8888

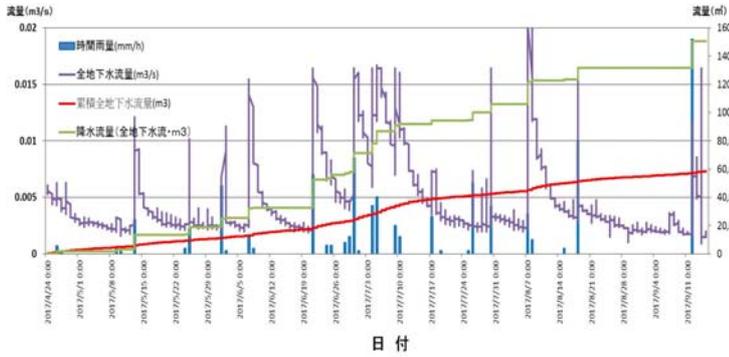


図-3 全地下水流量の変動と累積図

な降雨時の地下水流量率はさらに大きくなると想定される。

実測した各地下水流量および自動計測した全地下水流量と先行降雨量の相関関係を表-1 に示した。これによると、容器法による実測と自動計測による全地下水流量の相関は類似しているが、実測流量よりも計測流量の方が、1週間程度長期間の先行降雨量との相関が良い結果となった。これは、実測流量はある時点の瞬間流量であり、計測流量は一定期間の累積流量として評価したことで相関が高く、かつ精度の高い結果が得られたと考えられる。また、全地下水流量と地下排水工流量、雨水排水工流量は先行する2~4週間の降雨量との相関が良く、のり尻工流量は先行1週間以内の降雨量との相関が良い。すなわち、地下排水工と雨水排水工は比較的長期間降雨に対する地下水を排水しており、のり尻工は1週間以内の短期降雨に対する排水に効果的であることを示唆している。図-4には自動計測した全地下水流量と最も相関の高い先行3週間降雨量との相関図を示した。

また表-1からは、全地下水流量の中で地下排水工流量が85%を占め、雨水排水工およびのり尻工により排水される流量割合はいずれも全地下水流量の数%と僅かであった。

このように、地下排水工流量は比較的長期の降雨履歴と連動しており、広範囲に降った降雨の影響が予想される。このことは、断層破碎帯によって流域外からの地下水供給があることの裏付けである。

今回計測した地下水流量は、降雨に伴って増加し降雨がなければ減少するが、流量がなくなる前に降雨があれば再度増加している。そこで、図-5には、20mm以上の日降雨があり、かつその後1週間以上無降雨が継続した4つの期間の地下水流量が減じる分布を重ね合わせた。この流量減衰図は対数曲線で近似され、その相関係数 R^2 は0.881と相関が高い。また、この対数近似式から地下水流量がなくなる時点は、地下水流量のピーク時点から約1ヶ月後となった。このことは、前述のとおり地下水流量が先行する2~4週間程度の降雨量との相関が良い結果と概ね一致する。

5. まとめ

以上で述べた計測結果について考察を以下に整理する。

- ① 地下水流量率は40.2%と大きく、また全地下水流量は先行する累積2~4週間降雨量との相関が高く、広域から断層破碎帯を通じての地下水供給が想定される。
- ② 地下排水工流量は全地下水流量の85%を占め、地下排水工の大きな排水効果が認められる。
- ③ のり尻工流量は先行する1週間内降雨量との相関が良く、直近降雨に対する排水効果が認められる。
- ④ 無降雨時の地下水流量の減衰は、対数曲線で近似可能であることが分かった。
- ⑤ 以上のようなことから、当該盛土の排水は適切になされており、健全性を確認することができた。

表-1 実測地下水流量と先行降雨量との相関関係 (R^2)

計測手法	実測 (容器法)				自動計測
	全地下水流量	地下排水工流量	雨水排水工流量	のり尻工流量	
先行6日間降雨量	0.49	0.463	0.306	0.618	0.294
先行1週間降雨量	0.525	0.521	0.226	0.542	0.38
先行2週間降雨量	0.585	0.573	0.452	0.49	0.726
先行3週間降雨量	0.562	0.554	0.402	0.47	0.781
先行4週間降雨量	0.393	0.385	0.339	0.304	0.718
先行5週間降雨量	0.171	0.168	0.093	0.16	0.424
流量比率	100.0%	84.7%	7.7%	7.6%	

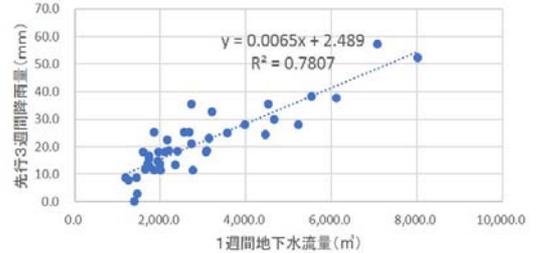


図-4 累積地下水流量図

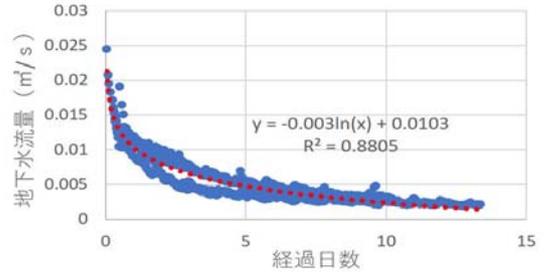


図-5 時間経過に伴う地下水流量の減衰図