

盛土のり面の水抜きパイプの排水効果検証

日本地研(株) ○秋吉 亮平
 " 田口 浩史
 西日本高速道路(株) 浜崎 智洋

1. はじめに

水抜きパイプの排水効果は、地下水の間隙水圧を抑制し、目標とする地下水位が低下していることに着目して確認することができる。しかし、降雨特性や地下水位の変動などの観測データに基づく定量的な排水効果を評価出来ない場合もある。また、水抜きパイプの維持管理では経年的な逐次評価を行って、目詰まりによる排水効果への影響などの指標を構築する必要がある。

本稿では、盛土のり面に対し豪雨時の地下水位低下と地震時における地盤補強効果を同時に得ることを目的とした「排水機能を有するスパイラル羽根付き鋼管による盛土補強工法 (SDPR 工法)」(図-1参照)で観測された地下水位データと降雨量に着目し、水抜きパイプの定量的な排水効果の検証を行った。

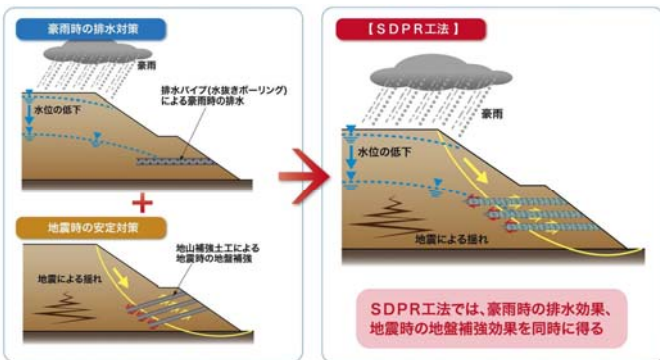


図-1 SDPR 工法の効果¹⁾

2. 効果検証の概要

検討箇所は、過去に被災履歴がある盛土のり面で、のり面表層の N 値は1~4と低く、自然地下水位はのり尻付近に常時確認されていた。長さ6m/本のスリット形状の水抜き孔を有する鋼管(写真-1参照)を、配置密度1本/9m²でGL-3.5mに挿入を行った。

水抜きパイプの排水効果は、施工前後の降雨特性が異なり、定量的な排水効果の評価が困難であった。そこで、実効雨量に着目して、図-2のフローで効果検証を行った。



写真-1 スパイラル羽根付き鋼管

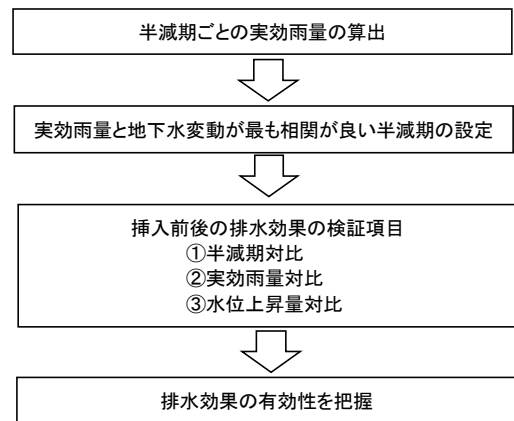


図-2 排水効果の検証フロー図

実効雨量とは、それまでに降った雨が地中にどの位残存しているかを便宜的に示した値である。実効雨量は、地表に残った雨や地中にしみ込んだ雨が時間とともに減っていき、それらが降った雨量の半分になるまでの時間の長さで表される半減期の減少係数で式-1を用いて求めることができる。

$$R_0 = R_0 + \alpha^1 \cdot R_1 + \alpha^2 \cdot R_2 + \dots + \alpha^n \cdot R_n \quad (\text{式-1})$$

ここに、 R_0 : 実効雨量 (mm) , R_n : n 日前の雨量
 α : 1日単位の減少係数 ($0 < \alpha < 1$)

この日数 n は、 $\alpha^n \approx 0$ (現実的には 10^{-3} 程度以下)と判断される値を選択する。また減少係数 α は、雨の影響度合いが半分 (0.5) になる期間の半減期 T で表現できるため、式-2を用いて求めることができる。

$$\alpha = (0.5)^{1/T} \quad (\text{式-2})$$

ここに、 T : 半減期 (日)

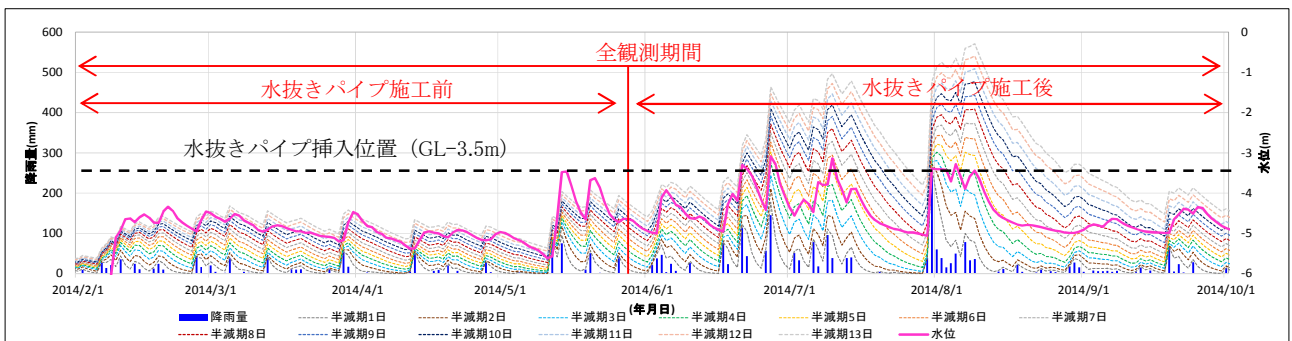


図-3 雨量と地下水位の観測データのとりまとめ

3. 半減期対比による排水効果の検証

降雨量と地下水位の観測データは、水抜きパイプ施工前後の各4ヶ月を対象とし、1日～13日の各半減期の実効雨量を算出した。この結果と降雨量および地下水位観測データを併せて図-3に示した。まず地下水位は、水抜きパイプ施工前で常時GL-4.5～-5m付近に地下水位が存在し、80mm程度の降雨で地下水位はGL-3.5m付近まで上昇した。水抜きパイプ施工後は、梅雨期の240mm程度の激しい降雨にもかかわらず、地下水位の上昇はGL-3.5m付近で抑制されている。しかし、施工前後の同程度の降雨量(80mm)をもって排水効果の対比を試みたところ、地下水位の上昇は定性的に抑制されているものの、特に施工後は先行雨量の影響が大きく同程度の降雨条件下での効果検証が困難であった。

そこで、それぞれの半減期で算出した実効雨量と地下水位の相関係数をとりまとめたものが表-1である。

施工前後の結果は次のとおりである。

- ・ 施工前……半減期12日 (相関係数0.860)
- ・ 施工後……半減期4日 (相関係数0.908)

施工後は施工前と比べ排水効果の指標である半減期が8日短縮し、水抜きパイプによる排水効果を定量的に把握することができた。

表-1 各半減期における地下水位の相関係数

半減期T	1日	2日	3日	4日	5日	6日	7日
施工前の相関係数	0.266	0.474	0.601	0.683	0.739	0.779	0.808
施工後の相関係数	0.714	0.861	0.904	0.908	0.894	0.873	0.849
全観測期間の相関係数	0.586	0.735	0.791	0.811	0.813	0.807	0.795

半減期T	8日	9日	10日	11日	12日	13日
施工前の相関係数	0.828	0.843	0.852	0.858	0.860	0.859
施工後の相関係数	0.823	0.797	0.771	0.746	0.721	0.697
全観測期間の相関係数	0.782	0.767	0.752	0.738	0.723	0.709

4. 実効雨量による排水効果の検証

全観測期間で地下水位と相関が最も高い半減期5日および、施工前の地下水位と相関が最も高い半減期12日の実効雨量と地下水位の関係を、施工前後に区別してとりまとめた(図-4, 図-5)。施工後では梅雨期の激しい降雨のため、地下水位が水抜きパイプ挿入位置をこえているものがあつたが、地下水位GL-3.5mに達する実効雨量の近似直線の値は、表-2のとおりであった。

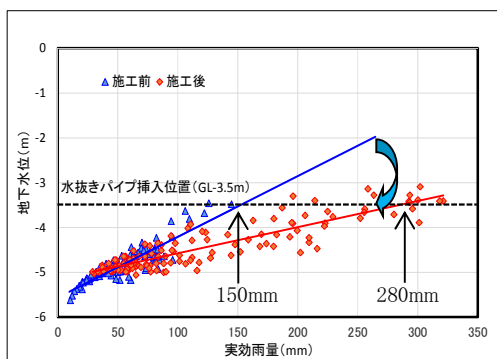


図-4 実効雨量と地下水位の関係(半減期:5日)

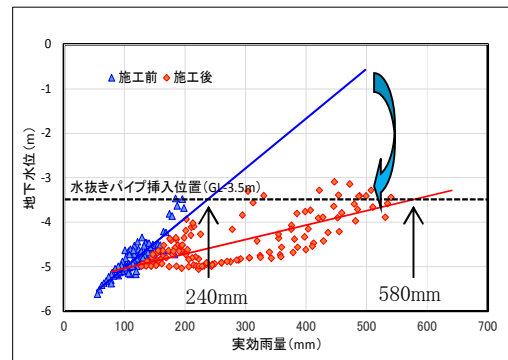


図-5 実効雨量と地下水位の関係(半減期:12日)

表-2 施工前後の近似直線値(GL-3.5mの場合)

半減期T	5日	12日
施工前の近似直線値	約150mm	約240mm
施工後の近似直線値	約280mm	約580mm

この結果から挿入後は約1.8～2.4倍の耐降雨性の向上が確認できた。

また、施工前後の実効雨量と地下水位の近似直線を対比することで、水抜きパイプによる排水効果の検証と、この結果を利用して盛土のり面の耐降雨性評価や目詰まり等の経年的な維持管理指標として活用も期待できる。

5. 水位上昇量対比による排水効果の検証

半減期5日の場合で、前日からの水位上昇量が0.1m以上、0.5m以上と1.0m以上の実効雨量を施工前後で区別し、コルモゴロフ-スミルノフ検定を用いて算出を行ったものが表-3である。それぞれ施工後は、一定の水位上昇量に対する実効雨量が増大していることが明らかとなった。具体的に、施工前では実効雨量126mmで1.0m以上の水位上昇するのにに対し、施工後では実効雨量295mmに達しなければ1.0m以上の水位上昇はしない結果であった。この施工前後の実効雨量の差が、水抜きパイプの排水効果と評価できる。

表-3 前日からの水位上昇量別の実効雨量

前日からの水位上昇量(m/日)	0.1 ≤	0.5 ≤	1.0 ≤
施工前実効雨量(mm)	67	79	126
施工後実効雨量(mm)	82	120	295
施工前後の差(mm)	15	41	169

6. おわりに

降雨量と地下水位の観測データを基に、水抜きパイプによる排水効果の有効性を定量的に把握することができた。今後、水位観測孔を追加設置して、検証効果の精度向上ならびに盛土のり面の安定性評価や維持管理指標として活用の幅を広げていきたい。

7. 《引用・参考文献》

- 1) 松川耕治他:排水機能を有するスパイラル羽根付き鋼管による盛土補強工法(SDPR工法),平成26年度土木学会西部支部研究発表会,2015.3.