

水抜きパイプによる盛土内の排水効果に関する考察

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

1. はじめに

水抜きパイプは、それらを盛土のり面に挿入することにより、豪雨時や地震時に発生する地盤内の間隙水圧の上昇を低減させ、地盤の安定性を向上させる代表的な地下水排除対策である。一般的に、水抜きパイプによる挿入後の排水効果は、目標とする地下水位にまで低下しているか、または豪雨時に地下水位の上昇が抑制されているか、などに着目することで一定の成果を確認することができる。このように、地下水位の低下に着目した水抜きパイプによる実質的な効果が得られている一方で、降雨特性や地下水位の変動などの観測データにもとづく定量的な排水効果を評価できていない現状がある。また、挿入後に水抜きパイプの維持管理を実施していくうえで経年的な逐次評価を行い、目詰まりによる排水効果への影響などの維持管理指標を構築することが望まれる。

本稿では、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)による試験施工で得られた降雨量と地下水位の観測データに着目し、水抜きパイプによる排水効果の有効性評価について検証を行った。

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の有効性評価にあたっては、後述するように挿入前後における降雨特性の差異が大きかったため、実効雨量に着目し、図-1のフローに従って効果検証を行った。

実効雨量とは、それまでに降った雨が地中にどれ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による減少係数によって式2.1で示される。

$$R_G = R_0 + \alpha^1 \cdot R_1 + \alpha^2 \cdot R_2 + \dots + \alpha^n \cdot R_n \quad (2.1)$$

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

ここで、 n の日数は、 $\alpha^n = 0$ (現実的には 10^{-3} 程度以下)と判断される n 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)になる期間である半減期 T で表現できることから、式2.2より求めることができる。

$$\alpha = (0.5)^{1/T} \quad (2.2)$$

ここに、 T : 半減期(日)

3. 半減期による排水効果の検証

降雨量と地下水位の観測は、水抜きパイプ挿入前の約4ヶ月、挿入後の約5ヶ月の全体約9ヶ月の期間を対象とした。これらをもとに1日~10日の各半減期による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あわせて図-2に示した。まず地下水位に着目すると、水抜きパイプ挿入前は常時GL-4.5~-5m付近に地下水位が存在し、80mm程度の降雨により地下水位はGL-3.5m付近まで上昇していた。一方、水抜きパイプ挿入後は、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-3.3m付近で抑制されている。次に、挿入前後の同程度の降雨量をもって排水効果の対比を試みたところ、80mm程度の降雨に対して地下水位の上昇は定性的に抑制されていることは認められるが、特に挿入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。

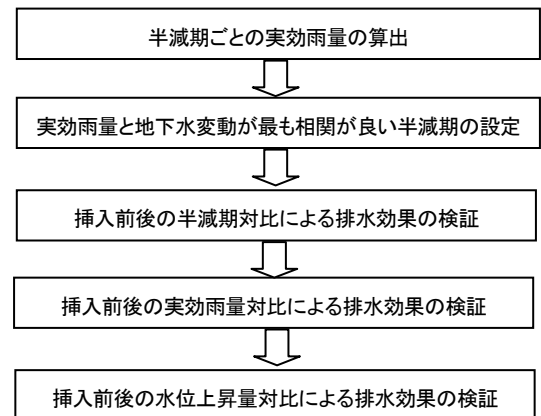


図-1 排水効果の検証フロー図

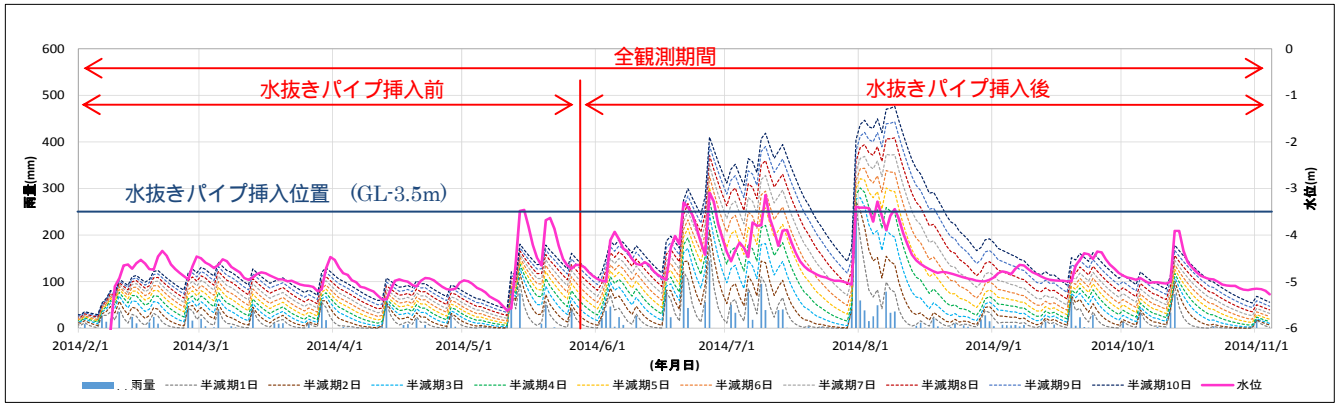


図 - 2 雨量と地下水位の観測データのとりまとめ

表 - 1 各半減期における地下水位の相関関係

半減期T	1日	2日	3日	4日	5日	6日	7日	8日	9日	10日
全観測期間の相関係数	0.586	0.735	0.791	0.811	0.813	0.807	0.795	0.782	0.767	0.752
施工前の相関係数	0.266	0.474	0.601	0.683	0.739	0.779	0.808	0.828	0.843	0.852
施工後の相関係数	0.714	0.861	0.904	0.908	0.894	0.873	0.849	0.823	0.797	0.771

そこで、それぞれの半減期により算出した実効雨量と地下水位の相関関係を算定し、その結果を表 - 1 および図 - 3 に示した。挿入前は半減期が10日の場合が最も相関が高かったのに対し（相関係数 0.852）、挿入後は半減期が4日の場合が最も相関が高くなった（相関係数 0.908）。このことから、挿入後は挿入前より排水効果の指標である半減期が6日短縮し、水抜きパイプによる排水効果の有効性が検証できた。

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かった半減期が5日の場合の実効雨量と地下水位との関係を、挿入前後に区分してそれぞれプロットした（図 - 4 参照）。挿入前は、150 mm程度の実効雨量が地下水位 GL-3.5m に達する限界であったが、挿入後は、その限界となる実効雨量は 250 mm を超過することとなり、耐降雨性の向上が検証できた。

このように、挿入前後の実効雨量と地下水位の近似直線を対比することにより、水抜きパイプによる排水効果の検証のみならず、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の活用が期待できる。

5. 水位上昇量による排水効果の検証

図 - 5 に示すように、半減期が5日の場合で、前日からの水位上昇量が 0.1m 以上、0.5m 以上および 1.0m 以上あるときの実効雨量を挿入前後に区分して算出した。ここで、算出にあたっては、コロンノカズルノ検定により有意性の検定を行った。この結果、挿入後はいずれの場合においても、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。具体的には、地下水位が 1.0m 以上上昇することを対象とした場合、挿入前後のその誘因となる実効雨量の差は 169mm となり、水抜きパイプによる排水効果と評価できる。

6. おわりに

降雨量と地下水位の観測データをもとに、半減期、実効雨量および水位上昇量により排水効果の検証を行った。その結果、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。今後は、これらの検証結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の活用を検討していきたい。

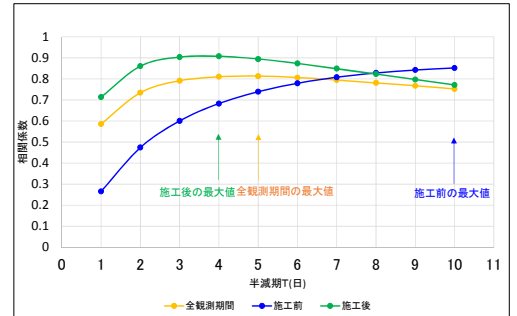


図 - 3 各期間における半減期と相関係数

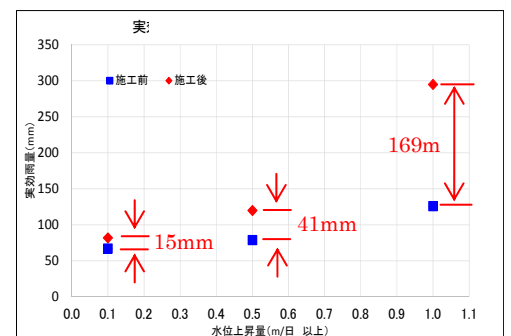
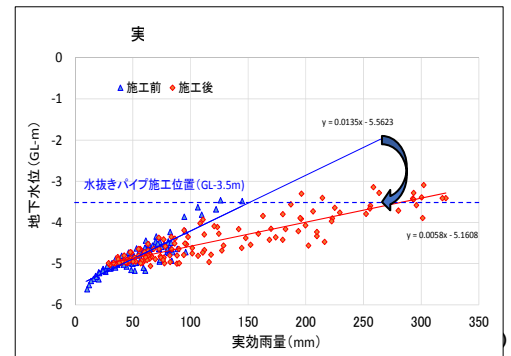


図 - 5 水位上昇量と実効雨量の関係