

<話題提供>

水抜きボーリング保孔管の室内比較実験と現場での適応性

北村晴夫 (株)アクア・コントロール

1. はじめに

地すべり地における地下水排除工の1つである水抜きボーリングの目的は、すべり面の間隙水圧を低下させ、地すべりの動きを抑制することである。ボーリングで掘削した孔には保孔管が挿入される。この保孔管には、①孔壁保護機能、②集水機能、③通水機能の3つの機能が求められる。従来使用されてきたストレーナ加工を施した塩化ビニール管は、掘削時に確認されていた湧水が、保孔管設置後に排水されないことがあるなど問題点が指摘されてきた。近年、管内カメラの観察結果では、一端保孔管に集水された水が途中で漏水していることが観察された。これらの問題を受け、関係者の間でそれぞれに工夫を凝らした保孔管が開発され使用されてきている。平成22年から25年にかけて(独)土木研究所と8社の共同研究で、これらの保孔管の室内比較試験を実施しその適用性を評価した。その成果は、「地すべり地における地下水排除ボーリング工の排水性能調査」共同研究報告書第453号、平成25年5月、としてまとめられた。当社では、MTパイプを開発し、多くの現場で使用してきた。いくつかの現場でMTパイプと従来の保孔管の比較のデータを集めてきた。本稿では、室内比較試験の結果と現場での適応性について報告する。

2. 室内比較試験

2.1 試験に用いた保孔管

試験に用いた保孔管は、従来の塩化ビニール管とSGP管以外に10種類、合計12種類の保孔管である。12種類の保孔管を集排水機構で分類し表-1に示す。

表-1 試験に用いた保孔管の集排水機構による分類

| 保孔管名 | 集排水機構 | | | ストレーナの開口率 | | | 分類名 |
|------------|-------|----|----|-----------|---|---|--------|
| | 全周 | 天端 | 特殊 | 大 | 中 | 小 | |
| 従来型VP管 | ○ | | | | | ○ | 全周集水型 |
| SGP管 | ○ | | | | | ○ | |
| ヒシパイプ斜孔管 | ○ | | | | ○ | | |
| サビレス管 | ○ | | | ○ | | | |
| 植毛暗渠パイプ | ○ | | | | | ○ | |
| プラグ式集水管 | ○ | | | | | ○ | |
| ロジオドレーン | ○ | | | ○ | | | |
| 波形ハイストローク管 | ○ | ○ | | | | ○ | |
| ミズデルン | ○ | ○ | | ○ | | | |
| ハーフパイプ | | ○ | | ○ | | | 天端集水型 |
| シュウスイ | | ○ | | | | ○ | |
| MTパイプ | | | ○ | | ○ | | 特殊集排水型 |

集排水機構としては、全周集水型、天端集水型、特殊集水型の 3 タイプに分類される。ストレーナの開口率は、大・中・小で区分した。

実験に使用した保孔管の種類と構造を写真と図で示す。

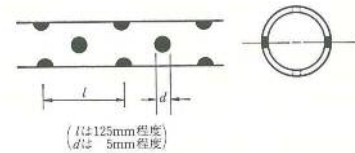
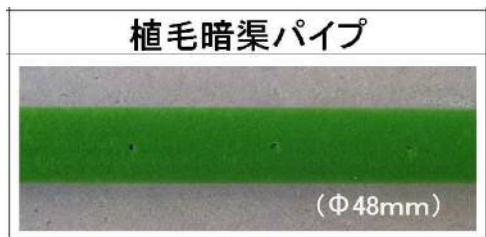
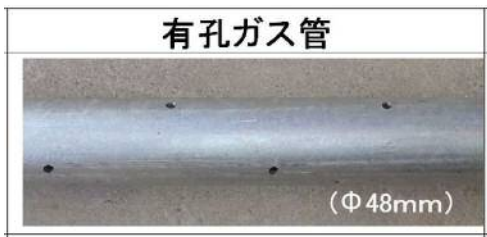
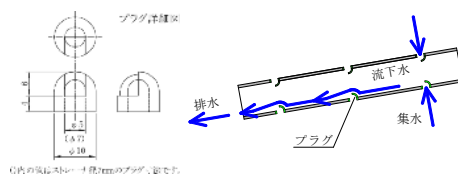
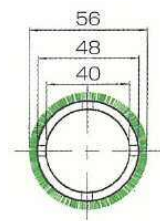
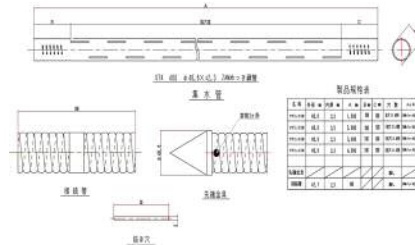


図 4-12 保孔管のストレーナの例



右側の図はストレーナ取付時のプラグ、図です。

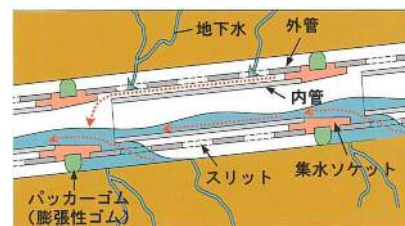
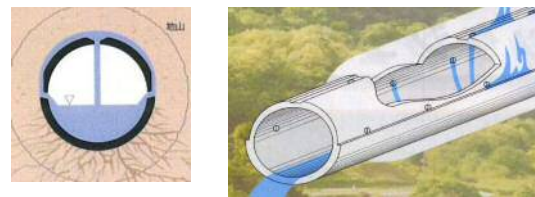
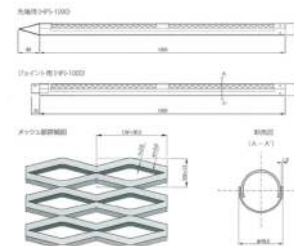
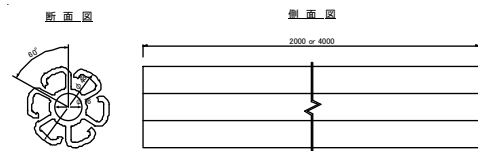


写真-1 試験に用いた保孔管

保孔管の機能は、図-1 の通り、①孔壁保護機能、②集水機能、③通水機能の 3 通りあるが、試験では②集水機能と③通水機能の 2 点について実施した。

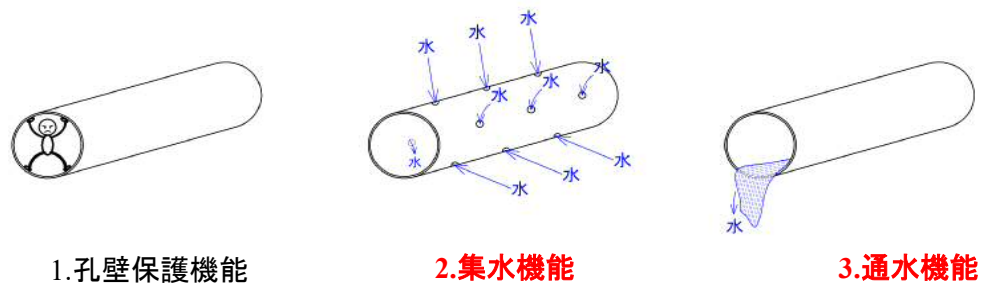


図-2 保孔管の機能

2.2 試験方法

試験装置は、写真-2 の通り、外形 94 mm、長さ 4m のアクリル管を疑似孔壁とし、単管パイプで組み立てた架台に 5 度の角度で設置した。このアクリル管の中に試験対象の保孔管を設置し、設置条件や水量などを変えて試験を実施した。

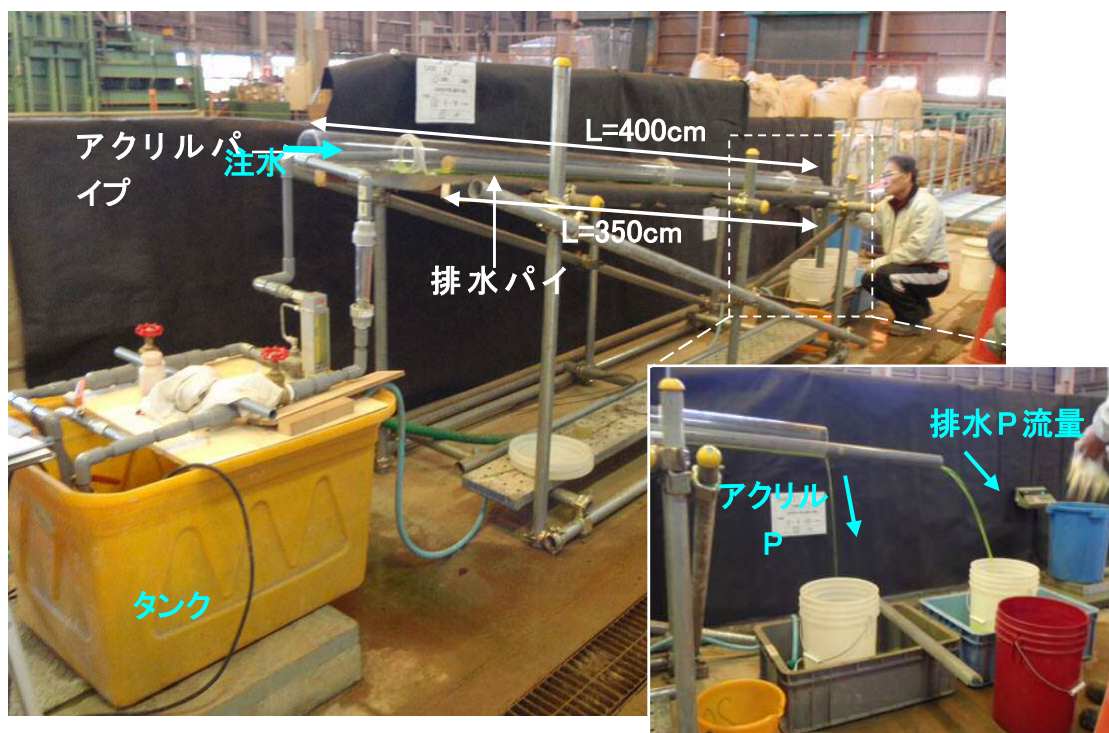


写真-2 試験装置

保孔管の機能のうち、集水機能と排水機能に分けて試験を実施した。

集水試験では、給水方法を孔底給水と天端集水と全周集水の 3 通りとしたが、ここでは実際の地すべり地の湧水状態に合わせて孔底給水についてのみ述べる。孔底からの給水量は、2・5・10 リットルの 3 通りとした。保孔管の設置方法は、図-3 のとおり、ストレーナを真

下(0度と表現する)にした場合と45度回した場合の2通りとした。

通水試験は、保孔管の中に直接給水し、保孔管長の4mを流下させ、通水量(漏れずに流れた水量)を計測した。給水量と保孔管設置方法は集水試験と同じとした。

表-3 試験の種類・目的・試験条件

| 試験名 | 試験目的 | 試験条件 | | | | |
|-------|------|---------|----------|----------|--------|----------|
| | | 擬似孔壁 | 給水方法 | 給水量(l/分) | 保孔管置き方 | 継手 |
| 試験I | 集水性能 | アクリルパイプ | 孔底給水 | 2・5・10 | 0°、45° | ネジorソケット |
| 試験III | | アクリルパイプ | 天端給水 | 2・5・10 | 0°、45° | ネジorソケット |
| 試験IV | | 飽和した砂地盤 | 全周給水 | | | |
| 試験II | 通水性能 | | 保孔管へ直接給水 | | | |

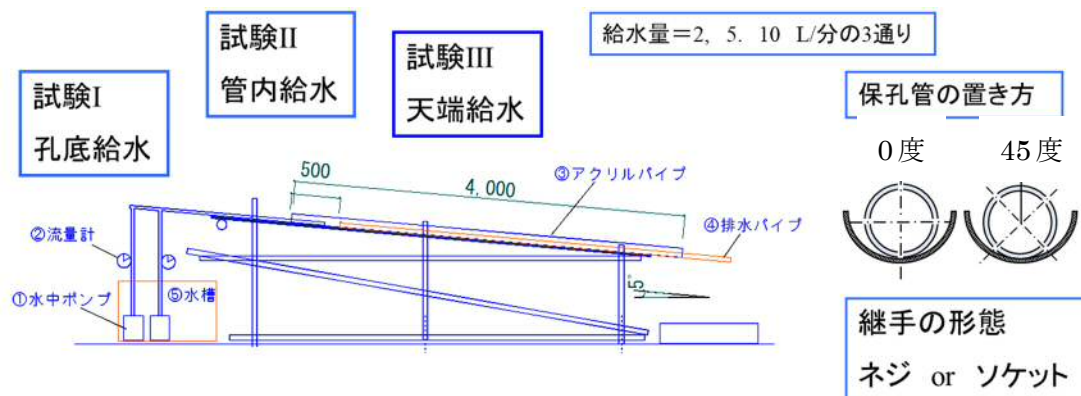


図-3 試験装置

2.3 室内試験結果

2.3.1 集水試験結果

集水試験結果は、図-4 に示した。全周集水型は、給水量に比例して集水率が増加する傾向がみられた。給水量の増加は孔壁断面で見ると水位上昇になり、ストレーナに水が入る量が増えるからである。保孔管設置パターンと継手方法で集水率が大きく変化した。保孔管設置パターンが0度の場合は孔のふさがりにより水が入りにくくなるが、45度になると孔底を流れる水が入りやすくなるからである。従来型VP管では45度は0度の倍の集水量となる。継手も集水量に大きな影響がある。ネジ継手は孔底に密着するが、ソケット継手ではソケットの肉厚分が孔底より浮き上がり、給水量が少ない場合はストレーナからの取り込みができにくくなる。ソケット継手の場合、給水量が5リットル以下では集水量が0で、10リットルで初めて集水が始まる。

全周集水型は、3種の給水量平均で0~58%である。天端集水型は、孔底が樋になっているので、孔底を流れる水はほとんど集水できない。一方、特殊集水型はパッカーで水を堰き止め上流側のストレーナからすべて取り込むので、集水率は100%である。

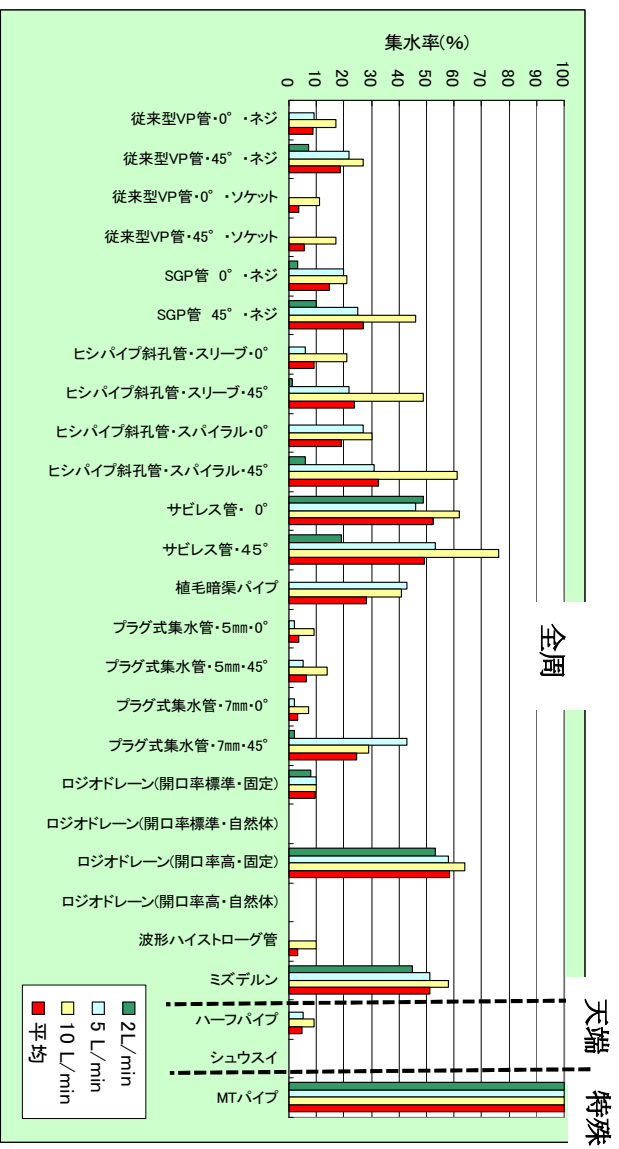


図-4 集水性能試験結果

2.3.2 通水試験結果

通水試験結果は図-5に示した。全周集水型では継手は通水試験結果に関係しなかったが、設置方法は通水率に大きな影響を与えた。ストレーナの位置が0度で給水量が2リットルと少ない場合は、真下のストレーナから水が漏れてしまう。45度の場合は、保孔管の下底が樋になるため、通水率が上がる。給水量が増加すると漏れの影響が少なくなる。また、給水量に比例して通水率が増加するものが多い。天端集水型は、下底が樋となっているので通水率が100%。特殊集水型も構造上通水率が100%となった。

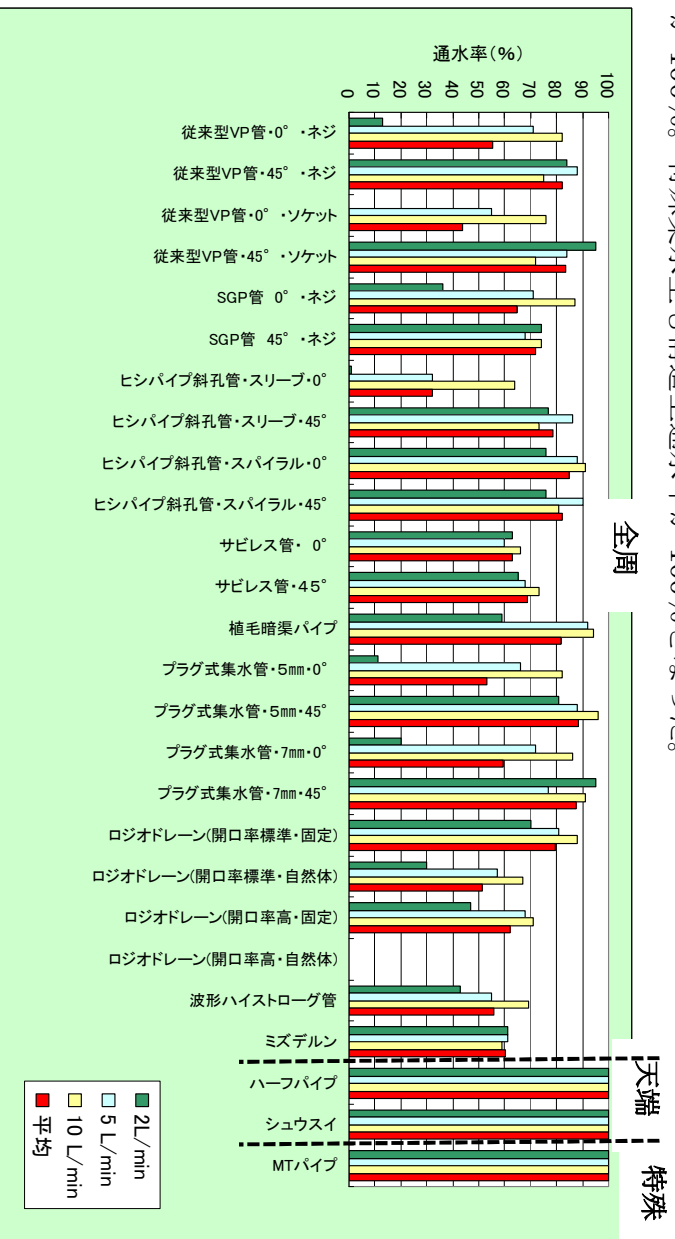


図-5 通水性能試験結果

2.3.3 保孔管の性能評価

集水率と通水率の散布図を図-6に示す。プロットは4つのグループに区分できる。①のグループは、全周集水型で開口率の高い保孔管である。開口率が高いため、集水率が高いが、逆に通水率が低くなる。(水が入りやすく漏れやすい保孔管) ②のグループは全周集水型で開口率が低い保孔管である。開口率が低いため、集水率が低い反面、通水率が高くなる。(水が入りにくく、漏れにくい保孔管) ③のグループは、天端集水型であり、集水率が低く、通水率が高い保孔管である。(水は入らないが漏れない保孔管) ④は特殊型保孔管であり、集水率も通水率も高い保孔管である。(水がすべて入り漏れない)

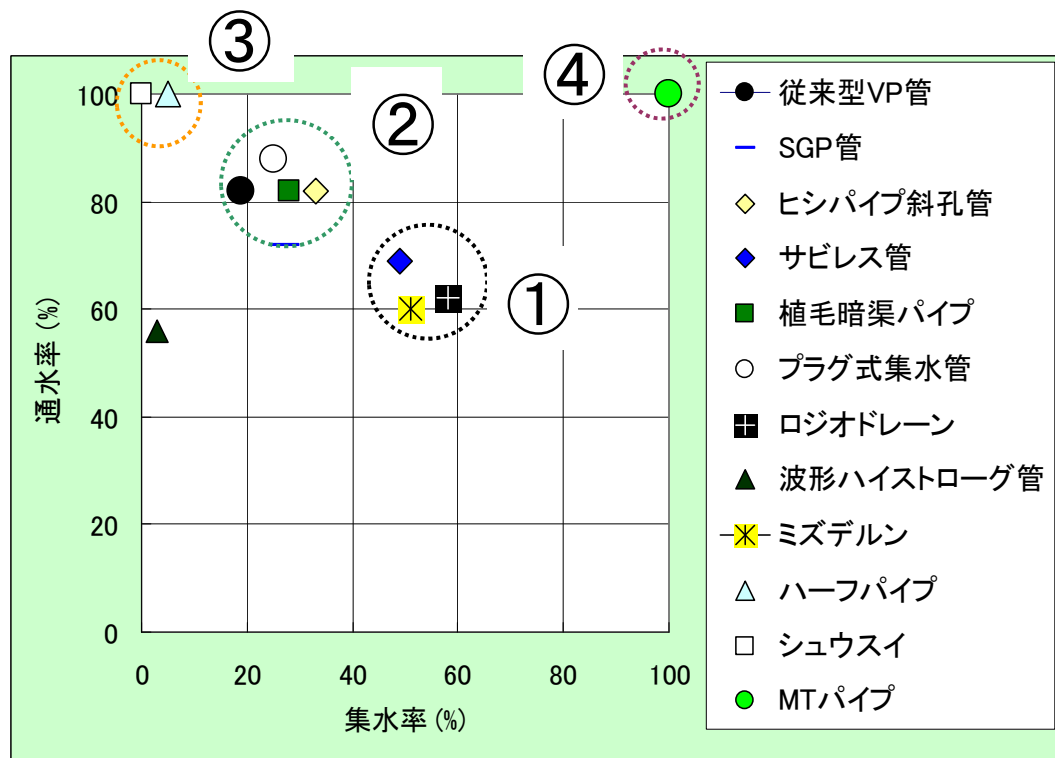


図-6 集水率と通水率の散布図

排水機能の評価方法として、排水効率という概念を考えた。

$$\text{排水効率} = \text{集水率} \times \text{通水率}$$

排水効率でグラフを作成し、図-7に示した。従来型の保孔管の15%を基準として、新しく開発された保孔管を評価してみる。ただし、ここで採用した排水効率は、いろいろな試験条件の中の最高値としているので、実際はもう少し低い値となる。

- ① 全周集水型は、一つの保孔管を除いて20%~37%で排水効率は従来のVP管より改善されている。
- ② 天端集水型は、地すべりの地下水湧水状況を反映した試験条件下では、従来管を下回った。
- ③ 特殊集水型は100%であった。

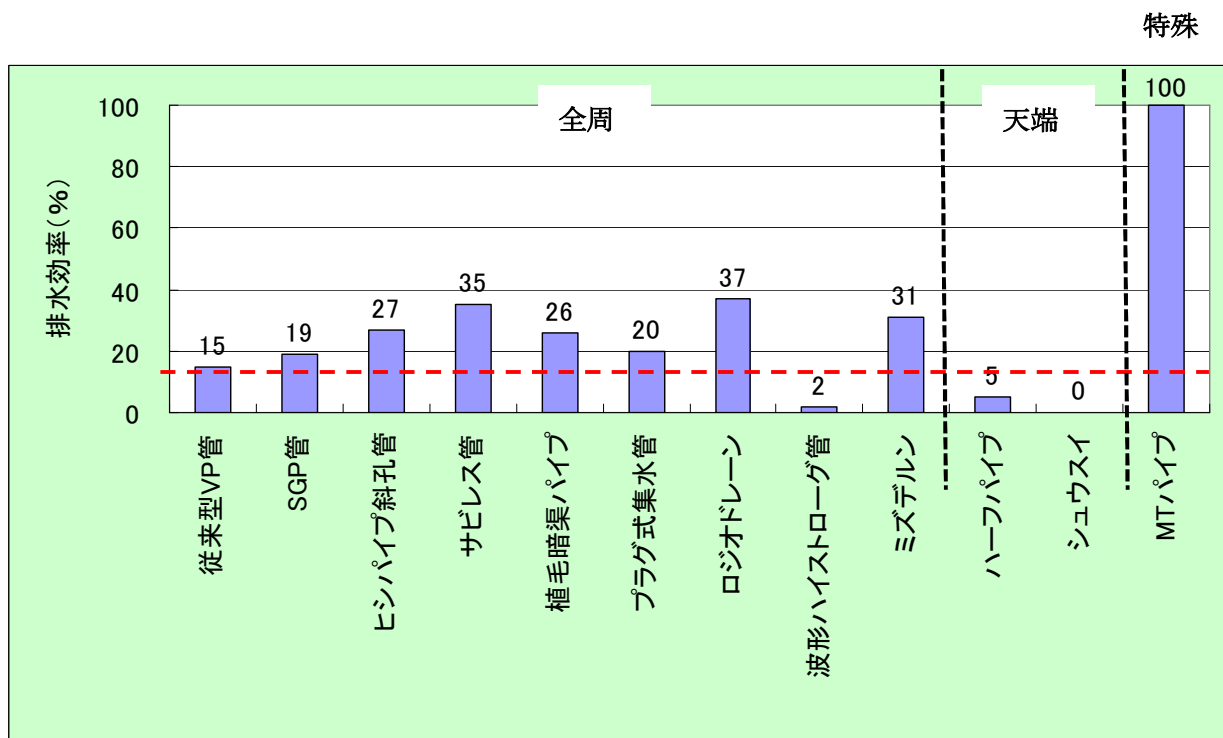


図-7 排水効率による保孔管の評価

3. 現場での排水性能比較

室内試験はあくまでも人為的な条件下での試験であり、現場では様々な要因が作用する。したがって、室内試験の結果がそのまま現場で通用するわけではない。

今回は、特殊型の MT パイプと従来型 VP 管での排水性能比較を実施した。

3.1 排水量の比較

排水量の比較を正確に行うには、同じボーリング孔であるのが望ましいが、一つの孔で保孔管を出し入れすることは技術的にむづかしい。そこで従来型 VP 管と MT パイプを交互に配置して、それぞれの合計湧水量を比較した。水抜きボーリングは水みちにあたるかどうかで排水量は違ってくる。したがって、比較する場合には、できるだけ多くのボーリング本数が必要である。今回は、6～10本の横ボーリング施工個所で試験を実施した。

試験個所は、三紀層で2か所と白亜紀の粘板岩1か所である。

試験の結果は、図-8、図-9、図-10に示した。図や写真で赤丸がMTパイプである。

三紀層では、MTパイプの排水量が従来のVP管に比べて3.2～8倍。白亜紀粘板岩では2.5倍となった。また、MTパイプはわずかな湧水量でも保孔管に取り込み排水することが明らかになった。



図-8 山口県油谷(三紀層)

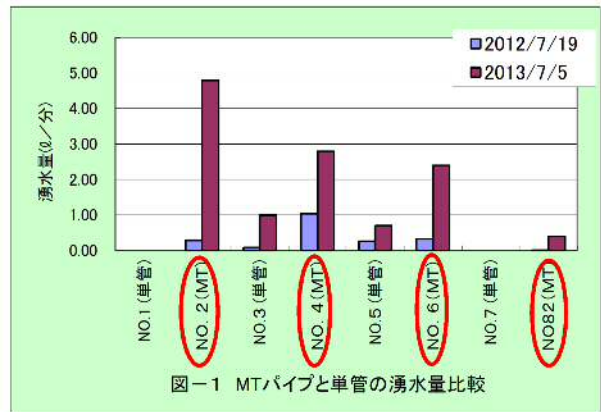
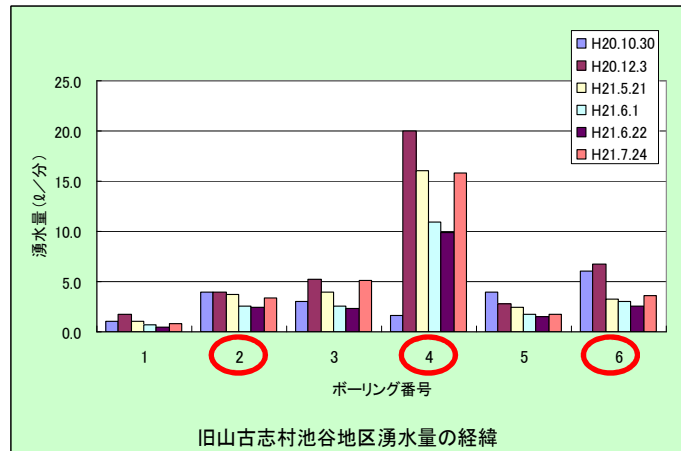


図-1 MTパイプと単管の湧水量比較



図-9 新潟県旧山古志(三紀層)



旧山古志村池谷地区湧水量の経緯

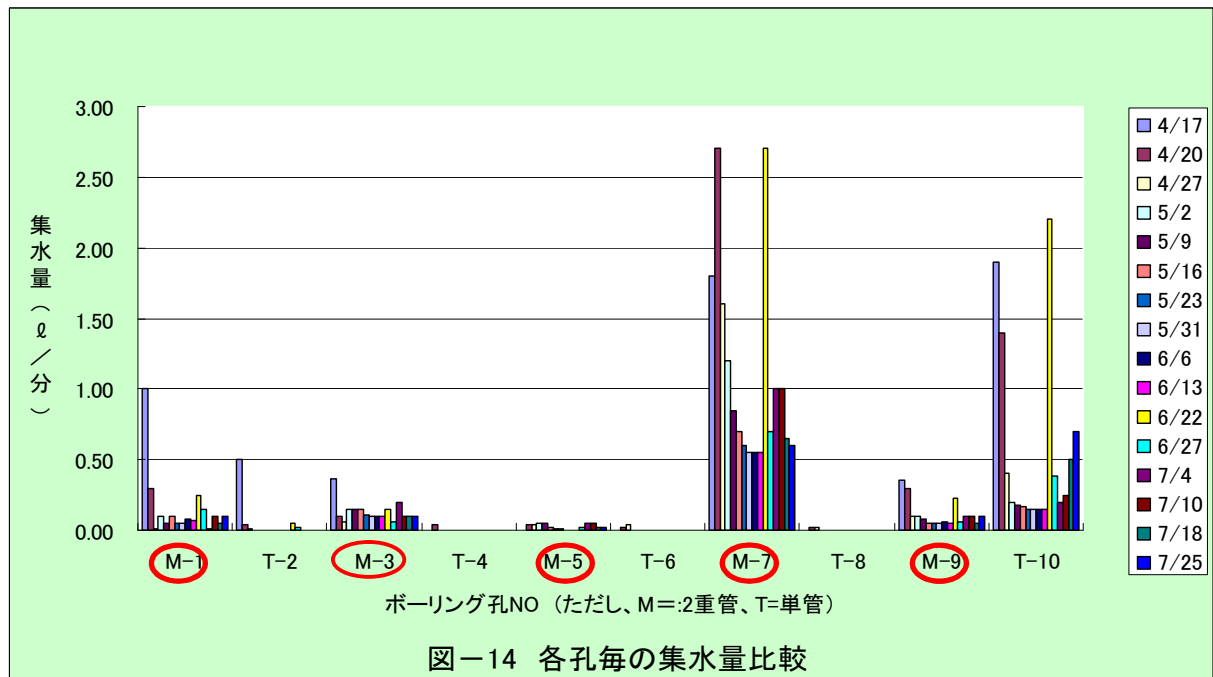


図-14 各孔毎の集水量比較

図-10 埼玉県滝沢ダム (白亜紀粘板岩)

3.2 MTパイプの地下水位低下効果の検証

山口県長門市油谷の三紀層地すべり地で地下水位低下効果を検証した。地すべりブロックは、幅30m、長さ50m、すべり面深度5mと小規模である。初年度に下段と中段で、2年後に上段の横ボーリングが実施された。下段と中段は従来型VP管で水抜きを実施したが、降雨時の水位は横ボーリング施工後も全く低下せず、ほぼ地表まで上昇した。2年後に上段をMTパイプで施工したところ、施工後の水位低下量は、すべり面までの観測井で1.85m、基盤を貫く観測井では2.96mと顕著に低下した。図-11・12及び表-4参照。

油谷半島の農林所轄地すべり地で過去のデータを整理したところ、地下水位低下量は横ボーリングでは1.5m、集水井では3m程度であった。過去のデータと比べると、地すべり層厚がわずか5mにしてはよく下がったほうだと思われる。

地下水位の低下量は、観測井が全孔ストレーナの場合が多いこと、観測井と水抜きボーリングの位置関係、年度ごとの降雨量や降雨パターンの違いなど、比較が容易ではない。

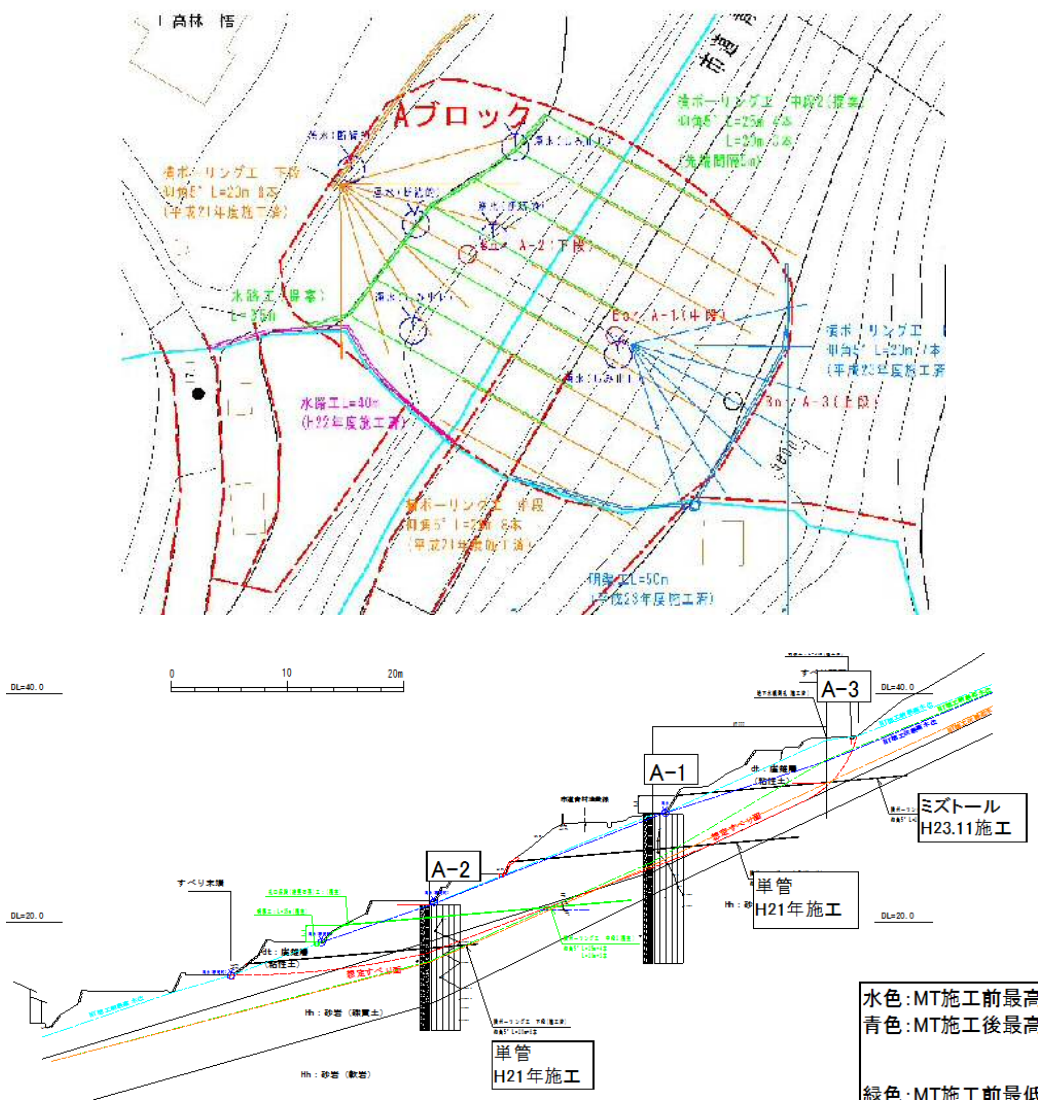


図-11 地すべり平面図及び断面図

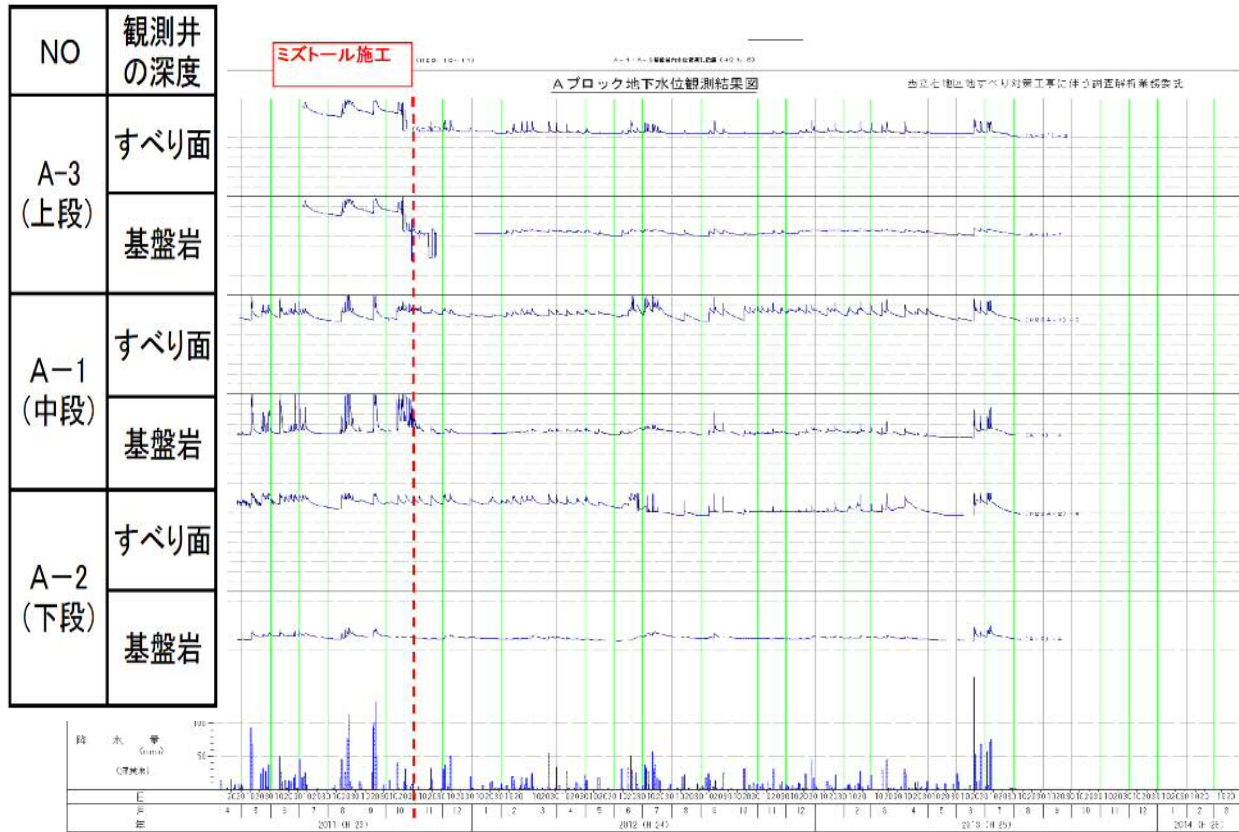


図-12 地下水位と降雨のグラフ

表-4 ミズツールと従来管の水位低下比較

| 観測孔の位置 | | 水位の種類 | MT施工前水位 (GL-m) | MT施工後水位 (GL-m) | 水位低下量 (m) | 効果 |
|--------|-----|-------|----------------|----------------|-----------|----|
| A-3 | 移動層 | 最高 | 0.20 | 2.05 | -1.85 | ◎ |
| | | 最低 | 1.89 | 3.55 | -1.66 | ◎ |
| | 基盤岩 | 最高 | 0.23 | 3.19 | -2.96 | ◎ |
| | | 最低 | 1.92 | 3.96 | -2.04 | ◎ |
| A-1 | 移動層 | 最高 | 0.00 | 0.25 | -0.25 | △ |
| | | 最低 | 2.65 | 2.67 | -0.02 | × |
| | 基盤岩 | 最高 | 0.00 | 0.75 | -0.75 | ○ |
| | | 最低 | 4.11 | 4.41 | -0.30 | △ |
| A-2 | 移動層 | 最高 | 0.00 | 0.03 | -0.03 | × |
| | | 最低 | 1.64 | 2.31 | -0.67 | ○ |
| | 基盤岩 | 最高 | 3.73 | 3.49 | 0.24 | × |
| | | 最低 | 4.92 | 5.01 | -0.09 | × |

注：MTはミズツール

4. まとめ

- ①全周集水型は、ストレーナの開口率が高いと集水率は上がるが、通水率が下がり、開口率が低いと集水率が下がり、通水率が上がる。どちらの場合も、排水効率(集水率×通水率)は高くなりにくい。
- ②天端集水型(下部が樋)は、孔底を流れる地下水を集水することができないため、地すべりの保孔管としては機能しにくい。
- ④ 特殊集水型のMTパイプは、室内実験では排水効率100%であり、現場でも排水量が従来管の2.5倍～8倍で、有効であることが確認できた。
- ⑤ MTパイプの地下水位低下効果については、1か所で顕著な水位低下が確認されたが、データが少ないので今後のデータ収集が必要である。

参考文献

土木研究所他、地すべり地における地下水排除ボーリング工の排水性能調査 共同研究報告書 整理番号 453号、2013.5