

4

線路下の地下水位を下げる小口径揚水井の斜め配置に関する開発

西村 知晃*1・栗栖 基彰*2・柳 博文*3

概 要

鉄道工事において、線間等の狭隘地で揚水井を設置する際、ディープウェルなどの大口径揚水井では大掛かりな設備が必要となる。また、一般的なウェルポイント工法では、揚水深さに限界があり、深い地層からの揚水ができないのが現状である。そこで、筆者らはこれまでに、揚水機構にエジェクターを用い、揚水井の小口径化や設備を軽減した小口径揚水井を開発している。今回、工法の適用範囲拡大を目指し、井戸配置に柔軟性を持たせるための斜め小口径揚水井の開発を行なった。

本報では、実施した要素試験および現場試験の結果について報告する。

キーワード：揚水井・ディープウェル・小口径・地下水位低下・ウェルポイント

DEVELOPMENT FOR OBLIQUE ARRANGEMENT OF A SMALL-DIAMETER PUMPING WELL TO LOWER GROUNDWATER LEVEL BENEATH RAILWAY TRACKS

Tomoaki NISHIMURA *1, Motoaki KURISU *2, Hirofumi YANAGI *3

Abstract

In railway construction work, building of deep wells and other large-diameter pump wells in narrow ground, such as between tracks, is a process that requires large-scale facilities. The ordinary well point method for dewatering has limitations in pumping depth, which make pumping of water from deep ground layers impossible. To solve these problems, the authors used an ejector in the pumping mechanism and are developing a small-diameter pumping well which reduces the scale of the necessary facilities. In this project, the authors developed an oblique pumping well, which will improve the flexibility of the well location, with the objective of expanding the application scope of the method.

This paper reports on the results of the element and field tests.

Keywords: pumping well, deep well, small diameter, groundwater level reduction, well point

*1 Under Ground Structure Group, Civil Engineering Technology Department, Civil Engineering Division

*2 Manager, Under Ground Structure Group, Civil Engineering Technology Department, Civil Engineering Division

*3 Manager, Foundation / Structure Group, Research and Development Center, Construction Technology General Center

線路下の地下水位を下げる小口径揚水井の斜め配置に関する開発

西村 知晃*1・栗栖 基彰*2・柳 博文*3

1. はじめに

鉄道工事において、線間等の狭隘地で揚水井を設置する際、ディープウェルなどの大口径揚水井では大掛かりな設備が必要となる。また、一般的なウェルポイント工法では、揚水深さに限界があり、深い地層からの揚水ができないのが現状である。そこで、筆者らはこれまでに、揚水機構にエジェクターを用い、揚水井の小口径化や設備を軽減した小口径揚水井を開発している¹⁾。今回、小口径揚水井の適用範囲拡大を目指し、井戸配置に柔軟性を持たせるための斜め小口径揚水井の技術開発を行なった。

本報では、実施した要素試験および現場試験の結果について報告する。

2. 小口径揚水井の揚水機構概要

一般に、ディープウェル工法は、負圧は作用せずに集水して地下水を排出するが、小口径揚水井は、図-1、図-2に示すように、ジェット流体を利用したベンチュリ効果（流体の流れを絞ることによって、流速を増加させ、圧力の

低い部分を発生させる現象）を作り出すエジェクターを揚水機構に採り入れ、井戸の小口径化や地下水の吸い込みに対してバキューム効果を図って揚水する。これにより、狭隘地での施工ならびにウェルポイント工法で揚水できない深度での強制排水を可能としている。

さらに、従来のディープウェルのように井戸内に設置した水中モーターポンプで揚水するのではなく、地上に設置した送水ポンプにより流体（水）を送り込むことで揚水するので、ポンプなどの設備のメンテナンスの軽減、トラブルの減少になる。

この工法の主な特徴を以下に示す。

- (1) 井戸内にポンプを設置する必要がなく井戸径を小さくできる。
- (2) 一般的なウェルポイント工法で揚水できない深度からの揚水が可能となる。
- (3) 井戸内に可動部を持たないため、駆動系のトラブルリスクが減り、メンテナンスが軽減できる。
- (4) 井戸の掘削径が小さく、線路内などの狭隘

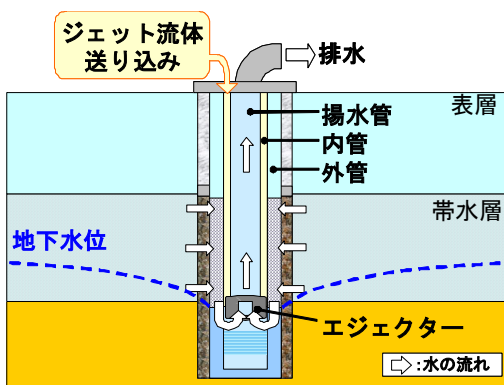


図-1 小口径揚水井の概要

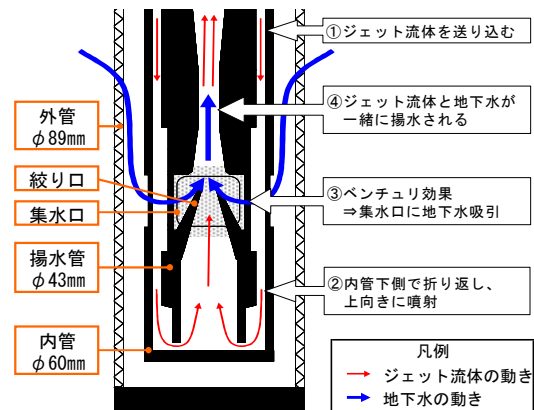


図-2 揚水機構概要（エジェクター部）

*1 土木本部 土木技術部 地下構造グループ

*2 土木本部 土木技術部 地下構造グループ グループリーダー

*3 建設技術総合センター 研究開発センター 基礎・構造グループ グループリーダー

地や空頭制限があるところでも施工が可能となる。

3. 斜め小口径揚水井の概要

小口径揚水井は、従来のディープウェル等の大口径揚水井と比較して施工機械が小さいため、地表面の建築物等が施工の障害となるリスクは小さい。しかしながら、アンダーパス工事などで揚水井を設置する場合は、地上の鉄道軌道敷内などの施工時間に制約を受ける場所での施工となることや、地中に埋設されているライフライン等が支障して井戸配置に制約を受けることが少なからず発生する。

これらの課題を解決するために、斜め小口径揚水井を開発した。小口径揚水井を斜めに設置した場合のイメージを図-3に示す。この図に示すように、揚水井を斜めにすることで、安全でかつ作業時間が多く取れる軌道敷外からの井戸施工が可能となる。また、ライフライン等の地中障害物の回避も容易となる。

斜め小口径揚水井は、揚水井を小口径かつ斜め方向としたことで、これまで使用していた珪砂をフィルター材と用いることが施工上困難となった。そこで、それに代わるものとして、写真-1、写真-2に示す、新光ナイロン(株)製ヘチマロン(マット型、厚さ1.5cm)と透水フィルター(TN30)をフィルター材として使用した。使用した透水フィルターは、ナイロン30デニールモノフィラメント糸による特殊経網(たてあみ)フィルターで、砂の2~3倍の透水性を有する。エジェクター部分に設置した透水フィルターの状況を写真-3に示す。

井戸を斜めにすることで井戸長が長くなること、およびフィルター材の変更が、揚水性能に与える影響を把握するため、試験を実施した。

4. 斜め小口径揚水井の要素試験

(1) 試験の概要

要素試験の概要を図-4に示す。要素試験は、小口径揚水井を斜め方向に設置したときの揚水

量の確認を、水槽を用いて簡易的に行なった。

具体的には、小口径揚水井のエジェクター部分を水槽内に設置してポンプからジェット流体を送り込み、送水量と排出量を流量計で計測して揚水量(=排出量-送水量)を求めた。

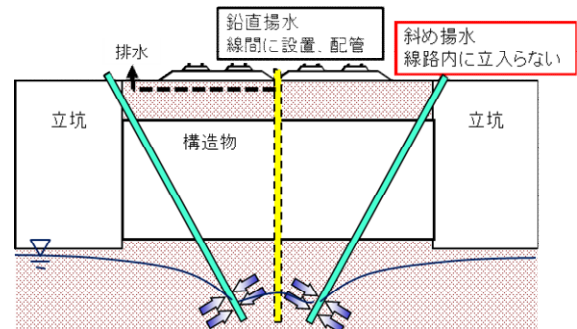


図-3 井戸配置のイメージ図

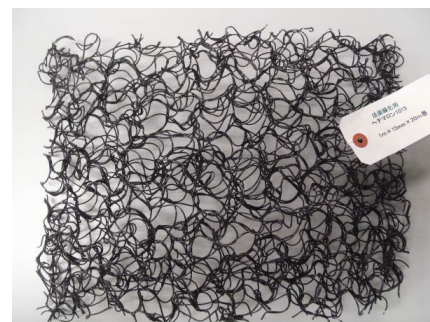


写真-1 ヘチマロン マット型



写真-2 透水フィルター



写真-3 フィルター材設置状況

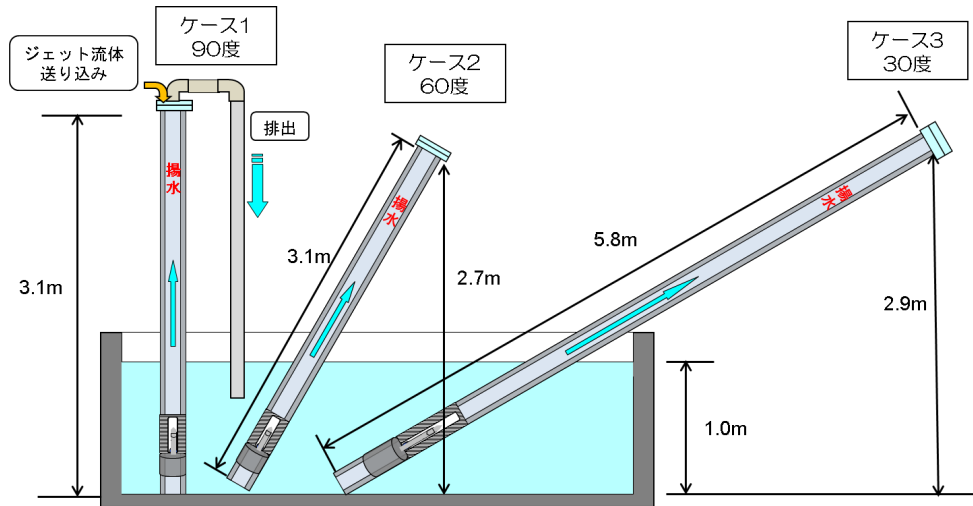


図-4 要素試験概要図

(2) 試験ケース

要素試験は、揚水井設置の角度をパラメータとして、表-1に示す5ケースを実施した。各ケースで送水圧 0.2~0.6MPa の揚水量を計測した。ケース5は、エジェクターまわりに透水フィルターを巻き付けたケースである。

(3) 試験の結果

それぞれのケースで送水圧を変えて、揚水量を計測した結果を図-5~図-9に示す。どのケースも送水圧 (0.15MPa 以上)、傾きに関係なく、ほぼ一定で最大の揚水量は 40L/min 前後の値となった。

表-1 要素試験ケース

ケース	傾き	管の長さ	備考
1	90度	3.1m	フィルターなし
2	60度	3.1m	フィルターなし
3	30度	5.8m	フィルターなし
4	30度	3.1m	フィルターなし
5	60度	3.1m	フィルター付

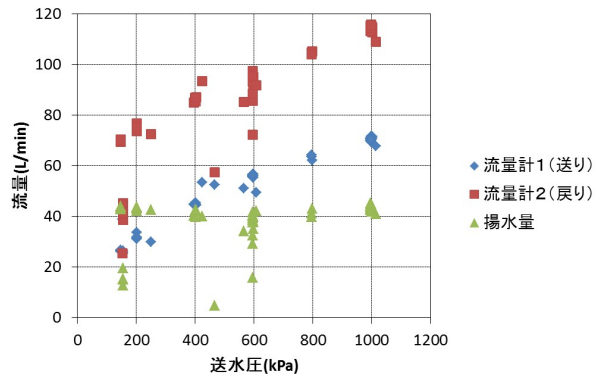


図-6 ケース2 (60度 3.1m)

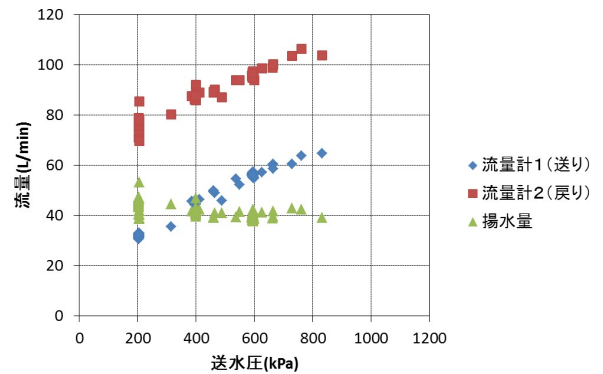


図-7 ケース3 (30度 5.8m)

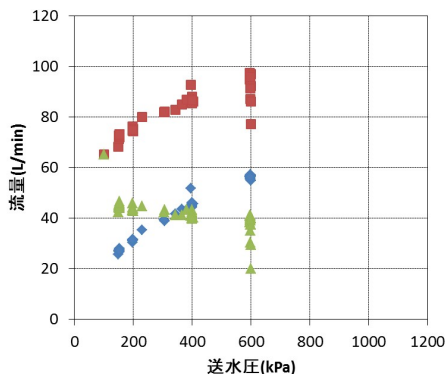


図-5 ケース1 (90度 3.1m)

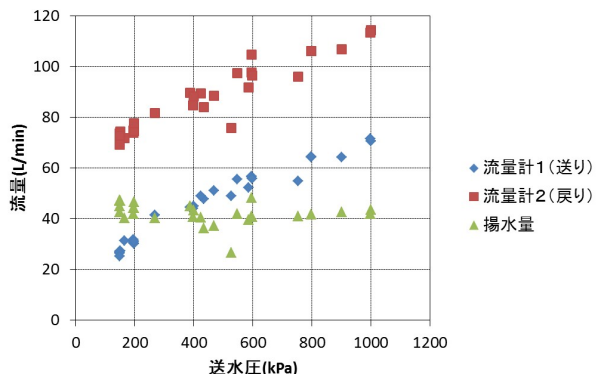


図-8 ケース4 (30度 3.1m)

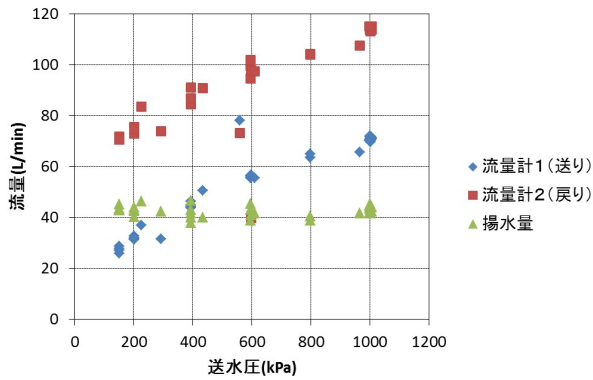


図-9 ケース5 (60度 3.1m)

5. 斜め小口径揚水井の現場揚水試験

(1) 試験の概要

実際の地盤において、角度を変えた小口径揚水井の揚水性能の比較と、鉛直方向の簡素化した揚水井構造と従来構造の揚水性能の比較を行った。試験概要図を図-10に示す。試験は、実地盤に小口径揚水井を設置し、送水ポンプによりジェット流体を送り、エジェクターを介して揚水管から地下水を汲み上げ、揚水量を確認した。揚水量は、要素試験の場合と同様に、送水量と排出量を計測し、その差(排出量-送水量)をもって表した。送水圧0.2~0.6MPaとしたときに、それぞれの揚水井の揚水量を計測した。

試験期間は1ケースあたり5日間とし、短時間で段階的に揚水し、適切な揚水量(送水圧)を選定して、おおよそ5日間を連続して揚水することにした。

推定地層構成図を図-11に示す。揚水は、Tog層(東京礫層)を対象とした。Tog層の透水係数は、既往の地質調査結果より、 $k=1.75 \times 10^{-4} \text{m/sec}$ 程度である。

(2) 試験ケース

試験は、揚水井設置の角度および井戸構造をパラメータとして、表-2に示す4ケースを実施した。各ケースで送水圧0.2~0.6MPaの揚水量を計測した。

(3) 井戸構造

ケース1の従来型井戸構造の構造図を図-12に示す。スクリーン管外側のフィルター材には、一般的な揚水井で使用される珪砂を採用した。

簡易型の井戸構造のうち、ケース3の構造図を図-13に示す。スクリーン管外側には、既述した透水フィルターとヘチマロンを取り付け、珪砂は使用していない。斜め配置のケース3とケース4は、スクリーン管中心の設置深さを鉛直のケース1、ケース2と同じになるように井戸長さを決定した。

(4) 短時間揚水試験結果

各ケースの送水圧をパラメータとした短時間

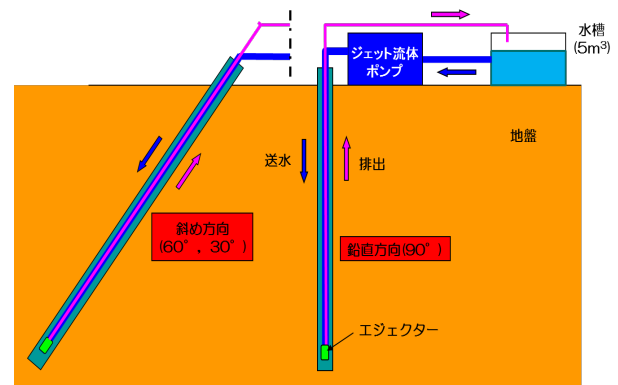


図-10 斜め方向揚水試験概要

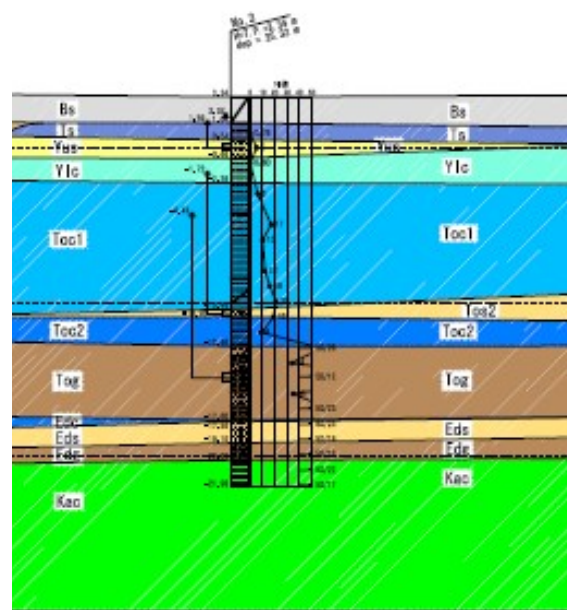


図-11 推定地層構成図

表-2 現場揚水試験ケース

ケース	角度	井戸構造	備考
1	90度	従来型	
2	90度	簡易化	
3	60度	簡易化	
4	30度	簡易化	

揚水試験の結果を図-14～図-17に示す。各ケースとも送水圧 0.4 から 0.5MPa で揚水量 60～70L/min で最大となり、要素試験のときと同様に、それ以上の送水圧にしても揚水量は増加

することはなく、各ケースで有意な差は確認されない。

(5) 5日間連続揚水試験結果

送水圧を0.5MPaとし、5日間連続揚水したケース4の試験結果を図-18に示す。この揚水期間における水位低下量は、1m程度であった。揚

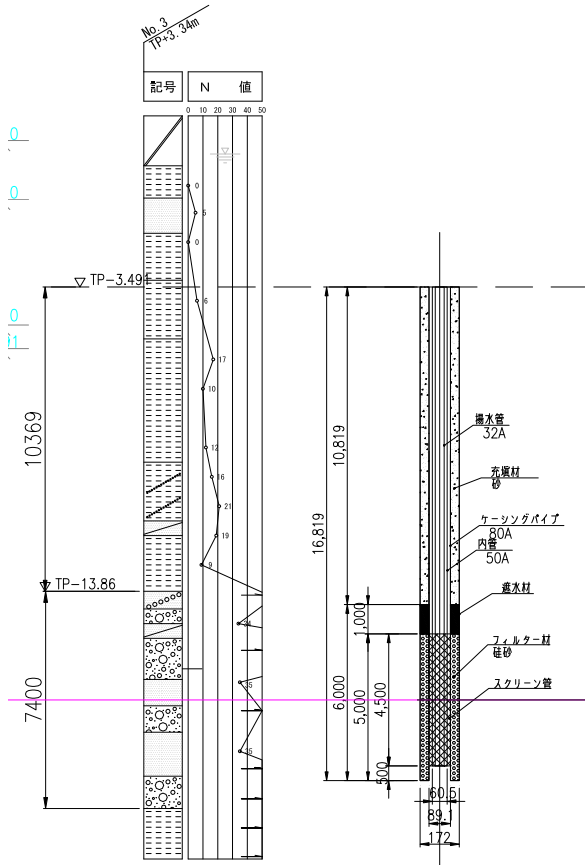


図-12 ケース1井戸構造図

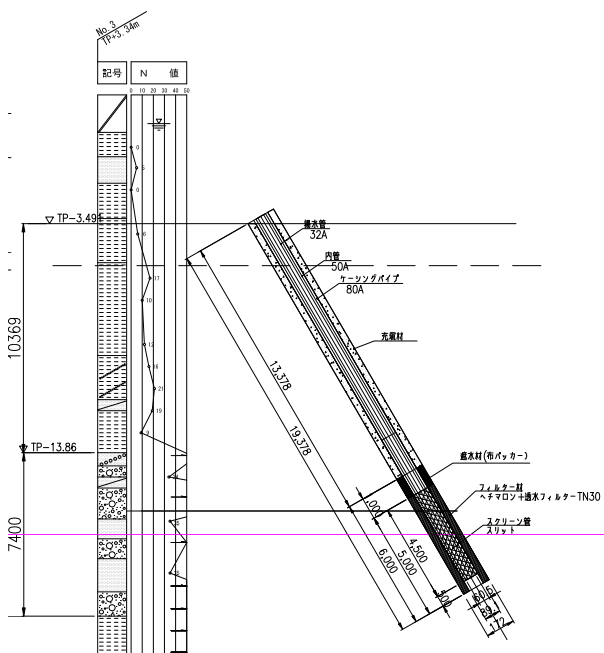


図-13 ケース3井戸構造図

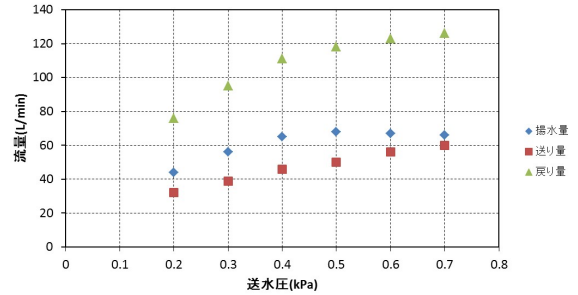


図-14 ケース1試験結果

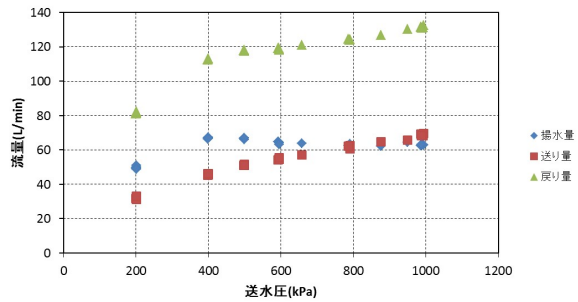


図-15 ケース2試験結果

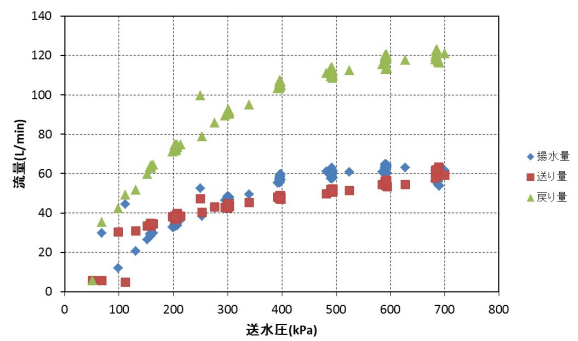


図-16 ケース3試験結果

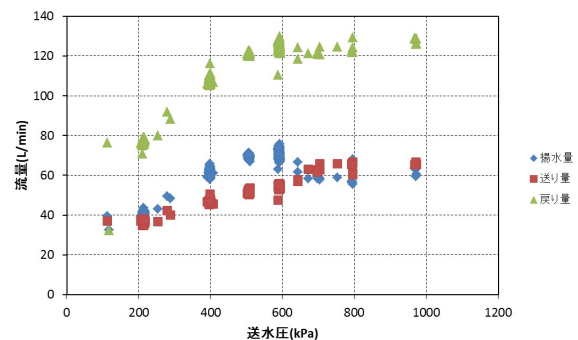


図-17 ケース4試験結果

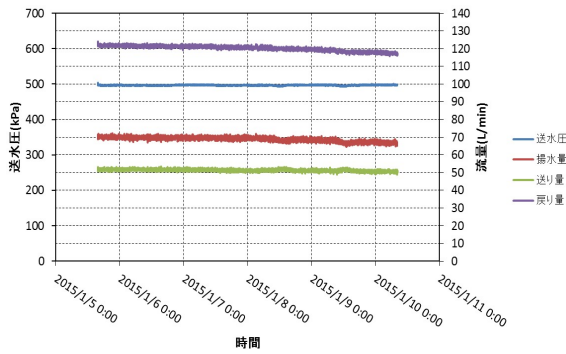


図-18 ケース4連続揚水結果

水量に若干の低下が確認されたが、他のケースの試験結果においても同様の傾向がみられたことから、水位低下の影響であると考えている。

6. まとめ

今回、4 ケースの現場揚水試験を行い、以下のことがわかった。

- ① 揚水能力について、60 度、30 度の斜め揚水を行ったが、通常の 90 度方向の揚水と同等の揚水ができ、また井戸構造を簡略化した揚水井においても従来型井戸構造の揚水井と同等の揚水が可能であることを確認した。
- ② 斜め方向の揚水井の施工は、グラウンドアンカー等の施工で用いるボーリングマシンを使用した。30 度の揚水井では井戸が長くなり、ケーシングの引き抜きが容易にはできなかったため、鉛直角が小さい場合には改善が必要である。
- ③ ジェット流体を送るポンプやエジェクターの選定を最適化するため、設計手法の確立が必要である。

参考文献

- 1)高橋保裕，桑原清，小池敏雄：小口径で経済的な揚水工法の開発，土木学会第 67 回年次学術講演会 6-374，pp.747-748，平成 24 年 9 月