

阿波市市場水源確保に伴う施設整備工事

新しい集水管敷設方法による新型ラジアルウェル

坂本 篤・伊藤 章寛・谷村 雅也

阿波市市場水源開発事業において、安全かつ安定的な取水を目指した新しい集水管敷設方法による新型ラジアルウェル（放射状集水井）を施工した。新工法は集水管を圧入と振動を繰り返すことで目詰りのしにくい集水管構造を実現するものである。この新工法によって、集水管周辺に粗粒子を配し、細粒分を除去することが可能となり、目詰りのしにくい安定的な取水施設が構築できるものと考えられる。

キーワード：水源開発，取水施設，放射状集水井，目詰り，ラジアルウェル

1. はじめに

わが国では、年間約 284 億 m^3 の都市用水を使用し、水道普及率は 97% を超えている¹⁾。一方、全国清涼飲料工業会がまとめている 1987 年からのミネラルウォーターの生産推移では、1987 年の生産量が約 50 (千 kL) であったのに対して、2010 年では約 2,100 (千 kL) となっており、ミネラルウォーターの消費量増大や家庭用浄水器の普及が進むなど、安全でおいしい水に対する関心が高まっている。近年では、水道事業体から水道水や水道水源の水が販売されており、水道水がおいしい水として徐々に認知されつつある。

水道水源は、地表水（河川水、湖沼水など）と地下水に大別され、地下水は不圧地下水および被圧地下水に分けられる。これらの水源から、できるだけ良質な原水を安定して取水することが重要となる。

水道事業は人間の根幹をなす水を供給することから、平常時には広域化等の合理的な水道事業によって安定供給を目指すことはいうまでもないが、大規模震災時に早急に復旧できることも極めて重要な課題のひとつである。大震災時には、ライフラインの復旧までの間、浅井戸によって生活水をまかなうことができたとの地域の意見がある。平成 23 年 3 月の東日本大震災から震災対策への関心が高まっていることから、小規模の浅井戸が注目されるものと予想される。

本稿では、吉野川水系の中流域に位置する阿波市市場町で建設された浅井戸のひとつである放射状集水井²⁾（ラジアルウェル）の新工法について報告する。

2. 吉野川水系の概要

吉野川は、その源を高知県吾川郡の瓶ヶ森（標高 1,896 m）に発し、四国山地に沿って東に流れ、北に向きを変えて四国山地を横断し、徳島県池田において再び東に向かい、岩津を経て徳島野に出て、大小の支川を合わせながら、第十地点で旧吉野川を分派し、紀伊水道に注ぐ、幹川流路延長 194 km、流域面積 3,750 km^2 の一級河川である。吉野川流域は、四国 4 県にまたがり四国全域の約 20% に相当する広さを持ち、四国における社会・経済・文化の基盤となっており、吉野川中流域に位置する阿波市においても地域住民の生活水のほとんどが吉野川水系の地下水によってまかなわれている。

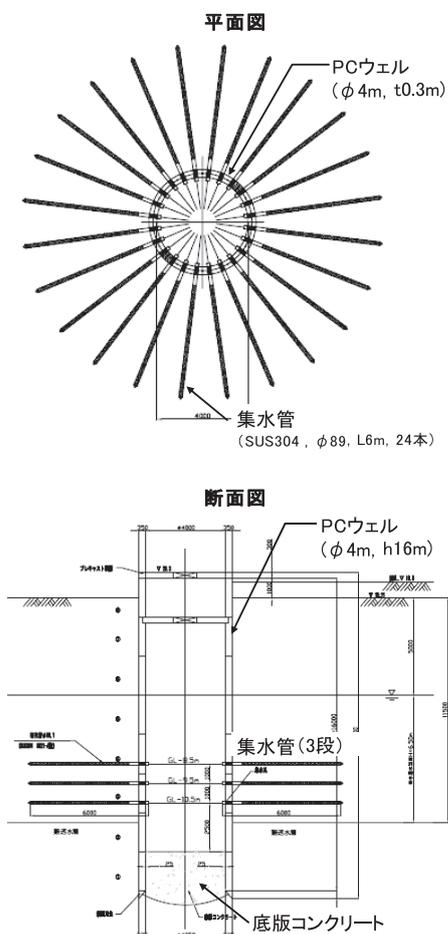
3. 阿波市市場水源開発の概要

阿波市の人口は 40,956 人であり 39,635 人の水道水を行政が給水（普及率 97%）している（平成 23 年 3 月現在）。阿波市の水源地は 347 m^3 /日～8,500 m^3 /日の 7 施設がある。このうち最も取水量が多い施設（8,500 m^3 /日）が老朽化しつつあり、水道施設の増強が必要であった。そこで、阿波市市場町に 8,500 (m^3 /日) 以上の取水施設を建設することが計画された。阿波市市場水源開発事業の概要を表 1 に示す。この水源開発事業は地下水から安定的な取水をすることを目的としており、取水施設には浅井戸のひとつであるラジアルウェルが採用された。

ラジアルウェルとは、井筒側壁から集水管を水平放射状に突き出し、この突き出した分だけ井戸半径を大きくし、大量取水に有利な構造としたものである。図 1

表一 阿波市市場水源開発事業の概要

項目	仕様
取水井築造工事 (ラジアルウエル)	
井筒構築PCウエル	φ4.0 m, L=16 m
水平集水管	L=6.0 m, 72本 (1段24本, 3段)
電気室築造工事	RC造, 2階建て, 56.1 m ²
水源地造成工事	393 m ²
門扉・門柱製作据え付け	h=1.2 m×6.0 m
ポンプ室・滅菌室・盤据付電気工事	電力用 通信 制御ケーブル等
紫外線滅菌設備工事	処理量8,500 m ³ /日
紫外線滅菌室築造工事	S造, 1階建て, 73.4m ²
取水ポンプ設備工事	φ125, 2.0 m ³ /min, 29 m, 18.5 kW ×3台
旧水源地導水管布設工事	φ300DCIP(NS)×108.9 m
新水源地導水管布設工事	φ300DCIP(NS)×19.2 m



図一 ラジアルウエルの概要図

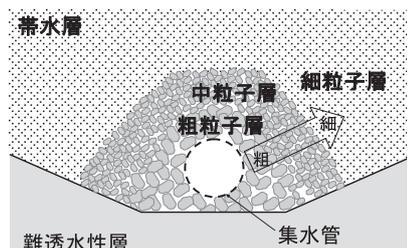
に本事業のラジアルウエルの構造を示す。本事業におけるラジアルウエルの構造は、井筒にPCウエル（内径φ4m、長さ16m）による立坑を構築し、底部に底版コンクリートを打設し、水平放射状に長さ6mの集水管を72本（1段24本、3段）設置することとした。現在は、ラジアルウエルの施工が完了し、浄水施設の建設を行っている。

4. 浅井戸の課題

浅井戸は不圧地下水を取水する井戸で、大別すると井筒式（不完全貫入井）、井筒式（完全貫入井）およびラジアルウエルにわけられる。このうち、不完全貫入井は小規模取水に用いられ、完全貫入井およびラジアルウエルは小規模から中規模取水に用いられる。これらの浅井戸に共通した課題は、安定した取水をいかに長期間にわたって維持できるかである。

取水量の低下の要因のひとつとして目詰りがあげられる。目詰り対策としてスクリーンを目詰りにくい構造とすることが重要となるが、ロックフィルダムのドレーン材、廃棄物処分場の集排水管および一部の集水埋渠に代表されるように、周辺地盤の土層構成によって目詰りを防止する方法もある。この対策手法は、集水管周辺に粗い土粒子を敷設し、徐々に細かい土粒子を配することである（図一2）。しかしながら、この手法は水のない状態かつ地表面で施工するときの手法であり、土中での施工が一般的であるこれまでの井戸では採用されていない。開削することで施工することも可能ではあるが、帯水層を損傷する可能性があることや事業費が極めて高くなるため現実的ではない。

そのため、井戸においてスクリーン周辺に粗粒子を配する手法を確立する必要がある。



図一2 集水管構造の例

5. ラジアルウェルの施工

(1) 井筒（立坑）の施工

新工法における井筒の施工方法は、一般のラジアルウェルと同様である。阿波市水源開発では、工期の短縮化のためにPCウェル工法³⁾を採用した。

PCウェル（井筒）の施工フローを図-3に示し、施工状況を写真-1に示す。沈下装置は、圧入反力体としての反力アンカーと圧入桁（鋼製H型鋼を加工したもの）、圧入ジャッキ（120t×4台）を結合したものを使用した。

構造物構築におけるPC鋼材の緊張は、PCウェルに所定のプレストレスを導入する作業で、PCウェル工法の根幹をなす作業である。ブロック毎に連結されたPC鋼棒をPCウェル緊張ジャッキでポストテンション方式により緊張応力を導入した。

PCウェルの沈設・掘削は、掘削中に中断なくPCブロックに圧力を加えるものとし、PCウェルの圧入を先行した。正常に沈下しているときは4台のジャッキに均等な圧力をかけ、PCウェルに傾斜の兆候が現

れた場合には、各ジャッキの圧力を調整し、傾斜の修正を行った。

(2) 集水管設置の施工

一般的な集水管の施工方法はボーリングマシンで打撃、回転、フィードを併用した二重管掘削を行い、掘削後に内管を引き抜き、多孔を有する集水管に置き換え、最後に外管を引き抜くという順序で施工している（以降「二重管式施工」と称す）。

前述のように集水管周辺の土層構成は粗粒子層から細粒子層に徐々に細くなる構造とするのがよい。二重管式施工は、土中に木片などの障害物があっても削孔が可能であるなどの利点も多いが、集水管周辺の土層構成は元々の土層構成が維持されるもしくは若干乱れた状態となる。そこで、本サイトの集水管設置は集水管に粗粒子を配することを目的に、圧入と振動による水平ボーリング工法（以降「圧入振動式施工」と称す）にて施工した。

圧入振動式施工の施工フローを図-4に示し、施工状況を写真-2に示し、圧入振動式施工の概要を図-5～7に示す。

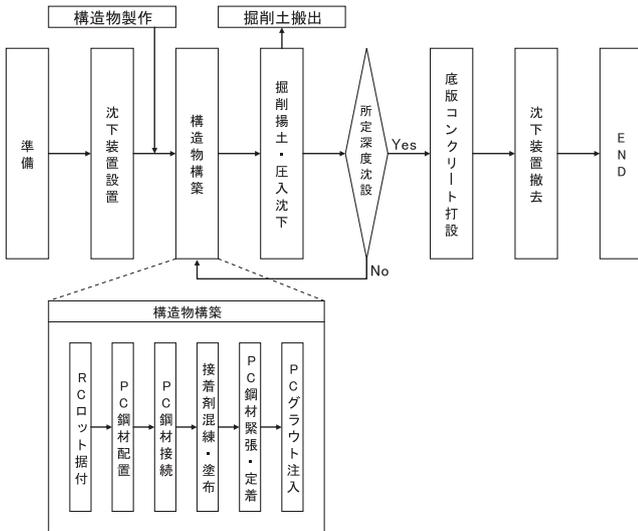


図-3 PCウェル工法の施工フロー



写真-1 PCウェルの施工状況写真

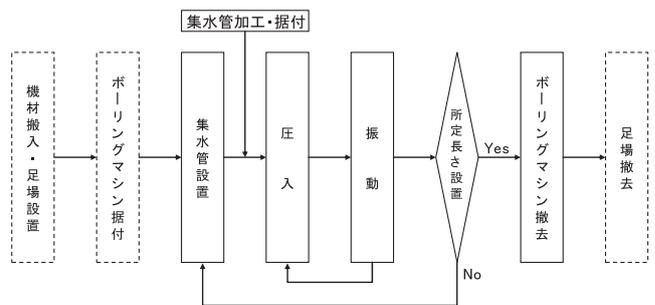


図-4 圧入振動式施工の施工フロー

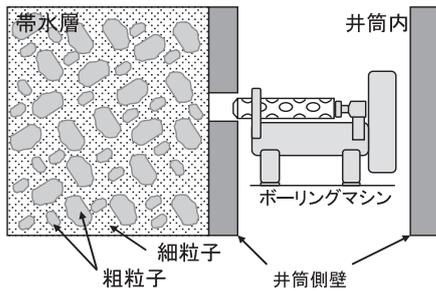


写真-2 圧入振動式施工の施工状況写真

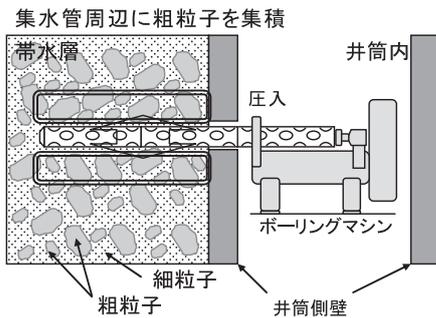
水管周辺に押しつける。これによって、集水管周辺には粗粒子と細粒子が密な状態になる（図—6）。

次に、集水管に振動を加える。振動によって集水管の周辺の土から集水管孔の孔径以下の細粒子を多孔集水管内に導かれる。これによって、多孔集水管の周辺には集水管の孔径以上の粗粒子が多く存在した状態になるものと考えられる（図—7）。

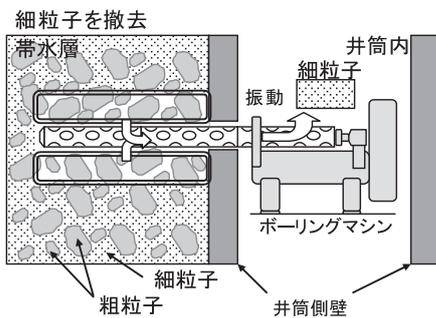
この圧入と振動を繰り返すもしくは同時に行うことで、多孔集水管および周辺の土層構成を、高い取水能力かつ目詰りが起こりにくい構造に形成できるものと考えられる。



図—5 圧入振動式施工の概要（ボーリング据付）



図—6 圧入振動式施工の概要（圧入）



図—7 圧入振動式施工の概要（振動）

6. 新ラジアルウェルの確認試験

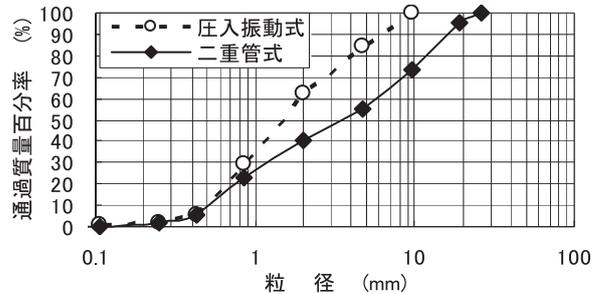
(1) 粒度試験

粗粒子を集水管周辺に配しつつ細粒子を排除できたことを確認するため、振動時に集水管内から流出する土砂を採取し、粒土試験を実施した。また、比較のため

めに二重管式施工の削孔時に流出する土砂を採取し、粒土試験を実施した。

粒土試験結果を図—8に、圧入振動式の採取試料を写真—3に、二重管式施工の採取試料を写真—4に示す。圧入振動方式は二重管式施工に比べて管内より排除される土砂が細かいことがわかる。最大粒径は、圧入振動方式が9.5 mm、二重管式施工が26.5 mmとなっている。なお、圧入振動式施工の4.75 mmふるい残留試料は4.75 mmをわずかに超えた程度の粒子がほとんどであった。また、二重管式施工の試料には破砕片が散見された。圧入振動式施工における管内から排除された試料が二重管式施工における管内から排除された土砂に対して細かいことから、粗粒子を集水管周辺に配し、細粒子が取り除かれたものと考えられる。

以上のことから、圧入振動式施工は二重管式施工に対して集水管周辺の土層構成を目詰りにくい構造と



図—8 粒度試験結果



写真—3 採取試料（圧入振動式施工）



写真—4 採取試料（二重管式施工）

することが可能であると判断できる。

(2) 流量試験

一般に土の乱れは土粒子の再配列および移動を引き起こし、集水孔での目詰りや土中で細粒分の薄層を形成することなどから透水性が低くなるといわれている⁴⁾。そのため、井戸の構築時には周辺土層を乱さないように慎重な施工が求められる。圧入振動式施工は積極的に土を乱して細粒子を排除するため、目詰りが起こりにくいものと考えられる。しかしながら、集水管の振動による目詰りについての研究はほとんどなされていない。

ここでは、圧入振動式施工および二重管式施工における施工直後の単一集水管からの流量を計測することで、圧入振動式施工の振動時に二重管式施工に対して過剰な目詰りが生じないことを確認した。流量試験は、集水管口に配管を繋いで流出位置を井戸周辺の地下水位に対して1 m, 2 m, 3 m 低い位置としたときの流量を三角堰にて計測することとした。

流量試験結果を図-9に示す。圧入振動式施工と二重管式施工の流量はほとんど変わらない。集水管周辺の透水性の低下がみられないことから、振動による過剰な目詰りは生じないものと判断できる。

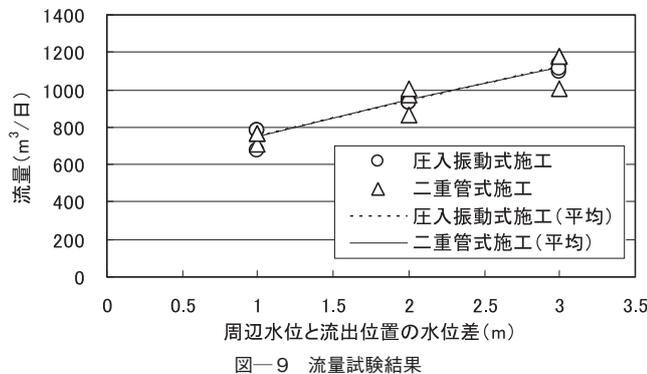


図-9 流量試験結果

(3) ラジアルウェル竣工時揚水試験

ラジアルウェルの竣工後、井戸の性能確認のために揚水試験を実施した。

揚水試験結果を図-10に示す。目標揚水量である10,000 m³/日の1.5倍以上の揚水量において変曲点は認められず、限界揚水量を求めることはできないが、少なくとも目標揚水量以上の井戸が構築できたことがわかった。また、帯水層厚さの1/3まで水位が下降したときの揚水量を推定すると渇水期に約15,000 m³/日程度の揚水量が見込まれ、豊水期には約18,000 m³/日の揚水量が見込まれた。管内流速の観点から長期的な揚水量を推定すると約14,000 m³/日の揚水量

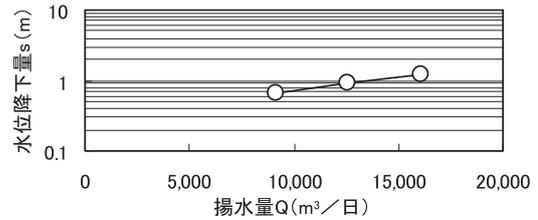


図-10 揚水試験結果

が見込まれた。これらの検討結果における最小の揚水量が約14,000 m³/日であることから、目標揚水量10,000 m³/日を安定的に取水することができるものと考えられる。

7. おわりに

阿波市市場水源開発事業にて集水管の目詰り抑制を目的に新型ラジアルウェル工法を施工した。試験結果から、集水管周辺に粗粒子を配し、細粒分を除去できることが確認された。また、ラジアルウェル竣工時の揚水試験結果および数種の水理解析結果における最小の揚水量は約14,000 m³/日であった。このことから、目標とした10,000 m³/日以上井戸を構築できたものと判断される。以上のことから、維持管理が容易で安定的な取水施設が構築できたものと考えられる。

JICMA

《参考文献》

- 1) 厚生労働省：水道の基本統計
- 2) (財)日本水道協会：水道施設設計指針, 2000
- 3) PCウェル工法研究会：PCウェル工法 設計・施工マニュアル, 2005
- 4) 西垣誠監修：地下構造物と地下水環境, 2002

【筆者紹介】



坂本 篤 (さかもと あつし)
日本国土開発㈱
土木統轄本部 技術部
主任



伊藤 章寛 (いとう あきひろ)
日本国土開発㈱
大阪支店土木部 阿波作業所
所長



谷村 雅也 (たにむら まさや)
日本国土開発㈱
大阪支店 阿波作業所
工務主任