

解説

# 初期掘進や到達時の出水を防止し地盤を安定させる スーパーウェルポイント工法

おざき てつじ  
尾崎 哲二

スーパーウェルポイント協会  
東京支部  
(株)アサヒテクノ  
東京支社

## 1 はじめに

推進工事の補助工法のひとつに地下水位低下工法がある。主に発進・到達立坑の構築、初期掘進時・到達時の出水防止や地盤安定のために利用される。今回、そのひとつであるスーパーウェルポイント工法（以下、SWP工法）を取り上げる。

本工法は開発（特許出願1998年）から25年が経過し、現在（2023年3月末）まで国内外の412箇所の現場で採用されてきた。掘削工事（根切り工事）に伴う地下水位低下工事（盤ぶくれ対策、ドライワーク対策含む）に実績が多いが、軟弱地盤の圧密促進対策、地すべり防止対策、トンネル坑口安定対策などでも実績を重ねている。

本稿ではSWP工法について、他の地下水位低下工法と比較しながら井戸構造や集水の仕組みを紹介し、その特長を述べる。またシールド工事の発進時、到達時における立坑近接部の排水対策について事例を踏まえた利用方法を紹介する。

## 2 地下水位低下工法

地下水位低下工法は表-1に示すように「重力排水工法」と「強制排水工法」に分けられる<sup>1)</sup>。しかし排水原理は同じであって、地盤に井戸を設け、井戸内の

水位を下げることにより周辺の地下水を井戸に集め、揚水する仕組みである。この結果、周辺の地下水位が低下する。

井戸は集水と揚水の機能に分けて考えることができる。表-1の分類は集水に着目したもので集水に重力を使う工法が釜場工法、ディープウェル工法（以下、DW工法）の「重力排水工法」である。

表-1 地下水位低下工法

排水方法	工法名
重力排水工法	釜場工法、ディープウェル工法
強制排水工法	ウェルポイント工法、バキュームディープウェル工法、SWP工法など

一方、集水において重力に加え真空ポンプによる負圧を使う工法がウェルポイント工法（以下、WP工法）、バキュームディープウェル工法（以下、VDW工法）、SWP工法などの「強制排水工法」である。「強制」という言葉が使われるが、この工法においても重力を利用する。揚水においてはWP工法が唯一負圧のみを利用するが、他の工法では水中ポンプを利用する。

地下水はピエゾ水頭（ポテンシャル）の大きい方から小さい方に向かって流れる。ピエゾ水頭は位置水頭（ある基準面から対象とする点までの水柱の高さ）と圧力水頭（対象とする点での圧力の大きさを表す水柱の高さ）の和で表される。その流速はピエゾ水頭の勾配（動水

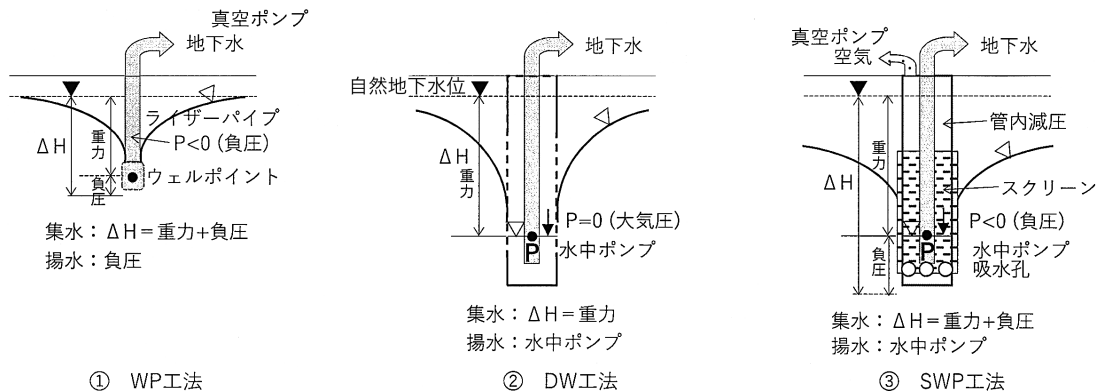


図-1 地下水位低下工法

勾配)と透水係数の積によって近似できる(ダルシーの法則)。井戸の重要な機能は集水であり、集水力は透水係数が一定ならば動水勾配によって決まる。

図-1にWP工法、DW工法およびSWP工法の模式図を示す。図-1に示す $\Delta H$ は周辺と井戸内の地下水のピエゾ水頭の差であり、このうち位置水頭の差を重力として、圧力水頭の差を圧力(負圧)として表している。以下に上記の3工法の集水・揚水の仕組みを示す。

- ① WP工法では真空ポンプでライザーパイプを吸引して負圧を生じさせるため下端のウェルポイントから地下水が上昇する(排水する)。このときライザーパイプ内には水柱ができるが、負圧の効果によりウェルポイント先端部の圧力水頭は周辺地下水より低くなる(ピエゾ水頭が低下する)。その結果、周辺から地下水が集まる。
  - ② DW工法では井戸内の水位を下げることで(水中ポンプによって揚水)井戸内の地下水には圧力水頭の低下高に応じたピエゾ水頭が低下する。その結果、周辺地下水との間にピエゾ水頭の差が生じ地下水が集まる。集まる地下水は水中ポンプで揚水する。釜場工法は浅いDW工法と考えてよい。
  - ③ SWP工法では井戸内の水位を下げ、加えて井戸管内を真空ポンプで吸引して負圧にする。これにより吸水孔付近の圧力水頭が大きく低下するため(ピエゾ水頭が大きく低下する)、周辺地下水との間に大きな動水勾配が生じ、地下水が集まる。集まる地下水は水中ポンプで揚水する。
- VDW工法はSWP工法と同様に真空ポンプを利用

するが、井戸管にスリット(スクリーン)が切っているため、地下水位が低下すると空気が井戸管に流入して負圧が維持できなくなる。その結果、集水力が低下する。

### 3 スーパーウェルポイント工法

上記よりSWP工法は「重力に加え、負圧により地下水を集め、水中ポンプで揚水する地下水位低下工法」と定義される。SWP工法における井戸管の構造を図-2に、その集水の仕組み(原理)を図-3に示す。

#### (1) 井戸構造

井戸管(通常 $\phi 400\text{mm}$ )は下部に $\phi 100\text{mm}$ の吸水孔(計16孔:4孔4段)を設けているだけの閉じた構造である。スクリーンは井戸管を囲むように取り付けられ(二重管構造の特殊セパレートスクリーン、通常 $\phi 450\text{mm}$ )、下端は吸水孔より深い位置まで、上端は通常、床付面以深の目標水位近くまでとしている。

水中ポンプは深井戸用ポンプ(通常11KW)を用いる。真空ポンプ(11KW)は地上に設置し、井戸管の頭部より井戸管内を吸引する。

#### (2) 集水の仕組み

図-3には井戸内のピエゾ水頭についてSWP工法とDW工法の差を示している。これによりSWP工法は井戸内と周辺地下水のピエゾ水頭の差を大きくする(動水勾配を大きくする)工法とも言える。

ここで注意すべき点がある。SWP工法では井戸内の水面を常に下げておくことが重要であり、そのため想定

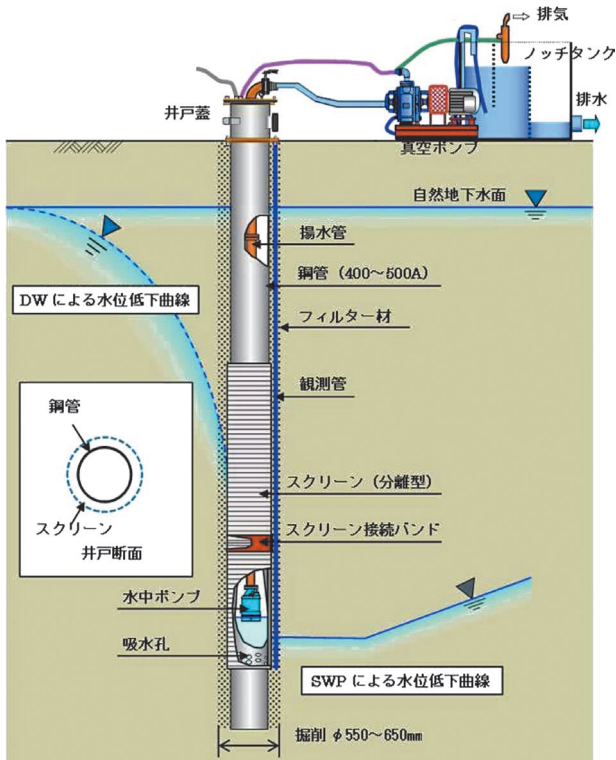


図-2 SWP工法の井戸構造

される集水量以上の揚水能力をもつ水中ポンプを準備する。揚水能力が不足すれば井戸内の水位が上昇して地下水位との水位差が小さくなり、集水量が減じるからである。このことはDW工法でも同様である。

(3) 特長

動水勾配が大きくなるためDW工法に比較して多量

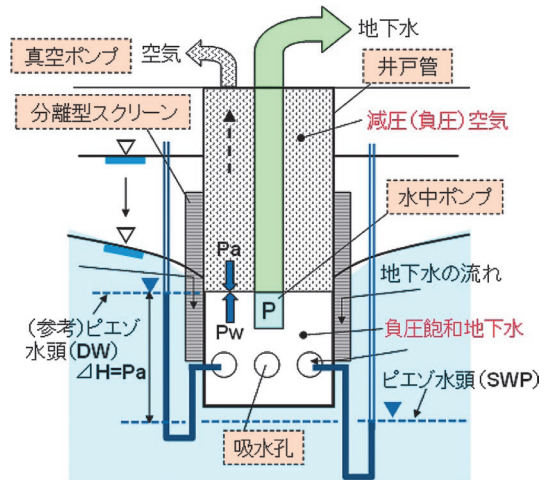


図-3 SWP工法の原理

の地下水を集水（揚水）する（井戸周辺では大きな流速が生じる）。しかし、重要な点は地下水位が低下し、重力による集水力が低下しても負圧による集水力が持続することである。この結果、同じ深さの井戸であればDW工法に比べ、低下する地下水位が深くなる。DW工法においても複数の井戸（2本以上）で囲まれる場合には群井戸の作用により水位低下がさらに進むが、SWP工法ではより効果的となる。

そのため同じ水位低下を図る場合、SWP工法ではDW工法に比べ井戸を浅く設置できる。その結果、揚水量が比較して少なくなり、周辺の地下水位の低下も小さくなる（図-4）。

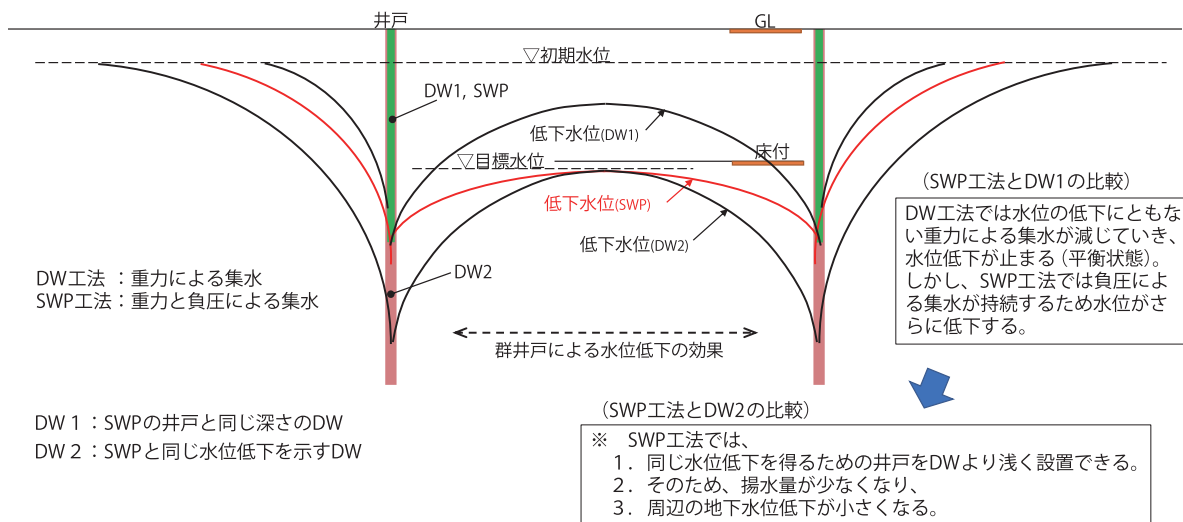


図-4 平衡時の地下水位比較図（模式図）

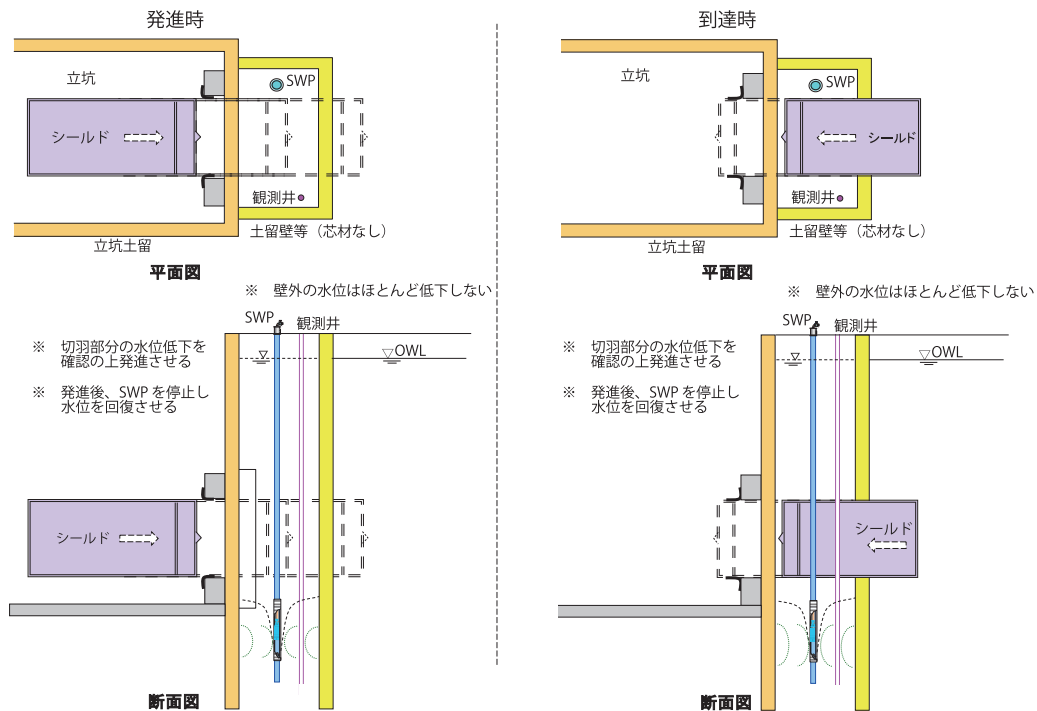


図-5 発進・到達時の地下水位低下対策

復水する場合には揚水量が少なくなるため復水が比較的容易である。SWP工法と一体として用いる復水工法（VPRW工法、真空プレス型リチャージウエル）では加圧ポンプや除砂装置の配管（揚水井戸と復水井戸を直結）への組み込みによりほぼ完全な復水を実現する。これらはSWP工法の大きなメリットである。

#### 4 シールド工事の発進・到達時の出水対策

シールド工事においては、推進工事と同様に立坑からの発進時や到達時の出水対策として地下水位低下を講じることがある。ここでは台湾や新宿で実施したSWP工法による地下水位低下の工事事例をもとに対策案を紹介する（図-5）。

図-5に示すように発進あるいは到達立坑の前面に止水壁（心材なしのソイルセメント壁等）を施工し、この中にSWP井戸を設置する。これにより立坑と止水壁に囲まれる範囲の地下水位を低下させ、シールドの発進部あるいは到達部のドライワークが可能となる。この場合、壁外の水位はほとんど低下しない。

#### 5 おわりに

本稿では、SWP工法について他の工法と比較しながら井戸構造、集水の仕組みや特長を概説した。本工法が地下水位低下工法のひとつとして認められてきているが、さらに実績を重ね、技術の向上を図っていきたい。また応用技術となる軟弱地盤の圧密促進対策、地すべり防止対策、トンネル坑口安定対策（推進工事、シールド工事における発進・到達時の地盤安定対策含む）等においても技術を確認していきたい。

##### ○お問い合わせ先

(株)アサヒテクノ 東京支社  
〒132-0035  
東京都江戸川区平井5-11-8サンヨーハイツ401  
Tel : 03-6913-9137 Fax : 03-6913-9138  
E-mail : ozaki@asahitechno.jp  
<http://www.asahitechno.jp/company/index.html>

##### 【参考文献】

- 1) 「根切り工事と地下水 —調査・設計から施工まで— 現場技術者のための土と基礎シリーズ19」土質工学会編、P171（1991年）