

総論 地下水に挑む・守る

刃口式推進工法での地下水との闘い

たけうち としひろ
竹内 俊博

(公社)日本推進技術協会
調査部長



1 はじめに

昭和23年に日本での推進工事が初めて施工されて以来、推進工法は社会基盤整備のため下水道管路に拘らず、電力・ガス・通信の管路敷設に使われてきました。そして、鉄道、河川、道路等の横断のみならず、道路下に縦断方向の敷設にも採用され、推進距離が延伸していく中、曲線推進等の技術が進展してきました。

私が推進工法に関わったのは、昭和51年のことでした。当時は、密閉型の掘進機を用いた泥水式推進工法が開発、施工され、また土圧式推進工法も産声を上げた年でした。しかし、私には泥水式の噂は遠くで微かに聞こえたものの、土圧式の声は全く耳にすることはありませんでした。目にしたのは、専ら開放型の刃口式推進工法だけでした。この工法は、切羽に地下水がなければ切羽の崩落の心配は少ないものの、推進工事の良否は、切羽作業員（以下、先やま）の肩に掛かっているといっても過言ではありませんでした。しかし、切羽に目視できる僅かな地下水があれば、その切羽は豹変することがあり、そうすれば優れた先やまでも容易ではあ

りませんでした。このような時には、切羽の安定を図るため、補助工法を採用したり、刃口を改造して対処しました。補助工法には、地盤改良工法（薬液注入工法等）、地下水低下工法（ウェルポイント工法等）、圧気工法、その他凍結工法等があり、刃口の改造では、棚刃口、ブラインド刃口等があります。ここでは、切羽の地下水と闘った状況、対策等を紹介します。

2 地下水位下での刃口式推進工法の状況

刃口式推進工法では切羽の安定が絶対条件ですが、地下水位下で補助工法を併用しても、完全に切羽の安定を図れないこともあります。その状況を幾つか紹介すると、砂層（粘性土分10%以下）での薬液注入では、高分子系薬剤が使用できないため、水ガラス系薬剤に頼らざるを得ず、浸透注入が困難で、推進路線全部が完全に切羽の安定を確保できていたわけではありませんでした。地下水が滲み出てきた時には、棚刃口を切羽に貫入し、多少の圧密により地下水流入の勢いを止めました。しかし、時間が経てば地下水が滲み出し、少しずつ切羽を崩し、そのままにして置

けば切羽の崩落を招きました。早く押すことが肝要でしたが、精度管理もあり、思うが儘にはなりません。呼び径1000以下では棚刃口の使用は難しく、先頭管先にドンゴロス（麻袋）やカマス（わらむしろの袋）を1、2段積み、極力土砂の流出を食い止めながら推進しました。地下水量が少ない時は、勇ましい先やまが、ドンゴロスやカマスの代わりに身体を張って推進していたこともありました。また、10m前後の川幅の河川の横断に刃口式推進工法が採用されることも多々ありました。河川の水量が多い時には、念のためコルゲートパイプ等で河川を半分ずつ切り回し、対応したこともあったようです。しかし、先輩の話によれば、過去には河川下の縦断もあったと聞きました。その工事の先やまは炭鉱の出身者で、2度河川の底が抜けたらしいのですが、その都度、サーフィンのように川の水に乗って発進立坑に出てきたようです。当人によれば、川底が抜けるときには耳鳴りがするので、管口に向かって逃げ始めると、一気に水に押し出されたそうです。日本を支えた炭鉱の業は恐るべし。

次に、工事例を挙げて切羽の地下水対策を紹介します。

3 地下水対策施工例

3.1 地下水低下工法併用

刃口式推進工法

推進対象地盤が砂、砂礫層において、地下水下に刃口式推進工法で管路を敷設する場合、切羽の安定を図るため、透水係数 k が 1×10^{-3} 程度より大きい時、地下水低下工法を採用することがあります。地下水低下工法には、ディープウェル工法、ウェルポイント工法があります。ディープウェル工法は、地下水を低下させたい地域内に深井戸（ディープウェル）を設置し、ウェルに流入する地下水を水中ポンプで排水し、地下水位を低下させます。立坑での水替えもディープウェルの一種と考えられるので、到達立坑を先行して掘削し、地域の地下水を事前に低下させたこともありました。ウェルポイント工法は、長さ約70cm、直径6.5cmのストレーナー付き吸水管（ウェルポイント）に、直径4cmのライザーパイプを取り付け、1～2mピッチでジェット水を用いて打設し、ヘッダパイプを介して真空圧力で揚水し、地下水の低下を図ります（図-1）。ヘッダパイプを推進路線の片側或いは両サイドに設置し、推進路線を限定的に地下水を低下させます。

このウェルポイント工法を採用した工事例を紹介します。

【施工例】

呼び径：2400

推進対象地盤：細砂

土被り：GL-4m

地下水位：GL-0.8m

推進延長：L=350m(150m+200m)

補助工法：ウェルポイント工法

（棚刃口使用）

ウェルポイント工法は、真空圧力で揚水しているため、地下水の低下にも限界があります。理論的には10m可能ですが、実際には、地盤の透水係数に

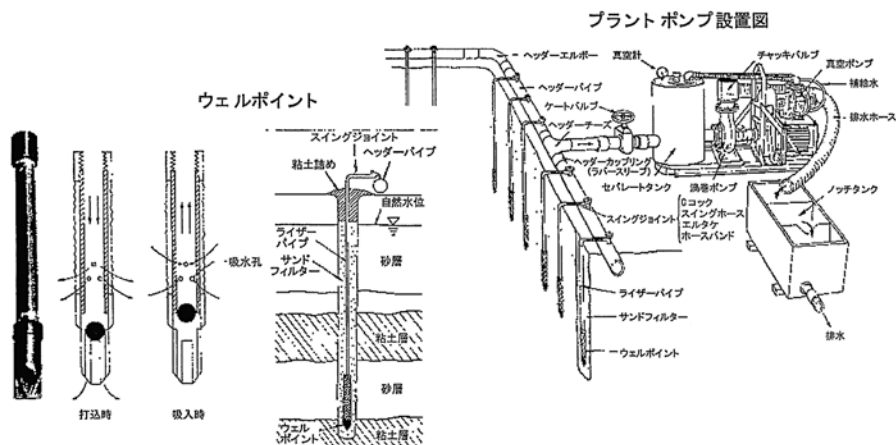


図-1 ウェルポイント工法

もより5～6mです。この工事では、推進管の計画管底がGL-6.0mであったので、道路の両側に深さ50cm程の溝を掘り、ヘッダパイプ、セパレートタンクを設置し50cm程の余裕を作って対応しました。一定の深さまで地下水が低下すると、地下水の集まりにくいポイントが出始め、エアを吸い込み真空圧が低下しました。そういうポイントはバルブを閉め揚水を停止しましたが、数を閉め過ぎると揚水量が足りず、切羽に地下水が出始め切羽の安定を損ないそうになりました。揚水状況の確認と切羽との連絡を密に取り対応しなければ、切羽の崩落災害に繋がるところでした。特に大口径だったので、棚付き刃口（図-2）を使用し、切羽の崩落を極力防止することができました。

3.2 圧気工法併用刃口式推進工法

地下水位下で切羽の安定が図れない場合、切羽の地下水压に対抗し、限定圧気を掛けて切羽の安定を図る圧気工法（図-3）を併用し刃口式推進工法を施工しました。一つのロック室と人の出入りのためのロック室をユニット化したマンロック方式と二つのロック室を設置した2ロック方式がありました。

マンロック方式ではマテリアルシールコンベアと言われるスクリュコンベアを使用するので、計画段階から圧気工法を採用し、ロック室、ロックドアを刃口の後方に設置しなければなりません。2ロック方式では、管目地部にロックドアを設置することができたので、現場の状況変化にも対応ができるものでした。その事例を紹介します。

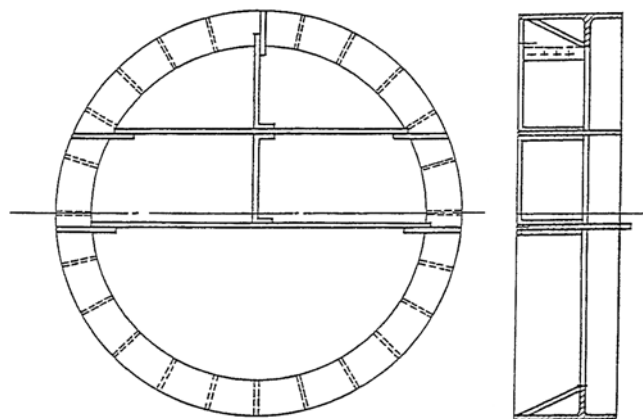


図-2 棚付き刃口