解説 進化した推進技術

立坑技術を向上させて 非開削推進技術のメリットに貢献しよう

川相　章（かわい　あきら）
(公社)日本推進技術協会
技術部長
（本誌編集委員）

1 はじめに

「立坑」は、管きょを築造する上で、発進・到達基地として極めて重要な役割を担っている。坑内からの推進情報をこの立坑を通じて吸収し、それらの情報は整理され、再び坑内最先端の掘進機に制御信号として送信される。また、管きょの築造に必要となる諸機材も全てここから投入される。管きょの敷設が終了した後は、立坑は本管を点検維持するためのマンホールあるいはマンホールポンプとして使用される。このような役割を持つ立坑は、管きょ築造に欠かせないが、工事に関係ない人達にとって、立坑は邪魔者以外なにものでもないであろう。道路に大きな開口部が設けられ、それらは一応バリケードで防護されているものの、仮設信号やガードマンによって通行が制限され、片側通行になる場合や、時には通行止めとなり、自宅への帰路が遠回りさせられることもある。工事車両が頻繁に出入りし、重機の高いエンジン音や車両整理のために吹かれる笛も日常生活とは異なった音として悩ましく感じる。このような環境下にいる人から生活リズムを狂わせ、体調に異変を来すからと言われても返す言葉はない。個人生活は公共の工事のためとは言え、決して脅かされることがあってはならない。しかし、公共工事もまた国民生活の向上を図る目的で行われるものである。そのようなことで、立坑構築に対しては、これまで可能な限り周辺環境に配慮しながら、工事期間のさらなる短縮を図るべく技術開発が続けられてきた。そして、緩やかではあるが少しずつ進歩を示してきた。以下では、これまでの立坑技術と注目すべき最近の立坑技術について触れてみたい。

2 推進工法と立坑

推進工法で使用される立坑は、一般的に以下のような土留め工法で構築されている。

（1）親杭横矢板工法
（2）地中連続壁工法
（3）鋼矢板工法
（4）ライナープレート工法
（5）ケーシング（小型）立坑

これ以外にも、オープンケーソン工法や簡易土留め矢板工法などがあるが、推進工事においては、ほぼ上記（1）～(5)が施工実績の大半を占めている。

これらの工法も使用する機械や土留め材の形状などで細分化することができる。

（1）親杭横矢板工法

親杭横矢板工法は、大口径ボーリングマシンで連続的に削孔し、そこにH型鋼を親杭として立込む方法、あるいは三点式のクローラクレーンでオーガ削孔し、そこにH型鋼を立込む方法などである。親杭であるH型鋼とH型鋼のフランジに、木製の矢板をはめ込み、背面地山を抑える。前者の場合は、比較的立坑深さが浅く、立坑設置用地が狭い箇所での施工に適しており、小規模立坑向きであると言える。後者は立坑の深さが大きく、大規模立坑に適している。そして両者の共通点としては、土留め壁が開水性で、土留め背面の地盤が自立し、地下水が湧出しないという条件が工法選定上で必須となっている。

（2）地中連続壁工法

本工法には、土留め壁を造成する手法としていくつかの種類があるが、いずれも立坑は大規模であり、大深度、大口径用立坑の土留め壁として採用されている。土留め壁の剛性が大きいことや、対象地盤は、普通土から礫地盤、硬質地盤までといった広範囲の土質に

写真－1　ソイルセメント柱列杭立坑

写真－2　ガイドステージ組立て

写真－3　ガイドステージ組立て完了

対応でき、さらには高い地下水位下での施工に適している。構築の方法としては、連続壁掘削機で、泥水を循環しながら所定の大きさの壁厚で掘削し、そこに泥水（安定液）を満たして安定保持し、スライム処理後に鉄筋籠を立込み、コンクリートを打設して壁を造成する。また、3軸、4軸といったオーガを装着した三点式クローラクレーンで削孔し、それをセメントミルクで充填した後に、鋼矢板やH型鋼を立込むいわゆるソイルセメント柱列杭工法などがある。大規模立坑向きであるため推進工法での事例は少ない。最も一般的なのが、以下の（3）～（5）である。

（3）鋼矢板工法

本工法については、一般にバイブロハンマ、アースオーガ併用圧入機、油圧圧入引抜き機などが使用される。

①バイブロハンマ

バイブロハンマは、起振機の上下振動によって地盤の摩擦抵抗を減少させて矢板を地中に貫入させるが、打設・引抜きの作業速度が速く、従前から広く採用されてきた。しかし、振動が大きいこと、バイブロハンマを吊り上げるクローラクレーンが大型であること、バイブロハンマのための電力設備を要するなど、市街地での使用には制約を受ける。また、砂礫などの硬質地盤ではウォータジェットを併用して地盤を緩めながら打設する方法もある。

②アースオーガ併用圧入機

アースオーガを回転させて、削孔と共に引き込み、ワイヤによって鋼矢板とケーシングを圧入していく機械である。埋設完了後はアースオーガを反転し、掘削土を戻しながらケーシングとアースオーガを引き抜く。主に打ち込み用として用いられる。アースオーガはトラッククレーンの先端に回転モータを付けた程度のものから、三点式クローラクレーンを用いるものまである。推進工法の立坑として採用する場合には、比較的大規模な土留め工法でということになる。

③油圧圧入引抜機

油圧ジャッキにより鋼矢板を土中に押し込み、または引き抜きをする機械である。振動や騒音が少なく、市街地や住宅地などでバイブロハンマに替わって使用される場合が多い。硬質地盤ではウォータジェットを併用して地盤を緩めながら押し込む方法もある。

（4）ライナープレート立坑

推進工法は、市街地または住宅街のように市民生活に密接に関係する道路上に立坑を構築し、それを発進・到達基地として使用することが多い。ケーシング（小型）立坑が出現する以前は、主にライナープレート立坑が使用されていた。ライナープレート立坑は、人力あるいはバックホウ、テレスコタイプのクラムシェルによる掘削と、人力によるライナープレート組立てを交互に行いながら、所定の深さまで掘り下げる。ライナープレートと背面地山の間には空隙が生じることから、所定の深さまで掘削・土留め作業が完了した後に、ライナープレートと地山との空隙にはグラウトを注入して、地山の緩みを防止する。形状としては一般的には円形または小判形がある。推進工法、特に大中口径管の場合には、小判形は発進立坑として、円形は到達立坑としての利用が多い。本方式を採用する場合には、地山が一時的に自立する必要があること、地下水位が高い地盤で採用する場合には、背面地盤を改良して確実に自立させる必要がある。地下埋設物がある場合には、それらを確認しながら防護工を施しながら施工することになる。市街地で採用する土留め工法としてそれは大きな利点でもある。また、使用する機械設備も簡易であることから、狭隘な場所での施工に適した工法であるとも言える。このような利点から、ケーシング（小型）立坑が主流となった現在でも、採用例は比較的多い。現在、ケーシング（小型）立坑の施工時間の短さに対抗させて、ライナープレート最上部で必要となるガイドコンクリート工を省略するために、組立式ガイドステージ付きライナープレートが開発採用されている（**写真－2、3**）。