

解説 発進と到達

立坑構築と推進工事の発進と到達 ～立ちはだかる地下水に挑戦する地盤改良技術～

えとう まさつぐ
江藤 政継

出日本下水道管渠推進技術協会
技術委員会立坑部会長
(日荷建設機技術本部・技術士建設部門)



1 はじめに

日本の大都市は大半が河川の河口に位置している。これは、日本列島の形を考えてもらえば理解できよう。すなわち、南北に長い日本列島は横断方向（太平洋―日本海）の幅が狭い。せいぜい200kmであろう。3,000m級の脊梁山脈に河川の源を発する。河川勾配は平均的に3/100となる。ヨーロッパ人が“日本の川は川ではなく滝である”というのも頷ける。ヨーロッパの大河（ドナウ、ラインほか）は向こう岸が霞んで見えないゆったりと流れている光景が目に見えぬ。

日本の大都市が河口に位置するのは、人が住めるような平らな土地は河川が山を削って堆積した沖積平地しかないからである。当然海に面した沖積平地は、地質的成立年代が極めて新しく、せいぜい1万年程度しか経っていない。その軟弱な沖積低地に人々が住み大都市をなすのである。人が住めばインフラの整備が必要になる。下水はその典型である。

そしてインフラ整備は必ず軟弱地盤を掘削することになる。軟弱地盤を掘削すると、地下水対応が求められる。

われらが下水道管渠敷設事業においては、縦に作った立坑から横方向に下水管を通さなくてはならない。この方向転換を地下のしかも地下水のある状態で行うわけであるから、さまざまな課題が生じる。ここでは、地盤改良から見た立坑について述べたい。

2 推進工法用立坑の発進・到達の課題

推進工法用立坑には土留めの手法の違いにより、下記のような種類がある。すなわち、①鋼矢板工法②地中連続壁工法③親杭横矢板工法③ライナープレート工法④小型立坑である。しかしいずれの工法も基本は“鉄（鋼材）”で山留していることに変わりはない。いわゆる“土木”工事が“木”で山留を行い、土を除去して空間を作る技術であるとしたら、現代は土木ではなく“土鉄”の時代といえよう。

2.1 発進部の課題

(1) 異次元への旅立ち

発進部は立坑から鉄の仕切りを通過し地盤の中へ管を押し出す。つまり、気中～鉄の仕切り～地下水のある地盤へと進んでいく。

(2) 鉄を切断除去

その第一の課題が鉄の切断除去である。土留めとして使用している鉄は非常に強固なものであるが、一方から見ると簡単に突破できない障壁にもなる。通常は火器により切断するわけであるが、切断したその瞬間に異次元からの課題が噴出する。すなわち、地下水の噴出であり、それに伴う砂の噴出が考えられる。もちろん強固な岩盤等で地下水がなければ、なんら問題なく切断できるわけであるが先にも述べたように日本の大都市の地盤はおおむね地下水があり、噴出しやすい砂質土が多い。

(3) 切羽の完全自立

上記のような課題を克服し無事切断できたとしても、地山の自立の課題がある。小さな穴、小断面は自立させることができても、推進管断面の大きさ全体の自立が求められる。もちろん口径の大小によりその難しさは違うにしても、掘進機、掘進機の面盤がキチンと地山に接し支保するまでの間は、切羽は完全に開放された状態にあるので、地山の自立は不可欠である。

(4) 坑口処理

切羽が自立し、掘進機が貫入できる状態になっても、坑口は推進管との間

に間隙が生じている。この間隙は推進が終了し最終的止水処理等を行なうまでは残ることになる。もちろん、掘進機を貫入させるまでの間にエントランスパッキン等により坑口の処理は行なっておく必要がある。

以上のことが十分処置され、推進が進行していけば、立坑発進部の問題は生じない。

2.2 到達部の課題

(1) 異次元からの帰還

無事発進し、土砂、地下水を順調に推進が進行しても最終的には到達立坑へ到達する。到達立坑でも発進立坑と同じような課題が生じる。地下水のある地盤中～鉄の仕切り～気中の立坑へ。

(2) 鉄の切断除去

発進とは逆に掘進機が地中にある段階で、土留壁を火器により切断し掘進機を立坑内へ迎え入れることになる。鉄の除去を行なう場合には立坑側から行われることになるが、切断時、地盤からの地下水の噴出、それに伴う砂の噴出が考えられる。

(3) すきまからの湧水、流砂

到達坑口も掘進機または推進管よりも余裕を持った大きさで切断することになり、当然管周囲に間隙ができることになる。間隙は小さいとはいえ水と細粒土が噴出するには十分な大きさがある。到達部が発進部と異なるのは、掘進機をすべて立坑内に引き入れる必要があり、立坑側から詰め物等で間隙を押さえても、機械を引き入れる際に詰め物が外れる方向の力が作用する。

また、坑口処理も発進立坑と逆の力が作用するため、間隙を抑える手法に工夫が必要になる。

2.3 立坑そのものの課題

本題とは必ずしも一致しないが、立坑そのものの課題がいくつかあるので簡単に述べておく。

(1) 非開削工事の中の開削工事

ご承知のように、推進工法自体は非開削の代表であるが、その中で立坑は唯一開削部分である。そのため立坑には次のようなことが求められよう。短期間に確実に安全に掘りあげられること。これらを求めて立坑の土留工法がいろいろと発展したともいえよう。現在の推進工法用立坑として、いわゆる“小型立坑”が最も多く採用されているのは、これらを満足するものとして認められているためであろう。

小型立坑は、ほぼ完成した土留工を機械で先行圧入しながら、掘削を行なって行く工法である。軟弱地盤でしかも地下水の有無にも拘らず早く安全に確実に立坑を設置できる工法である。

(2) 孔壁の自立

立坑の土留には最初に述べたようにいくつかの工法がありそれぞれ特長を有するが、下記の工法は遮水性に弱いという弱点がある。

ライナープレート工法、親杭横矢板工法および埋設部の歯抜け部である。うしろの2つはやむを得ないとしても、ライナープレート立坑は土留までの掘削段階で坑壁の自立が最低要件である。ライナープレート自体水密性のない材料をしかもそれを組み立てる間、坑壁が自立していなければならない。

(3) 湧水対策

同様に、ライナープレート工法は湧水に対しても弱点があり対応が必要である。

(4) 底盤の安定

一般に採用されている立坑土留方式は当然ながら、側壁の保持が主体である。そこで問題になるのが、底部である。基本的には小型立坑以外は坑内に人が入り、掘削作業または補助を行なう必要があり、底盤を掘削しながら立坑を構築するという意味からも底盤を鉄で保護することはできない。最初に

もいったように、日本の地盤は地下水のある軟弱地盤を掘削する宿命にある。立坑掘削の場合は底盤が最も弱点になるといえよう。

立坑掘削時に発生する主な現象としては、ボイリング（パイピング）、ヒービング、盤ぶくれなどである。その対応として、多くに対策費用を要することになる。技術的にその問題を解決したのが“小型立坑”である。小型立坑は地盤改良不要で所定の立坑を構築できるという大きな特長を持っている。

(5) 大深度、高水圧

地下にインフラを埋設することにより、地下空間も次第に制約が増え、立坑自体も大深度の課題が出てくる。大深度になることにより、土圧、水圧が比例して大きくなり土留自体が大きなものとならざるを得ない。また、底盤の処理自体もそれに応じて大規模になってくる。

3 地盤改良工法

地盤改良工法そのものには多くの工法があるが、推進工法用立坑に関するものは下記の工法で十分と思われる。①薬液注入工法②ジェットグラウト工法③地下水位低下工法。その他、凍結工法、深層混合処理工法、浅層混合処理工法、NOMSTなどあるがここでは取り上げない。

3.1 薬液注入工法

水ガラスを主体とした液体を硬化材と混合して、固結時間を任意に設定できる化学的材料を薬液という。その薬液を地盤に注入して固結させ、遮水性や強度の増加を図る地盤改良工法を薬液注入工法という。

薬液注入工法自体は古くからあるが、建設工事で大々的に使用されるようになったのは昭和40年代後半からである。最初にも述べたように沖積低地に人口が集中し軟弱地盤にインフラ