

表 - 1で分かるように、圧入方式ではN値が20以下の粘土地盤から地下水圧が0.02 N/mm²以下でN値10以下の砂質土について推進可能で、N値の高い砂質土から砂礫・玉石では推進不可能となります。オーガ方式では適用土質の範囲が少し広くなりN値が1を越える粘性土からN値が50以下で地下水圧が0.02 N/mm²以下の砂質土について推進可能で地下水圧が0.02 N/mm²以上の砂質土から砂礫・玉石では推進不可能となります。泥水工法ではさらに適用が広くなり、N値が1を越える粘性土から砂質土全般、さらに最大粒径が呼び径の1/3以下で礫混入率が60%以下の砂礫・玉石までもが推進可能となりますが、地下水が0.02 N/mm²、最大粒径が呼び径の1/3、礫混入率が60%、透水係数が10⁻²を超えるなどの組み合わせ次第では推進不可能となります。泥土圧方式でも、泥水工法とほぼ同程度の土質に対し推進可能ですが、泥水工法よりも砂礫・玉石でその範囲が狭まります。しかし、このように大部分の土質に対応可能な泥水工法でさえ、先導体の掘削ヘッドの部分や排土方式にその土質に適応した工夫を施しているからこそ推進が可能となるわけで、1スパン内で土質が互層になった場合や、同一地層でも既設構造物やその基礎杭などがあったり転石や流木に遭遇した場合などでは、推進精度の確保のみならず推進そのものが不可能となることも起こりえます。推進工法による管渠築造をトラブルを生じることなく基準精度内で完了するには、推進位置での土質性状の把握や既設構造物の状況、地下埋設物の有無等を十分事前調査した上で施工箇所に適した先導体の機能や排土方式を備えた工法選定をすることが最も重要なポイントとなります。

そこで、今回は小口径推進工事においてトラブルを未然に防ぐ事前調査の方法と、万が一トラブルに遭遇した場合の対策について、熊本県八代地域振興局において、平成10年10月から平成13年8月現在までの期間で、八代北部流域下水道現場技術業務委託の現場技術者として業務に携わった実例を基に発表させていただきます。

2. 事前調査について

調査は立地条件調査、支障物件調査、地形及び土質調査、環境保全のための調査等に大別できますが、調査結果は、推進工法採用の可否、推進工のルート選定及び線形、環境保全対策等の検討、工事の規模や内容の決定、推進工完成後は維持管理のための資料ともなるので、このことを十分考慮して調査を行なう必要があります。

2 - 1) 事前調査の項目

調査項目				
立地条件調査	支障物件調査	地形及び土質調査	環境保全のための調査	関連計画
1) 土地利用及び権利関係	1) 地上・地下構造物	1) 地形	1) 騒音・振動	1) 道路計画
2) 都市計画及び他施設計画の将来計画	2) 埋設物等	2) 地層構成	2) 地盤変状	2) 河川計画
3) 道路種別と路上交通状況	3) 構造物・仮設工事跡	3) 土質	3) 地下水・河川等	3) その他
4) 工事用地確保の難易度	4) その他	4) 地下水	4) 建設副産物	
5) 河川、湖沼、海域の状況		5) 酸欠空気・有害ガスの有無	5) 家屋、周辺施設、文化財等	
6) 工事用電力		6) その他		

表 - 2

調査項目の中で設計変更に関わり易いのが、立地条件の中では交通状況や工事用地の確保です。工法選定で適切なスパン割により計画された立坑位置でも、交通問題の解消や推進設備の設置スペースが確保できなければ立坑位置の変更や工法の再検討が必要となります。支障物件では埋設物本体は、台帳等で確認できますが、残置された仮設構造物についてはほとんど資料が残っていません。構造物の基礎を避けた線形であっても残置矢板にあたってしまうトラブルはよくあります。地形及び土質調査では、調査報告書が隣接する部分で、双方の地層図や土質定数を考慮して適切に接合し地層の変化に注意する必要があります。環境保全の為の調査資料は立坑や使用機械を選定する基礎となります。

2 - 2) 八代平野の干拓の歴史と現在の道路の位置関係で分かる地下埋設物

八代平野の歴史は、干拓の歴史と言っても過言ではないほど19世紀以降盛んに大規模な干拓事業が行われてきました。八代の古代の海岸線は、現在の国道3号線からJR鹿兒島本線付近にあったと考えられ、そのほとんどが江戸時代以降の干拓によるものです。



図-1 現在の道路状況



図-2 干拓による潮受け堤防跡



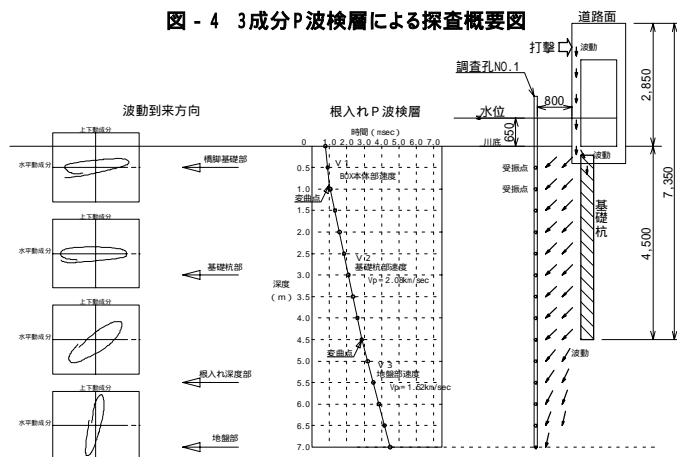
図-3 潮受け堤防の構造

干拓は周囲に潮受け堤防を築き、自然乾燥させて農地を誕生させるため、潮受け堤防は重要となり松材を組んだ枠と石垣を巧妙に組み合わせた構造となっています。そうやって、頑丈に築かれた堤防跡と現在の主要な道路がほとんど一致することが図-1と図-2を照らし合わせると良く分かります。このような道路で工事を行うときは昔の人の力強さを思い知らされることがあるかもしれませんので気をつけたほうが良いと思います。

2 - 3) 道路台帳等に掲載されていない構造物の基礎杭の調査について

地下埋設物の調査方法には、最も確実な試掘調査、電磁波法(ESPI-探査)、地中探査レーダー(SIRレーダー-システム)などが有りますが、いずれも調査対象物の上部に障害物がない状態での調査方法で橋台やボックスカルバートといった構造物の基礎を確認するには難しいものがあります。千丁鏡幹線が大鞘川と交差する部分の調査には、物理探査のうち3成分P波検層を実施し既設構造物の根入れ深度を調査する方法が採用されました。

図-4 3成分P波検層による探査概要図



調査方法は図-4に示すように、構造物に打撃を与え、構造物から基礎杭さらに地中を伝播する波動を観測孔の受振器で観測します。その最短伝播時間が杭の存在する部分では、ほぼ杭の伝播速度と一致し、根入れ深度以深では地盤の伝播速度が測定され、そのデータを深度ごとに伝播時間をプロットすれば、速度の遅くなる点(変曲点)が杭の根入れ深度となります。

また波動到来方向を解析するためのパーティクルオービットで、深度0~4.5mではほぼ水平成分のみで、深度5.0mではほぼ上下成分のみとなり、ここでも根入れ長は4.5mと推定されます。基礎杭の種類については、弾性波速度において一般的に、木杭で1.5~2.0km/sec、コンクリート杭で3.5~4.5km/sec、鋼管杭で4.5~5.5km/secとされていることから、ここでは2.08km/secであったため木杭と判断されました。

しかし、この調査方法で木杭の存在と根入れ長は推定できましたが、杭径や配置間隔は解りません。そのため、管渠の高さを下げるか、線形をシフトして杭位置を避けるしかありませんが、構造物に支障がなければ木杭を切断可能な工法を採用することも考えられます。

3. 不慮に遭遇した埋設物によるトラブル対策について

慎重に行ったつもりでの事前調査ですが、その段階では存在を予想できなかった障害物に、偶然遭遇してしまうこともそう珍しいことではありません。

3 - 1) 橋梁下部工の仮設矢板との遭遇

通常は撤去するはずの橋脚の仮設鋼矢板が3枚だけ河床から頭を出しているのを工事発注後の着工前測量の段階で発見されました。その一部が推進路線と交錯しているため推進路線に影響するか慎重に調査を行いました。一つは上部から垂直方向にボーリングを行い、鋼矢板が地中で湾曲していないかを確認して、次に発進立坑から水平ボーリングを2本行い、推進位置の鋼矢板の根入れ状況を確認しました。水平ボーリングでは延長が50mもあり高精度を必要とするため、仮管併用推進(スピ-ター-工法)のパイロット管、口径70mmを推進し、ターゲットで方向を確認しながら鋼矢板を調査しました。



図 - 5

その結果、到達地点を1m上流側に移動すると鋼矢板を避けて推進できることが分かり到達立坑の位置を変更することにより推進工事が無事完了しました。もしも鋼矢板の存在に気づかず掘進機が鋼矢板に接触していたら、当然、推進不能な状態になり、橋脚のフーチングに接していると考えられる鋼矢板の撤去は、腐食の進んだジョイント部が溶着していることと、橋脚への影響を考えるとできないため、ストップした推進機のある河床部に立坑を設置し撤去するか、到達立坑から全断面薬注を行って刃口推進により迎え掘りを行うなど、いずれにしても高額な費用を伴う工事が必要だったと考えられます。

3 - 2) 木杭や流木との遭遇

木杭は軟弱地盤で構造物の沈下防止に補強的に使用されるケースがほとんどで、設計図に記載されていなくても現場の状況で施工業者の判断により設置されることがあります。また、河川堆積物の地層では、ボーリング調査で存在の確認が極めて困難な流木にも遭遇する場合があります。図 - 6は平成12年度工事で遭遇した流木と鏡切の写真です。



図 - 6

流木に遭遇した場合、掘削して排除するのが一般的ですが、今回採用の泥水式推進工法の場合、木の繊維がヘッド内に充填して排泥管を閉塞してしまい掘進ができなくなりました。そこで、バイパス装置を利用して送排泥管を切替え逆流させ、それを繰り返すことにより閉塞した繊維を排除することができたので、正常に土砂を取り込み推進が完了しました。

4. 考察

公共事業の中でも、特に下水道事業は地元住民の関心は深く、一日も早く整備されることを念願されています。そんな事業の性質上、認可計画がなされた地域では大急ぎで工事が実施されるため、そのための実施設計も短期間で完了するのが責務となっている。そういう事情から、どうしても事前調査を無意識に軽視してしまい、「もしもトラブルったら、現場でどうか対応してくれるだろう?」というような気持ちが我々技術者の中にあるのではないだろうか。確かに、どんなに時間をかけても、トラブルの要因を発見することは出来ないのかも見知れないが、少なくとも、コントロールポイントとなる部分を認識し、その部分をもう一步踏み込み明確にすることが必要で、逆に工事を早期完了させる早道となると私は考えます。

5. おわりに

非開削で行われる小口径管推進工事は、地上からオペレーターによる遠隔操作で掘進機を制御して、所定の管理基準高 $\pm 30\text{mm}$ 、水平方向 $\pm 50\text{mm}$ 以内の精度で行わなければならない高度な技術を要する土木工事です。その厳しい管理基準も自然流下を原則とする管渠工事であるため設定されたもので厳守する必要があります。基準内で推進を完了するためには、オペレーターの技術にもよりますが、何よりも、推進部の地盤や埋設物の状態が想定していた通りであったかどうかが一番の要因となるのです。事前調査を怠ったがためにトラブル対策に相当な費用を追加することにもなりかねず、コスト縮減の観点からも事前調査の重要性は図りしれないものが有ると考えます。