

1. はじめに

HDD工法は、直径50mm程度のじん性に富むドリルロッドを駆使して、比較的自由的な線形（最小曲げ半径R = 40m程度）で、埋設管を布設できる事を大きな特徴とする工法である。その自在さゆえ、日本国内で主流のHDDマシンの能力は、引力100KN程度に設定されている。

もちろんそれを大きく上回るHDDマシンもアメリカなどでは多く使用されているが、能力が上がるにつれ、使用できるドリルロッドの曲げ半径が大きくなり、また、マシン自体も大型化することから、用地的制約を多く受けるわが国においては、これらが適用される範囲は比較的狭い。

日本におけるHDD工法の適用標準は引力100KN程度のマシンを対象として、JSTT・日本非開削技術協会の設計積算要領に掲載されている。一方、この要領はあくまで標準値を示したものであり、実現場ではこの条件を超えてHDD工法が有効に活用された施工事例も報告されている。

ここでは国内のHDD工法に取り組む者の視点で、HDD工法の適用標準に関する技術項目を列挙し、その具体的な標準値をまとめ、最後にその標準値を超える施工事例について、記述するものである。

2. HDD工法の適用標準関連の技術項目

(1) 土質

第一工程のパイロット削孔工は、ドリルロッド先端に装着されたドリルヘッド（ドリルビット及びゾンデハウジング）を操作することにより、ステアリングを行ないながら、計画ラインをトレースし、目標に到達させる。ステアリングは、直進及び方向修正に分かれ、直進時はドリルロッドを回転させながら、前進させるが、方向修正時はドリルロッドを止めたまま前進させる。この方向修正のための“止め押し”は、HDDマシンの押し力（スラスト）のみに頼った圧入となるので、硬質土には向かないとされる。

(2) 土被り

パイロット削孔において、ドリルヘッドの位置確認や方向修正に欠かせないのが、ゾンデ（発信機）及びロケーター（受信機）で構成される位置検知（ロケーター）システムである。このシステムは、一般にゾンデから発せられる磁界強度を地上のロケーターで探知する方法なので、ゾンデとロケーターの距離、すなわち土被りによる制限を受け、極端に深い土被りでは、このシステムでは適用できない。ワイヤーロケータリングシステム等、土被り制限を受けない方法もあるが、あまり一般的ではなく、現実にはHDD工法は土被りによる制限を受けるものといえる。

(3) 口径と延長

第二工程の埋設管引込工は、バックリーマー（拡張器具）により地盤をほぐし、同じくバックリーマーから噴射されるベントナイト泥水で攪拌して掘削流体（泥水）としつつ、第一工程のパイロット削孔工とは反対の方向に埋設管を引き込む工程である。掘削流体（泥水）が充満する掘削空間は、ある程度、周囲の地盤の自立性に依拠する。すなわち、自立性の高い地盤では、より大きな口径の管を、より長い延長にわたって引き込むことが可能であるが、自立性が低く、崩壊しやすい地盤では、管の口径、延長に限られる傾向にある。

3. HDD工法の適用標準値 (JSTT設計積算要領)

前述のように、日本国内で主流のHDDマシンは、引力100KN程度のものである。日本国内で稼動するHDD工法は、数機種のラインアップがあり、スペックは様々ではないが、それらのスタンダードな機種における最大公約数的数値をまとめたものがJSTT日本非開削技術協会のHDD（誘導式水平ドリル）工法用設計積算要領である。

同冊子の適用標準値の一例を表-1に示す。

表-1 適用標準値

項目	適用標準値 (例)
土質	N値30 (但し、要検討)
土被り	5m程度 (それ以上は要検討)
埋設管口径	呼び径φ300 (A・B土質)
埋設管延長	140m (φ75mm・A土質・PE管)

4. 適用標準値外の施工事例

4-1 埋設管引込延長が長い事例

(1) 引込埋設管

φ 165mm 高密度ポリエチレン管

(2) 埋設管引込延長 (1 スパン長)

約 170m

(3) その他

地盤はN値の低い砂質土

(4) 施工概要

横断部分約5mの河川横断工事であったが、海岸線に程近い下流域の湿地帯であった為、時期によって冠水し、開削による布設が困難と判断された為、延長170mものHDD工法工事となった。

(5) 課題の解決手段

引込延長が長い為、ポリエチレン管の接続はバット融着方式とした。EF方式に比べ、出っ張り部分が無く、実サイズを小さくして、引き力過多に陥る可能性を極力排除した。

(6) まとめ

土質が発進ピット内で泥岩状を示していて、アプローチ削孔 (地上貫入孔から発進ピットまでの部分) 以降、困難が想定されたが、発進ピット通過後は、調査通りの軟質土であった為、スムーズにパイロット削孔・埋設管引込を完了できた。施工に要した日数は、



写真-1 横断部全景：雨が降ると水没してしまう

表-2 実施工程

第1日目	草刈・仮橋設置等下準備
第2日目	同上
第3日目	機械据付・PE管融着
第4日目	PE管融着
第5日目	パイロット削孔・埋設管引込

草刈等下準備やポリエチレン管融着も含めて五日間 (表-2) と大変スピーディーで、今回のような湿地帯や超軟弱地盤での管布設をする際の開削に替わる工法として、高い評価を得られた。

4-2 埋設管布設深度が深い事例

(1) 引込埋設管

φ 280mm 高密度ポリエチレン管

(2) 埋設管引込延長

約 80m

(3) 最大施工深度

約 12m

(4) 施工概要

国道及び市道を横断する工事であったが、国道下に直径2m×高さ8mのコラム状の地盤改良帯が国道と並行して存在し、その下を迂回するために、上記の施工深度が必要となった (図-1)。その他、推進ライン延長線上のスペースには、ビニールハウスがあり、アプローチ削孔時点で平面的にカーブさせる必要があることや、到達側にもビニールハウスがあり、引込埋設管を推進ラインなりに仮置できない、さらには国道の交通量が大変多いなど、クリアすべき課題が盛りだくさんの現場であった。

(5) 課題の解決手段

深い施工深度に対しては、最大16mまで測定可能

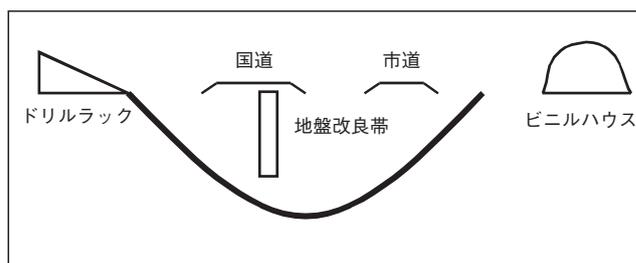


図-1 縦断面図

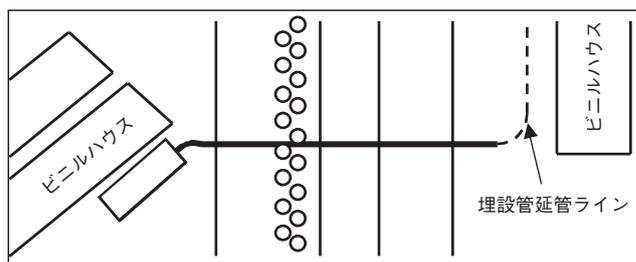


図-2 平面図

なロケーター（形式：DT-1）を使用し、問題なく計測を行なった。機械設置位置は、予め図面上でシミュレートしておき、障害物（防雪柵・柵）を撤去してスペースを確保した（図-2及び写真-2）。引込埋設管の仮置は、高密度ポリエチレン管の可とう性を生かして、90度方向に湾曲させ、全量引き込み前に接続しておくことが可能となった（図-2及び写真-3）。国道の交通量に関しては、夜間に片側交互通行とすることで、安全を確保した。

(6) まとめ

いろいろと難しい現場であったが、最終的にはほぼ予定通り完了することができた。施工深度に関しては、最大でも、今回使用したテラジェット工法にて採用されているロケーターシステムの計測可能深度内であったので、問題なかった。その他の課題も、事前に入念に計画したおかげで、問題なく対処できた。HDD工法に限らず、特殊な工法で施工する場合は、それに精通する者による計画作業が肝要であることが再認識される現場であった。



写真-2 ドリルラック設置状況



写真-3 PE管延管状況

4-3 地盤条件が悪い事例

(1) 引込埋設管

φ130mm 高密度ポリエチレン被覆管

(2) 埋設管引込延長

約44m

(3) 地盤条件

軽石混じり火山灰（最大N値33）

(4) 施工概要

河川下2m横断を含む、計画高低差約5mの河川横断工事であった。引込埋設管口径、延長共に施工範囲内であったが、事前の土質調査において判明した地盤は固く、HDD工法の適用範囲とされるN値30を上回る部分も確認され（図-3）、HDDの適否については、慎重に判断する必要がある。

(5) 課題の解決手段

当現場は、河川を横断する縦断カーブ線形での布設であった。通常、埋設管引込延長を極力短くする為、ドリルロッドの最小曲げ半径（R=40m程度）で、布設線形を計画するが、今回は地盤が固く、方向修正が難航することが予想された為、やや余裕をもったR=50mのカーブ線形とした。また、方向修正時に地盤から受ける抵抗を小さくすべく、小型のドリルビット（サンドヘッド）を用いてパイロット削孔を行なった。パイロット削孔完了後、埋設管引込工程の前に、拡孔工を行なった。通常φ130mm程度のサイズのポリエチレン管を引き込む場合、拡孔工は行なわないが、硬質地盤であったため、慎重を期した。

(6) まとめ

結果的には懸念されたトラブルも無く、精度も非常

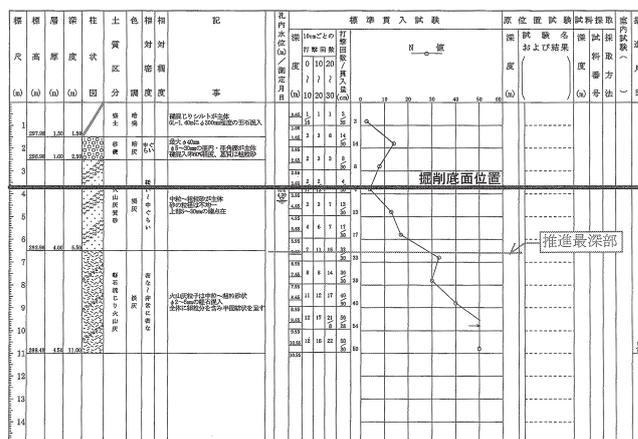


図-3 柱状図

に良く布設でき、満足の行く結果が得られた。また、N値30程度というHDD工法の適用限界は、実際にはそれを多少上回る地盤でも施工可能であることが判明し、埋設管の口径や、布設線形等、諸々の条件を検討し、工夫すれば適用できるケースも増えると思われる。



写真-4 パイロット削孔完了：上部は礫・玉石層であった



写真-5 φ450PE管引込状況



写真-6 増径バックリーマー

4-4 口径が大きい事例

(1) 引込埋設管

φ450mm 高密度ポリエチレン管

(2) 埋設管引込延長

約35m

(3) その他

地盤は泥炭

(4) 施工概要

町道およびそれと並行する排水路を横断する工事であった。石綿管の布設替工事であり、横断部前後は石綿管を撤去、横断部の石綿管は残置する。新設管のルートは旧管のルートと重ねるが、横断部（石綿管残置部）は、基礎杭があるため、それを迂回するように平面的に2度S字カーブさせる。排水路横断の為、縦断線形も円弧状となる為、複合曲線推進である。管の口径は、前述のHDD工法設計積算要領内の限界値はもちろん、引力150KNと比較的パワーのあるテラジェット工法積算資料においても扱われていない口径であるが、地盤が泥炭で、軟弱である為、充分施工可能であると判断した。

(5) 課題の解決手段

手持ちの最大バックリーマー口径が520mmで、引込管口径に対してやや小さい為、バックリーマーに増径器具を取り付けて施工した（写真-6）。その増径バックリーマーも含めて計5回掘孔工を行なった。

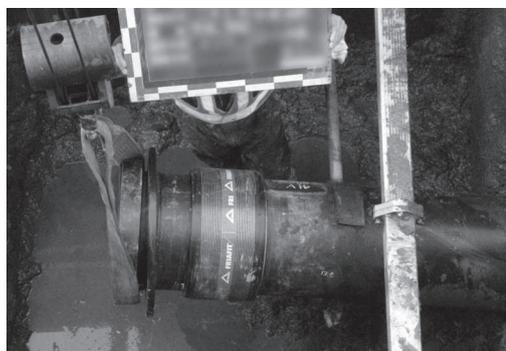


写真-7 発進ピット内のφ450PE管

(6) まとめ

引き込みは、最後までスムーズであった。しかし、軟弱地盤の為、発進ピット坑口付近において、S字にカーブさせたパイロット削孔軌道どおりにポリエチレン管がとどまらなかった（写真-7）。もともと改良土による埋め戻しであったため、その土圧によって、計画通りのラインに戻したので、問題はなかった。ポリエチレン管も、可とう性に優れるとはいえ、φ450mmともなると、変形に対抗しようとする剛性があり、今回のような複合カーブを伴う軟弱地盤での施工に当っては、直線部分を長く確保する等、この経験を今後の施工に生かしたい。