

第1章 基本的な考え方

第1節 HDD（誘導式水平ドリル）工法の概要

(1) HDD工法の概要

HDD(誘導式水平ドリル)工法(以下、本書では「HDD工法」という)は、二工程の非開削管埋設工法です。

第一工程では、地上に設置したドリルマシンから、先端にドリルヘッドを装着した直径数cmのドリルロッドを、回転しながら押し込み削孔します。削孔の際に、同じく地上に設置した削孔水ユニットから、ドリルロッド内を經由してドリルヘッドまで削孔水を供給します。削孔水はドリルヘッド近傍の土砂を緩めたり、ロッドと孔壁との摩擦の低減、ドリルヘッド内に格納された発信器の冷却などの効果があります。(図1-1)

ドリルヘッドの中の発信器(ゾンデ)は、交流の磁界を発生しています。地上でこの磁界の方向や強度を、受信器(ロケータ)を用いて検出することにより、ドリルヘッドの位置、深度や方向を知ることができます。図に代表的なロケータの表示画面の状況を示します。

(図1-3、図1-4)

ドリルヘッドの先端には傾斜型ドリルビットが取り付けられており、計画線からずれが生じた場合には、ドリルビットの向きを修正したい方向に合わせて、回転せずに押し込むことで方向修正します。(図1-5)

予め掘削しておいた到達坑にドリルヘッドが届けば、第一工程は終了です。

第二工程は、掘削方向がパイロット削孔とは逆になり、到達坑側から埋設する管を引き込む工程です。(図1-2)

ドリルロッド先端には、ドリルヘッドの代わりにバックリーマとよばれる孔径を拡大する掘削工具を装着、このバックリーマの後方に引込ジグを介して埋設管を取り付けます。バックリーマを回転しながら埋設管を引き込んでいき、発進坑まで埋設管が届けば第二工程が終了です。

第一工程と同様に削孔水ユニットからドリルロッドを通して、削孔水がバックリーマまで送られます。埋設管引込の工程でも削孔水は土砂の流動化や、孔壁の維持、埋設管と孔壁との摩擦低減、さらには掘削土砂の排出などの効果があります。

第一工程と第二工程の間に、プレリーミングという工程を実施することがあります。この工程はドリルロッド先端にバックリーマを装着し、その後方に埋設管ではなく、ドリルロッ

ドを継ぎ足しながら、バックリーマを回転しつつ引き込んでいくという工程です。このプレリーミングによってあらかじめ孔内の土砂を緩めておくことで、埋設管を比較的少ない抵抗で引き込むことができます。また、埋設管引込に先立ってバックリーマを一度通しておくことで、予想外の障害物や土質の変動などによる埋設管引込時のリスクを最小限に抑えることができます。

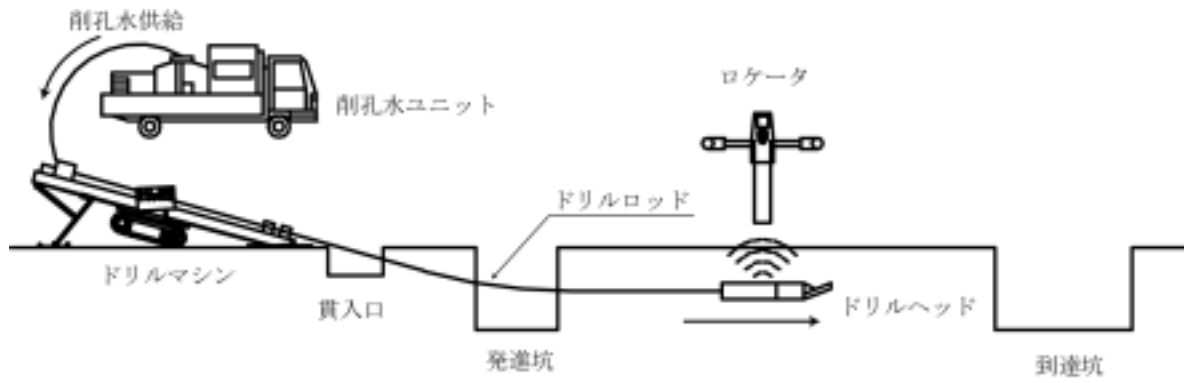


図 1-1 HDD 工法第一工程

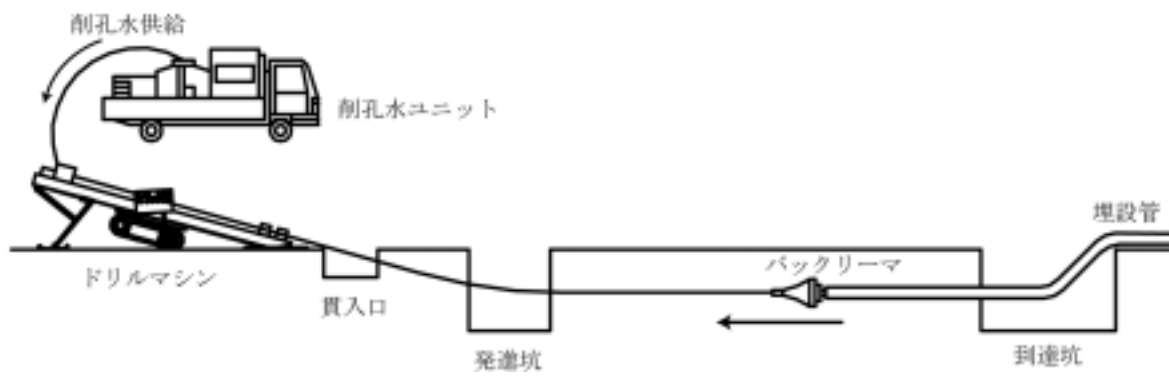


図 1-2 HDD 工法第二工程

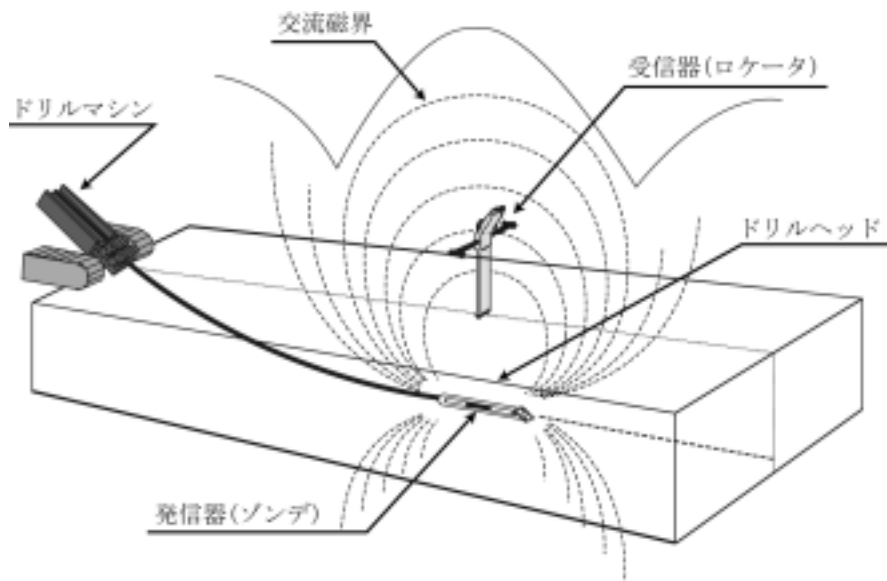


図 1-3 位置計測の原理

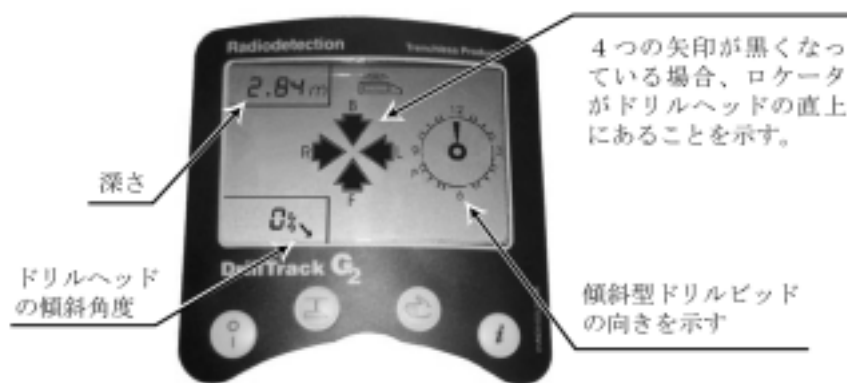


図 1-4 ロケータ(受信器)画面の表示例

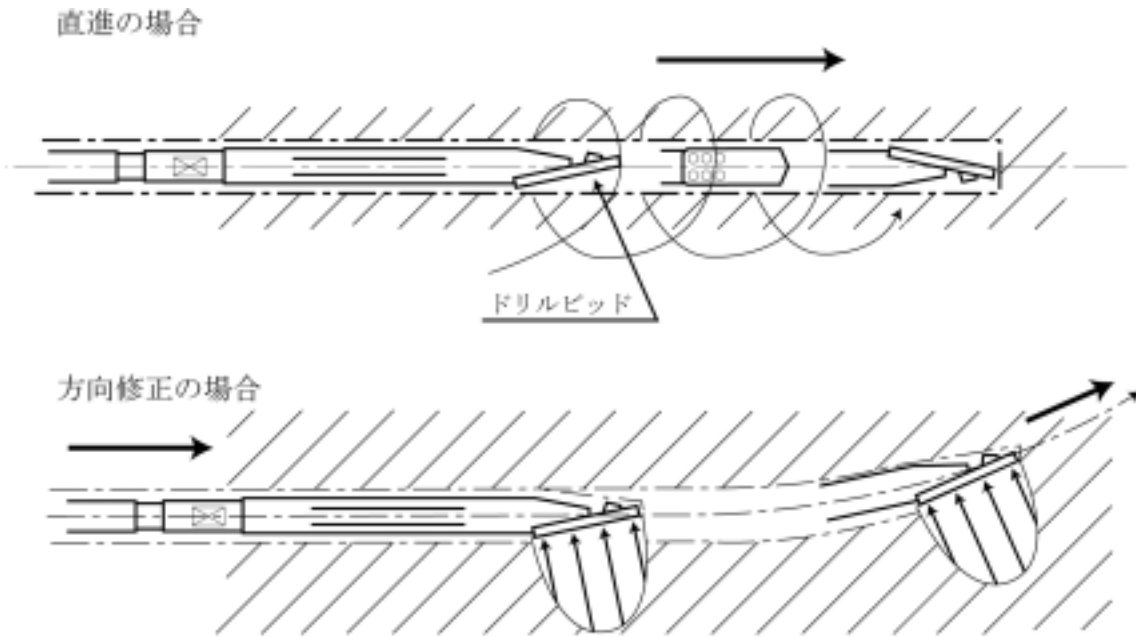


図 1-5 方向修正の原理

(2) HDD 工法の特長

HDD工法は、ガスや上水道などの圧送に用いられる管路や、電力ケーブル、光ファイバーケーブルなどの埋設管路形成に最適な工法です。

対象となる埋設管はポリエチレン管、鋼管、ライニング鋼管など多種多様ですが、基本的に引込埋設のため、接続部分も含めて引張強度が十分である必要があります。適当な被覆を施した光ファイバーケーブル、電力ケーブル等では、ケーブルを直接引き込むことも出来ます。

主な特長は次の通りです。

1) 地上発進型の非開削工法

従来の小口径推進機とは異なり、機械本体は地上に設置する。従って立坑に基礎コンクリートの打設は不要で、立坑築造費用は少ない。また機械の設置・位置修正も容易である。

2) 最小限の開削

開削が必要なのは、発進坑、到達坑およびドリルロッドを最初に地面に貫入させるための貫入口のみである。機械本体が地上設置なので発進坑、到達坑の大きさは最小限で済み、舗装の復旧費用も少なく経済的な工法といえる。

3) 環境負荷が極小

排出する掘削土砂量も小さく、環境への負荷が非常に少ない工法である。また、交通渋滞を招く可能性も低く、開削工法に比べ騒音も小さく周辺住民へ迷惑をかけることの少ない工法でもある。

4) 迅速・確実な施工

条件にもよるが、ごく一般的な開削工法に比べて少ない作業時間で施工を完了することができ、地表への影響がほとんど無い工法である。

HDD工法の施工実績は、平成6年4月から16年3月までの10年間で540kmを超えています。このうち概ね70%がガス管で、その他は下水（農業集落排水などの真空式または圧送式）が約20%、上水が約6%、情報ボックスなどの通信ケーブル用管路が4%となっています。

(3) HDD 工法の施工機械

現在国内には、数種の外国製機械と1種類の国産機が稼働しており、この他にも超大型の機械が数機種輸入されています。それぞれのメーカーごとに他社にない特長を持っています。表 1-1 に現在国内で稼働している主な機械の特長をまとめて示します。なお、詳細は各工法協会または機械メーカーにお問い合わせください。

表 1-1 国内で稼働中の主な HDD 機械とその特長

機械名称	メーカー/代理店	協会・主な施工者	主な特徴
フローモール	UTILIX(米)	(株)関配	都市ガス管路敷設で最も実績のあるHDD工法。汎用型(推力1t、引力8t)とパワー型(推力15t、引力20t)の2種類がある。先端ノズルから噴射するジェット水による削孔がベースとなっており方向修正が容易。さらに可とう性の高いロッド(32mm、許容曲率R=14m)の組合せにより曲線施工や埋設物の比較的多い現場施工に向いている。
ディッチウィッチ	CMW(米) / 日本ノーディックテクノロジー	アーバンノーディック工法協会	管種・口径・土質に応じた機種が4種類あり、各種形状のドリルヘッド、リーマの他ビパテルリーマ等豊富な拡張工具が揃っている。またボアジェルという滑性能力が高く内径保持能力の高い泥水材も有している。
グルンドドリル	トラクトテック社(独) / 伊藤忠建機(株)	グルンドドリル工法協会	引力6.5t、10t及び13tの3機種が主に使用されている。最高毎分1000回の打撃機能があり、ベントナイト泥水とこの打撃機能により極めて軟質な土から硬質土、玉石混じり土まで広範囲の土質に対応できる。
テラジェット	テラ社(スイス) / トーメック	テラジェット協会	テラジェットシリーズは、スタンダード仕様として駆動源とドリル本体が分離し、押力7.5t / 引力15t / 回転トルク最大550kgの5515A型を標準とする。
BC70	コマツ	コマツHDD工法研究会	初の国産機。小型ながら10tの引き力を有しかつ、70dBを下回る静粛性など都市部での使用も想定した設計。ガイダンス付のタッチパネル式操作盤や半自動ロッドチェンジャ等、初心者にも扱い易い上に建機部品採用により信頼性も高い。

第2節 調査

(1) 調査の目的

調査はHDD工法の採否、施工計画立案、施工、完成後の維持管理等を安全かつ合理的に実施するために必要な情報を得ることを目的として行います。

調査不十分のため思わぬ障害に遭遇し、設計変更や工期の変更を余儀なくされたり、関係機関に予想外の支障を及ぼしたり、あるいは思わぬ事故の原因ともなる可能性があるため、調査は十分に行われるべきで、調査のための時間と費用を惜しむことは厳に慎まなければなりません。

(2) 調査の概要

調査は大別すると、設計段階における調査と施工前における調査の二つに分けられます。設計段階における調査では、主として既存資料調査および必要に応じた現地踏査によって、地形、土質条件等を把握し、HDD工法の適用可否の判断材料を得るとともに、他埋設物の状況や道路条件、交通条件等、施工上著しい支障が生じる恐れはないかが判断できる情報を得ることを目的とします。

施工前における調査では、設計段階における調査結果を現地で確認するとともに、必要に応じて試掘や土質サンプルの採取などを通じて、適用可否の最終判断を行うとともに、より詳細かつ具体的な施工条件の確認を行います。

(3) 設計段階における調査

設計段階における調査で実施される項目は概ね下記の通りです。

1) 地形および土質調査

過去の工事や周辺での他工事から入手できるデータにより、地形、土質、地下水位等の概要を把握しHDD工法の適用可否の判定、使用機器の選定等を行う。

2) 他埋設物調査

道路占用台帳等から当該地区の埋設物件を確認し、施工位置の検討を行う。また、他埋設物との離隔が十分であることを確認し、極端に離隔が小さい場合や、埋設物位置が不明確な場合には、試掘等を行う。万一埋設物が障害となる場合には、埋設物の移設、切り回し、防護方法等について検討しなければならない。

3) 支障物調査

地中では残杭、旧水路の残材等の残存物件の有無を確認する必要がある。支障物の状況によっては、補助工法が必要となったり、HDD工法が採用できなくなる場合もある。また、地上では架空線の有無およびその切り回し・防護方法等について検討が必要である。

4) 作業スペース調査

立坑やドリルマシン等の機械が、住宅・商店などの出入口を避けて設置できるか、到達坑後方に埋設管を仮置きするスペースが確保できるか、ドリルマシン等の機械を現場まで搬入可能な道路幅員があるかなどの、作業に必要なスペースに関する確認を行う。

5) 交通調査

HDD工法は、道路を使用して工事を行うことが多いため、交通量の時間的変化を把握し、必要に応じて交通規制等の検討が必要である。

6) その他

上記調査のほかに、場所や周辺の公共施設（病院など）の種類、あるいは精密機器を保有する建物が隣接する場合などには、騒音・振動等の調査が必要となることがある。この場合は調査結果に基づいて影響予測を行い、対策の可否を検討することが必要である。また、地下水・井戸の調査、排水処理施設の要否と処理方法などの調査が必要となる場合もある。このような場合には法規制に従って適切な対策を講じなければならない。

(4) 施工前における調査

施工前における調査では、設計段階での調査項目の最終的な確認が主たる目的となります。従って現地において実施することはもとより、発注者もしくは設計者立会いのうえで行うことが望ましいといえます。実施される項目は概ね下記の通りです。

- 1) 他埋設情報との照会
 - ・他埋設物との離隔が確保されているか？
 - ・貫入口～発進坑に下水取付管、給水管等がないか？
 - ・管引込み時に障害となる他埋設物がないか？
 - ・中間坑の必要性は？
- 2) 施工環境の把握
 - ・車両配置スペース(ドリルマシン・削孔水ユニット)を確保できるか？
 - ・車両出入の障害、商店等の営業への影響がないか？
 - ・管仮置きスペースが確保できるか？
 - ・車両通行止めが必要か？歩行者通路が確保できるか？
 - ・位置計測に支障となる電波障害はないか？
 - ・騒音クレームが起ころうか？
- 3) 車両進入路の確認
 - ・大型車が現地まで進入することができるか？
 - ・規制解除（大型車進入禁止、一方通行等）が必要か？
- 4) 適用土質（試掘時）
 - ・施工可能な土質か？
 - ・滑材は必要か？
 - ・バキューム車、給水の必要性は？

第3節 HDD 工法の適用性

(1) 適用土質

標準的な HDD 工法の適用土質は下表のとおりです。

施工機械の種類や大きさ等によって多少の差がある場合があります。特に下表の適用欄に印が記載されている土質については、各工法協会・機械メーカーにお問い合わせください。

表 3-1 HDD 工法適用土質表

土質分類		N 値	透水係数	適用	特記事項	記号
粘性土	腐植土	N < 1	/		要相談	A
		N 1				B
	粘性土	N < 1			要相談	C
		1 N < 5				D
		5 N < 10				E
		10 N < 20				F
		N 20			要相談	G
砂質土	N < 10	10^{-2}			H	
		$> 10^{-2}$			I	
	10 N < 15	10^{-2}		要相談	J	
		$> 10^{-2}$		要相談	K	
	N 15	10^{-2}	×		L	
		$> 10^{-2}$	×		M	
礫混じり土	N < 10	/		最大礫径 50mm、粗礫率 30%未満	N	
	N 10		×		O	

【凡例】 : 原則として条件に適合する
: 適用にあたっては検討を要する
× : 原則として条件に適合しない

(2) 適用管種と管径

HDD 工法に最も適した埋設管はポリエチレン管で、現在までの施工実績の 90%以上がポリエチレン管ですが、鋼管、ライニング鋼管あるいは推進工法用に開発された鋳鉄管などが使用されることもあります。適用管径は呼び径 50～400mm 程度までです。この範囲外の施工実績もありますが、適用管径は埋設延長や土質によっても左右されます。また機械の仕様によっても異なりますので、特殊な場合には各工法協会・機械メーカーにお問い合わせください。

(3) 施工延長

1) 最大埋設深さ

最大埋設深さは 10m までを標準とします。10m 未満であっても磁気雑音の影響が大きい場合などについては、別途検討が必要です。各工法協会・機械メーカーにご相談ください。

2) 最大埋設延長

土質および埋設管の呼び径別の最大埋設延長は下表のとおりです。

表 3-2 HDD 工法による最大埋設延長 (m) : ポリエチレン管

呼び径 (mm)	記号 (適用土質参照)														
	(A)	B	(C)	D	E	F	(G)	H	I	(J)	(K)	L	M	(N)	O
～ 75	140	140	140	140	140	110	50	70	70	50	50			70	
100	130	130	130	130	130	110	50	60	60	40	40			60	
150	120	120	120	120	120	110	50	60	60	40	40			60	
200	110	110	110	110	110	100	40	60	60	40	40			60	
250	100	100	100	100	100	90	40	50	50	30	30			50	
300	80	80	80	80	80	80	40	50	50	30	30			50	
350	60	60	60	60	60	60	30	40	40	20	20			40	
400	40	40	40	40	40	40	20	30	30	20	20			30	

(付記)

- ・基本的に直線施工での最大埋設延長です。
- ・この表は引力 7t 前後の機械を標準としています。
- ・() 付の土質については要相談。
- ・400 超は要相談。
- ・埋設管は、管接続による待ち時間が無いものとします。

表 3-3 HDD 工法による最大埋設延長 (m): 鋼管

呼び径 (mm)	記号 (適用土質参照)														
	(A)	B	(C)	D	E	F	(G)	H	I	(J)	(K)	L	M	(N)	O
~ 75	140	140	140	140	140	110	50	70	70	50	50			70	
100	130	130	130	130	130	110	50	60	60	40	40			60	
150	120	120	120	120	120	110	50	60	60	40	40			60	
200	100	100	100	100	100	90	40	60	60	40	40			60	
250	50	50	50	50	50	50	40	30	30	20	20			40	
300	40	40	40	40	40	40	40	30	30	20	20			40	
350	30	30	30	30	30	30	30	30	30	-	-			30	
400	20	20	20	20	20	20	20	20	20	-	-			20	

(付記)

- ・基本的に直線施工での最大埋設延長です。
- ・この表は引力 7t 前後の機械を標準としています。
- ・() 付の土質については要相談。
- ・400 超は要相談。
- ・埋設管は、管接続による待ち時間が無いものとします。

(4) 作業スペース

1) 標準立坑寸法

立坑の配置とドリルマシンとの位置関係を以下に示します。

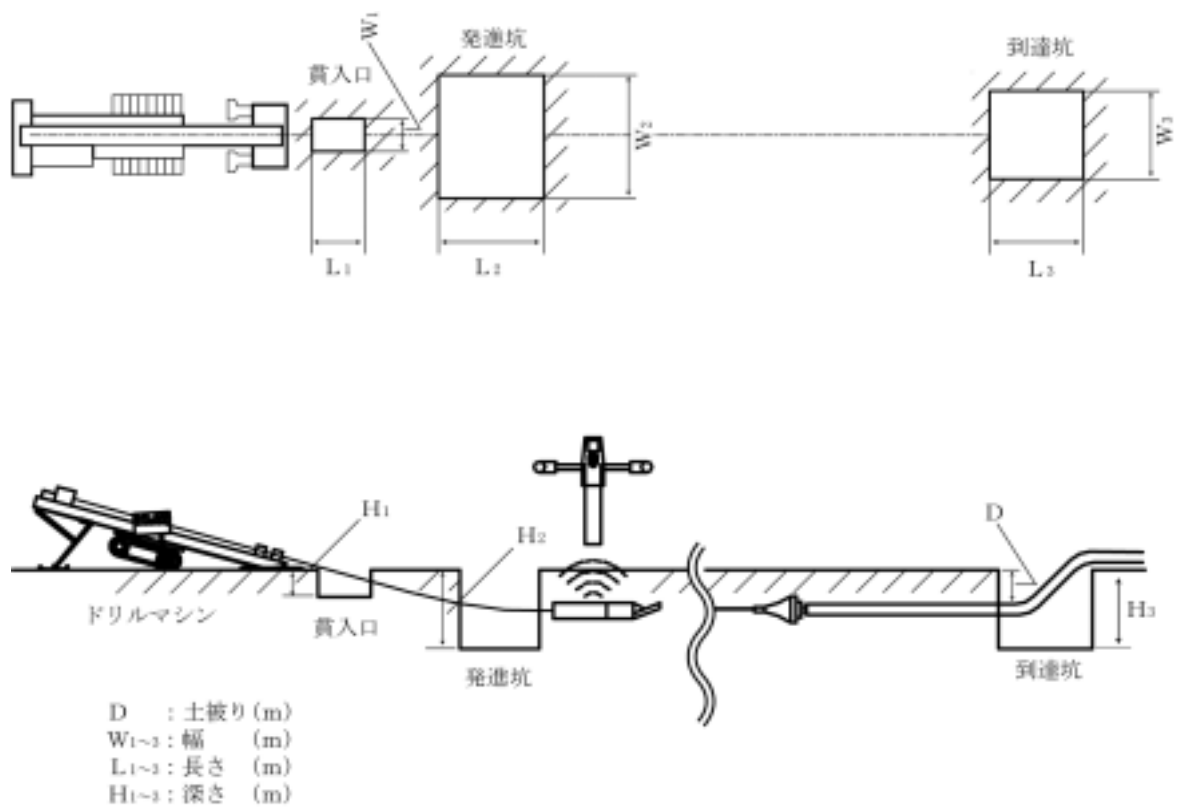


図 3-1 立坑の配置とドリルマシンの位置

貫入口の標準寸法

表 3-4 貫入口の標準寸法

長さ L ₁ (m)	幅 W ₁ (m)	深さ H ₁ (m)
1.0	0.6	0.5

・深さ H₁は、舗装・路盤の厚み、ドリルヘッドの挿入角度により変わります。

発進坑と到達坑の寸法

表 3-5 ポリエチレン管の場合の立坑の寸法

呼び径(mm)	発進坑			到達坑		
	長さ L ₂ (m)	幅 W ₂ (m)	深さ H ₂ (m)	長さ L ₃ (m)	幅 W ₃ (m)	深さ H ₃ (m)
~ 75	2.0	1.2	管底+0.2	2.5	1.2	管底+0.2
100	2.0	1.2	管底+0.3	3.0	1.2	管底+0.3
150	2.0	1.2	管底+0.3	4.0	1.2	管底+0.3
200	2.5	1.2	管底+0.3	5.0	1.2	管底+0.3
250	2.5	1.5	管底+0.5	7.0	1.5	管底+0.5
300	3.0	1.5	管底+0.5	9.0	1.5	管底+0.5
350	3.0	1.5	管底+0.5	11.0	1.5	管底+0.5
400	3.0	1.5	管底+0.6	13.0	1.5	管底+0.6

・発進、到達坑とも長さ L は、埋設管土被り GL - 1.5m までを基準とします。GL - 1.5m 超の場合は、別途検討します。

表 3-6 鋼管の場合の立坑の寸法

呼び径(mm)	発進坑			到達坑		
	長さ L ₂ (m)	幅 W ₂ (m)	深さ H ₂ (m)	長さ L ₃ (m)	幅 W ₃ (m)	深さ H ₃ (m)
~ 75	2.0	1.2	管底+0.2	8.0	1.2	管底+0.3
100	2.0	1.2	管底+0.3	10.0	1.2	管底+0.5
150	2.0	1.2	管底+0.3	18.0	1.2	管底+0.5
200	2.5	1.2	管底+0.3	22.0	1.2	管底+0.5
250	2.5	1.5	管底+0.5	別途ご相談		
300	3.0	1.5	管底+0.5			
350	3.0	1.5	管底+0.5			
400	3.0	1.5	管底+0.6			

- ・発進、到達坑とも長さ L は、埋設管土被り GL - 1.5m までを基準とします。GL - 1.5m 超の場合は、別途検討します。
- ・立坑内で溶接作業をする場合、長さ L₃ は鋼管の長さ+1.5m とします。

鋼管の場合の到達坑の計算

到達坑の長さ L₃ は、以下の計算式により算出します。

$$\text{長さ } L_3 = R \sqrt{1 - \left(\frac{R - D}{R} \right)^2} + \text{余長}$$

ここに、R= 埋設管の許容曲率半径

D= 埋設管の土被り

埋設管の許容曲率半径の例は以下のとおりです。

表 3-7 鋼管の許容曲率半径の例

呼び径(mm)	許容曲率半径 / 地上(m)
100	75
150	107
200	141

アプローチ距離

貫入口から発進坑までのアプローチ距離 $X(m)$ の算定は、以下の計算式によるものとします。

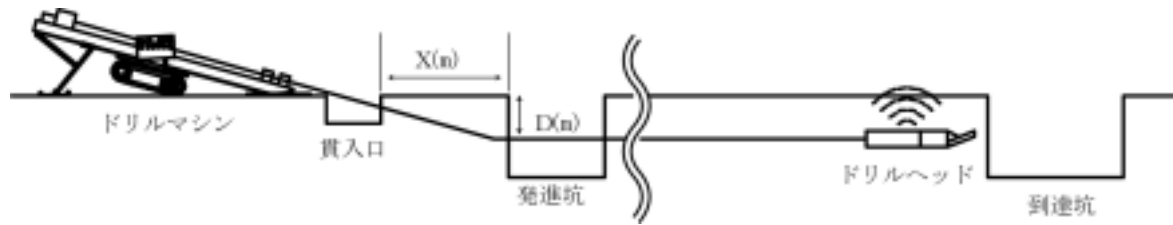


図 3-2 施工図

$$X = \sqrt{2RD - D^2}$$

ここに、

R : ドリルロッドの許容曲げ半径(m)

D : 発進坑でのロッド削孔深さ(m)

(5) 適用最小土被り

HDD 工法適用の最小土被りは下表のように設定します。

表は粘性土の場合の値を示します。砂質土の場合には表の値の 1.2 倍程度の最小土被りが必要となります。

表の数値は、実績から求めた、ほぼ安全に施工できる最小土被りの目安であり、土質条件や舗装の種類や厚さなどによって、また、施工機械の種類や施工方法（プレリーミング回数など）によっても変動します。従って、表の値よりも浅いところに施工した実績もあり、表の深さでは施工できない場合もあります。

最終的には現地調査を行って判断する必要があり、各工法協会・機械メーカーにお問い合わせください。

表 3-8 呼び径別最小土被り（粘性土の場合）

呼び径(PE 管)	管外径(mm)	最小土被り(mm)
50(JIS)	60	700
50(ISO)	63	
75(JIS)	89	
75(ISO)	90	
100(JIS)	114	800
100(ISO)	125	
150(JIS)	165	1100
150(ISO)	180	1200
200(JIS)	216	1400
200(ISO)	250	1500
250(ISO)	315	1800
300(ISO)	355	2000
350(ISO)	400	2400
400(ISO)	450	

・上記を超える大口径管の場合には、別途ご相談願います。