

大林式ホリゾンタルオーガ工法について（その1）

齋藤二郎 平間邦興
木村薫 羽生田吉也

The Ohbayashi-Horizontal-Auger Method (Part 1)

Jiro Saito Kunioki Hirama
Kaoru Kimura Yoshinari Hanyuda

Abstract

This method concerns boring horizontal holes for burying pipes by means of the Ohbayashi-Horizontal-Auger Machine installed in extremely narrow vertical shafts such as for deep foundation piles. The drilling apparatus consists of spiral screws and casings which are of fixed lengths, and these are jacked and rotated forward with additional lengths joined in sequence so that a pipeline can be inserted. The machine is driven by oil pressure and set apart from the power pack and therefore is of compact shape. Since the outside casing and inside screw are rotated in opposite directions there is little swaying of the body, while moreover, the required thrust is made smaller through rotation of the casing. The method and machine used are described in this paper along with two field applications.

概 要

この工法は、例えば、深礎坑などに代表される極めて小断面の堅坑内に大林式ホリゾンタルオーガを据付けて、地中に横孔を穿ちながら管渠の埋設を行なう方法である。掘削部がケーシングとスパイラル状のスクリューとから成り、これらの定尺のものを土中へ回転掘進させては継足しながら横孔を形成して所定の管を埋設する。駆動部を内蔵する掘削機は全油圧式で、油圧ユニットとは分離されており、また特殊な推進方式に依るので全体がきわめてコンパクトである。また内外のスクリューとケーシングとは、互いに逆方向に回転掘進する為に、本体の揺動もなく、特にケーシングの回転により所要推進力を小さくすることに成功した。また無騒音、無振動工法でもある。筆者らは、当初、土中の浸透水を抜くための管渠を施工する法面安定化の目的で本工法の開発をすすめてきたが、この工法の有する形状的、機能的、経済的な利点から現在では、広く下水管などの埋設施工に利用されるに至っている。本報は、2つの実施例を含めて、この工法の概要を示したものである。

1. まえがき

上下水道、ガス、電力および通信ケーブルなどの地下敷設に伴う管渠の埋設工事は、近年、都市周辺でますます多くなってきており、きわめて悪条件下での施工が要求される場合も多い。現在、一般に行なわれている小口径および中口径管の埋設方法としては開削工法や、管内に人間が入って掘削をする推進工法などがある。しかし、その施工にあたって既設構造物の損傷、騒音、振動、地盤沈下、交通渋滞などの公害、作業の安全性、掘削断面の限界、および経済性の面などに問題があるため、最近、新たな方式による水平ボーリング工法が注目を浴びるに至っている。

この報文で紹介する大林式ホリゾンタルオーガ工法とは、極めて小断面の堅坑内から横孔を穿って管渠の埋設が可能であるという特徴を有し、新たに開発した

全油圧駆動の掘削機を使用する無騒音、無振動工法である。また、従来のこの種の機械に比べてきわめてコンパクトであり、かつ高精度、高能率な掘削機能を有している。

したがって、地汙り地域における急峻な法面上などにおいて、集水井から複数の有孔管を埋設して、これを集水孔とし、地中の浸透水を排除して法面を安定化する方法にも用いられており、その用途はきわめて広範といえる。

すでに、これまで幾つかの工事に適用し良好な結果を得ているので、ここに大林式ホリゾンタルオーガ工法と装置および実施例について概説する。

2. 大林式ホリゾンタルオーガ工法、装置の特徴

油圧ユニットを分離した掘削機本体を堅坑内に設置

して、尺取虫様に推進される掘削機構によって、定尺長のケーシングとスクリーを継足しながら相互に逆方向の回転を与えて横孔の掘削をすすめる本工法は、幾つかの有力な特徴を有している。その主なものをまとめると次のようになろう。

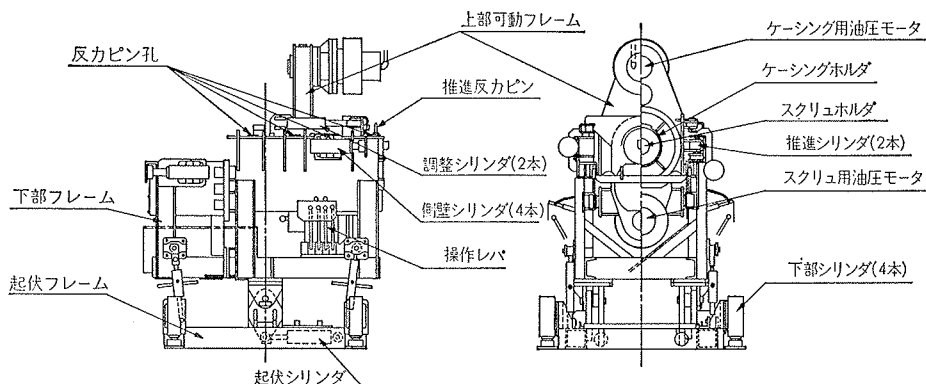
- (1) 堅坑として、きわめて小断面のもの（例えば、深礎坑で2000φmm以上）を利用できるので、在来の工法に比して占有する作業面積が非常に小さくてすむ。
- (2) 機械本体が小型軽便であり、しかも穿孔能力はきわめて大きい。
- (3) 本体は2つ割にでき、中間フレームを挟ませることにより長尺物のケーシング、スクリーを用いて施工することも可能な構造となり、大型の堅坑にも対応できる。
- (4) ケーシング、スクリー、を相互に逆回転させながら掘削できるので、過大な推進力を必要とせず、機械本体のバランスもよく、高い施工精度が期待できる。
- (5) 推進力が小さいので、土留板への作用も小さく特別な反力壁体を必要としない。
- (6) 掘削機は全油圧式で操作も簡単であるので、熟練を要せず、また坑内の電気配線も溶接用ケーブル以外には無く、作業性および安全性に優れている。
- (7) 一つの堅坑内から複数の埋設管をたやすく放射状に施工できる。
- (8) 地山の圧密拡大による横孔形成でなく、常にスクリーのコンベア作用によって掘削土の連続排出を行なうので、周辺土へのかく乱や応力を過剰に発生させることがない。
- (9) 本体に起伏フレームを装着すると、±15°以内の傾斜を付けることができ、狭い堅坑内での操作が容易となり、任意の埋設勾配に対応できる。
- (10) スクリーは中空状であり、このスイベル装置によって薬液注入が可能である。また硬質地盤にはウォータージェット併用による掘削もできる。

3. 大林式水平掘削機の機構と施工法

この工法の作業手順としては、まず、発進堅坑として深礎坑（2000φmm以上）などの小型堅坑を所定の深さまで掘り、その底部に鋼製架台を設置する。この架台はフレームを円型に加工して脚を付けたもので、これにより形成された空間にズリを一時的に貯積する一方、掘削機本体が水に浸るのを防ぐ。次に掘削機本体（図一1参照）を、掘削軸と埋設管の設計方向とが一致するようにして架台上に吊降す。地表には、本体の動力源である2台の油圧ユニット、ジェネレータ、換気設備、揚重設備、材料などを配置する（図一2参照）。つづいて、埋設管の設計に合せた姿勢を掘削機本体に与える。すなわち、管の埋設勾配に相当する傾斜角を起伏シリンダの伸縮により設定しつつ、穿孔位置に対する上下方向の調整を下部シリンダにより行なう。本体の姿勢制御を終えた後、側壁シリンダを伸張させて、前後方向の掘削反力を堅坑土留板にとる。通常は、シリンダ先端部と土留板との間に、スペーサとして鋼製フレームなどを挟む。

次に、横孔の掘削に入るが、まずケーシングとスクリーとの掘削先端部の一対を本体の各ホルダに据付けて、相互に逆回転させながら地中に推進させる。次にケーシングとスクリーの間部部の1組（通常、長さ600mm）を、一端は先行した掘削部に接続し、他端は本体のホルダにセットして同じく推進させる。あとは同様な作業を繰り返す。

ここで、掘削機構は、ホルダを内蔵する上部可動フレームとこのフレームを下部フレームのガイド溝に沿って前後に摺動させる2本の推進シリンダにより構成されている。また本体のコンパクト化を図るため、推進シリンダのストロークを短かくとり、推進作業は反力ピンをピン孔に差替えながら、シリンダの伸縮により、



図一1 大林式水平掘削機全体図

さながら尺取虫様に3段階にわたって行なわれる。

以上の掘削作業が終わると、ケーシング内部のスクリュを引抜くが、埋設管の用途、形状などに応じて、以下のような方法を使いわける(図-3参照)。

(1) ケーシングそのものを埋設管として使用する場

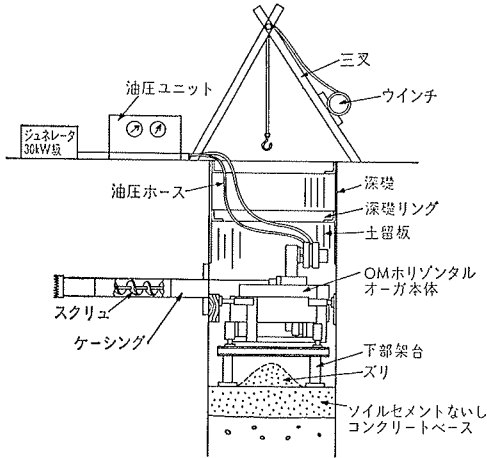


図-2 施工状況の概略断面

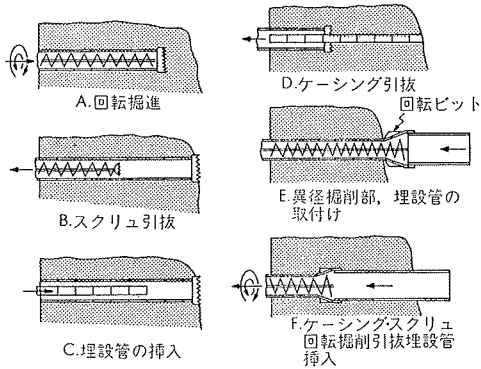


図-3 掘削、埋設作業の手順

ケーシング掘削機	掘削トルク	常用 1000kg-m (最大 1500kg-m)
	回転数	1~3 rpm
	電動機	7.5kW×6p 三相誘導 全閉外扇型
	油圧ポンプ	可変吐出型, RPV-40-320, 140kg/cm ² , Q=7~22 l/min
	油圧モータ	RB-300J, 1.36 l/rev
	減速機	i=1/3.95, 遊星歯車機構
スクリュ掘削機	掘削トルク	200~500 kg-m
	回転数	10~25rpm
	電動機	11kW×6p 三相誘導, 全閉外扇型
	油圧ポンプ	可変吐出型, RPV-100-320, Q=29~73 l/min, 140kg/cm ²
	油圧モータ	RB-300J
推進機	推進力	30TON
	引抜き力	30TON
	電動機	11kW×6p, 全閉外扇両軸
	油圧ポンプ	500kg/cm ² , FG 6-12/12
	油圧シリンダ	ストローク 400mm
掘削用ケーシング		(250~500φ) × 600 lmm
	スクリュ	210φ × 600 lmm
	本体重量	3,500 kg
	本体形状	(高さ 2,500) × (幅 1,550) × (長さ 1,700) mm

表-1 大林式水平シタルオーガ主要諸元

合 A→B

(2) ケーシングを防護材として、内部に塩ビ管などを挿入する場合 A→B→C

(3) (2)においてケーシングを防護材として使用しない場合 A→B→C→D

(4) 特別な例として、埋設管の外径がケーシング内径よりも大きい場合 A→E→F

ケーシング相互の接続方法は、(1), (2)の場合に電気溶接により、(3), (4)の場合には特殊ジョイントによる取外し自在なものを使用する。

4. 現場における施工例

4.1. 汚水管の埋設(施工例1)

千葉県北東部の某宅地造成地は洪積台地とこれを削る谷底に沖積層が堆積したおぼれ谷である。沖積層はG. L. -10m 前後の層厚できわめて軟弱であり、表層の2~4m には腐植土が堆積する劣悪な地盤であり、ここに各種の軟弱地盤改良工法を施工し、所定の盛土を施して宅地とする工事である。

ここで、汚水管(塩ビ管300φ mm)の埋設を土被り5~6m, 延長 44.3m にわたって施工した。汚水管は建設中の幹線路面下を縦断し、かつ、既存の民家に近接することから、開削工法による場合の地盤の塑性流動などに基づく沈下、その他騒音、振動などを防止し、施工後における管の防護を考慮して、大林式水平シタルオーガ工法による汚水管の埋設が採用され、第3章に載記した(2)の方法によって工事を行なった。

まず、延長上の3箇所に2500φ mmの堅坑を設けて、19.3m, 25mの2区間に分け、それぞれの区間に横孔(ケーシング外径 406.4mm)を穿設して塩ビ管を挿入した。その後、各堅坑には人孔を構築して上部の覆工を行なった。

4.1.1. 施工能率 ケーシング(406, 4φ×600l mm)は内部に挿入する塩ビ管の防護管とするため、相互の接続は電気溶接によったが(写真-1参照)、ケーシング1本当たりの溶接時間は3~4minを要し、一方、推進

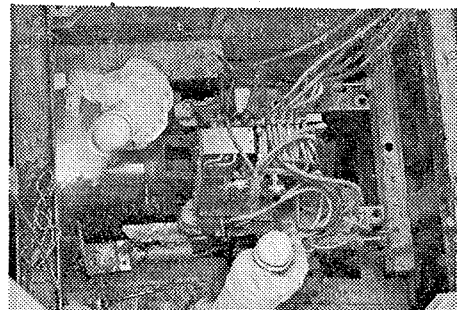


写真-1 ケーシング溶接作業(施工例1)

には 28～34min/本 を要した。

25m 区間における埋設所要日数を例にとれば、段取工—2日、掘進工—2.5日、スクリー引抜工—0.5日、ケーシング内の洗滌および塩ビ管の挿入工—1.0日、間隙の充填工—0.5日であった。

4.1.2. 施工精度 この施工例では、埋設された汚水管の垂直方向の精度は 2/1000～7/1000、水平方向の精度については 3/1000～8/1000 であった。また 2 区間とも右下にずれる傾向が認められた。一方、施工は 2 区間とも突込み勾配になるように実施している。

4.1.3. 掘削力 施工距離 L(m) と、スクリーおよびケーシングの回転トルク T(kg・m)、推進力 P(ton) との関係を示す図を、19.3m 区間における調査結果を例にとって検討を試みる（図-4 参照）。

当該工事における掘削対象土は前述の如く、有機質粘性土層であるため、ケーシングの回転を停止した後再起動時には、周囲の土の付着力が大きく作用して、図に示した値を上まわるトルクを必要とした。そのため、L=6.6m 付近よりケーシング周囲に廃油を塗布して摩擦を減じた。次に L=20m から、試みにケーシングの回転を止めて、推進シリンダとスクリーの穿孔、排土作用のみにより残りの施工をすすめたところ、推進力は 15～16ton と停止以前の 5 倍に跳ね上がり、ケーシングの回転作用が推進力をいかに減ずるかを実際に把握することができた。

4.2. 水抜管の施工による法面の安定化（施工例 2）

奈良県北部の某宅地造成地付近の一部は、地山がきわめて緩いシルト混り砂 (N≧10) と粘土 (N≧20) との瓦層を呈し、砂層の上に 8～10m の盛土が施工してある。この砂層と粘土層との境界面は盛土の法面と同

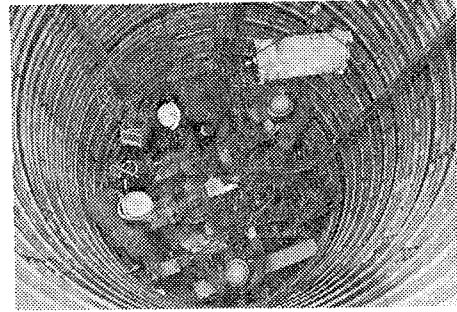


写真-2 掘進作業（施工例 2）

方向（流れ盤状）に 11° の勾配を有する。このため雨水などの浸透水が砂層に流入し、粘土層との境界面のせん断強さを低下させて、その上位に位置する砂層および盛土がすべり易い不安定な状態にあった。

地すべり防止対策の 1 つとして、この区域の斜面の中間に 2 つの深礎坑 (2400φmm) による集水井を設け、おのおの集水井より放射状に長さ 20m の水平ボーリング（有孔塩ビ管による集水孔）を 3 本ずつ施工した。また、24m の深礎坑間は、粘土層を貫くケーシングによってつなぎ、一方の集水井の底部に集まる浸透水を近隣の小河川に流出するため、さらに排水管を施工した。

施工長さは、延べ 150m 及び、使用した塩ビ管 (150～200φmm) の周囲には目詰り防止のためにポリプロピレン製の不織布を巻いてある。

4.2.1. 施工能率 作業員の構成は、機械オペレータ、同補助員、上部揚重設備などの操作員の計 3 名であった。揚重設備として鋼製三叉と 300kg 巻モータウインチとの組合せたものを使用し、深礎坑は、法面不安定地等のためセグメント状のライナプレートを組

立てて、その土留壁に使用した。なお、ケーシング (267.4φ×600lmm) は、特殊ジョイントによる取付けで、取外し自在な構造のものを使用した。

実働 8 時間/日として、20m (集水孔 1 本) を施工した際の所要日数を工程別にみると、段取工—0.5～1.0日、掘進工—1.5～2.0日、塩ビ管の挿入およびケーシングの引抜工—0.5～1.0日であった。

4.2.2. 排水効果 この排水工が完了した時点における総排水量は約 11l/min (15.8ton/day) を示した。

その後、徐々に排水効果が表われるとともに、3.3l/min (4.8ton/day) まで低減し定常状態となり地下水位も約 2m 低下した。しかし多雨時期に入ると排水量

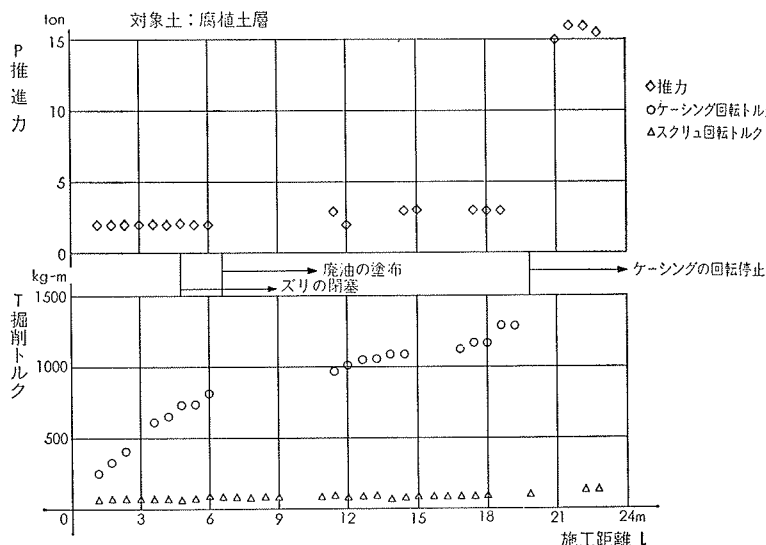
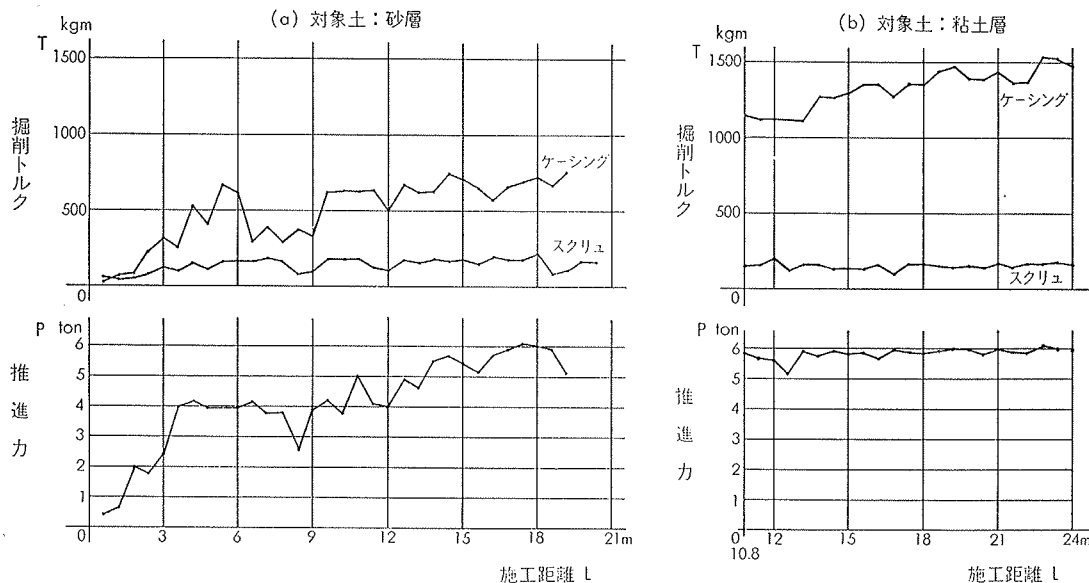
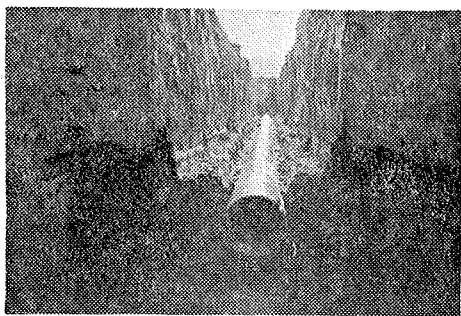


図-4 施工距離と掘削力（施工例 1）



図一 5 施工距離と所要掘削力 (施工例 2)



写真一 3 埋設管の確認

は 8l/min (11.5ton/day) まで増大するなど、きわめて降雨に敏感であり、また効果的に作用している状況が理解できた。

4.2.3. 掘削力 比較的硬質な地山を掘削したため、所要掘削力は大きな値を記録した (図一 5 参照)。

砂層を掘進中における測定では、L=20m 付近でケーシング回転トルクが 720kg・m、スクリュウ回転トルク 180kg・m、推進力 6ton であった。しかし、深礎坑間の掘進施工時、すなわち硬質な粘土層について、L=20m 付近でケーシング回転トルクが 1500kg・m と砂層の約 2 倍の過大な値となった。推進力は 5~6 ton であり、スクリュウ回転トルクも 200kg・m で砂層における値と同程度であった。

5. 結 語

これまでに実施した、いくつかの施工例によってこ

の工法に関する多くのデータが収集された。

施工精度についてみると、殆んどの場合に、切羽に向かって右下にずれる傾向が認められる。下方にずれる原因としては、ケーシングの回転とその自重による影響、ケーシング断面に対してスクリュウがこの下部を掘削するための影響と解釈された。また、右方にずれる原因としては、切羽に向かって、スクリュウが時計方向に、一方、ケーシングが反時計方向に回転し、しかも前者の回転数が後者の約 5~6 倍の高速であるためスクリュウはケーシング断面内の右側にずれると推定される。これらの施工誤差は、本工法が基本的にかかえるものと解釈されるが、この他に機差による影響、さらには据付時の誤差も重ね合わせられて、これらのズレが発生している。

しかしながら、現在、筆者らが開発した振れ止め装置を用いることにより、さらに大幅な施工精度の向上を期待できるとの結論を得ている。

また、これまでの施工実績から経済的に充分見合う工法であることも明らかになった。しかし、現時点では対象土質、現場条件などにより、施工性、経済性などの詳細についてその都度検討すべきであると考えている。

さいごに、この工法の開発にあたって御協力をいただいた各位に、深甚なる謝意を表します。