

大林式水平オーガ工法について（その2）

齋藤 二郎 平間 邦興
木村 薫 羽生田 吉也

The Ohbayashi-Horizontal-Auger Method (Part 2)

Jiro Saito Kunioki Hiram
Kaoru Kimura Yoshinari Hanyuda

Abstract

In succession to Part 1, this paper reports on how to improve the accuracy of the subject method, while as an example, experimental work in construction of sewage lines at reclaimed ground is given. That is, together with the effect of casing rotation which is the feature of this method, guiding equipment with self-contained rollers was provided to support the casing to increase centripetality of the pipe. The equipment is a simple one, and as a result of its use it was possible to finish the work successfully. In effect, the errors were at most 3.5%. The test site incidentally was originally a coast line so that groundwater level was very high, while the soil to be excavated had a remarkably complex structure. It was interesting to note that there were changes in cutting force after stoppages, and further examinations will be made regarding this point.

概 要

この報文は既報に引きつづいてO・M-水平オーガを使用した海岸埋立地における汚水管の工事を例にとり、施工精度を高める技術手法などについての概要を示したものである。つまり、本工法の特長であるケーシングの回転と合わせてローラを内蔵した鋼管誘導装置によってケーシングを支承して掘進時の求心性を増大させる方法を探った。その結果、この工事における施工誤差を3.5%以内に納めることができた。特に現場は海岸埋立地の地下水位の高い区域で、掘削対象土もシルトを主として粘土、細砂などが複雑に入り組んだ層で、また小さな滞水層に遭遇するなど施工条件の悪い所を克服しての成果だけにかかり評価を与えることができる。他方、掘削抵抗が作業状況に沿ってどのような変化をするのか調査をおこなっている。これによると、施工距離の長短による影響よりも作業休憩後とかケーシングの回転停止後の管周辺土の強度回復の及ぼす抵抗が著しく、またずりがケーシング内部に閉塞する際にもその影響の大きいことも認められた。

1. まえがき

この工法に関する詳細な施工方法、特長などについては、すでに前報¹⁾で紹介している。この報文にはより信頼性の高い施工をおこなう上での方策をあげて、横浜市金沢区の埋立地における汚水管管理設試験工事を例にとり具体的な効果も示した。

施工精度についていうと、大林式(O.M.)水平オーガ工法に限らず、この種の水平ボーリング工法では一般に推進の開始後の掘削管数本の姿勢で決定されると言われている。掘削機の据付け時間が掘削工の大部分を占め、掘進作業も開始時の数本にかなりの時間が費やされるゆえんである²⁾。

本工法では、掘削管の誘導装置を組み入れて、初期掘

進時における方向性の確保と掘進中の管の求心性の増大をはかり施工精度を一段と向上させることに成功した。

2. 施工の信頼性の向上

施工の信頼性という点に関して現在の最も進んだ技術は、レーザ光線を立坑内から発して掘削先端部の位置を常時把握し、制御しながら掘進をすすめる方法であろう。少なくとも先端部がどのような軌跡を描いて地中を掘進したのかわかる事は有意義である。しかし、掘削管の一部である先端部の方向だけを制御して後続の管をも追従させようというこの方法では、対象土の強弱によって工事の成否が左右される要素がかなりあることが容易に予想される。

さて、大林式水平オーガ工法においては次の

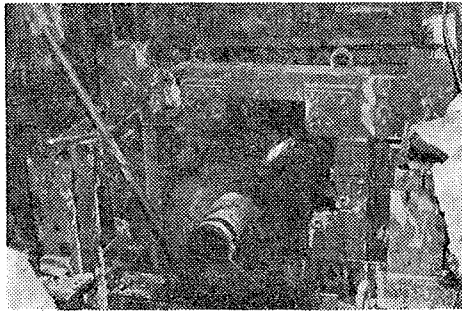


写真-1 鋼管誘導装置

ような方法によって信頼性の高い施工を推進している。

まず掘削管であるケーシングの半径方向の振れを防止し、管の求心性を増大させる鋼管誘導装置（写真-1参照）を併用して掘進をおこなう。ケーシングに回転を与えながら推進させている本工法にはこの装置が極めて効果的になる。掘削機本体の前面の立坑壁に剛結された装置は、数個のローラでケーシングと接する。先行したケーシング、スクリュの荷重を本体から切り離された際に支え、またこれらの回転時には設計方向から逸れることを防止して回転体であるケーシングの求心性を助長する。この結果、埋設管は計画に適合したものとなり、もしケーシング内に塩ビ管などを挿入する施工であれば、これらの管相互のクリアランスも利用してより高精度なものを期待できる。

以上は比較的に強度の一樣な地層内への方法であるが、強度の異なる地層の境界面付近に沿った工事とか流木などの掘削障害物の点在が予想される場合は、許容誤差内に掘削管を推進できる保障はない。そこでこのような条件下では、前述の装置の他に、予め誤差を修正できる機構を組み込んでおく必要がある。

大林式ホリゾンタルオーガ掘削機では、ケーシングに

正逆の回転を与えることが可能あるが、掘進時には時計方向の回転を与える一方、誤差の修正時には反時計方向の回転を与えつつ、到達立坑側に出たケーシングの一部に1~2 ton程度の力を作用して設計位置に矯正する。ここに用いるケーシングの表面は、掘進時には無効で矯正時は有効に機能する刃として管軸方向の切欠きをもつ（図-1参照）。ケーシングの修正後に生ずる間隙は必要に応じてグラウト注入などを施す。

3. 海岸埋立地における污水管の施工

この污水管理設工事は横浜市都市開発局が金沢区の海岸埋立地に大規模な污水管系を設けるにあたり、工事の一部を試験的に当社に発注したものである。本工法についての施工性、施工精度などの具体的な資料を収集し、従来の開削工法と比較検討するためのものであった。

工事主要諸元は次のとおりである（図-2参照）。

汚水管：250φ、但し掘削管（406.4φ×7.9t）を防護管として用いて、内部に塩ビ管（250φ）を挿入。

勾配：10%、許容誤差±5%以内。

延工延長：136m

土被り：8~9m

人孔：第2種人孔1,000φ、25m毎に4箇所。

その他：雨水管

立坑は3,200φのものをⅢ型シートパイルにより人孔位置に相当する4箇所を構築し、本管（A、B、C、D-Line）および枝管（E、F、G、H、I、J-Line）の施工をすすめて、立坑の覆工後に雨水管の施工にあたった。

3.1. 土質概要

付近一帯はシルト、細砂、粘土などからなるしゅんせつ土であり、その表層部には対岸の浅間山から運ばれた

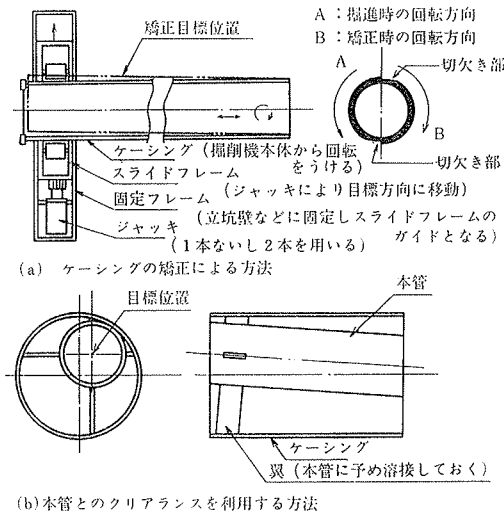


図-1 ケーシングの修正方法

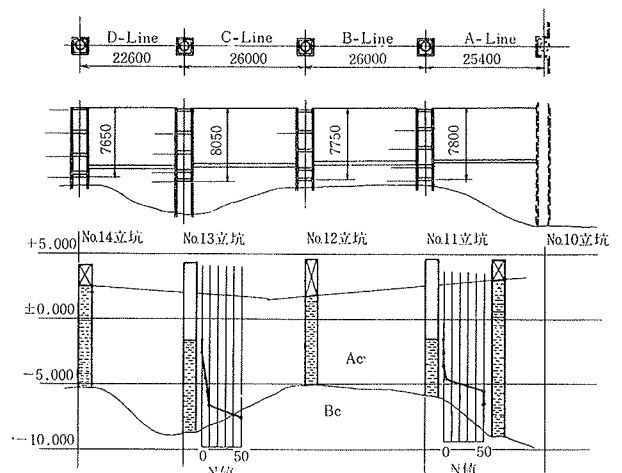


図-2 立坑平面図と土質柱状図

砂層が1~2m厚で堆積する。旧海底の底質の直下には大船泥岩層が起伏し、不透水層を形成している。また海岸線が近くに迫り、G, L 下約3m付近に海水と同程度の塩分を有した地下水位がある。

土質調査として標準貫入試験、静的コーン貫入試験および簡易型の一軸圧縮試験などの現場試験をおこなう一方、室内試験により土の粒度組成などもつかんだ。

No. 11 と No. 13 の立坑付近における標準貫入結果と、No. 10~No. 14 の立坑近辺のボーリング調査から得た土質柱状図を図-2に示す。

これによるとN値50以上の泥岩層をのぞくと、N値7~8以下の層であり、特に立坑下部に相当するG.L. -8~-8.5m付近では0に近い。

立坑の掘削後に同坑内から汚水管管理設予定位置に対して水平方向にポータブル型のコーンペネトロメータを貫入させた試験では、A-Line の No. 11 立坑近傍で $q_c = 7 \sim 8 \text{ kg/cm}^2$ 、D-Line の No. 13 付近では $q_c = 8 \sim 9 \text{ kg/cm}^2$ であった。B, C-Line について図-3に示す。

一軸圧縮試験は B-Line の汚水管管理設予定箇所の一部に、No. 11 立坑内からシンウォールチューブを水平に打設してそのコアについて実施した。力計容量 50 kg の簡易型の試験機を用いたが、一軸圧縮強度 q_u は 0.32 kg/cm^2 を示めし、見かけ以上の強度を有していた。同試料は含水比 $W = 50.7\%$ 、単位体積重量 $\gamma_t = 1.63 \text{ g/cm}^3$ であった。

また No. 11 立坑内の管理設予定位置の一部における土の粒度組成は表-1の如くである。鉄分が相当量混入しているため土粒子の比重 $G_s = 2.75$ と通常より若干大きい値となった。

3.2. 施工方法

すでに幾つかの文献に本工法の具体的な施工方法について紹介しているが¹⁾²⁾、当埋立地における汚水管の施工では、掘削管であるケーシングを掘進させた後に、こ

れをそのまま防護管として用いて内部に汚水本管となる塩ビ管を挿入する方式を採った。

これら二つの管相互のクリアランス約 53 mm を利用して施工誤差の修正をおこなうと最長スパン 26 m 区間においても、 $\pm 2\%$ 程度の勾配の修正ができる。汚水本管を許容誤差 $\pm 5\%$ 内に納めるのに防護管を $\pm 7\%$ 以内に施工すればよい。過去の施工実績では¹⁾、充分可能であり、鋼管誘導装置を併用すれば軟弱なこの埋立地の土質を考慮しても施工は可能であろうと推定した。そこで、特殊な誤差修正方法を用いずに工事をおこなうこととした。

一方、土質調査結果からも明らかなように、機械本体が据付けられる地盤では、十分な支持力は期待できない。そこで大船泥岩層まで達した立坑壁のシートパイルに本体自重等を頂けることとした。

また、掘削対象土はシルト、粘土などからなる完全飽和状態のものであるので、ケーシング周辺の土中の水分が抜けて掘削抵抗の増大する結果、ケーシングの回転が不能になることも予想されたので、廃油を周囲に塗布して減摩作用を期待している。

さて湧水対策については、この施工に不可欠である。地下水位が高いうえに、施工も多雨期の4月~6月にあたり掘削時にかなりの湧水が予想された。このため、まず上部に雨水管を埋設するための開削を兼ねてG.L. -1.5mまで掘り下げ、二段掘として各立坑を構築することとし、この際、あらかじめ全立坑を取巻くウエルポイント群を設けて排水をおこない地下水の低下を図った。

4. 施工結果と考察

汚水管の埋設がおこなわれた期間は降雨日が多く、雨など上部からの浸透水に対してウエルポイントは効果があった。その一方、表層以外のしゅんせつ土などにおいては透水性が低いために、期待した効果は得られず、ケーシングの掘進時に滞水層に当り、小量ではあるが地下水がずりを伴って流出してきた区間もみられた。

しかし、本工法はこれら条件にかかわらず期待する成果が得られ、開削工法との差は歴然としていた。第一に開削部分が小さく土留設備等が全く違っており、第二に汚水管の施工の際に上部地盤を掘削で乱すことがないなど本工法の特長が生かされた工事になった。

O.M.-水平ルオーガに依る掘削は4月22日~5月23日までおこなわれた。その工程の内訳についてしめすと、段取工に9.5日、掘進工に14.5日で実質24日を要している。実掘進長は121.8mであり、所要日数で除せば平均5.1m/日である。また施工精度も、防護管につ

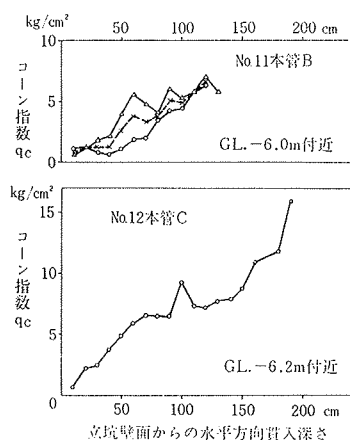


図-3 コーン指数 q_c

粒 度 組 成	レキ分(%)	0
	砂分(%)	6.5
	シルト分(%)	60.5
	粘土分(%)	33
土粒子比重	G_s	2.75
単位体積重量	γ (g/cm ³)	1.63*
含水比	W (%)	50.7*
コーン指数	q_c (kg/cm ²)	8*. **
圧縮強さ	q_c (kg/cm ²)	0.328*

* ; No.11立坑 B-Line入口付近
** ; B-Line入口付近で、No.11立坑より2m前後の箇所について

表-1 土質性状

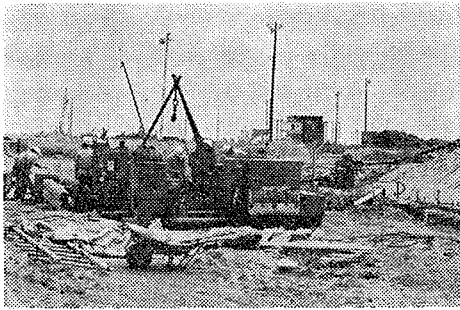


写真-2 竖坑付近全景

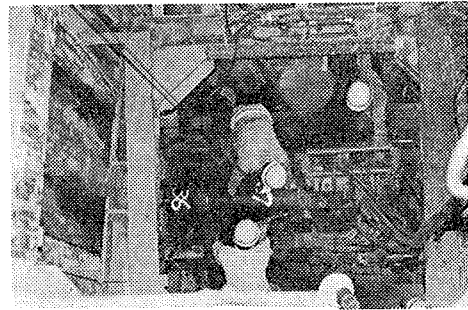


写真-3 ケーシング継足し作業

いての調査では、約1/300以上と施工条件を満足するものであった。

4.1. 施工能率

3人の作業員（機械オペレータ、溶接工、とび工）および監督者1人が実働8時間/日で施工を進めた。

各立坑間に防護管（約23m）を施工するのに必要な日数を工程別にみると、平均して段取工-1.5日、掘削工-2.0日であった。

ケーシング1本についての掘進速度は、平均20~25分であったが、例えばB-Lineの施工では、ずりがかなりの粘性を帯びて、掘削機本体の排土孔に付着したためにその処理に多くの時間を費やし、ケーシング1本を掘進させるのに60分もかかることがあった。

掘進速度に占める溶接時間は3~4分でスクリュとケーシングの1組を継足す時間に5~6分、残りが掘削時間である。

4.2. 施工精度

枝管を除く各立坑間の4スパンについて、防護管の施工精度を調査した（表-2参照）。

これによると垂直方向は総べて3/1,000以内、水平方向は4/1,000以内になっており、塩ビ管を挿入後の精度は施工条件である±5%の許容誤差範囲内におさまるものとなった。

水平方向の精度が垂直方向のそれと較べて若干ばらつきが大きいのが、後者はレベルおよび精度傾斜計によって機械姿勢を設定できたのに対し、前者では作業員の勘に頼るところが多かったことに因る。今後の改善を要する箇所である。

4.3. 所要掘削力

ここに使用した大林式水平式オーガ掘削機は試作第1号機で若干改良されてはいるが、基本的な機械出力については、以前²⁾のままである。しかしケーシング

回転トルク（最大1,500kg・m）は現場においてしばしば極限能力に近いものが必要とされることから計測対象として重要なものである。

ここでは、Line-BおよびCの二つの区間の掘進時におけるケーシング回転所要トルク T_c 、スクリュ回転所要トルク T_s 、所要推力 P の大きさを、掘削状況と照合して調査した（図-4a, b参照）。なお、ケーシング、スクリュの回転数は、それぞれ4~6rpm, 20~25rpmであった。

4.3.1. Line-B施工時 この区間の土質は、表-1の一部に示したような性状であったが、途中でかなりの粘土分を含有したシルト層に遭遇している。そのためずりがスクリュに付着して排土状態が悪くなったが、ずりの量がある程度になった際にまとめて搬出している。

この結果、ケーシングの所要回転トルク T_c についてみると、掘進長さ $L=9m$, 15.6m付近のずりの大量排出直後には、同トルク T_c の低減が認められる。また、 $L=16.8m$ 付近で、ケーシングを逆転（切羽に向かって時計廻り）させたところ、それまでの増加の傾向が1,100kg・m程度に落ちつき、逆転はケーシング周囲の土を著しく乱し強度低下をきたす効果的な作用をもつことが判明した。その後、 T_c が上昇するが、これは1時間程の休憩をとったためで、ケーシング周辺部の土の強度回復によるものと思われる。

スクリュの所要回転トルク T_s は100kg・m前後とほぼ一定で、所要推力 P についてみると、1~2tonであった。両者とも、 L についてあまり変化がない。

さて、 P について $L=14.4m$, 21.6m付近の2箇所にてケーシングの回転を停止させた際の大きさについて調べたところ、回転させた場合に較べて、それぞれの位置で7割, 17割増であった。

4.3.2. Line-C施工時 掘削対象土質はシルト、砂、粘土等が複雑に入り混った状態のもので、掘進の途中に地下水の層に当たり、局部的な湧水でヘドロ状のずりの搬出も見られたが、自然圧密のかなり進んだ層とみられ、掘進長さ L に対するケーシング、スクリュの所要回転トルク、推力ともに、Line-B施工時のそれらの値に較べ

Line名	A	B	C	D
上下方向	1/392	1/380	1/1520	1/467
水平方向	1/353	1/∞	1/285	1/653

各値は機械の掘付勾配を基準としたもの

表-2 ケーシング施工精度

ると大きなものとなっている(図-4 b参照)。L=16 m 付近からケーシングチャック部に廃油が入ってしまって、同時にずりがケーシング内に過剰に蓄積されたため、ケーシング回転トルクの伝達能力の減少と同負荷の増大という相乗作用を生じ、チャックの部位ですべりが起り、ケーシング表面に切削傷を発生させるに至った。そのためケーシング継足し用の溶接時以外は、この回転を停止した。また溶接時におけるケーシングの回転も、伝達トルク 1,500 kg・m をこえると切削傷が著しくなったので、L=20.4 m 以後はケーシングの回転なしで施工をすすめた。

ケーシング回転所要トルク T_c は前記の Line-B にみられるように、ずりの大量搬出後、作業停止期間後には、それぞれ減少、増大の傾向が認められる。

所要推力 P については、ケーシングの回転が定常におこなわれた L=15.6 m 付近までは 3 ton 程度であったものの、その回転が少なくなった L=16.2 m 以降は 5~6 ton と 2 倍になり、さらに完全に停止したときは 10 ton で 3 倍強に至った。

スクリュ回転所要トルクの T_s は 200 kg・m 前後であった。

5. まとめ

実験工事の結果から本工法に鋼管誘導装置を併用することによって、施工の信頼性を高めることが可能であることが明らかになった。また、ケーシングを回転させながら推進させることが、それ自体の求心性を高めると、同時に掘削抵抗を減ずる大きな役割を果たすものであることも確認された。

ところで、しばしば筆者らは本工法が狭い立坑内で採用される場合に掘削管 1 本当りの長さが短くなることから、施工誤差も大きくなるのではないのかという質問を

投げかけられる。これについては次のように考える。

(1) 立坑が小さければ、開削部分も少なくなり、立坑覆工後の埋立土部分の沈下は、その範囲、量とも少なくなること。

(2) 掘削管(ケーシング)の端面をオス、メスのインロに機械加工しているの、これらを継ぎ合わせることに伴う誤差は、一般の胴付方式のものに較べて小さなもので、掘削管の回転によっても打消され、継足し時の若干の誤差も掘進時において特定の方向に影響しない。

この報文は、掘削管の施工のみに着目して述べてきたが、汚水管の埋設にあたっては立坑の構築から覆工までの一貫した管理の重要性はいうまでもない。

例えば、この実験工事では、立坑壁である鋼板の引抜き時における埋設管の伴上り防止策、鏡割り時の切羽崩壊防止策、掘削管の内部の測量方法、同内部への塩ビ管の据付方法などきめ細かな配慮がおこなわれて初めて完全な汚水管系の施工が可能であった。

さいごに、精度的に若干の不安もあったこの工法を勇断をもって採用していただいた横浜市都市開発局の関係者の方々に深甚なる感謝の念をここに表す。

また、富岡工事事務所の後藤所長はじめ宇梶主任他関係者職員に協力をいただいたことをここに記しておわりとする。

参考文献

- 1) 斎藤, 木村, 平間, 羽生田: 大林式ホリゾンタルオーガ工法について(その1), 大林組技術研究所報, No. 14, (1977)
- 2) 斎藤, 平間, 羽生田: 深礎孔を利用した O.M.-ホリゾンタルオーガ工法, 建設機械と施工シンポジウム, 日本建設機械化協会, (1976)

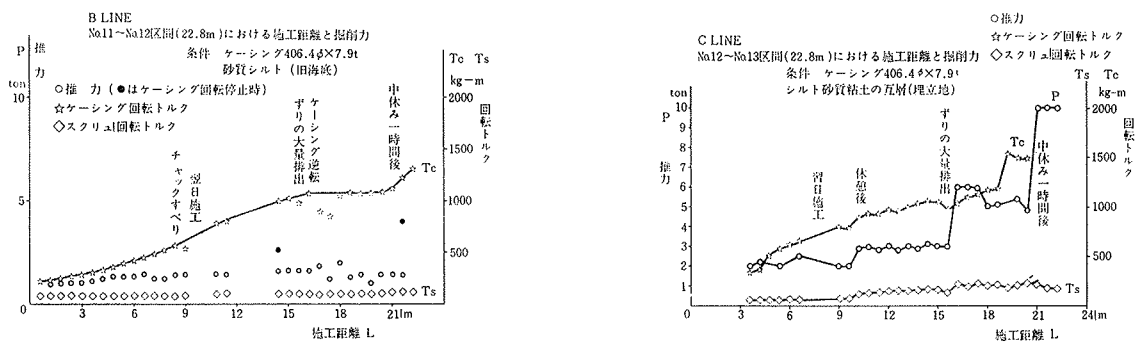


図-4 掘進距離と所要掘削力