

シリーズ第10回

「小口径管推進工法の高度化に関する研究」 超小口径管推進工法の開発

田中 貢	松島 洋	野瀬 達哉	亀井 昭彦	田中 政人
前・建設省土木研究所 機械施工部 施工研究室 研究員	飛島建設(株) 技術本部研究開発部 課長	飛島建設(株) 技術本部研究開発部 主任	住友石炭鉱業(株) 特殊工事本部 担当部長	住友石炭鉱業(株) 特殊工事本部 技師

1. はじめに

近年、小口径管推進工事は急激に増えており、工法も数多くある。工法が対応可能な地質は軟弱地盤から岩盤まで幅広く広がっているが、礫径、礫率を問わず礫地盤を高精度で掘削できる工法が確立されていない。このため、建設省主管の官民連帯共同研究「小口径管推進工法の高度化に関する研究」の一貫として、礫地盤対応の超小口径管高精度推進工法の開発を行った。

この結果、オーガー方式の「ガイドボーリング工法」とロータリーパーカッション方式の「ダブルパーカッション工法」が開発され、実施工が可能となった。本稿では、これらの工法について簡潔に説明する。

2. 工法の説明

2-1 ガイドボーリング工法

① システム

礫径、礫率を問わずに礫地盤を高精度で掘削できる工法とするために、まず第1の方法として、独自の二重掘削システムを考案した。本システムは、図-1、写真-1に示すように、「ガイドボーリング」及び「面板掘削」の2種類の掘削方法を繰り返し行う方式を特徴としており、これによりあ

らゆる礫地盤での高精度掘進を可能にした。

<ガイドボーリング掘削>

ガイドボーリングロッド($\phi 101.6\text{mm}$)を予め先方地盤に1m程度掘進させる。このガイドボーリングロッドの先端には、トリコンビットが取り付けられている。このガイドボーリングは、面板掘削時の方向決定性を高くし、また先方地盤の心抜き効果の役目を果たす。

<面板掘削>

ガイドボーリングロッドに沿って面板($\phi 416.4\text{mm}$)を掘進させる。面板には礫対応のディスクカッターが取り付けられており、礫を効率良く破碎してズリをスリットから取り込む。また、面板は切羽安定の役目も果たす。

方向修正は、上、右下及び左下3つの反力板を地山に張出して行う。また、先導体後方の接続部にはフレキシブルジョイントを設置し、先導体を曲がり易くした。排土は仮管(特殊二重鋼管)内のオーガーにて行い、滑材ならびに削孔水の吐出機構も備えている。

図-2に本システムの概要図を示す。

② 掘削性能

写真-2に示す人工礫土槽(延長35m)におい

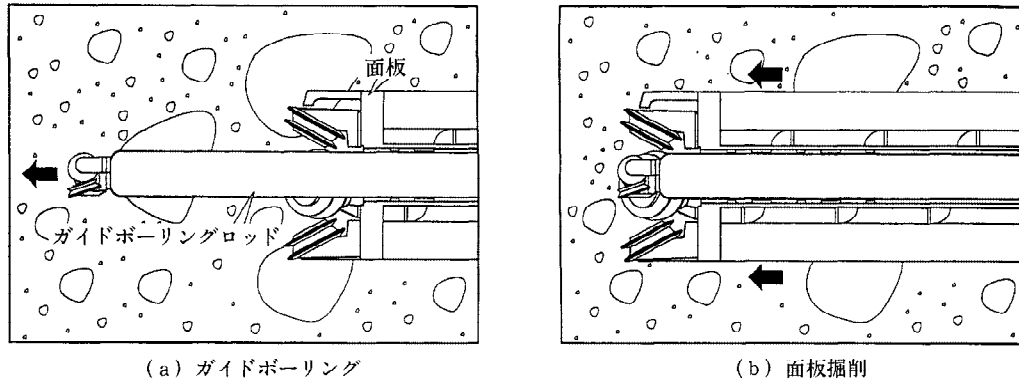


図-1 ガイドボーリング工法 二重掘削方式

表-1 ガイドボーリング工法 掘進実験における礫土槽条件

延長	0～17.5m			17.5～35.0m			
	玄武岩		マサ土	玄武岩			マサ土
上槽材料	φ40mm	φ150～300mm		φ40mm	φ150～300mm	φ800mm	
体積率	16.1%	38.5%	26.5%	10.4%	24.9%	0.4%	41.1%
礫率	69.2%			48.6%			
備考	巨礫は設置していない。			発進側から30m付近の掘進線上にφ800mmの巨礫を1個設置した。			

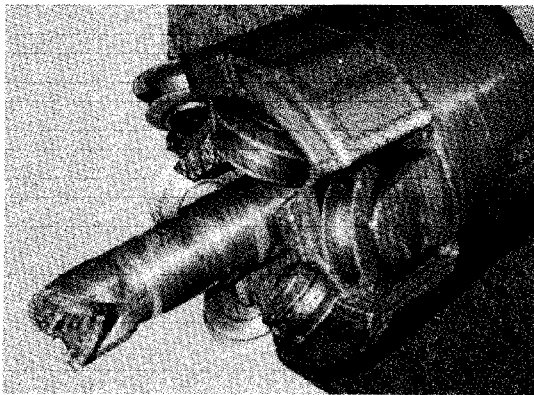


写真-1 ガイドボーリング工法 先導体先端
(ガイドボーリングロッドを先行させた状態)

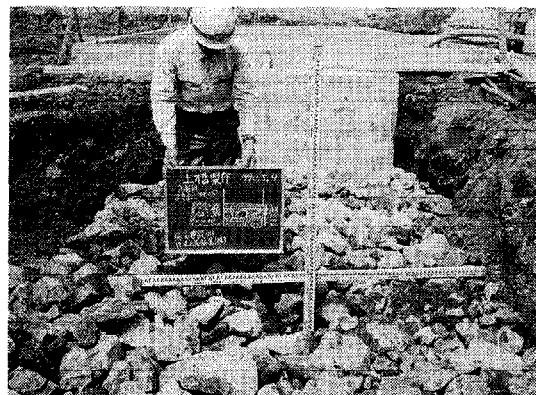


写真-2 ガイドボーリング工法 掘進実験での礫土槽
状況 (φ40～300mmの礫が卓越している)

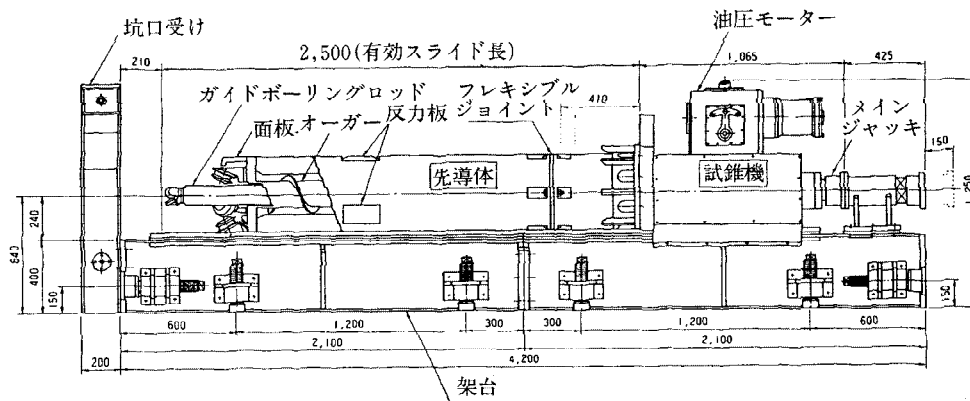
て、掘削性能評価を行った。

礫土槽は、表-1に示すように、礫率を2種類とし、30m付近の掘進線上にφ800mmの巨礫を埋設した。土被りは2.15mとした。

この礫土槽で掘進実験を行った結果を表-2、図-3に示す。この実験の際、30m付近の巨礫掘進時には、推力、回転トルクともに表-2に示す上限値に近い値を示したものの、巨礫下方1/4を容易

表-2 ガイドボーリング工法 掘進実験結果

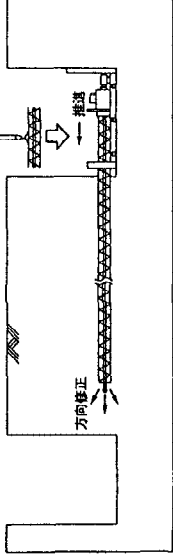
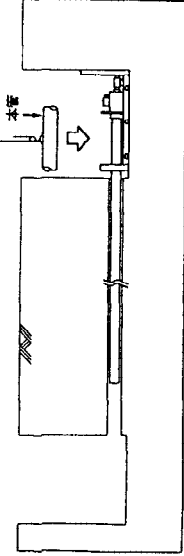
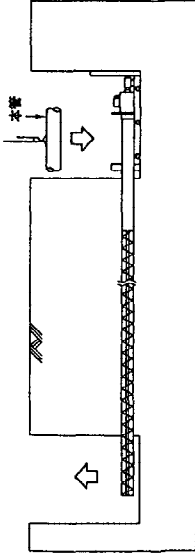
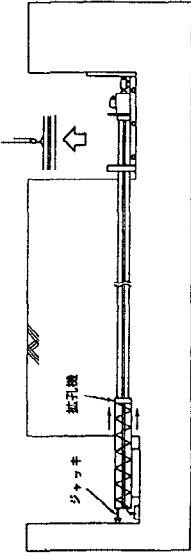
項目 掘削	掘削精度 (mm)	掘進速度(m/hr)			推 力 (t)	回転トルク (kg・m)	回 転 数 (r. p. m)
		確 率		平均			
		大	小				
ガイド掘削	右59 下57	2.32	2.40	2.36	0.8～3.4	19～149	30
面 板 掘 削		2.13	2.44	2.29	9.0～33.0	194～1406	10～13
総 合 値		1.11	1.21	1.16	—	—	—



型 式		GB-300
名 称		二重掘削システムによる小口径管推進機
先導体	面 板 外 径 (mm)	416.4
	ガイドボーリングロッド外径 (mm)	101.6
	長 さ (mm)	2,074
	削 孔	水
	滑 潤 材	ガイドボーリングロッド、面板別供給
	方 向 修 正 装 置	頂部に吐出口1箇所
	止 水 装 置	反力板およびフレキシブルジョイントによる方向修正
試験機	重 量 (tf)	空気圧制御方式ダイヤフラムによる流量修正
	型 式	1.2
	推 進 方 式	YBM MOLE-60
	推 進 力 (tf)	油圧式2シリンダ
	推 進 速 度 (m/min)	148
	引 抜 力 (tf)	0.54
	引 抜 速 度 (m/min)	77
	シリンダーストローク (mm)	1.03
	推 進 方 式	520
	推 進 力 (tf)	油圧式2シリンダ
	推 進 速 度 (m/min)	33
	引 抜 力 (tf)	2.37
	引 抜 速 度 (m/min)	45
	シリンダーストローク (mm)	1.78
	回 転 装 置	300
	スピントルク (kgf・m)	高速 310
	回 転 数 (r.p.m.)	低速 1,200
	回 転 数 (r.p.m.)	最大 46.4
	回 転 数 (r.p.m.)	最大 13.9
	重 量 (tf)	4.5
	寸法 L(mm)×W(mm)×H(mm) (架台込み)	4,500×1,200×1,250

図-2 ガイドボーリング工法システム図

表-3 ガイドボーリング工法 施工手順

仕上がり管径	施工方法	施工方法
300mm 以上	先導体の後部に仮管（特殊二重鋼管）を順次接続しながら推進を行う。この際、先導体に装備されている首振り機構により方向修正を行う。 本管の敷設は、仕上がり管径に応じた施工方式（縮管方式、置換方式、拡孔方式）により行う。 	縮管方式 （先導体+仮管）を推進完了後、仮管を縮管（鋼管）と置換する。縮管内に本管（短じ管）を内挿し、縮管と本管との隙間にモルタルを充填する。  置換方式 （先導体+仮管）を推進完了後、仮管を本管（φ300mmヒューム管のみ）と置換する。 
350mm 以上		拡孔方式 （先導体+仮管）を推進完了後、到達側から、リングカッター-拡孔機により拡孔する。この場合、本管、縮管のいずれも接続可能である。 

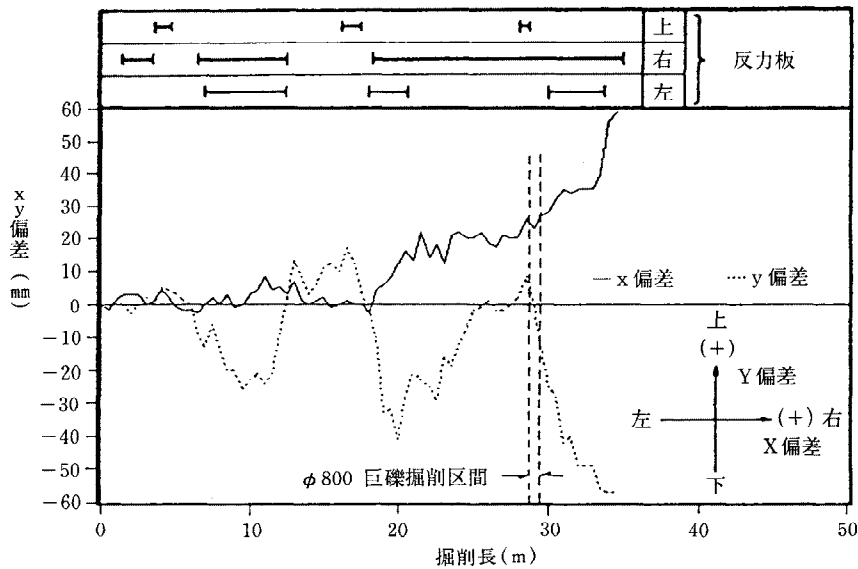


図-3 ガイドボーリング工法 掘進実験結果 (掘進精度)



写真-3 ガイドボーリング工法 掘進実験での巨礫貫通状況 (φ800mmの巨礫を貫通した)

に貫通した(写真-3)。また、礫率の違いによる掘進速度の差は、若干ではあるが、礫率の小さい方が速いという結果を得た。

以上の実験により、「礫径、礫率に左右されず、高精度掘削が可能である。」という従来工法では不

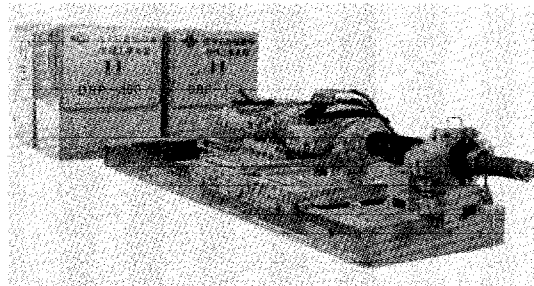


写真-4 ダブルパーカッション工法
実用機第1号機(DRP-150)

可能であった掘削が可能であることを確認した。

③ 機能の拡大

ガイドボーリング工法は礫地盤対応の超小口径管推進工法として開発されたものであり、その基本的機能は本開発において確立されたと判断している。一方、表-3に示すように、鞘管方式、置換方式、拡孔方式による本管敷設方法を適用すれば、種々の仕上がり径に応じることにも可能である。

④ 課題

掘進制御の省力化や高度化を図るため、AIを利用した工法のシステム化も必要であると考えている。

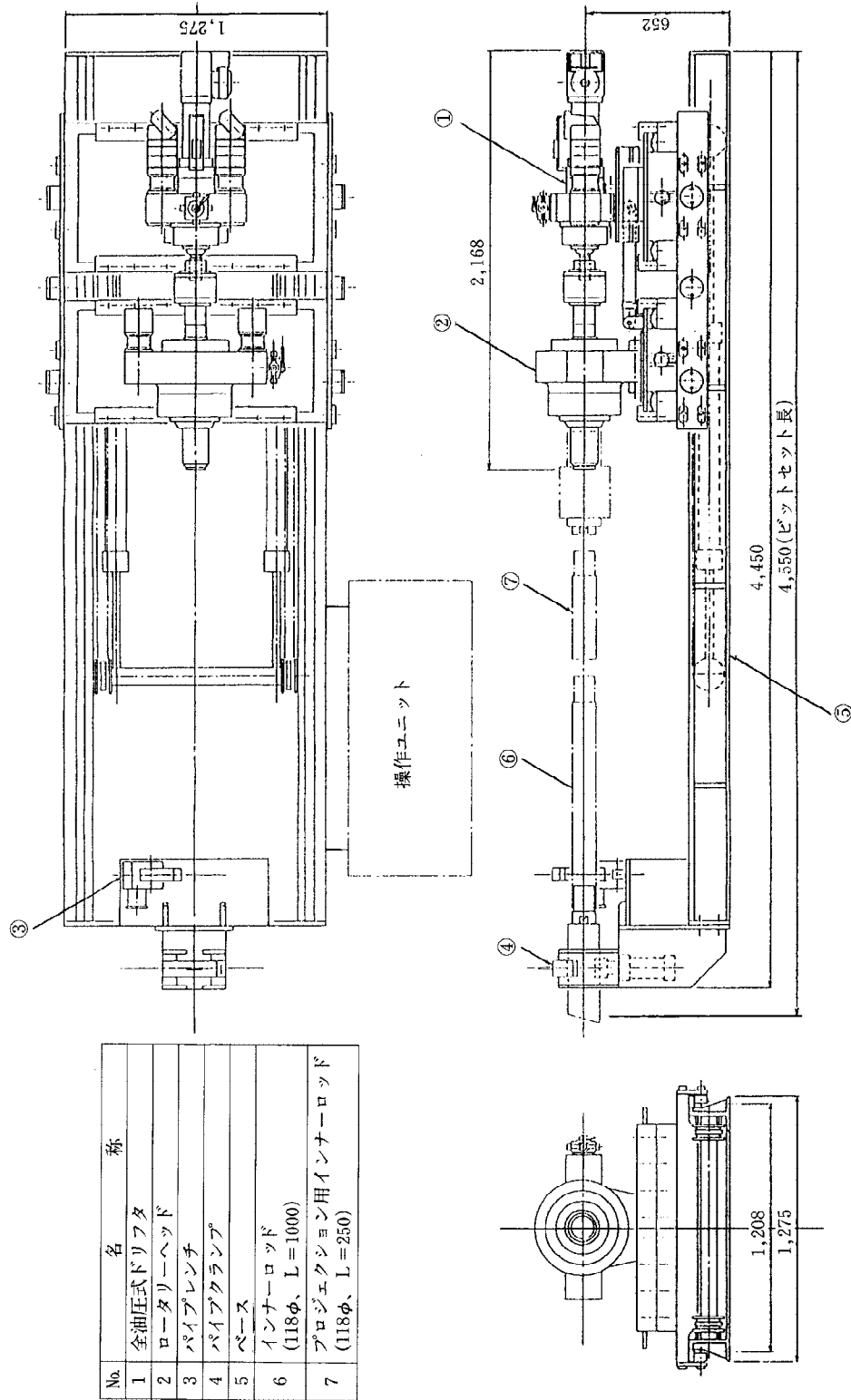


図-4 ダブルバーカッション工法 実用機第1号機 (DRP-150)

表-4 ダブルパーカッション工法 確認掘進実験礫土槽条件

土 槽 材 料	マサ土 + 玄武岩		玄 武 岩		
礫 径 mm	φ40	φ150~300	φ40	φ150~300	φ600
比 重	2.89		2.89		
一軸圧縮強度	1314 kg/cm ²		1314 kg/cm ²		
体 積 率 %	17.9	42.7	19.4	46.3	0.3
礫 率 %	69.2		86.7		
密 度 t/m ²	2.5		2.2		
土槽延長 m	0~10.0		10.0~35.0		
備 考			φ600礫は3.5m毎に1個ある。		

表-5 ダブルパーカッション工法 確認掘進実験結果

(誤差率=絶対偏差÷推進長×100)

実 験 ケ ー ス	水平偏差 mm	誤 差 率 %	垂直偏差 mm	誤 差 率 %	インナー先行距離 mm	土 被 り M
Case 1	188	0.5	1034	3.0	500	2.2
Case 2	108	0.3	810	2.3	350	2.2
Case 3	164	0.5	38	0.1	150	2.2

偏差はXY座標で表すので(+)は右(水平)上(垂直)、(-)は左(水平)下(垂直)を示す

2-2 ダブルパーカッション工法

① システム

礫径、礫率を問わずに礫地盤を高精度で掘削できる工法とする第2の方法として、独自のパーカッションシステムを採用した。本システムは、それぞれが反転回転するインナーロッド及びアウターロッドから構成され、打撃力(パーカッション)もそれぞれのロッドに加えられる。本開発では、現在までに開発されているダブルロータリーパーカッションドリル(KR-806D独製)を採用することとし、これを改良して礫地盤への適用を図った。図-4に本システムの概要図を示し、写真-4に実用第1号機(DRP-150)を示す。

② 掘削性能

クローラータイプからスキッドタイプへの変更等の改良を施した掘削機を製作し、まず、基本的な予備掘進実験を行った。この実験は、延長35mの人工礫土槽において行った。この結果、礫径、礫

率に左右されない工法として基本的な掘削性能が高いことが確認された。

さらに、インナーロッド及びアウターロッドの口径をサイズアップさせ(アウターロッドでφ125mm→φ175mm)、ロッド全体の剛性を大きくすることにより掘進方向の直進性を向上させた改善を行い、予備掘進実験と同様の人工礫土槽で確認掘進実験を行った。礫土槽条件を表-4に示す。この実験により、表-5に示すような結果が得られ、礫径、礫率にほぼ左右されず高精度で掘削できることが確認され、実用第1号機を製作した。

③ 機能の拡大

ダブルパーカッション工法はガイドボーリング工法と同様に超小口径管推進工法として開発されたものであるが、種々の仕上がり径に応じた施工方法(図-5参照)も用意しており、拡張性の高い工法になっている。

この一例として、実用第1号機による実施工例

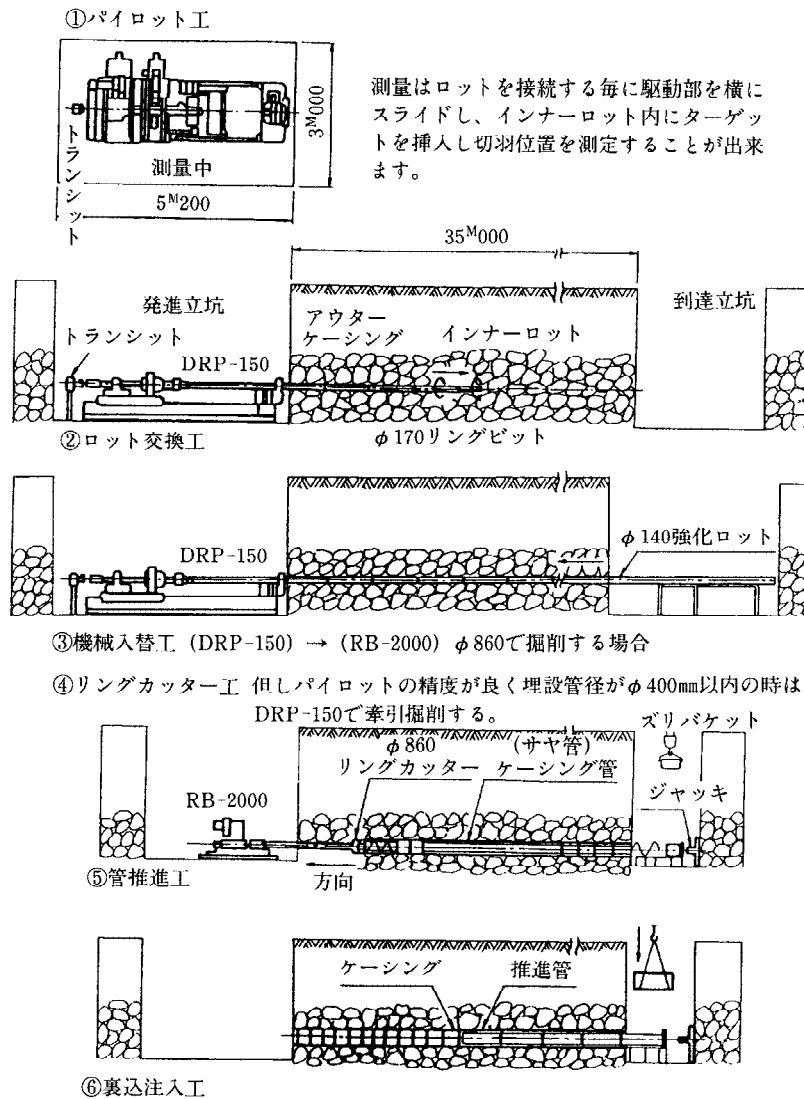


図-5 ダブルパーカッション工法 施工手順

を紹介する。当施工は、ダブルパーカッション工法とリングカッターRB工法(『月刊推進技術』1991年3月号に発表済み)を併用して行った。

工事目的：下水道管渠敷設

施工期間：平成3年12月～平成4年1月

推進長：44.8m

地質条件：礫岩層(0～33m)、礫層(33～44.8m)最大礫径300mm、礫率65%、地下水なし

管渠仕様：φ300mmVU管

〔リングカッター〕

掘削外径：φ560mm

鞘管仕様：φ400×7×1,000mm鋼管

施工は、以下の手順で行った。

- (1) 発進立坑側から到達立坑までダブルパーカッション工法により先行ボーリングを行う。
- (2) リングカッターRB工法により到達立坑側から引き戻し・拡孔しながら鞘管(鋼管)を敷設す

る。

(3) 鞘管内に $\phi 300\text{mm}$ VU管を敷設し、鞘管とVU管の間をモルタル充填する。

この実施工において、掘削性能面では問題がなかったが、最終精度面で掘進長35～44.8mの間において若干の修正が必要であった。

④ 課 題

実施工を通じてさらに掘削のノウハウを蓄積し、より高精度で迅速な施工が可能なシステムにしたい。また、推進可能距離が現在は35mであるが、さらにこの距離を増やせるものにしたい。

3. あとがき

以上、概略ではあるが、礫地盤対応の超小口径管推進工法として開発された「ガイドボーリング工法」と「ダブルパーカッション工法」の説明をさせていただいた。今後は、両工法ともに、実施工での適用において、改良、改善を重ねる努力を続けていく所存である。

参考文献

- 1) 苗村正三他：礫地盤対応の小口径管推進工法(ガイドボーリング工法)の開発、第2回非開削技術研究発表会論文集、PP.5～8、1991
- 2) 亀井昭彦：リングカッターRB工法の解説、月刊推進技術、Vol.4 No.3、PP.46-51、1991

地下埋設施設の保全および事故防止対策

◎探針棒打込による管路の損傷事例

状況

機械掘りにて掘削中埋設物を探針棒で探針しながら行っていたが、探針棒を強くついたためにトラフ蓋の継ぎ目よりケーブルを損傷した。

要望事項

1. トラフの蓋は素焼では455mm毎に、またコンクリートトラフでは750mm毎に継ぎ目があり、探針棒のような物に対しては弱いので直埋式の場合にはできるだけ避ける。
2. 探針棒の先はある程度丸味をつけ地盤が固いときには、ハンマーなどで無理にさしこまないようにする。

