

VI-11

自然流下方式による TBM 掘削ブリの輸送計画

石油資源開発(株) 吉野 進
川崎製鉄(株) 正会員 神津 一則
清水建設(株) 正会員 ○深尾 延弘
同上 正会員 木内 勉

1. はじめに

現在、新潟・仙台ガスパイプライン建設工事の二井宿トンネルでは、掘削径 2.3m、掘削延長 1,022m 上り勾配 12 % を TBM (Tunnel Boring Machine) で施工中である。掘削ブリの搬出は、流体輸送が採用されているが、従来のブリの搬出は、管路流による圧送方式で行うため、輸送土砂がパイプを閉塞することでウォーターハンマー現象が発生し、システムを損壊する可能性がある。そこで代替方法とし、掘進方向 12 % の上り勾配を利用した開水路を用いての自然流下方式による流体輸送を採用した。

本文は、工事に適用するために必要な水理条件を得るために行った実験の目的、実験施設、条件および結果を報告するものである。

表-1 実験の目的

2. 実験の目的

本実験は、自然流下方式を適用する際に必要な水理条件を検討するもので、表-1 に示す条件 1、2、3 の点を明らかにし、流体輸送の諸元を決定する。

評価項目	評価内容
条件 1：安定条件	ズリを含んだ泥流が一定時間安定して流下する条件
条件 2：流下条件	流体輸送システムが不測の事態で停止した場合に、パイプ内に土砂が堆積しない条件
条件 3：開渠条件	ズリを含んだ泥流が常に開水路状態で流下する条件

3. 実験施設

図-1 に実験施設の概略を示す。土砂を輸送するパイプは、現地のトンネル勾配を再現するために 12% の勾配を有している。ポンプアップした泥水を地点 A のパイプ最上部に流入させ、ズリをホッパーから流体中に投入し、土砂流として流下させる。流下した土砂流は、地点 D に設置されたタンクに流入し、そこでズリだけを沈澱させて除去し、タンク中に設置されているポンプにより地点 A のパイプ最上部に泥水を再度輸送する。なお流下状況は水深の経時変化として地点 B（中央部）、地点 C（端部）で超音波変位計を用いて記録した。

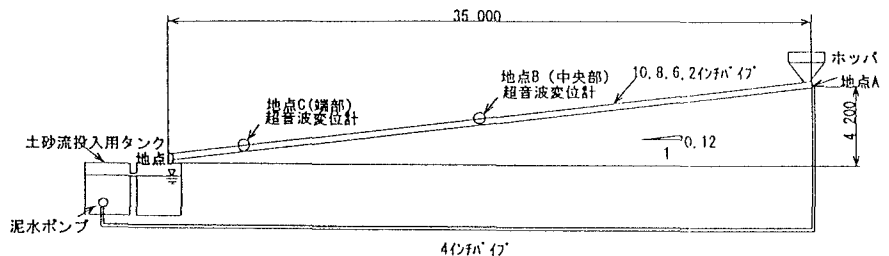


図-1 実験装置の概要

表-2 実験条件

管の呼径 (in)	10、8、6
ズリ最大粒径 (mm)	40
ズリ投入量 (m³/min)	0.268 (みかけの投入量 0.40)
土砂濃度 (流量: m³/min)	0.11、0.12、0.14、0.15、0.18、0.21 (2.20、1.90、1.70、1.50、1.25、1.00)
継続時間 (sec)	30.0、60.0、120.0

4. 実験条件

3. に示した実大規模の実験を行い、本方式の工事への適用性の検討を行った。表-2 に実験条件をまとめ

表-3 計測項目および評価基準

評価項目	評価基準	計測項目	計測方法
条件 1：安定条件	碎石連続投入時の水面の安定性	水位	超音波変位計
条件 2：流下条件	流水急停止時の碎石の完全流下	ズリ残量	計量
条件 3：開渠条件	開水路状態での流下	自由水面の有無	超音波変位計、目視、ビデオ

て示す。なお、ブリの投入量は TBM を最大掘進量 6.45cm/min で稼働した時の単位時間発生ズリ量、流量はポンプ能力上限 2.2m³/min 以下として条件を設定した。表-3 に計測項目および評価基準を示した。

5. 実験結果および考察

条件1の安定条件に関する結果として、図－2に水位の経時変化の例を示す。ただし、一次的に水位が上昇しても、定常状態に達してから土砂の投入終了までの平均水深が一定となった場合、水面が安定していると判断した。

条件2の流下条件については、土砂投入終了と同時にポンプからの水の供給を停止した場合に、パイプ内に土砂が残留しない場合を条件を満たすとした。

また条件3の開渠条件については、パイプの吐口が管路にならず開水路のまま流下すれば、条件を満たすとした。なお土砂量に若干の乱れがあるため、1～2回程度の閉塞（自由水面の消失）は許容した。

表－3に実験結果をまとめて示す。管径が6inの場合、ほぼ満水に近い状態で流れ、条件3の開水路の条件は満足しなかった。また管径が8、10inの場合も流量が1.7m³/min以下（土砂濃度0.14以上）では、十分な流下能力が得られなかった。

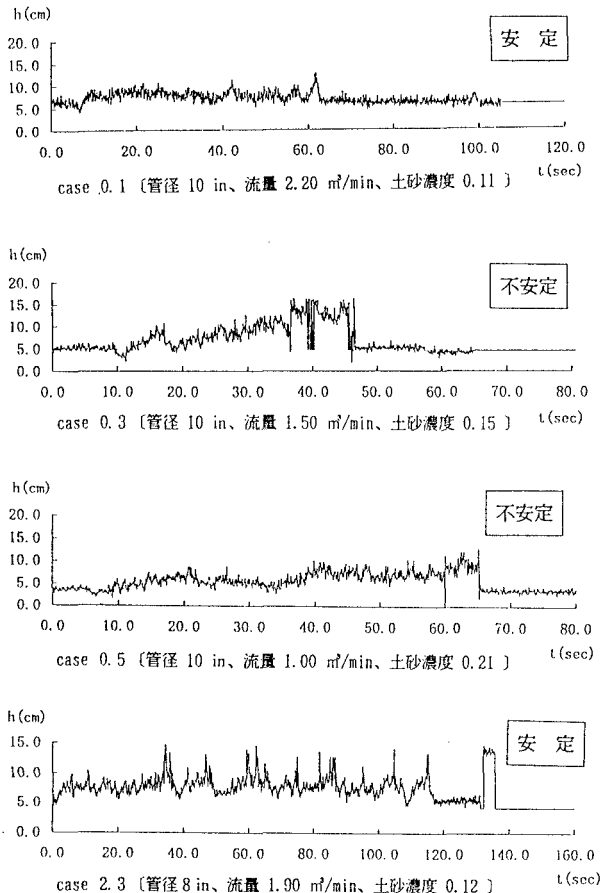
以上のことから、条件を満たすものは、管径8および10inで流量1.9m³/min以上（土砂濃度0.12以下）である。

6. まとめ

今回の実験から得た結論を以下に示す。

- ・パイプの呼径 8in以上
- ・最大ズリ粒径 40mm
- ・土砂濃度 0.12以下
(流量1.9m³/min以上)
- ・ズリ量 0.268m³/min

この実験の結果を踏まえ、工事では据付け時の作業性および経済性も考慮し、8inのパイプを採用した。3月には本システムが稼働する予定である。TBMが進むにつれて流体輸送距離が長くなること等により、予期せぬトラブルの発生が予測されるが、改良を加えていくことを考えている。



図－2 水位の経時変化の例

表－4 実験結果

	管の呼径 (inch)	流 量 (m³/min)	土砂濃度	条件1 水面安定	条件2 刈残量(m³)	条件3 閉塞回数
case 0.1	10.0	2.20	0.11	○	○	○(0)
case 0.2	10.0	1.70	0.14	×	×	○(0)
case 0.3	10.0	1.50	0.15	×	—	○(0)
case 0.4	10.0	1.25	0.18	×	—	○(0)
case 0.5	10.0	1.00	0.21	×	×	○(0)
case 1.1	8.0	2.20	0.11	○	○(0.00)	○(1)
case 1.2	8.0	2.20	0.11	○	○(0.00)	○(0)
case 2.1	8.0	1.90	0.12	○	×(0.03)	○(0)
case 2.2	8.0	1.90	0.12	○	○(0.00)	○(1)
case 2.3	8.0	1.90	0.12	○	○(0.00)	○(2)
case 3.1	8.0	1.70	0.14	×	×(0.09)	○(1)
case 3.2	8.0	1.70	0.14	×	×(0.04)	○(2)
case 4.1	8.0	1.50	0.15	○	×(0.07)	○(1)
case 5.1	6.0	2.20	0.11	○	○(0.00)	×(8)
case 5.2	6.0	2.20	0.11	○	○(0.00)	×(25)
case 6.1	6.0	1.90	0.12	×	×(0.06)	×(19)
case 6.2	6.0	1.90	0.12	×	×(0.06)	×(14)
case 7.1	6.0	1.70	0.14	×	×(0.07)	×(14)
case 7.2	6.0	1.70	0.14	×	×(0.05)	×(14)
case 8.1	6.0	1.50	0.15	×	×(0.12)	×(8)
case 8.2	6.0	1.50	0.15	×	△(0.01)	×(7)

○・・・条件をクリアした
 ×・・・条件をクリアできなかった
 △・・・急停止実験を実施しなかった