

# 13. 玉石混り砂礫層における泥水加圧シールド

清水建設 大村 千敏  
荒井 久雄

## 1. まえがき

本工事は、松江市とその周辺地域の下水道整備事業に伴う管渠建設工事の一端であり、泥水加圧シールド工法による施工である。近年この工法も一般化され、礫層にまで拡大使用されている。

本工事の場合、パイプ輸送に大なる支障となる粒径300mm以上（最大580×290×200mm）の巨礫を多数混入する極めて粗雑な地層に対し、本工法を採用するところに大なる意義があり、全国的にも例のない工事である。昭和53年1月に掘進を開始し、54年8月20日現在1045リング、日進3.5R/日の掘進実績である。また、既にカッタービットの交換を4回、実施している。

本書は、工事の現状を、主として礫処理の立場から、その概要を紹介するものである。

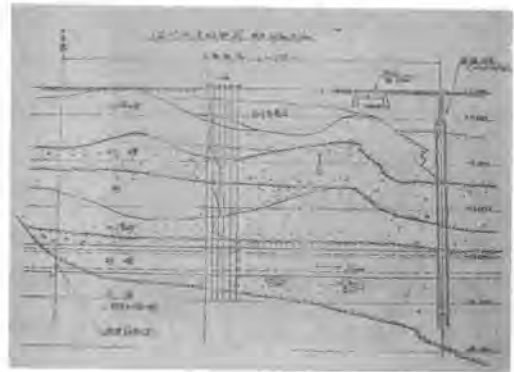
## 2. 工事概要

発注者	島根県
工事名	宍道湖流域下水道東部2号幹線管渠建設工事（その1工区）
工事概要	シールド径 2900mm、仕上り内径 2000mm 工事延長 L = 1050m
工事場所	島根県八束郡東出雲町出雲郷 ~ 松江市竹矢町
地質概要	

地質概要は、図-1の如くである。掘進対象地盤は、N値>50の極めて粗雑な玉石混り砂礫層であり、粒径50mm以上の礫は、全量の47%（100mm以上 29%、100~50mm 18%）で300~400mmの巨礫は、1m<sup>3</sup>に約1個、最大600mm大の玉石は、20m<sup>3</sup>に1個の割合で確認されている。また、地下水は非常に豊富で、かつ、間隙水圧（1.8~2.0kg/cm<sup>2</sup>）と高く、極めて透水性（ $h = 1.5 \times 10^{-1} \text{cm}^2/\text{sec}$ ）に富む地層である。

なお、発進立坑（最小内々寸法6m×7m×深さ20m）は、ニューマチックケーソン工法を採用している。また、管渠は、土被り、17m、縦断勾配は、1/1000、セグメントは、スチール製を採用している。

図-1 地質概要図



### 3. 工法の選定に当って

前項に述べた如く、掘進対象地盤は、地質的に条件が非常に悪く、また、管渠上部は、山陰唯一の交通動脈、国道9号線が走っている。さらには、国道沿線は、民家、工場等が密集しており、そのため、上部からの各種補助工法の施工環境が非常に悪く、切羽自立等を完全に期待する薬注工法は、施工的に無理がある。また、圧気工法は、地質的にその効果は期待できなく、透気試験では、 $1.4 \text{ kg/cm}^2$ 以上は、漏気がひどく、送気量のみ膨大となる結果が出ている。

さらに、ディープウェルによる地下水位低下工法について、揚水試験を試みたが、揚水量に見合う地下水位の低下は期待できず、国道及び周辺家屋への悪影響が十分に予想される結果となっている。

以上の如く、掘進対象地盤について、切羽の自立、地下水位の低下等に対し、各種補助工法を検討し、合わせて、現地試験を試みたが、諸々の悪条件のもとに、これらは十分に、その効果が期待できないことが判明した。

その結果、補助工法を全く必要としない、近年、礫層にまで拡大使用されてきた泥水加圧シールド工法的をしぼり、綿密に検討を加えたが、礫のサイズから勘案すれば、直感的に、この工法は、不適切と判断せざるをえなかった。しかしながら、他工法に比し、経済性、安定性の面で優れているため、各大手シールドメーカ、専門技術者とも十分検討を加えて、どりにか行けると言う結論を得ることができたため、この工法の採用に踏み切った次第である。

### 4. シールド機械および後続設備機械について

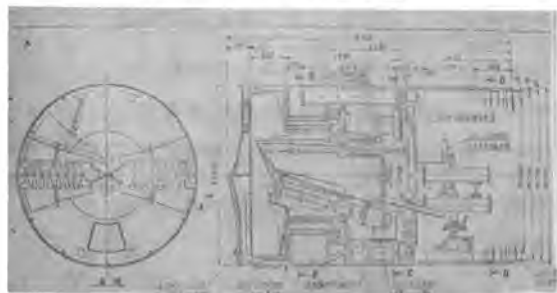
シールド機械の設計に際し、最大の問題点は、巨礫の取込みである。従来のセンター支持、アジテータ方式の場合、過去の実績から推察すれば、最大250mmが取込みうる最大の礫径である。今回、300mm以上の巨礫を多数混入するところから、まず、その処理に際し、次の如く種々、機械構造に改善を加え、従来の型式と全く異質のものとした。

- ① スリット幅は、最大、450mmとして、300mm大の巨礫が容易に取込みうる幅とした。
- ② カッターの駆動方式を周辺支持方式とし、常用、22t(最高32t)とし、同種径のシールド機に比し、パワーアップを図っている。
- ③ ビットは、母材を超合金とし、チップは、超硬チップを採用して、取換え可能なピン結合としている。

- ④ 掘進不能事態(転石および機械の大トラブル等)を予想し、シールド機をあらかじめ、ハルクヘッドおよび切羽面に出られる構造とした。

- ⑤ 礫の送り出しを従来のアジテータ方式より、バケット方式とし、玉石除去機をシールド機中央に設けることにした。ここで200mm以上の巨礫を除去し、これ以上の土砂は、玉石除去機下の振

図-2 シールド機械図

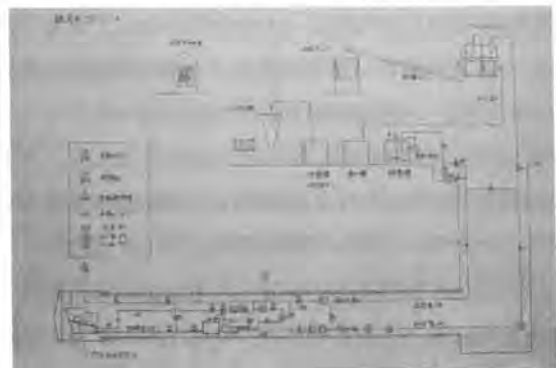


動スクリーンにより、ふるい落され、泥水と共にパイプ輸送する。

- ⑥ 小口径シールドにもかかわらず、泥水クラッシャーを採用し、中間礫処理の一翼を担わせる。粒径50～200mmの大粒径礫も非常に多く、これらはパイプ輸送が困難であるため、これらの処理方法として、泥水クラッシャーを採用することにした。
- ⑦ 200～50mmの礫は、排礫管10Bを通過して、泥水クラッシャーまで、泥水と共にパイプ輸送される。ここでは、50mm以上の礫は、全て、50mm以下に破砕され、排泥管6Bを通過して、地上に設けられたサンドコレクターまで泥水輸送される。ここで、砂分以上とシルト分を含む泥水とが分級され、前者は、含水比20%以下で残土処分され、後者は、循環泥水として、再利用される。
- ⑧ 送泥ポンプ $P_1$ 、排泥ポンプ $P_2$ 、 $P_3$ 、 $P_4$ 、 $P_5$ 、 $P_6$ を設置しさらに、排礫管10B内の流速を限界流速以上に保持するため、循環ポンプ $P_{01}$ 、 $P_{02}$ を設置する様にした。なお $P_2$ 、 $P_{01}$ は可変速とし、その他のポンプは定速としている。また、排泥ポンプのインペラは、礫による閉塞を極力防止する意味で、2枚羽根を採用している。
- ⑨ 礫輸送に伴なり、排泥パイプの摩擦を考慮し、排泥パイプは、SGPを使用し、厚肉とした。

以上の如く、主要問題点に対し、万全の対応策を検討し、掘進に踏み切った。

図-3 泥水フローシート



## 5. 掘進状況

昭和52年1月に掘進を開始したが、日進量が通常の場合に比し、極めて低い状況下であり、初期掘進1.8R/日(実働)、本掘進で、3.5R/日(実働)である。

礫状況は、大半が50mm以上であり、この内粒径300～400mmの巨礫が1リングにつき1～3個、粒径500～600mmの玉石が30リングに1個の割合で、確認されており、シールド分以下の細粒土は、極めて微量である。したがって、1リング掘削に際し、これら多数の巨礫のため、玉石除去機を1～2回、開放して巨礫を除去する必要があり、1リング連続して掘削できることは、まず不可能である。また、カッターは常に高トルクを使用しており特に、400mm以上の巨礫に遭遇した場合、カッターは停止するか、掘進スピードが著しく低下(0.5～1.0<sup>m</sup>/sec)し、カッターを左右交互に、5～10回転し、玉石の周辺を徐々に小割りにして、かろうじて取込んでいる状況である。

写-1 礫取状況



また、礫輸送に伴なり、排泥管の閉塞が、常に発生しており、1リングにつき1～2回、多い場合で5回という実績である。この様な礫による閉塞は、皆無にすることは難しいが、バンド部の角度およびその個所を最小限にし、あるいは、排泥流速の調整、掘削中におけるバイパス回路切換運転等により、極力防止している。

以上の如く、日進量増加に対して、大なる阻害要因が多く、掘進と共に、これらに費やす時間を最少にすべく、種々の工夫、改善を積極的に試みているが結果として、3.5R/日(実働平均)が限界である。

また、現在まで、1045リングの掘進実績において、ビットの交換を既に、4回実施している。さらには、カッターフェース周辺の摩耗が著しく、ビット交換と同時に、その補強も実施してきた。これら作業は、極めて危険を伴ない特にカッターフェース周辺補強は、作業員が直接切羽面に出なくてはならず、そのためには、当礫層の地盤安定に対して、二重管瞬結工法による薬液注入を実施し、さらに湧水防止に対し、圧気(0.5kg/cm<sup>2</sup>)を併用することにし、作業の安全に万全を期した。

写-2 巨 礫



## 6. おわりに

以上の如く、現在までの掘進において、礫処理に伴なり、幾多のトラブルに悩まされながらも、幸いにして、工法の変更に至る致命的な大トラブルには、遭遇してなく、除々にではあるが、日進 3.5 R/日前後で常に前進している。

本報告書は、現時点では、中間報告にすぎないが、粒径300mm以上の巨礫を多数混入する極めて粗雑な礫層に対し、小口径シールドにもかかわらず、玉石除去機の設置、泥水クラッシャーの採用、送排泥方式の種々の工夫等により、掘進可能としたことは、非常に意義が大きく、泥水加圧シールド法に新しい1ページを加えたものと確信する。