

VI-90

大断面・長距離泥水式シールドの流体輸送

横浜市下水道局

祝田隆敏

(株)熊谷組

阿部茂木

(株)熊谷組

正会員 ○岡本達也

1. まえがき

社会環境の変化や経済性等の面から、シールドトンネルの大断面化、長距離化が必要とされている。

大断面・長距離シールド工事には、泥水式が主に採用されている。従来、断面 $\phi 10\text{m}$ を越える泥水式シールド工事では、切羽からの排泥は $\phi 12$ インチ程度の管で引き抜き、分流器で2系統に分けたあと $\phi 8$ インチ程度用スラリーポンプで排出している。しかし、れき層や粘性土層・土丹層等では、掘削土砂が塊状になり、分流器の付近で付着や閉塞が発生しやすくなるばかりでなく、長距離施工の場合にはポンプ数が増大するため、排泥管内の圧力バランスが悪くなり、ウォーターハンマーおよびキャビテーションが発生し、切羽安定と流体輸送設備維持の阻害原因となっていた。

そこで、以下に示す大断面・長距離シールド工事で、前記への対策工として開発導入した大型スラリーポンプ、スラリーポンプの閉塞現象把握装置、排泥の衝撃緩衝装置等に関して報告する。

2. 工事概要

工事名：神奈川処理区小机千若雨水幹線下水道整備工事

工事場所：横浜市神奈川区千若町1-1～横浜市神奈川区六角橋6丁目1-22

工事期間：平成元年7月～平成7年3月（予定）

工事内容：工法－泥水式シールド、トンネル延長－2600m、掘削外径－ $\phi 10000\text{mm}$ 、仕上り内径－ $\phi 8500\text{mm}$ 、セグメント－RC系、セグメント外径－ $\phi 9800\text{mm}$ 、セグメント厚－400mm、セグメント幅－1000mm、平均土被り－26m、最大土被り－35.5m

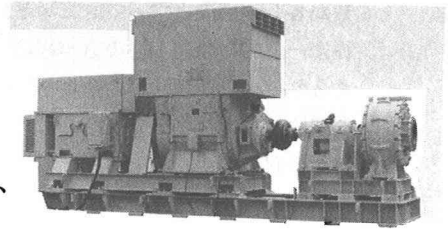


写真-1 大型スラリーポンプ

3. 流体輸送設備

(1) 大型スラリーポンプ

本工事では、 $\phi 10\text{m}$ を越える大断面掘削に伴い大量に発生する土砂を、1系統で輸送できる高揚程の大型スラリーポンプを開発し導入した。このポンプは、写真-1、表-1に示すようなクローズドインペラを有した管径 $\phi 14$ インチ用のポンプである。この大型スラリーポンプは、インペラ、ケーシング、およびフロントとバックカバー等に耐磨耗性に優れた高クロム鋳鉄を使用し、軸封のシールを2重構造とした耐圧・耐久性に優れている。

このポンプを用いることにより、施工延長2600mの本工事で、従来の $\phi 8$ インチ用スラリーポンプを用いた場合の設備（送泥用ポンプ6台、排泥用ポンプ20台）に比べて、送排泥輸送がシンプルな1系統輸送となるとともに、送泥用ポンプ数を2台、排泥用ポンプ数を4台に抑制することができた。このことにより流体輸送が安定し、運転が容易になるとともに、ポンプ設置作業および日常のメンテナンス作業が大幅に低減した。

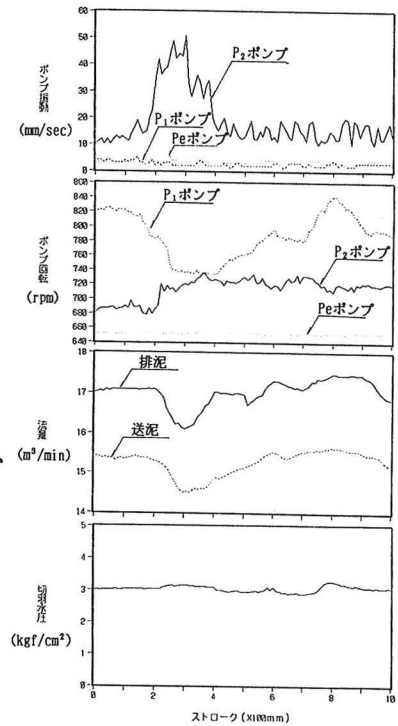
表-1 P2 ポンプ比較表

	8 ｲﾝﾁ 用	14 ｲﾝﾁ 用
ｲﾝﾍﾞﾙ 形状	SPD11-200	SPD11-350
揚量(m^3/min)	7	19
揚程(m)	30.5	53.0
回転数(rpm)	850	850
電動機	可変速型	可変速型
電源	400V-50Hz	3000V-50Hz
出力(kw)	132	580
極数	6	6

（２）スラリーポンプの閉塞現象把握

従来、泥水流体輸送の状況を把握する方法としては、流量計と各ポンプ回転数の変化から判断するしかなく、専門的経験が必要である。急激に発生する閉塞状態は別にして、徐々に進行する閉塞現象に対しては一時的掘進停止や掘進速度の調整等によって解除することが可能である。この閉塞現象を早期に、かつ簡易に把握することを目的として、各スラリーポンプの軸受けに振動計、吸い込み口と吐出口に圧力計の設置を試みた。

図－１に968Rの各ポンプの振動・回転数、送泥・排泥流量、切羽水圧の変化を示した。968Rは、中間部でわずかな閉塞状態を発生し、その後、解除したリングである。P2ポンプの軸受振動は、閉塞状態を顕著に感知している。排泥管閉塞による圧力バランスの崩れは、排泥ポンプ内でのキャビテーションを生じる要因であり、各ポンプの回転数の調整により管内圧力を変動させ、キャビテーションの発生を抑えている。そのため、切羽水圧は閉塞状態にも関わらず変動せず、安定した掘削を可能とした。これらの図より、P2ポンプの軸受振動は礫等の閉塞現象、ポンプ内のキャビテーション、ポンプ部品の摩耗等を把握するための方法として有効であると考えられる。



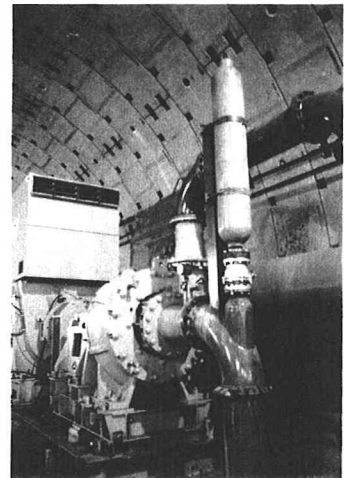
図－１ 閉塞現象（968R）

（３）排泥の衝撃緩衝装置

大断面・長距離泥水式シールド工の泥水輸送では、排泥管が大口径・長距離となり、ポンプ起動及び停止時、排泥管閉塞時等の急激な管内流量変化に伴うウォーターハンマーやキャビテーションの発生頻度やエネルギー量が大きくなり切羽の安定阻害、流体輸送能率低下等の問題を生じる。特に、ポンプの故障（軸封部、軸受部等の破損）時の修理作業時間は、従来に比べ長くなる。

そこで、本工事では、流量の急激な変化に対応可能な可変速ポンプの数を増加するとともに、各排泥ポンプの吸い込み口と吐出口に写真－２に示す衝撃緩衝装置を装備した。衝撃緩衝装置は、ポンプ内にチッ素ガスを適切な圧力で密封し、泥水流体圧力の変化を吸収するものである。

この装置によって、大きなウォーターハンマーやキャビテーションの発生もなく、スムーズな流体輸送を可能とした。



写真－２ 衝撃緩衝装置

４．あとがき

本工事では、従来の大断面・長距離泥水式シールド施工における多系列輸送に変え、大型スラリーポンプを使用することにより１系列輸送を実現し、スラリーポンプの軸受け振動計、吸い込み口・吐出口圧力計および排泥の衝撃緩衝装置により安定した流体輸送を可能とした。今後の大断面・長距離泥水式シールドの施工の参考となれば幸いである。