

東京電力(株) 技術研究所 正会員 星名 睦

東京電力(株) 技術研究所 正会員 安田 登

1. はじめに

従来岩盤のせん孔作業は、長尺せん孔が可能で各種の地質への対応性に優れるロータリー式ボーリング機が使用されている。しかしながら、その掘進速度は硬岩になるほど低下するため、より効率的なボーリング機の開発が必要とされていた。

一方、ウォータージェットの利用技術は、近年超高压水発生装置の小型化及びスイベル(配管の回転接続部)の耐高压化等の技術開発の進歩に伴い、現在各分野で着目されている。

そこで、このような現状を踏まえ、せん孔速度の向上を目的としてウォータージェットの切削能力を活用した岩盤用ボーリング機を開発したものである。

2. システムの構成

従来のロータリー式ボーリング機は、回転するビットの先端に取り付けられたチップを岩盤面に押しつけ岩盤をせん孔する方式であるが、ウォータージェットを利用した本機は回転するビットから噴射された超高压水の力で岩盤をせん孔する方式である。システムは、図-1に示すとおり超高压水発生装置、ボーリング機、ロッド、ビット等で構成されている。

(1)超高压水発生装置とボーリング機は市販品であり、その仕様は、表-1、2に示すとおりである。

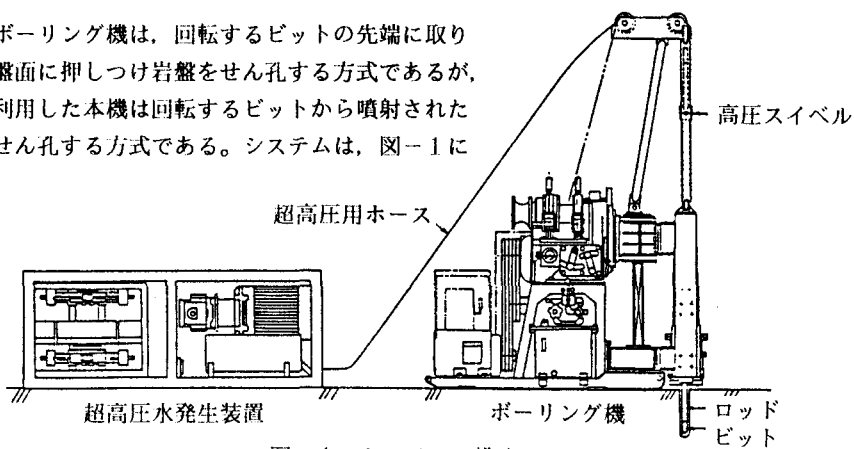


図-1 システムの構成

表-1 超高压水発生装置の仕様

増 圧 機	最大吐出圧力 (kgf/cm ²)	3,835
	最大吐出水量 (ℓ/min)	11.4
	増圧比 (油圧:水圧)	1:20
蓄 圧 器	容量 (cc)	2,241
油圧ポンプ	運転時油圧 (kgf/cm ²)	200
電 動 機	出力 (KW)	94
フューズポンプ	出力 (KW)	0.7
寸 法	2,887(L)×1,219(B)×1,321(H)mm	
重 量	1.9t	

表-2 ボーリング機の仕様

型 式	TDC-100LH		
フィード方式	シリンダ油圧式		
スピンドル内径	46mm		
スピンドルスピード(rpm)	1段	2段	3段
	55	110	230
最大給圧力	1,200kg		
巻上げ能力	850kg		
電 動 機	5.5KW		

(2)ロッド

ロッドは、図-2に示すように二重管構造とし、内管(内径4.8mm,肉厚4.8mm,SUS-304)はせん孔用の超高压水用、内管と外管(内径31mm,肉厚4.7mm,STM-R80)の間はスライム排出の補給水用とした。ロッド継手部は、内管を圧着式、外管をネジ込み式とした。ロッド接続箇所セットする止水用のシール材は、ポリアセタールとグラスファイバーの混合物よりできており、適度の弾性と強度を持ち十分な止水効果を有し、繰り返しの使用が可能である。ロッドは、3m(一般用)と1m(高さに制限のあるトンネル等の暗渠部)の2種類を製作した。

(3) ビット

ビットは、外径46mmのノンコアタイプとし、母材にSS41を使用した。また、ビット先端部には、①内径0.18～0.28mmの人造サファイア製超高压水噴射ノズル②ウォータージェットで破砕した面を平滑に保つための八角形型のタングステンカーバイト鋼チップ6個③スライム排出用補給水口3孔を配置した。

ビットの設計に当たっては、あらかじめノズルの噴流構造及び切削量（切削幅，切削深さ）を把握するために、単一ノズルを用いた噴流特性実験並びに岩石供試体を用いた切削実験を実施した。ビットは、これらの試験結果をもとに図-3に示す3タイプを設計し、ノズル径の種類と個数の組み合わせは、先端でのせん孔能力が同一となるように表-3のとおりとした。

3. せん孔試験結果

本機のせん孔性能を評価するため、岩盤を対象にしたせん孔試験を実施した。また、従来のボーリング機と比較するため、ロータリー式ボーリング機によるせん孔（ノンコアタイプ）も併せて実施した。せん孔位置（岩種：流紋岩，岩盤等級：C_M級以下）は、亀裂が発達し全体的に熱水変質作用を受けている地質状況であったため、孔壁の崩壊が多くセメンテーションを必要とした。ウォータージェットによるビット別のせん孔速度は、深度方向での地質状況により差が見られたものの最大10cm/min，平均では図-4に示すとおり，3～4cm/minであり，ノズル個数による違いは見られなかった。また，ロータリー式（2.0cm/min）と比較すると1.7～2.0倍速く，ロータリー式よりも優れた結果を得ることができた。

4. おわりに

超高压ウォータージェットを利用して水の力だけで岩盤のせん孔を可能としたボーリング機を開発することができたが，今後は特にノズル部分の耐久性向上等によりコストの低減を計る必要がある。

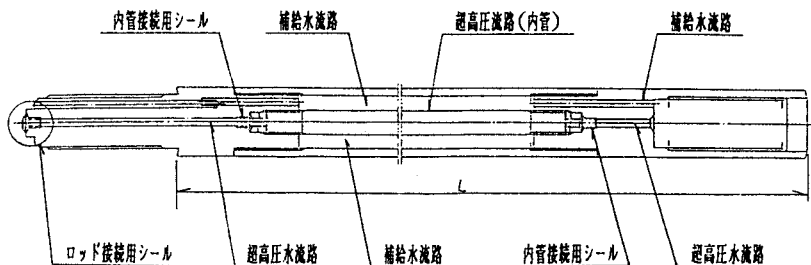


図-2 ロッド構造図

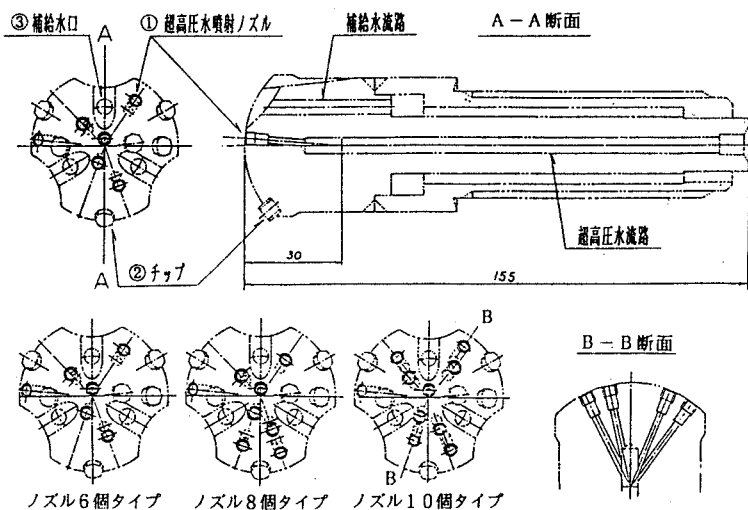


図-3 ビットの形状と種類

表-3 ノズル径の種類と個数

ノズル径 (mm)	ノズル 個 数		
	6個タイプ	8 個タイプ	10個タイプ
0.28	3	-	-
0.23	3	5	2
0.18	-	3	8

(cm/min)

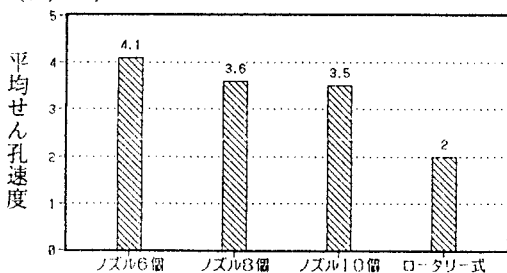


図-4 ビット別平均せん孔速度