

## 穿孔機の技術動向

櫻井 弘毅

道路やビルまたは住居といった社会生活の根幹を成しているインフラ整備に使用される土木建築材料は主に碎石場や石灰鉱山から供給されている。これらの資源採掘を行う碎石業や鉱山業も他産業と同様に業務の効率化、コストの低減、品質向上が強く求められている。本稿では最新の大型穿孔機を用いた最先端穿孔技術を紹介し、作業の効率化、生産性の向上、穿孔作業における危険・苦渋を解消する方法を提案する。また、碎石及び鉱山業は他産業に比べてIT技術の導入が遅れていることや環境対応が急務であること等の現状に適応できる最新の情報管理システム及び騒音軽減技術も併せて報告する。

キーワード：穿孔機，クローラードリル，ロックパイロット，ロッドビット，情報共有システム，ノイズガード

### 1. はじめに

社会生活に直結するインフラ整備あるいは衣食住の住に関わる土木・建築材料は碎石場や石灰鉱山から供給されている。その中で岩を採取するための一番初めの仕事は穿孔機によってなされている。以下に穿孔機の種類と国内大型の穿孔機需要に伴い今まで国内で対応機種が無かった口径115mm（4.5インチ）～152mm（6インチ）対応のクローラードリルの生産性・安全性向上のための新技術を中心に述べていきたい。また、穿孔機がより良い仕事をするためのロック（ドリル）ツール選定の重要性についても併せて紹介する。

### 2. 穿孔機の種類

大量の岩石を一度に砕く最も安価な方法は発破によるものである。その薬剤（火薬類等）を入れるための孔を掘る機械が穿孔機であり、その主な穿孔方法は以下の3種類に分類される。

- 1) クローラードリル トップハンマー式 (写真—1)
- 2) プラストホール用大型穿孔機 ダウンザホール (以下DTHと呼ぶ) ハンマー式
- 3) プラストホール用大型穿孔機 ロータリーカッティングホール用 (写真—2)

2) と3) は高圧のコンプレッサー（25.4 bar）を搭載しているか、低圧のコンプレッサーを搭載しているか、または穿孔方法の違いによるもので、機械本体自

体は通常は同じものと考えてよく、その大きさは必要とする穿孔径によりほぼ決まってくる。



写真—1



写真—2

### 3. 効率的な穿孔作業を可能にする大型クローラードリル

上記では種類を説明したが、生産量を上げるために効率の良い口径 115 ~ 152 mm (4 1/2 inch ~ 6 inch) 範囲での穿孔機 (ブラストホール用ドリル) を選定するに当たり、昨今まで非常に難しい選択を強いられた。即ちトップハンマー式では穿孔性能に問題があり、DTH ハンマー式及びロータリーカッティング式では、コストパフォーマンスが好しくないという、まさしく穿孔機選択の狭間の領域 (図-1) であったためだ。メーカーサイドもドリフター性能を上げること (大型化) は出来てもそれに対応するツールが限られており、加えて岩質の安定していない軟岩層や破碎帯を穿孔することは、ツール折損とジャミング (タケノコ) 等によるリスク (コストと時間のロス)、またオペレーターへの負担が大きな支障であった。穿孔機メーカーであり且つツールメーカーでないとこれらのリスクを負った開発は難しかったのが実情である。

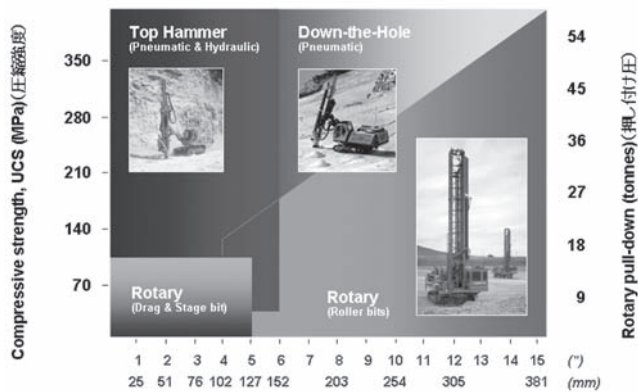


図-1 穿孔機の種類と穿孔径・岩質との関係図

Sandvik Mining and Construction 社の孔径 89 mm-152 mm までをカバーする世界で最もポピュラーな DP (DP) シリーズに搭載されている最新穿孔システム『Rock Pilot』は、まさにクローラードリルと DTH ハンマー・ロータリーリグの狭間を完全にカバーしうる存在である。写真-1 は大手石灰鉱山における φ 140 mm の穿孔作業であるが、クローラードリルによる φ 115 mm を超えるブラストホール用穿孔作業を可能にし、国内では初めて採用された。

### 4. Rock Pilot システム

Rock Pilot は最新式の打撃システムで表土、軟弱岩盤、破碎帯、ガマ、安定層全てに適応しロックツール

のライフを延ばすと共に孔曲がりやジャミング (タケノコ) を根本から回避する優れたシステムである。その特徴は以下の通りである。

Rock Pilot のメリット

- ①軟岩や破碎帯での穿孔適応力の増加
  - 優れた直進性
  - ジャミング (タケノコ: 穿孔中にロッド・ビットが岩につかまって抜けなくなる状態) の回避
  - ツールのライフ向上
- ②オペレーターの負担軽減
- ③穿孔作業率の向上

#### (1) 穿孔スピードの感知 (図-2)

設定した打撃圧での穿孔スピード (ノミ下がり) より速度が増すと、それを即座に感知し自動的に打撃圧を下げていくシステムである。最小値は半打撃の 80 bar で、これにより軟岩や亀裂層 (破碎帯) においても余分な打撃を行わず慎重に穿孔するため、極度な空打ち状態を防ぐことが出来るようになった。図-2 のグラフにあるように、従来のシステム (破線) とは異なり、フィード圧と穿孔スピードとの関係はなだらかな曲線を描き、破線と曲線の空白部分が空打ち状態のエリアを示す。空打ちは、シャンクやロッドネジ部の磨耗原因となり、時には折損やビットチップの脱落、ドリフターの故障原因にもなり非常に厄介であるが堆積岩層の多い日本では回避の難しいものでもある。

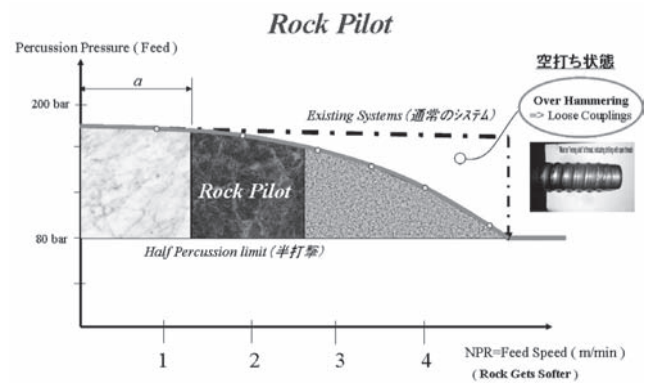


図-2 打撃力ハーモナイジング

#### (2) トルクコントロール (図-3)

穿孔作業中の回転圧が通常よりも極度に上がるとそれを感知し、自動的にフィード (押付圧) を落とし空打ち防止をすると共にジャミング (タケノコ) を回避する。従来のシステムはこの自動制御が無く、直接アンチジャミング (ある一定の回転圧になるとドリフターが後退しそれ以上穿孔するのを防ぐシステム) が

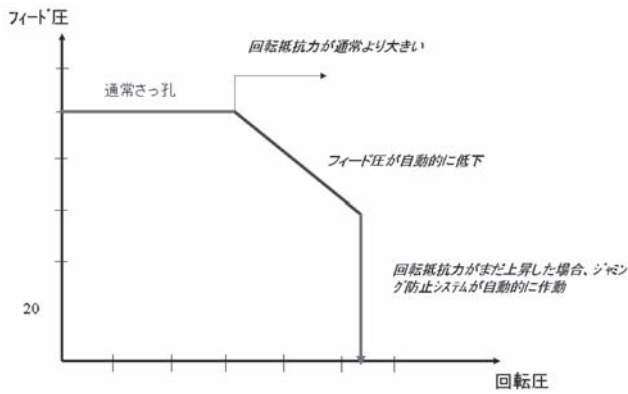


図-3 トルクコントロール

掛かるシステムである。従い、アンチジャミングが直ぐに効く(効きすぎる),あるいはその逆でアンチジャミングが効く前にジャミング(タケノコ)を起こしたりすることが多くあった。

一方で、逆打撃装置を搭載した穿孔機もあるが、あくまでもジャミングが起こってからのリカバリーシステムであり、ジャミングを回避するシステムではない。従って、結果としてリカバリーのための時間消費や使用ツールにとっての激しい負荷、つまり金属の特性である圧縮荷重には強いが引っ張り荷重には弱いという問題からの根本解決策ではないのである。

(3) ラットリングコントロール (図-4)

通常のクローラードリルは、フィード圧を上げれば打撃圧も上がり、フィード圧を下げれば打撃圧も下がるという同調バルブを搭載したシステムである。オペレーターは硬岩や軟岩に対応する際キャビン内での操作でフィード圧を調整している。Rock Pilot システムの一部であるラットリングコントロールは、同様にキャビン内にてフィード圧の調整を行うが、打撃圧が一定のままでフィード圧のみを加減させるシステムで

**Rock Pilot**

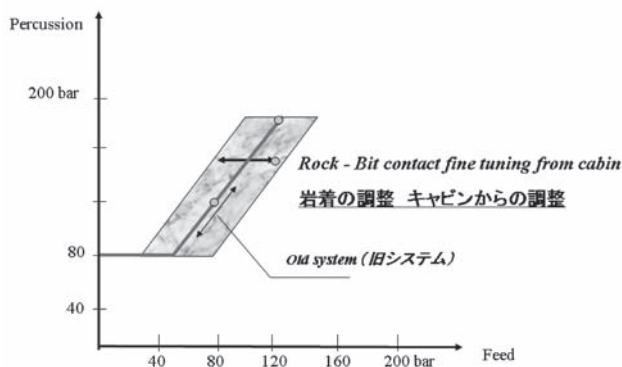


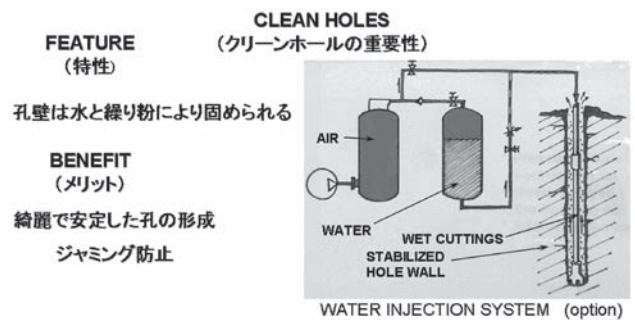
図-4 ラットリングコントロール

ある。これはロックパイロットシステムを補整するシステムであり、打撃圧はあらかじめその現場の岩質に合った最高打撃圧を設定しておく必要がある。適正許容外の穿孔スピード(ノミ下がり)になると自動的に打撃圧は制御され(Rock Pilot システム)適正穿孔スピードで作業するようコントロールされる。

5. その他の DP シリーズ搭載システム

(1) ウォーターインジェクションシステム (図-5)

オペレーターが必要に応じて、搭載されたウォータータンク内の水を特にカラー(口切部)の形成(写真-3)や孔曲がり防止、穿孔作業中における亀裂層(破碎帯)での孔壁固めに使用する。正しい(直線の)形状の孔を掘ることの重要性はジャミング防止、崩落防止、練り粉排出の助成、装薬作業の簡便化といった大きなメリットがある。



**Best rock excavation quality !**

図-5 ウォーターインジェクションシステム



写真-3

(2) TIM システム (図-6)

TIM はタムロック・インジェクション・メジャーリングシステムの略であり、一度現場に適した穿孔角のセッティングを行うと、各ブラストホールにおいて

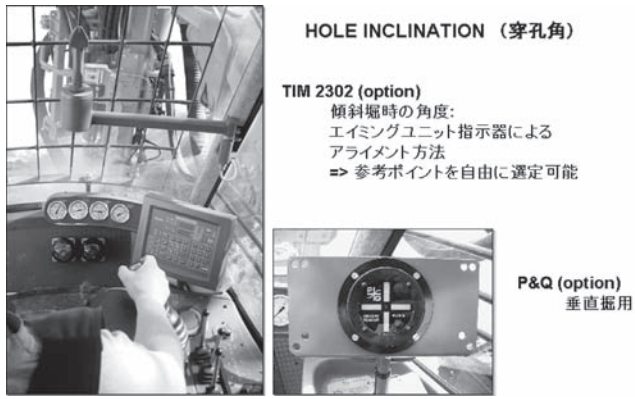


図-6 TIM システム

も再び正確なガイドシールのセッティングを行うことが可能である。これによりブラストホール穿孔作業前のアライメントミス、セッティングミス、アングルミス等を無くし、また、穿孔作業時は逐次穿孔スピードや穿孔長が表示され、オペレーターが状態・状況を把握しやすくなっている。

(3) フラッシングコントロール (図-7)

継続的にフラッシングしながら穿孔を行っている際、突然粘土層などに岩着し、フラッシングホールが詰ってしまうような場合は自動的にフィードがリバースし、ビットの孔詰まりを取ってから再度穿孔作業に入るシステムである。

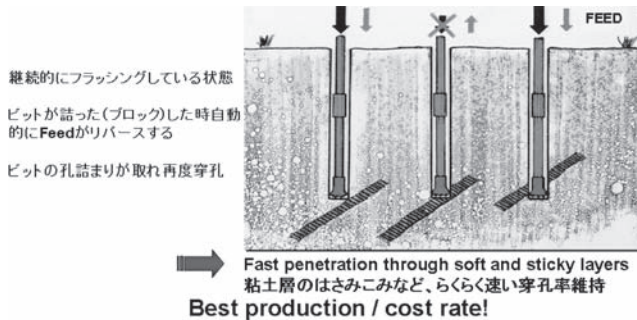


図-7 フラッシングコントロール

(4) ツールの選択 (図-8 ~ 11)

世界で最も優れた Sandvik の特殊鋼 (スウェーデン鋼) を使用したバラエティに富んだ製品群から、現場と使用機種に最適なツール (ビット・ロッド) を選択することが可能である。現在大口径 (102 mm 以上の口径) の穿孔には Sandvik60 (ネジは GT60 という特許ネジを使用) という MF ロッドが世界的にポピュラーになっている。Sandvik60 は断面積で 38%、曲げ応力で 65%、ねじれ応力で 58%、フラッシングホールの面積で 10%、それぞれ T51 のロッドを上回

り、より優れたエネルギー伝達、直進性、フラッシング、ライフ向上が期待できる。余談ではあるが、現在のツールの世界標準となっているロッド・ビットの Tネジ (T38/T46/T551) というネジ形状は Sandvik が開発したネジであり、ツールにおいても MF ロッドの製作特許をはじめ日々技術革新を行っている。

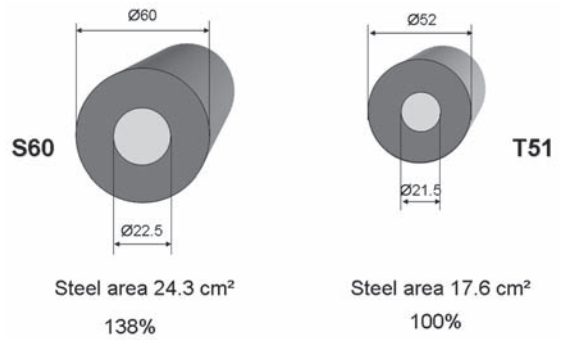


図-8 広い断面積

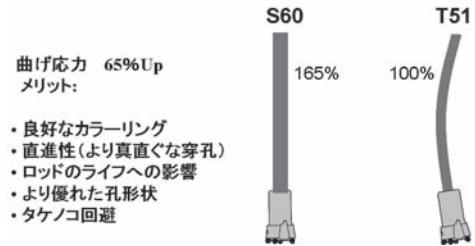


図-9 曲げ応力

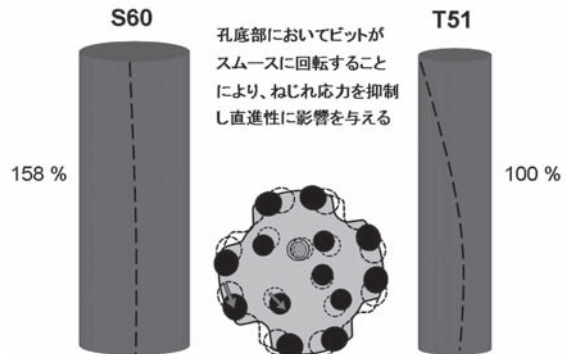


図-10 ねじれ応力

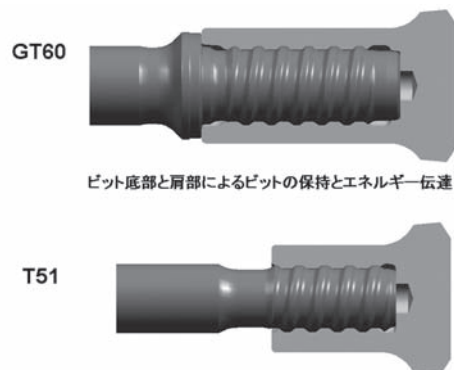
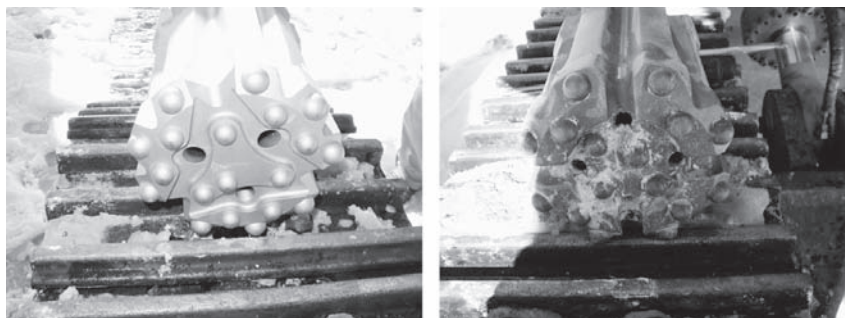


図-11 ビットとロッドのマッチング



写真—4 東谷鉱山使用の2種類の140mmドロップセンターリトラクトビット

## 6. Sandvik で開発された最新技術

前述した技術に加えて、近年採用され始めている最新技術を3つ紹介する。

まず遠隔情報共有システム（写真—5）がある。ごく最近のトップハンマー式クローラードリルに搭載され始めている機能であり、これにより経営者、監督者、及びオペレーターは現場のデータ共有や報告を場所に関わらずいつでも簡単な指先操作だけで行うことができるようになった。エンジン駆動時間、さく孔メーター、一孔当たりの所要時間などといったさく孔機と作業状況の情報を無線で共有することができる。従って、より素早く正確な作業状況資料を必要なときにいつでも入手することができるのである。このシステムではデータ収集設備として、GPS受信機、インターネット、GSM、GPRS 又は WLAN といった無線技術を搭載している。それによりリアルタイムな状況をコンピュータ、または携帯電話からアクセスして知ることができ、また各穿孔機の位置も危険な現場を見回す必要なくより正確に把握することができようになった。その情報は全て他のシステムに出力可能であり、例えば顧客に資料として電子メールに添付して送信するといったことも可能である。このシステムにより得られる生の正確な情報を分析し、より確実な生産計画やメンテナンススケジュールを立てることが可能に



写真—5 遠隔情報共有システム

なったことで、多くのトラブル、金銭コスト、時間コストを削減でき、生産性の向上につながるのである。

次にノイズガード・マフラーシステム（写真—6）がある。これは主に都市部での土木作業に用いられる穿孔機に有効なシステムといえる。ノイズガード・マフラーはロックドリル用フードと遮音材で構成されており、フードは非常に耐久性の高いプラスチック製、遮音材は小さな穴が無数に開いた薄型アルミニウムプレートでできている。これをブーム部（ドリフター、ドリルロッド、ビットが取り付けられたアーム部分）に装着することで、外部に発する騒音を10dB、キャビン内の騒音を最大8dB抑えることができるようになった。現在では騒音などといった公害に対する規制は年々厳しくなっており、特に居住区、オフィスエリア、病院周辺などといった要望の特に厳しい区域での作業にも対応できる穿孔機の需要は高まってきて



写真—6 ノイズガード・マフラーシステム

いる。そのような状況の中で、このノイズガード・マフラーシステムはそれらの要望に応えるための新しい技術といえるだろう。

三つ目は一孔自動穿孔機能である。例えば同一の山の中の同じ岩質であれば、穿孔位置および穿孔角度を穿孔機が記憶しオペレーターの操作なくして自動的に穿孔を行えるという機能である。これは生産性の観点から見て優れたソリューションといえる。なぜなら、一人のオペレーターが二つの機械をリモコンで同時に操作することが可能になるからである。近く採用される穿孔機用 GPS ナビゲーションシステムと併用すれば、全ての孔をより正確な場所に掘ることが可能になり、発破効率の見通しをより正確にたてることができる。

## 7. おわりに

以上、大口径穿孔用クローラードリルを中心に、最

新の穿孔技術、ドリルツール、システムを紹介した。これらの最新技術はそれら機械に関わる全ての人々が、快適かつ効率的に業務を行いながら生産性を向上させることを目的として開発された。なお、その技術の導入のメリットを達成するためには、個々のオペレーター、機械管理者の日々の作業における正しい機械利用、メンテナンスが前提である。本報告が砕石、鉱山業務に従事する方々の穿孔機の活用において、何らかの参考になれば幸いである。

JICMA

### 【筆者紹介】

櫻井 弘毅 (さくらい こうき)  
 サンドビック マイニング アンド コンストラクション  
 ジャパン(株)  
 国内営業統括部長



# 建設機械ポケットブック

## <除雪機械編>

本書では、除雪機械について事故や故障を未然に防止するための主要な点検項目や点検時の留意点などを整理しました。日常点検や定期点検・整備における基礎資料として活用され、点検、整備および修理を的確かつ効率的に実施し、道路の維持除雪工事を安全で適正に施工するための一助となれば幸いです。

監修／国土交通省北海道開発局事業振興部機械課

発行／社団法人 日本建設機械化協会

目次

1. 整備点検のあらまし
2. 除雪トラック

3. 除雪グレーダ
4. 除雪ドーザ
5. ロータリ除雪車
6. 小形除雪車
7. 凍結防止剤散布車
8. 資料編

●パスポートサイズ／87ページ

●平成17年9月発刊

●定 価

1,000円（本体953円）送料250円

※送料は複数冊申込みの場合、又は他の図書と同時申込みの場合、割引となる場合があります。

## 社団法人 日本建設機械化協会

〒105-0011 東京都港区芝公園 3-5-8 (機械振興会館)

Tel. 03 (3433) 1501 Fax. 03 (3432) 0289 <http://www.jcmanet.or.jp>