

33. 小型・軽量で高効率のスロット削孔機の開発

(株)奥村組：*古賀 成樹，稲葉 金正
古河機械金属(株)：金子 勉

はじめに

低公害岩盤掘削工法であるスロット工法（以下SD工法と称す）は、主に、市街地や既設構造物に近接した山岳トンネル工事等において、振動軽減のため発破の使用が制限される場面で多く採用されている。この工法は、スロット削孔機（以下SD機と称す）を用いて、岩盤やコンクリートにスロット（溝）を掘り、それを自由面として利用することで、振動を抑制して効率的な硬岩掘削を行うものである。また、周辺地山を緩めずに掘削できるため、支保の軽減を目的とした軟岩掘削にも適用できる。

現在のSD機（SDⅢ型機）は4連式の油圧ドリルで、連続性の優れたスロットを効率良く形成できる。しかし、通常の油圧ドリルと比べて機械重量が重く、大型の専用ベースマシンが必要であるため、機械経費が増加するとともに、適用場面が制限される場合もある。

そこで筆者らは、小型・軽量化した2連式のスロット削孔機（以下、2連SD機と称す）を開発した。以下に、2連SD機の特徴と、削孔性能調査結果について報告する。

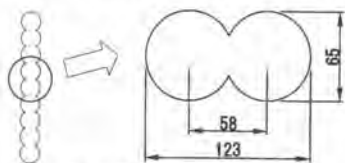
1. 2連SD機の特徴

(1) 機械構造

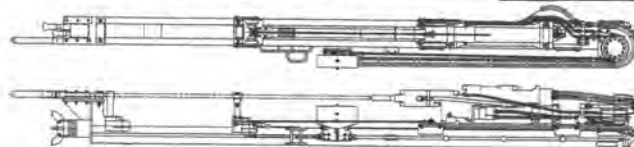
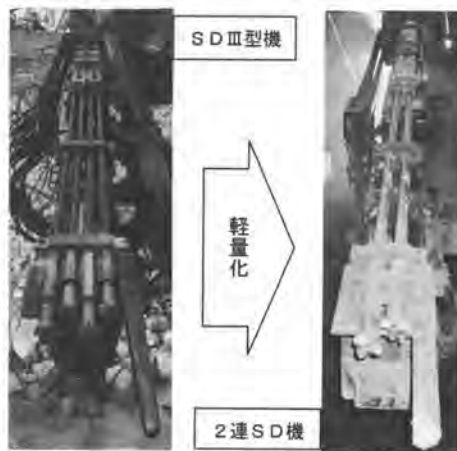
2連SD機は、SDⅢ型機をベースに開発した2連式のスロット削孔機（第1図、第1表参照）であり、機械重量はSDⅢ型機の約1/2である。

(2) スロット形状

隣接するφ65mmビットにより、2個の円形孔が重なった形状の孔が削孔される。これが連続して削孔されることによって、スロットが形成される（第2図参照）。



第2図 スロット形状



第1図 2連SD機の構造

(3) 特長

- ① トンネル現場で通常用いるドリルジャンボに加えて、小型レールジャンボや小型油圧ショベル等にも容易に搭載できる（第3図参照）。
- ② 短期間で小規模なSD工事や、大型重機の使用が困難な狭い空間でのSD工事にも適用できる。

第1表 2連SD機の仕様

質量	220kg	
全長	1,470mm	
全幅	250mm	
全高	330mm	
ロッドセンタよりの高さ	120mm	
打撃数	2,600~2,700bpm	
回転数	0~180min ⁻¹	
作動油圧	打撃圧 MAX.	15.7MPa
	回転圧 MAX.	7.8MPa
ロッド	特φ32 (専用)	
ビット	φ65ネジビット (専用)	
水消費量	60 l/min	

③ 機械経費を節減できる分のコストダウンが見込める。

2. 現場適用における削孔性能調査結果

(1) 2連SD機を適用した現場の概要

2連SD機は開発して以来、第2表に示す2件のトンネル工事で採用された。

Aトンネルは2車線道路トンネルで、坑口付近は供用中のトンネルと近接している上、多くの民家があることから、坑口付近は機械掘削工法で、それ以後は発破掘削工法で計画された。機械掘削工法区間の掘削中、硬質の玄武岩が出現し、機械による掘削が困難となり、SD制御発破掘削工法が採用された。発破掘削工法で計画された地点まで短区間であるため、現場のドリルジャンボに容易に搭載可能な2連SD機が採用されることになった。第4図に、採用されたスロット発破パターンを示す。

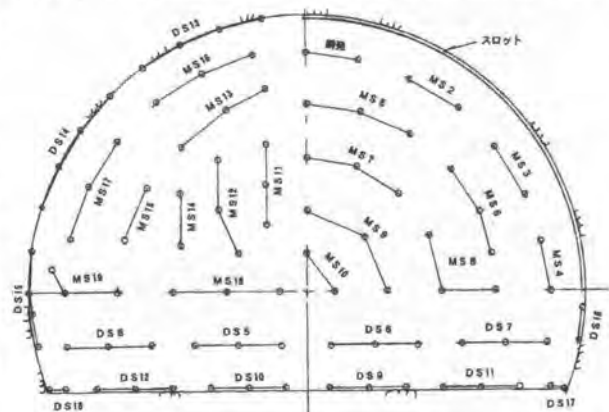
Bトンネルは、掘削断面が7.7m²の小断面トンネルで、小型の自由断面掘削機により掘削されていたが、硬質の花崗岩が出現したため、スロット削孔により多くの自由面を形成した後、自由断面掘削機により掘削する工法が採用された。

(2) 2連SD機の削孔能力

上記の2件のトンネルで2連SD機の性能を確認し、SDⅢ型機の性能と比較するため、削孔能力調査を行った。なお、比較対象となるSDⅢ型機の性能については、第2表に示す採石場での削孔試験結



第3図 2連SD機搭載例



第4図 スロット発破パターン

果¹⁾を引用した。

第2表 調査現場および調査項目

現場名	Aトンネル (2車線道路トンネル)	Bトンネル (水路トンネル：掘削断面7.7㎡)	採石場 (実験現場)
岩質	玄武岩	花崗岩	花崗閃緑岩
岩盤の一軸圧縮強度	75MPa	100MPa	120MPa
用いたSD機と 搭載ベースマシン	2連SD機を搭載した 190kg級3ブームドリルジャンボ	2連SD機を搭載した 小型レールジャンボ	SDⅢ型機を搭載した 150kg級3ブームドリルジャンボ
計測項目	・削孔速度 ・削孔時間 ・削孔長 ・機械特性 ・岩盤特性		

① 調査内容

調査現場および調査項目を第2表に示す。

岩盤の一軸圧縮強度は、シュミットハンマーの反発度より換算して算出した。

② SDⅢ型機との削孔速度の比較

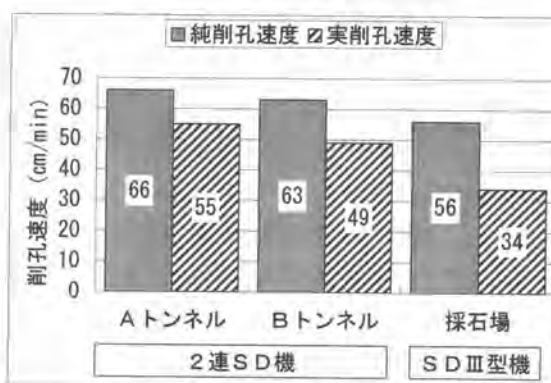
2連SD機とSDⅢ型機の削孔能力調査結果を、第5図に示す。ただし削孔条件が各々異なるため、岩盤の一軸圧縮強度を100MPa、削孔深さを1.5mに換算した。第5図に示すように、2連SD機の純削孔速度（いわゆるノミ下がり）は、66 cm/minとなり、SDⅢ型機と比べて約20%向上した。削孔速度向上の理由として以下のことが挙げられる。

- ・ SD機が搭載する全てのロッドとビットの削孔速度は同一である。SDⅢ型機の削孔速度は、4本のロッドとビットの内、最も削孔効率の劣るロッドとビットに規制される。2連SD機はSDⅢ型機と比べて、ロッドとビットの本数が少ないので、削孔速度を規制する要因が減少した。

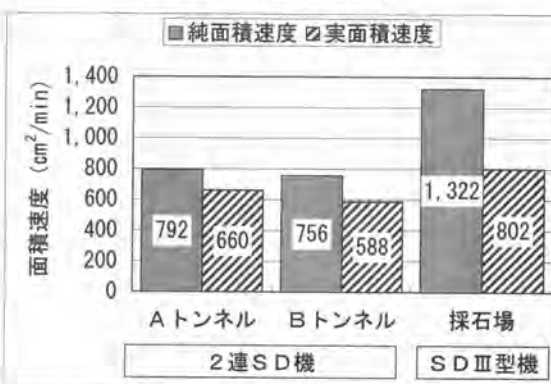
- ・ SDⅢ型機に比べて2連SD機は、削孔に伴って生じるスライムの量が1/2であり、スライム排出効率が向上した。

また、実削孔速度（ブーム移動やロッド引抜き等も含めた単位時間当りの削孔速度）は、55 cm/minとなり約60%向上している。ブーム移動時間とロッド引抜き時間が短縮された理由には以下のことが挙げられる。

- ・ スライムの排出効率が向上したことにより、ロッド引抜きがスムーズに行えた。
- ・ 機械重量が約1/2に減少したことにより、ブームの操作性が向上した。
- ・ スロット削孔幅が約1/2となったことにより、鏡面の部分的な凹凸に対しても、ブーム位置決め作業が比較的容易に行えた。



第5図 削孔速度の比較



第6図 面積速度の比較

③ SDⅢ型機との面積速度の比較
 第5図の結果をもとに換算した単位時間当りのスロット削孔面積（以下、面積速度と称す）の比較を第6図に示す。第6図に示すように、2連SD機の純面積速度はSDⅢ型機の約60%、実面積速度は約80%となった。

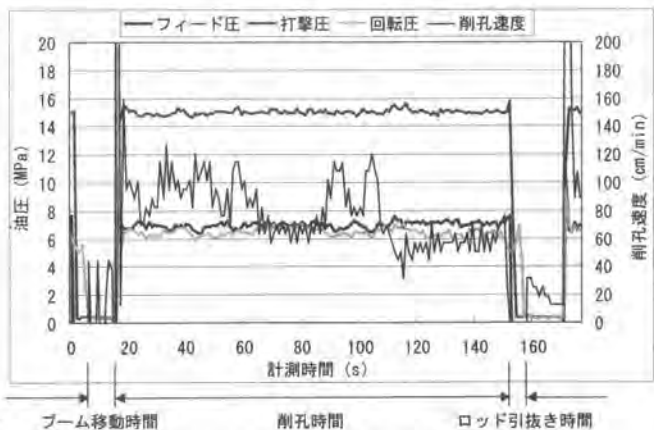
④ 機械特性

2連SD機の機械特性を調査するため、油圧、削孔速度等の計測を行った。第7図に、1削孔当りの機械特性の経時変化を示す。図に示すように、予め設定した圧力どおりに、フィード圧、打撃圧、回転圧が推移していることが確認できる。第8図に、削孔作業1時間相当の機械特性の経時変化を示す。第8図では、第7図に示すとおり、圧力増減で区切られた領域の一つが、1削孔（ブーム移動、削孔、ロッド引抜き）に要した時間を表している。この領域が、ほぼ一定間隔で現れているのは、2連SD機は、ジャーミング等のトラブルが少ないためであり、安定性に優れた削孔機であることが確認できる。

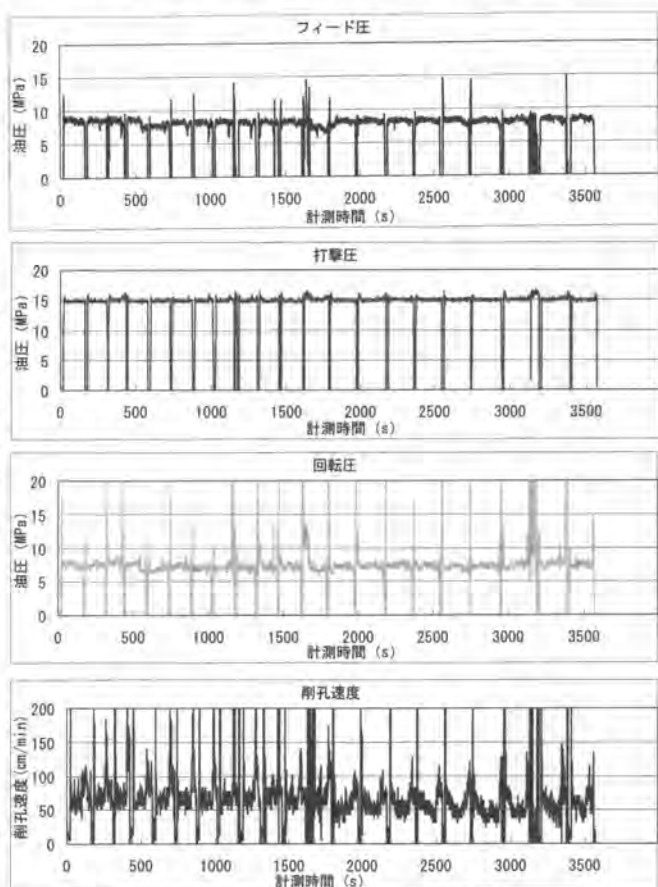
おわりに

2連SD機が実工事に適用され、その性能は、実施工に充分適応できることが確認できた。

今後は、ロッドやビット等消耗部品の耐久性を向上させ、さらなるコストダウンを目指していきたい。



第7図 1削孔当りの機械特性の経時変化



第8図 削孔作業1時間相当の機械特性の経時変化

- 参考文献 1) 萩森健治, 古賀成樹, 安井啓祐, 岡村次郎: スロット削孔機高速削孔技術の開発、土木学会第53回年次学術講演会概要集第6部、pp276-277、1998.10