

## 42. 新しい岩盤機械掘削工法の試験施工実績

鹿島： 甚内 郁郎, 榎本 誠  
\*秦 輝道

### 1.はじめに

大きな騒音・振動を伴う発破掘削工法に対して、環境保全上あるいは重要構造物の保護を目的として、制御発破、ゆるめ発破、静的破砕剤、機械掘削などの工法が、今日採用されている。

中でも、近年の建設機械の大型化、多様化、高度化に伴って、比較的固い岩盤においても能力が高い掘削機が開発され、騒音・振動の制限を受ける場所で採用されることが多くなっている。

今回の試験施工では、地山弾性波速度  $V_p=2.1\sim 3.0\text{km/s}$  の安山岩(角礫質)あるいは凝灰角礫岩よりなる中硬岩を、以下の3種類の工法で掘削し、それぞれの掘削能力及び振動・騒音を測定した。

- ①石灰岩の掘削や石炭などの採掘を目的に、ヴィルトゲン社(独)によって開発された岩盤切削機サーフィスマイナー(3500SMJ)による機械切削工法。
- ②キャタピラー社(米)の大型ブルドーザD11Nにインパクトリッパを装備し破砕力を向上させたインパクトリッピング工法。
- ③岩盤を削りし、大型のくさびを打ち込み割岩するKNBB(Kusabi-striking Non-Blast Bench-cut)工法。

以下、3工法の概要及び試験施工実績について紹介する。

### 2.機械切削工法(サーフィスマイナー)

#### (1)試験内容

サーフィスマイナーは、160本の切削ビットのついたドラムが、アップカット方向に回転して切削する。切削概念図を図-1に、掘削試験状況を写真-1に示す。

掘削試験は46m×20mのエリアで、1層あたりの掘削深さを25cmとして5層実施した。

掘削ずりの積み込み方法は、直接ダンプに積み込む方法と、後方へ排出しながら連続掘削し、ダンプ入替時間ロスがサイクルに含まない2通りの方法を試みた。

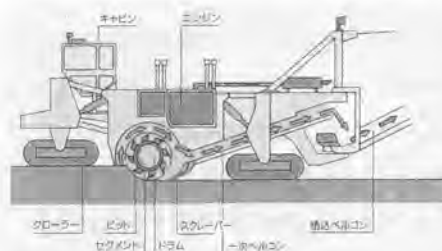


図-1 切削概念図



写真-1 掘削試験状況

(2)試験結果

- ・掘削作業効率 43.2%(直接ダンプ積込)
- ・平均純掘削能力
  - 直接ダンプ積込 180 m<sup>3</sup>/h
  - 連続掘削 382 m<sup>3</sup>/h
- ・騒音・振動

騒音・振動については掘削作業中に、機体からの距離を変え、4地点で測定を行った。結果を表-2に示す。

弾性波速度は2.1~2.3 km/sec程度の岩盤であったが、連続掘削では純掘削で382 m<sup>3</sup>/hと高い掘削能力を発揮した。しかしながら、直接ダンプに積込む場合は入替時間が大きなロスとなった。

また、試験エリアが狭い為、方向転換などに時間がかかり作業効率は低くなった。

掘削面は±6 cmの精度に仕上がっており、構造物の基礎レベルの仕上がりとしては、経済的品質的にも良好である。

騒音・振動についても低騒音・低振動の工法といえよう。

表-1 サーフィスマイナー (3500SMJ) 機械仕様

区分	仕様	
寸法	全長	14,100mm
	全幅	4,900mm
	全高	7,080mm
総重量	作業時	145,500kg
切削ドラム	切削幅	3,500mm
	最大切削深さ	500mm
	直径	1,400mm
	回転数	36~48 rpm
機関	名排気量	37,800CC
	定格出力	1,217ps/2,100rpm
	燃料タンク	2,300 ℓ
	称重量	1,200PS
積込装置	積込能力	1,900m <sup>3</sup> /h
	ベルト幅	1,400mm
	積込高さ	4,880~7,480mm
走行性能	作業速度	0~25m/min
	登坂能力	20°
	最小回転半径	15m

表-2 騒音レベル及び振動レベル測定結果

測定地点	騒音レベル/dB(A)	振動レベル/dB
7m	89	57
15m	83	48
30m	75	31
60m	72	28

3.インパクトリッピング工法(D11N インパクトリッパ)

(1)試験内容

インパクトリッパは、リッパシャフトの上端を大型ブレードで打撃し、ブルドーザの牽引力とリッパの押付力の合成力である貫入力に加え、ブレードの打撃力が付加されて岩盤を破碎する。

D11N インパクトリッパの仕様を表-3に、掘削試験状況を写真-2に示す。

表-3 D11N インパクトリッパ機械仕様

区分	仕様	
総重量	102,700kg	
ブルドーザ	全長	11,000mm
	全幅	5,645mm
	全高	4,560mm
	操舵長	4,440mm
	履帯中心距離	2,895mm
	ブレード幅	5,645mm
	ブレード高	2,305mm
ブルドーザ	エンジン出力	781ps
	タンク容量	1,490 ℓ
リッパ装置	重量	17,000kg
	最大貫入深さ	953mm
	最大上昇量	860mm
	貫入力	332.7t
	打撃数	650rpm
	チップ重量 (D11N)	78.02kg
	チップ重量 (D11N)	68.41kg



写真-2 D11N 掘削試験状況

掘削試験は20m×10mのエリアで、1層あたり

の掘削深さを70cmとして3層実施し、インパクトの有無、リッピング方向を替えて試みた。

## (2)試験結果

### ・純掘削能力

時間効率 100%でのリップング作業、ドーピング作業及び合成作業の純掘削能力を表-4に示す。

表-4 純掘削能力表

層	リップング純作業 能力(m <sup>3</sup> /h)	ドーピング純作業 能力(m <sup>3</sup> /h)	合成純作業 能力(m <sup>3</sup> /h)	備考	
				インパクト	リップング方向
1	233.8	781.5	180.0	無	2方向
2	244.1	719.0	182.2	有	2方向
3	306.1	504.0	190.5	有	1方向

※時間効率 100%の場合

### ・騒音・振動

騒音・振動については掘削作業中に、機体からの距離を変え、4地点で測定を行った。結果を表-5に示す。

弾性波速度は2.3~3.0km/sec程度の岩盤であったが、インパクトリップングを行う

表-5 騒音レベル及び振動レベル測定結果(D11N)

測定地点	騒音レベル dB(A)	振動レベル dB
7 m	102	56
15m	89	51
30m	84	45
60m	83	28

ことによって、合成純作業能力で180 m<sup>3</sup>/h程度の能力を発揮した。しかし、実際の作業においては現場状況に応じた作業効率を乗じて作業量を推測する必要がある。また、振動についてはサーフィスマイナー同様といえるが、騒音についてはインパクト打撃時の音が高くなっている。

## 4.KNBB 工法

### (1)試験内容

KNBB 工法は、予め削孔した孔内にクサビを挿入、打撃し、孔壁内面から岩盤に引張り応力を与えて破碎させるものである。この工法は、4種類の装置で構成されており、その機械仕様を表-6に示す。地盤の弾性波速度が2.1~2.3 km/sec程度であることより、削孔・割岩ピッチを1.2×1.2m、割岩深さを1.2mと設定した。割岩試験状況を写真-3に示す。

表-6 KNBB 工法機械仕様

区分	仕様
削孔機	メーカ式 インガソルランド社 CM-695D 700-FJX L 10,183×W 2,505×H 3,078mm 18,536kg 削孔径 φ100 ~ φ152mm
クサビ	メーカ式 国土開発工業(株) PW-1000 L 2,000×W 320×H 146 210kg/本 L 1,150×W 110×H 65 36kg/本
KNBB工法 リーダー	メーカ式 国土開発工業(株) 2,000kg #1本 全長11,970mm 27t- 揚程 7,720mm 9t引抜力 108t
クレーン	メーカ式 神鋼コベルコ建機(株) RX 250-3 773-7V-7 25 t L 11,010×W 2,480×H 3,450 26,500kg



写真-3 割岩試験状況

## (2)試験結果

削孔・割岩作業における作業効率、能力を表-7に示す。

表-7 作業効率、能力

作業名	作業効率	平均削孔・割岩量(m <sup>3</sup> /h)	備考
削孔	0.65	27.6	削孔長 2.0m
割岩	0.65	18.7	割岩深さ 1.2m

騒音・振動については各作業毎に、4地点で測定を行った。結果を表-8に示す。

表-8 騒音レベル及び振動レベル測定結果 (KNBB)

測定地点	削孔作業		割岩作業	
	騒音レベル dB(A)	振動レベル dB	騒音レベル dB(A)	振動レベル dB
7 m	92	58	99	60
15m	88	50	92	51
30m	80	45	89	47
60m	74	29	85	34

KNBB 工法の削孔・割岩によって、地盤の弾性波速度は、2.1~2.3 km/sec から 0.8 km/sec と油圧ショベルで掘削できる程度に低下した。しかしながら、割岩能力が低めに押さえられたのは、限られたエリアでもあり、試験時間が短いという制約も影響している。

騒音・振動については、削孔作業は、低騒音低振動の作業であるが、割岩作業は衝撃的に発生する騒音・振動である。

## 5.まとめ

以上本試験工事によって、3 工法の当地に類似した岩盤での掘削能力、騒音・振動の推測はある程度可能となるであろう。しかしながら、作業効率は各現場固有の条件が存在しその条件を十分に把握し、実作業能力が算定されなければならない。

現時点での評価とすれば、騒音・振動の制限を受け、それぞれ以下のような条件の場所での岩盤掘削で最大の能力を発揮すると考えられる。

### ①機械切削工法(サーフィスマイナー)

- ・施工面積が広く、長く一方向での長距離掘削が可能である場所(空港拡張工事など)。
- ・掘削面の清掃、掘削精度が必要とされる場所(重要構造物基礎底盤掘削など)。

### ②インパクトリッピング工法(D11N インパクトリッパ)

- ・多方向からのリッピングが可能な広い施工面積で、切盛土工事を行う場所 (岩盤での宅地造成、ゴルフ場造成)。

### ③KNBB 工法

- ・上記2工法でも掘削困難な均質で固い岩盤の割岩。