

13. 低粉塵岩盤切削工法

低騒音、低振動、低粉塵岩盤切削機サーフィスマイナー

奥村組土木興業株式会社

○丸山 健一

〃

野本 雅樹

株式会社流機エンジニアリング

西村 聡

1. はじめに

岩盤掘削工事では発破工法が一般的であるが、騒音・振動・粉塵・飛石などの問題をかかえている。特に振動では岩盤に亀裂を誘発させ、崩落事故につながることもあり、重要構造物、民家の周辺および急傾斜地帯などでは使用が制限される場合が多い。

また、これに代わる大型ブレーカ工法、割岩機工法あるいは静的破碎剤工法などによる方法も使用する機械の組合せで騒音・振動が高く、さらに作業効率が悪く経済的な負担が大きいなどの問題がある。

岩盤切削機サーフィスマイナー（以下、サーフィスマイナーと記す）は、軟岩Ⅱから硬岩領域の岩盤を低騒音、低振動で岩盤をゆるめることなく、効率的に掘削するもので、掘削能力が大きいことなどから、他の工法に比べて経済的であると同時に、工期を短く設定できる点でも有利な工法である。

サーフィスマイナーは、開発当初から粉塵対策として掘削ドラム内での散水で対処してきたが、住宅密集地での施工時、粉塵に対する苦情が発生し、本格的な粉塵対策が要求された。

当稿では、サーフィスマイナーの概要と低粉塵化への取り組みを報告する。

2. サーフィスマイナーの概要

2.1 概要

サーフィスマイナーは、胴体中央部に掘削用回転ドラム（直径 1,400mm）があり、その外周面に超硬チップを埋込んだビットが螺旋状に並んでいる。4履帯で走行しながらドラムを手前からすくい上げる方向（アップカット）に回転させ、自重を反力にして連続的に岩盤を掘削する。最大掘削深さは35cmである。

機種は2500SMタイプ（掘削幅2.5m）と3500SMタイプ（掘削幅3.5m）の2機種ある。写真-1、図-1、表-1、図-2、-3にサーフィスマイナーの全景、掘削機構、仕様、寸法図、ビット形状図を示す。



写真-1 サーフィスマイナーの全景

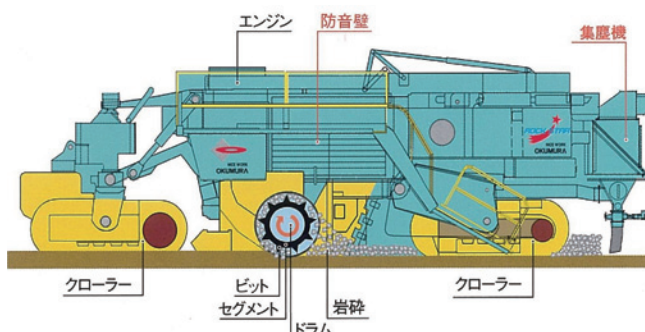
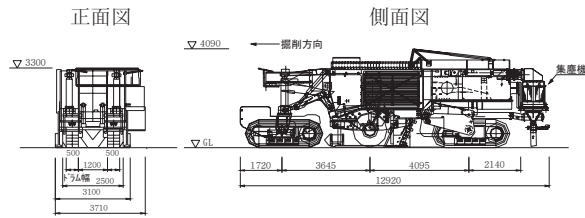


図-1 サーフィスマイナーの掘削機構

表-1 サーフィスマイナーの仕様

区分	仕様	単位	2500SM	3500SM
寸法	全長	mm	12,920	14,100
	全幅	〃	3,710	5,300
	全高	〃	4,090	6,410
重量	作業時	kg	133,000	133,000
	切削ドラム	mm	2,500	3,500
切削ドラム	最大切削深さ	〃	350	350
	直径	〃	1,400	1,400
	回転数	rpm	47	48
	ビット本数	本	114	134
	機関	エンジン		カシス' QST30
機関	定格出力		895kW/1,217ps/2,100rpm	895kW/1,217ps/2,100rpm
	燃料タンク	ℓ	2,750	2,300
	散水タンク	〃	5,600	6,200
	走行性能	作業速度	m/min	0~25
走行速度		km/h	0~3.9	0~3.9
登坂能力		度(%)	20 (36)	20 (36)
最小回転半径		m	15	15
保有台数		台	4	2

2500SM寸法図



3500SM寸法図

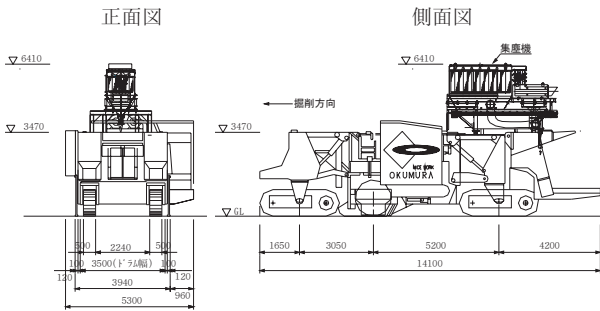


図-2 サーフスマイナーの寸法図

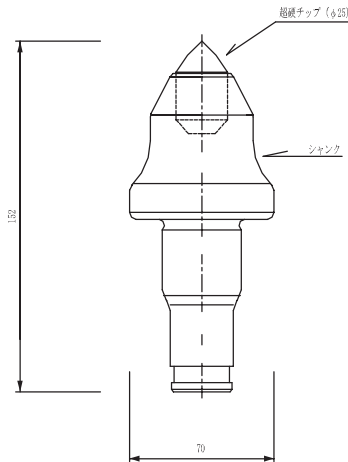


図-3 サーフスマイナーの使用ビット

2.2 特長

サーフスマイナーの特長を以下に示す。

(1) 掘削能力が大きい

地山弾性波速度VPが2.0~4.0km/sec程度での軟岩Ⅱから硬岩までの掘削が可能である。

表-2に掘削能力を示す。

表-2 掘削能力

岩盤等級	地山弾性波速度	掘削能力
	km/sec	m ³ /日
中硬岩	2.0~2.9	200~400(平均300)
硬岩(参考)	2.9~4.2	80~120(平均100)

- 注1)上記の掘削能力は、標準であるため、岩石の固結度(一軸圧縮強度等で確認)を参考に決定する。
- 注2)硬岩については実績が少ないため、参考値である。実際には、試験施工を行って決定する。
- 注3)花崗岩、溶岩、玄武岩等の固結度の高い火成岩は、別途検討とする。

(2) 環境への影響が小さい

30m離れた地点における騒音値は78dB以下で、同様に振動値は42dB以下のため、岩盤をゆるめることがないので重要構造物や民家に対して近接施工ができる。また、ドラム部における散水(毎分50ℓ)で粉塵の飛散防止に努めている。

図-4、-5に騒音値、振動値を示す。

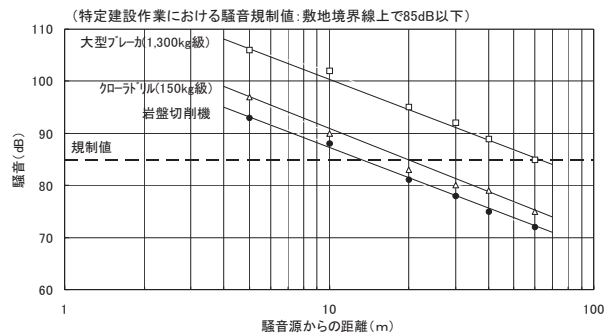


図-4 騒音値

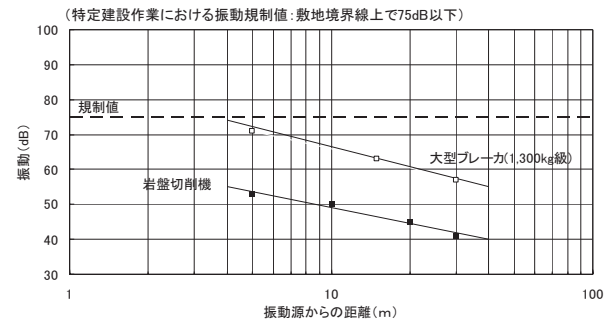


図-5 振動値

(3) 掘削ずりをそのまま路床材、透水材として使用できる

掘削ずりの最大粒径は、100~150mm以下となるため、2次破碎を省略してそのまま路床材や擁壁の裏込め材として使用できる。また、シルト分である粒径0.075mm以下が3~15%の範囲であるため、透水材、フィルター材およびゾーニング材としても使用できる。さらにビットの本数や配置を工夫して最大粒径をコントロールすることも可能である。

写真-2に掘削ずりの状況を示す。



写真-2 掘削ずりの状況

(4) 掘削面の仕上がり精度と平坦性がよい

オペレータは、レーザーレベル計のデータを確認しながら掘削深さや縦断勾配をコントロールするため、仕上がり面の高さ精度は設計値の±3cm以下となる。また、掘削面は平坦であるため、現場の建設機械の安全性が向上する。

写真-3 に掘削面の仕上げ状況を示す。



写真-3 掘削面の状況

(5) 法面が階段状になる

機械の構造上、掘削幅が機械幅より狭くなるため、掘削後の法面は階段状になる。施工可能な法面の最急勾配は5分(1:0.5)である。

階段状の法面は岩盤緑化が必要な場合には、岩盤がゆるんでいないことや植生基盤が確保できていることから有利である。

図-6、写真-4 に階段状のり面の形成機構、法面

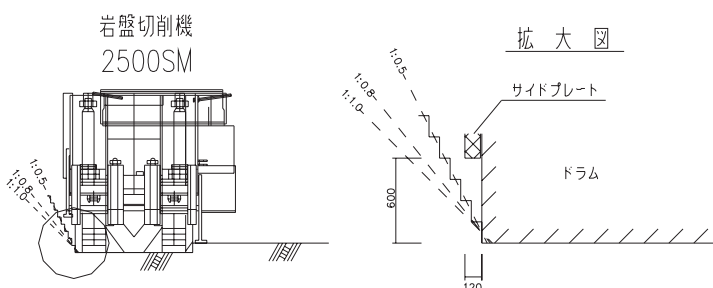


図-6 階段状のり面の形成機構

状況を示す。



写真-4 掘削後の法面の状況

(6) 1台の機械で掘削～小割までの連続作業ができる

3. 低粉塵化対策

サーフィスマイナーは、導入時からドラム内のビットの冷却、粉塵対策としてドラム内の散水を採用していた。しかし、住宅地の近接施工で大量の粉塵が発生し(写真-5)、工事の継続が危ぶまれた。そこで、以下の対策を実施した。



写真-5 対策前の粉塵発生状況

3.1 事前対策

事前対策として、サーフィスマイナーの掘削ドラム周辺にゴムカバーを取りつけて開口部を閉塞し(図-7、写真-6)、散水ノズルを11本増加して(図-8、写真-7)、粉塵を抑えようと考えた。しかし、ゴムカバーが掘削した岩砕と接触して破損し、補修をしながら掘削を行ったが、粉塵の発生を抑えることが出来なかった。

さらに、散水ノズルを増加しているため、機械本体の水の消費が早くなり、通常3時間程度で給水を行うが、1時間半で給水を行わなければならない、作業効率も大幅に低下した。

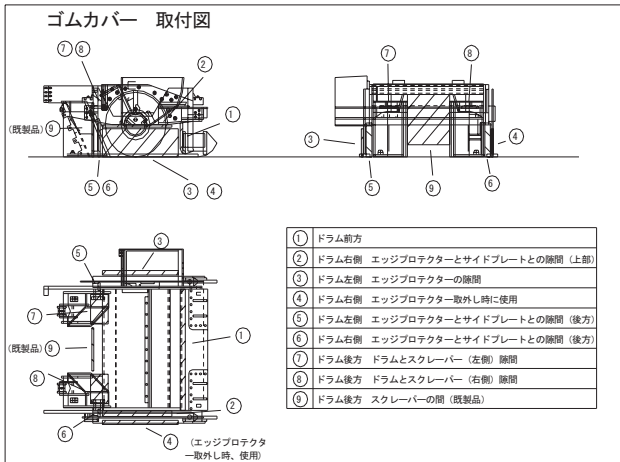


図-7 開口の閉塞

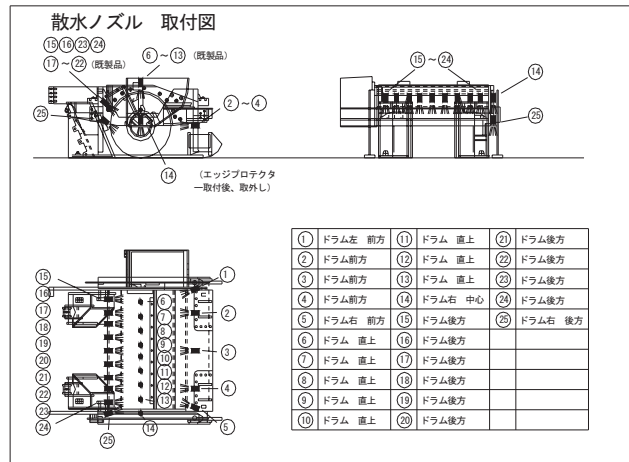


図-8 散水ノズルの増設



写真-6 開口部の閉塞

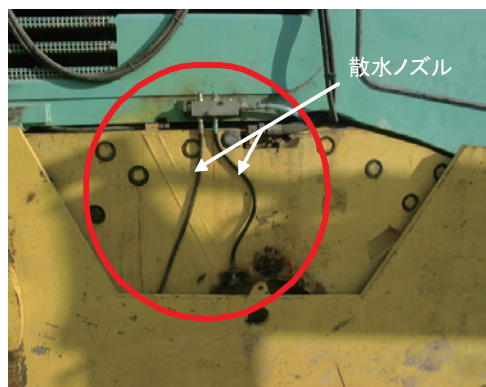


写真-7 散水ノズルの増設

3.2 本対策

事前対策では十分に粉塵の抑制はできず、このままでは苦情により掘削作業が中断すると判断して、表-3 に示す3つの対策を比較検討した。

(1) 対策1: 散水要員による直接水散布によって抑制する方法

1) 概要

機械本体を改造せずに粉塵を抑制する方法として、ゴムカバーから漏れる粉塵に直接水を掛けて抑制できないかと考えた。散水要員として土工が4名、4t 散水車3台に10t 散水車1台、

運転手2名が張り付き、サーフィスマイナーの動きと並行して散水作業を行った。さらに、ブルドーザから発生する粉塵にも散水しなければならず、散水ホースがヤード内に這わして状態になり、掘削作業全体の作業効率が大幅に低下する状況であった。

2) 結果

粉塵発生部に多量の散水を行ったが、逆に粉塵をまき散らす結果となり、粉塵を封じ込めることはできなかった(写真-8)。また、ヤードは、

表-3 工法比較表

対策名	対策概要	粉塵抑制の期待度	設備の大きさ	取り付けの難易度	施工性	施工中のコスト
対策1: 散水要員による直接水散布によって抑制する方法	ゴムカバーから漏れている粉塵に散水ホースを使って直接水をかける。	多少は期待できる。	散水車、散水ホースの準備ですむ。 設備規模: 小	細工の必要がなく、すぐにできる。	現場内に散水要員がいるため、サーフィスマイナーの掘削率が低下する可能性がある。	約420万円
対策2: 泡沫を粉塵発生源に直接散布し粉塵の発生、飛散を抑制する方法 (ダストバスタ)	泡沫を散水ノズルを使用して粉塵発生源に直接散布し、飛散を抑制する。	採石場での効果があり、実績もある。	コンプレッサー、発電機、水タンク、ダストバスタの設備が必要である。 設備規模: 中	サーフィスマイナーに付いている散水ノズルの穴を利用して、機械上部からはみ出さず、比較的簡単に取り付けることができる。	散水要員を減らせる。泡沫を散布するために水の給水を頻繁に行う必要があるため、サーフィスマイナーの掘削率が低下する可能性がある。	約425万円
対策3: 集塵機を用いて粉塵を吸引して抑制する方法	粉塵を閉じこめ、外に漏れるまでに集塵機で吸引し、抑制する。	トンネルの中で効果がある。掘削機械でトレンチャーに採用した実績があるが、抑制効果は100%ではなかった。機械の隙間を閉塞するのが難しい。	集塵機本体、軸流ファン、吐出サイレンサー、発電機の設備が必要であり、かなり大掛かりになる。 設備規模: 大	取り付ける物が大きく、設備機械がサーフィスマイナーからはみ出してしまふ。また、隙間の閉塞に細工、加工時間がかかりかかる。	散水要員を減らせる。掘削中の給水がなく、サーフィスマイナーの掘削率が向上する。	約450万円
		◎	○	○	◎	△

水浸しになり、掘削ずりも泥状になるため、掘削ずりの受入れ工区から苦情が発生した。



写真-8 対策1の状況

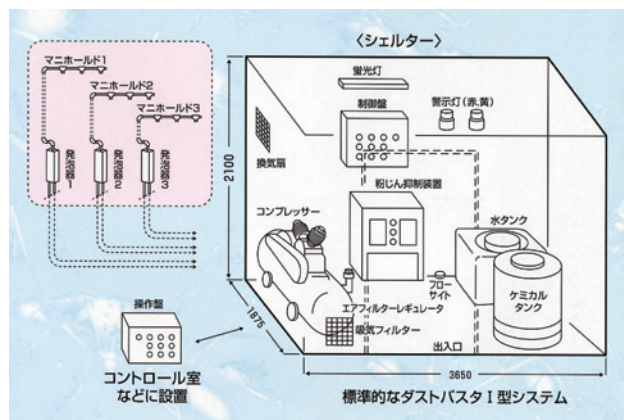


図-9 ダストバスタの機構図

- (2) 泡沫を粉塵発生源に直接散布し粉塵の発生、飛散を抑制する方法（ダストバスタ）

1) 概要

ダストバスタは、図-9に示すように粉塵抑制剤（リポラン 2800L：ライオン(株)）、水および圧縮空気を発泡器に送り込み、そこで泡沫を発生させるものである。今回、この泡沫を散布ノズルで粉塵発生源に直接散布し、粉塵の発生、飛散を未然に抑えるものである。

散布ノズルは、ドラム真上、斜め後ろ上にそれぞれ5本ずつ既設の散水ノズルの穴を利用し配置した(図-10)。泡沫の配合表を表-3に示す。

2) 結果

メーカーから採石場での効果を聞いていたのである程度の粉塵抑制を期待した。今回は簡易的にダストバスタ本体と発電機他を2tダンプトラックの荷台に積載して、サーフィスマイナーと併走して試験施工を行った(図-10)。泡は粉塵発生源に散布できないと効果がないため、最初から岩盤に散布し湿らせてから掘削を開始したが(写真-9)、掘削直後から粉塵が発生した(写真-10)。これは、ビットにより削られた掘削ずりが前方に押し出されるために泡が粉塵発生源に到達できていなかったためである。

また、風が吹くと泡が飛散してしまう結果になった。

表-3 泡沫の配合表

	粉塵抑制剤	水
配合比	1L	200L
散布量	6L/h	1,200L/h

- (3) 集塵機を用いて粉塵を吸引して抑制する方法

1) 概要

今回、取り付けた集塵機は、トンネル用集塵

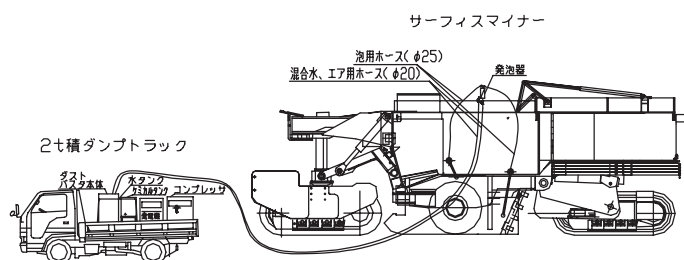


図-10 散布ノズル、機材の配置



写真-9 泡沫の散布状況



写真-10 対策2の状況

機と同じものである。この集塵機は、直径φ300mmのダクトから75m³/minの吸引力がある構造になっており、ダクト2本により150m³/minで、粉塵を吸引できるものを使用した。

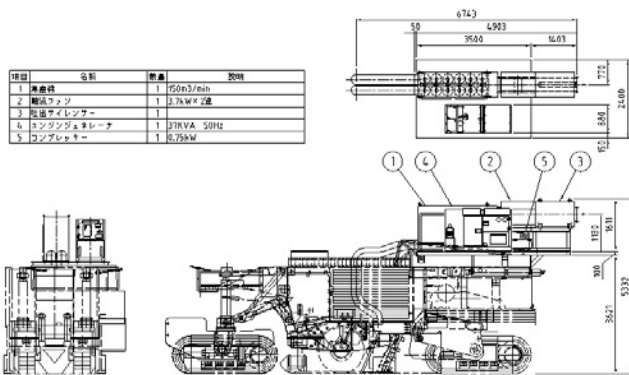


図-11 集塵機の設置

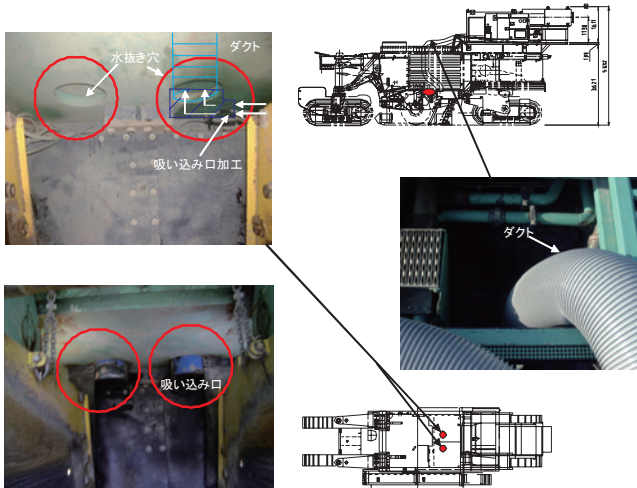


写真-11 ダクトの配置状況

集塵の効果は、ドラム回りの開口部をどれだけ閉鎖するかによって左右されるため、事前に行ったゴムカバーを再利用した。集塵機は、機械の上にH鋼を載せて本体に溶接し、耐震ゴムを敷いて取り付けた(図-11)。ダクトの配管はエンジンルームの中にある水抜き用の穴2つを利用した(写真-11)。粉塵が多く発生する場所は、ドラム後方、左右のスクレパーとドラムの隙間であることから集塵効率を向上させるために以下の工夫を行なった。

①吸込み口の加工

ダクトは、水抜き穴の口まで取り付け、口周りを鋼管で小さなダクトに加工し、吸い込み口をスクレパーとドラムの隙間まで取り付けた。

②掘削中にスクレパーが上下することで生じるドラムとの隙間の対策

スクレパーが上下することで隙間が変化するため、その動きに対応できるよう伸縮ゴムカバーを取り付けた。

③散水ノズルから出る水を吸い込むことによるフィルターの目詰まり防止

散水ノズルをドラムの前7本に絞り、散水量を減らした。

2) 結果

試験施工を行った結果、掘削開始から粉塵発生が見られなかった(写真-12)。その後、粉塵の発生しやすい硬質な部分での掘削を行って見た所、発生した粉塵がドラムの中に吸い込まれて行くのが確認できた。また、ダクト1本(75m³/min)で試したところ、粉塵を抑えることができなかった。このことから吸引力は150m³/minが妥当であると判断した。



写真-12 対策3の状況

(4)まとめ

対策1~3を検証した結果、目視ではあるが集塵機による対策が最も効果があることが確認できた。集塵機は機材が大きくなるため、サーフィスマイナーの専用機製作時には機材のコンパクト化、フィルター目詰まり対策等検討する必要がある。

4. おわりに

サーフィスマイナーは、集塵機を採用することで岩盤掘削において低騒音・低振動に加え、低粉塵化を実現した。

平成21年7月に開催された国土交通省新技術活用システムNETISの事後評価でサーフィスマイナーは、「少実績優良技術」に指定された。

今日まで、硬岩領域(中硬岩含む)の掘削で環境に対する制約ある場合、効率的な機械掘削を実現してきたが、花崗岩、流紋岩等の固結度の高い火成岩系では能力の低下、コストアップが課題となっている。

今後、ますます環境に対する社会の要請が高まる中、サーフィスマイナーの採用促進にはコストの低減が不可欠である。そのためには、施工能力を向上させる補助工法が必要であり、その開発に積極的に取り組んでいく所存である。