

第2章 ずり出し方式の概要

2.1 代表的な積算基準におけるずり出し方式

鉄道・運輸機構及び国土交通省の積算基準におけるずり出し方式を下表にします。

NO.	積算基準	区分	ずり出し方式	断面積	延長	掘削工法等	備考	ずり積込機械	ずり運搬機械・設備
1	土木関係積算基準・積算要領 6-3 (開削・トンネル・トンネル編) 鉄道・運輸機構 鉄道建設本部 平成20年版	新幹線トンネル NATM (発破クヤ方式)	タイヤ	新幹線 トンネル断面	片押し 概ね4.5kmまで	全断面 or 補助トンネル付 全断面		トカゲクハ1/230m ³ (本体トンネル式・ボイル型) ハツタツ山積0.8m ³	【トンネル延長2,600m以内】 クワトロワ2/230車 (トンネル工事用採出ガス対策型) 【トンネル延長2,600mを超える場合】 コンクリート運搬車 ※クワトロワは20m積が標準。別配は5mまで。
		新幹線トンネル NATM (機械クヤ方式) ※標準巻速度2.8km/sec 程度以下				トンネル		トカゲクハ1/230m ³ (本体トンネル式・ボイル型) 【下半トンネル1LS、1L】 ハツタツ山積0.8m ³	クワトロワ10t (坑内用、黒塵浄化装置付)
		構坑トンネル NATM (発破クヤ方式)	タイヤ	構坑 トンネル断面	片押し 概ね2kmまで	全断面	100m毎に柱断面設置	トカゲクハ1/15m ³ (本体トンネル式・クローラ型)	クワトロワ10t (坑内用、黒塵浄化装置付)
		構坑トンネル NATM (機械クヤ方式) ※標準巻速度2.8km/sec 程度以下							
2	国土交通省土木工事積算基準 平成20年版	NATM (発破工法)	タイヤ	設計掘削断面積 50m ² 以上 95m ² 以下	2,500m以下	補助トンネル付 全断面(C) or 上半先進 トンネル(D)	片押し延長が2,500mを超えるもの、設計掘削断面積が80m ² 未満のものは別途考慮 95m ² を超え本基準により難い場合は別途考慮	サトクワ山積2.3m ³ 級	坑内用普通クヤクワ10t積 ※選搬距離片道2kmの範囲が標準
		NATM (機械掘削工法) ※一軸圧縮強度 48N/mm ² 程度以下				上半先進 トンネル(CD)		【上半】 サトクワ山積2.3m ³ 級 【下半】 ハツタツ山積0.8m ³ 級	
		小断面NATM (発破工法)	タイヤ	設計掘削断面積 35m ² 以上 50m ² 未満	500m以下	全断面	発破工法が採用できない場合や800mを超えるものは別途考慮	サトクワ山積2.3m ³ 級	坑内用普通クヤクワ10t積 ※選搬距離片道2kmの範囲が標準
			レール (線線)	設計掘削断面積 20m ² 以上 35m ² 未満	1,000m以下		発破工法が採用できない場合や1,000mを超えるものは別途考慮	ずり積込(クローラ式・ハツタツ山積)型能力150m ³ /h	ハツタツ式2スリ積車 (側開扉形式3.0~6.0m ³) ※選搬距離片道2kmの範囲が標準

2.2 ずり出し方式

ずり処理計画はトンネルの掘進速度を支配する大きな要素であり、地山条件、立地条件、トンネル断面の大きさ、延長、勾配、掘削方式、掘削工法、掘削方式、ずりの性状等を考慮して、積込み機械、ずり捨て設備等を選定する。ずり処理は、ずり積み、ずり運搬、ずり捨てに分かれるが、基本となる作業はずり運搬であり、運搬方式はタイヤ式とレール方式が一般に採用されている。

2.2.1 ずり積機械

走行方式は①ホイール式、②クローラ式、③レール式に大別される。大きさ、積込み方式も各種のものがあ、機械の選定にあたっては、トンネル断面に適合し、積込み能力が運搬機械の容量とバランスが取れたものを選定する必要がある。



写真-1 ホイールローダ（サイドダンプ式）



写真-2 ロードホールダンプ



写真-3 油圧ショベル（バックホウ）



写真-4 油圧ショベル（ローディングショベル）



写真-5 シャフローダ

2.2.2 ずり運搬

ずり運搬には、通常、ダンプトラック、ずりトロが使用されている他、タイヤ方式ではロードホー
ルダンプ、大型重ダンプ（20～40 t）、レール方式では、シャトルカー、またその他の方式として、コ
ンテナ方式やコンベア方式、空気カプセル方式が使用され、小断面のTBM工法では流体輸送方式が
使用されている。

ずり出しは積込・運搬・搬出に分かれ、運搬作業が大きく占めている。運搬方法としては、タイヤ
方式、レール方式が一般的であったが、近年では急速施工または大容量ずり運搬を目的とする場合が
多く、ベルトコンベヤ方式、コンテナ方式、カプセル方式等について検討する必要がある。

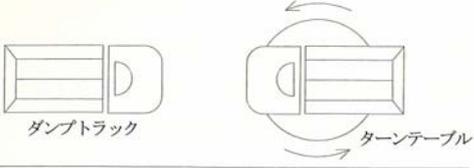
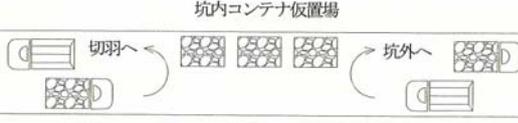
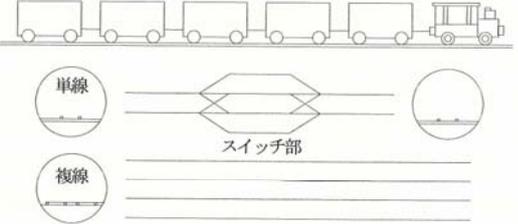
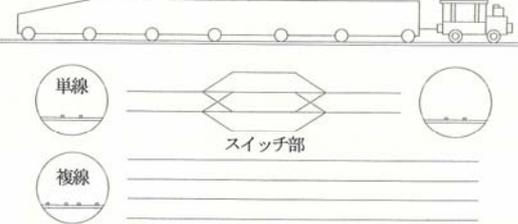
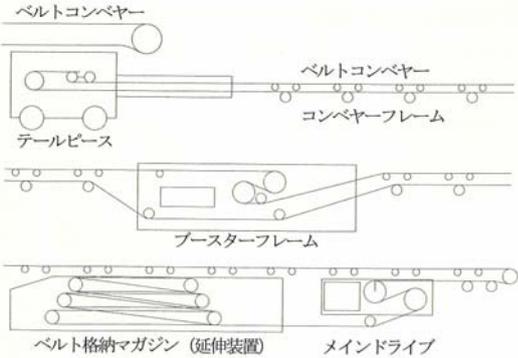
したがって、ずり運搬方式を決める際には、ずりの性状（破碎されたずりの大きさ、ずりの硬軟、
吸水による変化等）を考慮のうえ、環境、安全性、経済性、能力、施工性等を総合的に比較検討し、
能率的なずり運搬方式を決定しなければならない。各ずり運搬方式の特長を以下に示す。

表-1 主なずり運搬方式の特徴

ずり運搬方式	長所	短所
タイヤ	<ol style="list-style-type: none"> 1. 坑内外の諸設備が簡便で機動性が良い 2. 他の方式と比較すると経済的である 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 延長が長くなると換気の問題がある 2. 接触等による安全性に問題がある
コンテナ	<ol style="list-style-type: none"> 1. 大量のずり出し運搬に適している 2. 長大トンネルに適している 3. 大量、長路運搬では経済性がよい 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 延長が長くなると換気の問題がある 2. 接触等による安全性に問題がある。 3. 車体が大きい為坑内に回転用の拡幅が必要である
レール	<ol style="list-style-type: none"> 1. 坑内環境換気がよい 2. 長距離トンネルに適している 3. 湧水の多い軟岩および土砂トンネルに適用可能である。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 逸走防止対策が必要である。 2. ロコおよびバッテリーのメンテが必要である。
ベルトコンベヤ	<ol style="list-style-type: none"> 1. 大量のずり出し運搬に適している 2. 坑内環境が良い 3. 安全性に優れている 4. 長大トンネルに適している 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 固定設備費及び電気料金が割高である。 2. ベルト延伸及び中継ドライブ設置等の段取り替え手間が増える。
カプセル	<ol style="list-style-type: none"> 1. 大量、高速のずり出しが可能である 2. 坑内環境がよい 3. 長大トンネルに適している 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 固定設備費が割高である 2. 設備のメンテが必要である 3. 送気ブロー用の大容量電源が必要である

2.2.3 ずり運搬方式の比較

表-2 主なずり運搬方式の比較

方式	概要	作業性	坑内環境	設備
タイヤ方式	 <p>掘削ずりをホイールローダー等でダンプトラックに積み込み坑外へ運搬する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> 車両待ちが生じた場合、ずりの積込みが中断する。 トラックの錯綜が激しい。 	<ul style="list-style-type: none"> 内燃機関を使用するため、坑内換気に留意する。 	<ul style="list-style-type: none"> ダンプトラックの方向転換のためにターンテーブルが必要な場合がある(ダンプトラック、大型ダンプトラック、ロードホールダンプ)。
	 <p>ダンプトラックの代わりに脱着可能な複数のコンテナを坑内に仮置きして切羽の早期開放を図る。</p>	<ul style="list-style-type: none"> 掘削ずりを切羽後方に仮置きするため、切羽でのずり処理は比較的短時間である。 	<ul style="list-style-type: none"> 同上 	<ul style="list-style-type: none"> 方向転換のためにターンテーブルが必要な場合がある。
レール方式	 <p>掘削ずりをシャフローダー等でずり鋼車に積み込み坑外へ運搬する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> 車両待ちが生じた場合、ずりの積込みが中断する。 車両編成が複数の場合、運行管理に留意する必要がある。 	<ul style="list-style-type: none"> バッテリー機関車の場合には坑内環境を良好に保てる。 	<ul style="list-style-type: none"> 軌道設備 単線の場合には待避区間が必要となる。
	 <p>ずり鋼車の代わりにシャトルカーを用いる。ずりの積み込み作業は、シャトルカーの端部で投入し、車両床面のチェーンコンベヤーで順次後方に移動させて行う。</p>	<ul style="list-style-type: none"> 同上 ただし、シャトルカーの容積が比較的大きいため、ずり鋼車のようにずりの積込みが中断することは少ない。 	<ul style="list-style-type: none"> 同上 	<ul style="list-style-type: none"> 同上
連続ベルトコンベヤー方式	 <p>掘削ずりを切羽後方の所定位置まで運搬したのち、延伸可能なベルトコンベヤーで坑外まで直接かつ連続的に輸送する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> 切羽の進行に伴い、コンベヤーベルト、同フレームおよびブースタードライブの追加が必要となる。 	<ul style="list-style-type: none"> 内燃機関を使用しないため、坑内環境を良好に保てる。 	<ul style="list-style-type: none"> コンベヤーベルト 同フレーム モータードライブ 延伸カートリッジ等 発破掘削の場合クラッシュャーが必要となる。

2.3 タイヤ方式の概要

2.3.1 普通ダンプトラック

ホイールローダまたは、油圧ショベルとの組み合わせによる大断面トンネル工事の運搬機械として利用されている。坑内に普通のダンプトラックを持ち込んだ場合の問題点は、ディーゼル機関の排気対策であって、健康上に有害な成分を無害化するには、排気の希釈、ろ過、水洗、有害ガスの化学的結合、完全燃焼など種々の方法が考えられている。

2.3.2 坑内用ダンプトラック

最近、複線鉄道トンネル、道路トンネルの工事あるいは地下発電所など地下構造物の工事が大型になり、大量のずりを短時間に搬出することが要求されている。この場合、普通ダンプトラックを大量に坑内に持ち込む結果、坑内作業環境を悪化させるので、坑内用使用に適した坑内用ダンプトラックが開発されている。

近年、NATMの採用によりトンネルの掘削断面が大型化しており、一部では、30 t級以上の重ダンプトラックも見られる。



写真-6 坑内用ダンプトラック（リジットタイプ）



写真-7 坑内用ダンプトラック（アーティキュレートタイプ）

2.3.3 コンテナ方式

ずり仮置き方式は、切羽のずりを切羽後方200～400m地点に仮置きし、ずり出し作業時間以外の時間帯に坑外へ2次搬出する方法である。このダンプトラックは、キャリア部分とベッセル部分が容易に脱着可能なアーティキュレート式ダンプトラックである。駆動方式は、前輪のみのトレーラー方式と後輪駆動のものがある。



写真-8 コンテナ式ダンプトラック

2.4 レール方式の概要

2.4.1 手動式鋼車

手動式鋼車は、小規模工事用としてもっとも一般的に使用されているもので、手動によって函体を45°傾斜させると、同時にリンク機構により扉を開いてずりを排出させる。通常1～3m³のものが使用されている。また、シールド工事用（流動性が比較的に高いずりの運搬）として扉の開閉部に漏洩を防止するパッキン付きのものもあり、これには扉のロック装置が併用されている。

2.4.2 転倒式鋼車

油圧式鋼車は、大規模工事用としてもっとも多く使用されており、別途設置される油圧式転倒装置によってずり排出を行うもので、4.5～6.0m³までトンネルの大きさに合わせたサイズがある。また、ずり捨場の関係から転倒装置を据付ける場所がない場合は、油圧搭載形横転車を使用してずりを排出する。また、空圧式も使用されている。

これらの鋼車は、トンネル断面、ずり排出方法により適切なサイズ、機種を選出するが、主として、シールド工事には各種の吊り上げ鋼車、パッキン付手動鋼車、山岳トンネルには手動式鋼車、油圧式鋼車などが多く使用される。



写真-9 転倒式鋼車

2.4.3 シャトルカー

シャトルカーは、小断面のトンネル工事で複数軌道の設置が適切でない場所において大量のずりを連続して、一度に積込み、運搬することを目的としたずり運搬車である。本機は、床面をチェーンコンベアにして、函体の積込み端で深さ一杯に積込まれたずりを順次後方に移動させて満載したのち、坑外あるいは坑内の仮置き場において積込み時と同様に床面のコンベアを駆動させて、他端下部の放出口から全量を排出する構造になっている。また、シャトルカーを2両、3両と連結し、入れ替え無しで爆破ずりを1回で搬出するタイプ（シャトルトレイン）もある。

シャトルカーの特長は、次のとおりである。

- (イ) 鋼車の入替えによるタイムロスが無く、大量のずりをチェーンコンベアにより連続的に積込めるので、積込み機械としての能力も最大限に発揮できる。また、傾斜式シャトルカーは、“ずりビン”としても活用することができる。
- (ロ) 一爆破分のずりを一度に積み切るのでチェリーピッカ、カーシフタなどの坑内設備やそれを設備するための余堀りの必要が無く、また自力で排出を行うのでずり捨場には付帯設備が不要である。
- (ハ) エアモータ又は電動機によって駆動し、運転操作が簡単であるから1人の作業員でも積込み、運搬、排出の作業ができる。
- (ニ) 切羽、坑道における鋼車の入替えを必要としないので、坑内の運行管理が容易である。



写真-10 シャトルカー



写真-11 シャトルカー

2.5 連続ベルトコンベヤ方式の概要

連続ベルトコンベヤ方式は、TBM工法はもとより延長の長いトンネルにおいての採用が増えており、坑内作業環境の改善、安全性の向上を主目的としている。当システムは、切羽で発生したずりを連続的に輸送し、坑外ずり仮置き場に搬出される。発破掘削においては切羽でずりを破碎する設備が必要となるため、自走式クラッシャと組み合わせるのが主流となっている。また連続ベルコンは100m～150m掘進毎にベルトの延長作業が必要となる。ベルトを繋ぎ足す方式として、レーシング（縫い針）方式と、加硫（溶着）方式がある。



写真-11 バックアップデッキ（テール部）



写真-12 坑内一般部

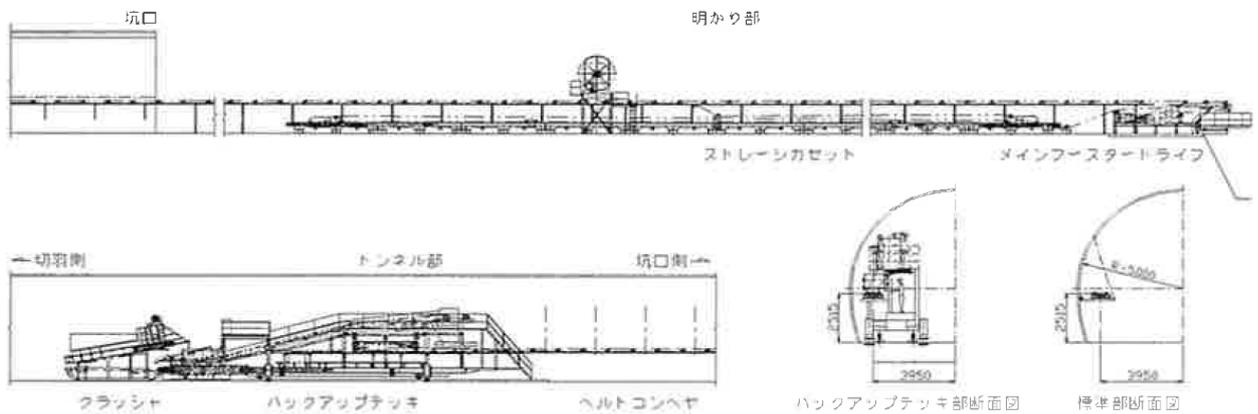


図-2.4.1 連続ベルトコンベアシステム概要

2.6 その他のずり出し方式

その他のずり出し方式としてはカプセル方式や流体輸送方式がある。カプセル方式はずりをいれたカプセルを搬送する方式である。流体輸送方式はシールド工事でよく使われる方式であり、山岳トンネルではTBM工法で採用される場合がある。いずれにせよ特殊なずり出し方式であり、事前の十分な検討が必要である。

【参考文献】

トンネル工事標準示方書「山岳工法編」・同解説 土木学会 平成8年5月
 トンネル工事用機械便覧〈山岳編〉 社団法人 日本トンネル技術協会 平成8年2月
 事例に学ぶ 山岳トンネル機械掘削工法 機械化工法研究会 平成8年8月