

S-マックシステム (Speedy Mucking System)

清水建設株式会社 正会員 ○藤内 隆

1. はじめに

長大トンネルなどの施工において、工程の確保は重要な課題となっている。発破を用いるトンネル工事における一連の掘削サイクル(削孔～装薬～発破～ずり出し～一次吹付け～支保工設置～二次吹付け～ロックボルト打設)を短縮することは、工程短縮に対して非常に有効である。

特にずり出し作業は、通常地山では掘削サイクルの約3割をしめるため、ずり出しサイクルタイムの短縮は全体のサイクルタイム短縮に有効である。(図-1)

本開発では、連続ベルトコンベヤによるずり出し方式において、掘削ずりの一部を切羽の後方にストックすることで、掘削サイクルタイムを11%短縮したので、その技術の概要を報告する。

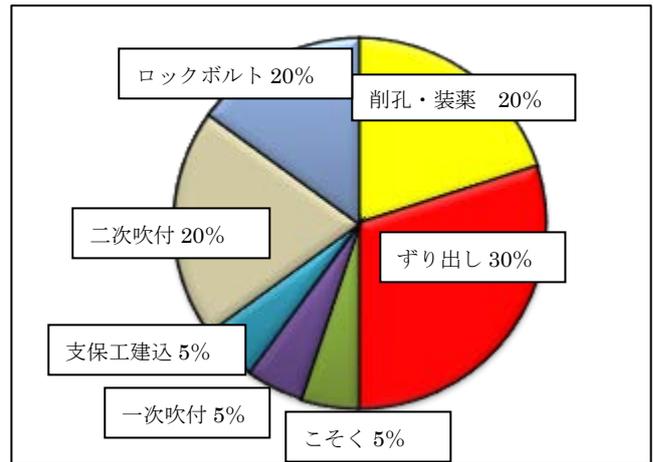


図-1 一般的なサイクルの一例

2. 開発の背景

連続ベルトコンベヤ設備を使用したずり出しでは、発破したずりを細かく破碎してベルトコンベヤ設備に積載できる大きさにする必要がある。その破碎設備から切羽までの距離は発破の退避や他作業の作業性を考慮して、切羽から約60～100mの位置に配置する。

従来のずり出しでは、ホイールローダ1台で切羽から破碎設備までずりを運搬するため、運搬時間がかかりずり出しサイクルタイム短縮の障害となっていた。(図-2)



図-2 従来のずり出し方法

その対策として、ホイールローダ2台で運搬する方法では、破碎設備の能力が限界となるため、破碎設備へのずり投入待ちが発生する。また、破碎設備の能力を向上させるとベルトコンベヤ設備の能力もあげる必要があり、大幅なコスト増となる。以上のような理由から対策が難しくサイクルタイム短縮が課題となっていた。

そこで、破碎設備の能力が限界になる前に一時的にずりをストックするシステムを考案した。

3. S-マックシステムの概要

S-マックシステムは、ずりを急速に処理する急速ずり処理システム、その効果を事前に予測する効果事前予測シュミレーション、ずり出し中の安全を確保する安全管理システムの3つから構成される。以下にその概要を記す。

キーワード ずりストック、ずり出し、ずり処理、切羽、連続ベルトコンベヤ設備

連絡先 〒104-8370 東京都中央区京橋二丁目16-1 清水建設株式会社 土木技術本部機械技術部 TEL03-3561-3880

(1) 急速ずり処理システム

2台のホイールローダを使用して切羽から破碎設備までずりを運搬もしくは一時的に切羽近傍にストックすることで、迅速に切羽のずりを処理することで次工程の作業に早く移行する。ストックしたずりは次工程以降にホイールローダで破碎設備へ運搬して処理する。(図-3)

ずりをストックするずりストック場は、次工程以降の作業に支障がない場所へ配置する。

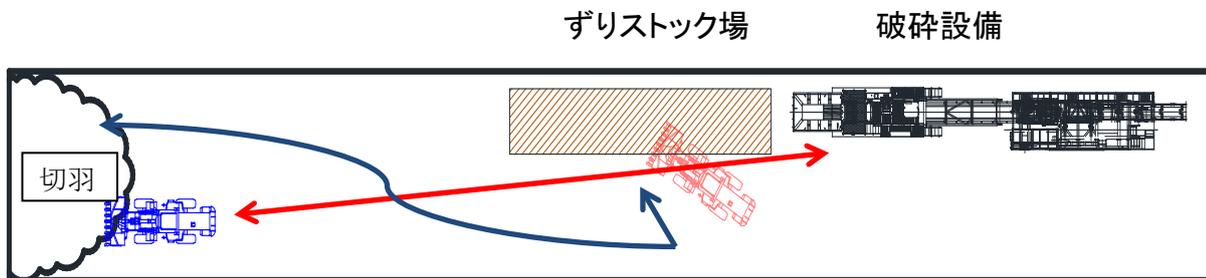


図-3 急速ずり処理システム

そしてずりをストックする場合は、破碎設備の処理限界をホイールローダオペレータに合図を送り、予め設定したずりストック場にずりをストックする。

(2) 効果事前予測シュミレーション

切羽のずりを迅速に処理するためにホイールローダ 2 台で作業を行った場合のサイクルタイムを切羽での積み込み、走行、離合、待機時間を想定し、各作業が円滑にできるか事前に検討を行った。(図-4)

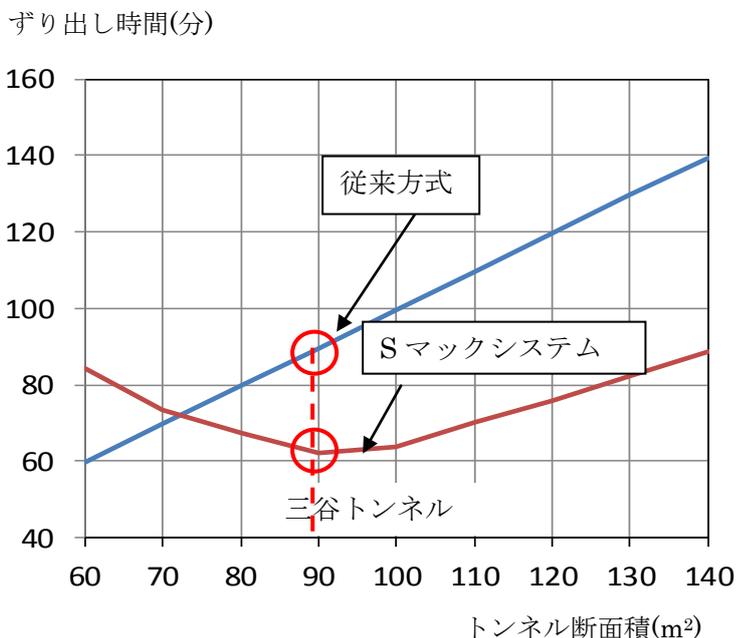


図-4 効果予測シュミレーション

従来のずり出し方法では、トンネル断面積が大きくなればなるほど1回の発破で発生するずり量が多くなるため、ずり出し時間は直線的に長くなる。一方ストックする場合は、小断面図では1台のホイールローダの方がずり出し時間は短い。これは小断面では2台のホイールローダの作業性が低下するためである。80m²を超えると作業性が良くなり、90m²が最もずり出し時間が短くなる。100m²を超えると作業性はよいが一回の発破のずり発生量が多いため、ずり出し時間も長くなる。

この効果事前予測シュミレーションからS-マックシステムを導入した三谷トンネル(断面積89m²)では、従来方式では90分であり、S-マックシステムを導入した場合は60分となり30分の短縮が可能である

ことが予想された。

(3) 安全管理システム

急速ずり処理システムでは、ストックしたずりを次工程以降にホイールローダで破碎設備に運搬し処理することで切羽作業との重複作業となる。そして切羽作業のため機械や人がずりストック作業場所の横断が生じる。そこでホイールローダと機械や人との接触災害を防止するため安全管理システムの導入を行い災害リスク

の低減を図った。(図-5)

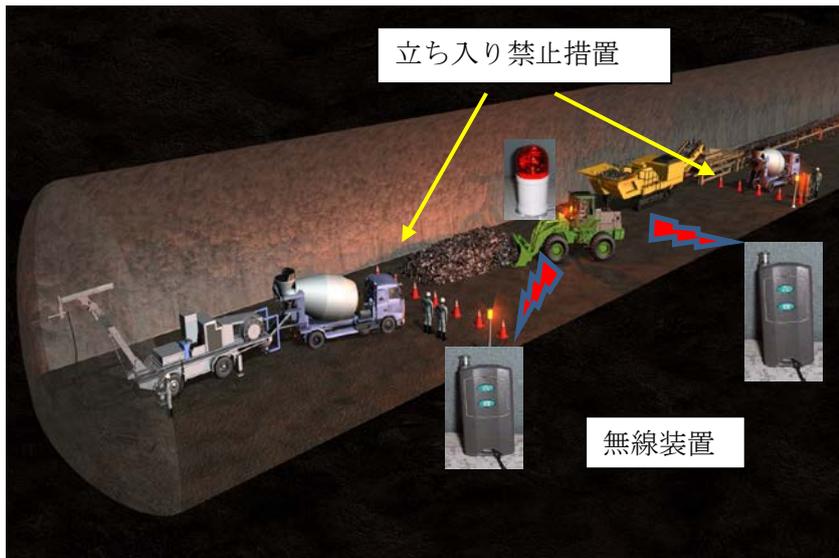


図-5 安全管理システム

安全管理システムでは、ストックしたずりの運搬作業エリアをカラーコーンで立ち入り禁止措置を行い、監視員を配置して立ち入り禁止措置の徹底を図った。

さらに人がストックずり処理作業エリアを横断する場合は、無線装置を用いてホイールローダのオペレータに知らせた上でホイールローダを安全停止させ上で横断することにした。

この安全管理システムの導入により切羽作業とストックずり処理作業の同時施工を安全に施工可能とした。

4. 実証実験

現場に本導入する前に2台のホイールローダの作業性とストックしたずりの処理作業と切羽作業の同時作業が可能かを検証するため実証実験を行った。(写真-1,2)



写真-1 実証実験状況(こばやし峠トンネル)



写真-2 実証実験状況(厚賀トンネル)

2現場での実証実験よりホイールローダ2台での作業性と切羽作業とストックずり処理作業の同時作業が可能であることが実証された。

また、ずり出しサイクルタイムも10~20%短縮できることを確認した。

5. 現場導入

実証実験結果より効果が確認できたため現場導入を行った。

(1) 導入現場概要

現場名：八鹿日高道路 三谷トンネル(南側)工事

発注者：国土交通省 近畿地方整備局

工期：平成25年8月10日～平成28年2月28日

【トンネル概要】

トンネル延長：1515m

代表内空断面積：80.15m²

掘削工法：爆破工法（坑口部 機械掘削）

(2) 現場適用状況

平成 27 年 4 月 6 日よりホイールローダを 1 台増台し、S-マックシステムの本導入を行った。

ホイールローダ 2 台の作業性は問題なく施工可能であることが確認された(写真-3)。また切羽作業とずりストック処理作業の同時作業も可能であることが確認できた。(写真-4)



写真-3 ホイールローダ 2 台でのずり出し



写真-4 ストックずり処理と切羽作業の同時作業

(3) 適用効果

急速ずり処理システムを導入する前のずり出し時間は 90 分であったが、導入後は 60 分となり 33% 短縮できた。

これは効果予測シュミレーションの予想とほぼ同じ値でありシュミレーションの有効性が確認できた。

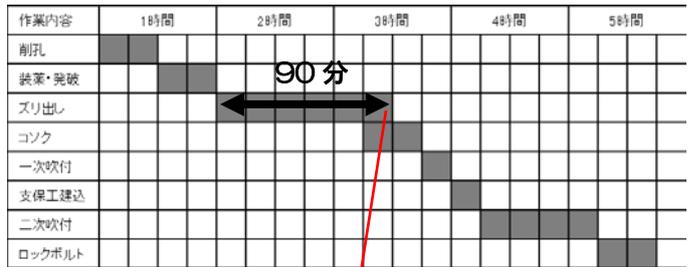
また、削孔・装薬発破～ずり出し～吹付～ロックボルトの一連の作業時間は導入前 4.75 時間が 4.25 時間になりサイクルタイムを 11% 短縮できることが実証された。

更に安全管理システムの導入によりストックずり処理作業と切羽作業の同時作業が安全に施工できることが確認された。

6. おわりに

今後は、三谷トンネルでの実施工をもとに問題を洗い出し、更なる改善を行うことでサイクルタイムの短縮を図ることで、トンネル工事における生産性向上に努めて行く所存である。

(導入前)



(導入後)

