

切羽湧水により泥濁化した発破ズリへの移動式クラッシャの適用

甲賀 俊祐*

Shunsuke Kouga

1. 初めに

北海道の山岳トンネルの施工において、坑内ズリ運搬を連続ベルトコンベヤ（以下ベルコン）で実施したが、切羽湧水で粘土分が多い発破ズリが泥濁化し、クラッシャにヘドロが付着して破碎室の閉塞が頻繁に発生し破碎効率が低下した。本稿では、このようなトンネル工事における、クラッシャ破碎能力低下対策について報告する。

2. 課題とその実施対策

(1) エプロンフィーダでの課題と対策

当該トンネルの掘削断面積は 51.0 m^2 と小さく、ホイールローダ（山積 2.3 m^3 ）と組み合わせる破碎機には、ズリ投入高さが低く積み込み効率の良いエプロンフィーダ式クラッシャ（metso社製：LT96 E（UG）J）（写真一1）を選定した。掘削の進捗に伴い湧水と粘土分が多くなりズリが泥濁化した。エプロンフィーダは投入したズリを全量破碎室に供給するため、破碎室の閉塞等のトラブルが頻発した。クラッシャ能力 300 t/h に対し、平均 64 t/h 、 21% の能力しか発揮できなかったため一時的にダンプトラックによるズリ出しを併用したが、ズリ出しサイクルタイムは平均90分（目標60分）と大きな改善とはならず、ダンプトラックを起因とする労災事故の発生原因にもなった。このため、ベルコンの安定した稼働とサイクルタイムの改善が課題となり、実施した対策および結果を以下に示す。

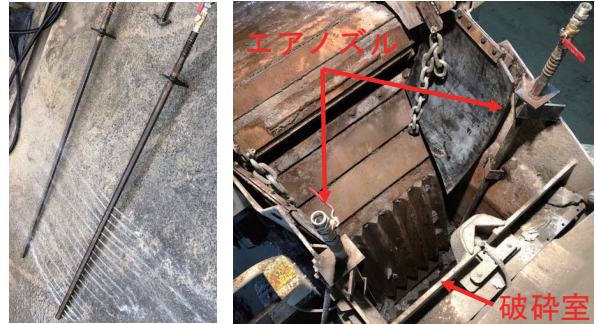
- ① クラッシャ破碎室にはフィーダからのズリ供給量の調整を行うために、レベルセンサが設置されている。ズリ供給量はズリ破碎作業時間に多大に影響する。



写真一1 エプロンフィーダ式クラッシャ

供給量の調整（50%、60%、70%）を実施したが、泥濁化したズリでは供給量を増加させると破碎室の閉塞が発生するため、最終的に50%での運転を実施した。

- ② 近隣の他工区でも同種のエプロンフィーダ式クラッシャで泥濁化ズリに苦慮し、破碎室内に付着したズリを圧縮空気を取り除く対策を実施していることから当現場でも同様の対策を実施した（写真一2）。しかし圧縮空気を噴射するエアノズル（削孔用ロッドに孔開け加工して製作）に岩塊が引っかかり破碎室での閉塞を助長した。



写真一2 エアノズル取り付け状況

- ③ 社内の現場でズリの噛み込みを良くするために破碎室内にチェーンを配置することで破碎効率が向上した事例があり、当現場でも同様の対策を実施した（写真一3）。しかし粘性のあるズリではチェーンが抵抗となり、ズリが破碎室に落ちず閉塞を助長した。



写真一3 チェーン取り付け状況

上記対策を実施したが効果は得られなかった。全量破碎室供給となるエプロンフィーダの特徴に対し、想定外の地質変化となったためエプロンフィーダでは施工が困難と判断した。そこで、全量供給ではなく、細粒分やヘドロを分離して破碎出来るグリズリフィーダ式クラッシャ（metso社製：LT96 EJ）への入れ替えを実施した。

(2) グリズリフィーダでの課題と対策

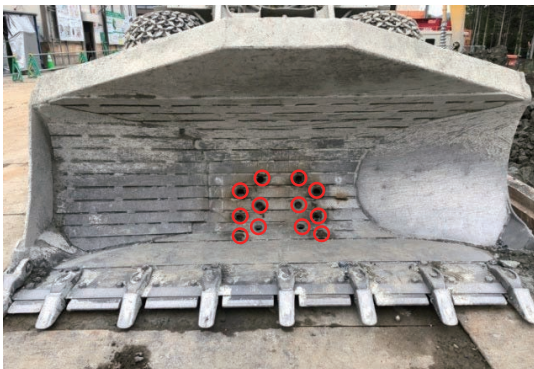
クラッシャの変更により破碎室内にヘドロが付着する頻度が減り破碎状況は改善した。一方、水分が多いズリは、水分がグリズリフィーダから全てメインコンベヤに落ちるため、メインコンベヤ上でズリのスリップが発生し、ベルト上でズリが滞留し、過負荷で停止する問題が発生した（写真一4）。ベルト上でスリップ対策についての検討および実施結果を以下に示す。

*北日本支社札幌支店



写真一4 過負荷停止状況

- ① メインコンベヤのベルトを水分の多いズリでも運搬が可能となる中寄ベルトへの交換を検討したが、ブラシベルトクリーナーへの改造が必要になり、更にベルトの清掃が大変になること、中寄のヒダが破砕ズリで破損し寿命が短くなることが予想されたので不採用とした。
- ② メインコンベヤの角度が24度と他メーカークラッシャ（15度）と比較すると急勾配であることから、角度を15度になるようにコンベヤフレームの改造を検討したが、根本的にフレームの設計からやり直しが必要であり、費用・期間の面から断念した。
- ③ ズリの水分を低減するために坑内仮置きによる曝気を検討したが、切羽からの湧水量が多く走行路面にも水が多く残っていること、坑内スペースが狭いことから、困難と判断した。
- ④ ズリの水抜き対策としてホイールローダのバケットを傾けて水切りした後にクラッシャへ投入した。効果はあったが、水切り待機時間が必要であり積み込み時間の遅延となった。対策としてホイールローダでのズリ運搬中に水抜きを行えるようにバケットに12個の水抜き穴（φ50mm）を加工した（写真一5）。バケットの構造上これが限界であった。水切り効果は向上したが、ズリ出し終盤時の水分を多量に含んだ走行路面付近のズリは水切り不十分でスリップが発生した。

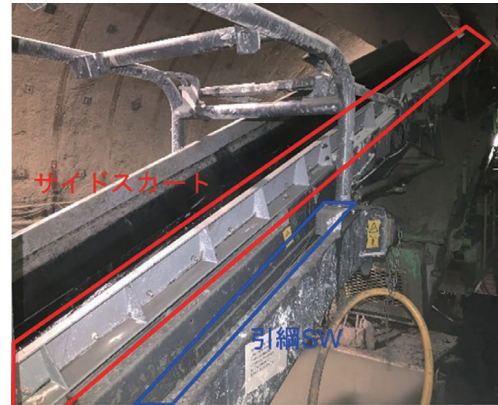


写真一5 バケット加工状況

- ⑤ ズリ投入時の水分量とベルト上のズリの動きを監視し、スリップ時にはフィーダ・破碎室を手動で停止

するためにクラッシャ上に運転員を配置した。運転員はベルト上のズリのスリップ状態を設置したカメラにより早期に判断する。効果として水分が多いズリではスリップはするが、早期に発見し破碎機を停止させることでズリの過積載による過負荷停止がなく、ズリの安定輸送が可能となった。

しかし、スリップの影響でベルト上で滞留した多量のズリが一気に運搬されるため、コンベヤから溢れたズリが落下して引綱スイッチに接触し、非常停止が作動するトラブルもあった。対策としてサイドスカートを設置することにより改善した（写真一6）。



写真一6 サイドスカート

3. 結果

上記の対策を行った結果、エプロンフィーダでのズリ出しサイクルタイムの平均90分に対し、入れ替えしたグリズリフィーダでは平均70分と目標の60分には届いていないが約20分の時間短縮ができ、改善効果があった。残りの10分は運転員の操作の慣れや判断速度の向上、掘削に伴い湧水量・ズリの粘土分が低下することによって改善できると考える。

4. おわりに

関係各部署のご支援のおかげでクラッシャは概ね安定して稼働できている。クラッシャは地質の変化や湧水の影響を非常に受けやすく、特に泥濘化ズリは破碎室だけでなくコンベヤにも影響することが分かった。切羽で実施する湧水対策に加えて、発破ズリから如何に水分を取り除くかが重要であるが、湧水が多い場合はクラッシャ運転員も有効であった。その他として、サイクルタイム向上のためには破碎機CSS（破碎機閉じ寸法）の調整も重要であるが、現状では135mmの設定としている。これ以上の幅にセットするとベルコン上でのズリの荷こぼれが発生する。現状の設定でホイールローダのズリ投入待ち時間の発生もないので現設定で問題ないと判断している。

謝辞. 今回の運用・対策に際して、本社機材部、支社機電課、平塚製作所等多くの方にご指導いただいた。深く感謝し、お礼申し上げます。