

コンクリート切削装置「ラスパール」の開発と適用事例

高橋 浩・館 真人・伊藤 勉

コンクリート切削装置「ラスパール（商品名）」は、トンネルの覆工コンクリートやコンクリートダム等の無筋コンクリートを高速かつ正確に取除く切削作業専用機である。

コンクリートのはつり方法には、切削によるもの以外に打撃、噴射、割裂等による方法があり、各々の原理に従った装置が開発され、作業条件に応じて用いられている。なかでも、高圧水を用いたウォータージェット工法は、コンクリート弱部のみを除去できる特長を生かし RC 構造物における断面修復工法の有力なはつり工法として広く用いられている。しかし、切削速度の点において多少難がある。これに対し、「ラスパール」は広範囲のはつり作業の効率化を目的とした装置であり、無筋コンクリートを強弱に関係なく所定の深さで高速に取除く装置である。

本報文では、このコンクリート切削装置の概要と適用事例を紹介する。

キーワード：ダム、コンクリート、切削、リニューアル

1. はじめに

近年、社会資本の充実に伴う構造物の老朽化に加えて社会構造の変化に伴う機能変更に関するニーズが多くなっており、トンネルやダムにおいても、補修・改築工事が急増している。一般に、補修・改築工事は時間的な制約が大きく、労働集約的な工事となることも少なくない。中でも補修に伴う劣化コンクリートの除去（はつり）工事はスピード、精度を要求される一方で、苦渋を伴う作業となることが多く、これに対応する技術の整備が重要な課題となっている。

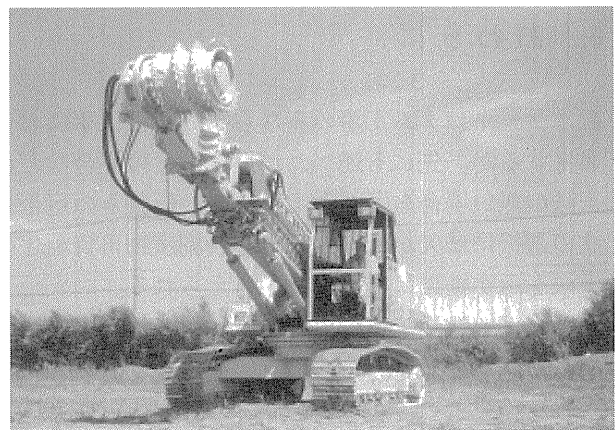
佐藤工業株式会社の開発した「ラスパール」（スペイン語で削るの意）はこの課題解決を目的として開発されたコンクリート切削装置で、これまでトンネル覆工、地下連続壁、コンクリートダム等の切削に用いてきた。

ここでは、この装置の基本的な構成および特徴を報告するとともに、平成 11 年より 3 ヶ年にわたって施工した雨竜川中央地区鷹泊ダム堤体補修工事における当装置の適用事例を紹介する。

2. 装置の仕様・特徴

本装置は、切削ヘッド、ブーム、ベースマシンで構成されている。切削ヘッドはビットの配列の違いによ

って螺旋配列型と対称配列型があり、ブームはショートブームとロングブームがある。それぞれの構成装置は簡単に脱着することが可能で、使用環境に応じて各タイプを組合わせて用いる（写真—1）。



写真—1 切削装置「ラスパール」

（1）切削ヘッド

（a）螺旋配列型切削ヘッド

写真—2、図—1 に示すように、この切削ヘッドは岩盤切削用のドラム式カッターを応用したもので、軟岩用のバイオネット型ピットをドラムの周囲に螺旋状に配列し油圧モータにより駆動する。切削ヘッドの仕様は表—1 の通りで、切削幅 700 mm で 130 mm までの切削を一度に行うことができる。

各々のビットが担当する切削幅は 20 mm で、通常

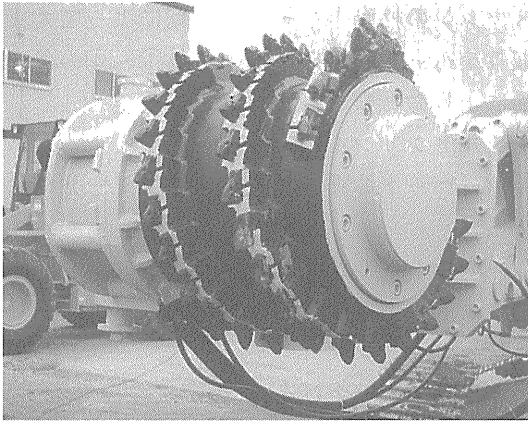


写真-2 螺旋配列型切削ヘッド

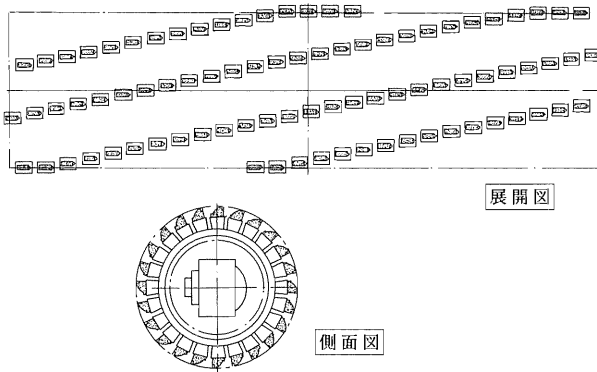


図-1 ビット配列図

表-1 螺旋配列型切削ヘッド仕様

カットトルク	2 t・m
カッタヘッド径	850 mm
カッタヘッド幅	700 mm
カッタヘッド回転数	32~72 rpm
ピック数	86 個
必要油圧	17 MPa

の岩盤切削機と比較してかなり密な配置となっている。これは、切削仕上げ面に与える影響を小さくし、大きな切削能力を保持しつつ構造物を傷めないという観点に基づいて設計されたゆえんである。

この切削ヘッドの切削能力および切削仕上げ性能については、ヘッドのみの性能確認実験によって次のことが確認されている^{1), 2), 3)}。

- ① 圧縮強度 60 N/mm² までのコンクリートが切削可能である。
- ② 単位時間当たりの切削量は 2~4 m³/h であり、コンクリート強度が大きくなるにつれて低下する。
- ③ 概略的にはヘッドの推進力を大きくすると切削能力が増大するが、切削深度によって異なる。実験では、切削深度を 60 mm として 2.5 t の推進力で切削すると切削能力が 3.5~4.0 m³/h とすべのコンクリート強度に対して最大となる。この

ことは実際の切削工事における作業効率からも実証されており、たとえば 100 mm の深さを切削する場合、一度に切削するよりも 50 mm の深さで 2 回に分けて切削する方が効率が良いことが分かっている。

- ④ 切削面の凹凸は ±10 mm 以下でありほぼ平坦である。仕上げ面の顕微鏡検査の結果、切削仕上げ面のひび割れ、骨材の浮きについては、表面から 1~2 mm 程度に剥離片がわずかに認められる程度である。
- ⑤ 切削時の騒音レベルは 95 dB であり装置近傍でも人語が聞き取れる程度のものである。
- ⑥ 切削ずりの最大径は 15~25 mm、通過重量百分率 50% の粒径は 2.5 mm であり、比較的ずりの粒子は小さい。閉所での作業においては粉塵対策が必要となる。

(b) 対称配列型切削ヘッド

前記 (a) に述べた螺旋配列型切削ヘッドは、実はコンクリートダム用に切削能力の増強を図った 2 号機であり、初代の 1 号機はこれを一回り小さくした切削用螺旋配列型切削ヘッドであった。螺旋配列型切削ヘッドを実機に取付けて切削すると、その螺旋形状から回転方向に推進力が発生し、いわゆる横揺れが生ずる傾向があることが判明した。そのため、オペレータはその推進力を相殺するべく、逆向きの力をブームに加えながら切削するという多少のテクニックを必要とした。この装置癖を解消する目的で 1 号機の螺旋配列型ヘッドを改良し、ピックを対称に配列したヘッドを製作した(写真-3, 表-2)。

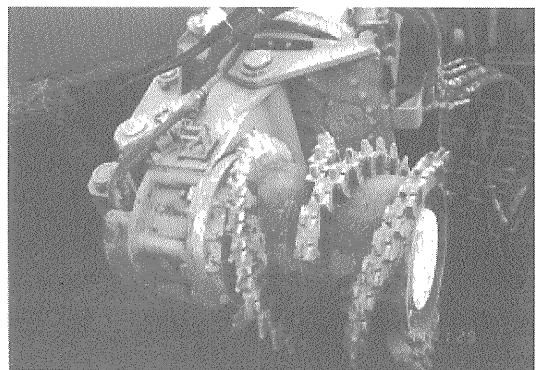


写真-3 対称配列型切削ヘッド

表-2 対称配列型切削ヘッド仕様

カットトルク	1 t・m
カッタヘッド径	750 mm
カッタヘッド幅	640 mm
カッタヘッド回転数	32~72 rpm
ピック数	74 個
必要油圧	17 MPa

切削比較実験において、対称配列型ヘッドの方が揺れが少なく操作性に優れていることはオペレータの証言からも確認されたが、このヘッドの横揺れ防止効果を確認するため、ヘッド部に加速度ピックアップを取付け振動を測定した。その結果、対称配列型ヘッドは螺旋配列型ヘッドより 15 dB 程度低い値を示した。また、波形全体を見比べると、対称配列型の方が低振動状態であることも分かった。なお、切削能力、支持力、騒音、切削ずりの性状等については改良前のものとはほとんど変わらないこともこの実験によって確認された。

装置の耐久性・信頼性についてはまだ十分なデータを得ていないが、構造上問題とする欠点もなく無理のない回転切削状況を示していることから、今後の切削ヘッドについては対称配列型ヘッドを基本に考えたい。

(c) 切削深度制御用ガイド (図-2)

本切削装置は、常に一定の深さでばらつきなく切削することを基本としているが、工事によっては任意の深さで切削することが必要となる場合もある。このためのガイドが切削深度制御用ガイドであり、前述の螺旋配列型切削ヘッドもしくは対称配列型切削ヘッド端部に設置される。これはガイド高さが 20~100 mm まで漸増する半三日月状のガイドで、ヘッドと切削面のなす角度を調整することにより任意の深度 (50~130 mm) で切削するものである。

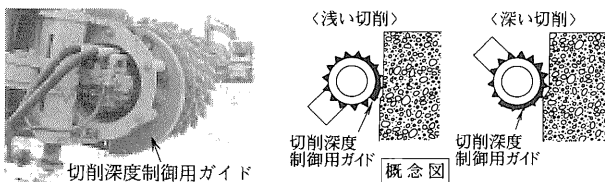


図-2 切削深度制御用ガイド概念図

(2) ブーム

(a) ショートブーム

切削対象構造物に接近して切削する場合に用いるブームであり、切削精度と利便性を確保するためにいくつかの機構を備えている。精度よく切削を行うためには、切削面に対してヘッドを正対させることが必要である。

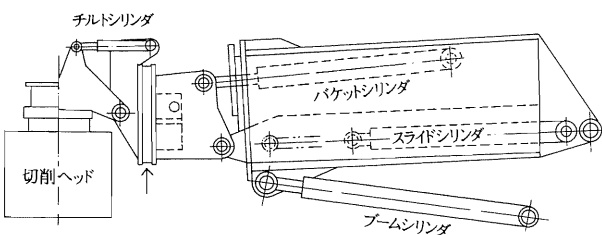


図-3 シリンダ機構図

ベースマシンの移動とブームの回転によって大まかな位置取りを行った後、以下に述べる①~④の各シリンダ機構により微調整を行う (図-3)。

① チルトシリンダ

本装置はヘッドの振り角を最大 15° まで調整する機構である。

② バケットシリンダ

切削ヘッドの上げ下げを行う。

③ ブームシリンダ

ブーム全体の上げ下げを行う。

④ スライドシリンダ

軸方向にブームを延伸する装置である。切削面に対する切削ヘッドの位置決めと切削深さの調整および切削ヘッド押付け力の調整を行う。

⑤ サークル機構 (写真-4)

切削は通常上から下に向かって帯状に行われるが、条件によっては水平方向に切削する方が効率的な場合もある。サークル機構はこの目的で取り付けられた機能であり、切削ヘッド取付け部にサークルモータを内蔵し、ヘッドの向きを操縦席からのワンタッチ操作で 180° 回転するようになっている。

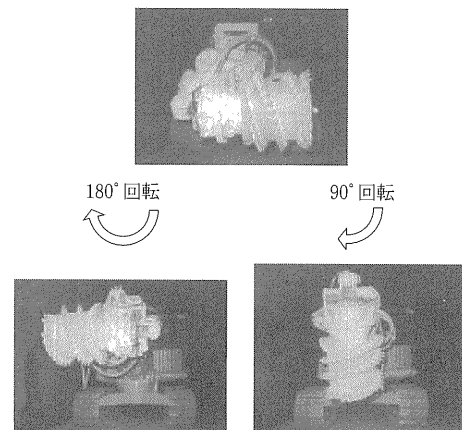


写真-4 サークル機構によるヘッドの回転

(b) ロングブーム (図-4)

切削箇所にならなない場合に用いるブームであり、バックホウ油圧ショベルに用いるロングブームの先端アームにスライド機構を付加して改造したものである。

(3) ベースマシン

装置移動およびブーム回転のためとオイル供給を兼ねて、ベースマシンとしては通常のバックホウ油圧ショベルを改造したものを採用している。

切削時における切削反力は、切削面に垂直な方向に対して、最大で 1.3 t、平均で 0.75 t であることが実験によって明らかとなっている。そのため切削時には

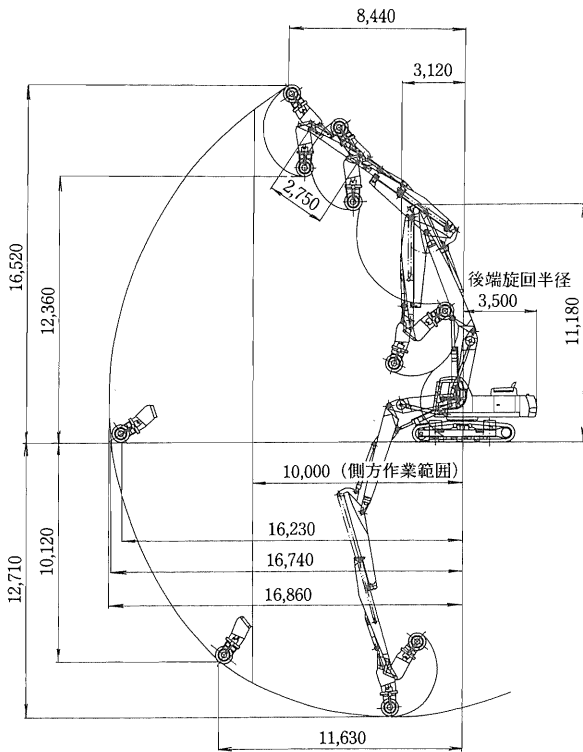


図-4 ロングブーム作業範囲

2 t程度を目安として壁面に押付けて切削するため、それに見合うだけの反力機能が必要である。この切削反力を車体重量で安定的に持たせるためには0.7 m³級以上のものを用いる必要がある。

3. コンクリートダム切削工事における適用事例

(1) 工事概要と劣化状況

本切削装置を雨竜川中央地区鷹泊ダム堤体補修工事(発注者：北海道開発局札幌開発建設部)に適用したので、その実績概要を示す。

当ダムは雨竜川のほぼ中流域に位置し、堤長170.50 m、堤高35 m、堤体積55,300 m³の発電および農業用水用の多目的ダムである。

昭和28年に竣工以来、北海道の厳しい自然環境にさらされ、ダム本体コンクリートの劣化および付帯施設の老朽化が著しい状態となっていた。そのため、国営かんがい排水事業雨竜川中央地区により回収工事を施工することとなり、十数年前より護岸擁壁、非常用洪水吐ゲート、取水塔上屋、洪水吐ピア等の補修が進められている。

ダムコンクリートは凍結融解により、ひび割れ、剥離が著しく、コンクリート表面の数cmが劣化していた。また、キャビテーションによる洗掘が数十cmに及ぶ状態であった(写真-5)。

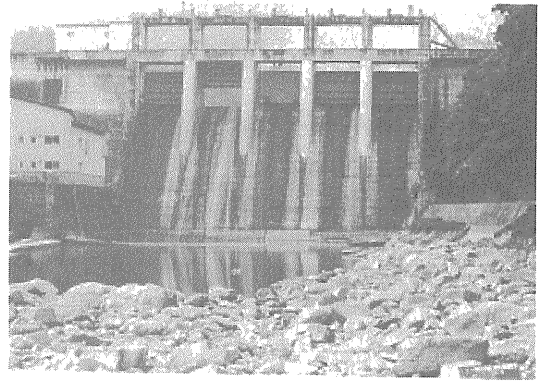


写真-5 施工前の鷹泊ダム全景

そこでダム本体コンクリート表面を50~130 cmの深さにわたってラスパールにて切削し、新コンクリートを打設することとなった。

(2) 事前実験

当ダムコンクリートには大粒径の玉石骨材が用いられることから、切削時の骨材の浮きが懸念された。そこで、粒径100~150 mmの玉石を表面および内部に混入したコンクリート版を製作して切削実験を行った。その結果、玉石の混入比率が高いコンクリートについてはアームのぶれ、振動などが発生するものの、玉石の浮きもなくスムーズに切削できることが確認された。また、新旧コンクリートのせん断試験による付着強度の確認、厳寒時の養生方法の確認等も行い本施工に臨んだ。

(3) 切削実績

工事は平成11年より3ヵ年にわたり12月~3月の渇水期を利用して行われた(図-5)。

切削に当っては、螺旋配列型ヘッド+ショートブームと対称配列型ヘッド+ロングブームの2台のラスパール(以後、前者をラスパールロング、後者をラスパールショートと略称する)を用いて行った。ラスパールの作業足場については、当初インクライン形式や架台形式も検討したが、コストと工期の点から、堤体前面に砂利を盛立ててこれを足場とする方法を採用した。

写真-6に示すように、高所はラスパールロングにて、低部はラスパールショートにて切削を行った。前述の通り螺旋配列型ヘッドは切削面から横に逃げようとする性癖があるが、油圧に余力のあるラスパールショートではこれを押さえ込むことが可能である。ラスパールロングについては事前にはぶれの少ない対称配列型ヘッドを用いたのでぶれの問題はなかったが、ヘッドの軽量化等による操作性の改善が必要と考えている。

ラスパールによる切削実績量は3ヵ年で503 m³

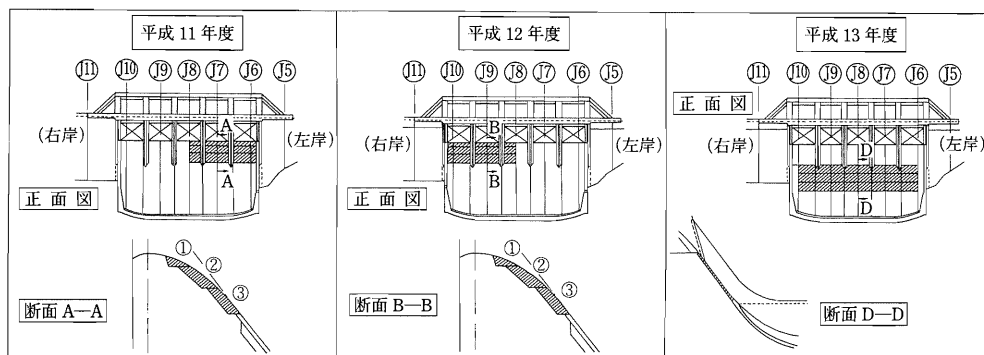


図-5 年度別施工



写真-6 堤体切削状況



写真-7 竣工後ダム全景

(平成 11 年度約 190 m³, 平成 12 年度約 190 m³, 平成 13 年度約 123 m³) であり, 純切削能力はラスパールロングで 0.76 m³/h, ラスパールショートで 0.92 m³/h である。

4. おわりに

当装置は低コスト, 簡便性を基本理念として既存技術を効率的に取込むことで費用対効果を発現してきた。当ダムの切削工事においても, 切削能力については当初の目標以上の成果を得たものと自負している。

一方, ダムは我が国において比較的早期に築造された構造物であり, 中には大規模な切削, 打替えを必要

とする劣化コンクリートダムも少なくない。この場合, 現在のスタイルでのラスパールでは十分な能力を発揮することは難しく, 新たな大規模切削装置が必要と考えている。この考えのもと, 現在, ドラム式切削ヘッドとダム用インクラインを組合わせた切削ロボットの設計を進めており, 機会があれば稿を改め新ラスパールの技術紹介を行いたい。

末筆ではあるが, 当ダム切削工事にラスパールを採用して頂いた北海道開発局ならびに開発パートナーの日本鋳機, KBC マシナリに謝意を表する次第である。

J C M A

《参考文献》

- 1) 伊東, 他: コンクリート表面切削装置の開発, 土木学会第 45 回年次学術講演会, 平成 2 年 9 月
- 2) 岩藤, 他: 補修工用コンクリート切削装置の開発, 電力土木, No. 231, 平成 3 年 3 月
- 3) 岩藤正彦, 坂下文夫, 伊東良浩, 目時康男: 補修工用劣化コンクリート切削装置の開発, 建設の機械化, 平成 3 年 7 月

【筆者紹介】

高橋 浩 (たかはし ひろし)
佐藤工業株式会社
土木本部技術部門リニューアルグループ
グループ長



館 真人 (やかた まさと)
佐藤工業株式会社
土木本部技術部門ダムグループ
グループ長



伊藤 勉 (いとう つとむ)
佐藤工業株式会社
札幌支店土木部門
工事部長

