

36. ハイドロカタ工法と施工

(株)大林組 加藤 実・*登坂 知平

1. はじめに

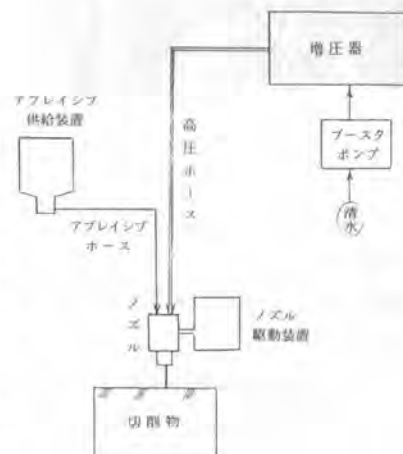
従来、トンネル工事等の岩盤掘削には爆破による方法、市街地のコンクリート構造物の解体工事には油圧破碎機やブレーカを用いる方法が採用されている。しかし、これ等の方法では騒音や振動が発生し、安全施工、公害問題で施工条件に数多くの制約を受け、無公害で安全な他の工法を要求されることが多い近年の情勢である。そこで当社では、これ等の問題を解決する方法として、超高压ウォータージェットを利用して切断を行う方式に着目し、米国ハイドロホース社より“ハイドロカタ”を導入、昭和58年度より性能実験および現場実施工を繰返し実用システムを確立した。

水ジェットによる切削の原理としては、水ジェットの衝撃、キャビテーション、間隙水圧、研磨効果などが挙げられる。水ジェットの速度を次第に高めて、300m/sec付近を超えるとその切削作用が顕著に変化し、研磨効果が次第に主要なものになってくる。大気音速にほぼ等しい上記衝撃速度を超えるとさらに研磨効果を増し、比較的硬い岩石の切削が可能となるが、切削対象物を鉄材にした場合、7,000～10,000 kgf/cm²の高压ポンプを必要とすると言われ、水ジェットのもっている研磨効果だけではその切削は極めて難しい。そこでハイドロカタ工法は、秒速350～550 m/secと言う高速のジェット水と研磨材をノズルの先端で混合し、噴射するいわゆるアブレイシブジェットで、あらゆる被切削物に対して切削可能である。これは、高速のジェット水流がアブレイシブ(研磨材)の加速媒体として動き、かつ潤滑や冷却効果があるため、硬岩や特殊金属のようなち密な物質でも切削可能で、水ジェットのみの場合と比較して切削能力も増大し、より厚い材料が切削可能となった。

図-1 全体システム図

2. 装置の構成

ハイドロカタ工法の基本システムを図-1に、また、表-1にはこれ等の各装置の概略仕様を示す。ジェット水には清水を使用し、大径の粒子を濾過後、プースタポンプによって5 kgf/cm²程度に加圧し、増圧機へ供給する。増圧機は油圧シリンダを介して4ヶの高压シリンダを交互に作動し、2800 kgf/cm²の加圧水を発生させる。この加圧水は、高压ホース又は高压管を通してノズルへ到達する。一方アブレイシブはアブレイシブ供給装置により、任意に設定された吐出量を排出する。アブレイシブの輸送は高速ジェッ



ト水流によって生ずる負圧を利用し、ホースによってノズル内へ流入する。ノズル内へ流入したアブレイシブは高速ジェット水流により加速され、ジェット水流と共に被切削対象物へ噴射される。

アブレイシブの輸送は、負圧を利用する他に、加圧方式による輸送を行う場合もある。

ノズル装着装置は、任意の形状に切削を行うため、ノズル本体を移動させる装置で、レール固定式ノズル装着装置（写真-1）油圧ショベルを改造し、特殊ブームを取付けたクローラ式ノズル装着装置（写真-2）、XY切断用ノズル装着装置等がある。

写真-1 レール固定式ノズル装着装置



表-1 各装置の概略仕様

装置名	仕 様	
	油圧ポンプ用モータ	
増圧機	200V / 400V 75kW 最高加圧水 2,800 kgf/cm ²	
ブースタ ポンプ	ポンプ駆動モータ 200V 2.2kW 吐出圧力 12 kgf/cm ²	
アブレイシ ブ供給装置	モータ 200V 0.2kW ホップ容量 90L 吐出量 0~6 kg/min レール固定式 走行モータ 200V 0.2kW	
ノズル装着 装置	壁面追従装置 50W クローラ式 走行、旋回モータ 11kW スライドモータ 0.2kW 壁面追従装置 50W XY切断用 X方向用モータ 0.2kW Y方向用モータ 0.1kW × 2台 壁面追従装置 50W	

写真-2 クローラ式ノズル装着装置



3. 切断能力

切断能力は、下記に示す項目が主因子となって決定される。

- (1) ジェット水の圧力及び水量
- (2) ノズルの移動速度

(3) アブレイシブの種類や量

(4) ノズル効率

アブレイシブジェットによって大きな切削能力を得るには、ジェット水をより高圧にし、水量を増す。すなわち、被切削体に対して大きな切削エネルギーを噴射し、効率の良いアブレイシブを選択し適量の供給を行うことによって得ることができる。この他にノズルの効率も重要な因子である。

切削実験は、オリフィスを複数装着したノズル（図-2 ノズル装置模式図-A）とオリフィス1ヶのノズル（図-3 ノズル装置模式図-B）の両者を使用して行っている。

図-2 ノズル装置模式図-A

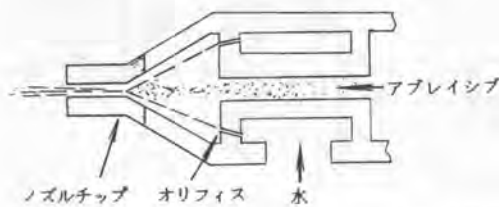
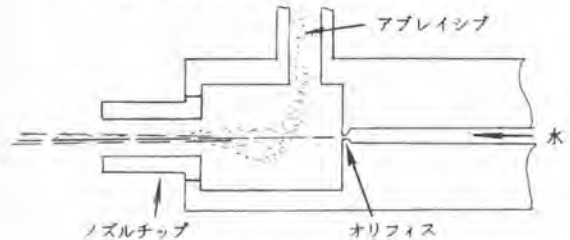


図-3 ノズル装置模式図-B



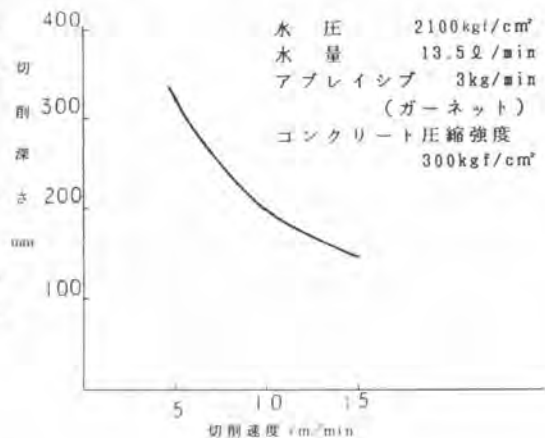
前者のノズルは、ノズル中心軸に沿ってアブレイシブを噴射すると同時に、その周辺よりジェット水を噴射して、水とアブレイシブを混合噴射するタイプで、後者は、ノズル中心軸に沿って噴射するジェット水の周辺よりアブレイシブを吹き込み、水とアブレイシブを混合噴射するタイプである。このうち前者のタイプは、アブレイシブ量が比較的少ない量でも切削性が良い特徴を持っているが、ノズルの構造が複雑で機械工作が難しい。一方後者は、機械工作が容易で、比較的小型にできるという長所があるが、アブレイシブジェットの切削効率に大きな影響を持つ。水とアブレイシブの混合性は前者に比較して劣るようである。

ノズルの効率を高めるには、上述の水とアブレイシブの混合性の他に、ジェットのもつ動エネルギーの損失を極力少なく、取束性のあるジェット流を遠方へ飛翔させる構造を求めることである。

これまで幾度かの切削実験を行ない、複数のオリフィスを装着したノズルと、単数のオリフィスノズルの両者の利点を取り取束性の良いノズルを製作し、施工現場に適用し好結果を得ている。

図-4 に切削速度と切削深さの1例を示す。切削速度を5cm/min、10cm/min、15cm/minと変えた場合の切削深さ比は、およそ1:0.6:0.5と減少率は次第に少なくなる傾向を示し、単位時間当切削面積比では1:1.2:1.4と次第に効率を上げている。

図-4 切削速度-切削深さの1例



4. 現場施工例

(1) 連続地中壁の切削 (写真-)

大阪市水道局発注、三軒冢～千島第二幹線下水管渠築造工事、シールドマシン発進立坑の連続地中壁にシールドマシン発進口開削を行った、鉄筋コンクリート、主筋D-32ピッチ100mm、配力筋D-25mmピッチ200mm、切削水圧2100kgf/cm²アブレイシブ量最大2kg/min、切削水量7.5ℓ/minで切削を行った。

写真-3 連続地中壁の切削

(2) NATMサイロット壁の切削 (写真-)

日本鉄道建設公団発注、北総開発鉄道栗山トンネル(矢切)工事、サイロット吹付コンクリート壁を342mmにわたって切削した。当該トンネルは地山が、土被りの薄い砂山であり、サイロット壁取り壊し時に大きな衝撃を加えることは、構造物および周辺地山に悪影響を及ぼすと考えられたためハイドツカッタにより切削を行った。



吹付コンクリートは、壁厚250～800mm

(C=380kg/m³) 支保工 H-125、切削水圧2100kgf/cm²、アブレイシブ量最大3kg/min 切削水量7.5ℓ/min、で切削した。

本例は、切羽での掘削と平行作業という難作業で、運転期間も1ヶ月余に及んだが大きなトラブルもなく完了、さらに被切削面の凹凸面に対する壁面追従装置の製作、アブレイシブ高所輸送等、多くの施工ノウハウを得た。

(3) その他の施工例

某ビル改築に伴う地下壁の切断工事を店内営業中に実施、又某シールド発進立坑連続地中壁の切断等がある。

写真-4 NATMサイロット壁の切断



5. おわりに

これまでの切削実験、実施工の繰返しにより、ハイドロカッタ工法は充分に実用性値することが実証された。現在切削能力の向上を目的に改良実験等を行っているが、今後、コスト面も含めてシステム全体の能力アップをめざし、種々の改良を計画中である。