

T-iROBO UW に装着する水中硬岩掘削用アタッチメントの開発

大成建設(株) 土木技術部 正会員○新井 博之

大成建設(株) 機械部 正会員 金 浩昭

1. 背景・目的

ダムリニューアル工事では、ダム湖に水を貯めた状態で、湖底の土砂や岩盤の掘削を伴うことも多く、大水深下での水中掘削工事を安全かつ効率的に行う技術が求められている。当社では、仮設栈橋が不要で台船上からマシンガイダンスで操縦できるシャフト式遠隔操縦水中作業機「T-iROBO UW」を開発¹⁾し、天ヶ瀬ダム流入部工事での水中岩盤掘削に採用²⁾している(図-1)。しかしダム周辺の岩盤は、亀裂の少ない硬質な岩盤の場合も多く、従来の油圧ブレーカ掘削では施工が困難な場合もある。そこで筆者らは、このような硬岩に対して陸上作業でも用いられる割岩工法によって、機械掘削するための2種類の水中硬岩掘削用アタッチメントを新たに開発した。本稿では、T-iROBO UW による硬岩掘削方法と水中硬岩掘削用アタッチメントの概要及び陸上実証試験結果について報告する。

2. 水中作業機による硬岩掘削方法

T-iROBO UW による硬岩掘削フローを図-2 に示す。まず岩盤の掘削境界に連孔スロットを穿孔して自由面を形成する(フロー①)。次に掘削する岩盤に油圧パッカーを挿入するための割岩孔を穿孔し(フロー②)、割岩孔に油圧パッカーを挿入して岩盤を押し広げて割岩する(フロー③)。最後に亀裂が生じた岩盤をブレーカで二次破砕する(フロー④)。

T-iROBO UW の割岩孔配置案を図-3 に示す。水中硬岩掘削では、1回の掘削深さ(ベンチ高)を0.75m、割岩孔ピッチを1m格子で計画した。こうした一連の作業フローでは、スロット形成のための連続穿孔作業や割岩孔にパッカーを挿入する作業のように、施工精度が要求される作業を、視界の利かない大水深下で精密な遠隔操縦によって行う必要がある。この課題を解決するため、今回新たに連孔スロット作業と割岩作業用アタッチメントを開発した。

3. 水中硬岩掘削用アタッチメント

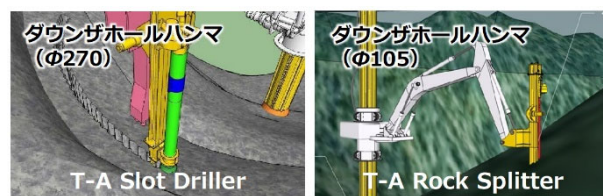
開発した2種類のアタッチメントの概要を図-4 に示す。

(1) 連孔スロット穿孔アタッチメント「T-A Slot Driller」

T-A Slot Driller は、岩盤穿孔用のダウンザホールハンマ(φ270mm)と孔間隔を保持するためのガイドツースを搭載したアタッチメントである。ガイドツースの先端は円錐状になっているので、穿孔の際に多少のズレが生じてガイドツースが既設孔の中心に誘導され、一定の孔間隔で隣接孔を穿孔できる。このため連孔ス

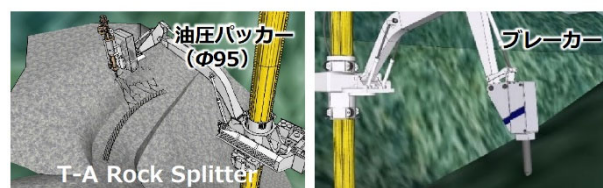


図-1 T-iROBO UW 概要図



①スロット形成

②割岩孔穿孔



③割岩

④二次破砕

図-2 水中硬岩掘削フロー

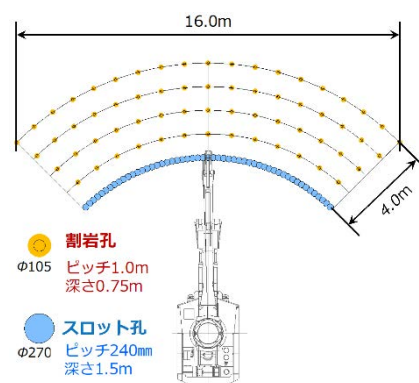


図-3 割岩孔配置案

キーワード ダム再生, T-iROBO UW, 水中掘削, 硬岩掘削, 割岩工法

連絡先 〒163-0606 東京都新宿区西新宿 1-25-1 大成建設(株)土木本部土木技術部ダム技術室 TEL03-5381-5282

ロットの隣接孔間隔を 240 mmとし、30 mmという微小なラップ幅で連続穿孔できるので、効率的なスロット施工が可能となる。

(2) 穿孔・割岩一体型アタッチメント「T-A Rock Splitter」

T-A Rock Splitter は、岩盤穿孔用のダウンザホールハンマ（φ105）と割岩用の油圧パッカー（φ95）という、従来は別々の機械であったものを1つに備えたアタッチメントである。割岩作業では、径105 mmの割岩孔に径95 mmのパッカーを挿入する必要がある、高い作業精度が要求されるため、穿孔用と割岩用の2つの機械をスライドして切替えられる構造にしている。これにより、水中作業機のアームを動かさず、穿孔した位置に確実にパッカーを挿入することが可能となる。

4. アタッチメントの陸上実証試験

アタッチメントの性能と割岩による硬岩掘削方法の妥当性を検証するため、建設中ダムの原石山において陸上実証試験を行い、施工能力を確認した。試験岩盤は、発破掘削で施工する硬質な安山岩である。施工仕様は、水中硬岩掘削フローで想定した条件とし、掘削ベンチ高75cm（割岩孔の穿孔長1.3m）、割岩ピッチ1m格子、スロット掘削深1.5m（2ベンチ分）、孔間隔240mmとした。

T-A Slot Driller によるスロット形成では、ガイドツースの効果ではほぼ一定間隔の連孔穿孔でき、全スロット長7mを29孔のスロット孔で施工した。また上記の作業時間は14.5hとなり、1孔当りの穿孔時間は0.5時間、掘削深1.5mのスロット施工能力としては0.45m/hとなった。またT-A Rock Splitter による穿孔・割岩では、1孔当りの作業時間は約15分（0.25時間）であり、1m格子の割岩施工能力としては4m³/hとなった。なお上記は陸上条件の施工能力なので、実際に水中硬岩掘削を計画する際には、施工能力は若干低下するものと想定し、適切に補正する必要がある。

5. まとめ

水中硬岩掘削用アタッチメントが完成したことにより、既存アタッチメントと併用することで、軟質な堆積土から硬質な岩盤まで様々な地盤条件での水中掘削が可能となり、T-iROBO UWの適用範囲を拡張できた（図-7）。今後のダムリニューアルをはじめとする各種水中掘削工事に、本作業機を活用し、様々な地盤条件での水中作業の施工精度や作業効率の向上を図り、工期短縮、コスト縮減および作業の安全性確保を推進していきたいと考える。

謝辞：本アタッチメントの開発に際して、（株）アクティオ、極東建設（株）から多大なる協力をいただいた。謝意を表す。

参考文献

- 1) 谷地宜之ほか：T-iROBO UW（シャフト式遠隔操縦水中作業機）について，土木学会第70回年次学術講演会 VI-723，2015。
- 2) 矢部和史ほか：シャフト式遠隔操縦水中作業機による岩盤掘削，土木学会第71回年次学術講演会 VI-522，2016。

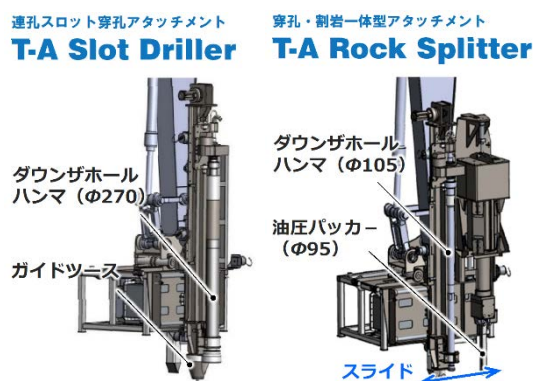


図-4 水中硬岩掘削用アタッチメント



図-5 陸上実証試験（スロット穿孔状況）



図-6 陸上実証試験（割岩状況）



図-7 水中掘削用各種アタッチメント