

爆砕管理システムの開発

～インテリジェントクローラドリルの開発および基礎検証実験～

大成建設(株) 九州支店五ヶ山ダム骨材製造工事	正会員	氏次 努
大成建設(株) 九州支店五ヶ山ダム骨材製造工事	正会員	西 智宏
大成建設(株) 技術センター 土木技術研究所	正会員	山上 順民
大成建設(株) 技術センター 土木技術開発部	正会員	片山 三郎
(株)ニコントリンブル ICT 営業部		石崎亜由子

1. はじめに

ダム建設における原石採取工事では事前の調査ボーリングや物理探査から推定される原石山全体の材料賦存量を基に、材料採取計画を立て工事する。しかしながら材料賦存量は、調査ボーリング延長に応じた精度の岩質情報しか得ることができないため、材料採取計画は実際に工事を進めながら日々更新して、ダム堤体構築に必要な材料の採取管理をしている。また工事中の材料の良否判定は、爆砕作業後に破碎された地山の破碎状況を目視などの方法により確認し決定している。しかし、爆砕作業後の地山確認は主に破碎した地山の表面部のみで岩質判定を行うのが現状(写真-1)であり、地山内部の岩質状況が、表面と一致しているかどうかは不明であった。地山内部の岩質状況を判定することができるようになることで、より高精度な岩質判定で材料採取が可能となり、工事全体における材料の無駄や工程のロスを最小限にすることを実現するために「爆砕管理システム」を開発した。本開発は爆砕作業に用いるクローラドリル(以下、「CD」)の穿孔作業中に岩質判定する穿孔検層機能とGNSSで穿孔位置・方位・深度ガイダンスする機能とを融合したインテリジェントなCDシステムと3Dで岩質管理を一括してできる地山評価システムの開発である。本論は、CDシステムの概要と五ヶ山ダム骨材製造工事(福岡県発注工事)における岩質判定の基礎実験に関するものである。



写真-1 爆砕後の岩質観察状況

2. インテリジェント CD システム

(1) システム概要

本システムは、CD穿孔時のエネルギーから岩質判定する技術と、GNSS等による測位ガイダンス技術「Trimble DPS900」の融合である。穿孔作業は通常3m前後の間隔でおこなうので、高密度な岩質情報の取得から高精度な岩質判定が期待できる。以下にCDに搭載したセンサ等を示す。(図-1)

- ① GNSS アンテナ, 受信機…位置座標および方位の取得。
- ② 傾斜計…マストの傾斜角度を計測する。
- ③ リーチセンサ…削孔長を計測する。
- ④ 油圧力計…穿孔エネルギーを計算する。
- ⑤ タブレット PC…ガイダンスおよび岩質判定用モニタ。
- ⑥ 無線機…RTK 測位に使用。GNSS 補正情報を受信。

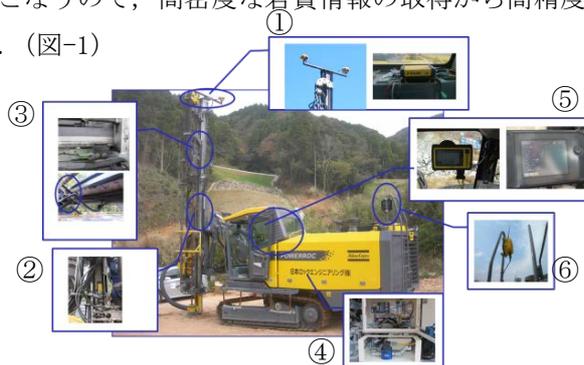


図-1 インテリジェントクローラドリル

(2) GNSS マシンガイダンス機能「Trimble DPS900」

爆砕作業によりベンチカット面が均一になる小段を作りながら山を切り崩していくため、同じ方向に対して一定の傾斜で等しい標高まで穿孔していく必要がある。従来の施工方法と、本機能使用時のワークフローの比較を行った(表-2)。機能の最大の特徴は、CD自身が測定の機能を持つことから「測量」「検測」といった手順を省くことができる。また、<削孔長>ではなく<終点の標高>を一定の値にすることで、起伏の多い現況面であっても、孔尻の高さを等しく保つことができ、ベンチカット面を水平に揃えることが容易になる。次の特徴として、方向と角度のガイダンス機能が挙げられる。常にCDが孔の傾斜方向を向いて施工することが可能であれば、CDについて

キーワード クローラドリル, 原石採取, 穿孔検層, マシンガイダンス

連絡先 〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設(株) 技術センター土木技術開発部 TEL045-814-7229

いる傾斜計と補助員の誘導で調節することができるが、実際には CD の移動に制限や困難があり難しい。しかし、本機能を使用することにより、重機の向きによらずロッドを設計通りの穿孔計画に合わせて左右・前後の傾斜と終点までの距離をガイダンスすることが可能となる。(図-2 参照)

表-1 従来とのワークフロー比較

施工計画	測量	データ作成	ガイダンス	施工	検測	
DPS900 (オペレータ1名)	手順書の作成	不要	削孔プラン (オペレータが削孔直前に作成)	モニターで位置、角度、深さをガイダンス	削孔および記録	不要
従来 (オペレータ1名+補助員1名)	手順書の作成	竹竿、ベイントを使用して削孔位置をマーキング	補助員が次の孔の位置をマーキング(孔間隔は竹竿で測る)	目視でベイントに合わせる(マストの角度調整が必要な場合は竹竿使用)	傾斜計の数値とロッドの長さを見ながら感覚で削孔	竹竿で深さと角度を確認

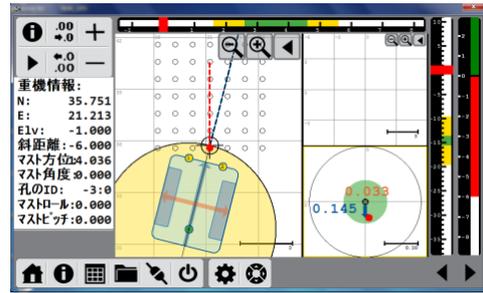


図-2 ガイダンスモニター

(3) 穿孔検層機能

CD の穿孔は油圧駆動の削岩機でおこなう。油圧削岩機はロッドを介してビットに回転、打撃、フィード (ビットを岩盤に押し付ける力) 力を加えることで岩盤に孔をあけることができる機械である。この穿孔作業中に掛る油圧エネルギーから穿孔エネルギーに変換する。この穿孔エネルギー値と岩盤等級の間の相関から岩質判定をおこなう機能である。また、本機能は穿孔中か否か (ロッド継ぎ足し動作等による無用な深度の積算を無視) を判断できるアルゴリズムも搭載しているため、オペレータは作業中にリアルタイムに岩質を判別することができる。図-3 にガイダンスモニターを示す。



図-3 ガイダンスモニター

3. 層状コンクリートによる穿孔検層機能の評価基礎実験

CD による穿孔時のエネルギー値と岩盤等級との関連性評価に先立ち、あらかじめ強度が既知のコンクリートを穿孔する基礎検証実験をおこなった。

(1) 実験概要

穿孔検層機能の評価するため、1層 50cm (厚さ) ×2m×2m の強度の異なる層状に打設したコンクリートを標本とし、この層状コンクリートを削孔した。コンクリート強度は下層から 50N, 100N, 30N, 50N とした。最下層と最上層を 50N としたのは、データの再現性を確認するためである。



写真-2 層状コンクリート状況 (左: 打設後, 右: 削孔中)

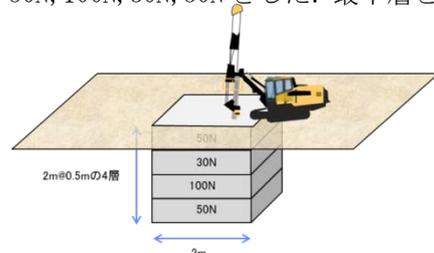


図-4 層状コンクリート実験イメージ

(2) 実験結果

実験結果を図-5 に示す。穿孔エネルギーと圧縮強度の関係は、概ね穿孔エネルギー値 (J) から 10 (N) 差し引いた値であることが確認できた。中硬岩の圧縮強度の領域が概ね 30N であることから、本機能の活用により骨材として使用可能な領域を判定することが可能であることが確認できた。

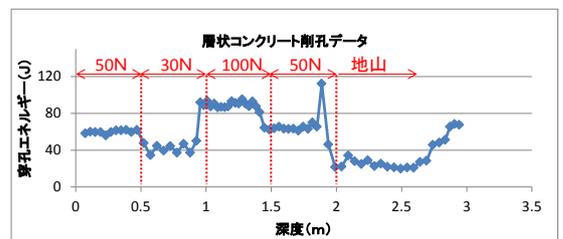


図-5 実験結果

5. まとめ

本研究により GNSS マシンガイダンス機能と、穿孔と同時に岩質判定が行える穿孔検層機能を搭載したインテリジェント CD システムが完成した。ガイダンス機能においては①ベンチカット面の仕上がりの改善、②測量作業の待ち時間削減の効果および③穿孔中の CD に補助員が不要となる効果を得ることができた。穿孔検層機能については、コンクリート強度と穿孔エネルギーとの相関性についての基礎データを得ることができた。今後は本システムの次なるステップとして、実岩盤における穿孔データによる岩盤等級評価の実証実験を行う予定である。