

## I-15 地質調査の無人化技術に関する調査

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 18～平 20

担当チーム：地質チーム

研究担当者：佐々木 靖人、倉橋 稔幸

### 【要旨】

本課題では、岩盤斜面のボーリング掘削において足場等の付帯設備や掘削ドリルをコンパクトにすることにより、高所の狭いスペースでも掘削可能な省力化したボーリング調査技術を開発した。その調査技術を実際の斜面に適用した結果、掘削機材の設置から掘削までを1日間で実施することができるようになり、従来の掘削工法に比べて大幅に工期を短縮できるようになった。また、コア採取率も土砂部や強風化部では従来工法と遜色ないことを明らかにした。

キーワード：岩盤斜面、ボーリング、掘削ドリル、省力化

### 1. はじめに

岩盤斜面の安定性を評価するには、岩盤斜面内部の亀裂の方向性や岩相の組み合わせ等を調べる必要がある。これらを調べるためには、ボーリング調査がおこなわれるのが常である。しかし、岩盤斜面の削孔には、削孔位置が急傾斜地に位置することのほか、落石等への配慮や高所からの作業員の墜落等への安全対策が必要となるため、足場設置や安全確認に手間取り、工期も数週間～2ヶ月程度に延びることがある。一方、労働安全衛生規則では、高さ2m以上の箇所作業する場合において墜落により労働者に危険を及ぼすおそれのある場合には足場を組み立てる等の方法により作業床を設けるなどしなければならぬほか、作業床の端、開口部等で墜落により労働者の危険を及ぼすおそれのある箇所には囲い手すりを設けなければならないことが定められている。

そこで、本課題では、ボーリング調査の足場として高所作業車を利用することにより足場等の設置作業を省力化し迅速なボーリング調査の施工を可能とすると同時に、掘削ドリルを作業デッキ上の小スペースでも利用できるように、掘削ドリルの開発をおこない、現地適用試験を実施したものである。なお、ここでの無人化とは、掘削の付帯設備や掘削作業を省力化することを意味している。

### 2. 研究方法

#### 2.1 掘削ドリルの開発

掘削ドリルの開発にあたっては、アンカー工事等に使用するドリル（鉦研工業社製 RPD-20L）にロータリ

ーパーカッション式のワイヤラインサンプラーを取り付け、コアを採取できるようにした。掘削の方式にパーカッション式を取り入れることで、従来のロータリー式に比べて大幅に掘進速度を早めることが期待できる。特に、高所作業車の作業デッキ上の狭いスペース（3.5m×3.6m）で効率的に作業できるようにロッド長を通常の半分程度の長さである50cmまで短くするなどした。

掘削ドリルとサンプラーの諸元を表-1に示す。また、改造した掘削ドリルとサンプラーの見取図を図-1に、作業デッキへの取り付け状況を図-2に示す。

表-1 掘削ドリルとサンプラーの諸元

掘削深度	10m	孔径	85mm
掘削角度	0～90°	コアビット	HS コアビット
回転数	60rpm	コア径	28mm
トルク	800N・m	アウター チューブ長	1,925mm
打撃数	2400bpm	アウター チューブ外径	73mm
打撃 エネルギー	150J	インナー チューブ長	1,655mm
給進力 ・引抜き力	10kN	インナー チューブ内径	40mm
ストローク長	1360mm	ロッド長	0.5m
ドリル 重量	410kg	-	-
機体外寸	長さ 2.5m × 幅 0.97m × 高さ 1.28m		

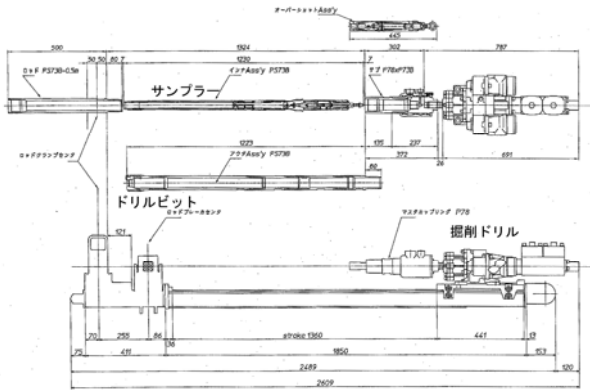


図-1 掘削ドリルとサンプラーの見取図

3.5m×3.6mの広さの作業デッキを備え、それを載せたブームは最大25mまで伸び、高さ25mまで到達できる能力をもっている。本現場では斜面に隣接した橋梁のアバット部に高所作業車を配置し、そこから作業デッキを水平方向に最大16m、高さ4.5mの位置まで移動させ、岩盤斜面に斜め45度下方に3本のボーリング孔を掘削した。

なお、掘削にとりかかる前には、高所作業車の作業デッキを斜面上に移動させ、斜面途上の転石を除去し、落石予備物質を取り除いてから掘削に着手した。また、雨天や強風時には作業を中断するなどして、未然に事故を防ぐ措置を講じるなどして安全管理をおこなった。



図-2 掘削ドリルの作業デッキへの取り付け状況



図-3 調査対象岩盤斜面の状況

### 3. 研究結果

#### 3.1 現地適用実験

現地適用実験をおこなった岩盤斜面は、平成20年6月の岩手・宮城内陸地震で被災した国道脇の斜面である。この斜面は軟岩相当の新第三紀の溶結凝灰岩から構成され、高角度の柱状節理が発達していた(図-3)。

そこで、図-4に示すように、本実験では高所作業車の作業デッキに改造した掘削ドリル(図-1)を艤装し、この柱状節理の発達した岩盤斜面を対象に掘削をおこなった<sup>1)</sup>。ただし、調査機材のうち、油圧ユニット、給水ポンプ、発電機を地上に配置した。これらは総重量が1トン近いことや、作業デッキ上でのスペースが限られることなどから、地上から掘削ドリルへ油圧・電気・水を供給することとした。

表-2に高所作業車の諸元を示す。この高所作業車は

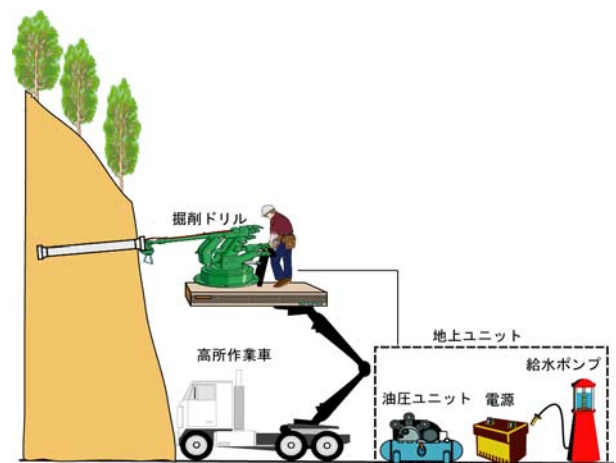


図-4 掘削機器等の配置図

本現場では落石等を避けるために、高所作業車を掘削面の真下ではなく、斜め下方の橋梁アバット上に配置した。



図-5 作業デッキ上での岩盤斜面掘削の様子

表-2 高所作業車の諸元

型式	トラック架装リフト (屈伸式)	最大積載荷重	2,500kg
車体重量	28.9t	デッキ面積	3.5m×3.6m
車幅	2.3m	地上最大高	25m
車長	10.7m	最大作業半径 (2,500kg積載時)	14m
—	—	起伏角度	-5.5～79°

#### 4. 実験結果および考察

ボーリング孔を3本掘削し、それぞれ延長 1.33m～4m まで掘削した。ロッド1本 (50cm) あたりの掘削に要した平均時間は、19.2分～32.0分であった (表-3)。掘削ドリルの高所作業車への艤装は半日程度、作業デッキを対象斜面の移動には 30分程度で移動可能であったため、5m 程度のボーリング孔を掘削するのであれば、1日間で施工することも可能である。従来では、足場仮設や作業の安全確認に数週間程度～2ヶ月間程度を要していたことに比べると、大幅に工期を短縮することが可能となった。

表-3 各孔における掘削所要時間と平均掘削時間

ボーリング孔	総掘進長 (m)	掘削所要時間(min.)	平均掘削時間 (min/0.5m)
テスト孔	3.00	115	19.2
B-1	1.33	85	32.0
B-2	4.00	192	24.0

図-6に本実験で掘削したテスト孔のコアと、近接した位置に掘削された従来のロータリー式ボーリングのコアとの比較を示す。上段に示す本実験で採取したコアでは、0～1.5m には土砂部や強風化岩が分布し、そのコア採取率は 95～100%で良好であった (図-7)。1.5m 以深では弱風化した溶結凝灰岩が分布するが、コアは 1cm 程度の円柱状に分離しディスクリングし、そのコア採取率は 0～30%程度で著しく低い (図-8)。このように堅岩部でコア採取率を低下させている原因として以下のことが挙げられる。まず、コア径が 28mm と細いため、割れ目の多い区間や弱風化の区間ではコアが 1cm 程度の円柱状に分離してしまうことによる。次に、スプリットバレル式サンプラーを使用しており、コアを外す際にサンプラーを半割しているためコアをゆるませていることなどが考えられる (図-8)。また、実験時にはサンプラーを一式しか用意していなかったため、コアをサンプラーから取り除くまで掘削を再開できなかった。サンプラーを複数用意していれば、さらに掘削時間を短縮できたと考えられる。

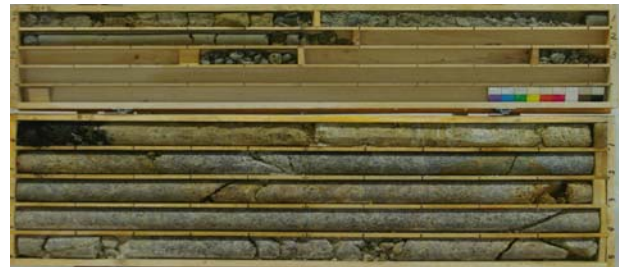


図-6 ボーリングコアの比較

上段：本実験のテスト孔におけるロータリーパーカッション式ボーリングのコア、コア径 28mm

下段：従来のロータリー式ボーリングのコア、コア径 50mm



図-7 強風化部のコア採取状況



図-8 弱風化部のコア採取状況

図-9にB-2孔におけるボアホールカメラの孔壁画像を示す。この画像から深度1.7mと2.3mに開口亀裂が認められる。岩盤斜面内部の岩相や亀裂の方向や幅を計測することができる程度に、孔壁が整形されていることが分かる。コアが多少採取できなくとも、ボアホールカメラを併せて計測することにより、岩盤斜面内部の岩相や亀裂の方向や幅を観察することができる。

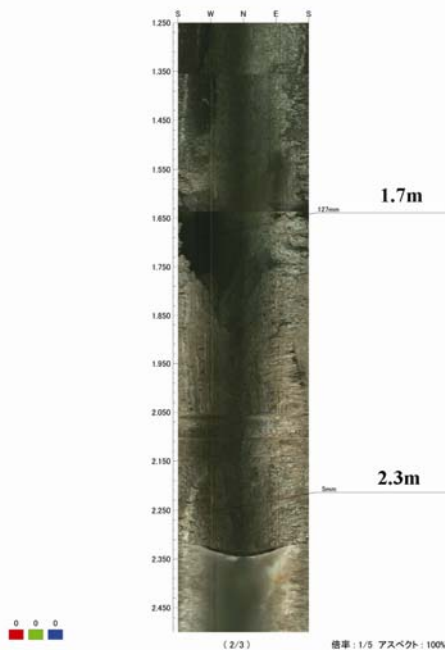


図-9 B-2孔における孔壁画像

孔壁画像から深度1.7mと2.3mで開口亀裂を観察することができる

しかしながら、これらはいずれも半日間程度の掘削であり、岩盤斜面の調査に十分な深度まで掘削しているとは言い難い。掘削を1日間以上おこなえば、10mを越える深度まで掘削できると予想される。ただし、半日以上掘削をおこなえるようにするには、作業員の作業デッキまでの移動や作業環境等を別途整えることが必要である。

## 5. まとめ

本研究では、岩盤斜面における省力化したボーリング調査技術を開発し、その現地適用性について検討を行った。その結果、以下のことがわかった。

1) 掘削ドリルを新たに開発したことにより、掘削ドリルの機装等の調査の準備には半日程度で済み、斜面への移動も30分程度で機械の配置が可能である。また、足場等の付帯設備を軽減することができた。5m程度のボーリング掘削であれば1日間程度で施工することが可能である。従来の岩盤斜面の掘削に比べて、大幅に工期を短縮することが可能となった。ただし、半日以上掘削作業を継続させるには作業員の労働環境等の整備が必要となる。

2) コア採取率は土砂部や強風化部では80%を越え在来工法に比べて遜色ない。しかし、堅岩部ではコアがディスクングシコア採取率が著しく低下するため、今後、サンプラー等の改良が必要である。ただし、コア採取を必要とせず、岩盤斜面内部の亀裂の方向や幅がわかれば良い場合には、ボーリングカメラ観察に十分な程度に孔壁は整形され掘削されている。

以上から、岩盤斜面のボーリング掘削自体を完全に無人化することは達成されてはいないものの、掘削ドリルを開発するなどして足場等の付帯設備の軽減や掘削速度を早めるなどして掘削作業を省力化できた。今後はこれらの成果をもとに、この開発した調査技術を適用するための、災害時にける調査マニュアルとしてとりまとめることが必要である。

## 参考文献

1) 倉橋稔幸：「岩盤斜面におけるボーリング調査技術の省力化について」、第44回地盤工学研究発表会 平成21年度発表講演集、CD-ROM、2009年8月（投稿中）。

【英文要旨】

## RESEARCH ON DEVELOPMENT OF BOREHOLE DRILLING TECHNIQUE WITH WORK-LABOR SAVING FOR ROCK-MASS SLOPE INVESTIGATION

Abstract : This report describes the results of development of borehole drilling technique with work-labor saving for rock-mass slope investigation. We developed a compact drilling machine for a rock-mass investigation, and equipped a mobile elevating work platform with the drilling machine to save cat walks and steps for rock-mass slope. The drilling technique enabled to make duration of investigation shorter than that of conventional one.

Key Words : rock-mass slope, borehole, drilling machine, work-labor saving